

**APLICAR DE MANERA TÉCNICA LA REGLAMENTACIÓN DE LAS  
CORRIENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA SUBCUENCA PILOTO DE LA  
QUEBRADA LA AGUILITA DEL MUNICIPIO DE QUIPILE (CUNDINAMARCA),  
DE TAL MANERA QUE CON APRENDIZAJE EN EDUCACIÓN AMBIENTAL  
PARA LA COMUNIDAD SE PUEDA OPTIMIZAR Y RACIONAR**

**PRESENTADO POR:  
JESSICA MILENA MUÑOZ GÓMEZ  
CAMILO ANDRES ZAMBRANO CONTRERAS  
JAHIR MAURICIO SOLER GONZALEZ  
DAVID JULIAN CONTRERAS VANEGAS**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN  
EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES – ECCI  
BOGOTÁ D.C  
2016**

**APLICAR DE MANERA TÉCNICA LA REGLAMENTACIÓN DE LAS  
CORRIENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA SUBCUENCA PILOTO DE LA  
QUEBRADA LA AGUILITA DEL MUNICIPIO DE QUIPILE (CUNDINAMARCA),  
DE TAL MANERA QUE CON APRENDIZAJE EN EDUCACIÓN AMBIENTAL  
PARA LA COMUNIDAD SE PUEDA OPTIMIZAR Y RACIONAR**

**PRESENTADO POR:  
JESSICA MILENA MUÑOZ GÓMEZ  
CAMILO ANDRES ZAMBRANO CONTRERAS  
JAHIR MAURICIO SOLER GONZALEZ  
DAVID JULIAN CONTRERAS VANEGAS**

**DIRECTOR:  
MARIA FERNANDA PABON VIDARTE**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES – ECCI  
BOGOTÁ D.C  
2016**

## CONTENIDO

1. CUERPO DEL TRABAJO	9
1.1 PROPUESTA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL A LA COMUNIDAD DEL MUNICIPIO DEQUIPILE, IMPLEMENTANDO EL ORDENAMIENTO HÍDRICO, PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS CARTOGRÁFICOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	11
3.1 OBJETIVO GENERAL	11
3.2 OBJETIVO ESPECIFICO	11
4. JUSTIFICACIÓN	11
4.1 JUSTIFICACIÓN	11
4.2 LIMITACIONES	11
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	12
5.1 MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO	12
5.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA HÍDRICA	13
5.2.1 CARÁCTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS Y FISIOGRAFICAS	14
5.2.2 MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL Y ANÁLISIS DE SU DISPONIBILIDAD	15
5.3 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA	18
6. CENSO DE USUARIOS	19
6.1 MÓDULOS DE CONSUMO	20
6.2 Demanda hídrica superficial	20
<b>6.3 Demanda de agua por uso pecuario</b>	22
<b>6.4 Demanda de agua para uso doméstico</b>	24
7. BALANCE HÍDRICO O ÍNDICES DE ESCASES	25
7.1 BALANCE HÍDRICO	25
7.2 ÍNDICE DE ESCASES	26

8. PRECIPITACIONES	28
8.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA	29
9. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL	30
9.1 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL NÚMERO DE CURVA (CN)	36
9.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO	37
9.3 OFERTA HÍDRICA TOTAL	38
10. MARCO JURÍDICO	40
10.1 ASPECTOS GENERALES	40
10.2 CONFLICTIVIDAD EN EL USO DEL RECURSO	41
11. TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
14.1 DISEÑO METODOLÓGICO	41
12. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	42
12.1 FUENTES PRIMARIAS	42
12.2 FUENTES SECUNDARIAS	42
13. RECURSOS	43
14.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
14.1 PROCESO DE SOCIALIZACIÓN	44
14.2 CONVOCATORIA	45
14.3 PRESENTACIÓN DEL ACTO ADMINISTRATIVO	46
14.4 SOCIALIZACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN DEL PROYECTO REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES (APERTURA).	46
14.5 OCIALIZACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN DEL PROYECTO REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES (DISTRIBUCION).	46
18. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
19. BIBLIOGRAFIA	53

## LISTA DE TABLAS

- TABLA 1.** DEMANDA ANUAL POR CULTIVO.
- TABLA 2.** MÓDULOS DE CONSUMO PARA USO PECUARIO.
- TABLA 3.** MÓDULOS DE CONSUMO PARA USO DOMÉSTICO EN ZONA RURAL
- TABLA 4.** BALANCE HÍDRICO
- TABLA 5.** ECUACIÓN PARA EL ÍNDICE DE ESCASES
- TABLA 6.** GRUPOS DE SUELOS
- TABLA 7.** NÚMEROS DE CURVA DE ESCORRENTÍA PARA USOS SELECTOS DE TIERRA AGRÍCOLA, SUBURBANA Y URBANA
- TABLA 8.** CANTIDAD DE AGUA ASIMILABLE
- TABLA 9.** INFILTRACIÓN MÍNIMA
- TABLA 10.** COMPLEJO DE SUELO HIDROLÓGICO
- .
- TABLA 11.** RANGO DE VARIACIÓN PARA LA CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE
- TABLA 12.** RECURSOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN DEL PROYECTO.
- TABLA 13.** ASISTENCIA DE USUARIOS APERTURA
- TABLA 14.** ASISTENCIA DE USUARIOS DISTRIBUCIÓN
- .

## LISTA DE IMÁGENES

- IMAGEN 1.** ECUACIÓN PARA ESCORRENTÍA DIRECTA.
- IMAGEN 2.** PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL
- IMAGEN 3.** ECUACIÓN PARA LA OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE.
- IMAGEN 4.** PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL
- IMAGEN 5.** CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA EN GENERAL.
- IMAGEN 6.** DEMANDA TOTAL AGRÍCOLA MENSUAL
- IMAGEN 7.** DEMANDA AGRÍCOLA TOTAL ANUAL POR CULTIVO
- IMAGEN 8.** DEMANDA PECUARIA MENSUAL
- IMAGEN 9.** CANTIDAD DE SEMOVIENTES.
- IMAGEN 10.** DEMANDA DOMÉSTICA MENSUAL
- IMAGEN 11.** BALANCE HÍDRICO MENSUAL MICROCUENCA
- IMAGEN 12.** ECUACIÓN PARA EL ÍNDICE DE ESCASES
- IMAGEN 13. ÍNDICE DE ESCASEZ MENSUAL**
- IMAGEN 14.** MÉTODO DE LA PONDERACIÓN DEL CUADRADO DE LAS DISTANCIAS RECÍPROCAS
- IMAGEN 15.** PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
- IMAGEN 16.** FÓRMULA PARA DETERMINACIÓN DEL SUELO HIDROLÓGIC
- IMAGEN 17.** VALOR CN EN CONDICIONES DE ESTILAJE
- IMAGEN 18.** VALOR DE CN EN MAYOR PLUVIOSIDAD.
- IMAGEN 19** VALOR DE LA DIFERENCIA POTENCIAL
- IMAGEN 20** CONTENIDO DE AGUA PRESENTE EN EL PERFIL DEL SUELO
- IMAGEN 21** FÓRMULA PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL
- IMAGEN 22** CAUDAL TOTAL MENSUAL
- IMAGEN 23** SOCIALIZACIÓN DE APERTURA QUEBRADA AGUILITA
- IMAGEN 24** ASISTENCIA A LA REUNIÓN DE APERTURA
- IMAGEN 25** SOCIALIZACION DE APERTURA
- IMAGEN 26** SOCIALIZACION DE APERTURA
- IMAGEN 27.** ASISTENCIA A LA REUNIÓN DE DISTRIBUCIÓN

### 1. Cuerpo del trabajo

El presente trabajo sigue y se rige por la metodología utilizada en la CAR y por Soler y Vargas (2014), quienes implementaron a manera de prácticas de grado, un programa similar en el municipio de La Vega en la subcuenca piloto de la quebrada Las Brujas; este proyecto se presenta como extensión del anterior, precediendo la educación como pilar principal, atendiendo de antemano que al ya estar establecido, la metodología puede ser seguida tal cual, ya que los resultados en Las Brujas fueron óptimos y los ejecutores del proyecto forman parte del actual en Quipile Cundinamarca.

### **1.1 Propuesta de educación ambiental a la comunidad del municipio de Quipile, implementando el ordenamiento hídrico, para la sostenibilidad de la cuenca del río magdalena.**

Propuesta para brindar educación ambiental a la comunidad de la microcuenca piloto de la quebrada La Agulita del municipio de Quipile Cundinamarca, con énfasis teórica en el ordenamiento hídrico y la implementación de Análisis Cartográficos en los Sistemas de Información geográfica (SIG).

Implementando una serie de charlas y capacitaciones para los habitantes de la microcuenca piloto del río Magdalena, donde se encuentra la quebrada La Agulita, ofreciendo las bases teóricas acerca del procedimiento legal y práctico para el ordenamiento hídrico y el análisis cartográfico de los SIG.

## **2. Planteamiento del problema**

Frers (2003), expone que “ el volumen de agua en el mundo es de 1360 millones de km<sup>3</sup>, es decir 1.360 trillones de litros; al dividir esta cifra por cada ser humano, corresponde a cada uno 250.000 millones de litros, lo que equivaldría a 400.000 piletas de natación. Bajo estas perspectivas, el agua aparece como un recurso prácticamente ilimitado. Sin embargo, de esa enorme masa líquida, sólo el 3% es dulce y la mitad de ella es potable.

El Ministerio de Medio Ambiente (2001), predispone que para Colombia el caso es grave, ya que hay que aconsejan manejar de forma integral las cuencas hidrográficas, como reservorios de agua dulce; dentro de las principales cuencas se encuentran las del río Magdalena.

En palabras de Kjerfve (2000), el río Magdalena tiene la mayor longitud (1612 Km) de cualquier sistema de ríos en Colombia, Restrepo y Kjerfve (2000), lo reportan como el sistema de ríos andinos más importante de América del Sur.

Sin embargo Walling (2009), expone que el Magdalena tiene una de las tasas más alta de transporte de sedimentos en el mundo, con una descarga de  $144 \times 10^6$  t año. Debido a esta magnitud de descarga, el río Magdalena se ha incluido en los ríos analizados, para el balance global de transporte de sedimentos en suspensión hacia el océano.

En estudios de Alvarado (2009) y Posada (2008), se encontró que el río también se ha identificado como un elemento clave de los procesos morfodinámicos en curso (por ejemplo, la erosión / acreción costera y la sedimentación del canal), así como la desaparición de los ecosistemas costeros (por ejemplo, arrecifes coralinos y pastos marinos), a lo largo de la costa caribeña de Colombia.

Con respecto a las cuencas hidrográficas, las del río Magdalena no son la excepción, ya que el sitio de estudio de este trabajo es la quebrada La Aguilita, ubicada en la microcuenca del mismo río, en el municipio de Quipile, esta microcuenca es una unidad geográfica en Colombia de gran importancia ambiental, pues la administración local del municipio que administra esta unidad, demanda una falta de reglamentación de aguas superficiales, por consiguiente no hay un abastecimiento seguro para la disponibilidad presente y futura del agua para población que se abastece de esta cuenca.

En el mismo reporte del Ministerio del Medio Ambiente (2001), se exponen las consecuencias de la falta de planificación y reglamentación sobre este recurso en la unidad mencionada, el informe estima que para el año 2025, la quebrada La Aguilita integre lo pronosticado por Colmenares (2005), donde el 69% de la población Colombiana que sufrirá desabastecimiento del recurso hídrico.

### **3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1 Objetivo general**

Formular una metodología técnica para reglamentar las corrientes de aguas superficiales en la microcuenca piloto de la quebrada La Aguilita del municipio de Quipile (Cundinamarca), de forma en que se pueda optimizar y racionar el uso de esta como beneficio y aprendizaje en educación ambiental para la comunidad.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Educar a la comunidad de la microcuenca de Quipile Cundinamarca en la adecuada documentación e interpretación ambiental de la quebrada La Aguilita a partir de referencias cartográficas.
- Orientar a la comunidad acerca de la adecuada distribución de caudales para la mejora y el correcto uso del recurso hídrico en la microcuenca piloto.
- 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.

## **4. Justificación y delimitación de la investigación**

### **4.1 Justificación**

El desarrollo del proyecto debe considerarse en primera medida porque aporta 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 los 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.

La aplicación de las técnicas ofertadas en este trabajo, contribuyen al fortalecimiento y participación comunitaria de los habitantes antes mencionados en aras de generar una apropiación del proceso que contribuirá a crear criterios reales sobre los impactos que la actividad humana genera en el 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.

## **4.2 Limitaciones**

No aplica para este proyecto

## **5 Marco de referencia de la investigación**

### **5.1 Marco conceptual y teórico**

En la página oficial de la alcaldía de Quipile, Cundinamarca se registra todo lo referente a la caracterización del municipio, así: Quipile, está ubicado sobre la cuchilla de la Cordillera Oriental, al occidente del departamento de Cundinamarca, región que está bajo la jurisdicción de la CAR, en la denominada Oficina Provincial Tequendama.

La micro cuenca se ubica al norte del municipio de Quipile, entre las coordenadas planas Norte: 946000 - 949500 y Este: 1015200 - 1017500 con referencia al datum geográfico transversa de mercator; registrando su cota más alta a los 2150 m.s.n.m. en la vereda El Sinaí Grande donde nace y la cota más baja a los 1200 m.s.n.m, discurrendo por las veredas El Sinaí Grande, Gólgota y Berlín.

La Quebrada La Aguilita cuenta con un área aproximada de 370 Ha., y una longitud del cauce principal de 3,7 Km; hidrográficamente desemboca en la Quebrada La Quipileña que deja sus aguas en el Río Seco y finalmente este último tributa al Río Magdalena.

La mayor parte del municipio posee agua potable, aunque hay que tener en cuenta que no hay una concientización y educación por parte de la comunidad para hacer un uso efectivo del recurso hídrico, las fuentes superficiales no llevan un correcto manejo por parte de la comunidad, sin contar con la carga contaminante del río Magdalena.

Cabe recordar que lo referente a cartografía digital es una base para identificar la utilización del territorio, así como las actividades predominantes en el mismo, determinando el impacto ambiental que estas generan.

## 5.2 Análisis de la oferta hídrica

Soler y Vargas (2014), explican que “el cálculo de la oferta hídrica se basa en un procedimiento propuesto por el *Soil Conservation Service* – SCS, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA 1986), el cual considera como variables en la 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. Como lo demuestra Méndez (2013) y más adelante adoptada por Soler y Vargas (2014), esta metodología es aplicada para la evaluación de la precipitación neta que podría generar una tormenta, en el mismo estudio y con base en lo recomendado por la SCS (1979), se considera el volumen de precipitación antecedente en un periodo de 5 a 30 días, con la finalidad de establecer el escurrimiento directo que puede esperarse como respuesta a una precipitación específica.

Como ya se mencionó y con base en un estudio realizado por los mismos autores de este trabajo, la escorrentía directa (Q) o precipitación efectiva, se expresa mediante la ecuación planteada en la imagen 1:

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

Imagen 1. Soler y Vargas (2014). P  
17. Ecuación para escorrentía directa.

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.

### **5.2.1 Características Morfométricas y Fisiográficas**

Jiménez (2010) hace una síntesis de las características morfométricas y fisiográficas exponiendo que las características Morfométricas y Fisiográficas son importantes en la comprensión de los procesos hidrológicos y como varían estos a través en tiempo y espacio. En lugares donde se dificultan las observaciones hidrométricas directas, son muy útiles los factores que sirven para el cálculo de datos hidrológicos, ya que de esta manera se determinan las características propias del régimen hidrológico de las corrientes.

El Ministerio de Medio Ambiente en conjunto con el IDEAM, (2007) y por otra parte Stanescu (1969), proponen que los factores fisiográficos, del régimen hidrológico que mayor relevancia tienen son:

El Ministerio de medio Ambiente, describe en la Resolución 865 del 2004, como la red hidrográfica, que se indica en mapas topográficos y en lo posible en esquemas claros que permitan a quien toma las decisiones reconocer el respectivo orden y la relación entre las corrientes superficiales y los cuerpos de agua.

En la misma resolución 865 del 2004, hacen apartes acerca de las características del régimen climático, representadas por isoyetas e isotermas, estas se ven representadas bajo climas y condiciones meteorológicas especiales.

El Ministerio de Ambiente (2010), expresa que dentro del proceso de generalización determinación y calculo indirecto de parámetros hidrológicos se deben tener en cuenta los factores morfométricos (perímetro de la cuenca, longitud de la corriente, densidad y patrón de drenaje, forma de la cuenca) y fisiográficos (relieve, tipos de drenaje, tipos de suelo, erosión, cobertura forestal y vegetal).

### 5.2.2 . Medición de las características de la Oferta Hídrica Superficial y análisis de su disponibilidad.

Con base en el procedimiento ya establecido por Soler y Vargas (2014), en la cuenca de la Quebrada Las Brujas en La Mesa Cundinamarca, se plantea otro procedimiento a manera metodológica general, para la determinación de las características de la oferta en las regiones. En la Imagen 2 se propone un protocolo para determinar en cuencas intervenidas la Oferta Hídrica superficial.

En esta grafica se reconocen los tipos de oferta para la evaluación regional. En términos generales Soler y Vargas (2014), distinguen la Oferta Hídrica Superficial Total (OHT), La Oferta Hídrica Natural Disponible (OHD y la Oferta Hídrica Regional Disponible (OHRD).



Imagen 2. Soler y Vargas. 2014. P. 19. Procedimiento general para la evaluación de la oferta hídrica superficial

Se hace inca pie en el reconocimiento de los diferentes tipos de oferta en una evaluación regional, se distingue la Oferta Hídrica Superficial Total (OHT), Oferta Hídrica Natural Disponible ( OHD) y la Oferta Hídrica Regional disponible (OHRD).

Otaya *et al.*, (2008), proponen que la Oferta Hídrica Superficial Total (OHT) se fija a través la variable de esorrentía que se calcula a partir de la serie histórica de caudales medidos y a través de la selección de estaciones hidrológicas que sean representativas y que se encuentren ubicadas en cuencas con un régimen poco intervenido. La Oferta hídrica natural Disponible (OHD), es básicamente el caudal que queda a disposición después de sustraer el caudal ambiental en las mismas cuencas que se encuentren poco intervenidas.

En un estudio realizado por CORPONARIÑO 2008-2010, y basados en Otaya (2008) se resume que la fórmula que mejor se adapta es:

$$Q_{dr} = Q_t - Q_{dm} + Q_r \pm Q_{tr}$$

Imagen 3. Tomado de Soler y Vargas. 2014. P. 19. Ecuación para la oferta hídrica disponible.

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)

Aunque no hay un método ideal para determinar el caudal ambiental apropiado si existen algunos métodos que determinan el caudal ambiental de acuerdo con algunos criterios y objetivos, como los propuestos por Sqkolov Y Chapman (1981), de tal manera se tienen:

- Hidrológicos: se basa en registros históricos de caudales de las series de interés.
- Hidráulicas: el principio es la conservación del comportamiento y dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del río.
- Biológico: en enfoque a la flora y fauna y analizando los caudales necesarios para la supervivencia de las especies en desarrollo.

- Aspectos integrales: asociado a las necesidades humanas y los caudales requeridos por el mismo ser; calidad de aguas, usos socioeconómicos, investigación, bienes y servicios.

El cálculo del caudal ambiental está definido por el MADS y el IDEAM en cumplimiento del Decreto 3930 de 2010., dictado por el Instituto Nacional de Salud. (INS).

Soler y Vargas (2014), proponen un flujograma que puede describir de manera general un procedimiento para calcular el caudal ambiental a partir de las características del régimen hidrológico, como se observa en la imagen 4.

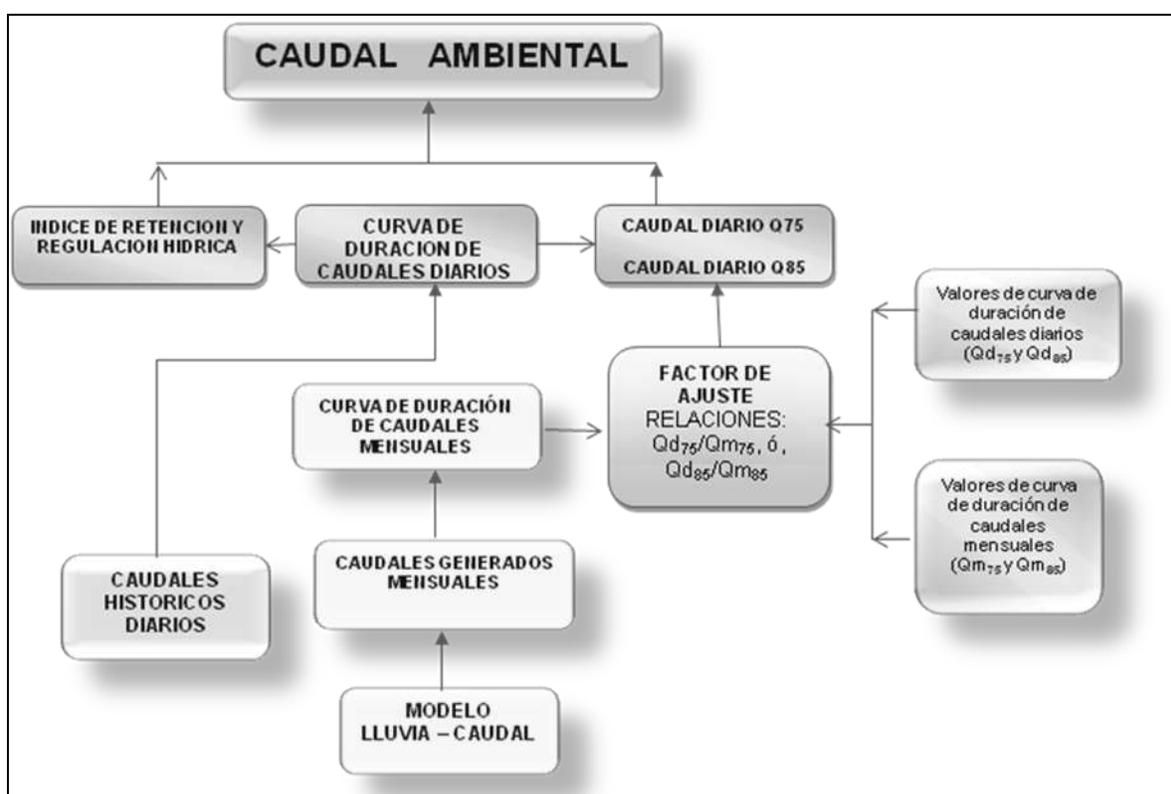


Imagen 4. Soler y Vargas. 2014. P. 21. Procedimiento para la determinación del caudal ambiental

El flujograma, muestra 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 las interacciones lluvias caudales.

### 5.3 Evaluación de la demanda hídrica

Ojeda (2000), afirma que en Colombia el agua utilizada por los diversos sectores económicos, proviene de cuerpos de agua superficiales, acuíferos y otras fuentes, de igual manera se expone que el agua está relacionada directamente con el Producto Interno Bruto (PIB).

River *et al.*, (2004), 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”. En general la demanda de agua, es el volumen de agua expresado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), y corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales, como se observa en la imagen 5.

$$DT = DUA + DUP + DUD + DUO$$

Imagen 5. Soler y Vargas (2014). P. 22. Calculo de la demanda de agua en general.

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.

## 6. Censo de Usuarios

Dentro del desarrollo del presente trabajo se hizo necesario obtener información del “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 La Aguilita 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 cuenca La Aguilita, posteriormente se actualizó la información, realizando nuevamente el censo de usuarios, en los meses de Enero y Febrero del 2013, se socializó el proyecto en el municipio a censar, (QUIPILE) 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 georeferenciaron 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 19 captaciones 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 La Aguilita en su mayoría captan directamente de la corriente y es utilizado para el consumo doméstico, pecuario y agrícola.

## 6.1 Módulos de consumo

La CAR en el acuerdo 21 del 25 de Septiembre de 2007, modifica los diferentes módulos de consumo, con base en estas modificaciones se hacen otra para poder ser aplicadas a la presente proyecto, estos ajustes fueron hechos por ejemplo para las épocas de riego ya que en algunos casos los datos no coincidían.

## 6.2 Demanda hídrica superficial

La demanda agrícola mensual y anual por cultivo de la Quebrada La Aguilita, se sacó a partir de datos suministrados por entrevista personal con el Centro de Usuarios y la respectiva actualización al tipo de cultivo y área de siembra, por lo cual se enmarco en el proyecto de Reglamentación Determinando la demanda agrícola mediante los módulos de consumo en cada cultivo, establecidos por la CAR, los resultados e encuentran consignados en la Imagen 6.

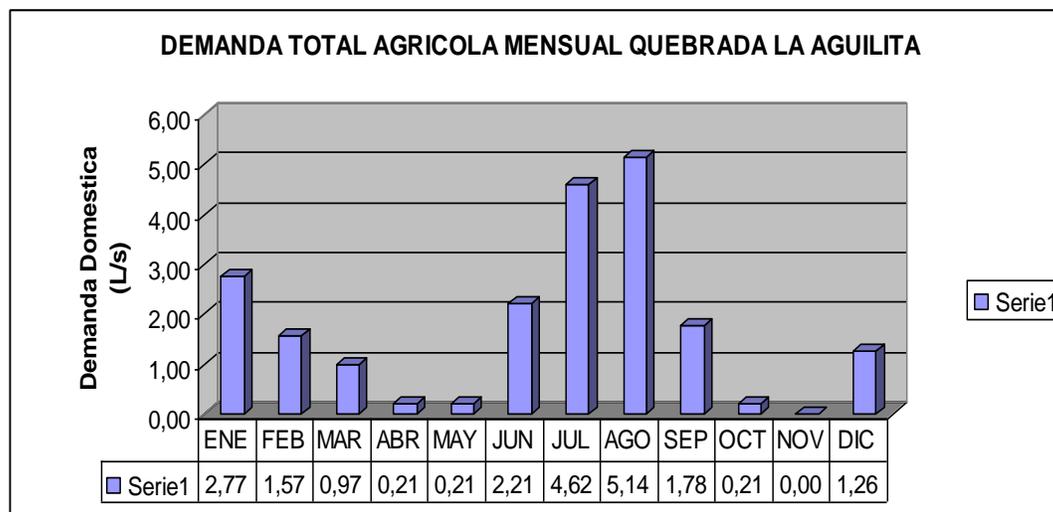


Imagen 6. Elaboración propia. 2016. Demanda Total Agrícola mensual

En la imagen 21, se observa una variación y obedece a que los meses de Enero, Junio, Julio, Agosto y Septiembre son periodos de estiaje con escasa presencia de precipitación, que conlleva a que haya una mayor demanda de agua en la quebrada, para el sostenimiento de las cosechas en la cuenca.

En cuanto al histograma de la demanda agrícola total anual por cultivo de acuerdo con los módulos de consumo el cultivo con mayor demanda de agua es el Plátano y el Café como se muestra en la tabla 1 y la imagen 7.

Tabla 1. Demanda anual por cultivo.

TIPO DE CULTIVO	DEMANDA ANUAL POR CULTIVO (l/s)
FRÍJOL	0,76
YUCA	0,37
MAÍZ	0,33
CAFÉ	23,76
PLÁTANO	25,90
RASTROJO	0,0
PASTOS NATURALES	0,0
ALGODÓN	1,27

Fuente: Elaboración propia. 2016.

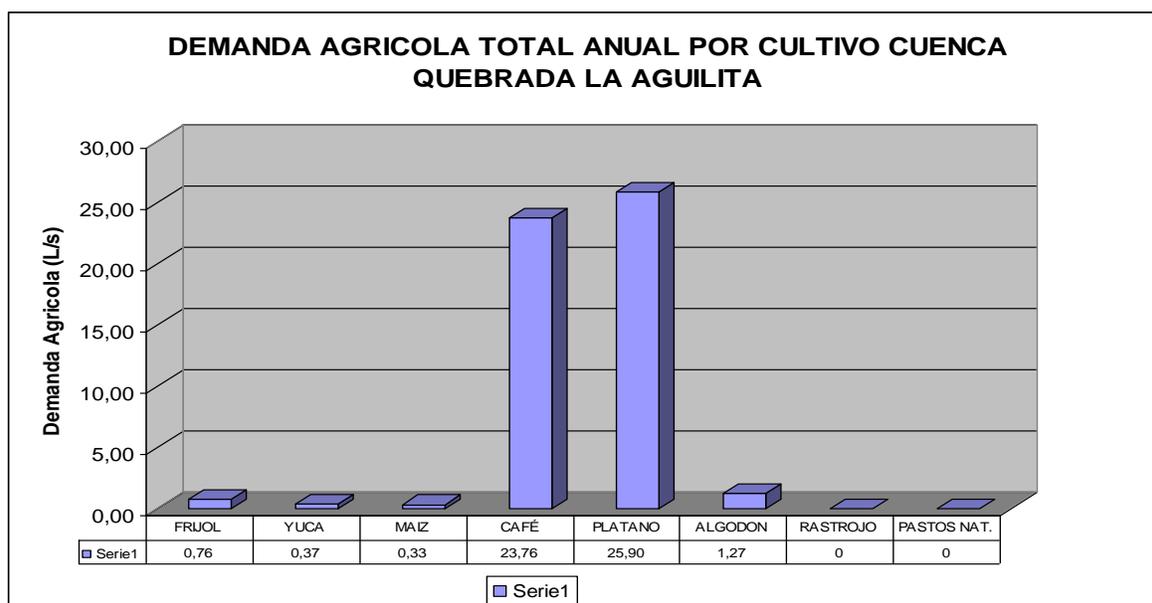


Imagen 7. Elaboración propia. 2016. Demanda agrícola total anual por cultivo.

### 6.3 Demanda de agua por uso pecuario

La CAR, plantea que es la cantidad de agua necesaria para que un animal se mantenga diariamente, esta se obtiene multiplicando el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo aproximado, este se determina según el tipo de animal, el

tipo de producción, el consumo de materia seca el alimento requerido y el piso térmico. Los módulos de la CAR se encuentran en la tabla 2.

Tabla 2. Módulos de consumo para uso pecuario.

MÓDULOS DE CONSUMO PARA USO PECUARIO*			
ESPECIE	PISO TÉRMICO		
	FRÍO	MEDIO	CÁLIDO
Bovinos	25	30	35
Equinos	20	25	30
Ovinos	15	20	25
Porcícolas	10	13	15
Avícolas	15	20	25
* Consumo neto teórico de agua en bebederos (L / animal * día)			
MÓDULOS DE CONSUMO PARA USO PECUARIO*			
PLANTEL	CONSUMO (L / ANIMAL * DÍA)	LABOR PRINCIPAL	
Ordeñadero	30	Lavado y Aseo	
Pesebreras	20	Baño	
Porquerizas	15	Lavado y Aseo	
Gallineros (100 unidades)	5	Aseo	
* Consumo neto teórico de agua para operación y mantenimiento de planteles			

Fuente: Adaptado de la CAR. 2017. Actualización de los Módulos de Consumo Agrícola en las Cuencas de Tercer Orden de la Jurisdicción CAR.

Para calcular la demanda pecuaria mensual de la quebrada La Aguilita, se trabaja con la base de datos del Censo de Usuarios y su respectiva actualización en cuanto al número de cabezas de animales, enmarcado en el Proyecto de Reglamentación. Determinando la demanda pecuaria mediante los módulos de consumo, los datos se encuentran en la imagen 8.

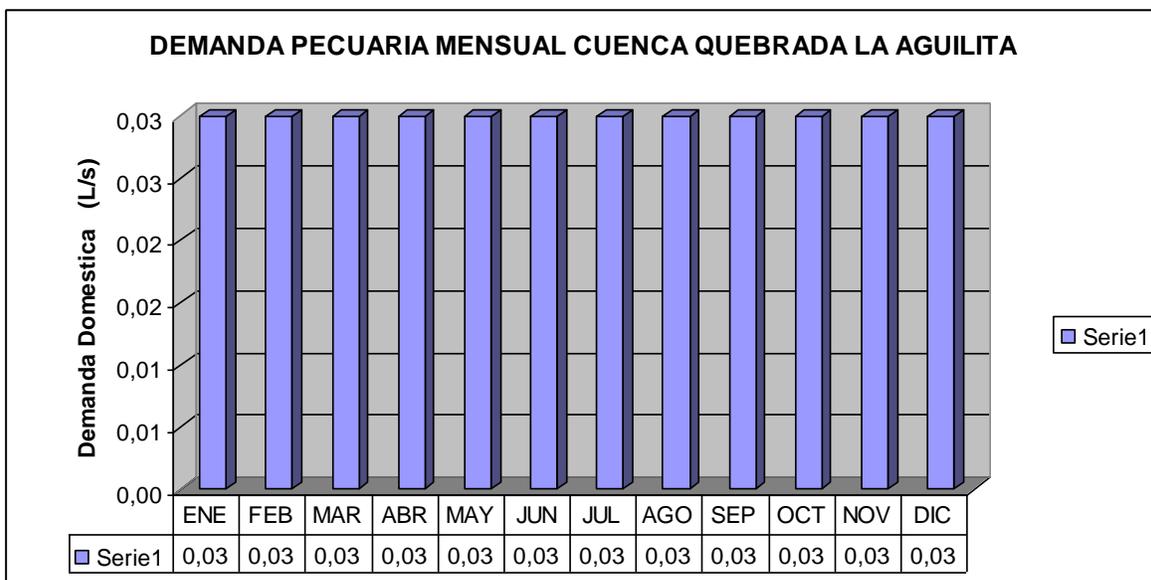


Imagen 8. Elaboración propia. 2016. Demanda pecuaria mensual.

En la imagen 8, no hay variaciones porque la actividad económica de la región es constante con respecto a la actividad pecuaria. En general el promedio de la demanda pecuaria es de 0,03 l/s

El histograma de la imagen 9 se encuentra el número de semovientes de la región respecto a la explotación pecuaria.

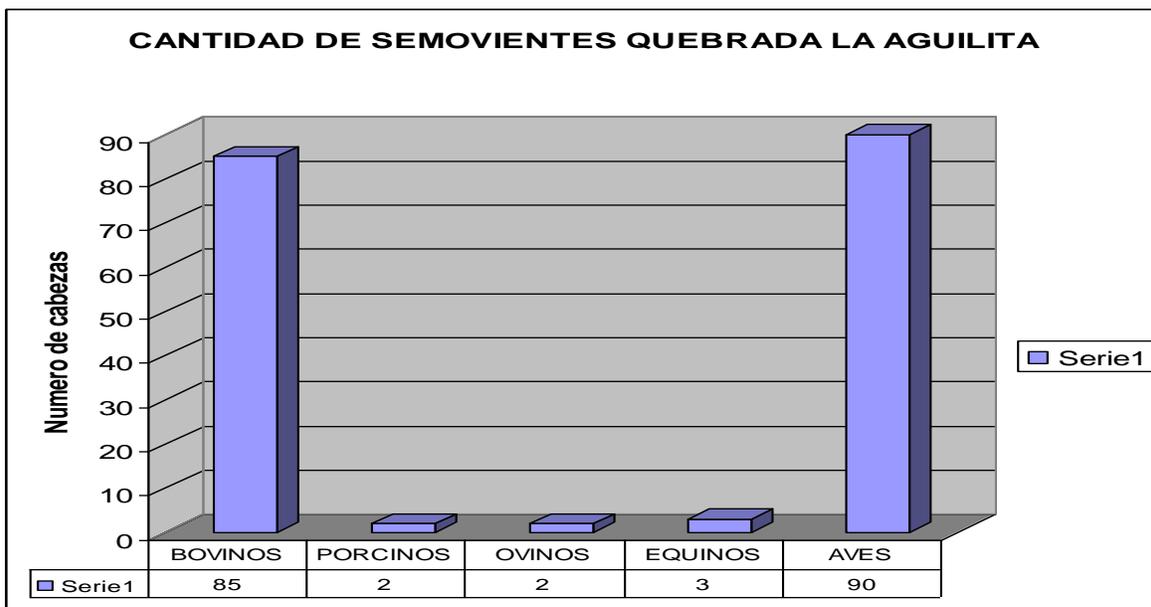


Imagen 9. Elaboración propia. 2016. Cantidad de semovientes.

## 6.4 Demanda de agua para uso doméstico

Se clasifico en urbana y rural. Se expresó como el número de habitantes por un volumen de uso per cápita, expresado en un valor de dotación neta (litros/ habitante / día). Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Módulos de consumo para uso doméstico en zona rural

MÓDULOS DE CONSUMO PARA USO DOMÉSTICO EN ZONA RURAL	
PISO TÉRMICO	CONSUMO (L / HAB * DÍA)
FRÍO	125
TEMPLADO	135
CÁLIDO	140

Fuente: CAR. 2017.

Para calcular la demanda doméstica mensual de la quebrada La Aguilita, se recurrió a la base de datos del censo de usuarios y la respectiva actualización del Proyecto de reglamentación Determinando la demanda doméstica mediante los módulos de consumo.

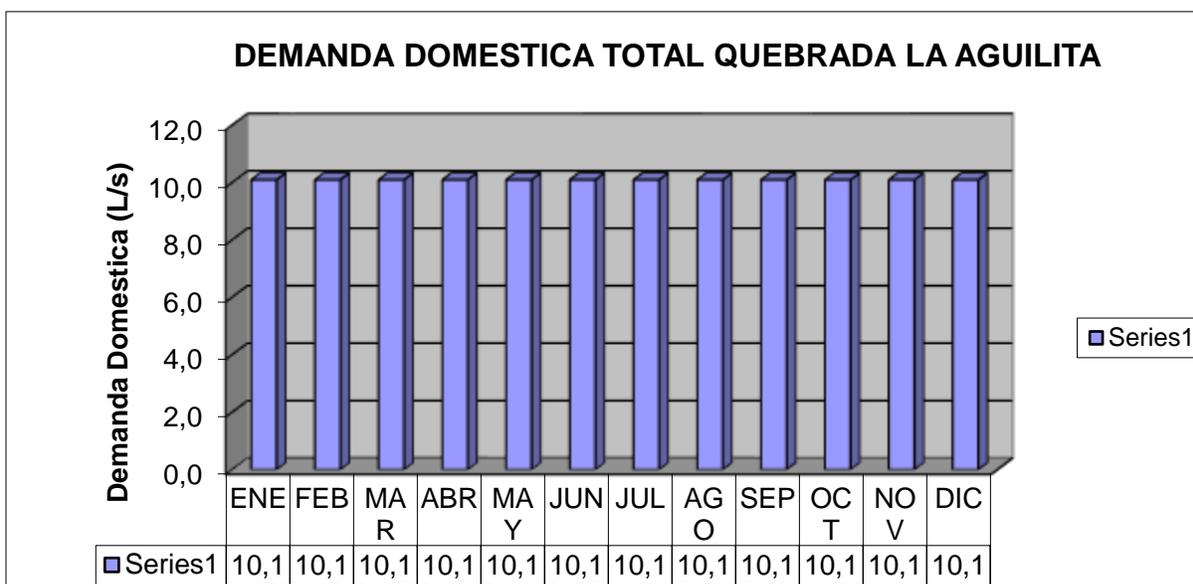


Imagen 10. Elaboración propia. 2016. Demanda doméstica mensual

En la Imagen 10 tampoco hay ninguna variación, esto puede ser porque el consumo doméstico es constante, se halla que el promedio de la demanda doméstica es de 10,1 litros/ habitante / día.

## 7. Balance hídrico e índices de escases

### 7.1 Balance hídrico.

Sqkolov y Chapman (1981), registran que el Balance Hídrico se basa en la primera ley de la Termodinámica “la energía no se crea ni se destruye solo se transforma”, en el Glosario Hidrológico Internacional 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”. Se puede deducir que desde el punto de vista matemático, el formularlo expresa una serie de igualdades entre los ingresos de agua hacia un sistema hidrográfico explícito y los egresos de agua que salen del mismo sistema, teniendo en cuenta de antemano las variaciones de humedad ocurridas durante el periodo de tiempo determinado. En la tabla 4 y la imagen 11 se presenta en Balance Hídrico para el área de estudio.

Tabla 4. Balance hídrico

BALANCE HIDRICO												
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECIPITACION (mm)	75.3	94.4	132.4	140.1	123.5	61.4	45.5	58.0	97.0	155.6	149.9	97.5
CAUDAL TOTAL (L/s)	26.5	42.9	49.6	71.0	71.6	27.0	21.2	25.2	41.6	69.8	67.1	34.5
CAUDAL DISPONIBLE (L/s)	19.9	32.2	37.2	53.2	53.7	20.3	15.9	18.9	31.2	52.4	50.3	25.9
CAUDAL ECOLOGICO (L/s)	2.7	4.3	5.0	7.1	7.2	2.7	2.1	2.5	4.2	7.0	6.7	3.4
PERDIDAS (L/s)	4.0	6.4	7.4	10.6	10.7	4.1	3.2	3.8	6.2	10.5	10.1	5.2
DEMANDA (L/s)	12.4	11.4	10.9	10.3	10.3	11.9	13.9	14.3	11.6	10.3	10.1	11.1
CAUDAL REMANENTE (L/s)	7.5	20.8	26.3	43.0	43.4	8.4	2.0	4.6	19.7	42.1	40.2	14.7
INDICE ESCASEZ	62.3	35.4	29.3	19.3	19.1	58.8	87.4	75.8	37.0	19.6	20.0	43.0

Adaptado de: Soler y Vargas. 2014. P. 24. Procedimiento general para la evaluación de la oferta hídrica superficial

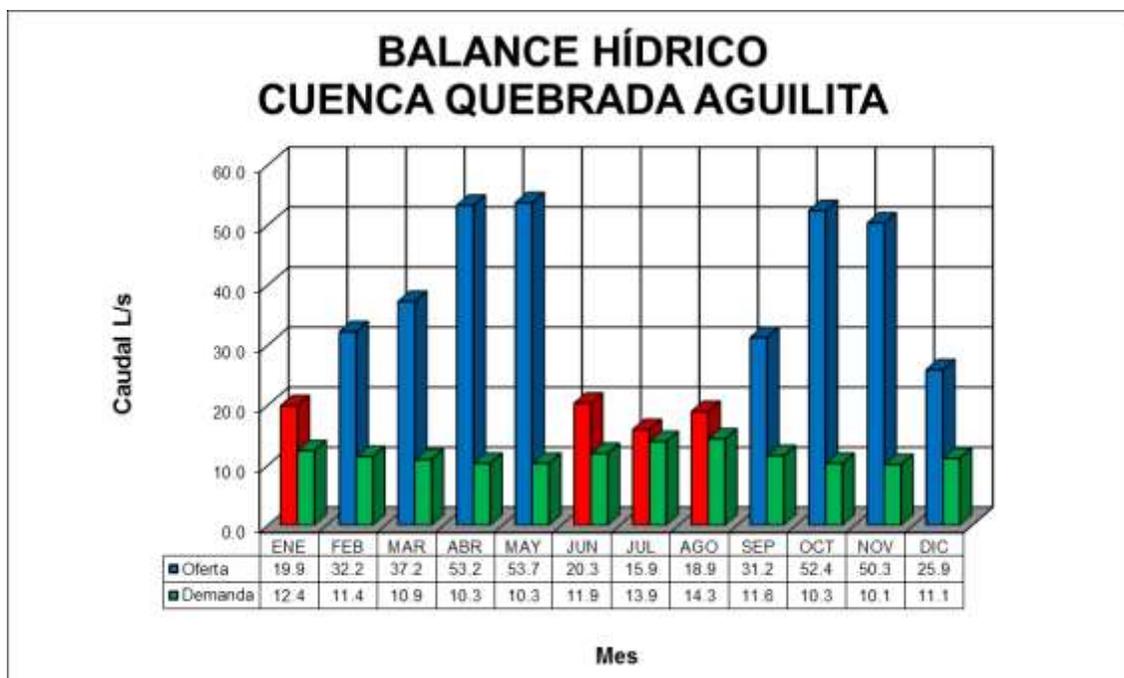


Imagen 11. Elaboración propia.2016. Balance hídrico mensual

## 7.2 Índice de Escases

Hernández (2010), los describe como un valor cualitativo en torno a la cantidad demandada en agua por parte de los diferentes usos en un área, región o microcuenca, frente a la oferta hídrica, que se encuentra a disposición. Se puede calcular el valor de la oferta para las condiciones medias de una cuenca si se piensa tener en cuenta la distribución de los caudales mínimos, puesto que en periodos con caudal mínimo es cuando se presentan los conflictos del uso del agua.

El índice también debe ser calculado de acuerdo a los rangos estipulados por el IDEAM, y se encuentra en la imagen 12:

$$I_e = DH / OH$$

Imagen 12. Tomado de Soler y Vargas. 2014. Ecuación para el índice de escases.

Dónde:

- Ie Índice de escasez (%)  
 DH Demanda hídrica (m<sup>3</sup>/s)  
 OH Oferta hídrica (m<sup>3</sup>/s)

El índice y el modo de clasificación se encuentran en la tabla 5:

Tabla 5. 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. 2000. p. 25. Estudio Nacional del Agua

En la imagen 13 se enseña un índice de escases mensual al realizar el diagnóstico de la cuenca, con base en los reportes de demanda realizado por cada usuario.



Imagen 13. Elaboración propia. 2016. Índice de escasez mensual

En la imagen 13 se aprecia que se observa que el promedio anual es de 16.4%; el cual es un

grado de presión medio, pero para los meses de Enero, Junio a Agosto el índice de escasez es superior al 60% lo que indica un grado de presión alto en la corriente, 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.

## **8. Precipitación**

El Ministerio del Medio ambiente (2007), recomiendan utilizar para este tipo de metodología el valor de precipitación de corta duración, es decir basar los datos en tormentas, de esta manera se pueden evaluar crecientes o valores máximos para poder diseñar diferentes tipos de obras hidráulicas. Por este motivo en el presente proyecto se hace con valores de precipitación mensual, de esta manera se obtiene el valor final de la esorrentía efectiva, que permita determinar el valor de la cuenca hídrica de la cuenca.

De acuerdo con la metodología anteriormente expuesta en la quebrada la Bruja y repetida en la quebrada La Aguilita, se tiene que para el cálculo de la precipitación efectiva se debe tener el conocimiento de un valor de precipitación, el cual es medido de forma puntual con pluviómetros o con estaciones pluviográficas o climatológicas que se encuentran integradas en la red del área de influencia de la Corporación regional a cargo.

El Ministerio del Medio ambiente (2007) en conjunto con la CAR, utilizan métodos aritméticos, polígonos de Thiessen e isoyetas para poder ponderar la precipitación sobre un área determinada, aunque esto depende de la presencia de estaciones en la misma zona de interés y de estas mismas estaciones se toman las más representativas.

Para este proyecto se utilizó lo recomendado por Dean y Snyder (sf), el “Método de la ponderación del cuadrado de las distancias recíproca, 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  $Z$  como una media ponderada de los valores de un conjunto de puntos de muestreo cercanos.

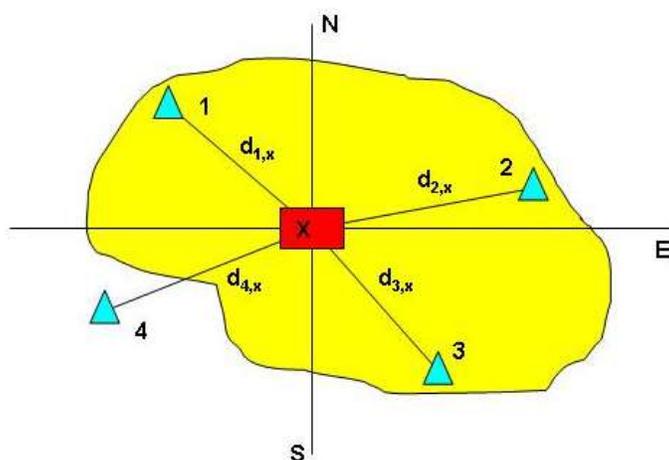


Imagen 14. Adaptado de Soler y Vargas. 2014. Método de la ponderación del cuadrado de las distancias recíprocas

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.

### 8.1 Sistema de información geográfica

El SIG, debe ser una parte primordial del estudio presente ya que este será el soporte técnico, para la organización, almacenamiento y la sistematización de la información tomada, es decir la espacial y alfa numérica necesaria para la ejecución del proyecto. El componente SIG, debe dirigirse a la recopilación de datos espaciales y cartografía digital, procesar la información cartográfica y alfanumérica, exploración y análisis de los datos espaciales, generación de cruces y modelos morfométricos con el fin de caracterizar la cuenca hidrográfica.

### 9. Precipitación media mensual multianual.

Para calcular la precipitación media mensual multianual de la cuenca de la Quebrada Aguilita 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 imagen 15 se presenta un histograma de la Precipitación media mensual multianual de la cuenca en estudio:



Imagen 15. Elaboración propia. 2016. Precipitación media mensual multianual

La variación de la precipitación puede ser consecuencia de un periodo de lluvias bimodal con la presencia de dos periodos húmedos y el resto de poca precipitación.

Burgos (2008), describe cuatro tipos de suelos hidrológicos, con diferentes características:

Suelo A: alta capacidad de infiltración, alta velocidad para transmitir agua, baja escorrentía (arenas, gravas, profundas bien drenadas).

Suelo B. moderada capacidad de infiltración, medianamente profunda y drenada.

Suelo C. baja capacidad de infiltración, contienen arcillas y coloides en menor cantidad que el suelo D.

Suelo D. infiltración muy baja, suelos arcillosos con alto potencial expansivo y altos niveles freáticos.

Para el desarrollo de este documento y posterior implementación de este trabajo se adopta la metodología de suelos propuesta por el IGAC, mostrada en la tabla 6:

Tabla 6. Grupos de suelos

<b>CUENCA</b>	<b>TIPO SUELO</b>	<b>CLASE HIDROLÓGICA</b>	<b>AREA (Ha)</b>
<b>Q. Aguilita</b>	MQCe	B	106.6
	MQVf	B	297.9
	ZU	D	0.7

Fuente: IGAC, DANE, 2000. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Departamento de Cundinamarca, Bogotá.

A manera de complemento se muestra la tabla 4, donde se incluye la relación establecida por Chow *et al.*, (1994), la cual es modificada para adaptarla a los fines del proyecto en curso.

Tabla 7. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones de humedad ii, ia: 0.2s).

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada*:	Sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	Con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Bosques:	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas, cubierta buena**.	45	66	77	83
		25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más.		39	61	74	80
Condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%.		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial***:					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable****				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.*****		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cuencas y alcantarillados*****		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
* Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9.					
** Una buena cubierta está protegida del pastizal y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.					
*** Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.					
**** Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva,					
***** En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.					

Fuente: Chow V. T., Maidment D., Mays L. 1994. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A. 153p.

Burgos (2008), afirma que para poder establecer el tipo de suelo hidrológico a utilizar, se debe analizar la relación existente entre las características del mismo y la cantidad de agua requerida por las plantas, al respecto Cuesta *et al.*, (1997) resume lo siguiente:

- Profundidades Radiculares (PR): depende de la característica en particular y el tipo de suelo donde se desarrollan, la presencia de raíces determina que tan compacto se encuentra el suelo y por lo tanto la capacidad de infiltración del agua.
- Capacidad de Campo (CC): es la cantidad de agua que es retenida posteriormente al drenaje por gravedad en un suelo casi saturado.
- Punto de Marchitez Permanente: (PMP): es agua que es imposible ser absorbida por las raíces de la planta, esto se debe a la firmeza con que se encuentra adherida a las partículas del suelo.
- Humedad Fácilmente Aprovechable (HFA): es el resultado de la diferencia entre la CC y el PMP.
- El USDA, determina la fórmula de la imagen 16 para la CA:

$$CA = (CC - PMP) * Da * PR$$

Imagen 16. USDA. (1986) United States Department of Agriculture Fórmula para determinación del suelo hidrológico.

Dónde:

CA: Capacidad de almacenamiento del suelo, en cms

CC: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

Da: Densidad aparente del suelo cuyo análisis se incluye generalmente en estudios de tipo agrológico.

PR: Profundidad radicular, en cm.

La FAO (1972), determino que aunque no hay un contenido óptimo de humedad en un suelo, con fines de riego y otro propósito, si hay una serie de relaciones entre PPM y CC que para fines prácticos son aproximadamente constantes, como se observa en las tablas 8 y 9:

Tabla 8. Cantidad de agua asimilable

<b>Textura del suelo</b>	<b>cm de agua por 30 cm de suelo seco</b>
Arenosa gruesa	1.0 a 2.0
Arenosa franca a arenosa gruesa	2.0 a 2.5
Franco arenosa fina a arenosa gruesa	2.5 a 4.0
Franco arenosa limosa a franco arcillosa fina	4.0 a 5.5
Arcillosa a franco arcillosa	5.5. a 6.0

Fuente: FAO. Roma, 1972. La práctica del riego y la ordenación de aguas.

Con base en lo anterior, se da la tasa de infiltración mínima para los diferentes grupos de suelos.

Tabla 9. Infiltración mínima

<b>Grupo de suelo</b>	<b>Infiltración mínima (mm/hora)</b>
A	7.62 a 11.43
B	3.81 a 7.62
C	1.27 a 3.81
D	0 a 1.27

Fuente: FAO. Roma, 1972. La práctica del riego y la ordenación de aguas

Para los propósitos de este estudio se seleccionaron las bases informáticas disponibles del URPA en versión ArcGIS sobre uso del suelo y cobertura vegetal.

Chow (1988), propone una metodología para la estimación del CN de la siguiente manera:

Se observa el tipo de suelo y cobertura vegetal, se asigna un grupo (A; B; C o D) y el correspondiente CN para la condición hidrológica promedio. A partir de esta referencia y de forma independiente se utiliza el "ArcGIS la aplicación "grid" separando a 30 cm se obtiene la ponderación del tipo de suelo para cada cuenca.

Los resultados obtenidos para la cuenca Aguilita se presentan a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Complejo de suelo hidrológico

CUENCA	COBERTURA	CLASE HIDROLÓGICA	CN2	CN1	CN3	AREA (Ha)
Q. Aguilita	Bosque secundario	C	88	75.5	94.4	35.4
	Bosque secundario	D	87	73.8	93.9	38.5
	Caña panelera, pastos y otros cultivos	C	87	73.8	93.9	44.6
	Caña panelera, pastos y otros cultivos	D	89	77.3	94.9	25.5
	Café	C	89	77.3	94.9	30.2
	Café	D	87	73.8	93.9	0.0
	Café y otros cultivos	C	87	73.8	93.9	84.5
	Café y otros cultivos	D	89	77.3	94.9	3.1
	Cultivos de clima medio, pastos y espacios naturales	C	89	77.3	94.9	43.5
	Frutales	C	89	77.3	94.9	34.5
	Frutales	D	87	73.8	93.9	1.6
	Pastos limpios	C	87	73.8	93.9	35.4
	Pastos limpios	D	87	73.8	93.9	28.2

Fuente: Chow. 1988. Maidment, Mays. Applied Hidrology. p. 152.

Para la condición de humedad antecedente se considera el rango de variación que se indica U.S. Bureau of Reclamation de acuerdo con la cantidad de lluvia acumulada en los 5 a 30 días anteriores a la ocurrencia de la lluvia máxima, así como en la tabla 11:

Tabla 11. Rango de variación para la condición de humedad antecedente

Condición antecedente	Lluvia anterior (mm)	
	INVIERNO	VERANO
<b>I</b>	menor 35.6	menor 12.7
<b>II</b>	35.6 - 55.3	12.7 - 27.9
<b>III</b>	55.3 -	27.9 -

Fuente: Ven Te Chow.1988. Maidment, Mays. Applied Hidrology, p. 153.

Covarrubias *et al.*, (2014), expone que la condición de antecedente es la época en que lo suelos se encuentran secos debido a la época de verano en una región determinada, sin que las plantas se marchiten.

En Colombia los estudios acerca de este comportamiento pluvial, son mínimos, aunque hay algunos estudios generalizados en el país, como el hecho por el Ministerio de Ambiente (2004), donde se exponen los diferentes tipos de condiciones como la I que corresponde al periodo de estilaje, la condición II a las condiciones promedio de lluvias y la condición III las condiciones de mayor pluviosidad.

Para el presente trabajo el intervalo de tiempo es de un mes, se debe establecer la mejor relación que representa la condición de humedad antecedente, en los periodos ya mencionados, por lo tanto se adoptaron condiciones características como las siguientes:

Régimen bimodal condición de humedad antecedente I; meses de Diciembre, Enero y Febrero; Condición II, el periodo de Junio a Noviembre; condición III los meses de Julio y el resto del año. En la condición II se tuvo en cuenta algunos rezagos en un periodo de un mes. Con estos criterios se analizaron las sub cuencas pilotos para la aplicación de la Teoría del Número de Curva (CN)

### 9.1 Teoría del Número de la Curva (CN).

Segovia y Hang (sf), exponen que para la aplicación de esta metodología, se puede partir por la condición II en la cual se elige un valor CN siguiendo los valores dados y se pondera con respecto al valor del área para las condiciones promedio mencionadas anteriormente.

Para condiciones de estiaje (secas) el valor del CN se calcula mediante la ecuación de la imagen 17:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

Imagen 17. Adaptado de García *et al.* 2009. Valor CN en condiciones de estiaje.

El valor del CN para la condición de mayor pluviosidad (húmedas), condición de humedad antecedente III, se calcula mediante la ecuación de la imagen 18:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Imagen 18. Adaptado de García *et al.* 2009. valor de CN en mayor pluviosidad.

Definidas las variables necesarias, el valor de la diferencia potencial (S) se calcula según la relación de la imagen 19:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ pulg} \quad \text{ó} \quad S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ mm}$$

Imagen 19. Adaptado de García *et al.*, 2009. Valor de la diferencia potencial

Este parámetro de retención también varía con el contenido de agua presente en el perfil del suelo en un momento dado, de acuerdo con la siguiente ecuación, de la imagen 20:

$$S = S_{\max} \left[ 1 - \frac{SW}{[SW + \exp(w_1 - w_2 SW)]} \right]$$

Imagen 20. Adaptado de García *et al.*, 2009. Contenido de agua presente en el perfil del suelo

Dónde:

$S_{\max}$  = valor máximo del parámetro de retención (mm)

SW = contenido de humedad en el perfil del suelo excluyendo aquella que corresponde al punto de marchitez permanente (mm)

$w_1$  ,  $w_2$  = coeficientes de forma

Al igual que muchos otros parámetros poca información se tiene en Colombia acerca de la precipitación efectiva a partir de CN, este proyecto es pionero en la implementación de este tipo de proyectos y los resultados dependerán de la calidad de la información. En este sentido, se adoptan los datos más recientes sobre tipo, cobertura vegetal y uso de los suelos, y los valores de precipitación para el mayor número de estaciones que fue posible consultar como se indicó anteriormente.

## 9.2 Como calibrar el modelo

En la calibración del modelo se seleccionaron 58 subcuencas piloto que se obtuvieron mediante la limitación de la cuenca con respecto a la estación hidrométrica que obtuvo los

mayores periodos de registro y que estuvieron distribuidos en una cobertura suficiente para el área de estudio. Se elaboró una macro en la hoja de Excel, aquí se deben calibrar los valores del valor de la variable (f) que representa la abstracción hídrica inicial y el posible rezago que pueda tener la precipitación efectiva de un mes específico con respecto a l caudal que se piensa simular.

La aceptación de los resultados se basó en la comparación de los valores obtenidos con el modelo y aquellos que fueron registrados en la estación hidrométrica de referencia, el resumen de la aplicación de esta metodología los parámetros utilizados para la validación de los resultados fueron el coeficiente de correlación y el error medio cuadrático, factores que permiten aceptar el grado de precisión de modelo para la generación de caudales a partir de los valores de precipitación efectiva según las metodologías consideradas para este estudio.

Para efectos comparativos se realizó un análisis de correlación lineal múltiple lluvia-caudal. El procedimiento iterativo de calibración, también llamado optimización, fue evaluado mediante el algoritmo de computo Shuffled Complex Evolution, originalmente desarrollado por Qingyun Duan en el Departamento de Hidrología y Recursos Hídricos de la Universidad de Arizona, Tucson. Las series de tiempo de caudales mensuales pueden ser extendidas por correlación con lluvias generadas o caudales concurrentes en hoyas vecinas, es decir, con base en un registro histórico de la variable hidrológica se podrán generar proyecciones sintéticas a lo largo de la línea del tiempo mediante una modelación matemática.

### 9.3 Oferta hídrica total

Unas vez calibradas las subcuencas, se obtienen una serie de parámetros característicos, así se podrá calcular la precipitación efectiva, la cobertura de condición de antecedencia y el potencial de escorrentía, mediante la fórmula de la imagen 21:

$$Pe_i = Fa \left[ \frac{\left[ P_i - f \left( \frac{25400}{CN_i} - 254 \right) \right]^2}{P_i + (1 - f) \left( \frac{25400}{CN_i} - 254 \right)} \right]^x$$

Imagen 21. Adaptado de Soler y Vargas. 2014. Fórmula para Oferta hídrica total

La constante FA es el factor de reducción por área, aceptando que en una misma subcuenca no llueve simultáneamente en la totalidad;  $P_i$  es el valor de la precipitación de referencia; CN el número de curva y  $f$  es la fracción del potencial de escorrentía directa según la teoría del CN.

El paso a seguir es hallar el Caudal Unitario (CU) y se expresa en L/s, se hace según lo recomendado por García *et al.*, (2009).

$$\text{Caudal Unitario} = \text{Precipitación Efectiva} * \text{Área unitaria.}$$

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

Los resultados de Caudal Total para la cuenca de la Quebrada Aguilita, se encuentran en la imagen en la Imagen 22:

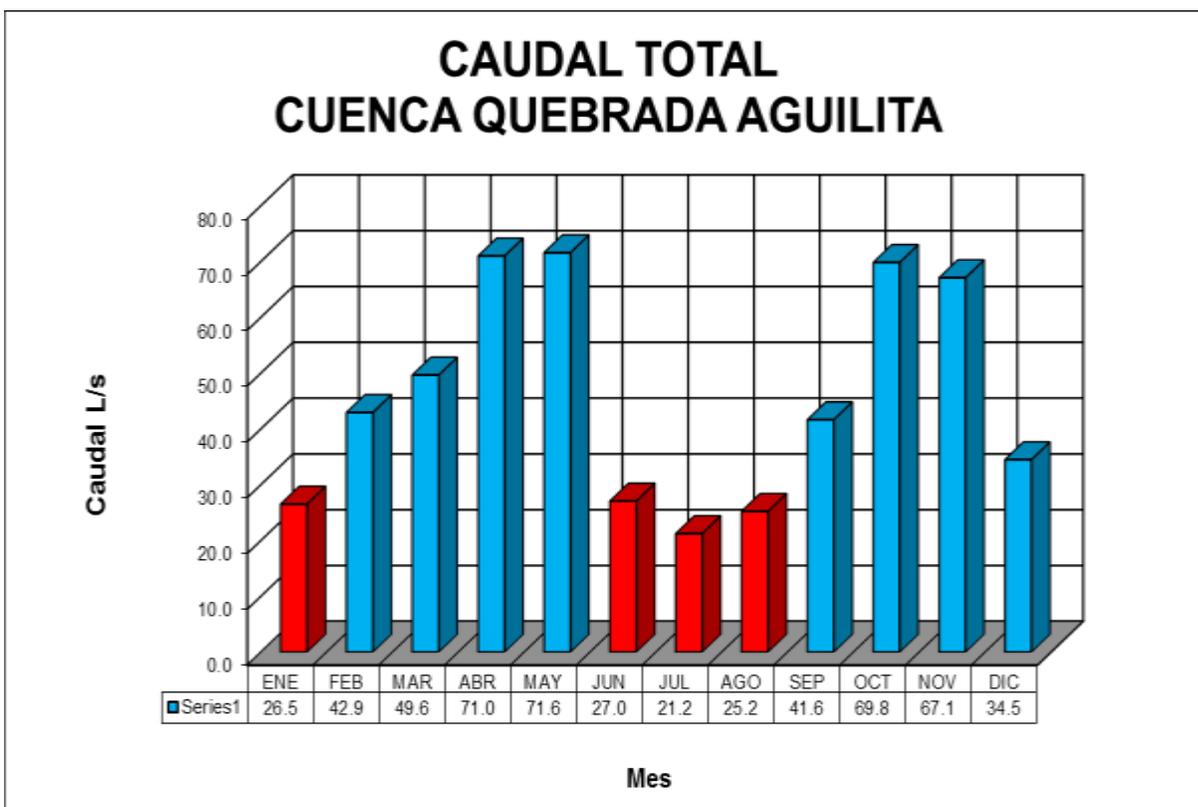


Imagen 22. Elaboración propia. 2016. Caudal total mensual

En la imagen 22, se observó una considerable disminución del caudal entre los meses de Entre y Julio hasta Septiembre, como consecuencia de las bajas precipitaciones de estos meses.

## **10. Marco jurídico**

### **10.1 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 5° 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 supervigilancia sobre el uso y goce que les corresponde a los particulares” (ibídem, artículo 7°). 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 Quipile hace parte de su jurisdicción.

Según informe técnico realizado mediante visitas técnicas arrojó como resultado, cerca de 25 usuarios (algunos desde el mismo punto de captación) se están beneficiando de la Quebrada Aguilita 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 Quipile, rige el proceso de reglamentación de aguas superficiales.

## **10.2 Conflictividad en el Uso del Recurso**

En el año 2013, cuando se emprendió el proceso de reglamentación de la quebrada aguilita, 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 Aguilita, 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. A continuación se hace referencia a dos de los casos más relevantes, y en alguna medida los que han acelerado el proceso de reglamentación.

## **11. Tipo de investigación**

Longitudinal: Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.

### **11.1 Diseño metodológico**

La metodología desarrollada se estructuró en tres fases claramente diferenciadas.

Fase 1.

Denominada fase de trabajo de campo, se realizó:

- Captura de la información del censo de usuarios ubicados dentro de la cuenca.
- Adquisición de información base cartográfica secundaria a escala 1:25.000, que permitió llevar a cabo los análisis posteriores.

Fase 2.

Denominada trabajo de laboratorio

- Procesamiento de 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..

Fase 3.

Denominada acompañamiento a la comunidad

- Educación ambiental basada en los datos obtenidos; uso y racionalización del recurso.

## **12. Fuentes para la obtención de información**

### **12.1 Fuentes primarias**

Teniendo en cuenta la misma metodología de la quebrada Las Brujas, se tiene que para el desarrollo de este proyecto se tuvieron en cuenta fuentes primarias como

- Encuestas realizadas a los usuarios de la corriente hídrica La Aguilita.
- La Alcaldía Municipal de Quipile, proporciono información para este proceso.
- Se realizaron mesas de trabajo con los actores sociales del municipio
- Se revisaron expedientes en la Dirección Regional Tequendama, de los captadores de esta fuente.

### **12.2 Fuentes secundarias**

En cuanto a fuentes secundarias se contó con la siguiente información;

- Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca – POMCA Río Seco y otros directos al Magdalena
- Información hidrometeorológica, facilitada en documentos del IDEAM
- Datos del CENSO de usuarios implementado por la CAR
- Cartografía del IGAC
- Datos del DANE.

## **13. Recursos**

Se hace necesario un rubro para poder financiar el proyecto, por eso se expone en la tabla 12 la cantidad aproximada que se necesita.

Tabla 12. Recursos necesarios para la aplicación del proyecto.

<b>RUBRO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR EN MILES DE \$</b>
<b>Equipo Humano</b>	Es el equipo de investigación conformado; Jahir Mauricio Soler González - Cartógrafo, Ingeniero Ambiental. David Julián Contreras Vanegas - Zootecnista Camilo Andrés Zambrano Contreras - Ingeniero Civil Jessica Milena Muñoz Gómez - Ingeniero de Sistemas. Quienes llevarán a cabo la investigación.	0
<b>Equipos y Software</b>	Alquiler de un GPS para la georreferenciación 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.	1500
<b>Viajes y Salidas de Campo</b>	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.	2400
<b>Materiales y suministros</b>	Papelería, impresiones de encuestas, bolígrafos, baterías para el GPS, ploteos de mapas y posters.	500
<b>Bibliografía</b>		0
<b>Servicios Técnicos</b>		0
<b>Socialización de Resultados a la Comunidad Ecci</b>	Ploteo de posters y publicación de un aplicativo cartográfico para visualizar los resultados en “teléfonos inteligentes” con sistema Android o IOS.	3000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 7.400.000</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016.

#### 14. Resultados y discusión

Primera fase

### **Denominada 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 la aguilita, 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.

Segunda fase

### **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.**

#### **14.1 Proceso de socialización**

Para la ejecución y desarrollo del proceso de reglamentación se articuló el componente social con el fin de fortalecer y promover la participación comunitaria en aras de desarrollar redes sociales, que faciliten la continuidad de los proyectos que adelanta la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en la corriente hídrica quebrada Aguilita del Municipio de Quipile, de tal manera que se genere una apropiación del proceso y se contribuya a una sensibilización de la realidad ambiental generando el cuidado, aprovechamiento y uso racional del recurso hídrico.

Para tal efecto cabe aclarar que de acuerdo al decreto 1541 de 1978 por el cual se inicia el proceso de reglamentación de corrientes, no contempla la necesidad de realizar trabajo comunitario con los usuarios de la corriente, sin embargo se decide realizar dos reuniones de socialización una al inicio (apertura) del proceso con el fin de dar a conocer el proyecto a todos

los usuarios que puedan ser afectados por el mismo y otra finalizando (distribución) para esclarecer situaciones que puedan en el futuro desencadenar conflictos a nivel de la comunidad y que afecten la continuidad y credibilidad en los procesos adelantados por la corporación.

De igual manera se apoya los alcances de ODM, ejecutados en los consejos locales, y municipales de política social, que promueven la acción participativa del entorno social, optimizando los recursos, y preparando a las comunidades para la atención de sus requerimientos, a través de la construcción de redes sociales, en las cuales intervienen varios factores, pero quizá el más importante es el de crear espacios de encuentro, en los cuales la mayoría de las personas que participen puedan ser escuchadas, acogidas y orientadas en la resolución de sus inquietudes de allí la pertinencia de realizar los encuentros de socialización tanto de apertura, como de distribución de caudales en el proceso de reglamentación.

Con el ánimo de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad residente en el municipio de Quipile, el grupo de reglamentación de corrientes pone en práctica algunas estrategias de acercamiento con la comunidad, en las cuales no solo se le invita al usuario a participar sino también a ser sujetos activos del cambio social que se pretende lograr al reglamentar la corriente Quebrada Aguilita.

## **14.2 Convocatoria**

Como es invitar, educar y hacer partícipe a la comunidad en el ordenamiento y la reglamentación de la quebrada La aguilita del municipio de Quipile Cundinamarca. Esta responsabilidad conlleva a poner en marcha una gestión social desarrollada abiertamente para el proceso de socialización y reglamentación de corrientes, esto se dio a partir de un asinergia con la oficina provincial del Tequendama y el equipo de reglamentación de corrientes de la Subdirección de Recursos Naturales y Áreas Protegidas.

En aras de dar éxito a la convocatoria se dio inicio con una reunión con los líderes comunales, ya que ellos son los conocedores de la zona y de la comunidad en general; de esta manera toda la comunidad se dio por enterada, se manejaron cartas de invitación dirigidas a cada uno de los propietarios que tiene acceso a la cuenca y a sus recursos, en el documento se consignó parte del

marco legal que sustenta la reglamentación de corrientes, de esta manera se da a conocer el propósito y beneficio que acarreará consigo en la calidad de vida del proyecto.

Adicionalmente se identificaron los organismos sociales existentes en la zona de influencia ( asociaciones, acueductos veredales, juntas de acción comunal) otra herramienta para la convocatoria dando cumplimiento al decreto 1541 de 1978, fueron los avisos publicitarios, informando a la comunidad en general del proceso de reglamentación y citando a las actividades que se desarrollaran, se publican en diarios nacionales.

### **14.3 Presentación del acto administrativo**

El objetivo es presentar a los usuarios y comunidad en general, el acto administrativo que da inicio al proceso de reglamentación de la corriente hídrica quebrada La Aguilita y dando cumplimiento al decreto 1541 de 1978, se llevaron a cabo las siguientes publicaciones:

- Publicación en el periódico La Republica.
- Publicación en la cartelera de la Alcaldía del Municipio de Quipile.
- Publicación en la cartelera de la Oficina Provincial Tequendama.
- Notificaciones a cada uno de los usuarios mediante oficio, informando el inicio del proceso e invitando a la reunión de socialización del proyecto.

### **14.4 Socialización y sensibilización del proyecto reglamentación de corrientes (apertura).**

La actividad tuvo una gran acogida por parte de la comunidad, el proyecto de reglamentación de la corriente hídrica quebrada LA Aguilita, fue asistido por usuarios, las asociaciones comunitarias y la comunidad en general que se abastece de la misma. En la presentación se educó sobre normatividad conceptual y técnica del desarrollo general del proceso, promoviendo la participación y generando conciencia colectiva mediante la sensibilización sobre la importancia

de la reglamentación en busca de la conservación y aprovechamiento efectivo del recurso hídrico..

Para el desarrollo de esta actividad se convocó y cito a los usuarios de esta corriente, en el salón parroquial del Municipio de Quipile. La reunión fue dirigida por el grupo de reglamentación de corrientes hídricas de la Subdirección de Recursos Naturales y Áreas Protegidas y funcionarios de la Oficina Provincial Tequendama. (tabla 13, imagen 23 y 24).



Imagen 23. Elaboración propia. 2016.  
Socialización de apertura Quebrada Aguilita

De esta manera se garantizó que los usuarios pudieran obtener respuesta oportuna a cada una de las inquietudes.

Tabla 13. Asistencia de usuarios apertura

<b>Usuarios Convocados</b>	<b>Usuarios Asistentes</b>
<b>22</b>	<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia.2016.

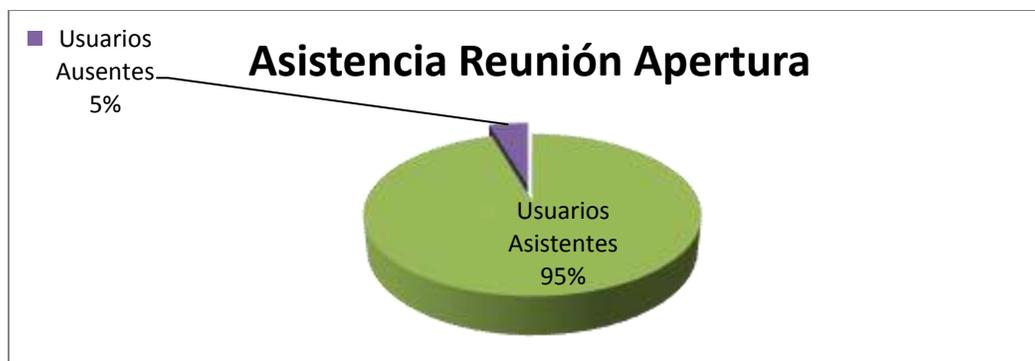


Imagen 24. **Elaboración propia. 2016.** Elaboracion propia. 2016. Asistencia a la reunión de apertura

En los talleres se encontraron líderes comunales y representantes de los acueductos quienes van a pregonar los alcances a quienes no acudieron.

En el transcurso de la socialización se hizo una participación activa de la comunidad, resolviendo inquietudes planteadas por los usuarios y se reconoció la labor social realizada por las organizaciones, se habló sobre la necesidad de aumentar la comunicación y participación que generen mecanismos para la resolución de conflictos actuales, pero teniendo en cuenta las necesidades reales de la comunidad.



Imagen 25. **Elaboración propia. 2016.**  
Socializacion de Apertura

Se encontro que m,uchos de los beneficiados no fueron convocados, a lo que se dio por entendido que la base de datos fuer la correspondiente al censo de datos de los años 2008 – 2009, como solucion hay que realizar un trabajo de actualizacion con los tecnicos encargados del censo,

para que en las reuniones se cuente con un numero mayor de usuarios y asi la catedra sea impartida a la mayor cantidad de persionas posible.

#### **14.5 Socialización y sensibilización del proyecto reglamentación de corrientes (distribución).**

En esta actividad se tuvo como objetivo, dar a conocer el proceso de reglamentación de la quebrada La Aguilita, del municipio de Quipile y la distribución de aguas,

Se presentaron documentos y propuestas durante esta etapa, los que incluyen::

- Ubicación y descripción general de la quebrada La aguilita..
- Se actualizo el censo antes descrito permitiendo una afluencia mayor de fórum.
- Se dieron a conocer los análisis hidrológicos (oferta, demanda, balance hídrico). .
- Se hizo un análisis de reparto (caudal remanente, caudal disponible, caudal ecológico).  
Se discutió la importancia de respetar cada uno de ellos.

Se entregó a los usuarios la ficha provincial de distribución, para que sobre esta se realicen los ajustes pertinentes y se realicen las objeciones al contenido de la misma.

La reunion fue precedida por el equipo de reglamentación de corrientes hídricas de la Sub Direccion de Recursos Naturales y Áreas Protegidasa -SARP, y la sistencia de oficina Provincial Tequendama (imagen 26 y 27, tabla 14).



Imagen 26. Elaboración propia. 2016. C

Tabla 14. Asistencia de usuarios distribución

<b>Usuarios Convocados</b>	<b>Usuarios Asistentes</b>
<b>22</b>	<b>27</b>

Fuente. Elaboración propia. 2016

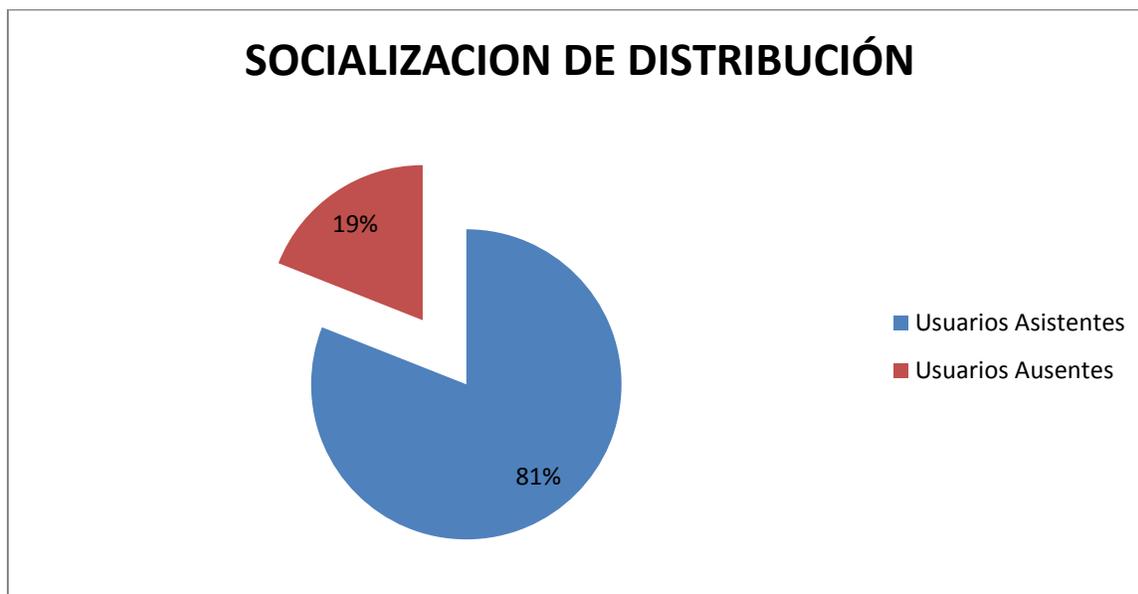


Imagen 27. Elaboración propia. 2016. Asistencia a la reunión de distribución

Al inicio de distribución, se hizo una actividad que consistía en armar un rompecabezas con la consecuencias de realizar buenas y malas prácticas ambientales, se realizó un folleto con la

información del proyecto, donde diferentes grupos lo elaboraban y el mas completo entraba en estudio, para ser repartido a la comunidad, (imagen 28).



Imagen 28. Elaboración propia. 2016.  
Socialización de Distribución.

En síntesis, las actividades de socialización se centraron en promover la participación ciudadana integrada el proceso de ordenamiento y reglamentación de corrientes, al propiciar espacios comunitarios para la sensibilización que contribuyeron al empoderamiento de la realidad ambiental de la población afectada del recurso, acciones de conservación, obras hidráulicas, conformación de asociaciones de usuarios, veedurías ciudadanas entre otras.

## 16. Conclusiones y recomendaciones

- Una vez analizados los resultados de las campañas de monitoreo realizadas a la Quebrada La Aguilita y comparándola con los usos potenciales del recurso, tomando como principal el uso doméstico como el más restrictivo, se observa que los parámetros Nitrógeno Amoniacal y Mercurio, se encuentran por encima de los límites permisibles para el uso doméstico (Aguas Superficiales con Tratamiento Convencional – Decreto 1594 de 1984. Art. 38).
- La alteración en los parámetros antes citados obedece principalmente a la actividad agropecuaria desarrollada en la microcuenca, en la aplicación de fertilizantes y la invasión

de la ronda por parte del ganado. Por otra parte, se evidencia alteración de la corriente por tala de bosques en la ronda del cauce principal.

- El objetivo de calidad generalizado para la cuenca de segundo orden Vertiente Oriental Río Magdalena y el especificado para la microcuenca de la Quebrada La Quipileña, en general es coherente con el objetivo de calidad calculado para la microcuenca quebrada La Aguilita, pero el resultado del ICA para esta microcuenca potencializa algunos usos no contemplados en la resolución 3482 del 23 de diciembre 2011, como el aprovechamiento de material de arrastre y el transporte y asimilación de aguas residuales.
- En el mapa final de zonificación del ICA para la microcuenca Quebrada los Alisos se observa que la calidad del agua para la mayor parte de la microcuenca es REGULAR, principalmente su corriente principal (puntos de monitoreo 1 y 2). Sin embargo, se nota reducción gradual en el ICA y por ende en la calidad del agua, el cual afecta la corriente aguas abajo hasta su desembocadura en la Quebrada La Quipileña.
- Con el fin de mitigar la contaminación detectada en la Quebrada La Aguilita del municipio de Quipile, es necesario cumplir con las siguientes recomendaciones:
  - En el marco del proceso de reglamentación de corrientes que se viene adelantando en esta quebrada, es imperante y obligatorio solicitar a los usuarios que utilicen el recurso para uso doméstico, la presentación de la respectiva autorización sanitaria por la entidad de salud, la cual involucra caracterización de la fuente abastecedora en el sitio de bocatoma y memorias y planos del sistema de tratamiento a implementar (Decreto 1575 de 2007. Artículo 28. “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.).
  - Fortalecer las actividades de comando y control, en especial las relacionadas con protección de la ronda de la quebrada, de mínimo 30 metros, tal como lo establece el Decreto 1449 de 1977, mediante actividades de aislamiento, restauración y

reforestación; así como el control de la tala de bosques y la ganadería en cercanías de los nacimientos hídricos ubicados dentro de la microcuenca.

- No permitir el ingreso de animales a la quebrada, ya que se está presentando contaminación fecal, produciendo impactos sobre la salud de los habitantes de la zona baja de la microcuenca.
- Es necesario que periódicamente se realice seguimiento anual en términos de calidad a esta quebrada, para revisar su comportamiento y eficiencia de las medidas implementadas.

## 17. Bibliografía

ALCALDÍA MUNICIPAL DE QUIPILE. Fecha de última actualización: 08 de Septiembre de 2015 Página oficial.

ALVARADO, M. (2009). Diseño de las obras de estabilización del canal navegable de acceso al puerto de Barranquilla en el sector Siape. In: O.M. Alvarado (Ed.), Magdalena River. Navegación Marítima and Fluvial (1986–2008) (pp. 406–447). Barranquilla: Ediciones Uninorte.

BURGOS., V. 2008. Estimación de la distribución espacial del Número de Curva en cuencas pie de montañas del Gran Mendoza aplicando técnicas SIG. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

CAR. 2004. “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.

CAR. 2006. Procesos de Reglamentación de corrientes e implementación de instrumentos económicos tales como las tasas por uso y las tasas retributivas.

CAR. 2006. 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. “

CAR. 2007. ACUERDO No. 21 DEL 25 DE SEPTIEMBRE DE 2007. “Por medio del cual se modifica el Acuerdo No. 31 del 19 de septiembre de 2005, modificado a su vez por el Acuerdo 04 de 27 de febrero de 2006 y Acuerdo 29 de 22 de agosto de 2006, en lo referente a módulos de consumo para usos agrícola del recurso hídrico en la jurisdicción de la CAR”

CAR. 2017. Actualización de los Módulos de Consumo Agrícola en las Cuencas de Tercer Orden de la Jurisdicción CAR.

CHOW. 1988. Maidment, Mays. Applied Hidrology. p. 152.

CHOW ., V. T., MAIDMENT., D., MAYS L. 1994. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A. 153p.

COLMENARES , R. (2005), "El agua un bien público: razones para una campaña", en Boletín ECOFONDO, No 26, p. 25-29.

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. 1978. Decreto 1541. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. 1999. LEY 99. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

CORPONARIÑO Índice de Escasez de Agua Superficial Cuenca Río Pasto, 2008 – 2009.

COVARRUBIAS., B. BUSTAMANTE., W. DELGADO., C. IBARRA., E. 2014. Analysis of four variables associated with rainy seasonal in maize cultivation. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.5 Núm.1 1 de enero - 14 de febrero, 2014 p. 101-114.

CUESTA1 ., R. PÉREZ., S. PEÑA., E. 1997. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tumaco, Colombia. *PALMAS*, Volumen 18, No. 3.

DEAN J. Y SNYDER W. sf. 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.

FAO. 1972. *La práctica del riego y la ordenación de aguas.* Roma.

FRERS, C. 2003. Agua que has de beber. *Revista Inter-Forum.*

GARCÍA., J. YACU., S. DELGADO., P. 2009. Guía metodológica calculo caudales avenida. *Jornadas sobre hidrología de superficie en Tenerife. CIATF.*

HERNANDEZ., M. 2010. *Balance Hídrico y Caudal Ecológico: Métodos de evaluación de cantidad y disponibilidad de los recursos hídricos y ecosistemas conexos.* San Salvador, El Salvador.

IGAC y DANE. 2000. *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras,* Departamento de Cundinamarca, Bogotá.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. DECRETO 3930 DE 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

JIMENEZ, F. 2010. Análisis de Contexto, Caracterización, Diagnostico de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba – Costa Rica. 21 p.

KURASHIGE, Y. 1994. Mechanisms of sediment supply in head water rivers. Transactions Japanese Geomorphologic al Union, 15A, 109–129.

MÉNDEZ, J., F. 2013. Metodología para la medición de variables hidrometeorológicas que faciliten la implementación de modelos dinámicos de interceptación de lluvia en el contexto Colombiano. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola y Civil. Bogotá D.C, Colombia.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE E IDEAM. 2001. Estudio Nacional del Agua.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Resolución 865 del 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”.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2004. PLAN NACIONAL DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN COLOMBIA.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE E IDEAM. 2007. Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2010. Metodología general para la presentación de estudios ambientales.

OJEDA., E. Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia.

OTAYA, L., VASQUEZ, G., BUSTAMANTE, G:J. Estimation of the hydric supply with scarce information in strategic ecosystems. Rev.fac.Nal.Agr.Medellín 61(1):4366-4380 .

POSADA, B.O. (2008). Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. Santa Marta (Colombia), INVEMAR.

RESTREPO, J.D., KJERFVE, B. 2000. Magdalena River: interannual variability (1975-1995) and revised water discharge and sediment load estimates. *Journal of Hydrology*, 235, 137-149.

RIVERA., H. RAMIREZ., R. VANEGAS., R. 2004. Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial. Ed. IDEAM.

SEGOVIA., M. HANG, M. (SF). Estimación del Valor del Número de Curva (CN) a Través de Imágenes Satelitales Landsat5-TM. Departamento de Hidráulica - Facultad de Ingeniería – UNNE.

SOLER. M., VARGAS. S. 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).

SQKOLOV., A. CHAPMAN., T. *Methods for Water Balance Computation*. No 17 de la serie "Studies and Reports in Hydrology". UNESCO. Instituto de Hidrología de España. Paseo Bajo de la Virgen del Puerto. Madrid 5. España. ISBN 84-500-5081-2.

USDA. (1986). *Urban hydrology for small watersheds*. Technical Release 55 (TR-55). United States Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division. (Second Edition ed.).

WALLING, D. 2009. The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: current progress and future challenges. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Scientific Paper. UNESCO, Paris, France. 26p.