
	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

**ELABORACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO
SUMAPAZ CON EL MÉTODO DEL PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL
DE LA UNESCO**

**JOSE IGNACIO SIERRA MORALES
NELSON GABRIEL CASTRO CAVIEDES
DIEGO HERNANDO MOLINA ALFONSO**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD Ingeniería Ambiental
PROGRAMA Ingeniería Ambiental
BOGOTÁ, D.C.
2014**

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ELABORACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO SUMAPAZ CON EL MÉTODO DEL PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL DE LA UNESCO

José Ignacio Sierra Morales
Código: 2010160030

Nelson Gabriel Castro Caviedes
Código: 20101660027

Diego Hernando Molina Alfonso
Código: 2010160031

Proyecto de grado

Profesor Nelson Omar Vargas Martínez
Geólogo Esp. En Recursos Hidráulicos

Escuela colombiana de carreras industriales
Facultad Ingeniería Ambiental
Programa Ingeniería Ambiental
BOGOTÁ, D.C.
2014




	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	5
2	JUSTIFICACIÓN	8
3	Objetivos de la Investigación	9
3.1.	Objetivo General	9
3.1.1.	Objetivos Específicos	9
4	Características físicas del área de estudio.....	9
4.1.	Ubicación geográfica.....	9
4.2.	Características del relieve y fisiográficas	12
5	Marco Conceptual	17
5.1.	Ciclo hidrológico	20
5.1.1.	Evaporación	21
5.1.2.	Condensación:	21
5.1.3.	Precipitación:.....	22
5.1.4.	Infiltración:.....	22
5.1.5.	Evapotranspiración.....	22
5.1.6.	La Escorrentía hídrica superficial o flujo superficial	23
5.1.7.	El rendimiento hídrico o caudal específico	23
5.2.	Balance Hídrico	24
6.	Marco Metodológico.....	26
6.1.	Diagrama De Flujo Balance Hídrico	28
6.2.	Marco Lógico	30
7.	Recopilación de la información	32
7.1.	Modelamiento y delimitación de la cuenca	32
7.2.	Información Hidroclimáticas	43
7.2.1.	Estimación Climática:	44
7.2.2.	Estaciones Climáticas Seleccionadas	46
7.3.	Resultados de las variables Climáticas	46
7.3.1.	Distribución Temporal Precipitación	47

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.3.2.	Distribución Espacial Precipitación	48
7.4.	Información Hidrológica.....	51
7.4.1.	Estimación Hidrológica.....	51
7.4.2.	Estaciones Limnimetricas Seleccionadas	52
7.4.3.	Estimación del volumen de Escurrimiento Virgen por Cuenca Propia	52
7.4.4.	Estimación de Valores de Volúmenes de Consumo	53
7.4.5.	Resultados de las variables hidrológicas	53
7.4.6.	Volumen de escurrimiento virgen por cuenca propia	54
7.4.7.	Coeficiente de Escurrimiento: Uso Del Suelo.....	54
7.5.	Valores de volúmenes de consumo	56
7.5.1.	Demanda Domestica.....	57
7.5.2.	Demanda Pecuario.....	59
7.5.3.	Demanda Agrícola.....	60
7.6.	Calculo del Balance Hidrológico Superficial	61
8.	Análisis de Resultados	65
9.	CONCLUSIONES.....	69
9.1.1.	Climatológicas.....	70
9.1.2.	Hidrológicas	70
10.	ANEXOS	72
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	73


	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

1. Introducción

El presente estudio se desarrolla en la modalidad trabajo de grado, como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental en la Coordinación de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI.

El trabajo consiste en la aplicación de la metodología del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe en el desarrollo del cálculo del balance hídrico, documentado en la publicación titulada “Evaluación de los recursos hídricos, Evaluación del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas” documento técnico del PH1 – LAC NO 4 (UNESCO. 2006). La metodología para fines prácticos se valida en la cuenca del Río Sumapaz, en el departamento de Cundinamarca, la cual fue seleccionada con criterios técnicos relacionados principalmente con la disponibilidad de información. Este trabajo permite aplicar conceptos y metodologías que se aprendieron a través de la carrera en asignaturas asociadas a evaluación de recurso hídrico y procesamiento de imágenes para interpretación ambiental.


Para desarrollar el balance hídrico superficial es necesario trabajar en tres etapas. La primera etapa recopiló información para satisfacer las variables del balance, en la segunda etapa se verificara en campo la información recolectada y la tercera etapa se

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


realizará el procesamiento y sistematización de la información para obtener los resultados y productos previstos en el anteproyecto.

En el análisis y desarrollo de la información se utilizaron herramientas de visualización espacial y Geoprocesamiento asociadas a Sistemas de Información Geográfica SIG. Los mapas temáticos resultantes se utilizaron como apoyo de los datos recolectados en campo y en los organismos del orden nacional y regional, con el fin de desarrollar los pasos propuestos por el método. Así mismo, se utilizaron herramientas informáticas para los diferentes cálculos matemáticos de las variables resultantes y el despeje de la fórmula en la ecuación de balance.

Los objetivos planteados en este trabajo permitieron conocer la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca más importante del sur del departamento de Cundinamarca. Las generalidades señaladas en el trabajo, pretenden dar a conocer la zona de estudio con las diferentes variables hidrológicas, climatológicas y morfológicas de la región. El marco conceptual, contiene de manera organizada las ideas o conceptos que soportan este estudio y finalmente, el marco metodológico describe las actividades realizadas para el desarrollo del balance, teniendo en cuenta la metodología propuesta en la evaluación del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas de la UNESCO.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En un marco local, la cuenca del Río Sumapaz, el balance hidrológico es fundamental en la toma de decisiones para todas las entidades gubernamentales, debido a que varios municipios utilizan sus aguas para diferentes tipos de consumo. La población de estos municipios se encuentra en constante crecimiento, por lo tanto, el desarrollo de herramientas que arrojen datos sobre los volúmenes del recurso, pueden ser útiles en la ordenación y planificación de un futuro cercano, así como en la generación de economías con un desarrollo sostenible que beneficien a las comunidades que hacen parte de la cuenca. Este tema, ha sido internacionalmente discutido en pro del desarrollo de las naciones del mundo, donde los protocolos a implementar, son ideas para disminuir la depredación y consumo de recursos naturales indiscriminados a favor del medio ambiente.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


2 JUSTIFICACIÓN

En Colombia, la creciente necesidad por contar con información referente a la disponibilidad y uso del agua para cada una de las unidades hidrológicas presentes en nuestro país, despierta interés por contar con una herramienta adecuada para la toma de decisiones en el campo del manejo óptimo del recurso. Es por esto, que el presente trabajo de grado analiza las diferentes variables de entrada y salida del ciclo hidrológico, con el fin de obtener la contabilidad del recurso.

La utilización del método hidrológico de la UNESCO en la realización del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz, es el resultado de la evaluación de los diferentes comportamientos de los datos recopilados para cada una de las formulas requeridas en el balance general, esto observado desde la información espacial y levantada en campo.

De acuerdo a la información recopilada, es importante destacar que la metodología seleccionada aborda dos opciones específicas de evaluación de los datos: con información hidrométrica y sin información hidrométrica; siendo esto último de gran utilidad para el desarrollo de la investigación, en la medida en que se abarca el déficit de información existente en redes y temas hidrológicos para el manejo de cuencas.

En el proceso de selección y levantamiento de información para análisis de la cuenca del Río Sumapaz, es claro que Colombia no dispone de una base centralizada,

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

completa y ordenada en temas hidrológicos, sin embargo, es imposible desconocer que los componentes de la ecuación del balance, están sujetos a cierta variabilidad e incertidumbre. Por tal motivo, escoger un método que permita unificar y organizar los datos encontrados, es fundamental para un resultado confiable.

3 Objetivos de la Investigación

3.1. Objetivo General

Realizar el balance hídrico superficial para cuantificar la disponibilidad del recurso agua de la cuenca del Río Sumapaz aplicando la metodología del programa hidrológico internacional de la UNESCO.


3.1.1. Objetivos Específicos

- *Modelar la delimitación de la cuenca en ambiente SIG.*
- *Desarrollar el Análisis Climatológico de la cuenca con fines de Balance hídrico.*
- *Realizar el análisis hidrológico de la cuenca para el balance hídrico.*
- *Evaluar el balance hídrico de la cuenca.*

4 Características físicas del área de estudio

4.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Sumapaz nace a 4.710 msnm en el Parque Nacional Natural del Sumapaz, el cual se localiza en la Cordillera Oriental, en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Huila y la ciudad de Bogotá, cubriendo una superficie de 333.420

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

hectáreas. Distribuido en jurisdicción de los siguientes municipios: Acacias, Guamal, San Luis de Cubarral, El Castillo, Lejanías y La Uribe en el Departamento del Meta, San Bernardo, Pasca y Arbeláez en el Departamento de Cundinamarca, Colombia en el Departamento del Huila y la localidad 20 de Bogotá (Fig. 1).

La Cuenca del Río Sumapaz posee 10 principales subcuencas (figura 2): Río Paguey, Río Bajo Sumapaz, Río Panches, Río Cuja, Río Negro, Río Medio Sumapaz, Quebrada Negra, Río Pilar, Río San Juan, Río Alto Sumapaz (figura 1).

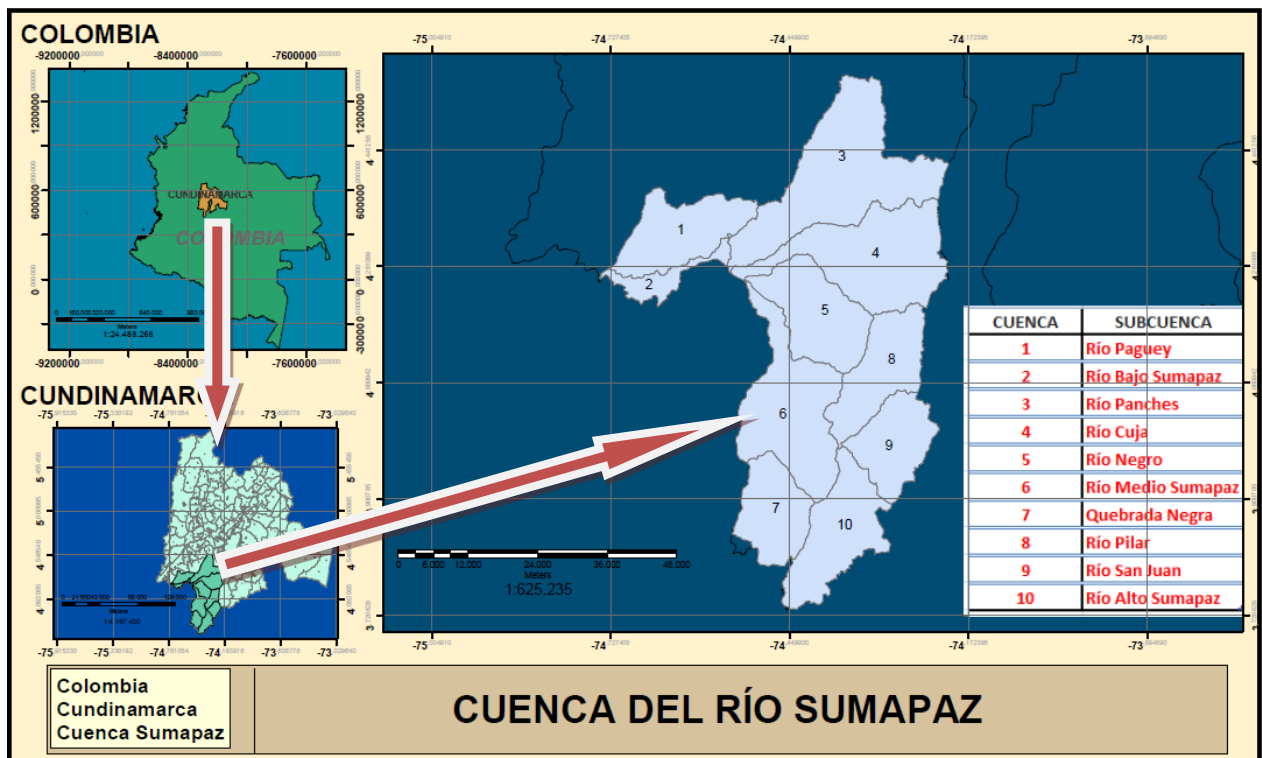



Figura 1. Ubicación geográfica y delimitación de las Subcuencas del Río Sumapaz

En la cuenca se encuentran asentados 31.920 habitantes según fuentes oficiales del DANE (DANE, Censo General, 2005). La Cuenca del Río Sumapaz tiene

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

aproximadamente un área total de 3.845 Km², sirve de frontera natural entre el departamento de Tolima y Cundinamarca, es la tercera cuenca más extensa en el territorio bajo jurisdicción de la CAR siendo una de las más importantes de la región, caracterizada por su importancia en términos de producción agrícola y de la existencia de áreas de reserva ecológica (Páramo Nacional Natural del Sumapaz), Recopilación y valoración de los componente social, urbanístico, productivo y regional del área rural del Distrito Capital (Plan de Desarrollo Rural, Marzo 2009). El Río Sumapaz desemboca en el río Magdalena a los 289 msnm en el municipio de Girardot, tiene una longitud aproximada de 95 kilómetros, recorre los municipios de Cabrera, Venecia, Pandi, Melgar, Icononzo, Carmen de Apicala y sus principales fuentes hídricas, como podemos observar en la figura 2 donde se muestra el Esquema Hidrográfico de la Cuenca del Río Sumapaz.

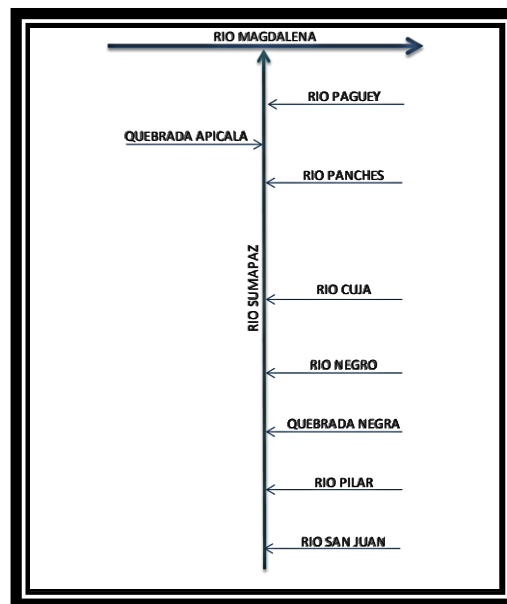



Figura 2. Esquema Hidrográfico de la Cuenca del Río Sumapaz

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

4.2. Características del relieve y fisiográficas

La región del Sumapaz se caracteriza por tener un relieve muy variado, el cual incluye planicies como las que se presentan en los municipios de Pasca, Arbeláez y San Bernardo; topografía caracterizada por desfiladeros y encumbradas montañas que de vez en cuando se suavizan apareciendo pequeñas mesetas onduladas, como ocurre en los municipios de Cabrera, Venecia, San Bernardo, Arbeláez, Pasca, Fusagasugá y Silvania; altos cerros andinos, mesetas onduladas y pequeños valles interandinos en los municipios de Venecia, Pandi, Arbeláez, Fusagasugá y Silvania; valles aluviales, lomeríos y laderas desde suavemente inclinadas hasta fuertemente quebradas como en los municipios de Cabrera, Venecia, Pandi, Arbeláez, Fusagasugá, Tibacuy y Silvania , zonas planas y onduladas en Pandi, Arbeláez y Tibacuy. (Inceder de Sumapaz-componente físico – biótico).

La región del Sumapaz tiene un perfil fisiográfico caracterizado por presentar un paisaje montañoso de acuerdo a la tabla 1 que ocupa el 98.5 % del área, el resto, es un paisaje aluvial, conformado por abanicos – terraza de tipo torrencial como los de Chinauta y Fusagasugá, caracterizados por su topografía plana, pero con abundante piedra en superficie y en el perfil del suelo, que limita de manera severa la profundidad radicular de los suelos; No obstante la gran homogeneidad del paisaje montañoso, en el nivel de tipo de relieve, la fisiografía de la zona presenta una gran variabilidad, que se muestra gráficamente en la figura 3 donde se describen los más representativos.


	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


Tabla 1

Distribución porcentual de los tipos de Relieve en la región del Sumapaz

Tipo de Relieve	Área (ha)
Valle	558,54
Vallecitos Coluvio-aluviales	477,47
Abanico terraza	3938,06
Abanico aluvial Subreciente	1458,35
Lomas	36809,05
Glacis coluvial	15239,79
Campo morrénico	7445,82
Cuestas	21546,40
Crestas y Crestones	126315,04
Filas y vigas	1301,91
Espinazo hogback	5082,28
Escarpe mayor	28013,52
Artesa, cumbres andinas	20997,68
<i>Total General</i>	<i>269183,92</i>

Crestas y crestones

Ocupan casi el 47% del área, se caracterizan por desarrollarse sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias clásticas de grano grueso, a veces intercaladas con rocas sedimentarias clásticas de grano fino, que forman relieves ocasionalmente muy abruptos, con flancos que se destacan y sobresalen sobre el paisaje, por tener una contrapendiente sobre un escarpe abrupto de tipo erosionar y una pendiente estructural alargada y a veces disecta. Este tipo de relieve se distribuye por toda la Provincia, pero principalmente en la zona de Páramo. (Inceder de Sumapaz-componente físico – biótico).

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Espinazos o “Hogbacks”


Este tipo de relieve de origen estructural se caracteriza por presentar una topografía quebrada a muy escarpada, generalmente con laderas de 50 a 75% de pendiente, o mayores, largas y rectilíneas. Estas geoformas se conforman por una serie de cimas con crestas recortadas, colocadas una a continuación de la otra, conocidos como “chevrone” o planchas estructurales. Esta forma se concentra principalmente en los municipios de Tibacuy y Silvania. (Inceder de Sumapaz-componente físico – biótico).

Cuestas.

El 8%, del territorio hace parte de este Tipo de Relieve, que se concentra principalmente en Cabrera, Venecia y San Bernardo, que se caracteriza por tener una ladera estructural moderada a fuertemente inclinada con pendientes de 7 -12 – 25 % y en la contrapendiente un escarpe que termina en un coluvio pedregoso. Dentro del paisaje montañoso es un tipo de relieve que por sus características topográficas permite hacer una agricultura con tracción mecánica. (Inceder de Sumapaz-componente físico – biótico).

Escarpes.

Este tipo de relieve se ha formado por el efecto combinado de fenómenos de tectonismo, fallamientos y erosión geológica. Morfológicamente se componen de una corniza y un talud de derrubios. El relieve es fuertemente escarpado con pendientes

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


superiores al 75%, generalmente son tierras con afloramientos rocosos y sometidas a procesos de desprendimientos, derrumbes y flujos concentrados. Se presentan en todo el territorio y aparecen en forma de fajas muy angostas que van de sur a norte. Tienen un área 21013 hectáreas que representan un poco más del 10%, por sus características son tierras de muy baja capacidad agroproductiva y muy susceptibles a procesos de remoción en masa por lo que la mejor alternativa de uso es la conservación de su vegetación natural. (Incoder de Sumapaz-componente físico – biótico).

Lomas.

Este tipo de relieve ocupa casi el 14% del área (36809 hectáreas), y se caracteriza por un relieve ligeramente ondulado a escarpado, que se extiende desde Cabrera hasta Pasca, en una franja angosta entre el piso frío y el muy frío. Los materiales más comunes y frecuentes en este tipo de relieve son las arcillolitas, lutitas y areniscas del Terciario y Cretácico. Las condiciones topográficas y edáficas de estas tierras las hacen adecuadas para la producción de cultivos. (Incoder de Sumapaz-componente físico – biótico).

Glacis coluvial.

Los Glacis presentan una topografía desde ligeramente inclinada a fuertemente inclinada con pendientes menores de 25%, por lo general están ubicadas en la zona de contacto con el paisaje montañoso o de lomerío. Ocupa una extensión de 15.239

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


hectáreas que corresponden al 5.6%. Se localizan principalmente en Pasca, Fusagasugá y Granada. Son tierras adecuadas para la agricultura, sin embargo, la presencia de piedras tanto en la superficie como en el perfil del suelo, restringen un poco labores de mecanización. (Incoder de Sumapaz-componente físico – biótico).

Abanicos Terraza.

Es el Tipo de Relieve más representativo y extenso del paisaje aluvial. Se formó por flujos de lodo de tipo catastrófico provenientes del páramo de Sumapaz. Los suelos presentan altos contenidos de fragmentos de piedra de diferentes tamaños, que en muchos casos, son limitativos para el desarrollo radicular. Tiene una extensión de 3.938 hectáreas que corresponden al 1.4% de la totalidad de la zona y que se distribuyen principalmente en el municipio de Fusagasugá. (Incoder de Sumapaz-componente físico – biótico).

Artesas y cumbres andinas

Es una combinación de tipos de relieve que aparecen asociados en el ecosistema de páramo, y está conformado por cimas empinadas y dentadas a manera de aristas y cerros de aspecto piramidal que separan las artesas o circos. El relieve es muy escarpado con pendientes mayores de 75%. Ocupan un área de 20.997 hectáreas que corresponden al 7.8% de la zona distribuidas principalmente en la Localidad 20 del Distrito Capital. (Incoder de Sumapaz-componente físico – biótico).

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

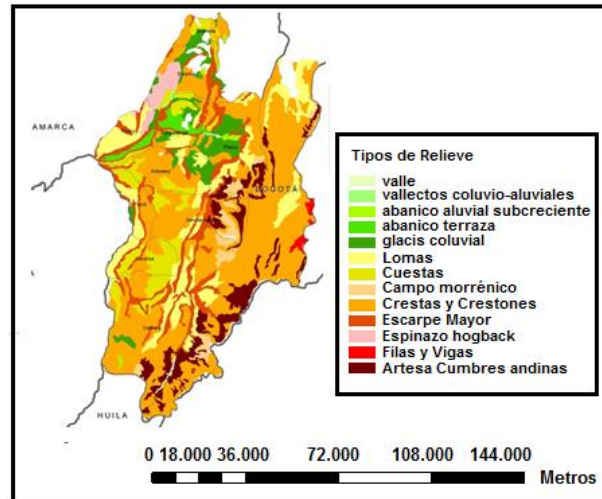



Figura 3. Fisiografía de la región del Sumapaz (Incoder de Sumapaz-componente físico – biótico)

5 Marco Conceptual

El ciclo hidrológico involucra todas las variables de los diferentes procesos del agua a intervenir en las cuencas, este ciclo hidrológico, representado generalmente a través de un balance hídrico, permite realizar la contabilización de agua en términos de entrada y salida en una unidad de análisis cómo la cuenca hidrográfica. En este volumen de control, las relaciones de volumen de agua se expresan en fórmulas matemáticas, en las cuales las entradas y salidas, son iguales al cambio de almacenamiento de la cuenca. Estos cambios de almacenamiento a nivel anual son cercanos a cero en razón a tiempo de residencia de agua en cada uno de los dominios hidrográficos de agua.

En términos de agua superficial estas relacionadas están determinadas por el ciclo hidrológico, que permiten describir conceptos de oferta total y disponibilidad, que


	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

cruzadas con los volúmenes de demanda, permiten configurar las condiciones de sostenibilidad del recurso hídrico de la cuenca.

Es importante para este proyecto de grado seleccionar un método que se ajuste a las condiciones meteorológicas, relieve y de densidad poblacional presentadas en nuestra área estudio, como lo es la cuenca del Rio Sumapaz.

Durante varios años la UNESCO ha realizado guías para balances hídricos, desde 1981 hasta el presente.

Según la UNESCO 1981. La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural (tal como la cuenca de un río) o cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua. En general, las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación (P), en forma de lluvia o nieve, realmente recibida en la superficie del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas recibidas dentro de la cuenca o masa de agua desde fuera (Q_{sl} y Q_s). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación desde la superficie de la masa de agua (E) y la salida de corrientes de agua superficial y subterránea desde la cuenca o masa de agua considerada (Q_{so} y Q_o). Cuando las entradas superan a las salidas el volumen de agua almacenada (AS) aumenta y cuando ocurre lo contrario disminuye. Todos los

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


componentes del balance hídrico están sujetos a errores de medida o estimación, y la ecuación del balance deberá incluir, por tanto, un término residual o de diferencia (w).

Para la FAO el balance hídrico se realiza bajo conceptos de evapotranspiración y usos del suelo, con el fin de dar un mejor rendimiento hídrico a los cultivos.

Este método necesita variables meteorológicas como temperatura, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, estas sujetas a la disponibilidad del recurso hídrico, ayudan al crecimiento de la vegetación principalmente la que suple las necesidades básicas alimentarias.

En el desarrollo de la metodología por el “Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe” se tienen en cuenta los planteamientos de balances hídricos por cuencas hidrográficas, donde la estimación del balance se realiza por separado: subterránea y superficial, donde la información a recopilar será para el subterráneo, mensual y para el superficial, anual.

El método seleccionado planteado es para Agua superficial, entendiendo dentro de sus actividades, fundamentalmente la recopilación de información climatológica e hidrológica de la unidad de la Cuenca del Río Sumapaz, su análisis y procesamiento a través de un sistema de información geográfica como ArcGIS, y su implementación para

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


países como Costa Rica, Perú, Ecuador siendo de topografías, condiciones y ubicación geográfica similares a las de Colombia.

La descripción de cada una de las actividades para el cálculo del balance hídrico superficial, se plantea como una actividad fundamental dentro de la recopilación de información básica para el cálculo de balances hídricos, esta estimación permite indagar para cada uno de los procesos del ciclo hidrológico de la cuenca, los parámetros climatológicos (Precipitación, Evapotranspiración potencial, Evaporación real y Escorrentía) que se presentan en la zona de estudio, conociendo la disponibilidad del recurso agua, resultante del balance hidrológico entre entradas y salidas.

5.1. Ciclo hidrológico

De los diferentes estudios a nivel mundial revisadas para soportar los elementos conceptuales utilizados para entender los diferentes procesos de oferta y demanda, como se muestra en la figura 4, y soportada en la siguiente definición:

El ciclo está gobernado por procesos naturales que ocurren de manera continua. El agua cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida; parte de ella puede evaporarse antes de tocar la superficie terrestre. Aquella fracción que alcanza la vegetación es parcialmente retenida por las hojas de las plantas (intercepción). De allí, una parte es evaporada de nuevo hacia la atmósfera, en tanto que la fracción

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

restante cae hacia el suelo, en donde puede infiltrarse o escurrir por las laderas, siguiendo la dirección de las mayores pendientes del terreno. La parte del agua que escurre a lo largo de las laderas puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, en donde se evapora o infiltra; o, por último, se mueve a través de los drenajes naturales de la cuenca y forma el flujo superficial. Estos tres flujos – superficial, subsuperficial y subterráneo– conforman la escorrentía, que integra los cauces de las corrientes, alimenta los diferentes almacenamientos y drena finalmente al mar. (Estudio Nacional del Agua, 2010).


5.1.1. Evaporación

El agua se evapora en la superficie oceánica, sobre la superficie terrestre y también por los organismos, en el fenómeno de la transpiración en plantas y sudoración en animales. Los seres vivos, especialmente las plantas, contribuyen con un 10% al agua que se incorpora a la atmósfera.

En el mismo proceso podemos situar la sublimación, cuantitativamente muy poco importante, que ocurre en la superficie helada de los glaciares o la banquisa. (Estudio Nacional del Agua, 2010).

5.1.2. Condensación:

Proceso en el cual el agua en forma de vapor sube y se condensa formando las nubes, constituidas por agua en pequeñas gotas. (Estudio Nacional del Agua, 2010).

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

5.1.3. Precipitación:

Es cuando las gotas de agua que forman las nubes se enfrían acelerándose la condensación y uniéndose las gotitas de agua para formar gotas mayores que terminan por precipitarse a la superficie terrestre en razón a su mayor peso. La precipitación puede ser sólida (nieve o granizo) o líquida (lluvia). (Estudio Nacional del Agua, 2010).


5.1.4. Infiltración:

Ocurre cuando el agua que alcanza el suelo, penetra a través de sus poros y pasa a ser subterránea. La proporción de agua que se infiltra y la que circula en superficie (escorrentía) depende de la permeabilidad del sustrato, de la pendiente y de la cobertura vegetal.

Parte del agua infiltrada vuelve a la atmósfera por evaporación o, más aún, por la transpiración de las plantas, que la extraen con raíces más o menos extensas y profundas. Otra parte se incorpora a los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante. Parte del agua subterránea alcanza la superficie allí donde los acuíferos, por las circunstancias topográficas, intersecan (es decir, cortan) la superficie del terreno. (Estudio Nacional del Agua, 2010).

5.1.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración real, sinónimo de evapotranspiración efectiva, se define como la suma de las cantidades de agua evaporadas del suelo y de las plantas cuando el

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

terreno se encuentra con su contenido natural de humedad. (Estudio Nacional del Agua, 2010).

5.1.6. La Escorrentía hídrica superficial o flujo superficial

Se define como parte de la precipitación que fluye por la superficie del suelo y se concentra en los cauces y cuerpos de agua. Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. (Estudio Nacional del Agua, 2010).

5.1.7. El rendimiento hídrico o caudal específico

Es la cantidad de agua superficial por unidad de superficie de una cuenca, en un intervalo de tiempo dado l/s km². (Estudio Nacional del Agua, 2010).

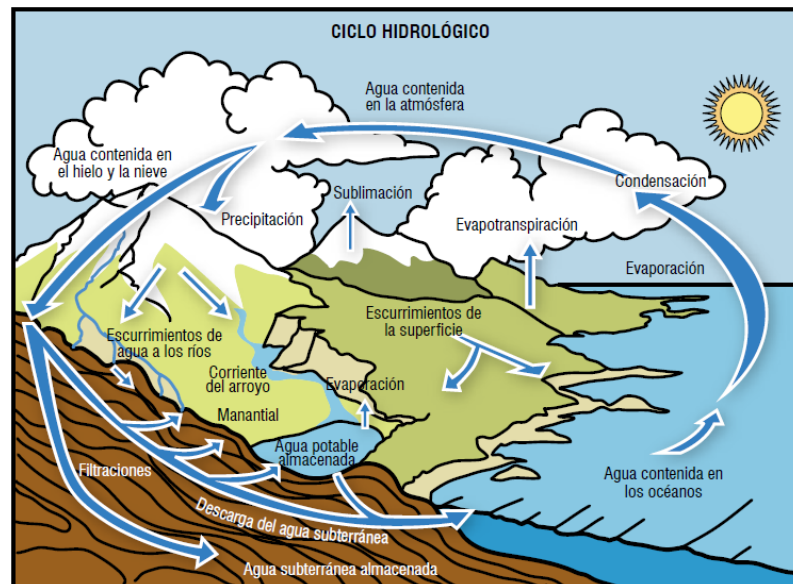



Figura 4. Diagrama del ciclo del agua (modificado de USGS, sin fecha recuperado en ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html)

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


5.2. Balance Hídrico

El agua, aunque se encuentra en un movimiento cíclico continuo, es cuantificable y debido a los requerimientos actuales del hombre, es necesario conocer con exactitud ese movimiento y definirlo, para aprovechar de forma racional los recursos hídricos y que no se modifiquen de forma irreversible los componentes que intervienen en el ciclo del agua.

El balance hídrico tiene por objeto cuantificar los recursos y volúmenes de agua del ciclo hidrológico de acuerdo con el axioma de Lavoisier: "nada se crea ni se destruye, sólo se transforma". Este axioma en dinámica de fluidos se conoce como la Ecuación de Continuidad. También permite establecer relaciones entre las distintas variables hidrológicas. (Canales Elorduy, Armando. 1989. Hidrología Subterránea).

El establecimiento del balance hídrico en una cuenca o en una región determinada permite obtener información sobre:

- El volumen anual de escurrimiento o excedentes.
- El período en el que se produce el excedente y por tanto la infiltración o recarga del acuífero.
- Período en el que se produce un déficit de agua o sequía y el cálculo de demanda de agua para riego en ese período.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


El balance hídrico se basa en la ley física de conservación de masas “balance de agua basado en el principio que durante un cierto intervalo de tiempo de 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”, balance hídrico especifica que el total de agua que penetra a un sistema debe ser igual al agua que sale de él, más la diferencia entre los contenidos final e inicial, es decir,

La ecuación matemática: Ingreso = egreso +saldo.

$$\frac{dV}{dt} = E - S$$

De acuerdo a la UNESCO (2007), esta ecuación expresa que el cambio de volumen V para un tiempo t está definido como la diferencia entre las entradas E y las salidas S de agua del sistema. La cuantificación del balance hídrico en un lugar o área determinada, permite establecer la disponibilidad real y la distribución temporal entre la oferta y la demanda hídrica.

A partir de esta información obtenida con la precipitación, evaporación y almacenamiento total, describe la magnitud de excesos y deficiencias. El agua neta se obtenida y su resultado representa la disponibilidad hídrica real en promedio durante el año.


	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

De acuerdo al Estudio Nacional del Agua “La oferta hídrica superficial se refiere al volumen de agua continental, almacenada en los cuerpos de agua superficiales en un periodo determinado de tiempo”. ((Estudio Nacional del Agua, 2010. Capítulo 3).

6. Marco Metodológico

De acuerdo a la existencia de una gran variedad de métodos para calcular los balances hídricos de una cuenca, es importante estudiar y confrontar varias de estas metodologías, con el fin de seleccionar, el método que se ajuste a las características particulares de la zona y a los datos disponibles. La UNESCO ha realizado guías para balances hídricos desde 1981, teniendo en cuenta la información necesario para ser recopilada y modelada de acuerdo a su distribución temporal como ejemplo las estaciones climatológicas, que poseen datos Hidroclimaticos e Hidrológicos.


Dentro de las diferentes fuentes de información revisadas para soportar la escogencia del método más apropiado, estudiamos los métodos realizados por la FAO, 1998 y las guías de la UNESCO; Un ejemplo claro de soporte, se obtuvo con la revisión de la guía utilizada en 1981, versión que realiza un cálculo general, sin hacer distinción del balance superficial y subterráneo, siendo un motivo de deficiencia en la alimentación de los componentes para la estimación de las variables hidrológicos e Hidroclimaticos, aumentando su margen de error en la estimación del balance hídrico.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En el desarrollo de la metodología por el “Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe” se tienen en cuenta los planteamientos de balances hídricos por cuencas hidrográficas, donde la estimación del balance se realiza por separado: subterránea y superficial, donde la información a recopilar será para el subterráneo, mensual y para el superficial, anual.

El método seleccionado planteado es para Agua superficial, entendiendo dentro de sus actividades, fundamentalmente la recopilación de información climatológica e hidrológica de la unidad de la Cuenca del Río Sumapaz, su análisis y procesamiento a través de un sistema de información geográfica como ArcGIS, y su implementación para países como Costa Rica, Perú, Ecuador siendo de topografías, condiciones y ubicación geográfica similares a las de Colombia.

La descripción de cada una de las actividades para el cálculo del balance hídrico superficial, se plantea como una actividad fundamental dentro de la recopilación de información básica para el cálculo de balances hídricos, esta estimación permite indagar para cada uno de los procesos del ciclo hidrológico de la cuenca, los parámetros climatológicos (Precipitación, Evapotranspiración potencial, Evaporación real y Escorrentía) que se presentan en la zona de estudio, conociendo la disponibilidad del recurso agua, resultante del balance hidrológico entre entradas y salidas.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


6.1. Diagrama De Flujo Balance Hídrico

El diagrama de flujo es elaborado con el fin de identificar los componentes necesarios para la realización del balance hídrico. Está dividido en cuatro componentes que son:

- Cálculo de precipitación.
- Cálculo de evaporación.
- Calculo de consumo de agua.
- Estimación caudal cuenca.

Cada uno de estos componentes tiene una serie de actividades las cuales llevan a unos resultados y por ultimo al cálculo del balance hídrico superficial.

El primer componente es el cálculo de la precipitación. Se obtiene a partir de la georeferenciación de la cuenca por medio de herramientas SIG, de esta forma se halla el área y se compara con las áreas determinadas en bibliografías referentes al tema; también se realiza una selección de estaciones climatológicas, las cuales se clasifican y se descartan las que no tengan la cantidad de datos necesarios para suplir el método. Por medio de la herramienta SIG se realiza el mapa de Isoyetas con el fin de identificar el área de influencia de las estaciones dentro de la cuenca. Y por último, por medio de la selección de las estaciones, se calcula el volumen de precipitación del área.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


El segundo componente hace referencia al cálculo de la evaporación. Este componente igual que el primero necesita una selección de estaciones que tengan influencia en el área, cabe anotar que las estaciones deben cumplir con los requerimientos para la realización del balance, de lo contrario quedarán descartadas.

El tercer componente es el cálculo del consumo de agua, el cual está discriminado en consumo doméstico, consumo industrial, consumo agropecuario, importaciones y exportaciones de una cuenca a otra. Para hacer los cálculos se realiza un levantamiento de información en los municipios por medio de los Planes de Ordenamiento Territorial de cada Municipio, fuentes del estado como el DANE, CAR, el Ideam con el “Estudio Nacional del Agua 2010” etc.

La información de las importaciones y exportaciones entre cuencas, no tienen un valor, debido a que se encontraron fuentes.

El cuarto componente es la estimación de caudal. Para la obtención de datos se verificaron las estaciones limnimétricas de la zona y el estudio del “Diagnóstico Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Sumapaz”.

Con la información obtenida de estos cuatro componentes se realizó el cálculo del balance hídrico superficial. (Figura 5).

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

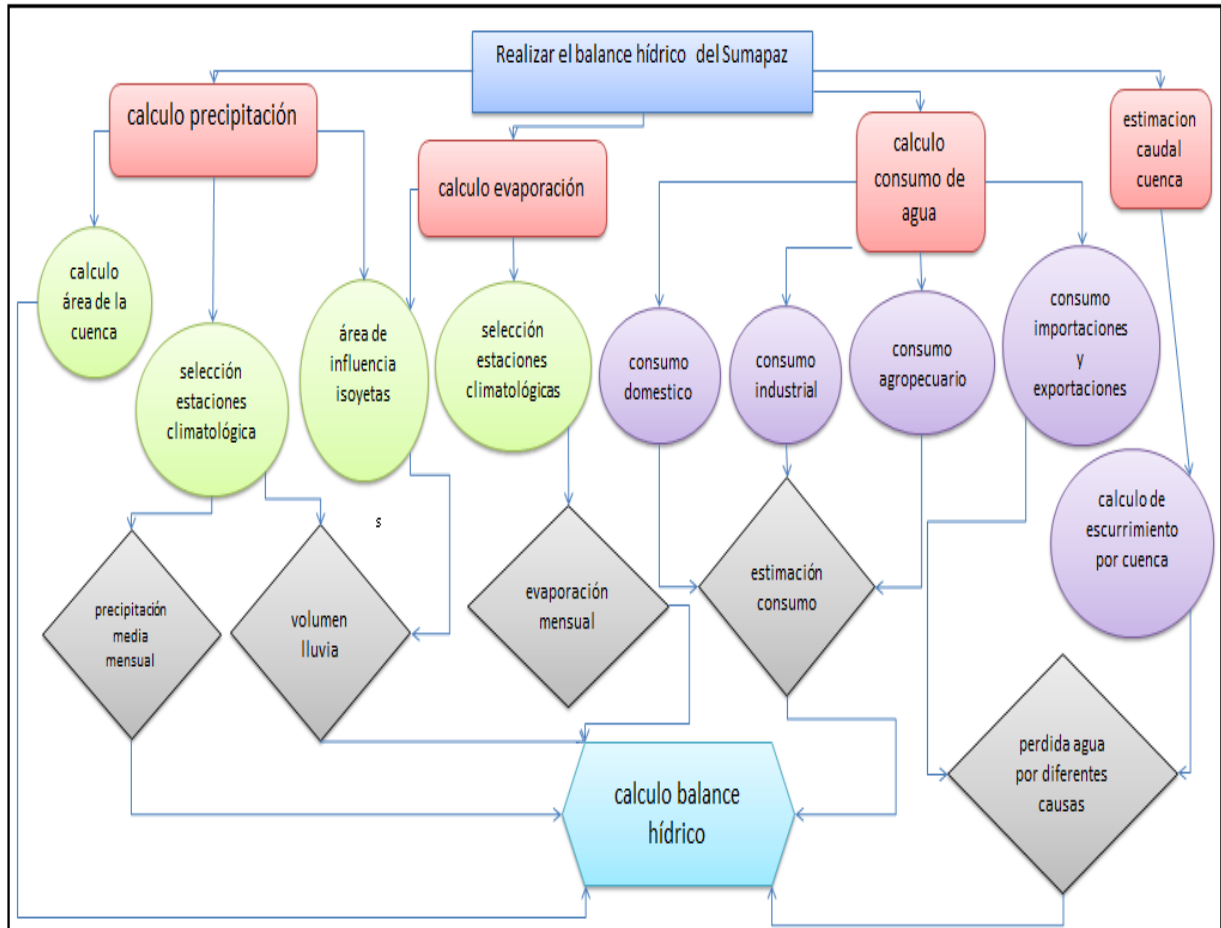


Figura 5. Diagrama de Flujo Balance Hídrico

6.2. Marco Lógico

El siguiente flujograma ilustra las actividades y productos obtenidos en el desarrollo del balance hídrico, para cada una de los componentes tenidos en cuenta en el desarrollo del presente estudio.

Cada una de las actividades fue consecuente en la relación de la recopilación y procesamiento de la información (tabla 2)



	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 2.

Actividades y Productos Obtenidos del Desarrollo del Balance Hídrico.

PROPÓSITO		
OBJETIVO GENERAL		
<i>Realizar el balance hídrico superficial para cuantificar la disponibilidad del recurso agua de la cuenca del Río Sumapaz aplicando la metodología del programa hidrológico internacional de la UNESCO</i>		
RESULTADOS	ACTIVIDADES	PRODUCTO
OBJETIVO ESPECIFICOS		
Desarrollar el Análisis Climatológico de la cuenca con fines de Balance hídrico	Búsqueda de estaciones climatológicas	Mapa Isoyetas
	Selección de estaciones climatológicas	Histograma de Precipitación Mensual
	Ubicación espacial total de las estaciones	Cálculo de volumen de lluvia
	Selección de estaciones con información de Precipitación mensual	
	Ubicación espacial de las estaciones	
	Análisis de datos de Precipitación	
	Selección de estaciones con información de Evaporación mensual	Mapa de estaciones de evaporación
	Ubicación espacial de las estaciones	Cálculo de evaporación
	Selección de estaciones con información de Evapotranspiración mensual	Mapa de estaciones evapotranspiración
	Ubicación espacial de las estaciones	Cálculo de evapotranspiración
	Identificación de uso y cobertura del suelo	Tabla de uso y cobertura
	Identificación de actividades de consumos	Volúmenes de consumo
	Identificación de uso del agua	Tabla de volúmenes de consumo totales
		Tabla de volúmenes de consumo domestico
Tabla de volúmenes de consumo industrial		
Tabla de volúmenes de consumo agropecuario		
Realizar el análisis hidrológico de la cuenca para el balance hídrico	Pérdidas en redes de agua potable	Volúmenes de aguas aforado aguas arriba y debajo de la cuenca.
	Volumen de escurrimiento	Cálculo de Coeficiente de escurrimiento
	Coeficiente de escurrimiento	

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Modelar el balance hídrico en ambiente SIG	Limitación de la cuenca	Mapa del DEM de la cuenca
		Mapa de Dirección de flujo
		Mapa de Acumulación de flujo
		Mapa de Stream Red
		Mapa de Stream Link
		Mapa de StreamOrder
		Mapa WatershedDelineation


7. Recopilación de la información

En el desarrollo de las actividades requeridas por la metodología para cada una de las variables Hidroclimáticas, a continuación describimos los resultados obtenidos para el presente estudio:

7.1. Modelamiento y delimitación de la cuenca

La delimitación de la cuenca del Río Sumapaz fue realizada a través de herramientas de Sistemas de Información Geográfica “SIG”, utilizando cada uno de los componentes del sistema como las licencias en Demo de la suite de productos de ESRI, proveedor de software ArcGIS, de igual manera los datos obtenidos por sensores remotos como el Modelo Digital de Elevación gratuito de Áster, descargado de la página web para el Departamento de Cundinamarca, e imágenes de satélite.


La licencia utilizada de ArcGIS es ArcInfo, ahora llamada ArcGIS Advanced, así mismo las extensiones Spatial Analyst, y herramientas incluidas en este licenciamiento como Hidrología y sus modelos de Geoprocesamiento básicas en el manejo de datos geográficos. Con la obtención de la anterior información se logró obtener, las curvas de nivel para la definición de sus redes de drenaje, flujos de acumulación, direcciones de

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

flujo, ubicación de estaciones Hidrométricas y sus cálculos correspondientes para analizar y visualizar de una manera óptima la información recopilada en terrenos y en las diferentes entidades de gobierno.

Para la delimitación de la cuenca, se realizó a través de las herramientas de Sistemas de información geográfica del software ESRI, suite ArcGIS herramienta Hidrología contenida en Arctoolbox Spatial Analyst Tools.

Paso 1: Se realiza una corrección a las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital de elevación obtenido por la NASA, de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo, la herramienta utilizada de ArcGIS es fill.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

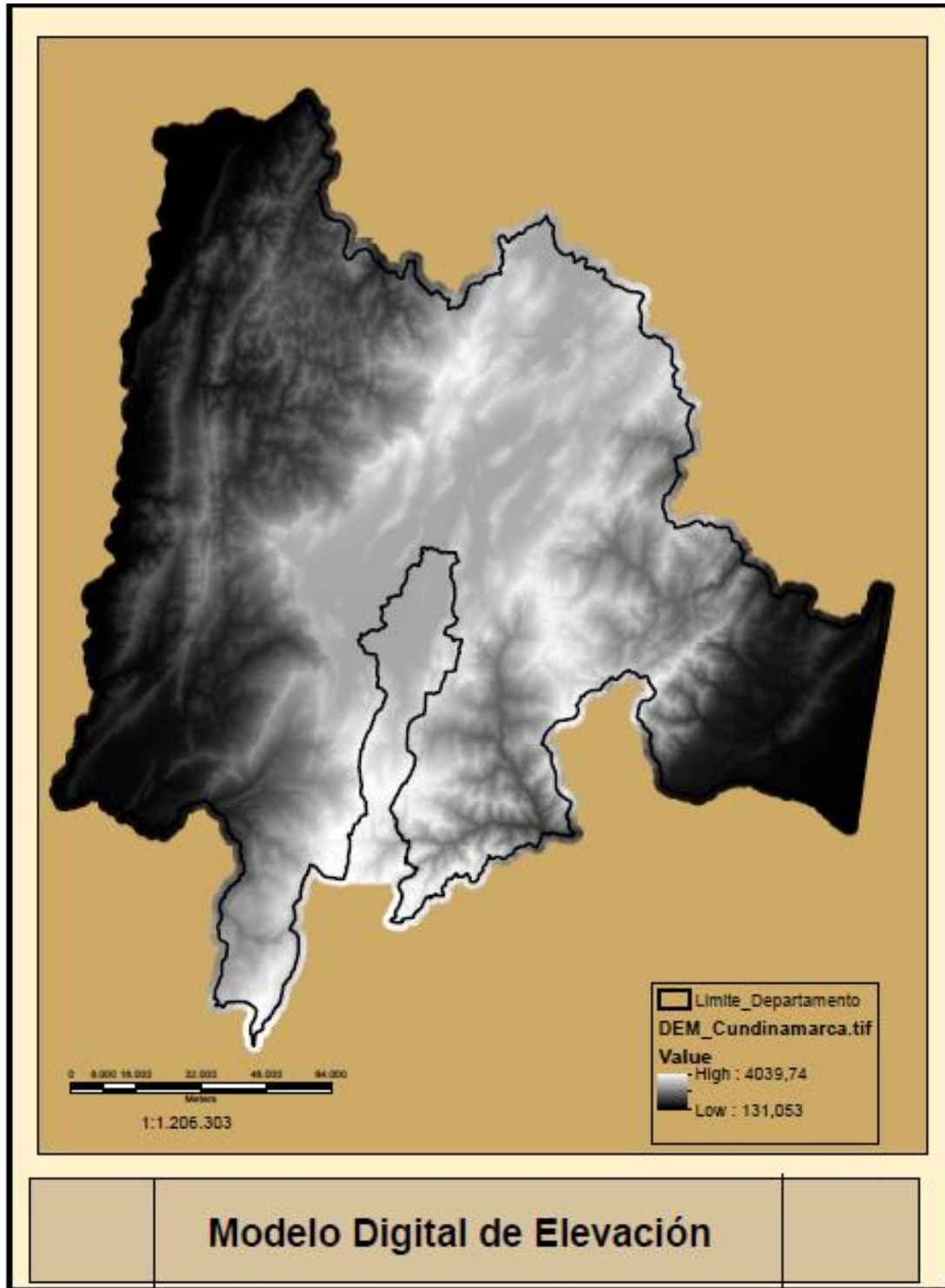



Figura 16. Dem Cundinamarca.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 2: Se realiza la dirección de flujo buscando el camino descendente de una celda a otra, significando el camino que el flujo recorre dependiendo de la pendiente, la herramienta utilizada de ArcGIS es flowdirection.

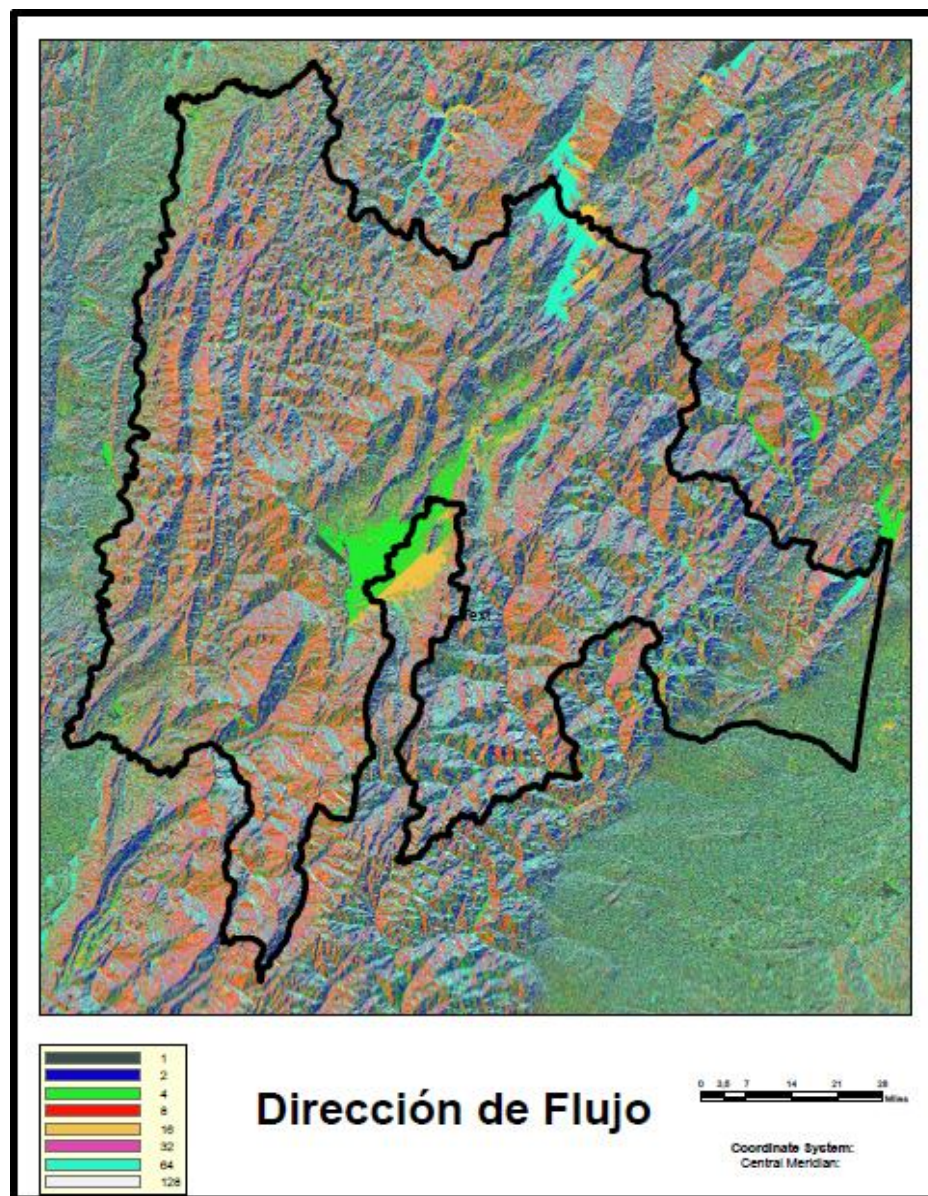



Figura 17. Dirección Flujo.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 3: Luego de obtener un raster con la dirección de flujo, se utiliza este producto para obtener el flujo de acumulación, el cual nos ayuda a determinar el número de celdas de aguas arriba que vierten sobre cada una de las celdas inmediatamente aguas abajo de ella, la herramienta utilizada de ArcGIS es flowaccumulation.

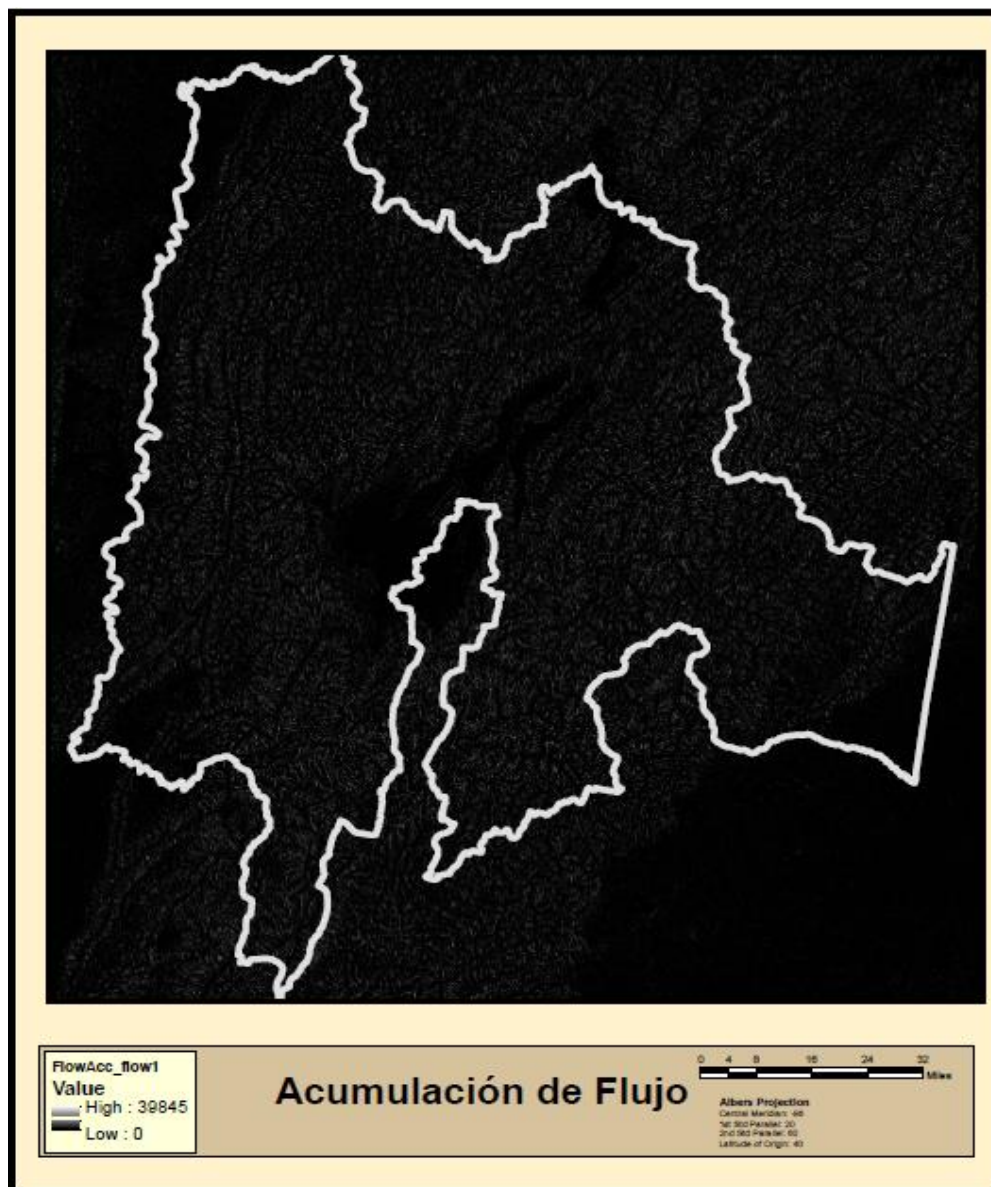



Figura 18. Acumulación de flujo.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 4: En esta fase se clasifican las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado como celdas pertenecientes a la red de flujo. El umbral debe ser especificado como el número de celdas vertientes a la que se está clasificando en cada momento. En otras palabras, seleccionar un valor bajo del umbral significa que obtendremos afluentes pequeños en nuestra red de drenajes, en cambio un valor alto, modela los drenajes de mayor tamaño, la herramienta a utilizar es **Streamdefinition**

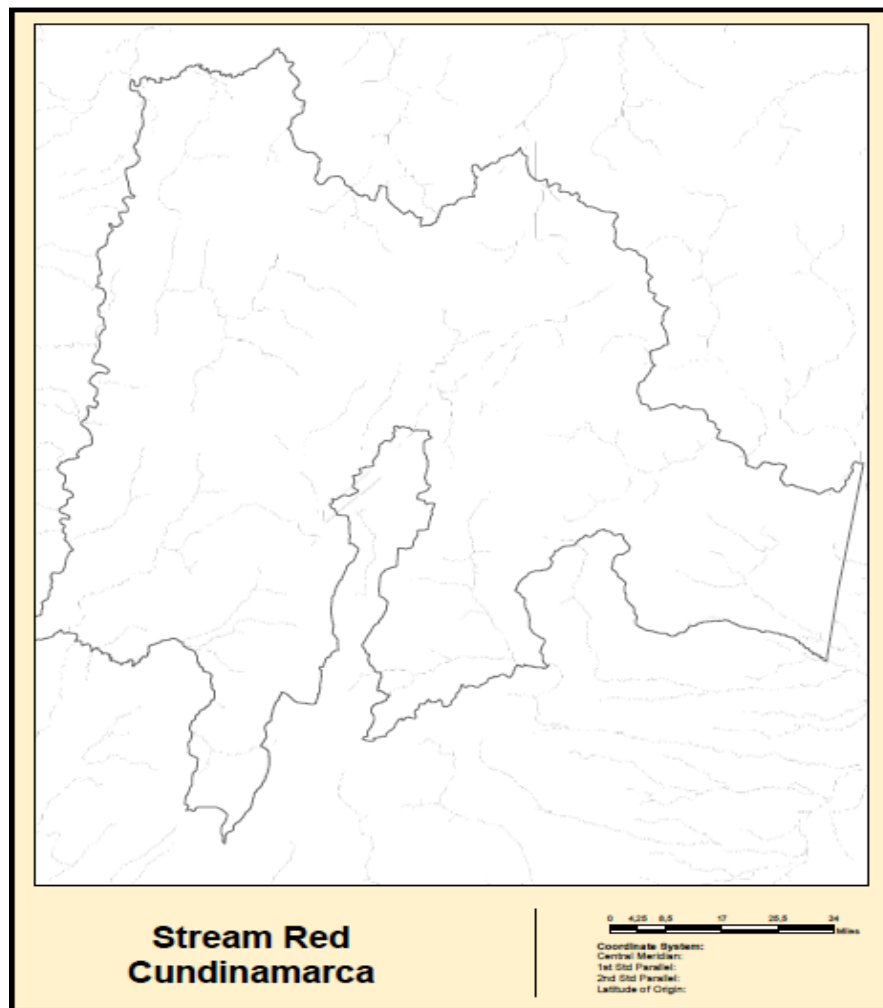




Figura 19. Stream Red Cundinamarca.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 5. Con el resultado anterior se divide el cauce en segmentos no interrumpidos, que dichas secciones en las que se divide el recorrido del flujo serán segmentos que conectan dos uniones sucesivas, una unión y un punto de desagüe o una unión y una división del área de drenaje, utilizándola herramienta **Stream Link**.



Figura 20. Stream Link.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 6: Se realiza un raster del orden de las corrientes. Utilizan dos métodos:

En el método Strahler, el orden de la corriente se incrementa cuando se cruzando dos drenajes del mismo orden. Dos drenajes de diferentes órdenes no se traducirán en un aumento del orden de la siguiente corriente.

La herramienta a utilizar es **StreamOrder**.

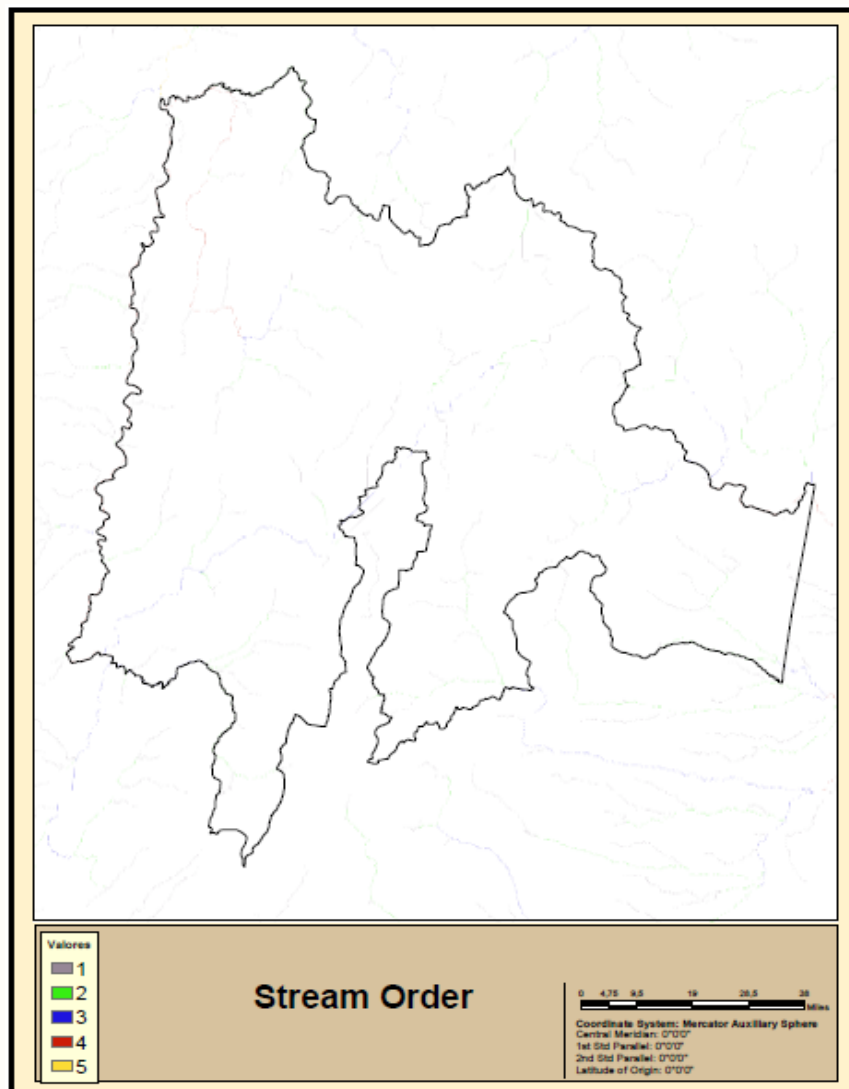



Figura 21. Stream Order.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 7 y 8: Crea un shape de drenajes, utilizando la herramienta **StreamFeature**, permite determinar los puntos donde se cortan cada uno de los drenajes, es decir convierte los vértices a punto, para este caso nos interesan los puntos finales que es donde hay acumulación de flujo y es el punto importante para determinación de las cuencas con la herramienta **Feature VerticeTo Point**.

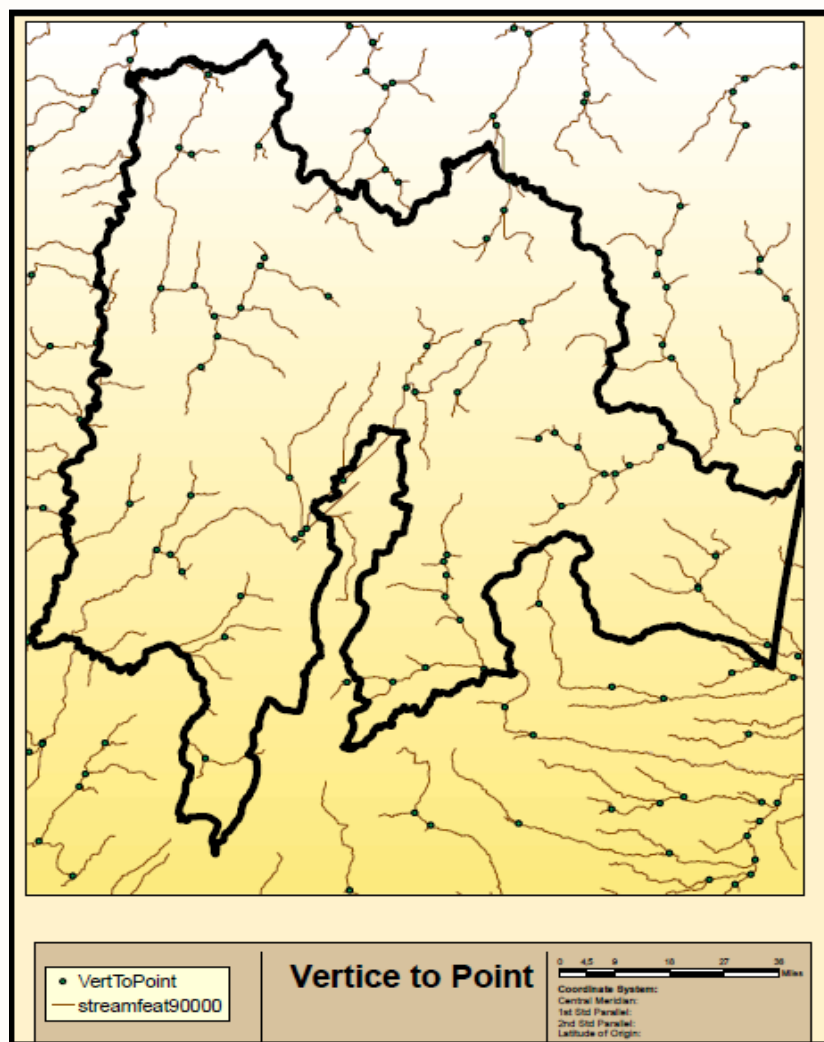



Figura 22. Vertice To Point.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 9: Delinea una subcuenca por cada uno de los segmentos de cauce definidos en el paso anterior, herramienta **Watershed Delineation**.

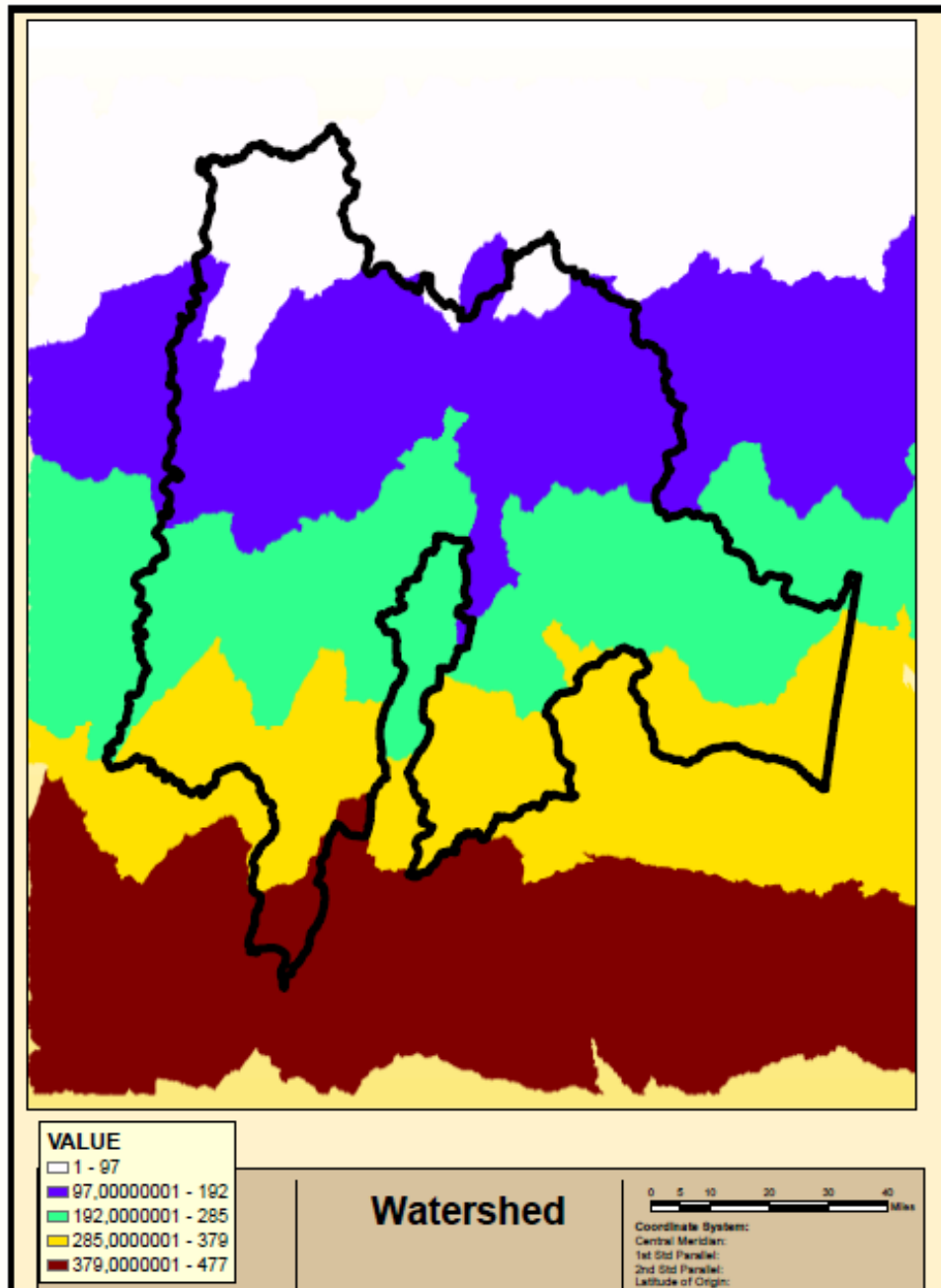



Figura 23. Watershed.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Paso 10. Cuenca final

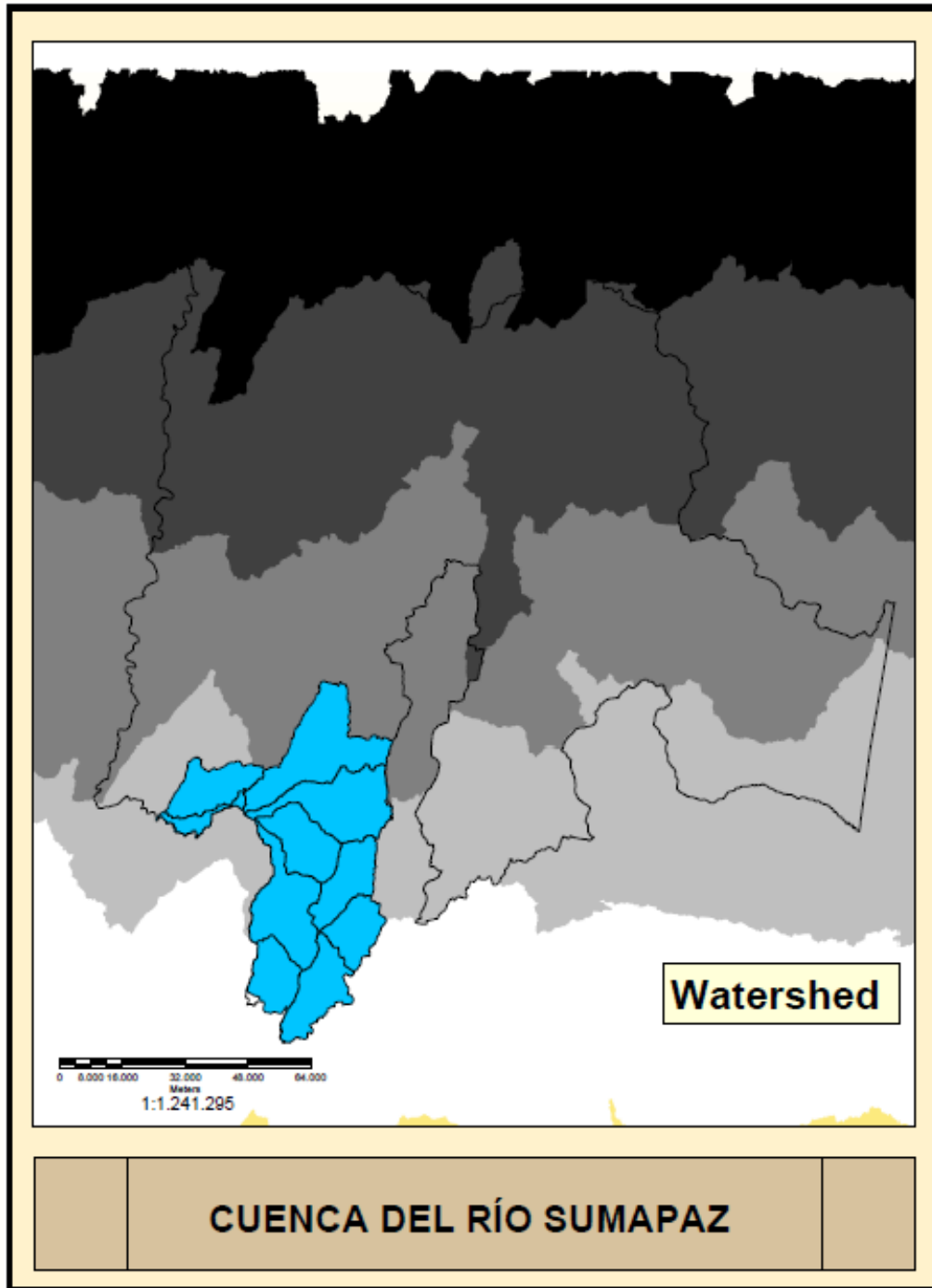



Figura 24. Cuenca Delimitada.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


7.2. Información Hidroclimáticas

Se centralizará una base de datos con la información hidroclimáticas recopilada, teniendo en cuenta cada uno de los calculos de las entradas y salidas a obtener en la formula del sistema.

Se realizó una selección de las 38 estaciones que se encuentran en la Cuenca del Río Sumapaz en el departamento de Cundinamarca, obteniendo su ubicación, su área de influencia, y la información contenida de sus respectivas variables climatológicas, como Precipitación, Evaporación, Temperatura. Con el análisis de esta información se tomaron en cuenta 17 estaciones, con influencia e información de las variables con base de datos, se realizó la selección de las estaciones se estimarán los valores mensuales y anuales para un periodo mínimo de 10 años representada en la tabla 3.

Tabla 3.
Estaciones Hidroclimáticas

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	CAT	ESTADO	CUENCA	CORRIENTE	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	FECHA INSTAL	FECHA SUSP.
21.190.330	NUNEZ	CONV	PM	ACT	Q. NEGRA	Q. NEGRA	CABRERA	3,905861	-74,509694	08/15/1980	
2.119.026	PLAYA LA	CONV	PM	SUSP	R. SUMAPÁZ	R. SAN JUAN	CABRERA	4,982388N	74,376055W	01/03/1966	01/12/1969
2.119.046	BATÁN EL	CONV	PM	ACT	R. BATÁN	R. BATÁN	PASCA	4,262138N	74,312166W	01/07/1997	-
2.119.047	HACIENDA LA MESA	CONV	PM	ACT	R. CUJA	Q. EL HOYO	PASCA	4,304638N	74,312138W	01/07/1998	-
2.119.514	UNIV. FUSAGASUGÁ	CONV	CP	ACT	R. SUBIA	R. SUBIA	FUSAGASUGA	4,335666N	74,370222W	01/06/1996	-
2.119.515	DORADO	CONV	CP	SUSP	R. NEGRO	R. NEGRO	SAN BERNARDO	4,152833N	74,353416W	01/03/2000	SIN INFO
2.119.517	AGUAS CLARAS	SAT	CP	ACT	R. SUMAPÁZ	R. SUMAPÁZ	SAN BERNARDO	4,144691N	74,427747W	SIN INFO	-
2.119.706	PTE PAQUILÓ	CONV	LM	SUSP	R. SUMAPÁZ	R. PILAR	CABRERA	4,982388N	74,376055W	01/03/1966	01/03/1974
2.119.718	BOCATOMA PIRINEOS	CONV	LM	ACT	R. NEGRO	Q. AGUAS CLARAS	SAN BERNARDO	4,145527N	74,434888W	01/07/1998	-
2.119.719	COSTA RICA	CONV	LM	ACT	R. CUJA	Q. LOS SALVIOS	PASCA	4,255527N	74,268166W	01/07/1998	-
2.119.720	LOS TANQUES	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. HONDA	PASCA	4,379N	74,311583W	01/07/1999	-
2.119.722	JALISCO BAJO	CONV	LM	SUSP	R. SUBIA	Q. LA LAJA	SILVANIA	4,152833N	74,353416W	01/07/1998	SIN INFO
2.119.723	PASCA	CONV	LM	ACT	R. CUJA	R. EL BOSQUE	PASCA	4,313083N	74,305888W	01/07/1998	-
2.119.724	PASCA 1	CONV	LM	ACT	R. CUJA	R. CORRALES	PASCA	4,312611N	74,306416W	01/07/1998	-
2.119.725	PIÑITA LA	CONV	LM	SUSP	R. PILAR	Q. PAQUILÓ	CABRERA	4,006666N	74,365472W	01/07/1998	SIN INFO

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO						Código: IF-IN-001 Versión:01			
	Proceso: Investigación			Fecha de emisión: 22-Nov-2009			Fecha de versión: 22-Nov-2009			

2.119.726	PUENTE LA AGUADITA	CONV	LM	ACT	R. SUBÍA	R. BARROBLANCO	FUSAGASUGÁ	4,392444N	74,3245W	01/07/1998	-
2.119.727	PUENTE ARBELÁEZ	CONV	LM	ACT	R. CUJA	R. CUJA	ARBELÁEZ	4,323138N	74,392305W	01/07/1998	-
2.119.728	PUENTE CARACOL	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. GRANDE	PANDI	4,168361N	74,461833W	01/07/1998	-
2.119.729	PUENTE CARO	CONV	LM	ACT	R. CUJA	Q. JUAN VIEJO	PASCA	4,282972N	74,28625W	01/07/1998	-
2.119.730	PUENTE LA PANELA	CONV	LM	ACT	R. NEGRO	Q. LA PANELA	CABRERA	4,960722N	74,444222W	01/07/1998	-
2.119.731	PUENTE LOS PINOS	CONV	LM	ACT	R. CUJA	Q. EL COMUN	PASCA	4,291777N	74,306083W	01/07/1998	-
2.119.732	PUENTE LOS RÍOS	CONV	LM	ACT	R. CUJA	R. GUAVIO	ARBELÁEZ	4,283722N	74,412305W	01/07/1998	-
2.119.745	PUENTE NEGRO	CONV	LM	ACT	R. NEGRO	R. NEGRO	PANDI	4,243944N	74,5205W	01/07/1998	-
2.119.744	PUENTE ROJO	CONV	LM	ACT	R. CUJA	R. CUJA	PASCA	4,313805N	74,341777W	01/07/1998	-
2.119.735	PUENTE SAN VICENTE	CONV	LM	ACT	R. BATÁN	R. BATAN	FUSAGASUGÁ	4,288361N	74,383083W	01/07/1998	-
2.119.736	JUAN XXIII	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. FILADELFIA	PASCA	4,363111N	74,295888W	01/04/1999	-
2.119.740	PARAMILLO	CONV	LM	SUSP	R. SUMAPÁZ	Q. HONDURAS	SAN BERNARDO	4,033888N	74,368611W	01/10/2001	SIN INFO
2.119.741	CAUCHOS LOS	CONV	LM	SUSP	R. SUMAPÁZ	Q. GRANDE	PANDI	4,185555N	74,477777W	01/10/2001	SIN INFO
2.119.742	BOCATOMA SAN JOSE	CONV	LM	SUSP	R. SUMAPÁZ	CANADA SAN JOSE	PANDI	4,537111N	74,335611W	01/10/2001	SIN INFO
2.119.743	PROVIDENCIA	AUT	LG	ACT	R. BLANCO	R. BLANCO	PASCA	4,378972N	74,31425W	SIN INFO	-
2.119.744	PUENTE ROJO	AUT	LG	ACT	R. CUJA	R. CUJA	PASCA	4,313805N	74,341777W	SIN INFO	-
2.119.745	PUENTE NEGRO	AUT	LG	ACT	R. SUMAPÁZ	R. NEGRO	PANDI	4,243944N	74,5205W	01/06/2006	-
2.119.746	AGUASISO	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. LA HONDA	PASCA	4,402083N	74,236777W	01/09/2000	-
2.119.747	CAIRO EL	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. HONDA	PASCA	4,382833N	74,314305W	01/09/2000	-
2.119.752	ROBLE EL - ACUEDUCTO	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	R. CUJA	PASCA	4,316166N	74,346777W	01/04/1999	-
2.119.753	MATADERO	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. YAYATA	SILVANIA	4,402416N	74,394222W	01/10/2001	-
2.119.743	PROVIDENCIA	CONV	LG	ACT	R. SUMAPÁZ	R. BLANCO	PASCA	4,378972N	74,31425W	01/06/2006	-
2.119.755	B. SAN BERNARDO	CONV	LM	SUSP	R. SUMAPÁZ	Q. UNCHIA	SAN BERNARDO	4,098305N	74,399333W	01/10/2001	SIN INFO
2.119.756	BOCATOMA VENECIA	CONV	LM	ACT	R. SUMAPÁZ	Q. GRANDE	VENECIA	4,06525N	74,502472W	01/01/2000	-

7.2.1. Estimación Climática:

Para obtener los diferentes cálculos Hidroclimáticos, se tomaron los datos existentes que se encuentran en las estaciones de la zona e estudio, obtenidas del catálogo de estaciones del IDEAM, la CAR y Federación Nacional de Cafeteros, determinando la temporalidad de la información existente de 10 años, como dato relevante en el desarrollo del cálculo del balance hídrico superficial.



	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



Figura 7 Estaciones Cuenca Río Sumapaz

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.2.2. Estaciones Climáticas Seleccionadas

A continuación describimos en la tabla 4 la distribución temporal de las estaciones seleccionadas en el área de estudio, teniendo en cuenta la información que ha recolectado cada estación desde su fecha de instalación con el fin de evaluar la consistencia de los datos de 10 años, como requisito del método.


Tabla 4.
Estaciones seleccionadas.

CODIGO_CA	NOMBRE	TIP	CLA	CATEGORI	ESTAD	FGDA	NOMBRE_DEP	NOMBRE_M	CORRIENTE	DIRECCION	LATITUD	DIRECCION	LONGITUD	FECHA_INST	FECHA_SL	PLUVIOMETRI
21190330	NUNEZ	CON	MET	PM	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	CABRERA	QDA NEGRA	N	3,905861	W	-74,509694	15/08/1980		1279,8
21190130	SAN JUAN DIAMANTE	CON	MET	PM	ACT		INSTITUTO D BOGOTÁ	BOGOTÁ	SAN JUAN	N	4,120000	W	-74,390000	03/15/1966		1176,8
21190350	TULCAN	CON	MET	PM	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	SAN BERNAR	QDA GALLINAZA	N	4,152472	W	-74,359750	15/08/1980		792,5
21190090	CABRERA	CON	MET	PM	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	CABRERA	SUMAPAZ	N	3,986972	W	-74,483556	15/09/1958		934,8
21195060	PANDI	CON	MET	CO	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	PANDI	SUMAPAZ	N	4,192722	W	-74,487417	15/06/1969		1251,8
21190240	OSPINA PEREZ	CON	MET	PM	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	VENECIA	SUMAPAZ	N	4,081611	W	-74,488722	15/02/1972		1565,6
21195080	BASE AEREA MELGAR	CON	MET	CO	ACT		INSTITUTO D TOLIMA	MELGAR	SUMAPAZ	N	4,212222	W	-74,636833	15/03/1973		1374,2
21206360	TATAMBO	CON	MET	ME	INS	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	RICAURTE	BOGOTA	N	4,180000	W	-74,460000	00/01/1900		962
21190470	HACIENDA LA MESA	CON	MET	PM	ACT	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	PASCA	Q. EL HOYO	N	4,304638	W	-74,312138			866
21195140	UNIV FUSAGASUGA	CON	MET	CO	ACT	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	FUSAGASUGA	SUBIA	N	4,335666	W	-74,370222			1073,2
21195150	EL DORADO	CON	MET	CP	ACT	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	SAN BERNAR	SUMAPAZ	N	4,152833	W	-74,353416	03/15/2000		1454,7
21190460	BATAN	CON	MET	PM	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	PASCA	BATAN	N	4,262138	W	-74,312166	15/07/1997		1179,8
21195170	AGUAS CLARAS	AUT	MET	CP	ACT		INSTITUTO D CUNDINAMARCA	CABRERA	SUMAPAZ	N	4,144691	W	-74,427747	07/23/2005		807,2
21190220	PAJAS BLANCAS	CON	MET	PM	ACT	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	NILO	QDA OJO DE AGUA	N	4,355027	W	-74,556500			2472,4
21195030	GRANJA TIBACUY	CON	MET	CO	ACT	FEDERACION	CUNDINAMARCA	TIBACUY	SUMAPAZ	N	4,210000	W	-74,250000	12/15/1951		1685,7
21206370	LAS VIOLETAS	CON	MET	ME	ACT	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	AGUA DE DIC	BOGOTA	N	4,230000	W	-74,420000	06/15/1989		1096,6
21206370	LA PLAYA	CON	MET	ME	ACT	CAR - CORPC	CUNDINAMARCA	AGUA DE DIC	BOGOTA	N	4,230000	W	-74,420000	06/15/1989		922,1

7.3. Resultados de las variables Climáticas

De acuerdo con los datos y resultados obtenidos con las estaciones climáticas seleccionadas, a continuación discriminamos los resultados para cada variable,

Precipitación:

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.3.1. Distribución Temporal Precipitación

Se realizó la distribución geográfica de cada una de las estaciones seleccionadas para determinar su ubicación en la zona de estudio y luego realizar los diferentes modelamiento para su área de influencia.

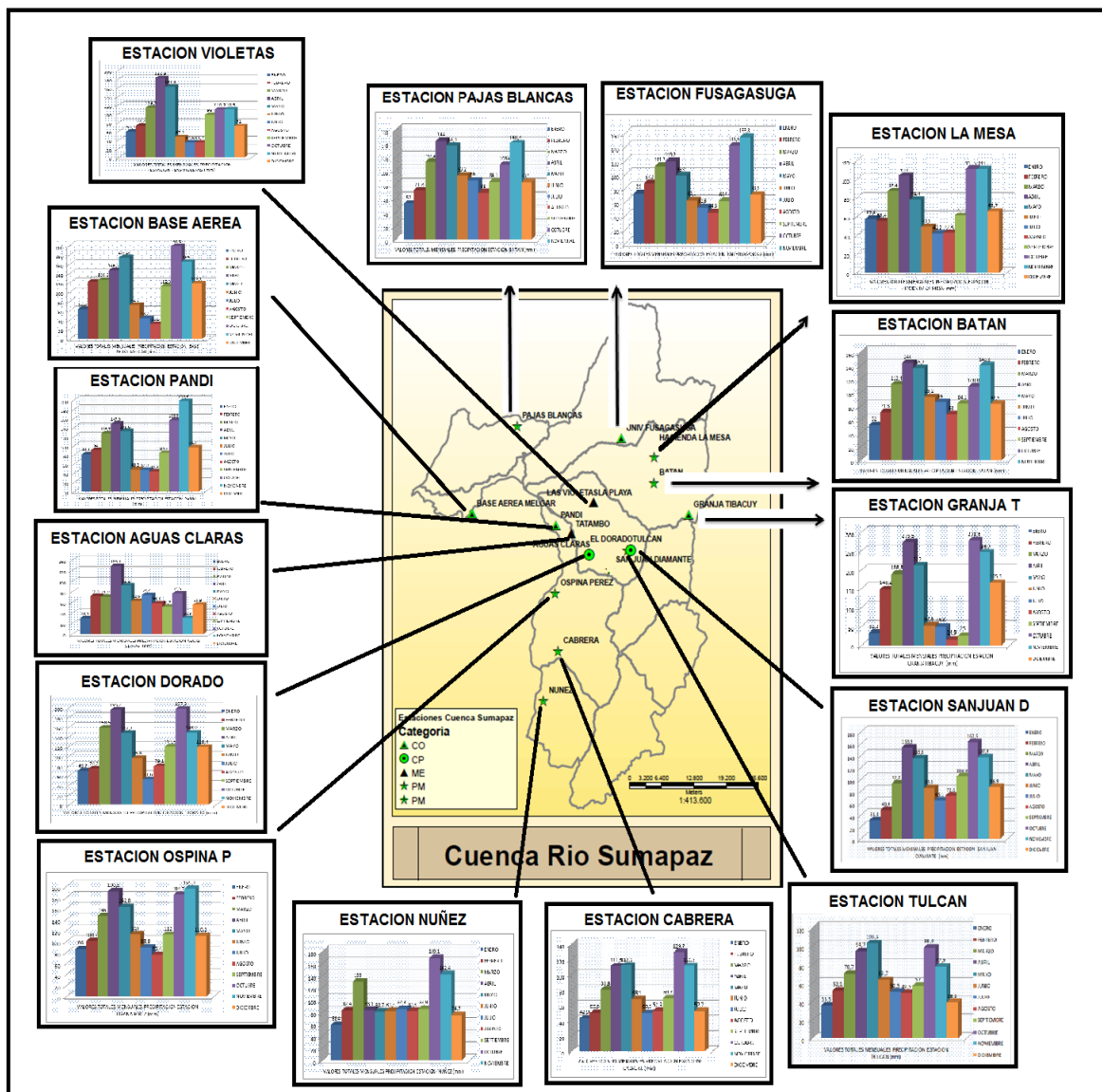



Figura 8. Distribución temporal y espacial de las estaciones seleccionadas

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


En la figura 8 presenta los Hietogramas distribuidos geográficamente como ejemplo de la variable de Precipitación, utilizadas para determinar los diferentes calculos que llevaron a la estimación del balance hidrico superficial.

Tabla 5.
Valores de Precipitación

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN TOTAL
ESTACION NUNEZ (mm)	1279,8
ESTACION SAN JUAN DIAMANTE (mm)	1176,8
ESTACION TULCAN (mm)	792,5
ESTACION CABRERA (mm)	934,8
ESTACION PANDI (mm)	1251,8
ESTACION OSPINA PEREZ (mm)	1566,6
ESTACION BASE AEREA MELGAR (mm)	1374,2
ESTACION TATAMBO (mm)	962
ESTACION HACIENDA LA MESA (mm)	866
ESTACION UNI FUSAGASUGA (mm)	1073,2
ESTACION DORADO (mm)	1454,7
ESTACION BATAN (mm)	1179,8
ESTACION AGUAS CLARAS (mm)	807,2
ESTACION PAJAS BLANCAS (mm)	2472,4
ESTACION GRANJA TIBACUY (mm)	1685,7
ESTACION LAS VIOLETAS (mm)	1096,6
ESTACION LA PLAYA (mm)	922,1

7.3.2. Distribución Espacial Precipitación

Se realizó la estimación de la precipitación media mensual a través de los datos obtenidos por las mediciones de las estaciones con influencia en la cuenca, apoyándose con la metodología de Isoyetas.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

El método de las Isoyetas consiste básicamente en obtener curvas con igual lámina de precipitación, calcular el área entre dos curvas y multiplicarla por la lámina de precipitación media (Programa Hidrológico Internacional, 2005).

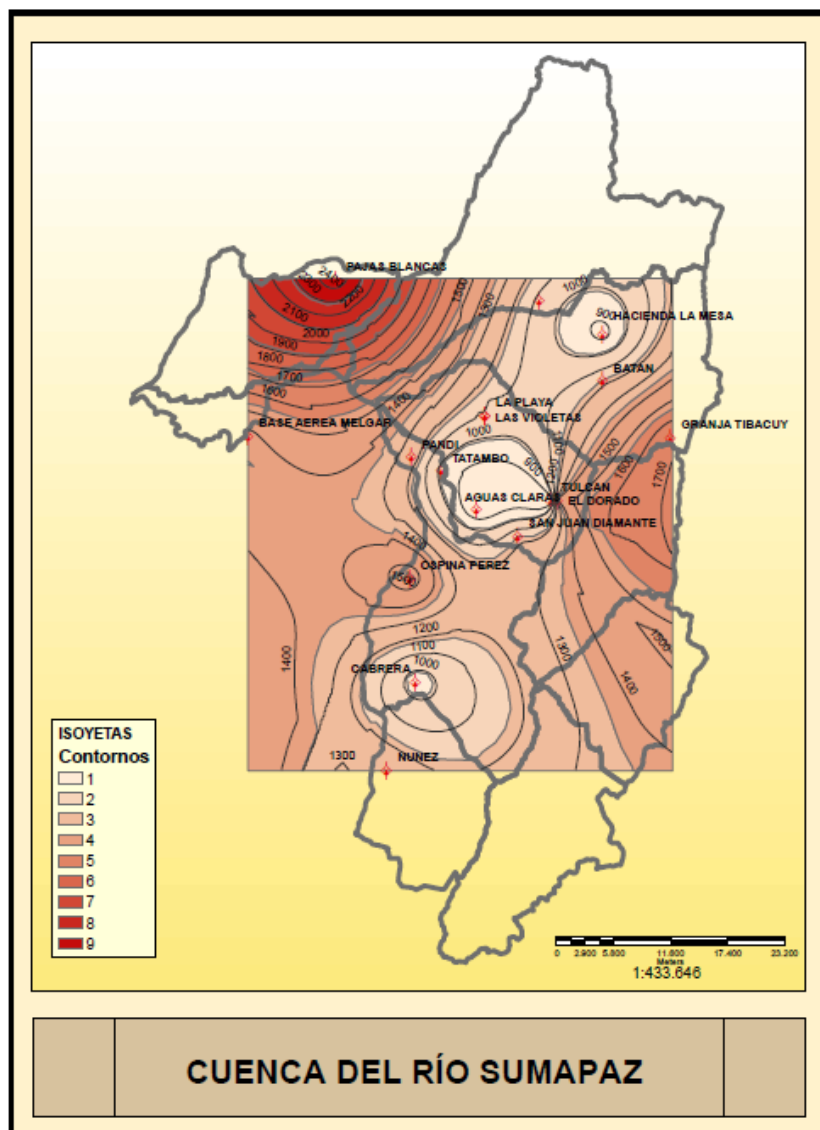



Figura 9. Histograma Precipitación Total Mensual

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Teniendo en cuenta el mapa de Isoyetas generado se identifica que la distribución de la precipitación, está determinada por el relieve del terreno, dado que los valores promedio de precipitación están entre 1.000 mm y 1.600 mm, la mayor precipitación registrada en la estación de Pajas Blancas, de incidencia directa en el municipio de Cundinamarca, se presenta 2.472 mm, directamente relacionada con su ubicación geográfica, donde su curva de nivel está en los 322 m, una de las más bajas de la zona.

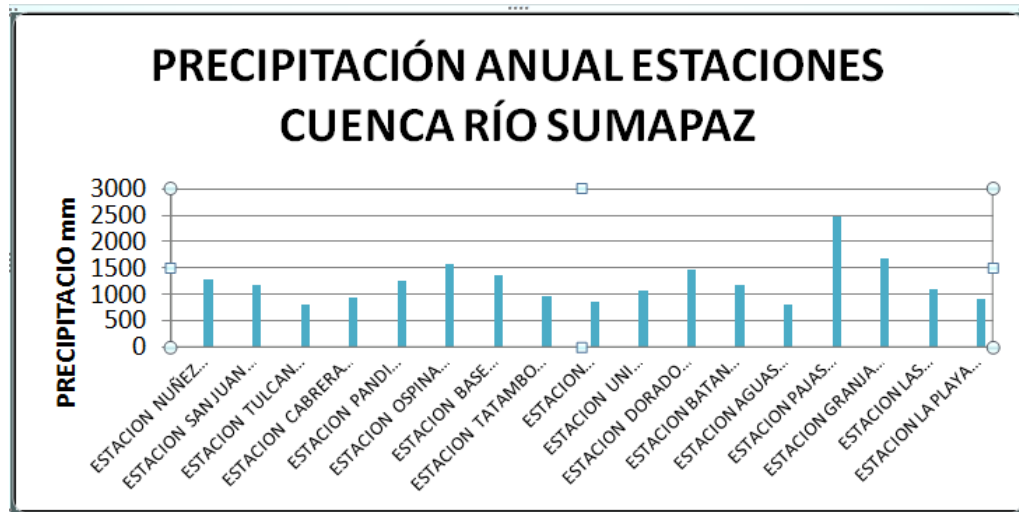



Figura 10. Precipitación Anual Estaciones Cuenca Rio Sumapaz.

Este cálculo es apoyado matemáticamente al dividir el valor de la precipitación total mensual promedio, de todas las estaciones, entre el área total de la cuenca, obteniendo el cálculo de aportación de cada estación climatológica. En el cálculo del volumen por cuenca propia, el componente básico es el volumen de lluvia, el cual se estima con la siguiente expresión:

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

VII = P A

Dónde:

VII: Volumen de lluvia, hm³

P: Precipitación media mensual, m


A: Área de la cuenca, m².

7.4. Información Hidrológica

Se realizó el levantamiento de información de las fuentes oficiales de gobierno como IDEAM, CAR y Federación de Cafeteros para obtener las diferentes estaciones limnimétricas ubicadas dentro de la zona de estudio, con el propósito de calcular los volúmenes de caudales y la información de los puntos de control o aforos aguas arriba y aguas abajo de la cuenca, así mismo la información.

7.4.1. Estimación Hidrológica

A partir de la información recopilada por cada una de las estaciones, limnimétricas para el cálculo de los caudales distribuidos en la zona de estudio, se realizó un mapa de distribución temporal, validando su influencia directa en la cuenca delimitada y a su vez la verificación de la información almacenada, teniendo en cuenta la ventana temporal.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.4.2. Estaciones limnimétricas Seleccionadas

Se realizó una revisión de la información obtenida por cada una de las estaciones de 10 años, con influencia en la cuenca delimitada del Río Sumapaz, obteniendo como resultado la tabla 8, donde se resalta las estaciones seleccionadas.


Tabla 8
Estaciones seleccionadas limnimétricas

CODIGO_CAT	NOMBRE	TIPO	CLASE	CATEGORIA	ESTADO	FGDA	NOMBRE_DEP	NOMBRE_MUN	CORRIENTE	LATITUD	LONGITUD
2119718	ACTIVA	CONV	LM	BOCATOMA PIRINEOS	R. NEGRO	Q. AGUAS CLARAS	CUNDINAMARC	SAN BERNARD	12 - SUMAPÁZ	4,145528	-74,434889
2119719	ACTIVA	CONV	LM	COSTA RICA	R. CUJA	Q. LOS SALVIOS	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,255528	-74,268167
2119736	ACTIVA	CONV	LM	JUAN XXIII	R. SUMAPÁZ	Q. FILADELFIA	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,363111	74,295889
2119720	ACTIVA	CONV	LM	LOS TANQUES	R. SUMAPÁZ	Q. HONDA	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,379000	-74,311583
2119724	ACTIVA	CONV	LM	PASCA 1	R. CUJA	R. CORRALES	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,312611	-74,306417
2119723	ACTIVA	CONV	LM	PASCA	R. CUJA	R. EL BOSQUE	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,313083	-74,305889
2119727	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE ARBELÁEZ	R. CUJA	R. CUJA	CUNDINAMARC	ARBELÁEZ	12 - SUMAPÁZ	4,323139	-74,392306
2119728	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE CARACOL	R. SUMAPÁZ	Q. GRANDE	CUNDINAMARC	PANDI	12 - SUMAPÁZ	4,168361	-74,461833
2119729	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE CARO	R. CUJA	Q. JUAN VIEJO	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,282972	-74,286250
2119726	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE LA AGUADITA	R. SUBÍA	R. BARROBLANCO	CUNDINAMARC	FUSAGASUGÁ	12 - SUMAPÁZ	4,392444	-74,324500
2119730	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE LA PANELA	R. NEGRO	Q. LA PANELA	CUNDINAMARC	CABRERA	12 - SUMAPÁZ	4,960722	-74,444222
2119731	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE LOS PINOS	R. CUJA	Q. EL COMÚN	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,291778	-74,306083
2119732	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE LOS RÍOS	R. CUJA	R. GUAVIO	CUNDINAMARC	ARBELÁEZ	12 - SUMAPÁZ	4,283722	-74,412306
2119733	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE NEGRO	R. NEGRO	R. NEGRO	CUNDINAMARC	PANDI	12 - SUMAPÁZ	4,243944	-74,520500
2119734	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE ROJO	R. CUJA	R. CUJA	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,313806	-74,341778
2119735	ACTIVA	CONV	LM	PUENTE SAN VICENTE	R. BATÁN	R. BATAN	CUNDINAMARC	FUSAGASUGÁ	12 - SUMAPÁZ	4,288361	-74,383083
2119752	ACTIVA	CONV	LM	ROBLE EL - ACUEDUCTO	R. SUMAPÁZ	R. CUJA	CUNDINAMARC	PASCA	12 - SUMAPÁZ	4,316167	-74,346778

7.4.3. Estimación del volumen de Escurrimiento Virgen por Cuenca Propia

“Este es el parámetro que caracteriza al potencial de los recursos hídricos superficiales de una cuenca hidrológica. (Programa Hidrológico Internacional UNESCO 2005).

Se realizó este cálculo considerando que no existen registros hidrométricos en la cuenca del Río Sumapaz, por lo tanto, se tomará la información disponible de precipitación de las estaciones climatológicas, y la información utilizada en el método, utilizando: Un coeficiente de escurrimiento que estará en función del tipo y uso del

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

suelo. Para este cálculo se realizó teniendo en cuenta que no se dispone información hidrométrica de acuerdo a las opciones expuestas en el método.

7.4.4. Estimación de Valores de Volúmenes de Consumo


Para la estimación del balance hidrológico superficial de la cuenca del Sumapaz, se requirió de datos de cada uno de los municipios que comprende la cuenca, con respecto a las actividades humanas que ejercen sobre la zona y uso del recurso, esto asociado directamente a la densidad poblacional; para la recopilación de la información tomamos en cuenta tres variables, para obtener los consumos de agua: el consumo doméstico, el consumo agrícola, y el consumo pecuario, datos que el programa estipula para calcular el balance hidrológico superficial.

Al igual que la demanda doméstica, encontramos demandas agrícolas y pecuarias con un alto grado de incidencia en la parte baja y alta de la cuenca, como resultados de las diferentes actividades humanas.

La información para la estimación de consumos se recolectó del ENA 2010, EOT Y POT de los municipios con influencia en la cuenca, CAR, Cortolima, alcaldías municipales y DANE.

7.4.5. Resultados de las variables hidrológicas

De acuerdo con los datos y resultados obtenidos con las estaciones hidrológicas seleccionadas, a continuación discriminamos los resultados para cada variable.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.4.6. Volumen de escurrimiento virgen por cuenca propia

El volumen de escurrimiento virgen por cuenca propia es la cantidad de agua que viene del nacimiento, que de forma natural baja por el cauce y drena hacia otro cuerpo de agua.


“Parámetro que caracteriza al potencial de los recursos hídricos superficiales de una cuenca hidrológica”.

Teniendo en cuenta la información disponible y las dos formas de obtener este dato de la fórmula, utilizamos “Implícitamente perdidas”. El cual requiere la información de lluvia y el coeficiente de escurrimiento. Es importante aclarar que para hallar el coeficiente de escurrimiento evaluamos la información de los diferentes tipos de uso del suelo divididos homogéneamente en la cuenca de estudio, extraídos de la información del atlas de suelos de Cundinamarca.

7.4.7. Coeficiente de Escurrimiento: Uso Del Suelo

En relación al parámetro requerido para el Volumen de Escurrimiento Virgen por cuenca propia tabla 10, es necesario realizar el cálculo sin información hidrométrica, por lo tanto, se recopiló la información de los diferentes usos del suelo que se encuentra en la zona de estudio, y centralizadas en las diferentes entidades estatales como la CAR, el IGAC, Servicio Geológico Nacional y demás entidades locales de la región.

En estas entidades de gobierno encontramos que la cuenca tiene 25 unidades de uso y cobertura, donde la vegetación del Páramo y subparamo es la que mayor extensión

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

presenta con el 23,24% del área total, localizados al oriente de la cuenca, los pastos naturales y bosques secundarios con el 20,65% y 19,35% respectivamente, las otras unidades no superan el 10% de la cobertura, las áreas y porcentajes de las diferentes unidades en la cuenca.

En la figura 13 podemos observar que la cuenca se encuentra en 3 niveles de clasificación más representativos como los ríos, tierras para agrosistemas, tierras para bosques.

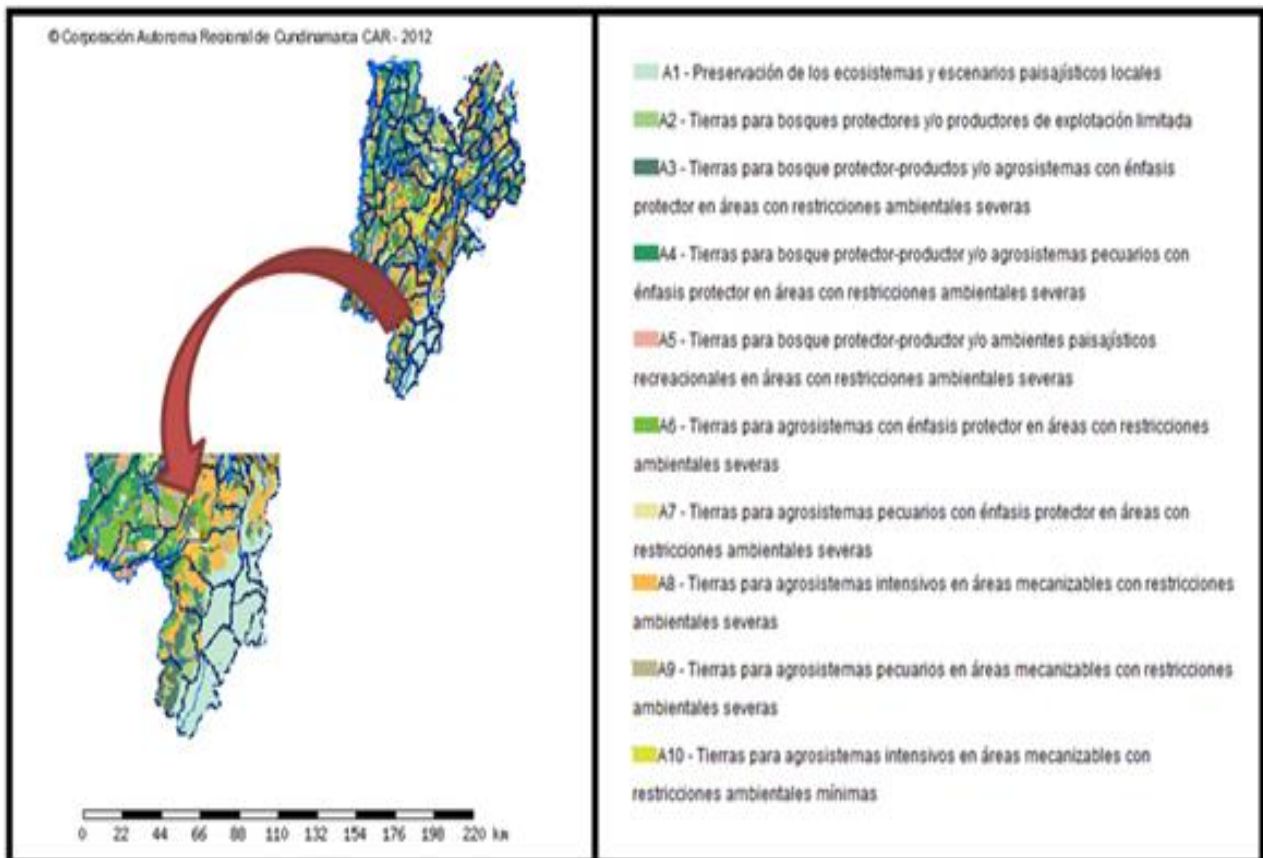



Figura 13. Mapa Usos del Suelo atlas de suelos de Colombia.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Se logra identificar que la cuenca tiene una gran representación por sistemas agropecuarios, significando un peligroso aumento en la degradación de los bosques presentes, y la fuente de mayor riqueza hídrica como lo es el Páramo de Sumapaz

Tabla 9.
Tipo de Suelo.

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO					
	A	CE	B	CE	C	CE
ZONAS URBANAS	0,26	0,053937967	0,29	0,048623117	0,32	0,043308267
MOSAICO AGROURBANO	0,24	0,0574812	0,27	0,05216635	0,3	0,0468515
AFLORAMENTOS ROCOSAS	0,26	0,053937967	0,28	0,050394733	0,3	0,0468515
TIERRAS DESNUDAS O DEGRADADAS	0,26	0,053937967	0,28	0,050394733	0,3	0,0468515


7.5. Valores de volúmenes de consumo

Para recopilar la información de los valores de consumo, debemos consolidar la información de los valores de consumo de cada uno de los usos, por tal motivo lo clasificaremos en tres usos: Uso doméstico, uso industrial y uso pecuario.

El uso doméstico: hace referencia a la demanda de la población de las cabeceras municipales, sea en hogares o en el comercio interno de cada municipio.

El uso industrial: hace referencia a consumos realizados por parques industriales cercanos a las cabeceras municipales o que hagan uso de las aguas de la cuenca directamente.

El uso pecuario: hace referencia a la cantidad de agua requerida para las labores de siembra y todo tipo de ganadería.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.5.1. Demanda Domestica


La demanda hídrica figura 11 se presenta a lo largo de la cuenca muy sectorizada, como resultado de la presencia humana, dado que la demanda doméstica se estima de 390 lt/seg se encuentra en la parte media de la cuenca, influenciada por los centros poblados o parte urbanas como Fusagasugá, que posee una población alrededor de 86.000 habitantes, densidad poblacional importante para el abastecimiento de la parte urbana y rural de la cuenca.

Tabla 9.
Demanda Uso Domestico

DEMANDA DOMESTICA			
SUBCUENCA	DEMANDA URBANA M3/AÑO	DEMANDA RURAL M3/AÑO	DEMANDA TOTAL
Rio Paguey	219354	512565	731919
Rio Bajo Sumapaz	0	159145	159145
Rio Panches	6760760	1877297	8638057
Rio Cuja	0	996648	996648
Rio Negro	495805	428285	924150
Rio Medio Sumapaz	164743	247839	412582
Quebrada Negra	0	71814	71814
Rio Pilar	0	195672	195672
Rio San Juan	0	70764	70764
Rio Alto Sumapaz	0	108751	108751

Se evidencia el mayor consumo está representado por la Demanda rural, teniendo en cuenta la economía de la región.

Se identifica significativamente que la mayor demanda Urbana del recurso hídrico está siendo extraída del Rio Panches.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

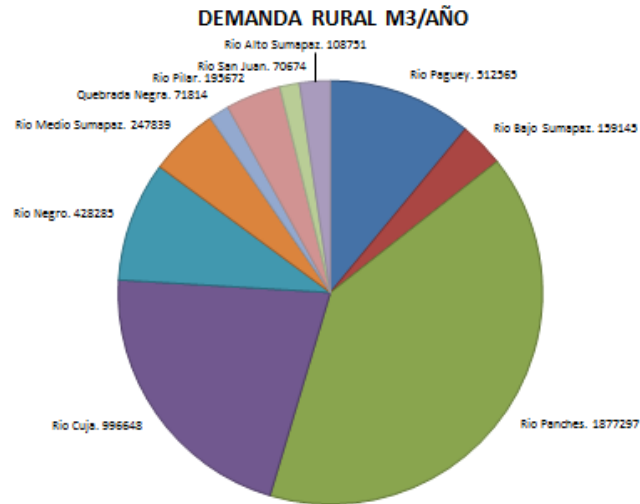


Figura 14. Uso Doméstico Rural.

Con respecto esta grafica de demanda Rural, se evidencia que se acentúa el valor más alto para el Rio Panches.

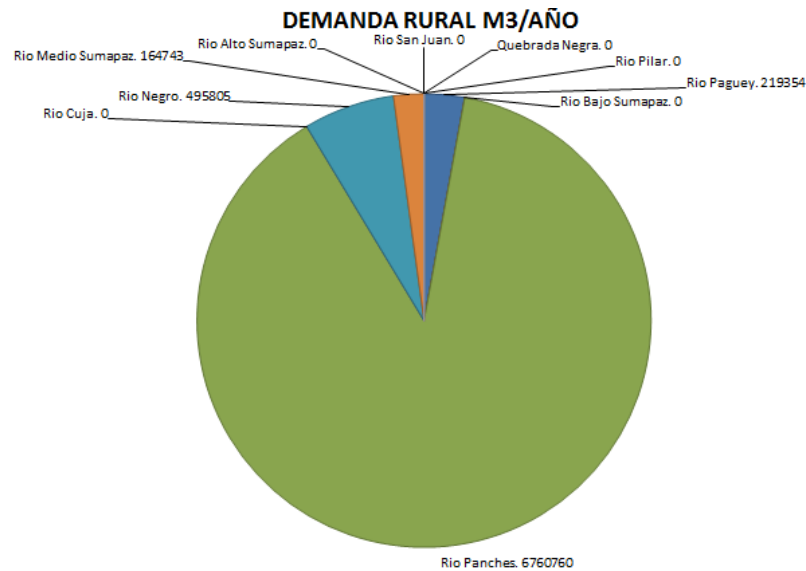



Figura 15. Demanda Doméstica Total.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


Como resultado general y en concordancia a la Demanda Rural y Urbana, se identifica que los Ríos con mayor demanda son Panches y Cuja, determinado por la influencia de los centros poblados.

7.5.2. Demanda Pecuario

Teniendo en cuenta la economía de la región y el uso del suelo identificado anteriormente, se logra obtener los valores estimados para cada una de las subcuencas de la zona, valores extraídos de fuentes oficiales como la CAR

Tabla 10.
Demanda Pecuaría.

DEMANDA PECUARIA RIO SUMAPAZ		
CODIGO CUENCA	CUENCA	DEMANDA
		M3/AÑO
2119-01	RIO PAGUEY	261032
2119-02	RIO BAJO SUMAPAZ	78613
2119-03	RIO PANCHES	865162
2119-04	RIO CUJA	510243
2119-05	RIO NEGRO	84570
2119-06	RIO MEDIO SUMAPAZ	96579
2119-07	QUEBRADA NEGRA	42600
2119-08	RIO PILAR	64911
2119-09	RIO SANJUAN	52825
2119-10	RIO ALTO SUMAPAZ	76256

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

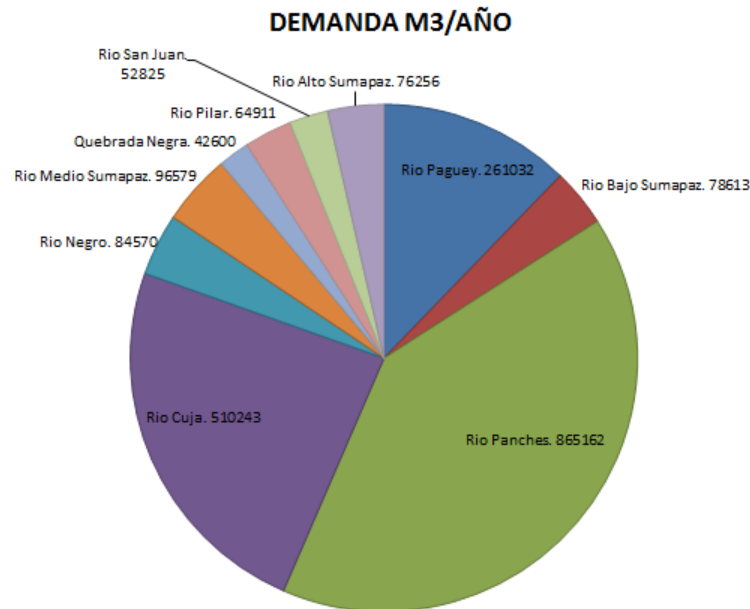



Figura 16. Demanda Pecuaria.

De acuerdo a los valores representados en esta grafica se observa que los mayores niveles de demanda se encuentran en el Rio Panches y Rio Cuja, fenómeno presente en los diferentes valores de uso y demanda del agua en la cuenca.

7.5.3. Demanda Agrícola

Para la estimación de la demanda Agrícola, se requirió los datos de cada uno de los municipios que comprende la cuenca, con referencia a las actividades humanas que ejercen sobre la zona y uso del recurso.

De la observación recopilada de estas estaciones fueron precipitación y temperatura, se destaca la información de los planes y esquemas de ordenamiento de los municipios,

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

de los cuales se tomaron los tipos de cultivo, las temperaturas medias mensuales, para el caso de pasca la información obtenida de los censos de fincas.


Tabla 12.
Demanda Hídrica.

DEMANDA HIDRICA AGRICOLA RIO SUMAPAZ																
CUENCA	DEMANDA HIDRICA													TOTAL M3/AÑO		
	CURUBA	CACAO	MORA	HORTALIZAS	TOMATE	PAPA	LEGUMINOSAS	CEBOLLA	ARVEJA	CITRICOS	PASTOS	CAFÉ	MANGO		MAIZ	ALGODÓN
Río Paguay											981276	4E+06	11571	10341		4725517
Bajo sumapaz										6864				4309	5081	16254
rio pancher					24334	20703		165	152963	34674	13895315	6E+05				14734985
rio cuja			219373	7245	138776	86551	3855	304047	172675	172675	25100002	9E+06		99989		35042397
rio negro	19277	9239	222798		42704	25			687907	30148	17489346	5E+06				23770225
rio medio sumapaz		60826							46517	35531	6343783	7E+06				13848745
qubrada negra		114921							61635		390689	7E+06				7176384
rio pilar											60055					60055
rio san juan											24739					24739
RIO ALTO SUMAPAZ																
TOTAL																

7.6. Calculo del Balance Hidrológico Superficial

$$\Delta V = (C_p + A_r + R_e + I_m) - (A_b + U + E_v + E_x)$$

1. C_p = escurrimiento natural por cuenca propia.
2. A_r = escurrimiento aguas arriba
3. R_e = retornos de agua
4. I_m = importaciones desde cuencas vecinas.
5. A_b = escurrimiento a la salida de la cuenca (aguas abajo)
6. U = usos del agua
7. E_v = evaporación en cuerpos de agua
8. E_x = exportaciones hacia cuencas vecinas.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Desarrollo de la Formula

1. $C_p = C_e * VLL$

C_e = coeficiente de escurrimiento.

$$C_e = \frac{K (P-250)}{2000} - \frac{K - 0,15}{1,5}$$

K = parámetro sacado de la tabla de uso y tipo del suelo el cual es mayor a 0.15.

P = precipitación media anual.

$$C_e = \frac{0,28 (1229,1 - 250)}{2000} - \frac{0,28 - 0,15}{1,5}$$

$$C_e = 0,13 - 0,087$$

$$C_e = 0,05$$

$$VLL = P * A$$

P = Precipitación media anual (mm)

$$P = 1.229,1 \text{ mm}$$

Se pasa los mm a m.

$$P = 1,2291 \text{ m}$$


A = Área m^2

$$A = 3.815 \text{ Km}^2$$

$$A = 3.815.000.000 \text{ m}^2$$

VII = volumen de lluvia.

$$VLL = 1,2291 \text{ m} * 3.815.000.000 \text{ m}^2$$

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$VLL = 4.689.016.500 \text{ m}^3$$

$$Cp = Ce * VLL$$

$$Cp = 0,05 * 4.689.016.500 \text{ m}^3$$

$$Cp = 234.450.825 \text{ m}^3$$

2. Escurrimiento aguas Arriba.

Se toma como el volumen de agua medio anual que de forma natural proviene de la Cuenca en análisis. Para determinar el escurrimiento aguas arriba se tuvo en cuenta la medición de caudales de la parte alta de la cuenca hecha por la CAR en el trabajo de auditoría ambiental de la unión temporal.

$$Ar = 4,763 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. **Los retornos de agua** son los que se reincorporan a la red de drenaje de la cuenca, para nuestro trabajo el único municipio que utiliza para consumo doméstico el agua del río Sumapaz es Melgar, teniendo un retorno de aguas servidas de 70L/s según los caudales realizados a la PTAR del municipio

70 L/s agua captada de la bocatoma lateral del río Sumapaz.

Re = 70L/s Este valor se pasa a metros cúbicos por Segundo.

$$Re = 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$$


4. Im = importaciones desde cuencas vecinas

La cuenca del Río Sumapaz por ser una cuenca tan corta (95Km), no tiene trasvasé entre cuencas. Caso opuesto a la cuenca del Río Bogotá, que tiene trasvasé a la cuenca de la Orinoquia.

5. Ab = escurrimiento a la salida de la cuenca (aguas abajo)

$$Ab = 36,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. U = usos del agua

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$U = 3,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. Ev = evaporación en cuerpos de agua

Dado que se tiene una precipitación muy alta, la evaporación es menor a 1, debido a sus valores bajos, por lo tanto es valor a cero.

8. Ex: exportaciones hacia cuencas vecinas.

La cuenca del Rio Sumapaz por ser una cuenca tan corta (95Km), no tiene trasvasé entre cuencas. Caso opuesto a la cuenca del Rio Bogotá, que tienes trasvasé a la cuenca de la Orinoquia.


Formula General para el Balance Hídrico Superficial

$$\Delta V = (Cp + Ar + Re + Im) - (Ab + U + Ev + Ex)$$

$$\Delta V = (234.450.825 \text{ m}^3 + 4,7663 \text{ m}^3 + 0,07 \text{ m}^3 + 0) - (36,12 \text{ m}^3 + 3,6 \text{ m}^3 + 0 + 0)$$

$$\Delta V = 234.450.829,833 \text{ m}^3 - 39,72$$


$$\Delta V = 234.450.790,11 \text{ m}^3$$

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8. Análisis de Resultados

Analizando los datos obtenidas para cada una de las formulas realizadas en el balance hídrico superficial, podemos determinar:

- El coeficiente de escurrimiento para este trabajo es obtenido por la precipitación y uso del suelo de la cuenca, donde se evidencia que se divide en 4 sectores: grandes bosques, agrosistemas, ríos, y cabeceras municipales.
- El volumen de lluvia no afecta el escurrimiento por cuenca propia en épocas secas, debido a los tipos de suelo encontradas en la zona, los cuales son medianamente impermeables y permiten por escorrentía mantener el caudal ecológico.
- Para el volumen de lluvia obtenido en la formula, se determina que se tiene una precipitación alta y homogénea en todo el área y los meses del año. Presentando un régimen de lluvia bimodal.
- Se evidencia en el escurrimiento de aguas arriba, como resultado de las estaciones limnimétricas y los estudios realizados con los diferentes aforos, observamos que se presenta un valor alto influenciado directamente por el Páramo de Sumapaz, fuente principal de recarga y abastecimiento hídrico.
- Los retornos de agua identificados únicamente en Melgar, dado que es el único municipio de bocatoma, es un valor considerable, determinado por la densidad poblacional.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


- Para el valor de cuencas vecinas, no se lograron obtener ningún valor, dado que no se encontró registro a nivel nacional.
- Para el escurrimiento aguas abajo, se utilizó los estudios realizados por la CAR, donde se evidencia que el valor obtenido es representativamente muy alto, como resultado de las acumulaciones de flujo de los diferentes afluentes.

Análisis Climatológicos

Teniendo en cuenta los datos registrados en los 10 años en las estaciones meteorológicas se pueden establecer los siguientes parámetros de precipitación para la cuenca.

- La distribución de las lluvias es de régimen bimodal, lo que determina dos periodos claros de lluvia en los dos semestres del año.
- La precipitación se presenta durante el año en dos periodos húmedos, el primero durante los meses de Marzo, Abril y Mayo, siendo de mayor volumen Abril, y el segundo y más fuerte en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre. Los menores valores de precipitación son los meses de Julio y Agosto.
- El periodo más seco del año se presenta entre los meses de junio y agosto.

Como ejemplo para el análisis de La precipitación se tomó la gráfica de la estación Pandi, figura 33:

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Se identifica que el régimen de lluvia es bimodal, presentando un periodo más seco del año, entre los meses de junio y agosto; en el mes de mayo, se evidencia el fin de la temporada de lluvia del primer semestre del año y julio el fin de verano..


Se evidencia claramente que en los meses de abril y noviembre presentan los valores de precipitación más altos, con respecto a los demás meses.

Usos del recurso hídrico

Para realizar los cálculos de volumen de consumo, se recopilaron datos de entidades gubernamentales como el DANE, CAR, CORTOLIMA, y planes y/o esquemas de ordenamiento territorial de los municipios de la cuenca. Se organizó la información de acuerdo a consumo doméstico, industrial, agrícola y pecuario. Es importante destacar que los mayores consumos se encuentran en la zona urbana, esta incluye cascos urbanos y zonas industriales, aunque la cuenca está rodeada principalmente de zonas rurales, no se evidencia que el uso pecuario o agrícola tenga consumos superiores a la zona urbana. Se puede observar que el consumo rural no tiene datos claros sobre nacimientos represados, desviación de cuencas, aljibes y/o consumo de aguas subterráneas.


Análisis hidrológico

De acuerdo a los datos de las estaciones con información limnimétricas del IDEAM con periodos desde 1998 hasta 2008: la principal característica del caudal de la cuenca es que es de régimen bimodal, lo que indica que el comportamiento está ligado con el

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

régimen de precipitación del área. Es importante destacar que en la estimación del caudal se obtuvo de un caudal base, el cual se entiende como el caudal medio sobre toda la cuenca y se determina a partir del volumen de agua que llega a la salida de la cuenca en un tiempo establecido; tomado del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca Hidrográfica del Río Sumapaz y la información obtenida en las estaciones ya mencionadas.

- Como observamos en la tabla total de las estaciones de Evaporación, encontramos el mayor cambio físico por evaporación del recurso agua fue en la estación de Las Violetas ya que se encuentra ubicada a una altitud de 400 msnm y su alta temperatura ayuda a que este proceso se lleve en el menor tiempo posible
- En esta gráfica observamos que no presenta mucha variación durante todo el año, igualmente se evidencia que en el mes de Julio, es el mes con mayor evaporación y el mes de Mayo el de menor cambio físico.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


9. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos registrados en el cálculo del balance hídrico superficial, se evidencia las condiciones favorables de demanda y oferta, por las altas precipitaciones presentadas sobre todo en los meses de abril y noviembre en comparación con los valores de evaporación que presenta sus más altos picos en los meses de junio y agosto encontrados sobre la zona. Aunque cabe anotar que la oferta hídrica experimenta en la actualidad una reducción progresiva a causa del uso que se le da al recurso, lo cual lleva a la alteración de la calidad del agua por contaminación, debido a los procesos de las actividades socioeconómicas propias de la zona.

Esta investigación ha permitido demostrar que al realizar los análisis hidrológicos y climatológicos, encontramos que en la estación las Violetas que fue el de más alta evaporación se evidencio que las pérdidas por este medio no alcanzan a ser relevantes para causar una alarma en la cuenca.

Se identificó un alto rendimiento hídrico para la cuenca del Rio Sumapaz, determinado por su ubicación geográfica y los datos de volumen de lluvia de los pluviómetros en cada una de las estaciones de la cuenca .

También es de gran importancia resaltar que el nacimiento de esta cuenca se encuentra en un área protegida por parques nacionales y tiene un proyecto ambicioso de protección del páramo, en el cual tiene como objetivo la conservación y el

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

desarrollo sostenible del mismo, y aunque es un proceso que llevará tiempo, muestra el interés de los entes del estado por cambiar la cultura de la sociedad. Además, a causa del escaso conocimiento que tiene el país sobre su potencial hídrico, es preciso realizar estudios de investigación a nivel de pregrados, que permitan estimar con una mejor aproximación el potencial hídrico de sus cuencas.

En paralelo con el estudio nacional del agua del 2010, se evidencia concordancia con el resultado final del presente estudio, observando valores promedio de alto rendimiento hídrico, soportando proyecciones de crecimiento y abastecimiento para los diferentes usos del agua, aproximadamente 2019 (ENA 2010).


9.1.1. Climatológicas

El régimen de estaciones es bimodal y en casi todo el territorio se presentan dos estaciones de lluvia —de abril a junio y de agosto a noviembre— y dos períodos de verano.

Para entender el contexto climatológico de la zona de estudio, es necesario conocer algunas variables que intervienen en el ciclo hidrológico localmente, como: precipitación, temperatura, humedad relativa y brillo solar,


9.1.2. Hidrológicas

La información climatológica e hidrométrica es de gran importancia para la realización del balance hídrico superficial, dado a esto se visitó el IDEAM, CAR, CENICAFE Y

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CORTOLIMA con el fin de recopilar la información necesaria, se evidencio que muchas de las estaciones no tienen información completa en temperatura, precipitación, evaporación, radiación solar, horas de sol. Los costos de la información en el IDEAM fue de quinientos treinta mil pesos, en la CAR y en CENICAFE la información fue gratuita, pero se tuvieron que realizar varias visitas a las instalaciones de cada una de las instituciones.

Los volúmenes de extracción de agua, usos del suelo, vegetación, características de la región, se buscaron en los EOT y POT de los municipios, esta información se buscó en la página de las alcaldías, aunque en municipios como Pasca, Arbeláez, Fusagasugá, Carmen de Apicala fue necesario viajar, los censo de población se sacaron del DANE, del sistema único de información, POT y EOT de los municipios. Esta búsqueda fue demorada debido a que la información estaba muy dispersa, escasa y con espacios de tiempo variados. La vegetación, usos del suelo, principales cultivos, se realizó una investigación en las UMATA, de Fusagasugá y Pasca, `para el área de Tibacuy se tomó en cuenta los ciclos vegetativos formulados por CENICAFE. La información pecuaria se realizó con los POT Y EOT de la región, la información es difusa debido a que muchos potreros son del estado y son utilizados por los campesinos para la crianza de bovinos, porcinos, caprinos, la información encontrada con este tema fue dispersa debido a la falta de control del gobierno en cabeza de las alcaldías.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


10. ANEXOS

Caudales

Para entender las diferentes variaciones de caudal en un determinado tiempo a continuación se presenta una gráfica de relación de caudal vs tiempo de la Estación 2119701-1980-2000 de Subia.

Tabla 13. Valores Caudal Estación Subia

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	0,68	0,40	0,42	0,64	0,48	0,67	0,47	0,55	0,30	0,18	0,44	1,01
2	0,65	0,34	0,47	0,52	0,46	0,63	0,44	0,44	0,29	0,18	0,57	0,98
3	0,64	0,38	0,47	0,48	0,52	0,67	0,52	0,38	0,29	0,25	0,53	0,98
4	0,62	0,36	0,46	0,48	0,68	0,66	0,61	0,36	0,29	0,29	0,53	0,80
5	0,57	0,46	0,41	0,46	0,58	0,62	0,51	0,42	0,29	0,27	0,46	0,68
6	0,49	0,41	0,40	0,52	0,70	0,57	0,48	0,50	0,31	0,26	0,70	0,65
7	0,46	0,33	0,38	0,48	0,70	0,54	0,43	0,50	0,27	0,26	0,71	0,62
8	0,46	0,56	0,42	0,48	0,69	0,52	0,43	0,47	0,30	0,26	0,76	0,59
9	0,46	0,52	0,38	0,44	0,61	0,52	0,43	0,40	0,32	0,26	0,55	0,56
10	0,43	0,47	0,34	0,43	0,57	0,49	0,49	0,37	0,29	0,26	0,51	0,53
11	0,58	0,46	0,48	0,42	0,52	0,46	0,52	0,35	0,29	0,26	0,48	0,52
12	0,56	0,47	0,54	0,40	0,52	0,50	0,48	0,32	0,29	0,24	0,59	0,50
13	0,56	0,45	0,52	0,48	0,61	0,53	0,47	0,32	0,26	0,23	0,59	0,47
14	0,55	0,46	0,43	0,42	0,87	0,51	0,50	0,32	0,20	0,43	0,90	0,90
15	0,55	0,46	0,36	0,60	0,95	0,47	0,50	0,32	0,18	0,34	0,93	1,02
16	0,55	0,46	0,38	0,42	0,87	0,48	0,50	0,32	0,18	0,32	0,98	0,95
17	0,57	0,44	0,48	0,42	0,67	0,52	0,50	0,32	0,18	0,32	0,93	0,81
18	0,58	0,36	0,36	0,78	0,63	0,49	0,46	0,32	0,18	0,30	1,61	0,66
19	0,55	0,32	0,32	0,84	0,63	0,50	0,43	0,35	0,18	0,46	1,34	0,63
20	0,57	0,29	0,34	0,57	0,60	0,51	0,46	0,34	0,18	0,98	1,04	0,56

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO								Código: IF-IN-001 Versión:01	
	Proceso: Investigación				Fecha de emisión: 22-Nov-2009				Fecha de versión: 22-Nov-2009	

21	0,55	0,54	0,32	0,64	0,64	0,54	0,45	0,34	0,18	0,75	1,12	0,53
22	0,47	0,52	0,32	0,52	0,60	0,52	0,48	0,35	0,19	0,55	0,99	0,49
23	0,46	0,50	0,51	0,48	0,59	0,50	0,47	0,36	0,18	0,73	0,84	0,46
24	0,41	0,46	0,46	0,72	0,69	0,47	0,47	0,35	0,18	0,63	0,73	0,46
25	0,38	0,46	0,67	0,61	0,70	0,46	0,47	0,35	0,18	0,62	0,78	0,46
26	0,34	0,44	0,73	0,60	0,65	0,44	0,45	0,34	0,18	0,54	1,21	0,44
27	0,32	0,43	0,49	0,72	0,60	0,46	0,43	0,35	0,18	0,46	1,05	0,40
28	0,38	0,41	0,45	0,59	0,58	0,53	0,41	0,35	0,18	0,42	0,80	0,40
29	0,44	0,70	0,43	0,52	0,65	0,51	0,43	0,35	0,17	0,41	0,71	0,40
30	0,45	0,00	0,40	0,51	0,67	0,51	0,44	0,33	0,16	0,44	1,26	0,70
31	0,47	0,00	0,91	0,00	0,67	0,00	0,44	0,32	0,00	0,46	0,00	0,70


Precipitación

Para el análisis y revisión de la información climatológica es necesario modelar toda la información recopilada por cada una de las estaciones. Esta información teniendo en cuenta su distribución y comportamiento temporal para conocer y concluir el régimen de lluvias en la zona de estudio, Cuenca del Río Sumapaz.


Esta información indispensable para los diferentes cálculos y base para las variables en la realización del balance hídrico.

11. BIBLIOGRAFÍA

- IDEAM, 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2013. Guía Técnica: “Para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas”.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Decreto 1640 del 2 de agosto de 2012
- Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del Rio Sumapaz, Unión Temporal CPA Ingeniería Ltda. y Auditoria Ambiental Ltda.
- Anuario meteorológico cafetero 2011, CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Ruiz, Rosa; Torres, Humberto y Aguirre, Mario. Memoria Descriptiva de la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú. INRENA. Lima. 2006.
- Cisneros, Rodolfo; apuntes de la materia de riego y drenaje.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS -DANE. Censo Nacional Económico Multisectorial 1990 y Censo de Población 1993.
- Elaboración del estatuto de zonificación de usos del suelo del área rural. municipio de Tibacuy, Henry Pardo Viasus. ingeniero catastral. Fusagasugá, marzo de 1997.
- Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Tibacuy, Cundinamarca 2008-2011.
- Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Venecia, Cundinamarca 2002.
- Esquema de Ordenamiento Territorial Agua de Dios Cundinamarca 2000.
- Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Tibacuy, Cundinamarca 2001-2010.
- Esquema de ordenamiento territorial Pandi Cundinamarca 2000.

	Elaboración del balance Hídrico de la Cuenca del Río Sumapaz formulado en el programa Hidrológico internacional de la UNESCO		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Esquema de ordenamiento territorial Granada Cundinamarca 2000.
- Plan de Ordenamiento Territorial Melgar Tolima 2000.
- Plan de ordenamiento territorial Fusagasugá Cundinamarca 2000-2011.

Web grafía

- Verdin, Kristine L. 1997. "A System for Topologically Coding Global Drainage Basins and Stream Networks". 1997 ESRI International GIS User Conference Proceedings:<http://gis.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to350/pap311/p311.htm>
- <http://silvania-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=myxx-1-&m=i#poblacion>
- [http://granada-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=myxx-1-&x=2007234&als\[ESTADO\]=myxx-1-#poblacion](http://granada-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=myxx-1-&x=2007234&als[ESTADO]=myxx-1-#poblacion)
- <http://www.pasca-cundinamarca.gov.co/sitio.shtml?apc=B--1--&x=2804529#poblacion>
- <http://arbelaez-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m-y1--&x=3145641&als%5BESTADO%5D=m-y1--#poblacion>
- <http://sanbernardo-cundinamarca.gov.co/sitio.shtml?apc=myxx1-&x=2741450&als%5BESTADO%5D=myxx1-#poblacion>
- <http://venecia-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=myxx1-&x=1487676&als%5BESTADO%5D=myxx1-#poblacion>
- <http://venecia-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=myxx1-&x=1487676&als%5BESTADO%5D=myxx1-#poblacion>
- <https://sena.blackboard.com/webapps/portal/frameset.jsp>
- <http://geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=7&title=Mapa%20Base>