

1-1-2011

Perfil ambiental de la subcuenca del Río Neusa

Diana Marcela Durán Santos
Universidad de La Salle, Bogotá

Diana Carolina Suárez.
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Durán Santos, D. M., & Suárez., D. C. (2011). Perfil ambiental de la subcuenca del Río Neusa. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/144

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA

**DIANA MARCELA DURÁN SANTOS
DIANA CAROLINA SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.
2011**

PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA

DIANA MARCELA DURÁN SANTOS

DIANA CAROLINA SUÁREZ

Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director

RUBÉN DARÍO LONDOÑO PÉREZ

INGENIERO GEÓGRAFO – UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

MSC INGENIERÍA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C.

2011

Nota de aceptación:

Director

Jurado

Jurado

Bogotá D.C. Marzo de 2011

DIANA CAROLIBNA SUÁREZ – DIANA MARCELA DURÁN

La información presentada en este documento es
responsabilidad de los Autores y en ningún momento
compromete a la Universidad De La Salle.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

A Dios, por habernos permitido la oportunidad de cursar el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria..

A nuestras familias por brindarnos apoyo y comprensión para seguir adelante con nuestras metas.

Agradecemos de manera especial, la Universidad De La Salle y al ingeniero RUBÉN DARÍO LONDOÑO PÉREZ, por su dedicación, puntualidad y espíritu de servicio. Quien nos oriento y animó para la realización del presente proyecto.

A todos nuestros profesores quienes nos apoyaron y aportaron sus conocimientos para crecer en nuestros saberes y poderlos aplicar en el desarrollo de este proyecto.

***“A nuestras familias por ser la razón generadora de
nuestro desarrollo profesional y personal”***

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS	20
1.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. ORDENAMIENTO TERRITORIAL	21
2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA COMO UNIDAD ADECUADA PARA LA ORDENACIÓN	22
2.3. ORDENAMIENTO SISTÉMICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	24
2.4. CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ Y SU PROBLEMÁTICA	25
2.5. NIVEL DE DETALLE DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.5.1. <i>Unidades de Paisaje</i>	28
2.5.2. <i>Unidades de uso de suelo</i>	30
2.5.3. <i>Unidades Cartográficas de Suelo</i>	31
2.6. CUENCA HIDROGRÁFICA Y EL RECURSO HÍDRICO	33
2.6.1. <i>Calidad de agua del Río Neusa</i>	33
2.6.2. <i>Índice de calidad de agua (ICA)</i>	34
2.6.3. <i>Índice de escasez de agua</i>	35
2.6.4. <i>Balance hídrico general</i>	40
2.6.5. <i>Balance hídrico climático</i>	46
2.6.6. <i>Balance hídrico agrícola</i>	46
3. MARCO CONCEPTUAL	48
4. METODOLOGÍA	52
4.1. DIAGRAMA DE FLUJO	54
5. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	55
5.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA	55
5.2 HISTORIA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA	57
6 MORFOLOGIA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	60
6.1 CARACTERÍSTICAS DE FORMA	60
6.1.1 <i>Área de la cuenca</i>	60
6.1.2 <i>Perímetro de la cuenca</i>	60
6.1.3 <i>Longitud del cauce principal</i>	60
6.1.4 <i>Índice de gravelius</i>	60
6.2 CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL RELIEVE	61
6.2.1 Cota mayor	61
6.2.2 Cota Menor	61
6.2.3 Pendiente media de la subcuenca	61
6.2.4 Coeficiente de masividad de Fournier	62
6.2.5 Coeficiente orográfico de Fournier	62
6.2.6 Curva hipsométrica	62
6.3 CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS A LA HIDROGRÁFICA	63
6.3.1 Densidad de drenaje	63
6.3.2 Tiempo de concentración	63
7 SISTEMA DE SUSTENTACIÓN NATURAL	65
7.1 GEOLOGÍA	65
7.1.1 <i>Geología estructural</i>	65
7.1.2 <i>Geomorfología</i>	65
7.1.3 <i>Geología económica</i>	66
7.2 CLIMA	68
7.3 HIDROLOGÍA	70
7.4 SUELOS	72

7.5	VEGETACIÓN	75
7.6	FAUNA.....	75
8	SISTEMA DE SUSTENTACIÓN ADAPTADO.....	76
8.1	SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	76
8.1.1	Acueducto.....	76
8.2	SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.....	80
8.3	SISTEMAS DE TRATAMIENTO.....	83
8.3.1	<i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cogua.</i>	83
8.3.2	<i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Nemocón.</i>	84
8.3.3	<i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Zipaquirá.</i>	85
8.4	SISTEMAS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	88
8.4.1	<i>Plantas de beneficio animal</i>	90
8.5	OTRAS INTERVENCIONES SOBRE EL SSN	90
8.5.1	<i>Embalse Del Neusa.</i>	90
8.5.2	<i>Plantaciones y reservas forestales.</i>	91
8.5.3	<i>Infraestructura vial.</i>	92
9	SISTEMA DE CONTROL	94
9.1	MARCO NORMATIVO GENERAL PARA LA ORDENACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA.....	94
9.2	ENTIDADES COMPETENTES.....	101
10	SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	104
10.1	ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL MEDIO AMBIENTE.....	104
11	CALCULO DEL INDICE DE ESCASEZ.....	106
11.1	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA.....	106
11.1.1	<i>Demanda de agua para Consumo humano.</i>	107
11.1.2	<i>Demanda de agua para uso agrícola</i>	108
11.1.3	<i>Demanda total de agua.</i>	110
11.2	DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA.	111
11.2.1	<i>Oferta neta</i>	111
11.3	VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ.....	114
12	VERIFICACIÓN DE MÓDULOS DE CONSUMO DE AGUA.....	116
12.1	USO DOMÉSTICO	116
12.2	USO AGRÍCOLA	119
13	CÁLCULO DE BALANCES HÍDRICOS	121
13.1	BALANCE HÍDRICO GENERAL.....	121
13.2	BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO.....	121
13.3	BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA.....	128
13.3.1	<i>Cultivo de papa.</i>	129
13.3.2	<i>Pastos.</i>	129
14	CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA	131
14.1	CARACTERIZACIÓN EN PUNTO DE MUESTREO ESTABLECIDO POR LA CAR	134
14.1.1	<i>Análisis de resultados</i>	134
14.2	PERFIL DE CALIDAD DE AGUA	137
14.2.1	<i>Índice de calidad de agua Ica</i>	137
15	CONCLUSIONES.....	140
16	RECOMENDACIONES.....	142
17	BIBLIOGRAFÍA	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Uso actual y cobertura del suelo en la Subcuenca del Río Neusa.

Tabla 2. Unidades cartográficas de suelo presentes en la Subcuenca del Río Neusa.

Tabla 3: Interpretación del Índice de calidad del agua (ICA).

Tabla 4: Categorías del índice de escasez de agua.

Tabla 5: Datos básicos del embalse del Neusa.

Tabla 6: Distribución territorial dentro de la subcuenca.

Tabla 7: Recuento de obras programas y proyectos realizados en la Subcuenca del Río Neusa.

Tabla 8: Interpretación del índice de gravelius.

Tabla 9: Características morfométricas de la subcuenca del Río Neusa.

Tabla 10. Características de las formaciones geológicas aprovechables de la subcuenca del Río Neusa.

Tabla 11. Estaciones Meteorológicas localizadas en la subcuenca Río Neusa.

Tabla 12. Estaciones hidrológicas de la subcuenca del Río Neusa.

Tabla 13. Valores Característicos Caudales Mínimos (m^3/s).

Tabla 14. Caudales máximos generados (m^3/s).

Tabla 15. Caudales mínimos generados (m^3/s).

Tabla 16. Leyenda fisiográfica pedológica subcuenca Río Neusa.

Tabla 17. Acueductos veredales municipio de Cogua subcuenca Río Neusa.

Tabla 18. Número de usuarios de los acueductos veredales de Tausa subcuenca Río Neusa. F

Tabla 19. Número de usuarios de alcantarillados veredales de Tausa

Tabla 20. Ecosistemas de la subcuenca.

Tabla 21. Normas reglamentarias específicas para la ordenación de la subcuenca del Río Neusa.

Tabla 22. Demanda de agua por unidad de suelo.

Tabla 23. Área de cultivo de papa por unidad de suelo.

Tabla 24. Área de pasto por unidad de suelo.

Tabla 25. Condiciones Hidrológicas de las Estaciones Meteorológicas - Curva Número.

Tabla 26. Numero de curva para cada una de las estaciones.

Tabla 27. Escala de Reducciones por Irregularidad temporal de la oferta hídrica.

Tabla 28. Calculo del Factor de Reducción por Irregularidad Temporal.

Tabla 29. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de cucunuba.

Tabla 30. Módulo de Consumo para el área urbana del Municipio de cogua.

Tabla 31. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Carmen de carupa.

Tabla 32. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Nemocón.

Tabla 33. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Pacho.

Tabla 34. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Suesca.

Tabla 35. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Sutatausa.

Tabla 36. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Gachancipá.

Tabla 37. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Tocancipá.

Tabla 38. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Zipaquirá.

Tabla 39. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Tausa.

Tabla 40. Criterios de Calidad de las aguas para destinación del Recurso para Consumo Humano y Doméstico mediante Tratamiento Convencional, Desinfección y Para Uso Agrícola.

Tabla 41. Valores constante K para determinación del ICA.

Tabla 42. Cálculo del Índice de Calidad de Agua - ICA para la subcuenca río Neusa.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Flujo de agua en la cuenca. *Fuente: Rubén Darío Londoño, Apuntes de clase cuencas hidrográficas.*

Gráfico 2. *Localización de la subcuenca del Río Neusa.*

Gráfico 3. Curva de gasto. Fuente: Grupo de investigación de recursos hídricos, 2009

Gráfico 4. Balance Hídrico General año húmedo.

Gráfico 5. Balance Hídrico General año medio.

Gráfico 6.. Balance Hídrico General año seco

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A: ETP (EVOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL).
- ANEXO B: DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO
- ANEXO C: DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA
- ANEXO D: DEMANDA HÍDRICA TOTAL
- ANEXO E: MÉTODO DE LA CURVA NÚMERO
- ANEXO F: ESCORRENTÍA SUPERFICIAL
- ANEXO G: VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ
- ANEXO H: MODELO DE ENCUESTA
- ANEXO I: BALANCE HÍDRICO GENERAL
- ANEXO J: BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO
- ANEXO K: BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA
- ANEXO L: CARACTERIZACIÓN DE AGUA
- ANEXO M: CURVAS DE TRANSFORMACIÓN
- ANEXO N: FACTORES DE PONDERACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE I.C.A (ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA)
- ANEXO O: AÑOS MEDIO, SECO Y HUMEDO POR UNIDAD DE SUELO.

RESUMEN

Este proyecto: “Perfil Ambiental de la Subcuenca Río Neusa” hace parte del macroproyecto “Ordenación del recurso hídrico de la cuenca alta del río Bogotá, basada en el contexto de sus realidades socio ambientales y ecotoxicológicas”. que busca proveer de elementos técnicos, científicos y operativos a la autoridad ambiental, para de esta manera hacer más efectiva la gestión del recurso hídrico dentro de la cuenca del río Bogotá y así garantizar su uso sostenible a diferentes horizontes de tiempo, incluyendo tanto la actualización documental como el análisis y resultados de estudios sistemáticos sobre los recursos agua y suelo, acompañado de su profundización en el marco ambiental, toxicológico, socioeconómico y de servicios.

Teniendo en cuenta la teoría de sistemas, en la presente investigación se analiza tres subsistemas que integran el gran sistema de la cuenca hidrográfica del río Neusa y que se encuentran en constante interacción entre sí: *El sistema de sustentación natural* que hace referencia a los recursos naturales más importantes como vegetación, suelo y agua y en donde se analizarán los aspectos más relevantes de estos, a partir de esto se describirá *El sistema de sustentación adaptado* que involucra estos recursos y la manera en la que han sido modificados por los usuarios de la cuenca para su propio beneficio, es decir, se describirá el sistema de alcantarillado, acueducto, recolección de desechos, entre otros. Y finalmente *El sistema de control*, que involucra la manera en que son administrados los recursos de la cuenca en la actualidad y mediante que instrumentos políticos

La necesidad de conservar y proteger los recursos naturales de esta subcuenca hace importante la ordenación de la misma, mediante un perfil ambiental que permita conocer detalladamente la disponibilidad de recursos naturales y las relaciones socio-ambientales existentes de tal forma que conduzca al manejo adecuado y sostenible de todo el potencial de la zona.

De acuerdo a lo anterior en la presente investigación se elaboró el diagnóstico de la subcuenca del río Neusa por medio de un estudio retrospectivo de las sucesivas intervenciones que ha tenido la subcuenca, hasta su situación actual. También Se

Determino la oferta y la demanda actual y futura del recurso hídrico de la subcuenca del río Neusa, en términos de cantidad y calidad; y se verificaron los módulos de consumo de agua en la subcuenca del río Neusa para los diferentes usos con base en sus realidades socio ambientales.

ABSTRACT

The high basin of the Bogota River has presented environmental problems since the last decades, these problems are related to the inconvenients in the use of its natural resources and eventhough there has been a lot of effort in order to give solution to these problems, these efforts seem to be useless. In addition to this, there is a lack of compromise by the environmental authorities and of the users that because of different causes don't permit an appropriate organization of the resource in each of the sub basin that conform it.

That is why the importance of creating a more precise vision of the reorganization of the water resource in the sub basin of the Bogota River has come up and as a contribution to achieve this, it will be evidenced in this investigation the actual conditions of the sub basin of the Bogota River; located in the high basin of the Bogota River. Besides, there is expected a contribution of fundamental bases for the re organization of the sub basin of the Neusa River, now as the process of human settling and the different uses that have been assigned to the water resource and the development of each of the towns that conforme the sub basin have lead to the modifications in the quality and the quantity of the water resource as in the loss vegetation cover, have a strong influence in the ecosystem.

The necessity of preserving and protecting the natural resources of this sub basin make it important to reorganize, through an environmental profile that allows a detail in the aviability of the natural resources and the social and environmental relationships that exist, so that it can lead an appropriate and sustainable management of all the potential of the zone.

The following research allows the interpretation of the environmental reality of the sub basin of the Neusa River and the links between the different systems that compose it: sustainable natural system, adapted sustainable natural system and control system. Besides, having studied the basin with its different types of soil, it is possible to detail and locate specifically the problem mentioned before.

In order to accomplish the objectives of the research the morphometric characteristics of the sub basin are taken into account, related with the shape, the mountain shape and the hydrography; the demand has been determined from the water based on the actual and future population of the sub basin, in the different uses of the soil and crops presented in it; the sub basin's water offer was also calculated based on the method of the curve number done by the U.S Soil Conservation Service, with which it was possible to determine the

shortage rate for three different hydrologic scenarios: dry year, average year and wet year and for each of the soil units that conform the sub basin . Besides this, the water consumption modules established by the Technical Regulations of Drinking Water and Sanitation were checked , for which it was necessary to apply a survey to the population of the basin. Finally we analyzed the physical and chemical parameters in the surface of water from the Neusa River, through a water characterization, In order to obtain a profile of the water resource in the basin and thereby lay the foundation for achieving proper resource management, integrating the various systems that make up the Neusa River sub basin.

INTRODUCCIÓN

La cuenca alta del río Bogotá desde hace varias décadas ha presentado problemas medioambientales relacionados con los inconvenientes en el uso de sus recursos naturales y aunque se han realizado esfuerzos con el fin de dar solución a la problemática, estos parecen más bien inútiles que efectivos y prometedores. Adicional a esto, existe una falta de compromiso por parte de las autoridades ambientales y de los mismos usuarios que por causas diversas no permiten que se lleve a cabo una apropiada ordenación del recurso en cada una de las subcuencas que la componen. Como consecuencia, se evidencia un incremento considerable en la contaminación a lo largo de toda la cuenca.

De acuerdo a lo anterior surge la importancia de crear una visión más acertada de la ordenación del recurso hídrico de la cuenca del río Bogotá y como aporte para lograr este fin se evidenciaran, en esta investigación, las condiciones actuales en las que se encuentra la subcuenca del río Neusa, ubicada en la cuenca alta del río Bogotá. Además, se pretende aportar bases fundamentales para el ordenamiento de la subcuenca del *Río Neusa*, ya que actualmente, tanto los procesos de asentamiento humano, como los diferentes usos que se le han asignado al recurso hídrico y el desarrollo de cada uno de los municipios ubicados en la subcuenca, han conducido a modificaciones en la calidad y la cantidad del recurso hídrico, así como también a la pérdida de cobertura vegetal, teniendo fuerte incidencia en el ecosistema.

La necesidad de conservar y proteger los recursos naturales de esta subcuenca hace importante la ordenación de la misma, mediante un perfil ambiental que permita conocer detalladamente la disponibilidad de recursos naturales y las relaciones socio-ambientales existentes de tal forma que conduzca al manejo adecuado y sostenible de todo el potencial de la zona.

La investigación que se presenta permite interpretar la realidad ambiental de la Subcuenca del río Neusa y los vínculos entre los diferentes sistemas que componen la misma: sistema de sustentación natural, sistema de sustentación adaptado y sistema de control. Además, al

estudiar la cuenca, de acuerdo a sus diferentes unidades de suelo, es posible detallar y localizar específicamente su problemática.

Para dar cumplimiento con los objetivos de la investigación se valoraron las características morfométricas de la Subcuenca, relacionadas con la forma, el relieve y la Hidrografía; Se determino la demanda de agua basándose en la población actual y futura en la Subcuenca, en los diferentes usos del suelo y cultivos presentes en la misma; También se calculo la oferta hídrica dentro de la cuenca con base en el método de la Curva Número elaborado por U.S. Soil Conservation Service, con lo cual, fue posible determinar el índice de escases para tres diferentes escenarios climatológicos posibles :año húmedo, medio y seco y para cada una de las unidades de suelo que conforman la cuenca. Aparte de esto se verificaron los módulos de consumo de agua establecidos por el Reglamento Técnico de Agua potable y Saneamiento Básico, para lo que fue necesario la aplicación de una encuesta a los habitantes de la cuenca. Por último se analizaron parámetros fisicoquímicos en el agua superficial del río Neusa a través de una caracterización de agua para lograr obtener un perfil del recurso hídrico en la subcuenca y con esto lograr así sentar las bases para un adecuado ordenamiento del recurso que integre los distintos sistemas que conforman la Subcuenca del Río Neusa.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Elaborar un perfil ambiental de la subcuenca del Río Neusa, de la cuenca alta del Río Bogotá, en el contexto de su realidad medioambiental, como base para la ordenación del recurso hídrico.

1.2. Objetivos específicos

- Elaborar el diagnóstico de la subcuenca del Río Neusa por medio de un estudio retrospectivo de las sucesivas intervenciones que ha tenido la subcuenca, hasta su situación actual.
- Determinar la oferta y la demanda actual y futura del recurso hídrico de la subcuenca del Río Neusa, en términos de cantidad y calidad.
- Verificar los módulos de consumo de agua para la subcuenca del Río Neusa para los diferentes usos con base en sus realidades socio ambientales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ordenamiento territorial.

El Ordenamiento territorial (OT) se entiende en el mundo como una política de estado y proceso de planificación territorial integral y concertada, con la que se pretende configurar, en el largo plazo, una organización espacial del territorio, acorde con los objetivos del desarrollo económico, social, cultural y la política ambiental.¹

Al analizar experiencias internacionales en materia de ordenamiento territorial² se concluye que existen dos principales enfoques a partir de los cuales se analiza el Ordenamiento territorial (OT): Quienes lo conciben como planificación física a escala regional, subregional y local, con énfasis en el uso y ocupación del territorio, a partir de la coordinación de los aspectos territoriales de las políticas sectoriales y la coordinación del planeamiento urbanístico municipal (ejemplo: Alemania, Austria, Suiza, Holanda, Italia, España y Portugal). Y también quienes lo entienden como planificación territorial integral vinculada estrechamente a la planificación económica y social, con el objeto de garantizar el equilibrio en el desarrollo regional (ejemplo: Francia y el Reino unido, entre otros).

En Colombia no existe una única definición del OT; En la Ley 99 de 1993 se hace referencia al ordenamiento desde el punto de vista ambiental; en la Ley 388 de 1997 se aborda el tema desde la perspectiva físico-espacial; en la Ley 715 de 2001 y otras leyes sectoriales se hace relación a la distribución de competencias y recursos (tema objeto de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial – LOOT – de acuerdo con el artículo 151 constitucional); y en los proyectos de Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial prima la perspectiva de la organización político-administrativa en el territorio.

¹ www.dnp.gov.co. Noviembre de 2010

² Massiris Cabeza, Ángel. “Ordenamiento territorial: Experiencias internacionales y desarrollos conceptuales y legales realizados en Colombia. Publicado en la Revista del Programa de Posgrado en Geografía –EPG–, PERSPECTIVA GEOGRÁFICA, No. 4, segundo semestre de 1999.

Sin embargo, sin llegar a un acuerdo acerca de la perspectiva desde la cual se mira el ordenamiento territorial en Colombia, en Título XI de la constitución del 91 se propone la creación de La ley orgánica de ordenamiento territorial. En este sentido, tanto desde el poder Ejecutivo como del Legislativo se han sometido a consideración del Congreso de la República más de una decena de proyectos que han oscilado desde textos con numerosos y extensos artículos que han buscado, en el extremo, incluir exhaustivamente los asuntos relacionados con el ordenamiento territorial (p. ej. 769 artículos del proyecto 103 de 1996), y proyectos con disposiciones generales (p. ej. 26 artículos en el proyecto 016/Senado, 270/Cámara), dirigidos a lograr un acuerdo alrededor de una ley de mínimos para facilitar los acuerdos políticos en materia de ordenamiento territorial.³

2.2. Cuenca hidrográfica como unidad adecuada para la ordenación

En la presente investigación se consideran las cuencas como unidades territoriales adecuadas para la ordenación debido a que son las formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y concentran la oferta del agua que viene de las precipitaciones. Las características físicas del agua generan un grado extremadamente alto de interrelación e interdependencia entre los usos y los usuarios en una cuenca.

Las aguas superficiales y subterráneas, sobre todo, ríos, lagos y fuentes subterráneas, así como las cuencas de captación, las zonas de recarga, los lugares de extracción del agua, las obras hidráulicas y los puntos de evacuación de aguas servidas, incluidas las franjas costeras, forman con relación a una cuenca, un sistema integrado e interconectado. Esto es válido para los llamados usos consuntivos (como riego y abastecimiento de agua potable) donde el agua que no se consume (es decir que no se evapotranspira o se transfiere a otra cuenca) retorna a la corriente en cierto punto aguas abajo, ya sea en forma directa, mediante escorrentía superficial, o indirecta mediante el agua subterránea, y en consecuencia puede aprovecharse reiteradamente. Como resultado, los usos y los usuarios, situados aguas abajo dependen de manera crítica de la cantidad, calidad y tiempo de los sobrantes, caudales de retorno o pérdida de los usos y usuarios situados

³ DNP-DDTS-Subdirección de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. *Documentos de Trabajo*. Mayo 15 de 2007

aguas arriba. En cuanto a los usos en el propio caudal o no consuntivos también se da un alto grado de interrelación, interdependencia y afectación recíproca entre usos en el propio caudal entre sí, entre usos consuntivos y en el propio caudal. De este modo las interrelaciones e interdependencias son de naturaleza asimétrica, unidireccional y anisotrópicas.

Las cuencas constituyen un área donde interdependen e interactúan, en un proceso permanente y dinámico, el agua con los sistemas físico (recursos naturales) y bióticos (flora y fauna). Los cambios en el uso de los recursos naturales, principalmente tierra, acarrearán aguas arriba una modificación del ciclo hidrológico dentro de la cuenca agua abajo en cantidad, calidad, oportunidad y lugar. Por ello son espacio propicio para actividades de manejo de cuencas (*"watershed management"*).

Una característica fundamental de las cuencas, es que en sus territorios se produce la interrelación e interdependencia entre los sistemas físicos y bióticos, y el sistema socio económico, formado por los usuarios de las cuencas, sean habitantes o interventores de la misma. La dependencia de un sistema hídrico compartido y de los caminos y vías de acceso, y el hecho de que deban enfrentar riesgos similares, confieren a los habitantes de una cuenca características socioeconómicas y culturales comunes.⁴

De acuerdo a lo anterior y Según el Decreto Ley 2811 de 1974 por medio del cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, las cuencas hidrográficas son unidades adecuadas para la ordenación definidas como el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar y es delimitada por la línea de divorcio de aguas.

⁴ Dourojeanni, A. et.al. *Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica*. CEPAL. 2002

2.3 Ordenamiento sistémico de cuencas hidrográficas.

Lo expuesto anteriormente indica que el enfoque sistémico es tal vez el más aplicable para abordar la conceptualización de cuenca hidrográfica y su posterior desarrollo. Un enfoque sistémico de lo que se considera cuenca, facilita un mejor conocimiento de su estructura y función en términos que puede definir elementos y relaciones. Además permite analizar y evaluar factores involucrados dentro de contextos mayores o menores desde diversos escenarios (administrativos, económicos, naturales, socio-culturales, etc...

Abordar el ejercicio de ordenación con una perspectiva sistémica significa partir de las premisas esenciales de la **Teoría General de Sistemas** la cual postula de manera categórica que el universo está compuesto de una jerarquía de sistemas concretos, definidos como materia y energía organizados en subsistemas o componentes coactuantes e interrelacionados que existen en un continuo común de dimensiones espacio-temporales.

Además de las ventajas que el enfoque sistémico aporta al estudio de cuencas hidrográficas facilitando el análisis de su estructura y función, permite reconocer sus interrelaciones dentro de fronteras establecidas y adicionalmente las relaciones con el entorno. Así, la cuenca hidrográfica es un sistema abierto que intercambia materia y energía cuya complejidad se explica reconociendo los principios de organización que la gobiernan a diferentes niveles.

En Colombia, El Decreto 1729 de 2002, establece los lineamientos y fases para la ordenación de cuencas hidrográficas y define que el proceso de ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico – biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. La ordenación así concebida constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a

conservar, preservar, proteger y prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica.⁵

En este contexto y teniendo como base La Guía Técnico Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas en Colombia, elaborada por el IDEAM, La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca realizó el *“Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá”*, proyecto que define muchos de los conceptos tomados para el desarrollo de la presente investigación, debido a que La subcuenca del Río Neusa hace parte de la cuenca alta del Río Bogotá.

2.4 Cuenca alta del Río Bogotá y su problemática.

Según el documento mencionado anteriormente La cuenca del Río Bogotá se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca y junto con los ríos Sumapaz, Magdalena, Negro, Minero, Suárez, Blanco, Gacheta y Machetá, conforma el grupo de corrientes de segundo orden del departamento.

El Río Bogotá constituye la corriente principal de la cuenca recorriendo desde su nacimiento a los 3300 msnm en el municipio de Villapinzón, subcuenca Río Alto Bogotá, hasta su desembocadura al Río Magdalena a los 280 msnm en el municipio de Girardot, subcuenca Río Bajo Bogotá Apulo – Girardot, un total de 375 kilómetros, En los cuales visita alrededor de 26 municipios que albergan una población de aproximadamente 500.000 habitantes. El recorrido del río en su parte alta es de 170 kilómetros, es decir, 45% de la longitud total del mismo.

A pocos kilómetros de su nacimiento se evidencia un gran estado de contaminación del río y al llegar a Bogotá recibe la mayor parte de vertimientos contaminantes y algunos desechos sólidos que aumentan su nivel de contaminación a condiciones verdaderamente críticas reconociéndolo infortunadamente como uno de los ríos más contaminados del planeta.

⁵ Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez. Programa de Saneamiento Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá. Proyecto CAR-BID.

Uno de los principales afluentes del Río Bogotá es el Río Tunjuelo, que nace en el Paramo de Sumapáz, en la Laguna de los Tunjos, el cual, luego de surtir con sus aguas los embalses de Chisacá y La regadera, desemboca en el Río Bogotá. En las inmediaciones de Bosa-Soacha, el río recibe vertimientos crudos de un gran número (aproximadamente 400) de industrias.

El Río Bogotá es el principal receptor de desechos industriales y domésticos de la región de Cundinamarca, situación que ha sido motivo de preocupación para la población y las autoridades ambientales que desde hace mas de 50 años han evaluado las consecuencias físicas, sociales y económicas que esto ha traído, por medio de numerosos estudios e investigaciones donde se ha comprobado que la contaminación del cauce de río comienza desde que pasa por la zona urbana de Villapinzón , tan solo unos kilómetros después de su nacimiento, aumentando al acercarse al corredor de Chocontá donde se encuentran aproximadamente 160 curtiembres que arrojan de forma directa los vertimientos al río y no poseen tecnologías limpias, agregando al caudal del río altas cargas contaminantes.

Este deterioro ambiental, la falta de organización social y la carencia de sistemas productivos eficientes, llevarán a una disminución en la productividad agropecuaria que no solo afecta la región de Cundinamarca sino a toda la región andina. Además de lo anterior, en los últimos años se ha evidenciado un aumento considerable en la cantidad de usuarios que captan agua del Río Bogotá, provocando una disminución significativa del recurso en cuanto a su cantidad y calidad, generando conflictos de uso y problemas en su aprovechamiento y manejo. Adicionalmente, las actividades agrícolas e industriales juegan un papel importante en el agotamiento de este recurso: la primera, ampliando su extensión a la zona del páramo disminuyendo su capacidad hídrica y, la segunda, aportando desechos sólidos y líquidos sin ningún tipo de control y tratamiento a sus descargas.

Esta situación se evidencia al observar la carga contaminante que entrega el Río Bogotá a la principal arteria fluvial del país, el Río Magdalena, a la altura de los límites

municipales de Ricaurte y Girardot, que es tan alta, que la mancha sobre éste cuerpo persiste en una longitud considerable.

Por otra parte, se observan algunos asentamientos urbanos que se han venido incorporando a la cuenca y que, por la carencia de servicios indispensables para llevar una buena calidad de vida, han afectado considerablemente el estado de la cuenca específicamente lo relacionado con la cobertura vegetal, uso del suelo y la modificación de la calidad del recurso hídrico, provocando conflictos importantes entre los usuarios existentes.

La problemática ambiental de la cuenca del Río Bogotá evolucionó paulatina pero persistentemente y se mostró con los graves problemas que la aqueja a partir de finales de la década de 1970, época desde la cual se ha venido buscando soluciones de tipo legal, técnico, político y jurídico, sin que se haya podido vislumbrar visos de esperanza para tan importante cuerpo hídrico.

Las razones previamente citadas motivaron la formación de un proyecto de investigación que está siendo desarrollado por el grupo de investigaciones en Toxicología ambiental y cuencas hidrográficas (ITACH) del Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, el cual hace parte del centro de investigación de Desarrollo sustentable y Cambio Climático (CIDESCAC) de la Universidad De La Salle, denominado “*Ordenación del recurso hídrico de la Cuenca Alta del Río Bogotá basada en el contexto de sus realidades socioambientales y ecotoxicológicas*”, que busca proveer de elementos técnicos, científicos y operativos a la autoridad ambiental, para de esta manera hacer más efectiva la gestión del recurso hídrico dentro de la cuenca del Río Bogotá y así garantizar su uso sostenible a diferentes horizontes de tiempo, incluyendo tanto la actualización documental como el análisis y resultados de estudios sistemáticos sobre los recursos agua y suelo, acompañado de su profundización en el marco ambiental, toxicológico, socioeconómico y de servicios.

En su fase preparatoria recopilará y analizará la información necesaria para determinar la oferta y demanda actual y futura de la cuenca. Es así, como el presente proyecto pretende aportar un diagnóstico y evaluación del estado actual y futuro de la subcuenca,

de tal forma que contribuya al logro de parte de los objetivos planteados por el proyecto del ITACH

2.5 Nivel de detalle de la investigación.

Teniendo en cuenta la teoría de sistemas. En la presente investigación analizaremos tres sub sistemas que integran el gran sistema de la cuenca hidrográfica del Río Neusa y que se encuentran en constante interacción entre sí: ***El sistema de sustentación natural*** que hace referencia a los recursos naturales más importantes como vegetación, suelo y agua y en donde se analizaran los aspectos más relevantes de estos, a partir de esto se describirá ***El sistema de sustentación adaptado*** que involucra estos recursos y la manera en la que han sido modificados por los usuarios de la cuenca para su propio beneficio, es decir, se describirá el sistema de alcantarillado, acueducto, recolección de desechos, entre otros. Y finalmente ***El sistema de control***, que involucra la manera en que son administrados los recursos de la cuenca en la actualidad y mediante que instrumentos políticos.

Esta clasificacion se llevara a cabo debido a que como se expuso anteriormente, la cuenca hidrográfica no puede ser vista de manera general, ya que en ella existen subsistemas interactuando entre sí en diferentes espacios, por esta razón la cuenca se dividirá en unidades más pequeñas adecuadas para su análisis y que se describirán a continuación:

2.5.1 Unidades de Paisaje:

Se refiere a la especialización de los fenómenos que caracterizan el territorio, la delimitación de unidades o áreas con rasgos particulares y la obtención de una visión de conjunto de los fenómenos y espacios geográficos que determinan la organización territorial del área de estudio con un alto grado de homogeneidad.

Las categorías del sistema de clasificación fisiográfica a utilizar son las recomendadas por Hugo Villota en sus diferentes trabajos y publicaciones, así:

2.5.1.1 Provincia Fisiográfica

Es la primera categoría del sistema, aproximadamente correspondiente a una región natural (hoy en día nombrada como región morfológica), en la cual pueden prevalecer una o más unidades climáticas, estando constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, topográfico y espacial.

2.5.1.2 Unidad Climática

Segunda categoría del sistema de clasificación fisiográfica que comprende aquellas tierras cuya temperatura promedio anual y la humedad disponible son lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en unidades de paisaje similares, en la cobertura vegetal o en el uso actual de la tierra.

2.5.1.3 Gran Paisaje (o Unidad Genética de Relieve)

Tercera categoría del sistema, corresponde en términos geomorfológicos con la unidad genética de relieve, la cual no obstante debe ser cobijada por una determinada unidad climática, dentro de una provincia fisiográfica dada, para ser asimilada al gran paisaje. Bajo las condiciones anteriores, el Gran Paisaje comprende asociaciones o complejos de paisajes con relaciones de parentesco de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico.

El parentesco geogenético implica que la geomorfología general del relieve se debe a los procesos geomórficos endógenos y/o exógenos mayores que lo originaron, tales como: plegamiento, volcanismo, denudación, sedimentación, etc., El parentesco litológico se entiende a nivel de grupos de rocas: sedimentarias, volcánicas, plutónicas y metamórficas. Las relaciones topográficas se dan a nivel de mesorrelieve y se refieren a la morfología general ligada a su origen.

2.5.1.4 Paisaje Fisiográfico

Corresponde a la cuarta categoría del sistema, se establece dentro de un Gran Paisaje, con base en su morfología específica, a la cual se le adicionan como atributos o características él (los) material(es) parental(es) y/o la edad, esta última en términos relativos o de niveles.

2.5.1.5 Subpaisaje

Última categoría del sistema, correspondiente a una división de los paisajes fisiográficos, hecha con propósitos prácticos relacionados con el uso y manejo potencial de estas unidades. Categoría correlacionable con la llamada Forma del Terreno de otros sistemas de clasificación del relieve.

En consecuencia, los subpaisajes determinados corresponden a una posición dentro del paisaje y a la cual se le califican atributos morfométricos como: clase de pendiente, grado de erosión, la condición de drenaje, etc. siendo ésta la categoría que identifica las unidades de paisaje.

2.5.2 Unidades de uso de suelo:

Se refiere al destino que tienen los recursos o el fin que el hombre le da a los mismos, bien por su uso (leña, madera, alimento animal, alimento humano, generación de energía) o por su “no uso” (oxígeno, conservación, preservación, deleite visual, etc.). Dentro de la cuenca hidrográfica. A continuación se presentan los diferentes usos del suelo dentro de la Subcuenca del Río Neusa.

Tabla 1: Uso actual y cobertura del suelo en la Subcuenca del Río Neusa. Fuente: Ecofores, LTDA.

USO ACTUAL	ÁREA		UNIDADES DE COBERTURA	
	Hectáreas	%		
USO FORESTAL	9687,98	21,66		Bosque Andino
				Bosque Plantado
				Bosque secundario
			Rastrojo	Rastrojos y otra vegetación secundaria
USO AGRÍCOLA	11882,43	26,56	Cultivos	Papa
				Cultivos varios
				Invernaderos
				Misceláneos
USO PECUARIO	17180,85	38,41	Pastos	Pastos manejados
				Pastos no manejados
				Pastos y rastrojos
OTROS USOS	2345,16	5,24	Cuerpos de Agua	Embalses
			Áreas sin Vegetación	Explotación minera
				Áreas sin vegetación y erosión superficial
USO URBANO E INFRAESTRUCT	384,11	0,86	Infraestructura mixta	Infraestructura mixta
			Centros urbanos y suburbano s	Zonas urbanas continuas y discontinuas
USO ESPECIAL	3217,21	7,19	Vegetación Especial	Matorrales de clima frío
				Vegetación acuática
				Vegetación de páramo
TOTAL	44.734,99	100,00		

2.5.3 Unidades Cartográficas de Suelo

En la presente investigación, se tomarán estas unidades de suelo como división principal para la realización de los cálculos necesarios, con el fin de tener resultados más precisos y concretos y no tan generalizados para la subcuenca del Río Neusa. Cada una de estas clasificaciones tiene su propio código que permite presentar espacialmente la información a diferentes escalas para su mayor comprensión. A continuación se presentan las unidades de uso actual del suelo que fueron tenidas en cuenta en la investigación.

PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO NEUSA

Tabla 2. Unidades cartográficas de suelo presentes en la Subcuenca del Río Neusa

PROVINCIA FISIOGRÁFICA	UNIDAD CLIMÁTICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE Y MATERIAL LITOLÓGICO	SUBPAISAJE	CARACTERÍSTICAS DE LAS GEOFORMAS	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS Y CONTENIDO PEDOLÓGICO							
							Nombre de la Unidad	Subgrupo	Perfil No.	%	Simbolo	Area (ha)		
Cordillera Oriental o de plegamiento	Extremadamente frio húmedo	Montaña estructural erosional	Artesas en depósitos clásicos glaciogénicos con intercalaciones de rocas limoarcillosas y depósitos orgánicos localizados	Laderas estructurales y erosionales	Laderas moderadamente inclinadas- cubiertas por vegetación de páramo	Bien drenados- de texturas gruesas- superficiales- limitados por fragmentos de roca	Consociación	Typic Dystrocrepts- familia franca- mezclada- isocriica	CU-152	80	MEAc	205,4		
			Espinazos- crestas y escarpes mayores en rocas clásicas arenosas y limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas fuertementes escarpadas- cubiertas por vegetación de páramo	Bien drenados- de texturas gruesas- superficiales- limitados por fragmentos de roca	Consociación	Typic Dystrocrepts- familia franca gruesa- mezclada- isocriica	CU-132	70	MEFe MEFt	1116,3 535,6		
	Muy frio muy húmedo	Montaña estructural erosional	Crestas homoclinales en rocas clásicas limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas fuertementes escarpadas- cubiertas por vegetación de páramo	Excesivamente drenados- superficiales- limitados por contacto con el material parental y de texturas medias a finas	Consociación	Humic Lithic Dystrudepts- familia franca fina- mezclada- isofrígida	CU-107	80	MGSg	225,1		
			Crestones homoclinales rocas clásicas arenosas y limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas moderadamente escarpadas- caracterizadas por frecuente presencia de deslizamientos y erosión hídrica laminar ligera en sectores	Bien a excesivamente drenados- profundos a superficiales limitados por contacto con material rocoso coherente y de grupo textural fino a moderadamente grueso	Consociación	Andic Dystrudepts- familia franca fina- mezclada- isofrígida	CU-126	75	MGFt MGFe	3143,0 2599,6		
			Glacis de acumulación y lomas en depósitos de ceniza volcánica sobre rocas clásicas arenosas- limoarcillosas y conglomeráticas.	Laderas erosionales	Laderas erosionales de pendientes moderadamente inclinadas	Bien drenados- de texturas moderadamente finas a gruesas- profundos a superficiales- limitados por contacto lítico y nivel freático alto.	Consociación	Typic Hapludands- familia medial- isofrígida	CC-284	85	MGTD MGTc	4326,6 259,4		
			Vallecitos coluvio aluviales en depósitos clásicos glaciogénicos	Laderas de acumulación	Laderas cortas y estrechas de vallecitos encajonados- afectadas por crecientes súbitas de los ríos que las drenan y disectan	Pobrememente drenados- muy superficiales (limitados por fragmentos de roca y nivel freático superficial)- de texturas medias y baja evolución	Consociación	Typic Humaquepts- familia franca fina- mezclada- isofrígida	CC-332	80	MGNa	5,8		
			Abanicos aluviales en ceniza volcánica y depósitos clásicos hidrograviogénicos.	Laderas erosionales	Laderas ligeramente inclinadas- con niveles moderados de susceptibilidad a la erosión	Bien a moderadamente bien drenados- de texturas finas a moderadamente gruesas y de evolución baja a moderada	Consociación	Typic Melanudands- familia medial- isomésica	MU-8	70	MLJc	254,3		
	Frio húmedo	Montaña estructural erosional	Crestas homoclinales en rocas clásicas limoarcillosas y depósitos de ceniza volcánica	Laderas estructurales y erosionales	Laderas fuertemente escarpadas- caracterizadas por frecuente presencia de deslizamientos y erosión hídrica laminar ligera en sectores	Bien drenados- de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y profundos a superficiales limitados por mantos de roca dura y coherente	Consociación	Typic Eutrudepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	CC-94	70	MLSg	2419,1		
			Crestones homoclinales rocas clásicas limoarcillosas y depósitos de espesor variable de ceniza volcánica	Laderas estructurales y erosionales	Laderas ligera a moderadamente escarpadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Profundos a superficiales limitados por contacto con el manto rocoso- bien a moderadamente bien drenados y de texturas finas a moderadamente gruesas	Consociación	Humic Lithic Eutrudepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	CC-307	70	MLVt	1084,1		
			Cuestas en depósitos de ceniza volcánica que recubren parcialmente rocas clásicas limoarcillosas	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien a moderadamente bien drenados y profundos a moderadamente profundos- limitados por la presencia de horizontes argílicos	Consociación	Typic Hapludands- familia medial- isomésica	AC-69	85	MLTd	1040,8		
			Glacis coluvial en ceniza volcánica sobre depósitos clásicos gravigénicos y rocas clásicas limoarcillosas	Laderas erosionales	Laderas ligeramente inclinadas afectadas esporádicamente por presencia de pedregosidad superficial	Profundos a moderadamente profundos- bien drenados- de texturas medias a moderadamente gruesas	Consociación	Pachic Melanudands- familia medial- isomésica	MU-9	75	MLKc MLKd	896,2 664,9		
			Lomas en rocas clásicas arenosas- limo arcillosas y mantos de espesor variable de ceniza volcánica	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizada por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien drenados- de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas- profundos a superficiales (limitados por horizonte argílico) y de evolución baja a moderada.	Consociación	Humic Dystrudepts- familia fina- mezclada- isomésica	CC-226	70	MLCd	2151,2		
			Plano de inundación en sedimentos clásicos hidrogénicos	Sobrevega	Áreas planas del valle aluvial- afectadas por periódicas inundaciones y encharcamientos	Profundos a superficiales- bien a pobremente drenados- de texturas finas a medias	Consociación	Typic Endoaquepts- familia franca- mezclada- isomésica	AC-19	80	RLOa	1054,3		
		Terrazas aluviales en depósitos de ceniza volcánica	Plano de terraza	Áreas planas- afectadas en sectores muy aislados por encharcamiento poco frecuentes	Baja a moderadamente evolucionados- de texturas moderadamente finas a través de todo el perfil- muy profundos y bien drenados	Consociación	Pachic Melanudands- familia medial- isomésica	AC-8	90	RLOa	5003,8			
	Frio seco	Montaña estructural erosional	Crestones homoclinales rocas clásicas limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas ligera a moderadamente escarpadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien drenados- de textura fina y moderadamente profundos- limitados por contacto lítico	Consociación	Typic Haplustepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	AC-40	80	MMVt MMVt3 MMVe	2804,5 1137,9 1017,2		
			Cuestas en depósitos de ceniza volcánica que recubren parcialmente rocas clásicas limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas ligera a moderadamente inclinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados y erosión hídrica laminar moderada	Bien drenados- moderadamente profundos- limitados por capas rocosas continuas y coherentes	Consociación	Lithic Hapludands- familia medial- isomésica	AC-90	75	MMTd2	2982,8		
			Glacis coluvial en depósitos clásicos hidrograviogénicos	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Moderadamente bien drenados- moderadamente profundos y de texturas finas a moderadamente gruesas	Consociación	Typic Haplustalfs- familia franca fina- mezclada- isomésica	CC-174	90	MMKd MMKc	891,4 554,1		
			Lomas en rocas clásicas limo arcillosas	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien drenados- de texturas medias a moderadamente finas y de evolución baja	Consociación	Humic Dystrudepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	CC-230	80	MMCd MMCe2 MMCe	4460,8 37,5 21,9		
		Planicie aluvial	Plano de inundación en sedimentos clásicos hidrogénicos	Sobrevega	Áreas planas- afectadas frecuentemente por encharcamientos e inundaciones	Muy potbremente drenados- de texturas finas a través de todo el perfil y muy superficiales- limitados por nivel freático fluctuante	Consociación	Aeric Epiaquepts- familia fina- mezclada- isomésica	AC-14	80	RMOa	0,2		
			Terrazas en depósitos clásicos hidrogénicos	Plano de terraza	Áreas planas- afectadas en sectores muy aislados por encharcamiento poco frecuentes	Moderadamente bien drenados- profundos y de texturas finas	Consociación	Humic Dystrustepts- familia fina- mezclada- isomésica	CU-132	90	RMRa	2681,1		
EMBALSE/CUERPO DE AGUA												834,0		
ZONA URBANA												326,3		
Total Río Neusa												44735,0		

2.6 Cuenca hidrográfica y el recurso hídrico.

En esta investigación hemos asumido el agua, no como un elemento natural, sino como un recurso natural; Puede que para muchas personas estos dos conceptos no se diferencien uno del otro de manera significativa, pero al realizar un análisis a fondo, encontramos que un elemento natural se refiere a un elemento infinito por estar inmerso dentro de un ciclo geológico, en nuestro caso el ciclo de agua, el cual explica la naturaleza y esencia de la existencia del agua en el planeta ya que es considerado como el movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de esorrentía superficial y subterránea”; es decir, que es el proceso global por el cual se considera al agua un recurso natural renovable, debido a que en esa circulación espontánea y continua el líquido vital se purifica y retorna temporalmente a sus fuentes⁶; en este ciclo, el agua se presenta en dos formas fundamentales: Como almacenamiento o como transferencia, en continuo movimiento.

Los recursos naturales por el contrario se consideran finitos, por estar ligados a la capacidad social tecnológica y económica del ser humano para hacer uso de ellos y para garantizar su recirculación y presencia en la naturaleza, en términos de calidad y de cantidad; Es decir que cuando el ser humano decide hacer uso del agua en su estado natural, para satisfacer sus necesidades, esta pasa de ser un elemento natural para convertirse en recurso natural, este ultimo relacionado directamente con el uso y a su vez con una afectación al medio ambiente dependiendo si es un uso consuntivo o no consuntivo.

2.6.1 Calidad de agua del Río Neusa

La calidad del agua se refiere a la aptitud que presenta este recurso natural para ser aprovechado, sin restricción, en la satisfacción de las múltiples necesidades humanas; Por lo que resulta ser un término relativo, que se refiere a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas; Por esta razón al evaluar la calidad del agua

⁶ Sánchez; San Román (2001)

es preciso hacer referencia al uso para el cual el agua va a ser destinada.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. Estos estándares de calidad y límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son reguladas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S) la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S), y en Colombia por las autoridades ambientales basándose en estudios realizados nacional e internacionalmente.

El Río Neusa, constituye el principal curso de agua a lo largo de la cuenca y a su vez una reserva de agua de gran importancia para los diferentes municipios que constituyen la cuenca ya que proporciona agua para usos agrícola, pecuarios, recreativos, entre otros; Por lo cual se analizarán parámetros básicos para evaluar la calidad del agua del Río y comparar los resultados obtenidos, con los límites vigentes en las normas ambientales colombianas.

2.6.2 Índice de calidad de agua (ICA)

Los índices de calidad de agua son valores resultan bastante apropiados al momento de analizar el nivel de calidad de agua en la cuenca del Río Neusa, ya que en un solo valor integra varios parámetros biológicos, físicos y químicos. (Universidad JTL 2001). Subcuenca Río Neusa.doc

El índice de calidad de agua (ICA) con el que trabajaremos en la presente investigación, fue desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), agrupa 9 parámetros, que se presentan a continuación:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)

- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (en porcentaje de saturación)

Estos parámetros son analizados y según el resultado, para condiciones óptimas de calidad se atribuye un valor máximo de 100, el cual disminuye conforme aumenta la contaminación del cuerpo de agua superficial, obteniendo la clasificación que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3: Interpretación del Índice de calidad del agua (ICA). Fuente: UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO. Postgrado Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos. Guías Metodológicas para Evaluación de Proyectos. Bogotá 2001.

Clasificación	Valor	Interpretación
Excelente	91 – 100	Permite desarrollo de vida acuática
Buena	71 – 90	Permite desarrollo de vida acuática
Media	51 – 70	Limita desarrollo de vida acuática
Mala	26 – 50	Dificulta el desarrollo de vida acuática
Muy mala	0 – 25	No permite el desarrollo de vida acuática

2.6.3 Índice de escasez de agua

Como se expuso anteriormente el agua, además de su valioso papel como elemento de consumo y bienestar de los seres vivos, actúa como materia prima o medio de producción de los distintos sectores socioeconómicos, por ello es importante contar con un indicador de estado que refleje no solo la magnitud de la oferta de agua disponible en las distintas unidades hidrológicas sino también la relación de esta oferta con la demanda de agua existente en las distintas fuentes abastecedoras.

En calidad de este indicador resulta natural utilizar la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades socioeconómicas y la oferta hídrica

disponible en las fuentes abastecedoras. Esta relación es usualmente denominada índice de escasez y en los casos en que la demanda de agua representa más del 20% de la oferta de agua disponible en una región permite activar las señales necesarias para implementar las acciones de gestión del recurso hídrico que permitan el desarrollo sostenible del área en análisis.

La disponibilidad de agua dulce de una unidad, cuenca o región hidrológica se ve afectada por factores naturales y antrópicos. En la mayor parte de la superficie continental la interacción hombre naturaleza no sólo afecta la cantidad del agua disponible, sino que también altera las condiciones de calidad de la misma y de su funcionalidad en un ambiente eco-sistémico. Por ende, en el concepto de oferta de agua es necesario incluir reducciones sobre la disponibilidad total de agua con miras a mantener la funcionalidad ecosistémica de las fuentes abastecedoras de agua. En estos términos el índice de escasez refleja la relación entre la oferta y demanda de agua incluyendo las reducciones necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora.

El índice de escasez puede ser aplicado desde a un simple tramo de río hasta a una cuenca o región hidrológica y sólo la disponibilidad y la calidad de las mediciones hidrológicas determinan sus niveles de precisión y alcance.

En esencia el cálculo más preciso de este índice se realiza en aquellos puntos donde se tienen registros históricos de caudales y se cuenta con la información detallada de la demanda de agua para las actividades socioeconómicas. Esto no impide que el índice sea calculado en aquellos lugares donde se posee escasa información o se carece totalmente de la misma. Para estos sitios son válidos los principios de generalización, regionalización y especialización de información hidrometeorológica, los cuales son avalados por organizaciones internacionales (OMM, UNESCO, etc.) que juegan el papel de autoridad en la estandarización de cálculos para la evaluación del recurso hídrico.

La evaluación del índice de escasez en un ámbito nacional requiere de un sistema de seguimiento hidrológico que provea información en tiempo y espacio sobre la escurrimiento superficial en el territorio de dicha nación. De igual forma es necesario contar con

estadísticas consolidadas sobre la utilización del recurso hídrico superficial por los distintos sectores productivos. La interrelación entre demanda y oferta de agua produce algunas contradicciones conceptuales debido a la diferencia entre los dominios para los cuales se establece una y otra variable. La oferta de agua de una región es una variable netamente hidrológica que se establece para cuencas, dado que estas entidades geográficas conforman un dominio espacial que controla los flujos de masa y energía que son activados por la interacción suelo – cobertura vegetal – relieve – atmósfera – noosfera, a su vez la demanda de agua es una variable socioeconómica que se define para los ámbitos administrativos de la noosfera (municipios, departamentos, corredores económicos e industriales, etc.). Esta contradicción es conciliable mediante la aplicación de las técnicas de generalización, regionalización e interpolación aplicadas en los cálculos hidrológicos.

Esto significa que además de interpretar a una corriente como fuente de agua para el consumo humano y abastecimiento de las actividades productivas, es necesario tener presente que como mínimo en la fuente debe quedar un remanente de agua capaz de garantizar las características de los caudales mínimos históricos y de abastecer la protección de las fuentes frágiles o vulnerables. Por lo anterior se distinguen dos conceptos de oferta: a) oferta total que refleja toda el agua que circula por la fuente abastecedora y b) oferta neta que define la cantidad de agua que ofrece la fuente luego de haber tomado en cuenta la cantidad de agua que debe quedar en ella para efectos de mantener la dinámica de aguas bajas (de estiaje o caudales mínimos) y para proteger las fuentes frágiles.

2.6.3.1 Dominio espacial y temporal del índice de escasez

Ya que el índice de escasez como indicador para la gestión del recurso hídrico puede ser implementado en una diversa gama de dominios espaciales, desde al tramo de un río, a una cuenca, a una región hidrológica e incluso al territorio de una nación. Este índice será calculado para cada unidad de suelo de la subcuenca del Río Neusa, definidas previamente ya que en este territorio se puedan valorar todas las entradas y salidas de aguas superficiales a un nivel de detalle más preciso.

El índice de escasez será evaluado para un marco de referencia mensual en concordancia con los objetivos y horizontes temporales de la investigación, la dinámica de la demanda de agua en la cuenca y la información disponible de caudales y regímenes de producción en las diferentes estaciones hidrometeorológicas y climatológicas.

Tomando en cuenta estas definiciones el índice de escasez se establece como la siguiente relación:

$$I_e = \frac{D}{O_n} \times 100\%$$

Donde:⁷

- I_e : Índice de escasez (%)
- D : Demanda de agua Total (m³)
- O_n : Oferta hídrica superficial neta (m³)

2.6.3.1.1 Oferta hídrica superficial neta

Se refiere a aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapo – transpiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Es también llamada esorrentía superficial y su cuantificación se realiza por medio de las redes de seguimiento hidrológico existentes en la cuenca del río Bogotá.

2.6.3.1.2 Demanda de agua

Como el país no cuenta con un sistema de información continua y sectorial de uso del agua, ni ha contabilizado históricamente el agua usada de fuentes superficiales y

⁷ Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*. 2004



subterráneas, el volumen de agua usada para el desarrollo de actividades socioeconómicas, será el resultado de las mediciones efectuadas en campo a través de entrevistas y las que hayan sido reportadas a las instituciones relacionadas y autoridades ambientales regionales.

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

2.6.3.2 Escala de valoración del índice de escasez

Se registra escasez de agua cuando la cantidad de agua tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y las de las demandas potenciales. La práctica mundial en la gestión del agua ha permitido determinar los umbrales críticos de presión sobre el recurso hídrico, teniendo de esta manera las siguientes categorías del índice de escasez.

Tabla 4: Categorías del índice de escasez de agua

Categoría del Índice de escasez	Porcentaje de la oferta hídrica utilizada	Color	Explicación
Alto	> 40%		Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda.
Medio	20 - 40%		Es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda. Se deben asignar prioridades a los distintos usos y prestar atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia.

Moderado	10 – 20%		Indica que la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo.
Bajo	< 10%		No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico.

2.6.4 Balance hídrico general

El balance Hídrico se refiere a la cuantificación de recursos hídricos que ingresan al un sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado y es calculado a partir de la ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, que es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de mediciones directas en campo y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca.⁸

Para simplificar estas dificultades se supone que las pérdidas profundas son despreciables (se considera, por tanto, que la cuenca es impermeable) y que las variaciones del agua almacenada en la cuenca son despreciables para un período suficientemente largo (normalmente un año).

El estudio del balance Hídrico es fundamental en el estudio de cuencas hidrográficas ya que por medio de este es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre; es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de los mismos; por ejemplo: trasvases de cuencas, control de máximas crecidas, etc. ; ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos ; Con los datos del balance hídrico es posible comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo, y establecer el grado de su influencia en las variaciones del régimen

⁸ García I, Martínez Otero A, Vídriales Chan G. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO PIXQUIAC. Fondo Mexicano para la Conservación de La Naturaleza, A.C. (FMCN).

natural y finalmente, el conocimiento del balance hídrico permite una evaluación indirecta de cualquier componente desconocido dentro de él, por diferencia entre los componentes con dos conocidos; por ejemplo, la evaporación a largo plazo, en una cuenca de un río, puede calcularse por diferencia entre la precipitación y el caudal.⁹

2.6.4.1 Calculo del balance hídrico

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural, no es más que la conservación de masa en el sistema e 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 de la siguiente manera:

$$BH = Entradas + Almacenamiento + Salidas$$

2.6.4.1.1 Entradas

La entrada de agua principal en la cuenca, la constituye **la precipitación**, que aporta agua en forma de lluvia o granizo; La precipitación se distribuye a lo largo de la cuenca como escorrentía superficial, evaporación, infiltración a las zonas saturadas del suelo, se almacena en los lagos o embalses y percola a las zonas no saturadas aportando finalmente al caudal del río, como se observa en el siguiente gráfico.

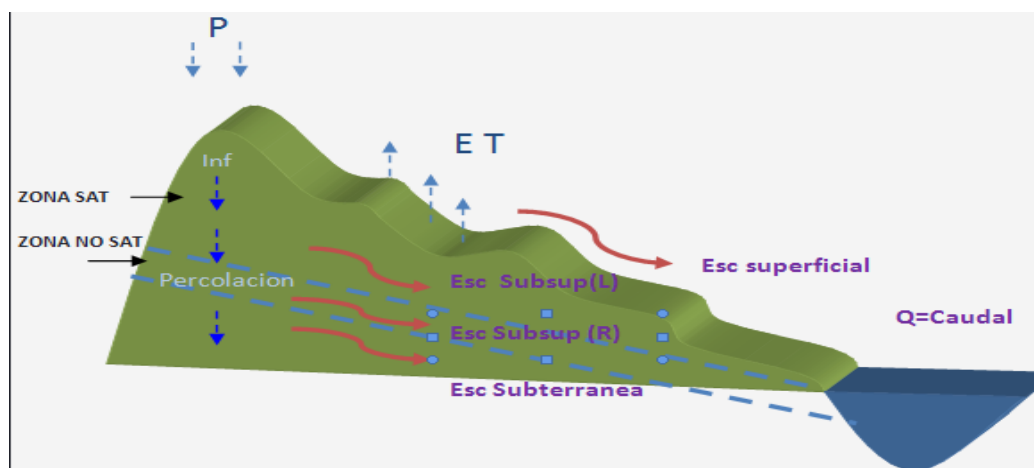


Gráfico 1. Flujo de agua en la cuenca. Fuente: Rubén Darío Londoño, Apuntes de

⁹ Guía internacional de investigación y métodos. *Métodos de cálculo del balance hídrico*. Instituto de hidrología de España / u n e s c o

clase cuencas hidrográficas.

La medida de la precipitación se realiza a través de pluviómetros en las diferentes estaciones meteorológicas con las que cuenta el país, en donde se analiza la cantidad, intensidad y duración de la precipitación sobre una base espacial y temporal.

2.6.4.1.1.1 Relaciones precipitación - escorrentía

Cuando se produce la lluvia sobre la superficie de la tierra puede seguir diferentes rutas dependiendo de la topografía y de las condiciones del suelo y su humedad. Si hay depresiones en la superficie, estas son apropiadas para llenarse rápidamente en una tormenta. Si la lluvia se convierte en escorrentía o en infiltración depende principalmente de dos factores:

- La pendiente del terreno
- La capacidad de infiltración.

En zonas de pendiente pronunciada, es más probable que se produzca escorrentía superficial, mientras que la infiltración queda en segundo lugar. En zonas más alejadas de ríos y cauces y donde el gradiente del terreno no es pronunciado, la infiltración puede ser el mecanismo primario y la escorrentía es secundaria.¹⁰

2.6.4.1.2 Almacenamiento

La principal fuente de almacenamiento de agua en la Subcuenca es el embalse del Neusa localizado en el municipio de Tausa, Departamento de Cundinamarca, a 25 kilómetros de Zipaquirá, sobre la carretera que conduce a Tausa la Vieja, a 9 km de la carretera Zipaquirá-Ubaté. Las coordenadas geográficas del embalse son 05° 09' N y 73° 59' E.

El objetivo de la construcción de un embalse fue la generación de energía eléctrica para

¹⁰ Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías, y sistemas de control, ed., Mc Graw Hill

los municipios de Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá y las salinas de Zipaquirá. Posteriormente, la Concesión Salinas del Banco de la República decidió adelantar un proyecto de aprovechamiento múltiple, que comprendía el abastecimiento de agua para Bogotá, Zipaquirá y municipios vecinos; regulación del Río Bogotá y la generación de energía, propósito que fue posteriormente descartado.

Los estudios del embalse comenzaron en agosto de 1948; La construcción de las obras en 1949 y finalizando en los primeros meses de 1952. Tanto los estudios como la construcción fueron ejecutados por la firma norteamericana Winston Brothers & Company.

En la actualidad Municipio de Zipaquirá depende del embalse y del Río Neusa como fuentes superficiales para el abastecimiento de agua del sistema de acueducto del municipio. Así como, el acueducto regional de Zipaquirá, Cogua y Nemocón lo que permite que la ordenación conjunta de esta Subcuenca genere propuestas de manejo integral intermunicipal.

El objeto del embalse del Neusa es servir como fuente de abastecimiento para consumo humano, en el acueducto Cogua-Zipaquirá y suplir un porcentaje de la demanda en la planta Tibitoc. También cumple la función de controlar las inundaciones en la Sabana de Bogotá, mediante el control de los caudales máximos en la cuenca del Río Neusa y regularlos durante la temporada seca.

2.6.4.1.2.1 Información técnica del embalse

- **Presa:** Tiene una altura de 46.5 metros (cota de la corona 2977.5 msnm), un túnel de desviación de 338.0 m de longitud con sección de herradura de 5.25 m², con una capacidad de descarga máxima de 16.1 m³/s. El vertedero es un canal abierto revestido en concreto de 200 m de longitud, con una capacidad de 133 m³/s, localizado en la margen derecha, sobre la cota 2,975 msnm la descarga es controlado por tres compuertas de 2.5 metros de altura. Para el control del comportamiento de la presa y sus estribos, desde el punto de vista filtraciones, se instalaron 15 piezómetros de tubo abierto, distribuidos en el área del rebosadero,

la cresta y el espaldón de aguas abajo de la presa.

- **Datos básicos del embalse:** La capacidad originalmente definida del embalse es de 102 millones de m³ a la cota máxima de aguas de 2,974.50 msnm. Tiene una longitud de 7.5 Km. y un ancho máximo de 1.8 Km. La bocatoma de descarga es una torre de 41.5 metros de altura, con capacidad de descarga de 16 m³/s, con sistema de operación mecánica y eléctrica, una de mariposa y otra de chorro.

Con base en la nueva batimetría del embalse en el 2004, se halló un incremento del 14.1% con respecto a los cálculos de su capacidad original. Este volumen va entre la cota 2950.0 msnm (nivel de mínima operación), a la 2974.5 msnm (nivel de máxima operación). Igualmente, el embalse muerto, por debajo de la cota de mínima operación, fue de 0.70 millones de m³. Esta diferencia obedece a probables errores por los métodos empleados hace 53 años.

Tabla 5: Datos básicos del embalse del Neusa. Fuente: C.A.R Cundinamarca.

<i>Dato embalse</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor original</i>	<i>Batimetría 2004</i>
Capacidad total	m ³	103'000.000	117'480.000
Volumen útil	m ³	102'300.000	116'780.000
Volumen muerto	m ³	700.000	700.000
Área	Ha	955	1027.5

2.6.4.1.3 Salidas

La evaporación es el proceso por el cual el agua vuelve a la atmosfera, desde el estado líquido o solido hasta el estado de vapor. También se produce transpiración hacia la atmosfera través de las partes de las hojas en las plantas y árboles; Como estos procesos se encuentran interrelacionados, el término que se utiliza para definirlo es Evapotranspiración y es considerada como una de las salidas del sistema para el cálculo del balance. Existen tres tipos de evaporación-Evapotranspiración:

- *Evaporación desde la superficie de un lago (Eo)*, el cual es un parámetro dinámico,

ya que varía para cada tipo de superficie, dependiendo del estado actual de humedad del suelo.

- *Evapotranspiración real (ETR)* que incluye la evaporación y transpiración desde la superficie terrestre, ya sea vegetal o de otro tipo, por lo que depende también de la saturación y tipo de suelo y se convierte en un parámetro muy difícil de calcular, en un esfuerzo por simplificar este término se introdujo la evapotranspiración potencial.¹¹
- *Evapotranspiración potencial (ETP)* se refiere a la transpiración de una matriz de suelo cuando su humedad se mantiene constante a capacidad de campo

En el presente estudio se determinó la ETP a partir del método de Thornthwaite en base al Estudio comparativo de formulas de evapotranspiración en Colombia del Instituto colombiano de Hidrología meteorología y adecuación de tierras HIMAT en 1985¹² de acuerdo a la siguiente metodología:

Basándose en las observaciones lisimétricas y pérdida de agua en cuencas Thornthwaite desarrollo la siguiente fórmula Modificada:

$$ETP = 0.53 (10T/I)^2$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración media diaria sin ajustar

T = Temperatura media mensual en grados Celsius

I = Índice calórico anual que se obtiene por la suma de los doce índices calóricos mensuales; cada índice mensual (i) está dado a su vez por:

$$I = (T / 5)^{1.514}$$

Este método por fundamentarse solo en la temperatura para el cálculo de la ETP resulta muy adecuado para aéreas donde la información climatológica es limitante. Como es el

¹¹ Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías, y sistemas de control, ed., Mc Graw Hill

¹² Instituto colombiano de Hidrología meteorología y adecuación de tierras HIMAT. *Estudio comparativo de formulas de evapotranspiración en Colombia*.1985

caso de nuestra área de estudio, además este método también resulta conveniente debido a la correlación existente entre la temperatura y la radiación solar en dicha área.

2.6.5 Balance hídrico climático

Este balance nos permite identificar épocas en las cuales la cuenca presenta deficiencias Hídricas o excesos, ya que la variabilidad Interanual del clima, afecta el almacenamiento de agua en la cuenca y al tener un conocimiento y cuantificación de estos datos , es posible realizar una planeación adecuada del manejo de los recursos hídricos dentro de la misma a través de posibles obras de riego y drenaje, también sirve como base para la clasificación climática y agroclimática de la cuenca hidrográfica.

2.6.6 Balance hídrico agrícola

Los cultivos consumen agua de acuerdo con el clima, la especie y su estado de desarrollo. Tan solo una mínima parte del agua obtenida del suelo se usa para la formación de la biomasa; casi toda se transfiere a la atmosfera a través de la evaporación y de la transpiración potencial.

En condiciones naturales el agua disponible para la evapotranspiración o uso consuntivo, está limitada a la precipitación efectiva. Es decir, aquella fracción de la lluvia que queda almacenada en el suelo para uso posterior por la vegetación.

El agua del suelo o humedad edáfica pasa al sistema vascular osmóticamente a través de las raíces; se usa en la fotosíntesis y es transpirada a la atmosfera por las estomas del follaje.

A medida que la humedad edáfica disminuye, su tensión aumenta y cada vez su extracción exige mayor esfuerzo fisiológico para atender el uso consuntivo. Si la humedad del suelo no se reemplaza oportunamente la vegetación se marchita y muere.

La irrigación es una agrotécnica para mantener los niveles de humedad en el suelo dentro del rango optimo para la producción vegetal, por lo tanto, será necesario regar cuando la

precipitación efectiva es menor que el uso consuntivo, o sea, cuando la humedad disponible no es suficiente para satisfacer la demanda de agua de los cultivos.

El uso consuntivo se ha estimado a partir de la evapotranspiración potencial afectada por los coeficientes “K” de uso consuntivo asignados a cada cultivo de acuerdo con su ciclo vegetativo.

El balance hídrico agrícola busca determinar los periodos durante los cuales la precipitación excede la evapotranspiración , ya que este es uno de los factores más útiles en la determinación de las posibilidades agrícolas en una zona. Este criterio se relaciona, desde luego con la lluvia que se produce en la zona y el conocimiento preciso de la duración del periodo o periodos con suficiente agua disponible para los cultivos que se determina a partir del balance hídrico, teniendo en cuenta además la lluvia, la evapotranspiración y el almacenamiento del agua.

Este balance es ampliamente utilizado en la agricultura de secano, para ajustar el periodo vegetativo de los cultivos, al periodo de agua disponible en el suelo y así tener un mejor aprovechamiento del recurso hídrico en los cultivos.¹³

¹³ Instituto colombiano de Hidrología meteorología y adecuación de tierras himat. *Conceptos básicos y métodos de cálculo del balance hídrico* Bogotá. 1987.

3. MARCO CONCEPTUAL

Aridez: Condición climática permanente con muy baja precipitación anual o estacional

Anisotropía: propiedad general de la materia según la cual determinadas propiedades físicas, tales como: elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, etc. varían según la dirección en que son examinadas. Las relaciones *anisótropicas* en nuestro caso podrán presentar diferentes características según la dirección.

Balance hídrico: Se refiere al equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al un sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

Balance hídrico general de una cuenca Hidrográfica: Disponibilidad actual de agua en las varias posiciones que esta puede asumir, como por ejemplo: volumen de agua circulando en los ríos, arroyos y canales; volumen de agua almacenado en lagos, naturales y artificiales; en pantanos; humedad del suelo; agua contenida en los tejidos de los seres vivos; todo lo cual puede definirse también como la disponibilidad hídrica de la cuenca.

Cuenca Hidrográfica: Unidad de territorio donde las aguas fluyen naturalmente conformando un sistema interconectado, en el cual interactúan aspectos biofísicos, socioeconómicos y culturales.

Demanda de agua: La demanda de agua es la necesidad real de agua según las prácticas de uso del agua actuales (es decir, según las técnicas de irrigación, eficacia del sistema, política de precios del agua, prácticas culturales actuales, estándares de vida, etc.). Viene determinada por las necesidades de las actividades de los usuarios.

Demanda Consuntiva: Fracción de la demanda de agua que no se devuelve al medio hídrico después de su uso, siendo consumida por las actividades de descarga al mar o evaporada. Incluye parte de demanda urbana, irrigación y las demandas de agua industriales.

Demanda futura de agua: Se evalúa en base a escenarios futuros de política hidráulica, establecidos sobre modelos de precisión de cambios demográficos, socio-económicos y culturales.

Demanda no consuntiva: Fracción de la demanda de agua que se devuelve al medio hídrico sin alteración significativa de su calidad. Incluye la generación hidroeléctrica, sistemas de refrigeración, agricultura, efluentes domésticos, retornos de riego y caudales medioambientales. La demanda de agua no consuntiva condiciona fuertemente y limita el suministro de los usos consuntivos, pues precisa estar disponible en el tiempo y en el espacio con la calidad apropiada.

Demarcación hidrográfica: La zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas, designada como principal unidad a efectos de la gestión de las cuencas hidrográficas

Eficiencia de uso: La eficiencia de uso del agua es el porcentaje de agua que realmente se utiliza del volumen total derivado o extraído.

Escasez: Situación permanente de disminución de agua con referencia a la demanda de agua en un sistema de suministro o una región grande, caracterizada por un clima árido y/o un crecimiento rápido de las demandas de aguas consuntivas.

Escasez de agua: Se refiere a la escasez relativa de agua en un sistema de suministro de agua que puede llevar a las restricciones en el consumo. La escasez representa la magnitud en la que la demanda excede los recursos disponibles, que puede estar causada por la sequia o por la acción humana: como el crecimiento de la población, mal uso del recurso o acceso injusto. A escala nacional, el índice de escasez de agua se expresa en unidades de metro cubico per cápita por año. Cuanto mayor es el valor del indicador, tanto mayor es la escasez. La mayoría de los países mediterráneos están enfrentados a situaciones de escasez de agua.

Evapotranspiración: Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

Módulos de consumo de agua: Consumos básicos por parte de la población en función de los diferentes usos del agua: Domestico, pecuario, riego, industrial, institucional y recreativo.

Ordenación de una cuenca: Proceso de planificación permanente, sistemático, previsorio e integral adelantado por el conjunto de actores que interactúan en y con el territorio de una cuenca, conducente al uso y manejo de los recursos naturales de una cuenca, de manera que se mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social u económico de tales recursos y la conservación de la estructura y de la función físico biótica de la cuenca.

Perfil Ambiental: Estudio del estado actual de los recursos naturales y el medio ambiente, basado en el análisis de la evolución natural y/o de su uso y aprovechamiento por parte de sociedades humanas.

Recursos Hídricos naturales: Los recursos de agua totales que fluyen en los ríos y acuíferos en un intervalo de tiempo (generalmente un año) como representación del promedio o calor correspondiente a una probabilidad dada

Reseña: Artículo o escrito breve, generalmente de una publicación, en que se describe de forma sucinta a una noticia, un trabajo literario, científico, etc.

Sistema de suministro de agua: Está integrado por el conjunto de medios para la derivación, almacenamiento, transporte y distribuciones agua, así como por las unidades de demanda de agua para usos urbanos, agrícolas, industriales, energéticos, etc.

Sistema de información geográfica: integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión

Subcuenca: La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos, hacia un determinado punto de curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos)

4. METODOLOGÍA

La presente investigación utilizara una metodología de tipo cuali-cuantitativa, en coherencia con los objetivos y etapas de la misma. Se utilizara el diseño metodológico descriptivo, el cual se detalla en las distintas fases y etapas del proceso investigativo que se describen a continuación:

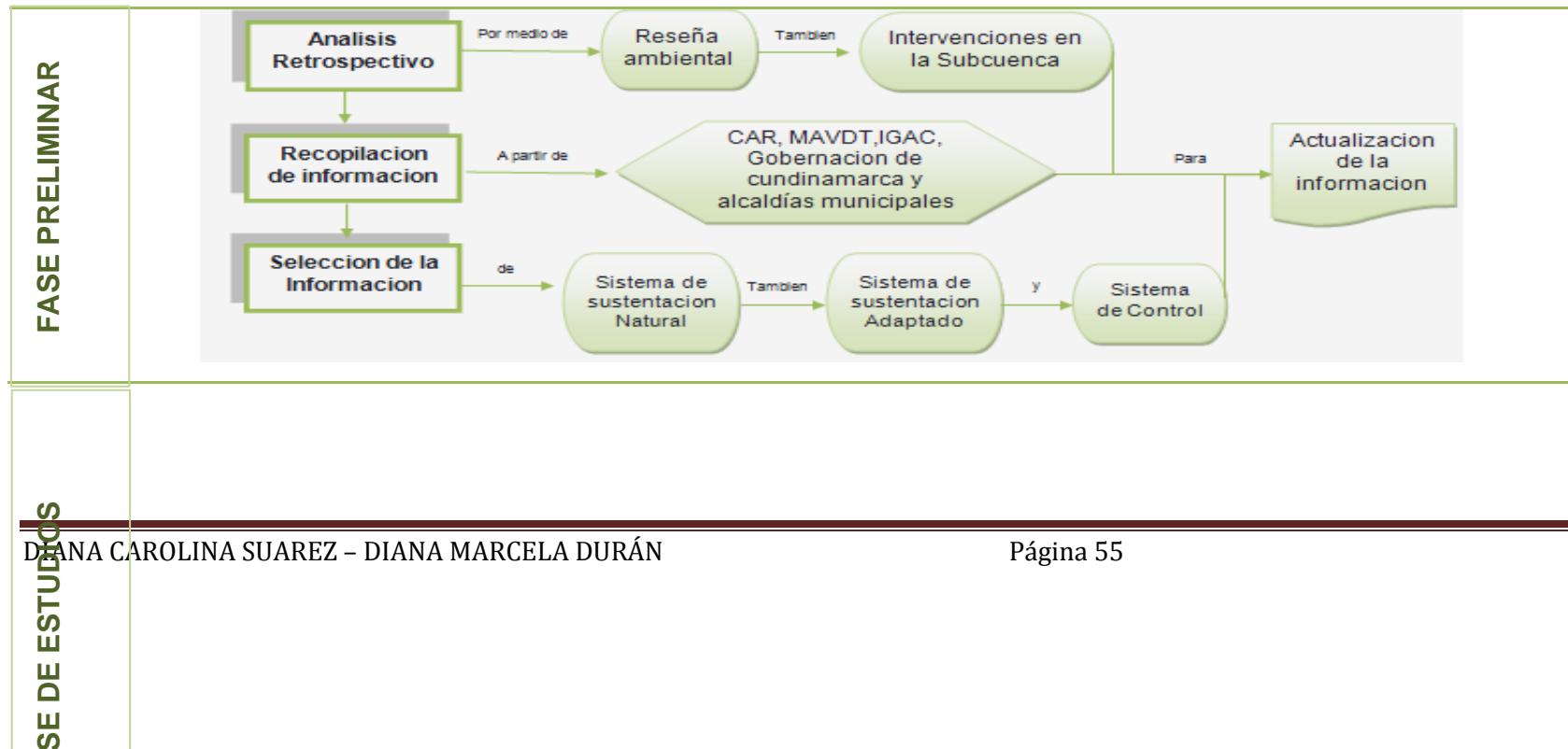
DESCRIPCIÓN	
<p>FASE</p> <p>PRELIMINAR</p>	<p>Durante la fase preliminar se propone un primer acercamiento a la Subcuenca del Río Neusa y sus aspectos ambientales, con el fin de lograr un análisis retrospectivo de la misma y para lo cual se estudio la subcuenca como un gran sistema que involucra elementos naturales e intervenciones realizadas por el hombre a estos elementos . El resultado es el sistema de sustentación natural y adaptado que logro ser identificado y definido en esta fase así como las áreas de gran problemática en el manejo de los recursos naturales especialmente el recurso hídrico.</p> <p>En esta etapa se realizo además un análisis retrospectivo de la subcuenca Río Neusa, para lo cual fue necesario recopilar y seleccionar información de varias fuentes como Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Gobernación de Cundinamarca, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Alcaldías municipales, Empresas de servicios públicos municipales y Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.</p> <p>Con lo anterior se logra realizar una breve reseña ambiental de la Subcuenca la cual representa una primera base para iniciar el trabajo de tipo cuantitativo y pasar a la siguiente fase de estudios</p> <p>Por último, en el Sistema de control fueron descritas las normas legales vigentes, las autoridades</p>

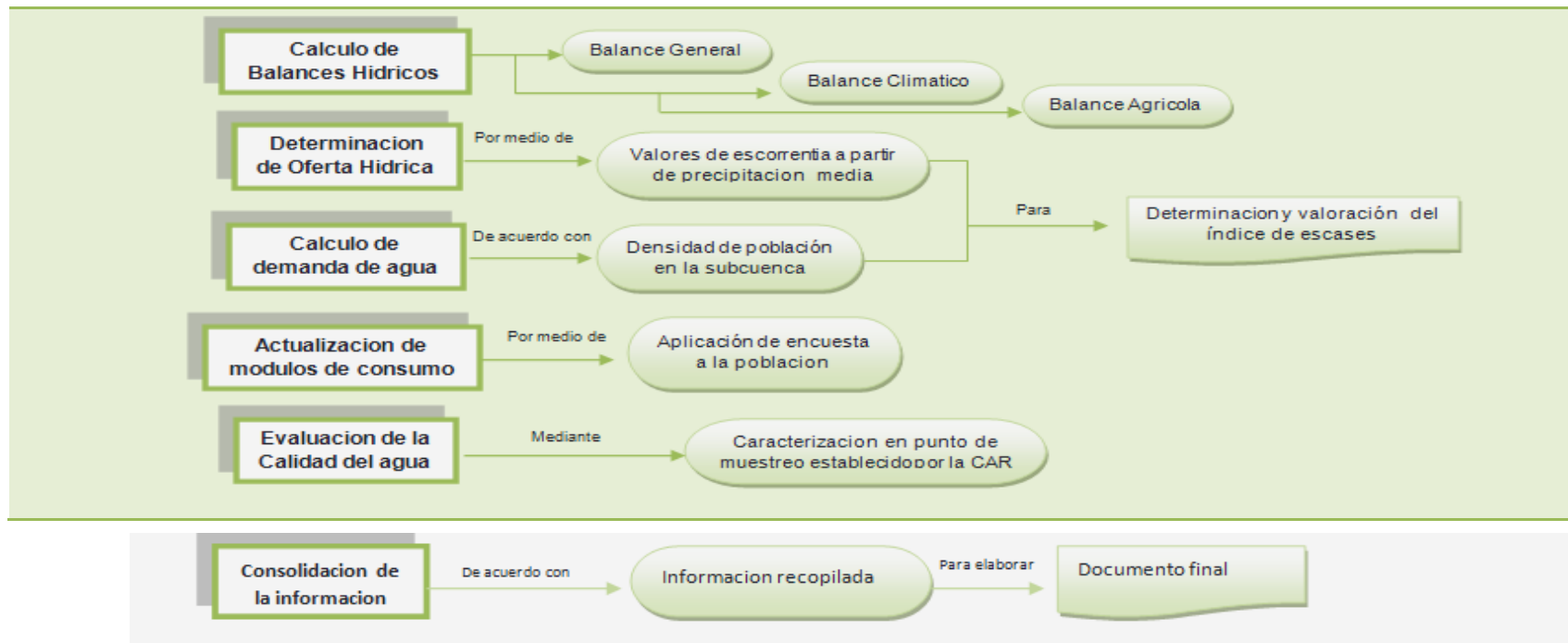
	competentes y las áreas protegidas de la subcuenca.
--	-----------------------------------------------------

FASE DE ESTUDIOS	<p>En esta fase se empleo una metodología de tipo cuantitativa y se utilizaron elementos de recolección, análisis y calculo de datos tales como aplicación de encuestas en campo, calculo de datos como balances hídricos (general, climático y agrícola), calculo de escorrentía superficial utilizando el método de la curva numero, verificación los módulos de consumo establecidos por el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico para las áreas rurales y urbanas de Colombia .Esto con el fin de obtener valores reales para la demanda y oferta hídrica dentro de la cuenca, que finalmente arrojaron el valor del índice de escasez según el cual, la Subcuenca del Río Neusa pudo ser catalogada utilizando una escala de valoración ya propuesta.</p> <p>Finalmente, fue dentro de esta fase, se analizo la evolución de la calidad del agua de la subcuenca Río Alto, para lo que se realizó la caracterización de agua en el punto de muestreo establecido por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) denominado Estación Las Lajas con el fin de comparar resultados con los obtenidos por la Autoridad Ambiental en periodos anteriores.</p>
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FASE DE SÍNTESIS	En esta fase involucra la formulación de un documento conjunto con las características ambientales principales de la Subcuenca del Río Neusa determinadas en las fases anteriores con el fin de establecer bases para el ordenamiento del recurso dentro de la misma.
-------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.1. Diagrama de flujo





5. DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

La información presentada a continuación, fue recopilada y seleccionada de diferentes documentos existentes en las siguientes entidades: Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo Territorial, Ministerio de Minas y energía, Gobernación de Cundinamarca, Instituto geográfico Agustín Codazzi, Departamento de planeación de los municipio de Zipaquirá, Cogua y Nemocón, alcaldías municipales, empresas de servicios públicos municipales, gremios asociativos, centros de investigación y juntas de acción comunal. Se realizó un análisis de contenido de cada uno de los documentos encontrados, con el fin de seleccionar la información más relevante para el desarrollo de la investigación.

5.1. Localización geográfica de la subcuenca del Río Neusa

La Subcuenca del Río Neusa se encuentra en departamento de Cundinamarca limitando al norte con los municipios de San Cayetano, Carmen de Carupa, Sutatausa y Cucunuba; al sur con los municipios de Tocancipá y Zipaquirá; al occidente con los municipios de Pacho y San Cayetano y al oriente con los municipios de Gachancipá y Suesca; Esta a su vez está integrada por los municipios de Cogua y Nemocón incluyendo sus cabeceras municipales; Zipaquirá con parte de sus zonas urbanas y parte de la zona rural de los municipios de Carmen de Carupa, Cucunuba, Gachancipá, Pacho, Sutatausa, Tausa y Tocancipá, como se observa en el siguiente gráfico:

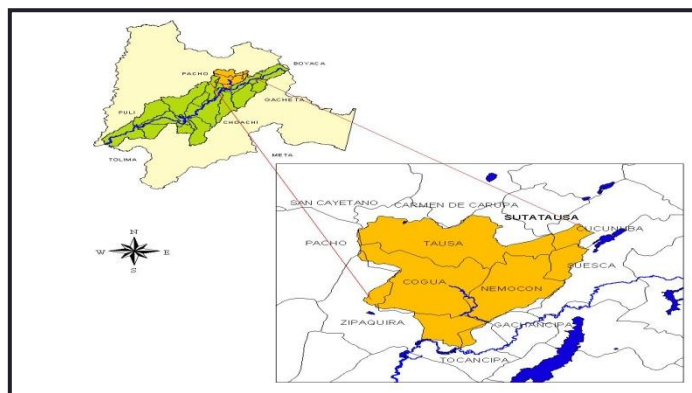


Gráfico 2. Localización de la subcuenca del Río Neusa. Fuente: sig, car, 2005

A continuación se presenta la distribución de los diferentes municipios dentro de la cuenca:

Tabla 6: Distribución territorial dentro de la subcuenca. Fuente: Ecoforest, LTDA

MUNICIPIO	AREA (Ha)			
	Total	Urbana*		Rural
		Continua	Discontinua	
Tausa	14219,32			14219,32
Cogua	12614,98	30,86	41,07	12543,06
Nemocón	9370,08	41,20	44,15	9284,73
Zipaquirá	4355,04	42,65	184,18	4128,21
Suesca	2266,24			2266,24
Cucunuba	1279,50			1279,50
Tocancipa	531,48			531,48
Carmen de carupa	94,34			94,34
Gachancipá	2,05			2,05
Pacho	1,60			1,60
Sutatausa	0,36			0,36

En total, la cuenca del Río Neusa cuenta con un área de 44734,9 hectáreas y el cauce principal, tiene una longitud aproximada de 45,1 Km.

El Río Neusa se origina en el municipio de Cogua en el páramo de Guerrero con el nombre del Río Guandoque y recibe las aguas de diferentes cursos menores, para desembocar en el Río Bogotá. Por otra parte la subcuenca del Río Neusa es alimentada por los ríos Cubillos (Río Salitre y Guandoque) que alimenta el embalse Neusa y el Río Checua (después del Embalse) el cual desemboca finalmente en el Río Bogotá.

El sector del Río Neusa después de recibir las aguas del Río Checua se localizan inundaciones en los periodos de lluvias ocasionadas por la excesiva sedimentación que presenta el río, por el inadecuado manejo de la planicie y la falta de dragado, esta problemática ha generado una disminución del cauce del Río Neusa y a sí mismo de la oferta del servicio para los habitantes de la subcuenca.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el Instituto de Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), son las entidades encargadas de regular y llevar todo tipo de registro a nivel ambiental y climatológico de la zona de la subcuenca.

En la subcuenca no existen actividades industriales que aporten vertimientos representativos que afecten la calidad del agua en cada municipio, sin embargo existen gran cantidad de actividad porcicola y talleres de mecánica automotriz que eleva el nivel de grasas y carga orgánica en el agua.

5.2 Historia de la subcuenca del Río Neusa

A continuación se presenta un recuento histórico de intervenciones realizadas en la cuenca del Río Neusa, ya sean obras, programas o proyecto, en las cuales han participado las Autoridades ambientales que están a cargo de su administración.

Tabla 7: Recuento de obras programas y proyectos realizados en la Subcuenca del Río Neusa. Fuente: Gobernación de Cundinamarca. 1998

FECHA	OBRA, PROGRAMA O PROYECTO
1934-1944	Acueducto antiguo de Zipaquirá construido por la Administración Municipal y la gobernación de Cundinamarca. El agua se tomaba de las fuentes; Quebrada El Tejar, Quebrada de Salinas; la calidad del agua cruda era casi pura.
1944	Por medio del Acuerdo Municipal N° 11 se celebró entre la Personería Municipal y la Secretaria de OO.PP: de la gobernación de Cundinamarca, el contrato para la Construcción de tres (3) etapas del Acueducto urbano de

	Zipaquirá “ Por causa del serio problema en la salubridad Pública, debido a la contaminación de las aguas y deterioro de las redes antiguas fuentes de agua como Quebrada el Borrachero, El Clavel y Laguna de Patanoredondo.
1945	El Acuerdo N° 8 del 12 de Agosto aprueba el Contrato celebrado entre la Personería Municipal, el Gobernador de Cundinamarca y el Banco de la República a nombre de las Salinas Nacionales donde el Banco se Compromete a “Construir y mantener en perfecto funcionamiento una planta de purificación de aguas destinada al consumo humano de la población urbana de Zipaquirá y las dependencias que a juicio del banco se requieran”.
1946	<p>Construcción del tanque de almacenamiento zona Alta, cota 2698 (Esta más baja que la ubicación de barrios como San Juanito). Debido al crecimiento de la población de Zipaquirá y por ende aumento de construcción de barrios, el agua suministrada por el sistema Salinas era insuficiente, por lo tanto se realizaron varios estudios a partir de diferentes fuentes de abastecimiento para construir un nuevo acueducto que fuera administrado directamente por el Municipio, estas fuentes fueron:</p> <p>Río Bogotá: No se aprobó por costos elevados en energía, bombeo y tratamiento.</p> <p>Pantano redondo - El Borrachero - El Clavel: Por el manejo de esta agua bajo la administración de Salinas, se descarto esta alternativa.</p> <p>Río Frío: La utilización de esta fuente hacia los años 30, fue una fuente importante por su caudal y pureza de sus aguas, uso que fue transitorio por la oposición de los habitantes rivereños de Río Frío al traerles disminución preciado liquido en época de verano, afectando el desarrollo agropecuario del sector.</p> <p>Acueducto de Tibitóc: Por ubicación de la Planta de Tibitó en la cota 2.700, no podía llevarse el agua por gravedad, era necesaria una estación intermedia de bombeo.</p> <p>Aprovechamiento de la Quebrada El Tejar: Poco Caudal, costo de construcción y operación muy alto.</p> <p>Al no ver la viabilidad de los anteriores proyectos, se realizó lo siguiente:</p>
1967	Estudio de Factibilidad, para la construcción del Nuevo Acueducto para

	Zipaquirá por parte de la CAR y la Firma HIDROSAN LTDA, este estudio no solo daba solución a los problemas del Acueducto de Zipaquirá y también a los de Cogua y Nemocón
1972	Construcción del sistema de Acueducto Regional Zipaquirá, Cogua Y Nemocón:, por la CAR, de acuerdo con los contratos suscritos en 1971 entre la CAR y los Municipios nombrados anteriormente, donde estos reembolsarían los recursos invertidos en el proyecto aproximadamente 18.8 millones de pesos, Zipaquirá 13.2 millones, Cogua 3,6 millones y Nemocón 2.0 millones. Caudal de diseño: 258 litros/seg. Para atender las poblaciones de Zipaquirá, Cogua y Nemocón se realizaron las siguientes Obras: Captación del Río Neusa, conducción de la planta de tratamiento, (planta floculación, decantación, filtración y desinfección), conducción independiente hasta los tanques de Zipaquirá y Nemocón, de la conducción de Zipaquirá se desprende la conexión al tanque de Cogua. El anterior proyecto no contempló la reparación y rehabilitación de las redes de distribución de cada Municipio, trayendo implicaciones serias en las redes por causa del aumento de presión y caudal. La CAR, manejó el Sistema del Acueducto regional hasta diciembre de 1977, fecha a partir de la cual cada uno de los Municipios asumió la responsabilidad de su operación, administración y mantenimiento. La administración de este acueducto fue cedida a los tres Municipios, así: (El 31 de marzo, se entregó por acta la planta de tratamiento del acueducto regional): Zipaquirá en un 70%,Nemocón en un 19%,Cogua en un 11%.
1978	El Municipio de Zipaquirá, inició la administración del servicio de acueducto, no existió dentro de la administración municipal una dependencia especializada encargada exclusivamente de la prestación de éste servicio, se asignó de la planta de personal ocho cargos para el manejo del servicio pagados por nómina del Municipio (un Inspector, un Auxiliar y seis Obreros).
1984	La operación de la planta de tratamiento regional se ha realizado con personal de los tres municipios, con un gravísimo problema, éste personal no era especializado en tratamiento de aguas además no hubo esfuerzo administrativo, técnico y financiero en el manejo del acueducto, trayendo como consecuencia el deterioro del sistema, afectando las poblaciones atendidas por

	<p>este acueducto regional. La Gobernación de Cundinamarca, a través de la Dirección Departamental de Planeación, elaboró el diagnóstico del manejo de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado en los Municipios de Cundinamarca, entre ellos Zipaquirá, las conclusiones no fueron buenas para el Municipio. El Alto desarrollo residencial, comercial y semi-industrial del Municipio demandaría como abastecimiento de agua tratada o potable y lo que hasta el momento se vería afectado con los dos sistemas que alimentaban el casco urbano y algo del sector rural, presentaban deficiencias.</p>
1986	<p>Los servicios de Acueducto y Alcantarillado antes del primero (1°) de Enero de 1987, se realizaba a través de la Secretaria de Obras Públicas Municipales, los cobros de estos servicios se efectuaban a través de la Tesorería Municipal, para esa época el municipio contaba con 3.800 usuarios, el cobro de los servicios se realizaba teniendo en cuenta el avalúo catastral. El Doctor LUIS HERNANDO GARCIA GONZALEZ, Alcalde Especial, del entonces presentó una exposición de motivos en la cual aducía que el crecimiento físico y demográfico en la ciudad en los últimos años, sorprendió a Zipaquirá con una prestación de servicios públicos con grandes deficiencias debido a diversas causas que claman urgente solución, tal es el caso del servicio de Acueducto. La superación del tiempo de vida útil de la mayor parte de las redes de distribución, el abandono de la Planta de Tratamiento del sistema Regional de abastecimiento y de los tanques de almacenamiento, la no colaboración de los Municipios socios en el tratamiento del agua antes del suministro son algunos de los orígenes del estado de deficiencia a que llegó el sistema de acueducto de la ciudad que se tienen que superar en breve lapso, si se tiene en cuenta que las nuevas exigencias del servicio crecen permanentemente. El proyecto de Acuerdo que se entregó a consideración del Honorable Concejo Municipal, para su estudio sistemático buscaba satisfacer los requerimientos del momento de todos los órdenes. ACUERDO N° 10 (29 de Noviembre de 1986) “ Por medio del cual se adopta el Estatuto General de la Administración Municipal”., en el Capitulo V: de las Entidades Descentralizadas de la Administración. ACUERDO N° 11: (Del 15 Diciembre) “Por medio de la cual se crea la EMPRESA DE ACUEDUCTO Y</p>

	ALCANTARILLADO DE ZIPAQUIRA “E.A.A.Z”. A partir del 1° de enero de 1987, inicia su funcionamiento como empresa comercial del municipio de Zipaquirá, con personería jurídica, autonomía administrativa y capital independiente, ciñéndose a lo dispuesto en el título IX del Decreto 1333 de 1986 y el Acuerdo Municipal N° 10 (1986).
1987	Inicio de labores de la “ E.A.A.Z” fue el comienzo de un gran reto para la clase política para los profesionales (Ingenieros, economistas, contadores) para los técnicos y para la misma comunidad Zipaquireña, en mejorar el servicio público de Acueductos y alcantarillados, superando las nuevas exigencias de desarrollo sostenible. Para alcanzar el objetivo propuesto se debió gestionar la consecución de recursos financieros, técnicos y administrativos, para ello se contó con la participación de los Municipios socios del Acueducto Regional, con la ayuda de la Gobernación de Cundinamarca y el Fondo de Acueducto y alcantarillado Urbano y el fondo de Desarrollo Urbano (FONADE), Planeación Departamental y Nacional, La Banca y Findeter.

6. MORFOLOGÍA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

El estudio morfológico de una cuenca se realiza con el fin de determinar características importantes de forma y comportamientos en el entorno y en el flujo hídrico, que se convierten en base para el análisis de particularidades de la cuenca para la posterior formulación de líneas de manejo con prioridad, relativas a la red hídrica.

Para esto se calculan y analizan Características como:

6.1 Características de forma

6.1.1. Área de la cuenca

Se refiere al área plana sobre una proyección horizontal, incluida dentro de su divisoria de aguas y expresada en (km²).

6.1.2 Perímetro de la cuenca

Longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas expresado en (km).

6.1.3 Longitud del cauce principal

Recorrido total del cauce principal, hasta su desembocadura expresado en (m).

6.1.4 Índice de gravelius:

Relación entre el perímetro de la cuenca (longitud de la divisoria de aguas) y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca, y se expresa según la siguiente relación:

$$G = \frac{P}{2\sqrt{\pi \times A}}$$

Donde:

P = perímetro de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km²)

6.1.4.1 Interpretación del índice de gravelius:

Cuanto más irregular sea una cuenca, el índice de gravelius será mayor; de esta manera , para una cuenca circular $G = 1$ y cuanto más se aleje de este valor será más alargada, como se muestra a continuación:

Tabla 8 : Interpretación del índice de gravelius. Fuente: Campos, 1992

G	Forma
1.00 < 1.25	Redonda
1.25 < 1.50	Ovalada
1.50 < 1.75	Alargada

6.2 Características relacionadas con el relieve

6.2.1 Cota mayor,

Altura a la cual se encuentra la divisoria de aguas.

6.2.2 Cota Menor

Altura a la cual el cauce principal entrega sus aguas al Río Bogotá.

6.2.3 Pendiente media de la subcuenca

Variación de altura por unidad de longitud del fondo del cauce principal, determina el escurrimiento de los canales de agua. Controla la velocidad de la escorrentía superficial y por tanto afecta directamente el tiempo de concentración de la cuenca. Está determinada por:

$$J = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$$

Donde:

H_{\max} = Altura o cota mayor

H_{\min} = Cota menor

L = Longitud del cauce principal

6.2.4 Coeficiente de masividad de Fournier

Relaciona la altura media con el área de la cuenca y es representada por Tga.

$$Tg\alpha = \frac{Hm}{A}$$

Donde:

Hm = Altura media

A= Área de la Cuenca

6.2.5 Coeficiente orográfico de Fournier:

Relaciona los dos parámetros relacionados con el relieve que actúan en los procesos erosivos en una cuenca.

$$C.O = Hm \times Tg\alpha$$

Donde

Hm = Altura media

Tga = Coeficiente de masividad de Fournier

6.2.6 Curva hipsométrica

Representa gráficamente el relieve en la cuenca, se determina en un plano cartesiano relacionando el valor de la cota en ordenadas con el valor del área acumulada en abscisas, se organizan por intervalos, se toma el área entre las curvas de nivel y se asocia el acumulado al intervalo de clase.

6.3 Características relacionadas a la hidrográfica

6.3.1 Densidad de drenaje

Relaciona la infiltración y la escorrentía, y por lo tanto condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. Horton en 1.945, definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de las corrientes de flujo

pertenecientes a la red de drenajes y la superficie de la cuenca, de acuerdo a la siguiente formula.

$$D = \frac{\sum Li}{A}$$

Donde

D = Densidad de drenaje

A = Área de la cuenca

Li = Longitud de Corrientes

6.3.2 Tiempo de concentración

Tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que la totalidad de la cuenca contribuya al drenaje, o en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la divisoria de aguas hasta llegar a la salida de la misma; está íntimamente relacionado con la forma de la cuenca

$$tc = \left(\frac{0,870L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

T_C = Tiempo de concentración (horas)

L = Longitud del cauce principal (Km)

H = Diferencia de elevación entre los límites superior e inferior de la cuenca (m)

Para realizar la caracterización morfométrica de la subcuenca se calcularon las características morfométricas más relevantes Utilizando el programa Argis 9.2 como instrumento de recolección y análisis de los datos presentados a continuación:

Tabla 9: Características morfométricas de la subcuenca del Río Neusa. Fuente: Autoras 2010

CARACTERISTICA	VALOR OBTENIDO
Área de la Cuenca	449,08 Km ²

Perímetro de la Cuenca	117, 25 Km
Longitud del Cauce Principal	45,09 Km
Longitud de todos los cauces	1729,86 Km
Índice de Gravelius	1,5492
Factor de Forma	0,2217
Elevación Media de la Cuenca	3.150 m
Pendiente Media de la Cuenca	5,89 m/Km
Pendiente Media del Cauce Principal	2,66 m/Km
Coeficiente de Masividad de Fournier	7,014
Coeficiente Orográfico	22094,1
Densidad de Drenaje	3,852 Km/ Km ²
Tiempo de Concentración	460,17 min

7. SISTEMA DE SUSTENTACIÓN NATURAL

7.1. Geología

La subcuenca del Río Neusa, se encuentra ubicada en el sector meridional de la Provincia Fisiográfica de la Cordillera Oriental, en este sector afloran rocas sedimentarias de edad Cretácica, Paleógena-Neógena y Cuaternaria, que fueron afectadas por fallas y pliegues producto de la tectónica compresiva que originó el levantamiento de la cordillera.

7.1.2 Geología estructural

Se presentan fallas inversas menores que afectan los flancos de los anticlinales, encontrándose con frecuencia inversión de estratos. Los pliegues sinclinales son amplios y los anticlinales son estrechos y están más afectados por el tectonismo. Las principales estructuras geológicas ubicadas en esta región son:

FALLAS:

1. Falla las Cruces
2. Falla de Guanguita
3. Falla San Pedro
4. Falla de Villapinzón
5. Falla de Chocontá

PLIEGUES

1. Anticlinal de Santa Bárbara
2. Anticlinal de Guanguita
3. Sinclinal de Mochilas Sinclinal de Oguatá

7.1.3 Geomorfología

Algunos de los sistemas morfogénicos de la cuenca se definen a través de la identificación de formas y formaciones correspondientes a la última glaciación, ya que estos sistemas definen espacios en los que a partir del relieve (condicionantes estructurales), del modelado (formas y formaciones relacionadas con la dinámica externa), de las condiciones bioclimáticas y de la ocupación humana de la oferta ambiental, se muestra el funcionamiento actual en términos de los procesos morfogénicos.

A continuación se enumeran las principales formaciones Geológicas encontradas en la subcuenca:

1. Chipaque (Ksch)
2. Grupo Guadalupe (Ksg)
3. Formación arenisca Dura (Ksgd)
4. Formación Plaeners (Ksgpl)
5. Formación Labor y Tierna (Ksglt)
6. Formación Guaduas (KPgu)

7. Formación Cacho (Pgc)
8. Formación Bogotá (Pgb)
9. Formación Regadera (Pgr)
10. Formación Tilatá (NgQt)
11. Depósitos Coluviales (Qc)
12. Depósitos Aluviales (Qal)

7.1.4 Geología económica

En la subcuenca del Río Neusa se encuentran depósitos minerales de arcillas, arenas, gravas y carbón que son explotados para diferentes usos y de los cuales se obtienen algunos beneficios económicos para los municipios que conforman la subcuenca.

- **Materiales de construcción:**

Según el censo minero realizado por INGEOMINAS en el 2001 existen 143 explotaciones de materiales de construcción (principalmente chircales), de las cuales hay activas (129), inactivas (9) y abandonadas (5) . Estas explotaciones de encuentran ubicadas sobre las arcillolitas de las Formaciones Guaduas y Bogotá. En la siguiente tabla se presentan las principales características de las formaciones aprovechables, clasificándolas según el tipo de material de construcción y su uso comercial.

Tabla 10. Características de las formaciones geológicas aprovechables de la subcuenca del Río Neusa.Fuente: Ecoforest LTDA

Formación	Espesor (m)	Material aprovechado	Uso comercial
Arenisca Dura	120-460	Recebo-Triturados	Arenas para construcción y recebo para vías
Plaeners	60-207	Recebo-Triturados	Recebo para vías
Labor y Tierna	200-325	Arena-Arenisca	Arenas para construcción y puntualmente arenas para fabricación de vidrio

Guaduas	205-1200	Arcillas-Arenas	Principalmente arcillas para fabricación de ladrillos
Cacho	50-400	Arena	Arenas para construcción
Bogotá	800-2000	Arcilla	Fabricación de ladrillos
Regadera	360-1800	Arenas	Arena para construcción
Tilatá	70-300	Gravas-Arcilla	Gravas para construcción y arcilla para fabricación de ladrillos
Depósitos Terraza Alta	70-400	Gravas-Arcilla	Gravas para construcción y arcilla para fabricación de ladrillos

- **Carbón**

El potencial carbonífero de la subcuenca del Río Neusa se encuentra en los afloramientos y los subafloramientos de la Formación Guaduas y comprende la zona de Zipaquirá-Neusa en un área de 708ha, la cual posee una reserva de 17 millones de toneladas de carbón, destinados al uso siderúrgico. ¹⁴

7.2 Clima

El estudio del clima en la subcuenca del Río Neusa, es de gran importancia debido a su intervención directa en la evolución de los suelos y el paisaje; Para esto se cuenta con las estaciones climatológicas que brindan información acerca de los diferentes elementos que caracterizan el clima estos elementos, así como las estaciones consultadas para la presente investigación se describen a continuación:

Precipitación: La Subcuenca del Río Neusa presenta valores máximos de precipitación que fluctúan entre los 1.200 a 1.300 mm en la zona occidental y valores mínimos entre 400 y 500 mm en su parte baja, hacia el municipio de Zipaquirá; alrededor del embalse se registran valores del orden de los 800 mm. A 900 mm. La precipitación media es de aproximadamente 900 mm.

¹⁴ Ingeominas (2004).

Temperatura: Las temperaturas más bajas en la subcuenca, se presentan en la parte alta, al nor-occidente en el municipio de Tausa, con valores que fluctúan entre los 6 °C y los 9 °C; Hacia el centro de la subcuenca, en los alrededores del embalse y en las cabeceras del Río Checua, en el municipio de Cucunubá, los valores varían entre los 9 °C y los 12 °C. Finalmente, la parte baja de la subcuenca, en los municipios de Nemocón, Cogua y parte de Zipaquirá, se presentan valores que fluctúan entre los 12 °C y los 15 °C. La temperatura media en la subcuenca, es de aproximadamente 10 °C

Humedad relativa: La humedad relativa media mensual, al igual que la temperatura, presenta una distribución temporal de tipo monomodal, presentando los valores más altos en los meses de abril a agosto, siendo el mes más húmedo julio, con un registro del 84.5% y los valores más bajos, en los meses de diciembre a marzo, siendo enero el que presenta el menor registro, con un valor del 74%. El valor promedio anual es de 78.9%.

Evaporación: Los valores más bajos de evaporación en la subcuenca, se presentan en la parte alta, con registros que fluctúan entre los 700 mm y los 800 mm., en la zona occidental de la subcuenca en los municipios de Tausa, Cogua y un sector de zipaquirá. Los valores más altos se presentan en toda la cuenca media y baja, especialmente en el municipio de Nemocón, con registros de 900 mm. a 1.000 mm. De acuerdo con lo anterior, se puede decir que la evaporación media en la subcuenca, es de aproximadamente 850 mm siendo muy similar a la precipitación media.

Brillo y radiación solar: Los valores más altos de brillo solar se presentan al final del año, en los meses de diciembre en el segundo semestre del año y enero en el primer semestre, siendo este último el que presenta el mayor valor, con un registro de 200 horas. Los valores menores se observan en los meses de junio, julio y agosto, teniéndose el menor valor en el mes de junio, con registro de 82.8 horas.

El valor total anual es de 1619 horas, con un máximo de 1870 horas y un mínimo de 1440 horas.

La radiación solar, presenta una distribución de tipo uniforme a lo largo del año, con valores que varían alrededor de las 425 cal/cm², presentando los valores máximos en el mes de febrero en el primer semestre del año, con un registro de 437.1 cal/cm² y diciembre en el segundo, con un valor de 440 cal/cm². Los menores valores se presentan en los meses de abril a junio, con un registro mínimo en el mes de mayo de 382.7 cal/cm² El valor total anual es de 4.988 cal/cm².

Velocidad y dirección del viento: La velocidad media del viento, presenta una distribución

de tipo monomodal a lo largo del año, con valores que varían alrededor de las 2.2 m/s, presentando los valores más altos en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con un registro máximo en el mes de julio de 2.5 m/s. Los valores más bajos, se observan en los meses de noviembre y diciembre, con un registro de 1.8 m/s. El valor promedio anual es de 2.1 m/s. La dirección predominante del viento es este, a lo largo de todos los meses del año.

Los elementos anteriormente descritos definen el tipo climático predominante en la subcuenca que es de páramo bajo semihúmedo, cubriendo un 40% del área total. También se presenta el clima de tipo frío semihúmedo, que se observa en la cuenca baja y cubre un área cercana al 25%. Y en menor importancia, se encuentran el tipo climático frío semiárido, en el municipio de Nemocón, con un cubrimiento del 25% y el páramo bajo húmedo en las cabeceras de la subcuenca, con un 10%.

Tabla 11. Estaciones Meteorológicas localizadas en la subcuenca Río Neusa.

Fuente: IDEAM, 2009

Nombre de la								
Código	CAT	estación	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud	Elev	Instalación
2120119	PM	LAGUNITAS	BOGOTÁ	TAUSA	5°13'N	73°55'W	3100	15/03/1985

2120088	PG	SALITRE EL - NEUSA	NEUSA	TAUSA	5°11'N	74°0'W	3140	15/04/1985
2120118	PM	GUANQUICA	BOGOTÁ	TAUSA	5°11'N	73°57'W	2950	15/03/1985
2120138	PG	ENCANTO EL	SUTA	TAUSA	5°10'N	73°53'W	3150	15/08/1985
2120169	PG	LADERA GRANDE	CHECUA	TAUSA	5°10'N	73°52'W	2950	15/09/1985
2120633	ME	BARRANCAS	CHECUA	SUESCA	5°10'N	73°50'W	2720	15/12/1985
2120167	PG	HOYO EL - ARRIBA	CHECUA	SUESCA	5°9'N	73°49'W	2780	15/12/1985
2120540	CP	CHACUA- NEMOCON	CHECUA	NEMOCON	5°7'N	73°52'W	2580	15/04/1985

7.3 Hidrología

La subcuenca del Río Neusa, cuenta con información hidrométrica directa, registrada en varias estaciones limnimétricas, localizadas principalmente en las subcuencas de los ríos Neusa, Checua y Barandillas, entre las más importantes se encuentra la estación de Las Lajas, localizada directamente en el Río Neusa inmediatamente aguas arriba de su desembocadura en la cuenca del Río Bogotá y Puente Checua, sobre el río del mismo nombre.

Tabla 12. Estaciones hidrológicas de la subcuenca del Río Neusa. Fuente: CAR, IDEAM y EAAB

Código	CAT	Nombre de la estación	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud	Elev	Instalación
2120852	LG	EMBALSE NEUSA	NEUSA	TAUSA	5°8'N	73°58'W	2977	15/09/1951
2120768	LG	LAJAS LAS	NEUSA	ZIPAQUIRA	5°0'N	73°58'W	2548	15/10/1952
2120728	LM	ACEQUIA EL MOLINO	NEUSA	COGUA	5°4'N	73°56'W	2580	15/02/1946
2120732	LM	PTE CARRETERA NEUS	NEUSA	COGUA	5°5'N	73°57'W	2572	15/02/1946
2120733	LM	ACEQUIA LA QUINTA	NEUSA	COGUA	5°5'N	73°56'W	2582	15/02/1946
2120739	LM	REPRESA NEUSA-VOL	NEUSA	TAUSA	5°8'N	73°58'W	2977	15/09/1951
2120745	LM	REPRESA NEUSA-AFL	NEUSA	TAUSA	5°8'N	73°58'W	2977	15/09/1951
2120783	LM	CANAleta PARSHALL	NEUSA	TAUSA	5°8'N	73°58'W	2977	15/12/1964
2120874	LG	HOYO ARRIBA EL	CHECUA	SUESCA	5°8'N	73°50'W	2650	15/07/1986
2120875	LG	PTE CHECUA	CHECUA	NEMOCON	5°7'N	73°53'W	2600	15/09/1986
2120784	LM	RIO EL	CHECUA	NEMOCON	5°8'N	73°52'W	2588	15/02/1964
2120864	LM	VOLADOR EL	CUBILLOS	TAUSA	5°9'N	73°59'W	3150	15/12/1954
2120918	LG	VOLADOR EL	BOGOTA	COGUA	5°9'N	74°0'W	2650	15/11/1992
2120728	LM	ACEQUIA EL MOLINO	NEUSA	COGUA	5°4'N	73°56'W	2580	15/02/1946
2120785	LM	MOLINO EL	BARANDILLAS	NEMOCON	5°3'N	73°55'W	2580	15/02/1946
2120935	LM	MANZANO EL	SUSUAGA	COGUA	5°3'N	73°59'W	2620	15/06/1946
2120869	LM	PISCICULTURA	ANO CHIQUIT	TAUSA	5°11'N	73°57'W	2990	15/12/1954

La distribución temporal de los caudales es al igual que la de la precipitación, de tipo bimodal, presentando los valores máximos en los meses de abril y mayo, siendo abril el mes con el mayor registro, con un valor de 0.65 m³/s y septiembre, octubre y noviembre en el segundo, con un registro máximo en el mes de octubre de 0.9 m³/s. El período de estiaje se observa a principios del año en los meses de enero a marzo, con un menor valor en el mes de febrero de 0.3 m³/s. En el segundo semestre se observa una disminución de los caudales en los meses de julio y diciembre. En general, el segundo semestre del año presenta valores sensiblemente más altos que el primero. El valor promedio anual es de 0.6 m³/s.

A continuación se presentan los caudales mínimos, máximos y su probabilidad de ocurrencia y el caudal ecológico en el Río Neusa a lo largo del año.

Tabla 13. Valores Característicos Caudales Mínimos (m³/s).

Parámetro	El volador	Río Neusa
Máximo		
Registro	1,50	10,21
Registro 50%	0,24	1,60
Registro 75%	0,15	1,00
Registro 95%	0,06	0,43
Menor registro	0,04	0,31

Se puede observar que el máximo registro para toda la subcuenca corresponde a un valor de 10.21 m³/s y el mínimo es de solo 0.31 m³/s.

Tabla 14. Caudales máximos generados (m³/s). Fuente Ecoforest Ltda.

Período de retorno (años)	2	5	10	20	50	100
LAS LAJAS	13,3	18,9	22,7	26,5	31,5	35,3
Río Neusa	13,7	19,5	23,5	27,4	32,6	36,6

Tabla 15. Caudales mínimos generados (m³/s). Fuente Ecoforest Ltda.

Período de retorno (años)	2	5	10	20	50	100
EL VOLADOR	0,111	0,064	0,043	0,03	0,018	0,011
Río Neusa	0,756	0,434	0,297	0,203	0,12	0,077

7.4 Suelos

La subcuenca del Río Neusa está dominada por un paisaje alomado en una condición climática seca, causada en gran medida por la utilización inadecuada de los suelos, lo que ha deparado en un deterioro total de la vegetación y las condiciones climáticas. Los suelos presentan características variadas, no obstante se destacan por presentar pH moderada a fuertemente ácidos, moderada a alta saturación de aluminio, baja saturación de bases, moderados a bajos contenidos de carbón orgánico, bajos contenidos de fósforo, potasio y calcio. En general, los suelos son de fertilidad moderada.

Desde el punto de vista físico, los suelos presentan texturas moderadamente gruesas y moderadamente finas, estructuras moderadas, densidades aparentes medias en suelos originados a partir de rocas y bajas en aquellos que son producto de la evolución de cenizas volcánicas y una alta susceptibilidad a la erosión hídrica cuando son desprovistos de vegetación.

Taxonómicamente, la subcuenca presenta una dominancia de los suelos del orden inceptisol, de preferencia aquellos desaturados tanto en condiciones climáticas extremadamente frías como frías húmedas y secas, adicionalmente se observan suelos de los ordenes andisol, alfisol y entisol, siendo estos dos últimos los de menor aparición.

En la subcuenca del Río Neusa se identifican veinte unidades cartográficas de suelos conforme al orden definido en la leyenda geomorfo-pedológica que se describen a continuación (*Ver Tabla*)

PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO NEUSA

Tabla 16. Leyenda fisiográfica pedológica subcuenca Río Neusa. Fuente: Gobernación de Cundinamarca, 2009

PROVINCIA FISIOGRÁFICA	UNIDAD CLIMÁTICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE Y MATERIAL LITOLÓGICO	SUBPAISAJE	CARACTERÍSTICAS DE LAS GEOFORMAS	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS Y CONTENIDO PEDOLÓGICO							
							Nombre de la Unidad	Subgrupo	Perfil No.	%	Símbolo	Area (ha)		
Cordillera Oriental o de plegamiento	Extremadamente frío húmedo	Montaña estructural erosional	Artesas en depósitos clásticos glaciogénicos con intercalaciones de rocas limoarcillosas y depósitos orgánicos localizados	Laderas estructurales y erosionales	Laderas moderadamente inclinadas- cubiertas por vegetación de páramo	Bien drenados- de texturas gruesas- superficiales- limitados por fragmentos de roca	Consociación	Typic Dystrocrepts- familia franca- mezclada- isocríca	CU-152	80	MEAc	205,4		
			Espinazos- crestas y escarpes mayores en rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas fuertementes escarpadas- cubiertas por vegetación de páramo	Bien drenados- de texturas gruesas- superficiales- limitados por fragmentos de roca	Consociación	Typic Dystrocrepts- familia franca gruesa- mezclada- isocríca	CU-132	70	MEFe MEFI	1116,3 535,6		
	Muy frío muy húmedo	Montaña estructural erosional	Crestas homoclineales en rocas clásticas limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas fuertemente escarpadas- cubiertas por vegetación de páramo	Excesivamente drenados- superficiales- limitados por contacto con el material parental y de texturas medias a finas	Consociación	Humic Lithic Dystrudepts- familia franca fina- mezclada- isofrígida	CU-107	80	MGSG	225,1		
			Crestones homoclineales rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas moderadamente escarpadas- caracterizadas por frecuente presencia de deslizamientos y erosión hídrica laminar ligera en sectores	Bien a excesivamente drenados- profundos a superficiales limitados por contacto con material rocoso coherente y de grupo textural fino a moderadamente grueso	Consociación	Andic Dystrudepts- familia franca fina- mezclada- isofrígida	CU-126	75	MGFI MGFe	3143,0 2599,6		
			Glacis de acumulación y lomas en depósitos de ceniza volcánica sobre rocas clásticas arenosas- limoarcillosas y conglomeráticas.	Laderas erosionales	Laderas erosionales de pendientes moderadamente inclinadas	Bien drenados- de texturas moderadamente finas a gruesas- profundos a superficiales- limitados por contacto lítico y nivel freático alto.	Consociación	Typic Hapludands- familia medial- isofrígida	CC-284	85	MGTD MGTC	4326,6 259,4		
			Vallecitos coluvio aluviales en depósitos clásticos glaciogénicos	Laderas de acumulación	Laderas cortas y estrechas de vallecitos encajonados- afectadas por crecientes súbitas de los ríos que las drenan y disectan	Pobrememente drenados- muy superficiales (limitados por fragmentos de roca y nivel freático superficial)- de texturas medias y baja evolución	Consociación	Typic Humaquepts- familia franca fina- mezclada- isofrígida	CC-332	80	MGNa	5,8		
		Abanicos aluviales en ceniza volcánica y depósitos clásticos hidrográvicénicos.	Laderas erosionales	Laderas ligeramente inclinadas- con niveles moderados de susceptibilidad a la erosión	Bien a moderadamente bien drenados- de texturas finas a moderadamente gruesas y de evolución baja a moderada	Consociación	Typic Melanudands- familia medial- isomésica	MU-8	70	MLJc	254,3			
		Crestas homoclineales en rocas clásticas limoarcillosas y depósitos de ceniza volcánica	Laderas estructurales y erosionales	Laderas fuertemente escarpadas- caracterizadas por frecuente presencia de deslizamientos y erosión hídrica laminar ligera en sectores	Bien drenados- de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y profundos a superficiales limitados por mantos de roca dura y coherente	Consociación	Typic Eutrudepts- familia franca fina mezclada- isomésica	CC-94	70	MLSG	2419,1			
		Crestones homoclineales rocas clásticas limoarcillosas y depósitos de espesor variable de ceniza volcánica	Laderas estructurales y erosionales	Laderas ligera a moderadamente escarpadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Profundos a superficiales limitados por contacto con el manto rocoso- bien a moderadamente bien drenados y de texturas finas a moderadamente gruesas	Consociación	Humic Lithic Eutrudepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	CC-307	70	MLVI	1084,1			
		Cuestas en depósitos de ceniza volcánica que recubren parcialmente rocas clásticas limoarcillosas	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien a moderadamente bien drenados y profundos a moderadamente profundos- limitados por la presencia de horizontes argílicos	Consociación	Typic Hapludands- familia medial- isomésica	AC-69	85	MLTd	1040,8			
		Glacis coluvial en ceniza volcánica sobre depósitos clásticos grávicénicos y rocas clásticas limoarcillosas	Laderas erosionales	Laderas ligeramente inclinadas afectadas esporádicamente por presencia de pedregosidad superficial	Profundos a moderadamente profundos- bien drenados- de texturas medias a moderadamente gruesas	Consociación	Pachic Melanudands- familia medial isomésica	MU-9	75	MLKc MLKd	896,2 664,9			
		Lomas en rocas clásticas arenosas- limo arcillosas y mantos de espesor variable de ceniza volcánica	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien drenados- de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas- profundos a superficiales (limitados por horizonte argílico) y de evolución baja a moderada.	Consociación	Humic Dystrudepts- familia fina- mezclada- isomésica	CC-226	70	MLCd	2151,2			
	Frío húmedo	Planicie aluvial	Plano de inundación en sedimentos clásticos hidrogénicos	Sobrevega	Áreas planas del valle aluvial- afectadas por periódicas inundaciones y encharcamientos	Profundos a superficiales- bien a pobrememente drenados- de texturas finas a medias	Consociación	Typic Endoquepts- familia franca- mezclada- isomésica	AC-19	80	RLOa	1054,3		
			Terrazas aluviales en depósitos de ceniza volcánica	Plano de terraza	Áreas planas- afectadas en sectores muy aislados por encharcamiento poco frecuentes	Baja a moderadamente evolucionados- de texturas moderadamente finas a través de todo el perfil- muy profundos y bien drenados	Consociación	Pachic Melanudands- familia medial isomésica	AC-8	90	RLQa	5003,8		
		Montaña estructural erosional	Crestones homoclineales rocas clásticas limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas ligera a moderadamente escarpadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien drenados- de textura fina y moderadamente profundos- limitados por contacto lítico	Consociación	Typic Haplustepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	AC-40	80	MMVI MMVa3 MMVe	2804,5 1137,9 1017,2		
			Cuestas en depósitos de ceniza volcánica que recubren parcialmente rocas clásticas limoarcillosas	Laderas estructurales y erosionales	Laderas ligera a moderadamente inclinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados y erosión hídrica laminar moderada	Bien drenados- moderadamente profundos- limitados por capas rocosas continuas y coherentes	Consociación	Lithic Hapludands- familia medial- isomésica	AC-90	75	MMTd2	2982,8		
			Glacis coluvial en depósitos clásticos hidrográvicénicos	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Moderadamente bien drenados- moderadamente profundos y de texturas finas a moderadamente gruesas	Consociación	Typic Haplustalfs- familia franca fina mezclada- isomésica	CC-174	90	MMKd MMKc	891,4 554,1		
			Lomas en rocas clásticas limo arcillosas	Laderas erosionales	Laderas ligeramente empinadas- caracterizadas por frecuentes deslizamientos sectorizados	Bien drenados- de texturas medias a moderadamente finas y de evolución baja	Consociación	Humic Dystrudepts- familia franca fina- mezclada- isomésica	CC-230	80	MMCd MMCa2 MMCa	4460,8 37,5 21,9		
			Planicie aluvial	Plano de inundación en sedimentos clásticos hidrogénicos	Sobrevega	Áreas planas- afectadas frecuentemente por encharcamientos e inundaciones	Muy poíbremente drenados- de texturas finas a través de todo el perfil y muy superficiales- limitados por nivel freático fluctuante	Consociación	Aeric Epiaquepts- familia fina- mezclada- isomésica	AC-14	80	RMOa	0,2	
				Terrazas en depósitos clásticos hidrogénicos	Plano de terraza	Áreas planas- afectadas en sectores muy aislados por encharcamiento poco frecuentes	Moderadamente bien drenados- profundos y de texturas finas	Consociación	Humic Dystrustepts- familia fina- mezclada- isomésica	CU-132	90	RMRa	2681,1	
EMBALSE/CUERPO DE AGUA												834,0		
ZONA URBANA												326,3		
Total Río Neusa												44735,0		

7.5 Vegetación

La subcuenca del Río Neusa se caracteriza por presentar un elevado potencial de nacimientos de agua, especialmente en lo concerniente al Páramo de Guerrero, Laguna Verde y Reserva Forestal de Rodamental.

En la subcuenca Río Neusa, las coberturas vegetales ocupan el 28.5% de la superficie y presentan

la siguiente distribución: Plantaciones forestales: 2752.8 ha., Bosque Secundario: 3372.3 ha., Matorrales de clima frío: 465 ha., Rastrojo: 3509.8 ha. Y Vegetación de Páramo: 2641.4 ha.

En esta subcuenca se identificaron ecosistemas estratégicos relevantes para la conservación tanto de la flora como de la fauna, algunos de ellos ya declarados y otros que por sus características de cobertura vegetal, uso actual e importancia ecológica deberían ser considerados como tales. Dentro de los ecosistemas existentes en esta área se encuentran: Pantano Redondo y nacimiento del río Susaguá, Páramo de Guerrero, Guagua y Laguna Verde; nacimiento de la quebrada La Honda y Calderitas

7.6 Fauna

La riqueza faunística se ve representada por un total de 402 especies las cuales están distribuidas por 310 especies de aves, 47 de mamíferos, 19 de reptiles, 15 de anfibios y 11 de peces; 209 especies necesitan del bosque para su crecimiento y desarrollo, que se ven afectadas por las actividades mineras y de deforestación por lo que es indispensable que los municipios “Sabana Centro” que hacen parte de la subcuenca del Río Neusa posean una fuerte conciencia ambiental y la voluntad política para desarrollar planes que conduzcan a la conservación ecológica de esta área.

- La diversidad de comunidades de los organismos de la subcuenca Neusa es relativamente alta, representada en promedio con 403 especies faunísticas.
- La equiparabilidad de especies del área es de 0.61, relativamente media, mostrando que puede presentarse un dominio entre las especies.

8. SISTEMA DE SUSTENTACIÓN ADAPTADO

8.1. Sistemas de abastecimiento de agua potable

Los servicios de agua, alcantarillado y aseo en los municipios de Cogua Nemocón y Zipaquirá son prestados por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá EAAAZ ESP. El agua es tomada del Río Neusa y llevada por un canal sobre el cual se encuentra la captación en el sector el Manzanal de la vereda Quebrada Honda (Cogua), según datos del Consorcio Essere–Gelver Ayala, 2005.

Los municipios de Tausa, Sutatausa, Cucunubá y Nemocón se integraron en una segunda etapa del proyecto mediante el acueducto de Sucuneta, ubicado en Tausa que abastece a los municipios de Tausa, Sutatausa, Nemocón y Cucunubá. y así mismo en Nemocón se presenta un cubrimiento del 17% en el área rural sobre las veredas de Checua, Patio bonito, Cerro Verde, Casablanca, y Mogua, siendo este acueducto controlado directamente por la parte administrativa de Sucuneta. En el área rural se cuenta con un cubrimiento de acueducto en un 48%.

8.1.1 Acueducto

La totalidad del sector urbano de Cogua, incluyendo el barrio San José, La Granja y algunos sectores veredales, como el de San Antonio en la vereda Rodamontal, Susaguá parte baja, Robayo en la misma vereda y el sector Ojo de Agua en la vereda Neusa, cuentan con servicio de agua tratada del acueducto regional, de acuerdo con el Consorcio ESSERE – Gelver Ayala, 2005.

Cerca del sitio conocido como El Alto de la Cruz, se encuentran construidas las plantas de tratamiento y purificación de aguas de tipo convencional y compacta para el acueducto regional de los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua. El cubrimiento del servicio con agua potable en el sector urbano de Cogua es del 100%, con 1.498 suscriptores. Sin embargo, existen algunos inconvenientes como son la falta de un paso directo para que

se tenga continuidad cuando se hace el proceso de lavado y desinfección de los tanques de almacenamiento y compensación. Se cuenta con una cobertura en micro medición en el casco urbano del 92%. (Anuario de estadísticas de Cundinamarca, 2004).

La planta de tratamiento del Acueducto Regional tiene una capacidad de 233 l/s, de la cual el 19% corresponde a Cogua. Para utilizar esta capacidad, se estudia la ampliación de la capacidad de conducción de este sistema para cubrir la demanda hasta el año 2010. A pesar de contar con buenas coberturas hay deficiencias detectadas en la baja calidad del agua, y necesidad de optimización del gran numero de sistemas de acueducto rurales existentes en Cogua.

Tabla 17. Acueductos veredales municipio de Cogua subcuenca Río Neusa. Fuente: PBOT de Cogua 2000.

Vereda	Sector	Fuente	Caudal (l/s)	Usuarios	Sistema Tratamiento
Rodamontal	San Antonio	Río Neusa		52	Planta
Susagua	Parte baja	Río Neusa		115	Planta
Susagua	Robayo	Río Neusa		21	Planta
Neusa	La Planta	Río Neusa		12	Planta
Neusa	Ojo del Agua	Río Neusa		51	Planta
Rodamontal	Barro Blanco	Q. Honda	3.0	180	No tiene
Rodamontal	Central	Río Susagua	5.5	250	No tiene
Rodamontal	La Chapa	Río Susagua	2.0	50	No tiene
Rodamontal	Parte alta	Q. San Antonio	1.5	90	No tiene
Q. Honda	Q. Honda	Q. Honda	8.0	105	No tiene
Susagua Neusa	El Ático	Q. Honda		220	No tiene
Rincón Santo	Rincón Santo	Q. Honda		230	No tiene
Neusa	Plazuela	Q. Honda		45	No tiene
Neusa	Plazuela	Río Neusa	2.5	168	No tiene

Neusa	El Olivo	Río Neusa	2.5	160	No tiene
Páramo Alto	Escuela	Q. El Rincón	0.3	25	No tiene
Páramo Alto	Blacaino	Q. El Tambor	0.3	27	No tiene
Cardonal	Cardonal	Q Grande	1.5	35	No tiene
Cardonal	Cardonal	El Pantano	0.2	28	No tiene
Cardonal-Patasica	Cardonal	Río Neusa	1.7	228	No tiene
Casa Blanca 1	Casa Blanca	Mina	0.3	35	No tiene
Casa Blanca 2	Rosendales	Nacedero	0.4	35	No tiene
Casa Blanca 3	Buenavista	Nacedero	0.3	40	No tiene
Casa Blanca 4	Pedregal	Nacedero	0.3	35	No tiene
Casa Blanca	Regional	Río Salitre	0.2	25	No tiene
El Mortiño	Mortiño	Río Neusa	3.7	300	
Cardonal	Cardonal	Q. Clavellina	0.3	15	No tiene

El sistema de suministro de agua tratada al Municipio de Nemocón se efectúa desde la planta regional ubicada en el Municipio de Zipaquirá, a través de tubería de 6" y 8" que llegan a un tanque de almacenamiento denominado El Perico, localizado en la parte Noreste del perímetro urbano.

La Planta de tratamiento de agua potable es convencional, realizando los procesos por componentes en dosificadores, mezcla, rápida, floculador, sedimentador, filtros y cloración, la cual opera a 233 l/s; de los cuales al municipio de Nemocón le corresponde hasta del 11%.

El servicio de acueducto se presta al 80% de sus habitantes, el otro 20% no se encuentra cubierto por razones de capacidad de la red y de topografía de mayor altitud que aquella de la planta de potabilización. Durante épocas de verano la cobertura del acueducto se ve disminuida. De acuerdo con la Secretaria de Obras Públicas de Cundinamarca Nemocón cuenta con 1436 usuarios, 1306 cuentan con medición, 1289 están en el área urbana y 147 en el área rural.

Los habitantes de la zona urbana cuentan en su totalidad con el suministro de agua apta para consumo humano, a excepción de los barrios Cogollo y Divino Niño donde, según los usuarios, la calidad del servicio no es buena. En la actualidad el municipio de Nemocón no cuenta con los estudios del Plan Maestro de Acueducto, se tiene previsto dentro del Plan de Desarrollo la contratación de los estudios para dicho fin.

El Área rural de Nemocón presenta un cubrimiento total de acueducto del 48%. El acueducto de Sucuneta abastece las veredas de Checua, Patio bonito, Cerro Verde, Casablanca, y Mogua con un cubrimiento del 17%.

El servicio de acueducto de Zipaquirá está establecido a partir de tres zonas: alta, media y baja y dos sistemas principales. La zona alta, a partir de la Planta Galán, con capacidad de unos 65 a 75 l/s, se surte principalmente del Río Frío, y presta servicio a las zonas altas de la ciudad. Las zonas media y baja, se surten del Acueducto Regional Cogua Nemocón Zipaquirá, que se abastece del Río Neusa, y suministra actualmente a la ciudad alrededor de 125 l/s.

La planta de tratamiento del Acueducto Regional tiene una capacidad de 233 l/s, de la cual el 70% corresponde al abastecimiento de Zipaquirá, el 19% a Cogua y el 11% para Nemocón.

A excepción del barrio Bosques de Silesia, el área urbana municipal presenta un suministro total de agua. El barrio Coclés se surte de la quebrada Los Coclés, que suministra agua sin tratar bajo un sistema de concesión de la CAR. La parte baja del barrio Barandillas y el barrio San Miguel se surten mediante pozos profundos con un aprovechamiento de 10 l/s.

Se está ampliando la capacidad del Acueducto Regional Zipaquirá – Cogua – Nemocón, que incrementará el caudal de suministro para el municipio de Zipaquirá en 150 l/s hasta alcanzar 400 l/s. De acuerdo con la Secretaria de Obras Públicas de Cundinamarca, Zipaquirá cuenta con 19.229 usuarios de los cuales tienen instalada medición 17.348.

La zona urbana de Tausa no forma parte de esta subcuenca, ni de la cuenca del Río Bogotá. El acueducto regional de Sucuneta abastece a la vereda Rasgatá Alto y los sectores de las veredas Chorrillo, La Florida, Laderagrande y Rasgatá Bajo. El resto de las veredas de la zona rural del municipio presenta sistemas rudimentarios de captación de aguas para consumo humano, consistente en mangueras conectadas directamente a las fuentes o nacederos, que llegan a las viviendas sin ningún tipo de tratamiento.

Tabla 18. Número de usuarios de los acueductos veredales de Tausa subcuenca Río Neusa. Fuente: EOT Tausa 2000

Veredas	Páramo Alto	Sabaneq	San Antonio	El Salitre	Llano Grande	Páramo Bajo	Lagunitas	Rasqatá Alto	Rasgatá Bajo	Pajarito	Chorrillo	Laderagrande
Aljibes o nacederos	52	41	70	68	17	40	142	93	13	112	33	41
Acueducto	5		2	14	22	49	39	127	34	86	14	20

En la tabla anterior se presenta el número de usuarios de los acueductos veredales para las veredas del municipio de Tausa que hacen parte de la subcuenca Río Neusa. La vereda Páramo Alto cuenta con acueducto rural que capta las aguas de la quebrada Campano para ser distribuida agua sin tratamiento para 12 familias existentes en esta vereda.

8.2 Sistemas de alcantarillado

El sistema de alcantarillado del municipio de Cogua es combinado en el centro de la población y separado en el resto. En las zonas rurales el crecimiento urbanístico desordenado ha generado la necesidad de construir sistemas colectivos de tratamiento de aguas residuales.

En la parte urbana las aguas servidas son recolectadas a través de un sistema de tuberías de 8, 10, 12, 16 y 24 pulgadas de gres y cemento, las cuales son llevadas a la parte baja de la población mediante 3 colectores finales, dos de la parte central y uno del sector San José. El sistema de alcantarillado cubre el 72.8% con 1091 usuarios de la zona urbana, (Anuario Estadístico de Cundinamarca, 2004).

El municipio está ejecutando el plan maestro de alcantarillado diseñado por José Fidel Vega, que busca el cubrimiento total del la zona urbana con alcantarillado totalmente separado. El sistema actual de alcantarillado en el municipio de Nemocón es combinado y antiguo, construido en tubería de gres y asbesto cemento de 6" y 8"; los colectores corresponden a tuberías de 24" y 36". El sistema presenta problemas por represamiento en épocas de invierno. La CAR construyó la planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de atender el 100% de las aguas residuales.

Como el sistema de alcantarillado es combinado, presenta inconvenientes en los períodos de lluvias, en el barrio San Rafael no solo se inundan las calles sino también las viviendas, generando malos olores y posibles enfermedades transmitidas por el agua contaminada. En la gráfica siguiente se observa el porcentaje de cobertura en la prestación del servicio sanitario en el municipio.

De acuerdo con la Secretaria de Obras Públicas de Cundinamarca, Nemocón cuenta con 1280 usuarios en el área urbana y 101 en el área rural en las veredas Oratorio, Mogua, Perico, C. Blanca, Camargo, Susatá y Camacho, aunque estas tres últimas no hacen parte de la subcuenca Río Neusa.

El sistema de alcantarillado de Zipaquirá es combinado en toda su extensión, con vertimientos que afectan las quebradas Amoladero y Gavilán que surcan la ciudad, así como sobre el Río Susagua, todas las cuales desembocan en el Río Bogotá. La urbanización Bosques de Zipa no cuenta con red de alcantarillado, de acuerdo con el Consorcio Essere–Gelver Ayala, 2005.

Debido a la topografía del municipio el sistema de alcantarillado drena bajo dos condiciones, dividiéndose en los siguientes dos sectores:

Sector Norte: Consiste en un sistema de redes que vierten sobre el Río Negro. Parte de este sistema se conecta con la planta de tratamiento de aguas residuales Zipa II, cuya entrega se realiza en tubería de 27”.

Sector Sur: Es un sistema de redes en gres que vierten sus aguas a la quebrada La Salina. El emisario final inicia en el barrio Julio Caro y termina en la planta de tratamiento de aguas residuales Zipa I, transportando parte de las aguas residuales producidas en este sector hacia la planta.

De acuerdo con la Secretaria de Obras Públicas de Cundinamarca, Zipaquirá cuenta con 16.338 usuarios con este servicio en el área urbana.

Debido a deficiencias en el sistema de alcantarillado, el caudal que llega a las dos plantas Zipa I y Zipa II corresponde aproximadamente al 45% de la población urbana. El caudal restante va hacia los ríos que drenan al Río Bogotá. Dentro del plan maestro de alcantarillado se indica que se debe corregir esta situación.

La firma Consultores Hidráulicos y Civiles entregó el plan maestro de alcantarillado que está en ejecución y contempla emisarios nuevos a las planta. El nuevo emisario construido recientemente a la planta Zipa I, llamado interceptor Centro – San Pablo, permitirá eliminar el bombeo que actualmente se realiza

A continuación se presentan algunos problemas que se evidencian en el sistema de alcantarillado de Zipaquirá:

- El vertimiento de aguas residuales se hace sobre la quebrada Salinas al sur del municipio y el Río Negro, provocando la contaminación de estas corrientes.
- No existen interceptores de aguas residuales que permitan el control de los vertimientos de aguas residuales y que permitan el drenaje correcto hacia las plantas de tratamiento.

- En aguas lluvias, los cuerpos naturales de recepción se encuentran contaminados. Por otra parte, existen tramos de canal y de quebradas que se encuentran invadidas o se les ha construido una estructura de control como cajones de concreto o tuberías afectando su capacidad natural de drenaje.
- En el sector rural la mayoría de las veredas usa el pozo séptico como solución a la disposición de aguas residuales, generando problemas ambientales.

La zona rural de Tausa no cuenta con sistemas de alcantarillado, un porcentaje de las viviendas en el área rural usa pozo séptico, los demás vierten las aguas negras y grises a campo abierto. En la vereda Pajarito y en el sector de Boquerón existen alcantarillados locales. A continuación se presenta el número de usuarios del servicio de alcantarillado para las veredas del municipio de Tausa que hacen parte de la subcuenca Río Neusa.

Tabla 19 . Número de usuarios de alcantarillados veredales de Tausa Fuente: EOT Tausa 2000

Veredas	Páramo Alto	Sabaneque	San Antonio	El Salitre	Llano Grande	Páramo Bajo	Lagunitas	Rasgatá Alto	Rasgatá Bajo	Pajarito	Chorrillo	Laderagrande
Alcantaril/ Pozo séptico	36	11	36	44	34	71	87	132	23	114	19	17
Pozo séptico	37	12	18	16	25	48	57	97		87	18	3
Letrina		3			1	4	2	12		7	1	1
Sin baño	24	27	24	37	4	21	98	73	26	80	28	41

En las veredas que presentan menor cobertura o que no cuentan con pozo séptico, se ha venido presentando proliferación de enfermedades y el establecimiento de focos de contaminación.

8.3 Sistemas de tratamiento

8.3.1 *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cogua:*

La PTAR de Cogua se encuentra localizada aproximadamente 400 m al sureste del casco urbano de la cabecera municipal, sobre la vía que comunica a Cogua con la carretera Zipaquirá – Ubaté. La planta recibe las aguas servidas de la totalidad de zona urbana y de pequeños caseríos aledaños de El Altico, Cascajal y Rinconsanto, situados al norte de la cabecera municipal, de acuerdo con el Consorcio Essere–Gelver Ayala, 2005.

A la planta llegan 3 emisarios, dos de 8” de diámetro provienen del sur de la zona urbana y un tercero de 14” de diámetro cubre la zona central y norte. Todos ellos descargan en un pozo de inspección antes de ingresar a la PTAR, desde donde sale una tubería de 14” de diámetro y 50 m de longitud que descarga en el tanque de alivio a la entrada de la planta.

La construcción de la PTAR de Cogua fue contratada por la CAR en el año 2000. La planta se diseñó para una capacidad de 16 l/s, con el fin de atender una población de 6.152 habitantes.

El sistema de tratamiento comprende sistemas aerobios constando de lo siguiente:

- Tratamiento preliminar: Estructura de entrada y alivio, Rejilla de cribado y Estructura de aforo.
- Tratamiento secundario: Laguna facultativa No.1, Laguna facultativa No. 2, Laguna facultativa No.3 y Laguna de maduración.
- Infraestructura auxiliar: Caseta de celaduría, Cerramiento, Alumbrado externo, Barreras vivas y Vías perimetrales.

En la zona rural del municipio de Cogua el manejo de excretas presenta las siguientes cifras: 51 viviendas que no cuentan con ningún sistema, 5 hogares con letrina, 13 hogares con inodoro sin conexión, 487 hogares con pozo séptico y 251 viviendas con inodoro conectado a alcantarillado. SISBEN de Cundinamarca, 2005.

8.3.2 *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Nemocón:*

El municipio de Nemocón cuenta con una PTAR construida por la CAR en el año 1998, conformada por un zanjón de oxidación, ubicada en el costado occidental, a las afueras del casco urbano municipal, la cual se encuentran en operación desde el año 2000 y cubre la totalidad de la cabecera municipal.

El emisario final que llega a la PTAR del municipio tiene 12" de diámetro y 120 metros de longitud el cual recoge aguas combinadas de gran parte de la población.

La planta se diseñó para una capacidad de 15 l/s, con el fin de atender una población de 10.000 habitantes que tendría la zona urbana en el año 2019. Consta básicamente de las siguientes estructuras físicas: aliviadero, estructura de llegada, rejillas de cribado, canaleta Parshall, canal de conducción del afluente hacia el zanjón, zanjón de oxidación, cámara de interconexión, sedimentador, tanque de lodos, clarificador y estructura de entrega que se indican a continuación:

- Tratamiento preliminar: Estructura de entrada y alivio, Rejilla de cribado y Estructura de aforo.
- Tratamiento secundario: Zanjón de oxidación, Sedimentador secundario y Estación de bombeo de efluente tratado.
- Manejo de lodos: Estación de bombeo de lodos y Lechos de secado.
- Infraestructura auxiliar: Caseta de celaduría, Cerramiento, Alumbrado externo, Barreras vivas y Vías vehiculares y peatonales.

8.3.3 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Zipaquirá:

De acuerdo con el Consorcio ESSERE – Gelter Ayala, 2005, el municipio de Zipaquirá cuenta con dos plantas de tratamiento, Zipa I y Zipa II, a continuación se presenta la descripción de cada una por separado.

En la zona rural del municipio de Nemocón el manejo de excretas presenta las siguientes cifras: 68 viviendas que no cuentan con ningún sistema, 4 hogares con letrina, 17 hogares

con inodoro sin conexión, 184 hogares con pozo séptico y 22 viviendas con inodoro conectado a alcantarillado. SISBEN de Cundinamarca, 2005.

8.3.3.1 Zipa I

Se encuentra localizada al sur occidente de Zipaquirá, sobre la vía a Briceño. El predio tiene una extensión de 19.88 hectáreas. Los desarrollos urbanos más próximos son el seminario mayor al occidente, las urbanizaciones Las Villas y Zipalandia por el norte, la zona suburbana de Pasoancho por el oriente y la zona rural de Portachuelo por el sur. A unos 100 m al norte se encuentran las industrias Lácteos Zipaquirá, Siderúrgica Zipaquirá y Aserrios Zipaquirá.

La PTAR Zipa I fue construida por la CAR de acuerdo al proyecto desarrollado por la firma Consorcio Gómez Cajiao y Asociados – NEDECO. La construcción se realizó en el marco de los planes y programas de tratamiento de residuos líquidos para el saneamiento de la cuenca del Río Bogotá, entrando en operación en 1991.

Las aguas negras llegan a la planta a través de tres interceptores que cubren el sector sur de Zipaquirá. Los dos interceptores antiguos tienen diámetros de 24" y 12" llegan a un pozo de inspección donde se encuentra un aliviadero de excesos que descarga hacia la quebrada Salinas, por una conducción de 18" que bordea la planta por el norte. El flujo ingresa luego a estación de bombeo, que lo eleva para ingresar a los tratamientos preliminares.

Dentro del nuevo plan maestro de alcantarillado se construyó el nuevo interceptor, llamado Centro – San Pablo, que llega a la planta a con tubería de concreto de 30" de diámetro y tiene una cota más alta a la entrada, de modo que permitirá el ingreso de las aguas residuales por gravedad a la PTAR, sin necesidad del sistema de bombeo actual. La planta se diseñó para tratar 132 l/s, correspondiente a la población de 39.500 habitantes, que es el horizonte de diseño. El tratamiento biológico lo componen dos lagunas de estabilización en serie, la primera de tipo Anaerobio con un área de 0.65 Ha y la segunda de tipo Facultativo con un área de 7.80 Ha.

El sistema de tratamiento comprende sistemas aerobios constando de lo siguiente:

- Tratamiento preliminar y estación de bombeo: Foso de bombas (Incluye canasta de cribado), Bombas sumergibles 1 y 2, Rejilla de cribado y Estructura de aforo.
- Tratamiento secundario: Laguna Anaerobia y Laguna facultativa
- Infraestructura auxiliar: Caseta de celaduría, Cerramiento, Alumbrado externo, Barreras vivas y Vías perimetrales.

En la zona rural del municipio de Zipaquirá el manejo de excretas presenta las siguientes cifras: 40 viviendas que no cuentan con ningún sistema, 2 hogares con letrina, 10 hogares con inodoro sin conexión, 154 hogares con pozo séptico y 263 viviendas con inodoro conectado a alcantarillado. SISBEN de Cundinamarca, 2005.

8.3.3.2 Zipa II

Se encuentra localizada al sur occidente de Zipaquirá, al costado occidental de una vía que comunica el proyecto Devinorte con la vía hacia Ubaté. El terreno de la planta tiene una extensión de 28.78 hectáreas Esta rodeado de potreros por todos sus costados, excepto por el norte, donde se encuentra una zona urbana a unos 150 metros. (Barrio La Paz).

El emisario final que llega a las planta de Zipa II recoge parte del sector norte de Zipaquirá. Este emisario tiene un diámetro de 1.30 m. En su tramo final recoge el interceptor que viene de los sectores de Barandillas y Santa Isabel.

La PTAR Zipa II fue construida por la CAR de acuerdo al proyecto desarrollado por la firma Consorcio Gómez Cajiao y Asociados – NEDECO. La construcción se realizó en el marco de los planes y programas de tratamiento de residuos líquidos para el saneamiento de la cuenca del Río Bogotá y fue financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo – BID. La planta entró en operación en 1991.

La planta se diseñó para tratar 198 l/s, correspondiente a la población de 50.000 habitantes. El tratamiento biológico lo componen dos lagunas de estabilización en serie, la primera de tipo Anaerobio con un área de 9.200 m² y la segunda de tipo Facultativo con un área de 58.500m² Ha.

El sistema de tratamiento comprende sistemas anaerobios y aerobios, constando de los siguientes elementos:

- Tratamiento preliminar: Estructura de entrada y alivio, Rejilla de cribado y Estructura de aforo.
- Tratamiento secundario: Laguna Anaerobia y Laguna facultativa.
- Infraestructura auxiliar: Caseta de celaduría, Cerramiento, Alumbrado externo, Barreras vivas y Vías perimetrales.

8.4 Sistemas para el manejo de residuos sólidos

Los residuos sólidos en el municipio de Cogua son recogidos 2 veces a la semana en volqueta o carro comprador y dispuestos en el relleno sanitario de Mondoñedo en una cantidad entre 85 y 90 Ton/mes, con un alto costo en el transporte de los mismos, por la distancia que existe hasta dicho relleno.

El PBOT manifiesta que se hace necesario buscar un sitio más cercano y que se realice tratamiento adecuado a los residuos sólidos para no afectar la población y el medio ambiente.

Igualmente, se indica que se debe ampliar el servicio de recolección a las veredas, principalmente aquellas con una mayor población, ya que actualmente solamente se cubre la parte urbana, el sector de la Plazuela, algunos sectores del Mortiño, El Ático, Barroblanco, Rodamontal, Rincón Santo y Susagua. En la zona rural los residuos son depositados en los lechos de ríos y quebradas, en potreros, solares y en algunas casas son quemados. En el área rural del municipio de Cogua, solamente el 28.7% cuentan con

un sistema de recolección de basuras, de un total de 755 viviendas ubicadas dentro de la cuenca del Río Neusa, las demás viviendas, arrojan los residuos a cauces y quebradas, ocasionando problemas ambientales y contaminación adicional al recurso hídrico. SISBEN de Cundinamarca 2005.

El municipio de Nemocón en la vereda Oratorio existe un botadero de basuras del casco urbano y de algunas veredas, los cuales son arrojados a campo abierto sin ningún tratamiento, generando problemas ambientales a los habitantes cercanos. Los residuos sólidos urbanos se recogen una vez a la semana en una cantidad de 8 toneladas, son dispuestos en el relleno sanitario de Mondoñedo.

En el resto de la zona rural los residuos presentan características de biodegradables con bajo porcentaje de material no degradable, y no se cuenta con este servicio en las veredas Patio Bonito, Oratorio, Checua, Mogua, Perico, Cerro Verde, Astorga, Agua Clara y Casablanca. En estas veredas el tratamiento que se le da a las basuras en orden descendente es quema, disposición a campo abierto, las entierran y solamente en dos veredas reciclan.

En el área rural del municipio de Nemocón, solamente el 4.9% cuentan con un sistema de recolección de basuras, de un total de 279 viviendas ubicadas dentro de la cuenca del Río Neusa, las demás viviendas, arrojan los residuos a cauces y quebradas, ocasionando problemas ambientales y contaminación adicional al recurso hídrico. SISBEN de Cundinamarca 2005.

En el municipio de Zipaquirá los residuos sólidos vienen siendo manejados por la EAAAZ ESP quien recoge 103 ton/día de residuos domiciliarios de los cuales el 66% es material biodegradable, el 13% son materiales no degradables, el 10% es papel, el 6% es plástico, el 3% vidrio y 2% metales. Se efectúa un reciclaje primario consistente en la separación de papel, vidrio y aluminio, en algunos sectores residenciales del casco urbano.

La empresa cuenta con dos compactadores y dos volquetas para la recolección de los residuos sólidos domiciliarios con una frecuencia de dos veces por semana. La cobertura

del servicio es de 90%, encontrándose este valor por debajo de las normas de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA que exige el 95%. La disposición final de las basuras se efectúa en el relleno sanitario de Mondoñedo.

El barrido de las calles se viene realizando principalmente en el casco urbano, pero deficientemente debido a la falta de personal y equipos adecuados de la empresa.

En el área rural del municipio de Zipaquirá, el 62% cuentan con un sistema de recolección de basuras, de un total de 442 viviendas ubicadas dentro de la cuenca del Río Neusa, las demás viviendas, arrojan los residuos a cauces y quebradas, ocasionando problemas ambientales y contaminación adicional al recurso hídrico. SISBEN de Cundinamarca 2005.

Los residuos sólidos en el área rural de Tausa no son recogidos en ninguna vereda, por tal razón los habitantes se ven en la necesidad de quemar las basuras. Los desechos orgánicos son mezclados con tierra y utilizados como abono para el suelo. Los residuos como vidrio latas y otros no son reciclados.

En el área rural del municipio de Tausa, solamente el 3.0% cuentan con un sistema de recolección de basuras, de un total de 484 viviendas ubicadas dentro de la cuenca del Río Neusa, las demás viviendas, arrojan los residuos a cauces y quebradas, ocasionando problemas ambientales y contaminación adicional al recurso hídrico. SISBEN de Cundinamarca 2005.

8.4.1 Plantas de beneficio animal

En el municipio de Cogua el matadero no está funcionando, debido a que quedaba ubicado dentro del perímetro urbano, muy cerca de la quebrada San Antonio, la cual estaba siendo contaminada por los desechos que allí se producían y los olores que se generaban con el estiércol y demás desechos sacados en forma periódica. Se hace necesaria la reubicación definitiva fuera del perímetro urbano, atendiendo los diferentes problemas sanitarios que presenta.

Dentro del perímetro urbano funciona un matadero particular para el sacrificio de terneros, que no lleva completamente los requisitos de orden sanitario y que por su carácter privado se hace difícil su control. En el municipio de Zipaquirá cuenta con un matadero el cual presenta algunas deficiencias en cuanto al tratamiento de sus aguas residuales, sin embargo en el Plan de Ordenamiento Territorial se indica que este no será cambiado de sitio pero implementándose el tratamiento para sus aguas residuales.

En la zona rural del municipio de Tausa los habitantes sacrifican ejemplares vacunos y ovinos en estas veredas para consumo interno con cierta periodicidad.

8.5 Otras intervenciones sobre el SSN

8.5.1 Embalse Del Neusa

La cuenca cuenta con un embalse construido con varios propósitos, incluyendo además de la generación de energía, el abastecimiento de agua para Bogotá, Zipaquirá y municipios vecinos y la regulación del caudal del Río Bogotá, con el objeto de recuperar suelos y evitar las inundaciones en época de lluvias. El embalse del Neusa tiene capacidad total estimada de 101'000.000 m³ y tiene una extensión de 965 ha. y una altura máxima de 46 m.

8.5.2 Plantaciones y reservas forestales

Estas áreas cuyas condiciones de geomorfología, suelos y climas propician la producción y comercialización de las maderas o sus derivados, se ubican principalmente en el Parque Ambiental Embalse del Neusa, las plantaciones forestales, el bosque andino y el páramo forman parte esencial del ecosistema de singular belleza paisajística, habitado también por diversos animales. que han favorecido el uso ecoturístico.

Plantaciones Forestales	2752.82	Vegetación de Páramo	2731.83
-------------------------	---------	----------------------	---------

En la subcuenca también se identifican ecosistemas estratégicos relevantes para la conservación tanto de la flora como de la fauna, algunos de ellos ya declarados y otros que por sus características de cobertura vegetal, uso actual e importancia ecológica deberían ser considerados como tales. Dentro de los ecosistemas existentes en esta área se encuentran:

Pantano Redondo y nacimiento del Río Susaguá, Páramo de Guerrero, Guagua y Laguna Verde; nacimiento de la quebrada La Honda y Calderitas.

Tabla 20. Ecosistemas de la subcuenca. Fuente: Alcaldía de Bogotá, CAR Cundinamanra

RESERVA FORESTAL	DESCRIPCION
Reserva Forestal Protectora del Páramo de Guerrero	Ecosistema de páramo localizado entre los municipios de Cogua y Zipaquirá, en las veredas de Ventalarga, Páramo de Guerrero, Oriental, Quebrada Honda y Rodamental en un área de 3760 hectáreas. De este ecosistema paramuno, se abastecen varios acueductos locales y regionales, además de ser una importante zona de recarga de acuíferos de la sabana; se originan importantes corrientes hídricas como los ríos Negro, Frío y Cubillos (tributario principal de la represa del Neusa). Es un área que a pesar de la fuerte intervención a que ha sido sometida a lo largo de los años, aún conserva zonas en las que se presentan relictos de los ecosistemas originales, albergando importantes especies de flora y fauna.
Reserva Forestal Protectora Páramo de Guagua y Laguna Verde	Ecosistema de páramo localizado en el municipio de Tausa, vereda La Vidriada, en un área aproximada de 14997,8 hectáreas, se encuentra protegido mediante la Resolución DNP 24 de 1993 y el Acuerdo CAR 017 de 1992. Su importancia ecológica comprende la conservación y protección de especies de la fauna y flora típica de páramo, ser reservorio hídrico.

Dentro de los ecosistemas aún no declarados pero de importancia por su oferta de bienes y servicios se encuentran Cerro Verde - Quebrada El Silvo, Cerro El Santuario, Cerro Astorga, Cerro Mogua, Vereda Laguna Grande y Rasgatal.

8.5.3 Infraestructura vial

La vía Regional principal es la Vía Alternativa Zipaquirá-Chiquinquirá: está completamente pavimentada pero falta mantenimiento.

La vía regional secundaria es la vía Zipaquirá-Nemocón-Tausa: también pavimentada, en algunos de los tramos se encuentra bastante reducida y le falta mantenimiento.

La Vía Nemocón –Suesca tiene menor flujo y en el casco urbano de Nemocón no posibilita la expansión urbana por las fronteras naturales.

Otra vía es la que de Cogua conduce al Olivo, La Quinta, Casablanca, y que va a empatar a la Troncal que conduce a Ubaté en cercanía de límite de Nemocón, Tausa, y Cogua (Departamental), esta se encuentra bastante abandonada.

También cuenta la subcuenca con vías de penetración rural, algunas de ellas son:

- La que de los límite de Zipaquirá conduce a la escuela La Chapa.
- La que del Molino conduce a la escuela de Rodamontal.
- La que de Cogua conduce a Susaguá hasta la central (actualmente pavimentada) y que de allí conduce a la vereda el Mortiño, empatando con la carretera departamental que de Zipaquirá conduce a Nemocón.
- La que de las Margaritas conduce al Tablón y la represa del Neusa.
- La que del Borracho conduce a la escuela de Páramo Alto.
- La que de la carretera a San Cayetano conduce a la escuela de Páramo Alto y a los límites con Zipaquirá.
- La que del cruce (vía a Susaguá) de la central conduce a la vía Nemocón.

9. SISTEMA DE CONTROL

9.1 Marco Normativo general para la ordenación de la subcuenca del Río Neusa

Tabla 21. Normas reglamentarias específicas para la ordenación de la subcuenca del Río Neusa.

NORMAS REGLAMENTARIAS ESPECIFICAS		
NORMA DE NORMAS		
NORMA	ARTICULO	ASUNTO
Constitución	Art. 8	Obligación estatal y de las personas proteger las

Política de Colombia 1991		riquezas culturales y naturales de la Nación.
	Art. 58	La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.
	Título II, Capítulo III Art. 78 a 82	Derechos colectivos y del ambiente, su regulación y protección por parte del Estado.
	Art. 313	Corresponde a los Concejos dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio
	Art. 332	El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes.
EN CUANTO A MEDIO AMBIENTE		
Ley 2 de 1959	Sobre economía forestal de la Nación y Conservación de los Recursos Naturales Renovables.	
Ley 23 de 1973	Fundamentos del Código de Recursos Naturales	
Decreto – Ley 2811 de 1974	CODIGO DE LOS RECUROS NATURALES.	
	Art. 69	Establece los fines en los cuales se podrán adquirir bienes de propiedad privada y los patrimoniales de las entidades de derecho público.
Regula los recursos naturales Renovables	Art. 80	Las aguas son de dominio público, inalienables e imprescriptibles.
	Art. 118	Los dueños de predios ribereños están obligados a dejar libre de edificaciones y cultivos el espacio necesario para los usos autorizados por ministerio de la ley.
	Art. 137	Objeto de protección y control especial: a) Las aguas destinadas al consumo doméstico humano y animal y a

		la producción de alimentos; b) Los criaderos ... c) Las fuentes, cascadas, lagos y otros depósitos o corrientes de aguas, naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección.
	Art. 159	El cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos acuíferos.
	Art. 308	Es área de manejo especial la que se delimita para administración, manejo y protección del ambiente y de los recursos naturales renovables.
	Art. 309	La creación de las áreas de manejo especial deberá tener objetos determinados y fundarse en estudios ecológicos y económico - sociales.
	Art. 312	Definición de cuenca u hoya hidrográfica.
	Art. 313	Cuando los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coincidan con la línea divisoria de aguas, sus límites serán extendidos subterráneamente más allá de la línea superficial de divorcio hasta incluir los de los acuíferos subterráneos cuyas aguas confluyen hacia la cuenca deslindada por las aguas superficiales.
	Art. 314	Funciones de la administración pública.
	Art. 316	Definición de ordenación de una cuenca.
	Art. 317	Para la estructuración de un plan de ordenación y manejo se deberá consultar a los usuarios de los recursos de la cuenca y a las entidades, públicas y privadas, que desarrollan actividades en la región.
	Art. 318	La administración declarará en ordenación una cuenca cuando existan condiciones ecológicas, económicas y sociales que así lo requieran.
	Art. 319	El plan de ordenación y manejo de una cuenca en ordenación será de forzoso cumplimiento por las

		entidades públicas que realicen actividades en la zona.
	Art. 320	A los particulares que no se avinieren a adecuar sus explotaciones a las finalidades del plan se podrán imponer las limitaciones de dominio o las servidumbres necesarias para alcanzar dichas finalidades, con arreglo a este Código y a las demás leyes vigentes.
Decreto 1449 de 1977	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del Art. 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.	
	Art. 3 y 7	Obligaciones de los propietarios de predios para la protección y conservación de los bosques.
	Art. 8	Obligaciones de los propietarios.
Ley 30 de 1990	Protección de la Capa de Ozono	
Ley 60 de 1993	Destinación de un porcentaje del situado fiscal nacional para saneamiento ambiental	
Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Organiza el SINA como conjunto de normas, programas, actividades e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales.	
	Art. 1	Principios relacionados con la obligación de las autoridades ambientales para intervenir en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables.
	Principio de precaución	Instrumento jurídico para prevenir el daño jurídico por afectación o amenaza de extinción del recurso hídrico.
	Art. 31	Faculta a las CAR, para el ejercicio del principio de autoridad, ejerciendo las

		funciones de evaluación, control, seguimiento e intervención ambiental.
	Art. 43	Tasas por Utilización de Aguas
	Art. 107	Utilidad Pública e Interés Social, Función Ecológica de la Propiedad
	Art. 108	Adquisición por la Nación de Áreas o Ecosistemas de Interés Estratégico para la Conservación de los Recursos Naturales.
	Art. 111	Adquisición de Áreas de Interés para Acueductos Municipales.
Ley 261 de 1996	Integra la comisión revisora de legislación ambiental	
EN CUANTO A CUENCAS Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		
Decreto 2857 de 1981	Reglamentó el Código Nacional de Recursos Naturales, Decreto – ley 2811/74, sobre cuencas hidrográficas.	
Ley 388 de 1997	Ley de Ordenamiento territorial y municipal.	
	Art. 2	Principios para el ordenamiento del Territorio.
	Art. 3	Función pública del urbanismo
	Art. 4	Participación democrática
Decreto 1729 de 2002	Reglamentó la parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5º de la ley 99 de 1993. Deroga el Decreto 2857 de 1981.	
	Art. 1	Definición de cuenca.
	Art. 2	Delimitación de la cuenca.
	Art. 3	Del uso de los recursos naturales y demás elementos ambientales de la cuenca.
	Art. 4	Finalidades, principios y directrices de la ordenación.
	Art. 5	Medidas de protección.
	Art. 6	Sujeción de las actividades al plan.
	Art. 7	Competencia para la declaración de la ordenación

		de cuencas.
	Art. 8	Aprobación del plan mediante acto administrativo.
	Art. 17	Jerarquía normativa.
	Art. 18	Publicación de la declaración de una cuenca en ordenación.
	Art. 19	Responsabilidad de la respectiva autoridad ambiental competente o de la comisión conjunta, según el caso, la elaboración del plan de ordenación de una cuenca hidrográfica.
	Art. 20	Priorización regional de las cuencas hidrográficas.
	Art. 21	Seguimiento y evaluación de la ejecución del Plan de Ordenación de la Cuenca Hidrográfica
Resolución 104 de 2003	Por el cual se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas en Colombia.	
EN CUANTO AL RECUROS HÍDRICO		
Decreto 877 de 1976	Establece características de áreas forestales protectoras del agua	
Decreto 1449 de 1977	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del Numeral 5 del Art. 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974. Establece lo relativo a la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas otorgando obligaciones a los propietarios de predios.	
Decreto 1541 de 1978	Concesiones de aguas superficiales y subterráneas.	
	Art. 119	Fines para decretar Reservas.
	Art. 124	Acciones para proteger fuentes o depósitos de agua por parte de las autoridades ambientales.
Decreto 1681 de 1978	Normas relacionadas con el recurso agua y los recursos Hidrobiológicos	
Decreto 2104 de 1983	Residuos sólidos. Prohibición de disponerlos en aguas.	

Decreto 1594 de 1984	Establece los criterios de calidad del agua para consumo humano, uso agrícola e industrial entre otros. También, las normas para el vertimiento en cuerpos de agua y en el alcantarillado público y reglamenta los sistemas de tratamiento.	
Ley 373 de 1997	Estableció el programa para el uso eficiente y ahorro de agua.	
	Art. 16	Protección de zonas de manejo especial.
Ley 357 de 1997	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas ", suscrita en Ramsar.	
Decreto 475 de 1998	Establece normas técnicas de calidad del agua potable.	
Decreto 302 de 2000	Señala requerimientos específicos sobre los sistemas de redes de alcantarillado, señalando cuando se debe contar con redes separadas de aguas lluvias y aguas servidas.	
Decreto 155 de 2003	Se reglamenta el Art. 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.	
Decreto 3100 de 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales.	
Resolución 865 de 2004	Adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2003.	
	Art. 1 párrafo II	Las Autoridades Ambientales competentes podrán utilizar los datos de Índice de Escasez por cabecera municipal calculados en el Estudio Nacional de Agua, durante el término de dos años.
Acuerdo 15 de 2000	Por el cual se modifica la meta de reducción de la carga contaminante por vertimientos puntuales en las cuencas de la Jurisdicción de la Corporación – CAR.	
Acuerdo 31 de 2005	Por el cual se adoptan módulos de consumo para los diferentes usos del recurso hídrico en la jurisdicción CAR.	
EN CUANTO A ÁREAS PROTEGIDAS		

Decreto 622 de 1977	Reglamenta parcialmente el Capítulo V, Título II, Parte XIII, Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre “sistema de parques nacionales”, la ley 23 de 1973 y la ley 2 de 1959. Se definieron en el Art. 327 y siguientes del Código de Recursos Naturales, el sistema de Parques Nacionales, las finalidades del Sistema, los tipos de área, su administración, usos y las actividades permitidas dentro del Sistema.
Ley 26 de 1977	Fomento conservación, explotación e industrialización de los bosques.
Decreto 1715 de 1978	Reglamentó el Decreto – ley 2811 de 1974, la ley 23 de 1973 y el decreto – ley 154 de 1976, en cuanto a la protección del paisaje.
Decreto 2275 de 1988	Reglamentó parcialmente el Capítulo VII de la ley 135 de 1961 con las modificaciones y adiciones que le introdujo la ley 130 de 1988, y se dicta el procedimiento para la adjudicación de baldíos.
Decreto 1974 de 1989	Reglamentó el Art. 310 del Decreto 2811 de 1974 sobre distritos de manejo integrado de los recursos naturales renovables y la ley 23 de 1973.
Decreto 2915 de 1994	Unidad Especial del Sistema de Parques nacionales Naturales.
Ley 299 de 1996	Normas sobre conservación, protección, investigación y uso sostenible del recurso flora. Jardines Botánicos.
Decreto 1791 de 1996	Regula las actividades del estado y los particulares respecto al uso, manejo, aprovechamiento y conservación de los bosques y la flora silvestre.
Decreto reglamentario 1996 de 1999	Reglamentó las reservas naturales de la sociedad civil.
Decreto 1124 de 1999	Reestructuro el Ministerio de Medio Ambiente. Funciones de la UAESPNN, como dependencia de carácter operativo, técnico y ejecutor del Minambiente, encargada del manejo y administración del Sistema de Parques Nacionales. Las funciones generales de la

	Unidad están señaladas en el Art. 24, adicionales a las contenidas en el Decreto-ley 1124 de 1974, el Decreto 622 de 1977, la ley 99 de 1993, la Resolución No. 1189 de 1999, la Resolución No. 0188 de 1998 y las demás funciones que por su naturaleza le correspondan o le sean asignadas o delegadas.	
Decreto 1729 de 2002	Reglamentó la parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5º de la ley 99 de 1993.	
Resolución 769 de 2002	Disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos en el territorio nacional.	
	Art. 3 y 4	Establece la elaboración por parte de las autoridades ambientales del estudio sobre el Estado Actual de los Páramos del área de la Jurisdicción y del Plan de Manejo Ambiental de los mismos. Se estableció un término de 6 meses para la realización de los términos de referencia del estudio actual de los páramos.
Proyecto de ley 032 del 2003	Se dictan disposiciones para garantizar la conservación y uso sostenible de las áreas de páramo en Colombia. Aprobado en marzo 31 de 2004 por parte del Senado, aún queda su trámite en la Cámara de Representantes.	
Resolución 839 de 2003	De conformidad con el Art. 5 de la ley 99 de 1993, se establecen los términos de referencia para la elaboración del Estudio sobre el Estado Actual de Paramos y su Plan de manejo Ambiental.	
	Art. 2	Alcance de los términos de referencia los cuales se refieren tanto al estudio sobre el estado actual de los páramos (EEAP), como la formulación de Planes de Manejo Ambiental (PMA).
	Art. 3	Contiene las definiciones.
	Art. 4 y 5	Contiene los objetivos del estudio del estado

		actual de los páramos y de su plan de manejo ambiental.
	Art. 6	Establece la metodología para el desarrollo del estado actual de los páramos y de los planes de manejo ambiental.
	Art. 7	Estipula la información que debe contener el estudio sobre el estado actual de páramos y el plan de manejo ambiental.
	Art. 8	Las autoridades ambientales elaborarán el estudio del estado actual de los páramos del área de su jurisdicción en un término de un año contado a partir de agosto de 2003; y de los planes de manejo ambiental dentro de los dos años siguientes a la culminación del estudio del estado actual de los páramos.
	Art. 9	Las autoridades ambientales que a la fecha hubiesen adelantado o elaborado estudios sobre el estado actual de los páramos o hayan formulado planes de manejo ambiental deberán complementarlos y actualizarlos de acuerdo con los términos de referencia.
	Art. 10	Una vez culminada la elaboración del EEAP se remitirá al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – Dirección de ecosistemas, para su revisión y aprobación. Así mismo se hará con el Plan de Manejo Ambiental que luego deberá ser implementado por la autoridad ambiental.
Declaradas reservas forestales protectoras en la Resolución		
Quebrada Honda y Calderitas:		

157 de 1992.	
Distrito de manejo integrado “Juaitoque”.	
EN CUANTO A BIVERSIDAD BIOLÓGICA	
Decreto 2278 de 1953	Reservas madereras.
Ley 37 de 1989	Ordeno la elaboración de un Plan de Desarrollo Forestal.
Ley 165 de 1994	Ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica.
Decreto 1840 de 1994	Normas de sanidad. Incluye todas las especies animales y vegetales, sus productos, el material genético animal y las semillas para las siembras existentes en Colombia o que se encuentren en proceso de introducción.
Decisión 391 el acuerdo de Cartagena sobre diversidad biológica de 1996	Regula el acceso de los recursos genéticos de los países miembros. Crea el comité andino sobre recursos genéticos.
Resolución 573 de 1997	Permisos CITES
Decreto reglamentario 309 de 2000	Reglamentó las investigaciones científicas sobre diversidad biológica.
EN CUANTO A FAUNA	
Decreto 1608 de 1979	Fauna Silvestre
Ley 84 de 1989	Protección de Animales
Resolución 3	Protección de la Caza

de 1984	
Ley 356 de 1997	Protocolo de Flora y Fauna Silvestre
Ley 359 de 1997	Conservación de Humedales
EN CUANTO A ESCOMBROS, MATERIAL REUTILIZABLE, MATERIAL RECICLABLE Y BASURAS	
Resolución 541 de 1994	Se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
EN CUANTO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	
Decreto 02 de 1982	Contiene la legislación de calidad de aire y los niveles permisibles de emisión de partículas.
Resolución 8321 de 1983	Establece, de acuerdo a la zonificación propuesta por los municipios, el nivel máximo permisible de presión sonora en zonas residencial, comercial, industrial y zonas de tranquilidad y silencio.
Resolución 19622 de 1985	Establece el procedimiento para el análisis de calidad del aire que se debe seguir durante los monitoreos de aire que exigen las licencias ambientales.
Decreto 948 de 1995	Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire. Regula el otorgamiento de permisos de emisión de material particulado y el permiso de emisión de ruido.
Decreto 2107 de 1995	Modifica el Art. 25 del Decreto 948 de 1995, extendiendo el plazo para el uso de crudos pesados en hornos y calderas hasta el año 2001. Agrega requisitos al trámite de permisos de emisiones atmosféricas.
Decreto 619 de 1997	Reglamenta el Art. 73 del Decreto 948, estableciendo los parámetros a partir de los cuales se requiere permiso de emisiones atmosféricas en los casos de quemas abiertas, chimeneas, descarga de humos, gases y vapores, incineradores de residuos

	sólidos, etc.
Resolución 623 de 1998	Modifica parcialmente la Resolución 898 de 1995 que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.
Decreto 2622 de 2000	Modifica el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 2° del Decreto 1697 de 1997. Regula las especificaciones de calidad de los combustibles líquidos que se han de importar, producir, distribuir y consumir en todo el territorio nacional.
Resolución 304 de 2000	Señala restricciones y adopta medidas para la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono.
Resolución 068 de 2001	Modifica la resolución 898 y 623 sobre combustibles. Señala requisitos de calidad para combustibles como la gasolina, Diesel, ACPM, así como el contenido de azufre en el combustóleo (fuel oil N° 6) para hornos y calderas.
EN CUANTO A RESIDUOS LÍQUIDOS, COMBUSTIBLES, ACEITES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS	
Decreto 1594 de 1984	Se establecen los parámetros para vertimientos en las redes de alcantarillado público cuando exista necesidad de ello y se establece la prohibición de verter combustibles y aceites a estas redes.
Resolución 2309 de 1986	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto -Ley número 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 9 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
Decreto 353 de 1991	Determina los parámetros o condiciones para almacenamiento y transporte de combustibles para estaciones de servicio.
Ley 55 de 1993	Regula el tema de sustancias químicas en lo relacionado a su clasificación, manipulación almacenamiento responsabilidad de empleados y empleadores. Reglamenta las fichas de seguridad para el manejo de sustancias químicas.

Decreto 1697 de 1997	Modifica el Decreto 948 de 1995 que prohíbe el uso de aceite y lubricante de desecho. Sólo restringe el uso de aceite y lubricante, otorgándole al ministerio la facultad de establecer cuándo se puede usar y en qué condiciones técnicas.
Decreto 321 de 1999	Adopta el plan nacional de contingencias contra derrames de hidrocarburos, derivados de sustancias nocivas en aguas marina fluviales y lacustres.
Resolución 415 de 1999	Estable los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para ello.
EN CUANTO AL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	
Ley 9 de 1979	Establece restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos sólidos y residuos peligrosos.
Resolución 2309 de 1986	Reglamenta la ley 9 de 1979 y el Decreto 2811 de 1974 sobre el tema de residuos especiales.
Resolución 541 de 1994	Defiende el espacio público de la disposición inadecuada de materiales excedentes de la construcción, tierra, escombros, etc., así como también controlar el transporte de estos y otros materiales susceptibles de producir deterioro y accidentes durante la movilización de los mismos.
Resolución 1045 de 2003	Se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS.
Resolución 0477 de 2004	Se modifica la Resolución 1045/03 en cuanto a los plazos para iniciar la ejecución de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS para los municipios con población mayor de 100.000 habitantes.
OTROS	
Decreto 1300 de 1991	Defensa y aprovechamiento de los bosques
Decreto 2762 de 1973	Por el cual se crea el Consejo Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales

Ley 1021 de 2006 Ley Forestal		
A NIVEL MUNICIPAL		
Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Cogua. Acuerdo 022 de 2000	Art. 13	Clasificación y categorías del suelo.
	Art. 14	Suelo urbano.
	Art. 17	Suelo rural.
	Art. 19	Suelos de protección.
	Art. 26	Distrito de manejo integrado Páramo de Guerrero.
	Art. 26	Áreas de para la protección y conservación de recursos naturales.
	Art. 29	Áreas de amenazas y riesgos.
	Art. 43	Áreas de para la protección y conservación de recursos naturales de suelo urbano.
	Art. 159	Sub-zona de conservación ambienta.
	Art. 160	Rondas de ríos, quebradas, canales, embalses y lagunas.
	Art. 531	Áreas de recarga de acuíferos.
	Art. 532	Páramo.
	Art. 533	Reserva forestal protectora - Quebrada Honda y Calderitas: declaradas reservas forestales protectoras en la Resolución 157 de 1992.
	Art. 534	Áreas periféricas a cuerpos de agua.
	Art. 535	Zona de manejo especial.
	Art. 536	Zona para la conservación de suelos y restauración ecológica.
	Art. 537	Zona de recreación ecoturística.
	Art. 538	Actividades agropecuarias.
	Art. 539	Zonas agropecuarias tradicionales.
	Art. 540	Zonas agropecuarias semi-intensivas.

	Art. 541	Zonas agropecuarias intensivas.
	Art. 609	Protección y recuperación de zonas de conservación.
Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Cucunubá. Decreto 060 de 2000	Art. 60	Espacios naturales.
	Art. 68	Zonas protectoras.
	Art. 73	Áreas con erosión severa.
	Art. 74	Áreas con erosión moderada.
	Art. 76	Distrito de manejo integrado “Juaitoque”.
	Art. 77	Áreas de protección especial.
	Art. 78	Unidades de manejo de uso recomendado.
	Art. 79	Riesgos y amenazas.
Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Nemocón. Acuerdo 01 de 2000	Art. 17	Ecosistemas estratégicos.
	Art. 74	Zonas agropecuarias de usos tradicionales.
	Art. 75	Suelos de uso agropecuario semi-mecanizado o semi-intensivo.
	Art. 76	Suelos de uso agropecuario mecanizado o intensivo.
	Art. 80	Distrito de adecuación de suelos y restauración ecológica.
	Art. 81	Zona de usos mixto agropecuario- protector.
	Art. 82	Zona forestal productora.
	Art. 84	Zona de restauración morfológica y rehabilitación.
	Art. 86	Zonas agroforestales.
	Art. 25	Categoría de suelos de protección. - Laguna de Suesca. - Rocas de Suesca.
Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Suesca.	Art. 27	Suelos de Amenazas y Riesgos.
	Art. 58	Áreas Urbanas de Conservación y Protección.
	Art. 98	Áreas de páramo y subpáramo
	Art. 99	Áreas periféricas a nacimientos, cauces de

Acuerdo 005 de 2002		ríos, quebradas arroyos, lagos, lagunas, embalses y humedales en general.
	Art. 100	Áreas de Bosque Protector.
	Art. 101	Suelos de uso agropecuario tradicional
	Art. 102	Suelos de uso agropecuario semi-mecanizado o semi-intensivo.
	Art. 103	Suelos de uso agropecuario mecanizado o intensivo.
	Art. 105	Áreas forestales protectoras – productoras.
	Art. 106	Áreas de Recreación Ecoturística.
Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Tausa. Acuerdo 023 De 2000	Art. 11	Clasificación del suelo
	Art. 12	Categorías del uso del suelo
	Art. 33	Clasificación del suelo Urbano
	Art. 58	Suelos de conservación
	Art. 59	Suelos de protección
	Art. 60	Suelos para la recuperación
	Art. 61	Uso del suelo para la producción
Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Zipaquirá. Acuerdo 012 de 2000	Art. 11	Clasificación del suelo.
	Art. 12	Suelo Urbano.
	Art. 14	Suelo Rural.
	Art. 15	Suelo de protección.
	Art. 16	Zonas de amenazas naturales en el área urbana.
	Art. 17	Zonas de amenazas naturales en el municipio.
	Art. 21	Sistema ambiental primario – ecosistemas estratégicos.
	Art. 22	Parques naturales regionales.
	Art. 81	Zonas de manejo y usos rurales del suelo.

EN CUANTO AL ORDENAMIENTO AMBIENTAL

Plan de Gestión Ambiental Regional - CAR	Consigna las Políticas de La Corporación, el plan de Acción Trianual “Competitividad para el desarrollo ambiental” 2001-2010.	
Plan de Acción Trienal - PAT	El PAT se fundamenta en la articulación entre el Plan de Gestión Ambiental modificado por la Corporación y los lineamientos de la política nacional, tal como aparece en el Plan Nacional de Desarrollo.- 2004-2006.	
A NIVEL NACIONAL		
Plan Nacional de Desarrollo hacia un Estado Comunitario 2002 –2006 Ley 812 de 2003	Establece objetivos nacionales y sectoriales de acción estatal para la búsqueda de la seguridad democrática, el crecimiento económico sostenible, la equidad social y la transparencia y eficiencia del estado a través del rediseño de las instituciones.	
	Art. 8 numeral 8 parte B	Objetivos de la política ambiental nacional la consolidación del Sistema de Áreas Protegidas, el manejo de poblaciones de especies silvestres amenazadas y de uso potencial, la conservación, manejo, uso y restauración de ecosistemas de bosque.

9.2 Entidades competentes

- *MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.*

Esta Entidad pública del orden nacional rectora en materia ambiental, vivienda, desarrollo territorial, agua potable y saneamiento básico contribuye y promueve acciones orientadas al desarrollo sostenible, a través de la formulación, adopción e instrumentación técnica y normativa de políticas, bajo los principios de participación e integridad de la gestión pública.

- *CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL (CAR) DE CUNDINAMARCA*

A nivel regional las autoridades ambientales, encargadas de regular los recursos naturales, plantean los Planes de Gestión Ambiental Regional (PGAR) y los Planes de

Acción Trianual, con el fin de planificar la gestión ambiental estratégicamente en cada jurisdicción. Con estos planes y el ordenamiento de las cuencas hidrográficas se orienta e integrar la gestión del medio natural garantizando la ejecución de las diversas acciones establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo.

Las Corporaciones Autónomas Regionales remiten las directrices, normas y reglamentos, para que los municipios y distritos las tengan en cuenta en la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial en:

1. Los aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio.
2. En cuanto a la reserva, alinderamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional, el manejo de cuencas hidrográficas y la conservación de áreas de especial importancia ecosistémica.
3. Sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales.

Teniendo en cuenta esto, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR; en su Plan de Gestión Ambiental 2001-2010 plantea entre sus estrategias el manejo del ciclo del agua desde la hidrología e hidráulica de las cuencas. Para esto se establecen diversos programas que incluyen Subprograma como el de Planeación de la Ordenación y el Manejo de Cuencas Hidrográficas estableciendo como meta el Diagnóstico, prospectiva, formulación y ejecución parcial del Plan de Ordenación de las 9 cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR; entre las que se incluye el Río Bogotá debido a que es región-programa del centro de Colombia, espacio propio y común de Bogotá y 41 municipio que debe ser administrada y coordinada como estructura integral a nivel regional.

A nivel Departamental se tienen los Planes de Desarrollo Departamental, los Planes de Ordenamiento Territorial Departamental y las acciones encaminadas a proyectos de tipo ambiental departamental, que están orientados bajo las prioridades nacionales y las acciones ambientales establecidas en los diferentes planes de ordenamiento de las cuencas hidrográficas.

La Gobernación para una adecuada gestión de los recursos hídricos debe concentrar sus esfuerzos en la búsqueda de la apropiación de los recursos por parte de la comunidad reconociendo en el agua un elemento decisivo para brindar calidad de vida; por lo que es importante la participación activa en los procesos de valoración integral que permitan cambiar el paradigma de que el recurso es abundante e inagotable.

El Plan Departamental de Desarrollo 2004 – 2008 “Cundinamarca es tiempo de crecer” establece como una de las dimensiones programáticas la parte ambiental y de ordenamiento territorial, involucrando el programa de recuperación, rehabilitación, conservación de ecosistemas estratégicos naturales destacándose el subprograma de apoyo a la gestión para la descontaminación del Río Bogotá. Este subprograma posee como líneas de acción a) Gestionar la formulación de un plan estratégico a corto, mediano y largo plazo para el manejo de la cuenca del Río Bogotá; b) Adoptar las recomendaciones contenidas en el CONPES 3177 de 2002, teniendo en cuenta la validación y actualización que efectúe el Gobierno Nacional; c) Reformular los escenarios de usos del suelo en la totalidad de la cuenca del Río Bogotá, teniendo en cuenta las competencias funcionales de cada uno de los actores involucrados. También se incluye el programa de ordenamiento para la integración donde se orienta las medidas para implementar estrategias e instrumentos de gestión para el ordenamiento territorial regional.

- *UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES.*

Organismo del sector central de la administración que forma parte de la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con autonomía administrativa y financiera, encargada del manejo y administración del Sistema de Parques Nacionales Naturales y de la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP.

- *ALCALDIAS MUNICIPALES*

A nivel municipal se formulan y ejecutan bajo la orientación de lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo para cada una de las regiones y cuencas hidrográficas, los Planes

de Desarrollo Municipal, los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y las acciones ambientales municipales, por medio de las alcaldías municipales.

10. SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

La subcuenca del río Neusa evidencia problemas asociados a procesos erosivos de origen geológico agravada por la erosión antrópica causada por la tala o deforestación de sus laderas y zonas de bosque andino, el inadecuado uso del suelo en cultivos y la actividad. Su debilidad principal se centra en el cambio de usos del suelo para la parcelación, de las zonas rurales para la construcción de condominios, la reforestación con especies foráneas, carencia de conciencia de la comunidad sobre el manejo de sus recursos naturales y la demanda de bienes ambientales para suplir necesidades básicas. El crecimiento poblacional, la carencia de planificación del desarrollo, la fragilidad del sistema natural para proveer bienes y servicios ambientales en especial agua y la contaminación producida por el inadecuado tratamiento de los residuos sólidos y líquidos, representan las principales amenazas medioambientales en la subcuenca. La pérdida de biodiversidad causada por la destrucción y fragmentación de ecosistemas y con ellos algunos hábitats y la contaminación de otros; además de la destrucción de animales y plantas por parte del hombre es otra gran problema medioambiental dentro de la cuenca.

10.1 Estado de los recursos naturales y el medio ambiente.

La principal fuente de ruido en la cuenca son las fuentes móviles que corresponden a los vehículos y camiones que transitan por la vía principal (Zipaquirá – Ubaté), que atraviesa esta subcuenca pasando por la parte media y baja y las fuentes fijas de ruido generado provienen de las inspecciones de Tierra Negra y Neusa, por las actividades que allí se vienen desarrollando. También existe la vía departamental que comunica a los municipios de Zipaquirá y Nemocón, en la parte baja de la cuenca y como fuente fija de generación de ruido se encuentra el casco urbano del municipio de Nemocón. La subcuenca del río Neusa evidencia grandes impactos en la oferta de agua debido a que se realiza una mayor apropiación del recurso hídrico debido a la expansión de la frontera agrícola que

convierte tierras bajo cobertura boscosa en tierras bajo coberturas herbáceas (pastos manejados, por ejemplo), del desarrollo de la agroindustria y especialmente de viveros para cultivo de flores, y del crecimiento de las zonas suburbanas para dar cabida a una población creciente.

El agua en la subcuenca río Neusa, es también utilizada para surtir acueductos veredales y municipales, y se realizan captaciones individuales en zonas de baja densidad poblacional donde se dificulta la existencia de acueductos comunales.

11. CALCULO DEL INDICE DE ESCASEZ

Tomando como base la Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial desarrollada por el IDEAM, este se establece como la siguiente relación:

$$I_e = \frac{D}{O_n} \times 100\%$$

Donde:

- I_e : Índice de escasez (%)
- D : Demanda de agua Total (m^3)
- O_n : Oferta hídrica superficial neta (m^3)

11.1. Determinación de la demanda de agua

La demanda de agua, representa el volumen de agua, utilizado por las diferentes actividades socioeconómicas presentadas en la cuenca, en un espacio y tiempo determinado el cual está determinado en el siguiente estudio desde los años 1983 a 2005 según los datos de los censos realizados por el DANE y las proyecciones de población que se realizaron en la presente investigación de los años 2005 a 2034. La sumatoria de las demandas sectoriales corresponde a la demanda total de agua en la cuenca, de la siguiente manera:

$$DT = DUD + DUA$$

Donde:

- DT : Demanda Total de agua
- DUD : Demanda de Agua para Uso Doméstico o consumo humano
- DUI : Demanda de Agua para uso Agrícola

Debido a que el país no cuenta con un sistema de información continua y sectorial de uso del agua, ni ha contabilizado históricamente el volumen de agua usada. Para el desarrollo de actividades socioeconómicas, Los datos recogidos son el resultado de las mediciones efectuadas por los usuarios y reportadas a las instituciones relacionadas y autoridades ambientales regionales, como la Superintendencia de Servicios Públicos y de acuerdo a los módulos de consumo de agua del RAS.

11.1.1 Demanda de agua para Consumo humano

El cálculo de la demanda de agua para consumo humano se realizó teniendo en cuenta las diferentes unidades de suelo, a partir del mapa de uso actual del suelo, con la ayuda del programa GvSig 1.10; de las proyecciones de población tomadas del departamento nacional de estadística (DANE) hasta 2019 y realizadas por el método Aritmético hasta el año 2034 tomando periodos cada 5 años (Ver anexo B), de los diferentes municipios que integran la cuenca y se obtuvieron los siguientes resultados para cada unidad de suelo:

Tabla 22. Demanda de agua por unidad de suelo. Fuente: Autoras 2010

UNIDAD DE SUELO	DEMANDA DE AGUA EN m3/Día					
FECHA	2009	2014	2019	2024	2029	2034
MEAc	41.460	99.514	118.405	139.028	161.303	185.230
MGSg	44.899	116.703	138.858	163.043	189.165	217.225
MLJc	51.371	152.772	181.774	213.434	247.630	284.362
MGTc	52.382	158.846	189.001	221.919	257.475	295.668
MEFf	108.404	680.310	809.456	950.440	1102.719	1266.292
MMKc	112.044	726.770	864.735	1015.348	1178.026	1352.770
MLKd	130.044	979.038	1164.891	1367.783	1586.928	1822.327
MLKc	179.190	1858.852	2211.724	2596.945	3013.025	3459.965
MMKd	180.201	1879.892	2236.757	2626.338	3047.128	3499.127
MMVe	205.684	2449.172	2914.106	3421.662	3969.878	4558.754
MLTd	210.336	2561.203	3047.405	3578.178	4151.471	4767.283

MEFe	212.561	2615.669	3112.210	3654.270	4239.755	4868.663
RLOa	213.167	2630.623	3130.003	3675.162	4263.993	4896.497
MLVf	219.235	2782.505	3310.717	3887.351	4510.180	5179.202
MMVe3	230.156	3066.634	3648.783	4284.299	4970.726	5708.064
MLCd	435.032	10956.15 6	13035.998	15306.50 5	17758.90 2	20393.188
MLSg	489.233	13856.35 9	16486.756	19358.28 9	22459.85 9	25791.466
MGFe	502.986	14646.33 5	17426.696	20461.94 0	23740.33 6	27261.884
RMRa	542.222	17020.44 9	20251.496	23778.74 1	27588.55 2	31680.930
MMVf	552.334	17661.22 4	21013.910	24673.94 7	28627.18 8	32873.633
MMTd2	603.300	21070.93 9	25070.903	29437.55 5	34154.01 7	39220.290
MGFf	634.244	23287.85 5	27708.664	32534.74 0	37747.43 0	43346.736
MGTd	922.853	44335.45 6	52751.798	61939.68 9	71863.61 8	82523.585
MMCd	951.219	47102.84 1	56044.525	65805.91 7	76349.29 0	87674.645
RLQa	1062.550	58773.94 4	69931.191	82111.25 2	95267.05 3	109398.59 5
Demanda total de agua en la Subcuenca	10896	293484	348820	409228	474475	544560

11.1.2 Demanda de agua para uso agrícola

En la subcuenca del río Neusa se presentan cultivos de papa y Pastos principalmente, ubicados en las siguientes unidades de suelo, de acuerdo al área que estos ocupan.

Tabla 23. Área de cultivo de papa por unidad de suelo. Fuente: Autoras 2010

UNIDAD DE SUELO	AREA DEL CULTIVO (m ²)
MMVe	9.15
MGTd	20.13
MMVe3	6.828
MMTd2	17.89
MGFe	7.461
MGFf	6.272
MMKd	1.336
RLQa	7.473
MMVf	4.096

Tabla 24. Área de pasto por unidad de suelo. Fuente: Autoras 2010

UNIDAD DE SUELO	AREA (m ²)
MMCde	2.8
MLTd	0.8
RLQa	45.76
MLCd	20.23
RLOa	10.02
MGTd	18.12
MLSg	18.86

La demanda de agua se estimo para los diferentes tipos de cobertura vegetal del suelo presentes en la cuenca según el área que estos ocupan dentro de la misma y de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$D_{UA}= A*M$$

Donde:

D_{UA} : Demanda Uso Agrícola (L/seg)

A : Área cada cultivo en la cuenca (ha)

M : Módulo de Riego (L/ha-seg)

En el anexo C se presenta el cálculo de la demanda y los respectivos módulos utilizados

11.1.3 Demanda total de agua

Es el resultado de las demandas sectoriales por unidad de suelo determinadas en la presente investigación:

$$DT= DUD+ DUA$$

El valor de la demanda total de agua obtenido para la Subcuenca del rio Neusa se presenta en el anexo D. Como es de esperar, la mayor demanda de agua se presenta en aquellas unidades de suelo con mayor población. La tendencia en la evolución de la tasa de crecimiento sobre todo en las áreas rurales de estos Municipios, generará mayores presiones a las que se presentan en la actualidad sobre en el recurso hídrico de la zona.

Los resultados obtenidos permiten apreciar que la demanda hídrica doméstica, puesto que depende del número de habitantes en un área específica, presenta valores significativos en las unidades de suelo con mayores áreas ubicadas en el centro y sur de la subcuenca, mientras que las unidades localizadas en el norte y occidente de la subcuenca presentan áreas menores y por tanto una menor densidad de población y menores consumos de agua.

Bajo las condiciones climatológicas presentadas y las necesidades hídricas de los cultivos de las unidades, se evidencia una constante demanda de agua en aquellas unidades en las que se presentan pastos manejados.

11.2 Determinación de la oferta hídrica.

11.2.1 Oferta neta

Para la determinación de la oferta neta mensual se utilizó la metodología descrita en el marco conceptual para lo cual es indispensable calculo previo de valores de O_t , R_e y R_f que integran la siguiente ecuación y que se describen a continuación:

$$O_n = O_t \times R_e \times R_f$$

11.2.1.1 Oferta Hídrica superficial Total (O_t)

La determinación de la oferta Hídrica superficial total se realizó teniendo en cuenta el método de La curva Numero, desarrollado por U.S. Soil Conservation Service; el cual se basa en estimaciones de la escurrentía superficial a partir de la cobertura vegetal, uso y tipo de suelo, suponiendo que se comportan de una misma forma frente a la infiltración. Para cada tipo de complejo suelo-vegetación se asignó un valor de número de curva o número hidrológico, que define sus condiciones hidrológicas en tres diferentes escenarios: Año húmedo, medio y seco.

A continuación se presentan las estaciones hidrometeorológicas que se encuentran dentro de la subcuenca y que ofrecen información de precipitación (Precipitación total mensual, Precipitación máxima en 24 horas y número de días con lluvia) necesaria para la determinación de la escurrentía superficial.

Tabla 25. Condiciones Hidrológicas de las Estaciones Meteorológicas - Curva Número. Fuente Autoras, 2010.

Estación	Unidad de Suelo	Clase de textura	Cobertura del Suelo	Estado Hidrológico
Represa del Neusa	MLJc	E	Laderas con pastos	Bueno
Checua-Nemocón	MMKc	E	Cultivos Y pastos	Bueno
Barrancas	MMTd2	A	Cultivos	Bueno
El encanto	MMCd	D	Cultivos	Bueno
Ladera Grande	MMCd	D	Cultivos	Bueno
El Hoyo arriba	MMVe	F	Cultivos y cobertura Boscosa	Bueno

Según las condiciones hidrológicas anteriormente descritas se determino el número de curva para cada una de las estaciones. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 26. Numero de curva para cada una de las estaciones. Fuente: Autoras, 2010

ESTACION	Represa del Neusa	Checua-Nemocón	Barrancas	El encanto	Ladera Grande	El Hoyo arriba
NUMERO DE CURVA	72	79	79	80	77	78

De acuerdo a la información meteorológica que ofrecieron las estaciones seleccionadas, se determino el coeficiente de escorrentía, para los tres escenarios hidrológicos, Luego se asignaron valores de escorrentía para cada una de las unidades de suelo con base al comportamiento de las curvas de nivel, las isohietas y el área de influencia en la subcuenca de cada una de las estaciones, de esta manera fue posible asignar valores de

precipitación total mensual, precipitación máxima en 24 horas y número de días de lluvia y con esta información estimar el numero de curva para cada unidad de suelo estudiada.¹⁵

A partir de los resultados se obtiene un valor de escorrentía superficial total de 2.9158 m³/seg para el año seco, para el año medio de 3,4734 m³/seg y para el año húmedo de 4,0409 m³/seg. Y se pueden observar valores más elevados de escorrentía en las unidades cuya cobertura vegetal tiene predominancia de pastos y textura tipo E (franco arcillosa), en cambio los valores más bajos de escorrentía obtenidos se presentan en aquellas unidades de suelo con predominancia de cultivos y texturas tipo E, F y G de texturas medias a finas.

11.2.1.2 Factor de reducción para mantener el régimen de estiaje (re)

Este factor fue calculado con base en las características del régimen de estiaje de la fuente abastecedora. Para ello se establece el valor modal de los caudales durante el periodo de estiaje o de aguas bajas. Se construyo la curva de duración de caudales de cada escenario climatico, de la cual se extrae el caudal promedio del periodo de aguas bajas

Los valores de los diferentes factores de reducción se presentan a continuación:

Re Tiempo seco = 0,46

Re Tiempo Medio = 0,36

Re Tiempo Húmedo = 0,59

Este caudal se calcula como el promedio aritmético de los caudales que son al 97,5% del tiempo durante el año. Con los caudales promedios extraídos de los periodos de estiaje de cada año se conforma el conjunto estadístico que caracteriza al régimen de estiaje de la fuente abastecedora.

11.2.1.3 Factor de reducción para protección de fuentes frágiles (rf)

¹⁵ Ver anexo E

Para estimar el valor de este factor fue necesario primero determinar el coeficiente de variación (Cv), para cada año, partir de las series máximas, medias y mínimas de caudales de la estación hidrometeorológica y finalmente de acuerdo a la siguiente tabla , determinar el valor del factor de reducción por irregularidad temporal en la Subcuenca

Tabla 27. Escala de Reducciones por Irregularidad temporal de la oferta hídrica.

Fuente: DOMÍNGUEZ CALLE, Efraín Antonio, 2005.

Cv	Rf (%)
0 - 0,2	15
0,2 - 0,3	25
0,3 - 0,4	35
0,4 - 0,6	40
>0,6	50

A continuación se muestran los valores obtenidos en el cálculo del factor de reducción por irregularidad temporal:

Tabla 28. Calculo del Factor de Reducción por Irregularidad Temporal. Fuente: Autoras, 2010.

Periodo	Cv	Rit (%)
Año Seco	0,1594	16
Año Medio	0,1780	18
Año Húmedo	0,1690	17

11.3 Valoración del índice de escasez

Como se menciona anteriormente, el cálculo del índice de escasez se realizó para los tres escenarios climatológicos y su valoración se realizó según la escala propuesta por el IDEAM. A continuación se analizan los resultados obtenidos:

En la condición climatológica de Tiempo seco la Categoría de índice de escasez fue medio, presentando un valor de 28.59 %. Lo que evidencia una presión sobre el recurso hídrico determinando una prioridad para el ordenamiento del mismo.

En Tiempo Medio la Categoría de índice de escasez fue medio, con un valor de 20.15% indicando que es necesario asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos ya que la cantidad de agua que llega para este tiempo en particular es necesariamente usada al máximo.

En Tiempo Húmedo la Categoría de índice de escasez fue bajo, con un valor de 10,17%, valor que indica que existe buena disponibilidad del recurso bajo esta condición climatológica, sin embargo se debe prever las necesidades hídricas de la cuenca cuando se presenta tiempo medio y seco formulando una estrategia de ordenamiento del recurso para tal fin.

Uno de los principales factores de presión sobre los recursos hídricos de la Subcuenca del río Neusa, es el crecimiento poblacional que para finales del 2034 alcanzaría un valor de 90.833 habitantes dentro de la misma, esta presión sobre el recurso hídrico tiene consecuencias adversas que se revierten a la sociedad que demanda el agua ya que aumentan los vertimientos de aguas residuales que a su vez impactan la calidad del recurso, induciendo la escasez de agua no por disponibilidad de la misma sino por mala calidad para el consumo humano y otras actividades productivas.

El cálculo del índice de escasez se realizó únicamente hasta el año 2009 ya que estimar el crecimiento y comportamiento de los sectores económicos a largo plazo es muy riesgoso, por cuanto está sujeto a variables cuyo comportamiento es muy incierto en el

tiempo. Aun más arriesgado es predecir el desarrollo tecnológico que vendrá al país en los próximos diez o veinte años y que afectará el nivel de uso de los distintos insumos necesarios para los procesos productivos y para el consumo de agua de los diversos sectores que hacen parte de la economía nacional.

12. VERIFICACIÓN DE MÓDULOS DE CONSUMO DE AGUA

12.1. Uso Doméstico

Para la verificación de los módulos de consumo de agua para uso domestico, se utilizo como instrumento de recolección de datos, una encuesta dirigida a la población de la subcuenca del rio Neusa, para lo cual se realizo un muestreo de tipo aleatorio simple. En el anexo H se presenta el modelo de la encuesta aplicada.

A continuación se presentan los resultados acerca del el consumo promedio mensual de agua que

se presenta en las viviendas para satisfacer las necesidades domésticas, agrícolas y pecuarias; y de esta manera poder realizar una comparación con los valores para zonas urbanas y rurales establecidos por el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS en la Sección II Título B.2.

Tabla 29. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de cucunuba. Fuente: Autoras, 2010.

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m ³	10,58
Consumo promedio agua / hab – mes	m ³	2,645

Módulo Consumo	L/hab-d	88,16
----------------	---------	-------

Tabla 30. Módulo de Consumo para el área urbana del Municipio de cogua. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m ³	11,25
Consumo promedio agua / hab – mes	m ³	2,8125
Módulo Consumo	L/hab-d	93,75

Tabla 31. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Carmen de carupa. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	5
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m ³	5,8216
Consumo promedio agua / hab – mes	m ³	1,1643
Módulo Consumo	L/hab-d	38,81

Tabla 32. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Nemocón. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m ³	10,5
Consumo promedio agua / hab – mes	m ³	2,625
Módulo Consumo	L/hab-d	87,5

Tabla 33. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Pacho. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	3
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	17,93
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	5,97
Módulo Consumo	L/hab-d	199

Tabla 34. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Suesca. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	33,2
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	8,3
Módulo Consumo	L/hab-d	276,6

Tabla 35. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Sutatausa. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	29,15
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	7,2875
Módulo Consumo	L/hab-d	242,9

Tabla 36. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Gachancipá.

Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	23,316
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	5,829
Módulo Consumo	L/hab-d	194,305

Tabla 37. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Tocancipá.

Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	3
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	6,525
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	2,175
Módulo Consumo	L/hab-d	72,5

Tabla 38. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Zipa. Fuente:

Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	3
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	15,4725
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	3,8681
Módulo Consumo	L/hab-d	128.94

Tabla 39. Módulo de Consumo para el área rural del Municipio de Tausa. Fuente: Autoras, 2010

Aspecto	Unidad	Cantidad
No. Habitantes por vivienda	No.	4
Consumo promedio agua / vivienda – mes	m3	28,38
Consumo promedio agua / hab – mes	m3	7,6402
Módulo Consumo	L/hab-d	194,9

Al observar los resultados de los módulos de consumo de agua obtenidos través de encuestas aplicadas a la población de la subcuenca es evidente que la variación con los valores de los módulos de consumo establecidos por el RAS no son sobrepasados de manera considerable y que en la mayoría de los casos los valores de consumo de agua son mayores a lo establecidos por este.

12.2. Uso Agrícola

Las necesidades de riego expresadas como lamina o como masa por unidad de área (m^3/ha) se debe reducir a caudales por unidad de área ($L/s/ha$) referidos a intervalos de tiempo conveniente para la administración de los recursos hídricos para la agricultura.

Como la demanda de agua de los cultivos varia a lo largo de su ciclo vegetativo, los módulos de riego, al igual que las necesidades de riego; se han calculado mes a mes. Estos caudales unitarios corresponden al flujo neto permanente mensual que debe ingresar al suelo para cubrir el déficit entre uso consuntivo y precipitación efectiva.

Los módulos de riego fueron estimados a partir del balance agrícola que se describe más adelante, para cada unidad de suelo, como se observa en el anexo k; presentando valores para pastos de 0,12 L/ha-seg en el año seco, 0,8 L/ha-seg en el año medio y 0,06 L/ha-seg en el año húmedo; para cultivos de papa se obtuvieron valores de 0,9 L/ha-seg en el año seco, 0,4 L/ha-seg en el año medio y 0,03 L/ha-seg en el año húmedo

Estos resultados se encuentran por debajo del valor para los anteriores cultivos que fue determinado en el documento “*Estudio para la Determinación de Módulos de consumo para beneficio Hídrico – Volumen II*”, desarrollado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR en el año 1993; se asume que las diferencias se presentan debido a que en el estudio desarrollado de la car, la cuenca es tomada como una sola unidad de estudio, a diferencia de la presente investigación que estudia las diferentes unidades de suelo presentes en la subcuenca por contar estas con características propias y bien diferenciadas.

13. CÁLCULO DE BALANCES HÍDRICOS

Los balances hidricos se realizaron teniendo en cuenta tres escenarios climatológicos: año seco, año medio y año húmedo , para las unidades de suelo mas representativas de la subcuenca , de esta manera se obtuvo lo siguiente:

13.1 Balance Hídrico General

el balance hidrico general se calculo a partir de la metodología descrita en el marco teorico la cual se basa en la sumatoria de entradas y salidas de agua dentro de la cuenca a partir de la siguiente ecuación

$$P = ETP + Q_1 + Q_2$$

Donde:

- P : Promedio ponderado de las precipitaciones registradas en las unidades de suelo
- ETP : Promedio ponderado de la Evapotranspiración potencial obtenida para cada unidad de suelo
- Q_1 : Escorrentía total de la cuenca
- Q_2 : Almacenamiento (Embalse)

Estos cálculos se realizaron para los tres diferentes escenarios climatológicos, ano seco, medio y húmedo y las variables de la ecuación se obtuvieron promediando los valores de precipitación, etp y escorrentia para cada unidad de suelo presente en la cuenca. (Anexo i). El valor de almacenamiento en mm se obtuvo asumiendo que para una sección dada, existe una relación entre el caudal y la altura de la lámina de agua, $Q = f(h)$, que se denomina curva de gastos. La curva de gastos se determina experimentalmente por medidas repetidas de caudales y alturas en diversas condiciones. A partir de ella, basta con medir el caudal para determinar la altura de la lamina de agua el caudal, o lo

que es lo mismo, basta con determinar la variación de la altura del agua con el tiempo, para obtener la variación de los caudales con el tiempo.

relacionando el caudal del embalse del Neusa ($1.22\text{m}^3/\text{s}$) con la tabla presentada a continuación, se obtiene un valor de lamina de agua de 600mm.

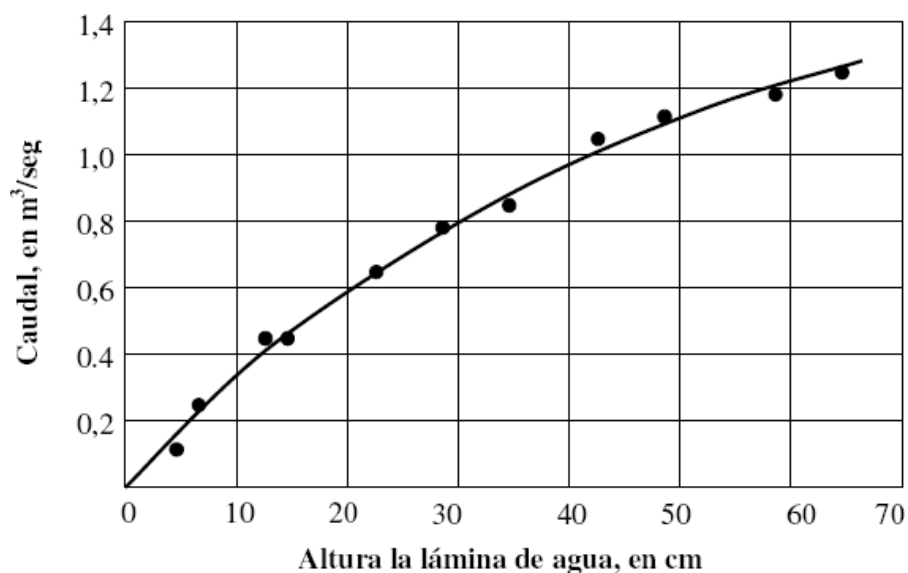


Gráfico 3. Curva de gasto. Fuente: Ven Te Chow 1994

A continuación se presentan los resultados obtenidos y su respectivo análisis:

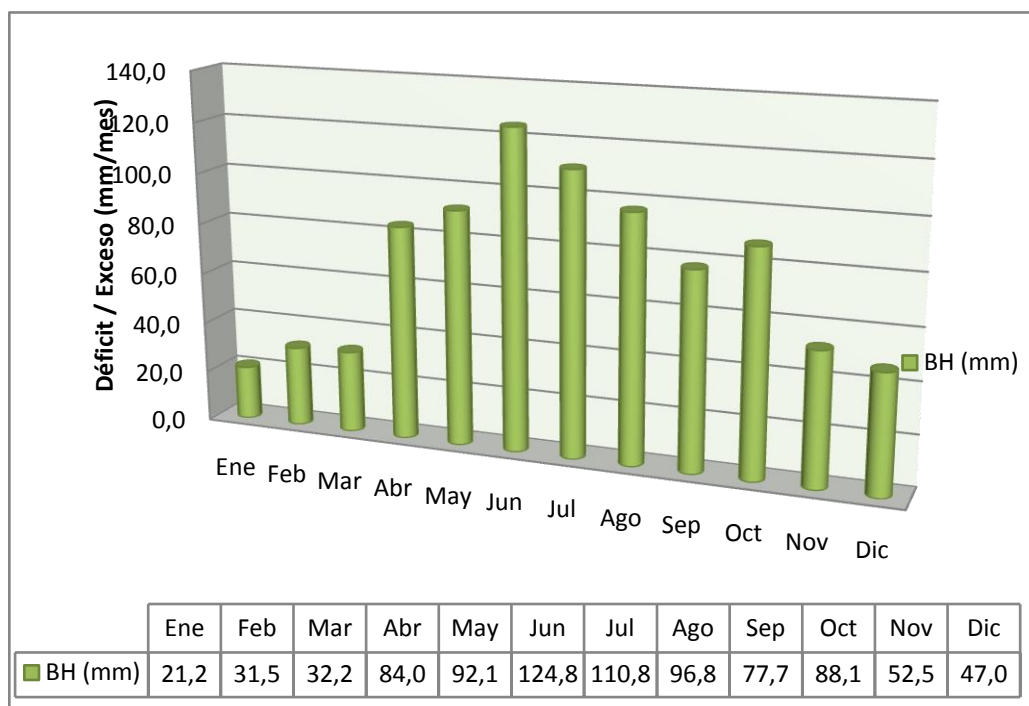


Gráfico 4. Balance Hídrico General año Humedo. Fuente: Autoras, 2010

De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de los balances hídricos generales recopilados en el Anexo i. En cuanto al balance hídrico general desarrollado para el año húmedo, se demuestra que bajo estas condiciones, en la subcuenca se produce un exceso de agua durante todo el año, especialmente en el periodo comprendido entre abril a agosto, alcanzando valores de 84 mm llegando incluso hasta los 124.8 mm de lamina de agua. Estos valores originados, a partir de los registros de precipitación, evapotranspiración, escorrentía y almacenamiento de la subcuenca; evidencian las condiciones favorables para el almacenamiento de agua en el embalse del Neusa. Según estos resultados se demuestra que la Subcuenca del rio Neusa podría aportar valores de hasta 110.8 mm de lamina de agua a otras subcuencas cercanas, que no cuenten con sistemas de almacenamiento y que posean grandes déficit del recurso. Por otra parte se evidencia la necesidad de implementar estrategias para evitar posibles inundaciones en la Subcuenca.

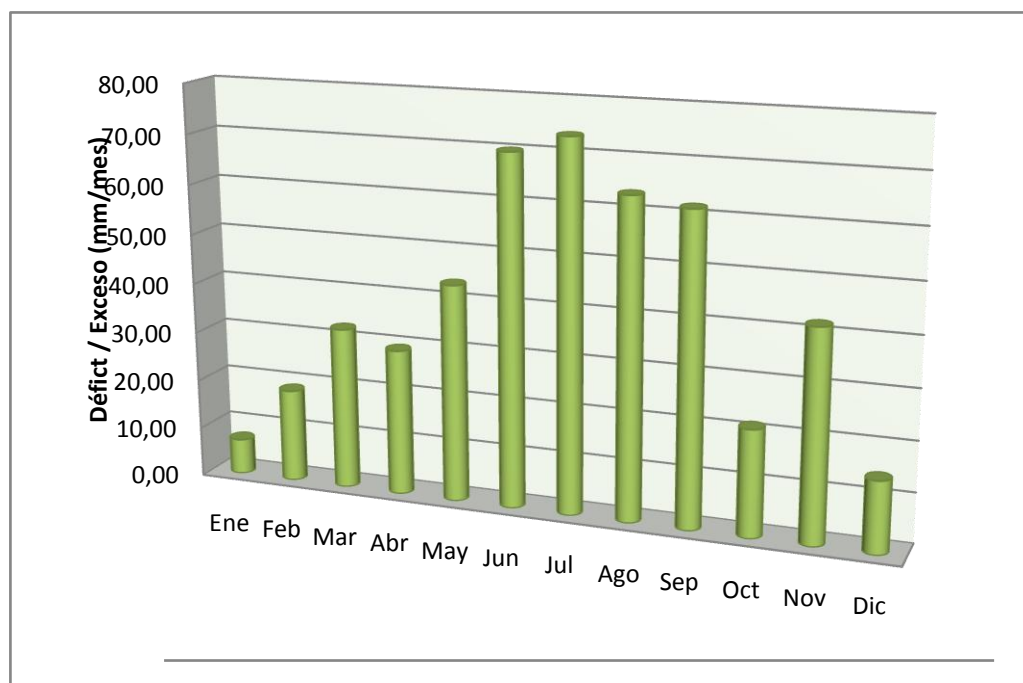


Gráfico 5. Balance Hídrico General año medio. Fuente: Autoras, 2010

En el grafico anterior se presentan los máximos exesos de agua en los periodos de Junio a septiembre con valores entre 61.75 y 73.56 mm. durante un 75% del año, la precipitación manifiesta valores elevados permitiendo un abastecimiento considerable de agua en la cuenca, arrojando un valor anual de 477,70 mm. Por su parte, la evapotranspiración potencial se comporta de manera tal que se encuentran valores minimos de 49.68 mm en el mes de diciembre y los máximos registros de 62.56 en el mes de mayo , generando así un valor anual de 674.20 mm.

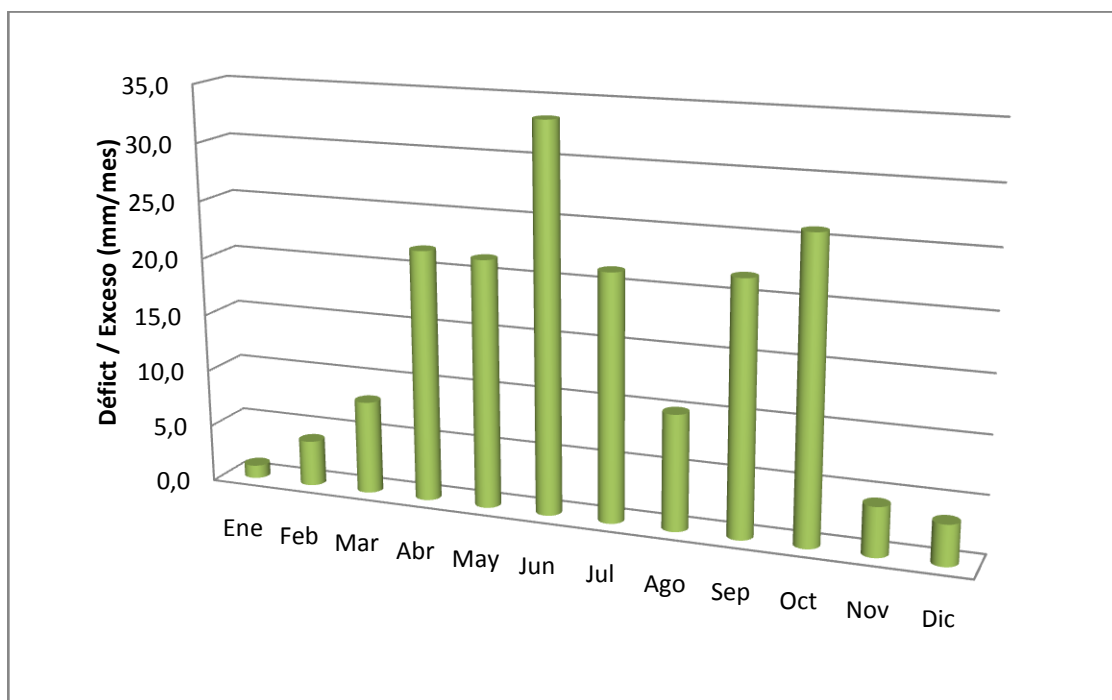


Gráfico 6. Balance Hídrico General año seco. Fuente: Autoras, 2010

Por último, en el balance hídrico para el periodo seco, la precipitación toma valores máximos el mes de junio y valores mínimos en el periodo de noviembre a febrero, situación que genera al año un valor total de precipitación de 177.16 mm, valor que aunque es muy inferior al de ETP (673.69 mm) no genera déficit de agua dentro de la cuenca ya que el embalse proporciona 50 mm de lamina de agua adicionales que ayudan a generar un balance positivo a travez de todo el año . Sin embargo en el periodo de noviembre a Febrero y especialmente en el mes de enero el resultado del balance hídrico se acerca peligrosamente a cero , situación que pone en evidencia la necesidad de implementar estrategias preventivas con el fin de evitar posibles déficit de agua en estos periodos. Por otra parte, teniendo en cuenta que el balance se realizo para el escenario climatico mas desfavorable posible (año seco) se valida la decisión de construir un embalse en esta Subcuenca .

13.1. Balance Hídrico Climático

El balance Hídrico climático fue calculado teniendo en cuenta la precipitación media mensual y la evapotranspiración potencial de cada una de las unidades de suelo seleccionadas en la presente investigación y para los tres diferentes escenarios climatológicos evaluados en la misma. Teniendo en cuenta variables como el almacenamiento, déficit y exceso de agua que se relacionan por medio de la siguiente ecuación:

$$P = ETP - Exc / Def$$

Donde :

P= precipitación

Etp= Evapotranspiracion media mensual

Exc/Def= Exceso o déficit de agua según corresponda

En el anexo J se presenta el cálculo del balance hídrico climático para cada unidad de suelo.

Al analizar los resultados obtenidos en el periodo seco es evidente el déficit de agua en los periodos de diciembre a Febrero , este fenómeno se observa de manera constante y general en la Subcuenca, es decir que el aporte de agua por precipitación en el año seco, no es suficiente para abastecer las necesidades de agua, puesto que la cantidad de agua evaporada (evapotranspiración) sobrepasa la cantidad que llega a la subcuenca, cantidad que por lo general es la más baja registrada a lo largo del año.

Por otra parte, al observar los resultados obtenidos para el periodo medio, se encuentra una tendencia de déficit de agua en la parte media y baja de la Subcuenca en dos diferentes periodos: uno comprendido entre los meses de julio a septiembre y otro, el más significativo comprendido entre los meses de enero a marzo. Por el contrario la parte alta de la cuenca presenta excesos de de agua sobre todo en las unidades de suelo con cotas mayores y en los periodos comprendidos entre los meses de octubre a noviembre.

Finalmente al analizar el balance hídrico climático para el periodo húmedo se observa que la precipitación toma valores notoriamente más altos que la evapotranspiración en los meses de octubre a diciembre en las unidades de suelo que corresponden a la parte baja de la Subcuenca. Esta diferencia entre precipitación y evapotranspiración genera un

exceso de humedad en el suelo puesto que la cantidad de agua evaporada en un periodo determinado no sobrepasa la cantidad de agua que llega por precipitación.

13.2. Balance Hídrico Agrícola

Para realizar el balance hídrico agrícola, fue necesario definir los principales usos del suelo en la Subcuenca, los cuales están asociados actualmente a cultivos de papa y pastos manejados principalmente, esto debido a la acción antrópica de los habitantes de la misma ya que se han establecido estos cultivos en unidades de suelo que anteriormente se encontraban cubiertas con bosques naturales primarios y secundarios y que deberían ser objeto de recuperación y conservación.

También se encuentran en la Subcuenca del río Neusa, áreas con vegetación de paramo (5.92%), Bosques naturales (7.67%), coberturas boscosas (8.91%), plantaciones forestales (6.17%) e Invernaderos (0.58%); En la presente investigación, se realizó el balance agrícola para los tres diferentes escenarios climatológicos, teniendo en cuenta los dos principales tipos de cobertura en la cuenca: Pastos manejados y cultivos de papa. En el anexo k se presentan los cálculos realizados para el balance hídrico agrícola que arroja los siguientes resultados.

13.2.1. Cultivo de papa

Al observar los resultados obtenidos para el cultivo de papa en el escenario climatológico seco, es evidente el déficit de agua que presenta el cultivo en dos diferentes periodos del año que coinciden con el patrón climatológico bimodal que afecta a toda la Subcuenca y que se hace más notorio en las unidades de suelo que presentan una capacidad baja de almacenamiento de agua en comparación a las demás, por lo cual es necesario implementar técnicas de riego con el fin de suplir las necesidades hídricas de los cultivos presentes en las mismas. Los valores de excesos de agua se presentan en los meses de julio a noviembre resultan favorables para el periodo vegetativo del cultivo aunque es recomendable que para optimizar el crecimiento y los costos hidrológicos del cultivo, el

periodo de siembra del mismo coincida con la temporada de altas precipitaciones del año.

En el periodo húmedo, el cultivo de papa en la Subcuenca del rio Neusa presenta excesos hídricos sobre todo en la última década del mes de julio y la primera década del mes de noviembre ya que en esta época se presentan grandes cantidades de precipitación y las unidades de suelo más afectadas son las que por contar con textura arcillosa su capacidad de almacenamiento es alta y presenta baja capacidad de infiltración, por lo cual es recomendable drenar este exceso de agua para evitar inundaciones en estas unidades de suelo.

13.2.2. Pastos

De acuerdo con los resultados obtenidos en el balance hídrico agrícola para los pastos manejados, se observa una constante de excesos en los años húmedos medio e incluso en el año seco que coinciden naturalmente con los valores máximos de precipitación si se comparan con los valores de UC. Este fenómeno confirma que los pastos no requieren ningún tipo de riego para su óptimo crecimiento dentro de la Subcuenca del rio Neusa, por lo que ocupan un gran porcentaje del área de la misma.

En cuanto al déficit de agua para pastos, se observan valores que se pueden considerar dentro de lo normal ya que se presentan en las épocas de pocas precipitaciones en el año, este fenómeno se extiende a los tres escenarios climatológicos estudiados y para todas las unidades de suelo en general.

14. CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA

14.1. Caracterización en Punto de Muestreo establecido por la CAR

La determinación de la calidad del agua en la subcuenca del Río Neusa se realizó el día 16 de septiembre de 2009 en la estación Hidrológica Las Lajas perteneciente a la Corporación autónoma Regional de Cundinamarca y ubicada en el municipio de Zipaquirá.



Con anterioridad a la fecha del muestreo fueron solicitados y calibrados por el Laboratorio del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad De La Salle, los equipos necesarios para el mismo, así como también se prepararon los recipientes para la recolección de las muestras y posterior análisis de los parámetros exito en el Laboratorio Antek S.A.

Durante el monitoreo, se siguieron las medidas de seguridad e higiene ocupacional y ambientales. Los residuos sólidos, se almacenaron en bolsas plásticas para su posterior disposición final.

Para el monitoreo se utilizaron equipos de campo tales como:

- Multiparametro hanna
- Minimolinete ott
- Conos imhoff

Los recipientes utilizados para la recolección de las muestras fueron:

1. Parámetros Fisicoquímicos Inorgánicos y Metales: Envases plásticos de polietileno, color blanco, de 2 litros de capacidad.
2. Parámetros Fisicoquímicos Orgánicos: Envases de vidrio, color ámbar de 1 litro de capacidad.



La toma de muestra se realizó de manera puntual a las 3:00 p.m. en el agua superficial del río Neusa, Durante el monitoreo realizado se presentaron las siguientes observaciones:

- Se presentaron condiciones ambientales de clima frío.
- El día anterior al muestreo se presentaron precipitaciones.
- La muestra analizada no presentó Olor.
- El agua muestreada presentó Color.
- El objeto de análisis no presentó iridiscencia

En la tabla se presentan los límites de control para destinación del recurso agua para Consumo Humano y Doméstico mediante Tratamiento Convencional, Desinfección y Para Uso Agrícola según el Decreto 1594/84, con el cual se comparan los resultados dados.

Tabla 40. Criterios de Calidad de las aguas para destinación del Recurso para Consumo Humano y Doméstico mediante Tratamiento Convencional, Desinfección y Para Uso Agrícola. Fuente: Ministerio de salud.

PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITES PERMISIBLES		
		DECRETO 1594/84		
		MINISTERIO DE SALUD		
		Art. 38	Art. 39	Art. 40
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	N.E.	N.E.	N.E.
TEMPERATURA MUESTRA	°C	N.E.	N.E.	N.E.
Ph	Unidades	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0
CONDUCTIVIDAD	Us/cm	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl	250,0	250,0	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L SO ₄ -2	400,0	400,0	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-	N.E.	N.E.	N.E.

	PO4-3			
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO AMONiacAL	mg/L	1,0	1,0	N.E.
DBO ₅	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg/L N- NO2	10,0	10,0	N.E.
NITRATOS	mg/L N- NO3	10,0	10,0	N.E.
DQO	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
SODIO	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
ZINC	mg/L	15,0	15,0	2,0
CADMIO	mg/L	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
MAGNESIO	mg/L	N.E.	N.E.	N.E.
PLOMO	mg/L	0,05	0,05	5,0
ALUMINIO	mg/L	N.E.	N.E.	5,0
TENSOACTIVOS	mg/L	0,5	0,5	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	S.P.V	S.P.V	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	20000	1000	5000
E. COLI	NMP/100 ml	2000	N.E.	1000

14.1.1 Análisis de resultados

Los resultados de las mediciones que se realizaron in situ y en el laboratorio (Ver anexo L), así como el análisis de cada uno de estos parámetros , se presenta a continuación:

14.1.1.1 Parámetros insitu

Durante el monitoreo de realizado al agua superficial del rio Neusa, se registró una **Temperatura** en la muestra de 17,3 °C.

El **pH** de las muestras nota características levemente básicas, reportando un valor con marcadas tendencias a la neutralidad de 7,17 unidades en el rio Neusa, cumpliendo satisfactoriamente con los rangos estipulados en los artículos 38, 39 y 40 del Decreto 1594/84 Min Salud referente a la destinación del recurso para consumo humano y domestico e indican que su potabilización solo requiere desinfección.

La mayoría de la vida acuática se desarrolla en ambientes donde la concentración de **Oxigeno Disuelto** en aguas se encuentra superando los 4 mg/L, para los análisis realizados se determino una mejor calidad de agua donde el valor reportado fue 4,92 mg/L O₂.

14.1.1.2 Parámetros analizados en el laboratorio

En cuanto al comportamiento de la Dureza Total registrada en el laboratorio, esta reportó una concentración de 25mg/L CaCO₃, determinando de esta forma presencia de compuestos minerales tales como sales de magnesio y calcio presentes en la muestra de agua.

El comportamiento de la Turbiedad registrada en el punto monitoreado, reporta una concentración de 69,6 NTU, pero el Decreto 1594/84 no establece límite para evaluar este parámetro.

Los metales analizados al agua superficial del rio Neusa, tales como el **Zinc, Cadmio, Plomo, Aluminio y Cromo Total** no superaron el límite de detección instrumental de la técnica de $<0,005$ - $<0,005$ – $<0,049$ - $<0,018$, $<0,6$ mg/L, generando de esta forma un cumplimiento satisfactorio con los límites del decreto 1594/84 que rige la Secretaria de Salud.

Los **sólidos suspendidos totales** se encuentran ligados a la presencia de pequeñas cantidades de materia orgánica y material suspendido, el análisis del laboratorio para el agua superficial del Rio Neusa reportó para este parámetro una concentración de 59 mg/L.

La norma no establece ningún valor ni criterio para analizar el parámetro en los artículos analizados en el presente informe.

De acuerdo con la caracterización realizada se determinaron valores inferiores al límite de detección instrumental para el **Nitrógeno Amoniacal** con datos de ($<0,6$ mg/L N-NH₄), los **Nitratos** registraron valores de 0,819 mg/L en las muestra del agua superficial, por otro lado los **Nitritos** registro valor bastante bajos 0,018 mg/L respectivamente; cumpliendo para los tres parámetros con los artículos 38 y 39 del Decreto 1594/1984 Ministerio de Salud.

Los parámetros de **Sulfatos y Magnesio** analizados en la muestra de agua superficial – AS, presentaron una concentración de (11,3 mg/L) y (1,84 mg/L) . El Decreto 1594/84 no establece límite para evaluar estos parámetros.

Para la determinación de cloruros el análisis del laboratorio reporto una concentración de 10 mg/L CL la cual se encuentra muy inferior al límite del decreto 1594/84 de los artículos 38,v 39 y 40.

Al realizar la determinación de metales en la muestra de agua superficial del rio Neusa se determino que el **Cromo Total** no supero el límite de detección instrumental de la técnica establecida de $< 0,06$.

En cuanto a la concentración de **Tensoactivos** (compuestos relacionados con el uso de detergentes) analizados en la muestra de agua superficial, no superaron el límite de detección instrumental, cuyo valor es de <0,09 mg/L –LAS, cumpliendo con el límite máximo permisible del Decreto 1594/84.

Las concentraciones de los compuestos orgánicos como **Grasas y Aceites** en el agua superficial muestreada en el río Neusa, no superaron el límite máximo permisible de la norma de <0,08 mg/L, valor ligado a ausencia de compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, El decreto 1594/84 no establece límite para evaluar el parámetro.

La **carga orgánica** expresada como contaminantes degradados biológicamente “**DBO₅**”, reportó una concentración de 17 mg/LO₂. Así mismo, dicha carga orgánica, enunciada como contaminantes degradados químicamente “**DQO**”, reportó una concentración de 26 mg/LO₂. El Decreto 1594/84 no establece límite para evaluar dichos parámetros.

De acuerdo a los contenidos obtenidos de iones como **Cloruros**, los cuales presentaron un valor de 10mg/L Cl, se deduce una baja presencia de éstos elementos en los sólidos disueltos, generando de esta forma un cumplimiento así con lo establecido en el Decreto 1594/84 debido a que no supera el límite de los decretos 38 y 39.

Como se presenta en los reportes de resultados obtenidos en el laboratorio el valor de **Fosfatos** fue de 0,161 mg/L P-PO₄₋₃) en la muestra de agua superficial del río Neusa que evidencia el cumplimiento con decreto 1594/84.

Se determinó una concentración de Calcio en la muestra de agua superficial proveniente del río Neusa reportando un valor de 7,93 mg/L como aporte de sales en la muestra de agua debido a que en su mayoría el calcio está compuesto por sales, en cuanto al cumplimiento se presenta satisfactorio el decreto no establece límite para este parámetro.

Los valores analizados por el laboratorio, en cuanto análisis Microbiológico de Bacterias de tipo **E-Coli** y **Coliformes Totales**, reportaron una concentración de 50 NMP/100mL

para E-Coli. El decreto en mención no establece límite para evaluar dicho parámetro; para coliformes totales la concentración fue de 11000000 NMP/100mL, la cual supera límite del decreto 1594/84 artículos 38, 39 y 40.

14.2 PERFIL DE CALIDAD DE AGUA

El perfil de calidad de agua en la Subcuenca del río Neusa se desarrollo en la presente investigación utilizando como instrumento de análisis el índice de calidad de agua ICA desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU (1970, NSF de EE.UU), y descrito en el marco teórico.

14.2.1 Índice de calidad de agua Ica

Este índice fue calculado a partir de la relación de los parámetros fisicoquímicos mediante las funciones de transformación presentadas en la Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental y se adoptó el indicador general ICA basado en el de Martínez de Bacarón, que proporciona un valor global de la calidad del agua, teniendo en cuenta valores individuales de una serie de parámetros utilizando la siguiente expresión:

$$ICA = \frac{K \sum Ci * Pi}{\sum Pi}$$

En donde :

Ci = Valor porcentual asignado a los parámetros

Pi = Peso de importancia asignado a cada parámetro

K = Constante

El valor de la constante k se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Tabla 41. Valores constante K para determinación del ICA. Fuente: Martínez de Bacarón.

K	DESCRIPCIÓN DEL AGUA
1,00	Para aguas claras sin aparente contaminación
0,75	Para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural.

0,50	Para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor
0,25	Para aguas negras que presenten fermentaciones y olores.

En el anexo M se encuentran las curvas de transformación modificadas y los factores de ponderación para poder determinar el puntaje parcial o subíndice necesario para evaluar el ICA, teniendo en cuenta la tabla presentada en el marco teórico, para así presentar los siguientes resultados:

Tabla 42. Cálculo del Índice de Calidad de Agua - ICA para la subcuenca río Neusa.

Fuente: Autoras, 2010.

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (ICA) – SUBCUENCA RÍO ALTO			
Constante para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural (K =0,75)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración Porcentual (Ci)	Ci * Pi
Oxígeno Disuelto	5		0
Coliformes Fecales	1	55,35	55,35
Ph	1		0
DBO5	3	0	0
Nitratos	2	91,82	183,62
Fosfatos	2	91,95	183.9
Temperatura	1		0
Sólidos Totales	1	75,08	75,08
Conductividad	3		0
Dureza Total	1	84,37	84,37
Turbidez	1	32,71	32,71
Cloruros	2	62	124
Sulfatos	2	95,48	190,96
Nitritos	2	74,66	149,32
N-Amoniacal	2	78	156
DQO	3	38	114

Tensoactivos	4	72,5	290
Grasas y Aceites	2	60	180
Sodio	1	94,8	94,8
Calcio	1	100	100
Cadmio	1	100	100
Zinc	1	100	100
Plomo	1	99,2	99,2
Aluminio	1	100	100
TOTAL	43		2413,31
		ICA =	41,14
		CA	MALA

15. CONCLUSIONES

El perfil ambiental de la Subcuenca del Río Neusa desarrollado en la presente investigación nos ofrece una visión real y actualizada de la situación y el estado de los recursos naturales y la problemática presentada. Si bien es cierto que la subcuenca del río Neusa se caracteriza por presentar un elevado potencial de nacimientos de agua, especialmente en lo concerniente al Páramo de Guerrero, Laguna Verde y Reserva Forestal de Rodamental; evidencia problemáticas asociadas a procesos erosivos de origen geológico agravada por la erosión antrópica causada por la tala o deforestación de sus laderas y zonas de bosque andino, el inadecuado uso del suelo en cultivos y diferentes actividades económicas.

La presente investigación enfatiza en el recurso hídrico, el cual es de vital importancia para el desarrollo de las actividades económicas en la Subcuenca. Se realizó el cálculo de los balances hídricos en los que se demostró que para el año seco, medio y húmedo existe una buena oferta de agua durante todo el año llegando incluso hasta 124mm de lamina de agua gracias a los 50mm mensuales que aporta el embalse del Neusa. Estos datos permiten determinar que el aporte de agua por precipitación incluso en el año seco es suficiente para abastecer las necesidades de agua puesto que aunque la cantidad de agua evaporada (evapotranspiración) sobrepasa la cantidad que llega a la subcuenca, la cantidad de agua almacenada alcanza para suplir este déficit hídrico.

Se determinó el índice de escases de agua en la cuenca realizando el cálculo de la demanda y la oferta hídrica y se obtuvieron valores de Índice de escases entre 10.17% y 28.59% evaluado en tres diferentes escenarios climatológicos: tiempo seco, tiempo

medio y húmedo. Lo que indica que la demanda y la oferta no presentan diferencias significativas entre cada una aunque es necesario asignar prioridades a los distintos usos del recurso y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia.

Se evaluó la calidad del recurso en la cuenca a través de un muestreo puntual en el área superficial del Río Neusa, encontrándose que el parámetro crítico que evidencia los problemas de calidad del agua del río Neusa, después de la confluencia con la quebrada Ojo de Agua hasta su desembocadura en el río Bogotá es coliformes totales, cuyo alto valor permite confirmar los problemas observados en las visitas de campo en relación con la falta de protección de la ronda del río a lo largo de la subcuenca. Esta falta de protección implica la presencia de viviendas y pastoreo dentro de dicha ronda, situación que afecta considerablemente la calidad del agua aumentando la presencia de coliformes totales y otros contaminantes en el Río.

.

Los impactos por la actividad doméstica se presentan por el vertimiento de los sistemas de tratamiento del municipio de Cogua en la quebrada Carpintero, del municipio de Nemocón en un vallado que hace parte de la subcuenca del río Checua y los vertimientos de las aguas residuales de las veredas Rodamontal al río Susagua, La Plazuela a la quebrada Ojo de Agua y La Chapa a la quebrada Tenerid. Lo que sugiere la necesidad de implementar sistemas de tratamiento en los puntos anteriormente identificados que no cuentan con estos.

En Cogua no hay lecherías ni otros establecimientos industriales que aporten caudales o cargas industriales de gran tamaño o con capacidad de perturbar el sistema de tratamiento; los impactos por la actividad industrial se relacionan con la detección de una importante afluencia de grasas minerales desde principios del año, que se atribuye a las actividades de talleres automotores, y desechos animales, originados posiblemente en restaurantes y expendios de carnes; los cuales deberían ser auditados constantemente verificando el cumplimiento de las normas departamentales respectivas.

Se realizó la verificación de los módulos de consumo doméstico encontrándose que no se sobrepasaba considerablemente lo establecido por el RAS (120 L/hab-día), esto debido al constante crecimiento poblacional en las áreas rurales y urbanas y así mismo el requerimiento hídrico para satisfacer las necesidades de la población y las actividades económicas sobre todo en lo que se refiere a actividades agrícolas.

De acuerdo con la realidad medioambiental de la Subcuenca del río Neusa, se encontró que los cultivos presentes en la misma, especialmente el cultivo de papa no ha tenido un manejo apropiado a través del tiempo debido a que se han encontrado estos cultivos en un piso térmico mayor (Paramo) al que le corresponde (Frio), lo que implica un deterioro gradual del paramo y con esto una disminución en la cantidad de agua disponible dentro de la cuenca.

La presente investigación sirve de aporte para la ordenación adecuada del recurso hídrico ya que no se contaba hasta el momento con un estudio tan detallado de la Subcuenca del río Neusa que la tomara como un todo y que además estudiara cada una de las unidades de paisaje que la componen, como partes diferenciadas de la cuenca ya que cuentan con condiciones topográficas y socioeconómicas y climáticas propias. En consecuencia sería un error pretender analizar la Subcuenca como si tuviera características homogéneas.

RECOMENDACIONES

La situación ambiental de la Subcuenca del río Neusa, evidenciada a través de la presente investigación, muestra las diferentes problemáticas presentadas principalmente por procesos erosivos de origen geológico, por la erosión antropica causada por la tala o deforestación de sus laderas y zonas de bosque andino, por inadecuado uso del suelo y afectación a la calidad y cantidad del recurso hídrico. Cada uno de los aspectos anteriores debe orientar a la autoridad ambiental hacia la toma de decisiones inmediatas que ayuden a preservar la calidad de los recursos y que al mismo tiempo esté en concordancia con el desarrollo industrial, social y económico de la Subcuenca, para lograr de esta manera un desarrollo integral sostenible, incorporando además a los habitantes de la cuenca en este proceso, buscando que se involucren en un proceso de recuperación ambiental por medio de programas de capacitación, talleres y proyectos para lograr un cambio de actitud en relación al uso adecuado de los recursos naturales.

Para tal fin es necesario partir del saneamiento básico a nivel urbano y rural es decir asegurar que existan sistemas de abastecimiento de agua en calidad y cantidad suficientes, lo que involucra programas de conservación, protección y recuperación de los ecosistemas estratégicos en la Subcuenca asociados a las zonas de recarga hídrica. También impulsar el desarrollo de sectores agropecuarios y sistemas productivos agroforestales, la promoción del ecoturismo y el fortalecimiento de programas actuales en cuanto a las áreas protegidas pero que incorporen además la investigación científica en cuanto a flora y fauna y de esta manera lograr un adecuado ordenamiento ambiental que garantice un adecuado manejo de los recursos naturales, buena calidad del recurso

hídrico, manejo sostenible de los ecosistemas y reservas naturales presentes en la Subcuenca, así como la conservación y preservación de su biodiversidad .

Estas acciones constituyen la base orientadora para el desarrollo sostenible en la región ya que la Subcuenca del río Neusa es parte integrante de la Cuenca del río Bogotá y esta última abarca las zonas con mayor densidad poblacional dentro del territorio nacional y con la mayor concentración de la producción nacional, especialmente en los sectores agropecuarios, industriales y de servicios. Por lo tanto al conservar, restaurar y proteger la Subcuenca del río Neusa se avanza en el saneamiento, regulación ambiental y equilibrio ecológico de la cuenca del río Bogotá, afectada principalmente por el alto nivel de degradación de la calidad del agua gracias a el vertimiento de aguas residuales e industriales provenientes de los diferentes municipios que recorre.

16. BIBLIOGRAFÍA

- CASTRO., Miguel Alfonso, GUZMÁN M., Orlando. Estudio comparativo de fórmulas de evapotranspiración potencial en Colombia. *Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras -HIMAT-*.Bogotá D.C., Agosto de 1985.
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, *Documento Compes 3320 – Estrategia para el Manejo Ambiental del río Bogotá*. Bogotá, D.C, 2004.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, *Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá – Subcuenca río Alto Bogotá*. Bogotá, D.C., 2004.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, *Estudio para la Determinación de Módulos de consumo para beneficio Hídrico – Volumen I – II*. Bogotá, D.C., 1993.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Nemocon . Documento Técnico Volumen I. 1999 – 2006.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS BOGOTÁ, UBATÉ Y SUÁREZ. *Programa de Saneamiento Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá*. Proyecto CAR-BID.DNP-DDTS-Subdirección de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. Documentos de Trabajo. Mayo 15 de 2007

- DOMÍNGUEZ CALLE, Efraín Antonio. “El estudio Nacional del agua un compendio sobre el recurso hídrico en Colombia”. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Grupo de Investigación en Hidrología. 2005
- DOUROJEANNI, A. et.al. *Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica*. CEPAL. 2002.
- GARCÍA L, MARTÍNEZ Otero A, Vídriales Chan G. *Balance hídrico de la cuenca del Río Pixquiac*. Fondo Mexicano para la Conservación de La Naturaleza, A.C. (FMCN).
-
- GRANADOS, S.I.J.G., Rafael M. *Historia de Colombia*. Ed. Voluntad Ltda. Bogotá 1960.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ADECUACIÓN DE TIERRAS HIMAT. *Estudio comparativo de formulas de evapotranspiración en Colombia*.1985.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). *Estudio nacional del agua. Balance Hídrico y relaciones Demanda – oferta en Colombia e indicadores de sostenibilidad, proyectados para los años 2015 y 2025*. Segunda versión. Bogotá D.C., 2000.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA DE ESPAÑA /U N E S C O. *Guía internacional de investigación y métodos. Métodos de cálculo del balance hídrico*. 2005
- INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ADECUACIÓN DE TIERRAS HIMAT. *Conceptos básicos y métodos de cálculo del balance hídrico Bogotá*. 1987.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*. 2004
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. *Tesis y otros trabajos de grado*, Bogotá D.C.: ICONTEC., 2002. NTC 1486.KIELY, Gerard. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías, y sistemas de control. Mc Graw Hill.

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC, *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Cundinamarca*. Bogotá, D.C., 2000.
- MASSIRIS CABEZA, Ángel. "Ordenamiento territorial: Experiencias internacionales y desarrollos conceptuales y legales realizados en Colombia. Publicado en la Revista del Programa de Posgrado en Geografía –EPG-, PERSPECTIVA.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. *Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma. 2006.
- REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS – 2000, *Sección II, Título B – Sistemas de Acueducto*. Bogotá D.C., 2000.
- SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LOS EE.UU. *National Engineering Handbook (NEH), Hydrology, Section 4, Chapter 10. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall*. Washington D.C.1972.
- UNIVERSIDAD DE LA SALLE - GRUPO DE INVESTIGACIONES EN TOXICOLOGÍA Y CUENCAS HIDROGRÁFICAS. *Ordenación del Recurso Hídrico de la cuenca del río Bogotá, basada en el contexto de sus realidades Socio Ambientales y Ecotoxicológicas*. Bogotá D.C., Octubre de 2008.
- VEN TE CHOW 1994. *Hidraulica de canales Abiertos*. Mac Graw Hill.