



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Perfil Ambiental de la Sub-Cuenca del Rio Lenguaque

July Caterine Charry Otálora

Lizeth Viviana Riaño Cantor

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá Colombia

2015

Perfil Ambiental de la Sub Cuenca del Rio Lenguazaque

July Caterine Charry Otálora

Lizeth Viviana Riaño Cantor

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Directora:

Ana Paola Becerra Quiroz

Línea de Investigación:

Solución a un problema de ingeniería

Universidad Santo Tomas

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá Colombia

2016

Resumen

La importancia que representa en la actualidad contar con información ordenada y relevante sobre las condiciones del medio ambiente, asegura una adecuada gestión y ordenación del mismo. La presente investigación, tomó como lineamientos el cumplimiento legal ambiental, en cuanto manejo y ordenación de cuencas hidrográficas y el estado actual de los recursos naturales como es el caso de la sub-cuenca de Lenguazaque, teniendo en cuenta la interacción con la población que abastece. Se inició con el reconocimiento de las características bióticas y abióticas como vegetación, fauna, flora, suelos y agua, posteriormente se estableció su relación con el uso y aprovechamiento que los usuarios han destinado a los mismos para su sustento, evidenciando los impactos negativos que se han generado por el manejo inadecuado de los recursos naturales. Con el apoyo del software Arc Gis 10.3.1 se determinaron las características morfométricas de la subcuenca, con el fin de obtener un reconocimiento del área objeto de estudio y en último lugar se evaluó el estado de la calidad de agua con base en parámetros físico-químicos analizados por el laboratorio Conocer Ltda., entidad certificada por el IDEAM, los cuales mediante el índice de calidad de agua ICA e ICOMO determinaron la degradación de la calidad hídrica a través de un periodo de tiempo.

Finalmente, la presente investigación obtuvo un documento diagnóstico de la subcuenca del río Lenguazaque, a través del análisis de las interacciones sociales y ambientales actuales, basadas en la oferta y demanda del recurso hídrico en términos de calidad y cantidad, revelando la presión al ecosistema natural, fundamentando la problemática ambiental.

La subcuenca hace referencia a los territorios que drenan por cursos de agua, que desembocan en el curso principal de una cuenca, es decir la cuenca se sub divide en subcuencas que corresponden a los cursos de agua que terminan en el curso principal.

PERFIL AMBIENTAL, RECURSO HIDRICO, SUB CUENCA HIDRIGRAFICA.

Abstract

The importance now accounts have ordered and relevant information on the conditions of the environment information, ensures proper management and planning of it. This research took as environmental legal compliance guidelines, as management and watershed management and the current state of natural resources such as the sub-basin Lenguazaque, taking into account the interaction with the population that caters . It began with the recognition of biotic and abiotic features such as vegetation, fauna, flora, soil and water, then its relationship to the

use and exploitation that users have been allocated to them for sustenance was established, showing the negative impacts they have been generated by the mismanagement of natural resources. With the support of Arc Gis software 10.3.1 morphometric characteristics of the watershed were determined in order to obtain a survey of the area under study and ultimately the state of water quality was evaluated based on physicochemical parameters chemicals analyzed by the laboratory know Ltda., an entity certified by the IDEAM, which means the water quality index determined ICOMO ICA and degradation of water quality through a period of time.

Finally, this research received a diagnosis document Lenguazaque the basin of river, through the analysis of current social and environmental interactions, based on supply and demand of water resources in terms of quality and quantity, pressure revealing the natural ecosystem , basing environmental issues.

The sub refers to the territories drained by streams that flow into the main course of a basin, the basin is divided into sub sub corresponding to watercourses that end in the main course.

ENVIRONMENTAL PROFILE, WATER RESOURCES, SUB BASIN
HIDRIGRAFICA.

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	9
2	MARCO REFERENCIAL	12
2.1	MARCO TEÓRICO	12
2.1.1	<i>Perfil Ambiental</i>	12
2.1.2	<i>Ordenamiento Territorial</i>	12
2.1.3	<i>Cuenca hidrográfica como unidad adecuada para la ordenación</i>	13
1.2.3	<i>Clasificación fisiográfica</i>	13
2.1.3.1	Unidades de paisaje	13
2.1.3.2	Provincia fisiográfica	13
2.1.3.3	Unidad climática	13
2.1.3.4	Gran paisaje (unidad genética de relieve)	14
2.1.3.5	Paisaje fisiográfico	14
2.1.3.6	Sub paisaje	14
2.1.4	<i>Unidades de uso de suelo</i>	14
2.1.5	<i>Unidades cartográficas del suelo</i>	15
2.1.6	<i>Cuenca hidrográfica y el recurso hídrico</i>	15
2.1.7	<i>Calidad de agua del río Lenguazaque</i>	16
2.1.8	<i>Índice de Retención y Regulación Hídrica</i>	16
2.1.9	<i>Caudal Ambiental</i>	17
2.1.10	<i>Índice de Uso de Agua (IUA)</i>	17
2.1.11	<i>Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico</i>	19
2.1.12	<i>Índice de contaminación (Ico's)</i>	20
2.1.12.1	Índice de Contaminación por Materia Orgánica, ICOMO	21
2.1.13	<i>Índice de contaminación por sólidos suspendidos, ICOSUS</i>	21
2.1.14	<i>Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)</i>	22
2.1.15	<i>Índice de Contaminación por pH (Icoph)</i>	22
2.1.16	<i>Índice de Calidad del Agua (Ica's)</i>	22
2.1.17	<i>Oferta hídrica superficial neta</i>	23
2.1.18	<i>Demanda de agua</i>	23
2.1.19	<i>Balance hídrico general</i>	24
2.1.19.1	Entradas	24
2.1.19.2	Relación precipitación- escorrentía	24
2.1.19.3	Almacenamiento	25
2.1.19.4	Salidas	25
2.2	MARCO INSTITUCIONAL	27
2.2.1	<i>Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial</i>	27
2.2.2	<i>Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR)</i>	27
2.2.3	<i>Alcaldías municipales</i>	27
2.3	MARCO LEGAL	28
2.4	METODOLOGÍA	30
3	DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA	32
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
3.1.1	<i>Localización Geográfica</i>	32
3.1.2	<i>Morfología de la cuenca hidrográfica</i>	33
3.2	CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA DE LA CUENCA	34
3.2.1	<i>Clima</i>	34
3.2.1.1	Precipitación	35

3.2.1.2	Temperatura	37
3.2.1.3	Humedad relativa.....	38
3.2.1.4	Brillo Solar	40
3.2.1.5	Radiación Solar	41
3.2.1.6	Evaporación.....	43
3.2.1.7	Velocidad y dirección del viento	45
3.2.2	<i>Hidrología</i>	45
3.2.3	<i>Geología</i>	47
3.2.3.1	Geología estructural	47
3.2.3.2	Geomorfología	48
3.2.3.3	Geología económica.....	48
3.2.4	<i>Suelos</i>	48
3.3	CARACTERIZACIÓN BIÓTICA	49
3.3.1	<i>Vegetación</i>	49
3.3.2	<i>Fauna</i>	49
3.3.3	<i>Laguna de Fúquene</i>	50
3.3.4	<i>Páramo de Rabanal</i>	51
3.4	CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	51
3.4.1	<i>Sistema de abastecimiento de agua potable</i>	51
3.4.1.1	Planta de tratamiento de agua potable.....	51
3.4.1.2	Sistema de alcantarillado.....	53
3.4.2	<i>Manejo de residuos sólidos</i>	53
3.4.3	<i>Actividades económicas</i>	54
3.4.4	<i>Infraestructura vial y turismo</i>	54
3.4.5	<i>Cuenca del río Lenguazaque y su problemática</i>	54
4	ESTUDIO DE LA CUENCA	55
4.1	DIVISIÓN DE LA CUENCA POR UNIDADES DE USO DE SUELO.....	55
4.2	CALCULO DE BALANCES HÍDRICOS	56
4.2.1	<i>Balance hídrico general</i>	56
4.2.2	<i>Balance hídrico climático</i>	57
4.2.3	<i>Balance hídrico agrícola</i>	60
4.3	MODULOS DE CONSUMO.....	61
4.3.1	<i>Determinación de la demanda de agua</i>	62
4.3.1.1	Uso domestico	62
4.3.1.2	Uso Agrícola	64
4.3.1.3	Uso Pecuario	65
4.4	OFERTA HIDRICA	67
4.5	ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA.....	69
4.6	CAUDAL ECOLÓGICO	70
4.7	ÍNDICE DE USO DEL AGUA	70
4.8	VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO	71
4.9	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	71
4.9.1	<i>Estimación de Ico's</i>	72
4.9.2	<i>Estimación del Ica</i>	74
4.10	GLOSARIO	74
5	CONCLUSIONES.....	77
6	RECOMENDACIONES	79
7	BIBLIOGRAFÍA.....	80

Lista de Figuras

Figura 3-1 Localización cuenca del río Lenguazaque	32
Figura 3-2. Ubicación Río Lenguazaque	34
Figura 3-3. Histograma de precipitación media mensual estación el espino.	35
Figura 3-4. Histograma de precipitación media mensual estación el triángulo.	35
Figura 3-5. Histograma de precipitación media mensual estación tapias.	36
Figura 3-6. Histograma de precipitación media mensual estación el puente.	36
Figura 3-7. Gráfica de regresión de gradiente térmico.	38
Figura 3-8. Histograma humedad relativa estación Sutatausa.	39
Figura 3-9. Histograma humedad relativa estación Guachetá.	39
Figura 3-10. Histograma humedad relativa Estación Novilleros.	39
Figura 3-11. Histograma horas de brillo solar San Miguel de Sema.	40
Figura 3-12. Histograma horas de brillo solar Novilleros.	40
Figura 3-13. Histograma horas de brillo solar Esclusa Tolón.	41
Figura 3-14. Histograma radiación solar estación Simijaca.	42
Figura 3-15. Histograma radiación solar estación San Miguel de Sema.	42
Figura 3-16. Histograma radiación solar estación Novilleros.	42
Figura 3-17. Histograma radiación solar estación Esclusa Tolón.	43
Figura 3-18. Histograma de evaporación estación Simijaca.	43
Figura 3-19. Histograma de evaporación estación Esclusa Tolón.	44
Figura 3-20. Histograma de evaporación estación San Miguel de Sema	44
Figura 3-21. Histograma de evaporación estación Novilleros.	44
Figura 3-22. Histograma de caudales medios mensuales estación Boquerón m ³ /S	45
Figura 3-23. Curva de duración caudal media mensual estación Boquerón m ³ /S	46
Figura 4-1. Demanda Agrícola para el año seco	64
Figura 4-2. Demanda Agrícola para el año medio	65

Lista de Ilustraciones

Ilustración 3-1. Planta de tratamiento de agua potable municipio de Lenguazaque.	52
Ilustración 3-2. Planta de tratamiento de agua potable municipio Lenguazaque	53

Lista de Tablas

Tabla 2-1 Usos del suelo en la subcuenca del río Lenguazaque	14
Tabla 2-2. Calificación de los rangos de valores IRH	16
Tabla 2-3. Rangos y Categorías Usos de Agua	18
Tabla 2-4. Matriz de relación para categorizar el índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH)	19
Tabla 2-5. Valor del índice de Ico's	20
Tabla 2-6. Rango y Clasificación de las condiciones ambientales	23
Tabla 2-8. Categorías del índice de escasez.	28
Tabla 2-9. Metodología para el desarrollo del perfil ambiental de la subcuenca del río Lenguazaque.	30
Tabla 3-1 Características morfométricas de la sub cuenca del rio Lenguazaque	33
Tabla 3-2. Promedios mensuales multianuales.	37
Tabla 3-3. Estaciones empleadas en el cálculo del gradiente térmico.	37
Tabla 3-4. Distribución de caudales medios.	47
Tabla 4-1. Unidades de uso del suelo de la cuenca del río Lenguazaque	55
Tabla 4-2. Balance hídrico general año seco	56
Tabla 4-3. Balance hídrico general año medio	57
Tabla 4-4. Balance hídrico general año húmedo	57
Tabla 4-5. Temperatura Media Mensual	58
Tabla 4-6. Índice de Calor Mensual	58

Tabla 4-7. Evapotranspiración Potencial Corregida -----	59
Tabla 4-8. Capacidad de almacenamiento -----	59
Tabla 4-9. Diferencia entre precipitación y evapotranspiración-----	59
Tabla 4-10. Balance Hídrico Climático para la unidad de suelo MGFc para el año seco -----	60
Tabla 4-11. Balance Agrícola unidad de suelo MGFc año medio -----	60
Tabla 4-12. Continuación-----	61
Tabla 4-13. Continuación-----	61
Tabla 4-14. Consumo promedio de agua para la cuenca del río Lenguazaque -----	62
Tabla 4-15. Población Urbana y Rural de la sub cuenca del Río Lenguazaque-----	62
Tabla 4-16. Demanda doméstica para el municipio de Cucunuba -----	63
Tabla 4-17. Demanda doméstica para el municipio de Guachetá -----	63
Tabla 4-18. Demanda doméstica para el municipio de Lenguazaque -----	63
Tabla 4-19. Demanda doméstica para el municipio de Suesca -----	64
Tabla 4-20. Distribución ganadera y pecuaria para la cuenca del río Lenguazaque -----	65
Tabla 4-21. Densidad de animales del sector pecuario -----	65
Tabla 4-22. Número de cabezas de animales dentro de la cuenca -----	66
Tabla 4-23. Demanda Hídrica pecuaria cuenca del río Lenguazaque -----	66
Tabla 4-24. Determinación de Escorrentía para la cuenca del río Lenguazaque -----	67
Tabla 4-25. Oferta Hídrica Bruta -----	68
Tabla 4-26. Calculo del Régimen de Estiaje (Re) -----	68
Tabla 4-27. Calculo del factor de reducción por irregularidad temporal -----	69
Tabla 4-28. Oferta hídrica neta -----	69
Tabla 4-29. Oferta hídrica neta -----	69
Tabla 4-30. Oferta hídrica neta -----	70
Tabla 4-32. Descripción punto de monitoreo – Agua superficial – Río Lenguazaque-----	71
Tabla 4-33. Toma de muestras – Agua Superficial – Río Lenguazaque -----	72
Tabla 4-34. Ico's - Agua Superficial – Río Lenguazaque -----	73
Tabla 4-35. Ica's Río Lenguazaque -----	74

Lista de Anexos

ANEXO I. _____	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO II. _____	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO III. _____	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO IV. _____	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO V. _____	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO VI. _____	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO VII. _____	¡Error! Marcador no definido.

1 Introducción

El Perfil Ambiental es un documento cuya finalidad es presentar el estado ambiental de un área de estudio determinada, este contiene información detallada de un área determinada de estudio y un conglomerado de información que describe las características medio-ambientales presentes que inciden en el estado de los recursos y su estado actual. En la actualidad esta es una herramienta de ayuda como línea base para la implementación de diferentes proyectos u obras que afecten directamente los recursos naturales entregando un estimado real del estado actual de los mismos con el fin de realizar un comparativo respecto a los impactos positivos generados por una obra o actividad nuevas.

En particular La sub cuenca del Rio Lenguazaque está siendo sometida a diversas presiones, causadas por actividades antrópicas extendidas en la zona, son cuatro municipios (Cucunubá, Guachetá, Lenguazaque, y Suesca), los cuales se abastecen o descargan sobre este cause en diversas actividades como la ganadería, la agricultura, y finalmente la minería.

El perfil ambiental de la subcuenca del río Lenguazaque refleja la información actual de la realidad social y ambiental que confluye en torno a las actividades propias realizadas en la misma, y cuyos sistemas de abastecimiento aprovechan la oferta hídrica que representa la subcuenca. Este estudio tiene como objetivo consolidar y actualizar información ambiental de la subcuenca del Rio Lenguazaque, con base en factores bióticos, físicos, económicos y sociales que interactúan en el medio en el que se desarrolla la comunidad, a su vez se contemplan las presiones que se ejercen y que generan impactos negativos con fin de garantizar un documento base, para el uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, garantizando una gestión y organización adecuada de la subcuenca.

Para el desarrollo de esta investigación se estudiaron las características morfométricas de la subcuenca en cuanto a forma, tamaño, relieve e hidrología de la zona. Para comprender mejor su comportamiento, se analizó la distribución climática, con información obtenida de las estaciones hidrometeorológicas de la Corporación Autónoma Regional (CAR), se determinó la oferta hídrica y el índice de escasez con base a tres posibles escenarios climáticos año húmedo, medio y seco para cada una de las unidades de suelo presentes en el área objeto de estudio. Se realizó la verificación de módulos de consumo de agua, a través de la aplicación de encuestas a la población perteneciente a la cuenca, sus resultados se evaluaron de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), de igual manera se determinó el caudal

ecológico con información de la estación hidrometereológica del Boquerón con el fin de identificar la oferta hídrica neta. Finalmente es realizado un monitoreo de agua superficial, del cual se analizaron parámetros físico químicos que establecieron la calidad de agua de la zona.

Como resultado, se logró la consolidación de la información ambiental actual representativa de la subcuenca del río Lenguazaque, se estableció la condición hídrica del área objeto de estudio en términos de cantidad y calidad, y se analizaron los usos principales que se le otorgan a los recursos naturales por parte de la sociedad que con el medio interactúa, dando origen al perfil ambiental de la subcuenca del río Lenguazaque como base para la gestión, manejo y ordenación del recurso hídrico en el contexto de su realidad social y ambiental.

Objetivo General

Elaborar el perfil ambiental de la subcuenca del río Lenguazaque, en el contexto de su realidad medioambiental como base para la ordenación del recurso hídrico.

Objetivos Específicos

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

2 Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Perfil Ambiental

El perfil ambiental, es una herramienta de recolección de información relevante con datos actualizados sobre el medio ambiente de una cuenca hidrográfica o un área específica en general, basado en el análisis de indicadores que reflejan el estado actual de los recursos su uso y oferta.

Entre los objetivos principales de un perfil ambiental se encuentran analizar la base de recursos naturales para el desarrollo de la cuenca según su disponibilidad y estado, forma de uso y manejo, grado y tasa de degradación, potencial para su regeneración y para la aplicación de una metodología de manejo de recursos integrada y sostenible. Por otra parte determina los efectos ambientales del mal uso de los recursos y sus causas principales, haciendo recomendaciones para la ejecución de proyectos y programas. A su vez, las interrelaciones institucionales promueven investigaciones enfocadas a la prevención de la degradación de los recursos naturales y el deterioro del medio ambiente. Como resultado se obtiene en un solo documento los datos e información relacionados con el manejo apropiado de recursos en forma integrada, para uso y referencia de los encargados de tomar decisiones y de Llevarlas a cabo.

Este documento se consolida como un instrumento eficaz para medir la transparencia y efectividad de la normatividad ambiental aplicada al área de estudio.

2.1.2 Ordenamiento Territorial

El ordenamiento territorial tiene como objetivo la planificación y gestión de las entidades territoriales, para que de manera progresiva, se logre una adecuada organización político administrativa del espacio, esto con el fin de promover la planeación, gestión y administración del territorio creando espacios para el desarrollo económico, social y ambientalmente sostenible. Estos fines se cumplen a través del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el cual mejora la calidad de vida de los habitantes, garantiza el acceso a espacios públicos como, colegios, hospitales, servicios públicos y vivienda digna, provee la utilización moderada del

suelo para la preservación del patrimonio y vela por la sostenibilidad ambiental.[3,4]

2.1.3 Cuenca hidrográfica como unidad adecuada para la ordenación

La ordenación y administración de las cuencas hidrográficas, son un aspecto importante para el manejo de los recursos naturales renovables asociados a la cuenca, ya que este se mantiene en constante interacción con el sistema socioeconómico y cultural. Las cuencas hidrográficas son objetivo de estudio para el manejo hidrológico, pero en esta investigación estará enfocada como unidad territorial para la gestión integrada del agua, ya que la gestión del conocimiento constituye y orienta los procesos de investigación de la cuenca hidrográfica como unidad adecuada para la ordenación, será el inicio de datos adecuados para la planificación ambiental del territorio. [4,5]

1.2.3 Clasificación fisiográfica

2.1.3.1 Unidades de paisaje

Las unidades de paisaje son el resultado de la combinación de áreas con características similares que interactúan entre sí, se establecen como determinantes en un territorio o un área cuando se quiere identificar la dinámica física, biológica y antrópica de la zona de estudio. [6,7] Dentro de ellas se encuentran:

2.1.3.2 Provincia fisiográfica

Es un área en la que se evidencia una o más unidades climáticas, influenciadas por características topográficas, geológicas y espaciales, como las estructuras predominantes de la zona y procesos tectónicos que dieron origen a las formas de relieve. [6,7]

2.1.3.3 Unidad climática

Es un factor que influye en la formación de los suelos y en la distribución de la vegetación. Comprende aquellas tierras cuya temperatura promedio anual y la humedad disponible son lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en

unidades de paisaje similares en cuanto a cobertura vegetal o en el uso de la tierra. [6,7]

2.1.3.4 Gran paisaje (unidad genética de relieve)

Es semejante en términos geomorfológicos con la unidad genética de relieve, esta está determinada por unidad climática, dentro de una provincia fisiográfica. Comprende conjuntos de paisajes con similitudes de tipo espacial, geogenéticos, litológico y topográfico además deben estar regidos por un mismo clima. [6,7]

2.1.3.5 Paisaje fisiográfico

Se describen como zonas en las que sus características morfológicas, climáticas y de material parental presentan homogeneidad con otras zonas permitiendo así una cobertura vegetal o capacidad de uso del suelo similar. [6,7]

2.1.3.6 Sub paisaje

Es la división de los paisajes fisiográficos se realiza con el propósito de identificar el uso y manejo potencial de los suelos. Se determina por sus características morfométricas tipo de paisaje, grado de pendiente, tipo de la erosión, clase de condición de drenaje, grado de disección natural o geológica. [6,7]

2.1.4 Unidades de uso de suelo

El suelo es clasificado por su capacidad de uso, teniendo en cuenta sus características climáticas y geológicas. Dentro de la cuenca sus habitantes le otorgan diferentes aprovechamientos en, agricultura, ganadería y vivienda, como se refleja en la siguiente tabla

Tabla 2-1 Usos del suelo en la subcuenca del río Lenguazaque

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	USO DEL SUELO	AREA (Ha)
Montaña	Glacis de Acumulación y Lomas	Reforestación, fortalecimiento y favorecimiento de la regeneración espontánea de la vegetación natural.	4879,32

	Crestas y Escarpes mayores	Conservación de flora y fauna silvestre, protección de los recursos hídricos.	1885,37
	Crestones	Reforestación protección y conservación de la vida silvestre.	3833,84
	Lomas	Agricultura semi intensiva y extensiva y agricultura de subsistencia con cultivos transitorios.	6532,25
	Glacis Coluvial	Ganadería Semi intensiva y extensiva y agricultura de subsistencia con cultivos transitorios.	3914,37
	Lomas	Agricultura Semi Intensiva de orientación semi comercial y ganadería semi intensiva con doble propósito.	2860,3
	Espinazos	Bosque de protección y producción.	8176,36
	Crestones	Bosque de protección y producción.	6737,11
Planicie	Planos de Inundación	Ganadería extensiva para producción de carne.	2564,59
	Terrazas	Ganadería extensiva y semi intensiva para doble propósito.	10285,6
Altiplanicie estructural	Lomas y glacis	Agricultura de orientación semi comercial, subsistencia y ganadera extensiva y semi intensiva para producción de carne.	24851,8

Fuente. Modificado de Informe de la fase de diagnóstico para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suarez. 2006

2.1.5 Unidades cartográficas del suelo

Las unidades cartográficas de suelos están compuestas por varios tipos de relieve con características similares que determinan una unidad de paisaje. [6,7] (Ver Anexo I)

2.1.6 Cuenca hidrográfica y el recurso hídrico

Las cuencas hidrográficas son de gran importancia para la conservación del medio ambiente, puesto que son utilizadas principalmente como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano, es por esto, que se debe evitar su contaminación. La conservación de las cuencas hidrográficas debe hacerse de forma integral, teniendo en cuenta todos los ecosistemas que en ella interactúan, evitando la tala indiscriminada de bosques, la caza de fauna, el uso indiscriminado

del agua y su contaminación, los incendios y el uso de pesticidas, entre otros, siendo estos algunos de los factores que alteran la conservación de las cuencas hidrográficas. Es por ello que los estudios enfocados al recurso hídrico disponible de las cuencas hidrográficas, son de gran importancia para mantener en equilibrio el ecosistema. [8]

2.1.7 Calidad de agua del río Lenguazaque

El río Lenguazaque es el cauce principal de la cuenca, en el desembocan el río Tibita, las quebradas Gachaneca y Ovejeras, su principal impacto está representado por el municipio de Lenguazaque, el cual tiene su captación aguas arriba para el abastecimiento de la población urbana, el municipio cuenta con planta de tratamiento de agua potable. El área rural se provee mediante aljibes y pozos, los vertimientos líquidos son depositados directamente al río Lenguazaque aguas abajo del municipio y son de tipo doméstico, agrícola e industrial de la zona carbonera. [1]

2.1.8 Índice de Retención y Regulación Hídrica

Las características del régimen hidrológico, además de los factores meteorológicos, están determinadas por la interacción de la cobertura de la superficie terrestre y, en gran medida, por los procesos del agua en el suelo; estos últimos, con particular influencia en la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica.

El índice de retención y regulación evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema producto de la interacción suelo vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca. Este indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto.

Tabla 2-2. Calificación de los rangos de valores IRH

Rango de valores del Indicador	Calificación	Descripción
>0.85	MUY ALTA	Muy alta retención y regulación de humedad
0.75 – 0.85	ALTA	Alta retención y regulación de humedad
0.65 – 0.75	MODERADA	Media retención y regulación de humedad media
0.50 – 0.65	BAJA	Baja retención y regulación de humedad
<0.50	MUY BAJA	Muy baja retención y regulación de e humedad

Fuente. ENA 2014

2.1.9 Caudal Ambiental

De acuerdo con el Decreto 3930 de 2010, se define como: “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Año hidrológico medio (IDEAM, 2010): está definido por los caudales medios mensuales multianuales de la serie histórica de caudales medios.

El resultado del análisis permite identificar grupos por la determinación del caudal ambiental. Un grupo corresponde a cuencas con autorregulación alta y poca viabilidad de causas diarias, en el cual se considera el valor representativo Q85 de la curva de duración (caudal igualado o superado al 85% del tiempo); este valor característico se aplica a estaciones con un IRH igual o superior a 0.70 (alta retención o regulación), El segundo grupo corresponde a estaciones con valores de IRH inferiores a 0.70 para las cuales se asigna el valor característico Q75 de la curva de duración de caudales medios diarios en la determinación del caudal ambiental.

2.1.10 Índice de Uso de Agua (IUA)

Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona). En relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales. (IDEAM, 2010a). Se continúa considerando aun solamente la oferta superficial en el cálculo del indicador, para lo cual se emplea la siguiente expresión:

$$IUA = (Dh/Oh)*100$$

Dónde:

Dh: demanda hídrica sectorial

Oh: Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental).

$Dh = \sum$ (Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado)

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica

Ch: Consumo humano o doméstico

Csp: Consumo del sector agrícola

Csm: Consumo del sector industrial

Ccss: Consumo del sector servicios

Ce: Consumo del sector energía

Ca: Consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

$$Oh = Oh_{total} - O Q_{amb}$$

Donde:

Oh total es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada

OQ amb: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

Tabla 2-3. Rangos y Categorías Usos de Agua

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1.0 - 20	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente. ENA 2014

2.1.11 Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico

Este indicador mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño)– podría generar riesgos de desabastecimiento. (IDEAM, 2010a). El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA).

Tabla 2-4. Matriz de relación para categorizar el índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH)

Categorías Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH)		
Índice de uso de agua	Índice de regulación	Categoría Vulnerabilidad
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente. ENA 2014

2.1.12 Índice de contaminación (Ico's)

Los índices de contaminación (Ico's) permiten evaluar cuantitativamente el impacto que sobre un cuerpo de agua produce una carga contaminante, empleando un código de colores, que indica el Rango de los Ico's calculados en cada punto de muestreo. En la siguiente tabla se observa el valor de índice de los Ico's. [9]

Tabla 2-5. Valor del índice de Ico's

VALOR DEL ÍNDICE	RANGO
0,000 – 0,200	Muy Bajo
0,200 - 0,400	Bajo

0,400 – 0,600	Medio
0,600 – 0,800	Alto
0,800 – 1,000	Muy alto

Fuente. Ramírez & Viña, Limnología Colombiana (1998)

Los índices se calculan relacionando los parámetros fisicoquímicos mediante análisis matemático a través de las siguientes ecuaciones [10]:

2.1.12.1 Índice de Contaminación por Materia Orgánica, ICOMO

Está definido por la ecuación:

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I.DBO + I.COLTOT + IOXIGENO\%) \quad (1-1)$$

Dónde:

ICOMO : Índice de contaminación por materia orgánica

I.DBO : Índice de DBO

I.COL.TOT. : Índice de Coliformes totales

I.oxígeno % : Índice de porcentaje de saturación de oxígeno

2.1.13 Índice de contaminación por sólidos suspendidos, ICOSUS

El índice de contaminación por sólidos suspendidos, está relacionado con la concentración de este parámetro, según la siguiente ecuación:

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 * Sólidos Suspendidos\left(\frac{mg}{L}\right) \quad (1-2)$$

Dónde:

Sólidos. Suspendidos= Sólidos suspendidos menores a 10 mg/L, ICOSUS =0

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L, ICOSUS =1

2.1.14 Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

Es el valor promedio de los índices de cada una de las 3 variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 a 1; valores muy bajos cercanos a cero reflejan baja contaminación por mineralización y cercanos a uno lo contrario. [11] La fórmula general para su cálculo es:

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I. \text{conductividad} + I. \text{dureza} + I. \text{alcalinidad}) \quad (1-3)$$

Dónde:

ICOMI: Índice de contaminación por mineralización.

I. Conductividad: Índice de conductividad

I. Dureza: Índice de dureza

I. alcalinidad : Índice de alcalinidad

2.1.15 Índice de Contaminación por pH (Icoph)

El índice de contaminación por pH, está relacionado con el valor de este parámetro, según la siguiente fórmula:

$$Icoph = \frac{e^{-31.08+3.45ph}}{1+e^{-31.08+3.45ph}} \quad (1-4)$$

2.1.16 Índice de Calidad del Agua (Ica's)

Por medio de los índices de calidad se evalúa cuantitativamente el impacto que produce una carga contaminante sobre un cuerpo de agua. Los índices se calculan al relacionar los parámetros fisicoquímicos mediante tratamiento matemático a través de los subíndices de calidad (X_n) y el factor de ponderación (W_n). [10,11] El Ica se define como:

$$ICA = \frac{\sum X_n * W_n}{\sum W_n} \quad (1-5)$$

Los Ica's se determinan y evalúan teniendo en cuenta la (tabla 1-5), donde se señalan rangos, clasificación de condiciones ambientales del ICA y los subíndices (Xn) de clasificación de aguas.

Tabla 2-6. Rango y Clasificación de las condiciones ambientales

RANGOS Y CLASIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL ICA					
RANGO ICA	CONDICIÓN AMBIENTAL				
0,81- 1,00	CUERPO DE AGUA CON NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLES				
0,51- 0,80	CORRIENTE CON INDICIOS DE CONTAMINACION				
0,21- 0,50	ESTADO DE CONTAMINACION QUE REQUIERE ATENCION INMEDIATA				
< 0,20	ECOSISTEMA FUERTEMENTE CONTAMINADO				
SUBÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN HORTON					
SUBINDICE (Xn)	1,00	0,80	0,50	0,20	0,00
CALIDAD	EXCELENTE	BUENA	LIGERAMENTE CONTAMINADA	CONTAMINADA	MUY CONTAMINADA
PARÁMETROS	CONCENTRACIONES				
pH (mínimo)	7,00	6,00	5,00	4,50	< 4,00
pH máximo	8,00	8,50	9,00	9,50	> 10,00
CONDUCTIVIDAD	<100	150	300	600	>1000
CLOURUROS	<50	100	250	500	>1000
FENOLES	<0,001	0,002	0,2	0,5	>1
% SATURACIÓN O ₂ (mínimo)	90	75	50	25	< 20
máximo	110	125	150	175	> 180
DBO ₅	< 0,5	2,5	7	15	> 30
DQO	< 5,0	10	20	40	60
GRASAS Y ACEITES	0,0	5,0	25,0	50,0	>100

Fuente. Horton R. K 1965

2.1.17 Oferta hídrica superficial neta

Es la porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente es denominada como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes. [13]

2.1.18 Demanda de agua

Es denominada como la cantidad de agua que es utilizada en las actividades humanas para cubrir las necesidades básicas y el desarrollo económico de la

sociedad, en el análisis de la demanda de agua se integran todas y cada una de las actividades que hagan uso del recurso hídrico, evidenciando distribución y comportamiento en función del tiempo con el fin de proyectar su uso sostenible. [14]

2.1.19 Balance hídrico general

El balance hídrico es un medio para determinar de forma cuantitativa los problemas hidrológicos que presente la cuenca, este integra todos los procesos y cambios físicos realizados por la intervención humana. Su análisis permite establecer un uso racional de los recursos hídricos, además de ayudar a las predicciones hidrológicas, permitiendo una evaluación indirecta de cualquier componente como la evaporación, precipitación y caudal. [15]

El estudio del balance hídrico está basado en el principio de conservación de masas, este determina que la diferencia entre las entradas y salidas está condicionada por la variación del volumen de agua almacenada. Su ecuación para cualquier zona expresa los valores de entrada y salida de agua, y la variación del volumen de agua almacenada. **$BH = Entradas + Almacenamiento + Salidas$** . [15]

2.1.19.1 Entradas

La precipitación es la principal entrada de agua, esta varía espacial y temporalmente dentro de una cuenca o sub cuenca y puede ocurrir en forma de lluvia, neblina, nieve o rocío. Sus mediciones se realizan en las estaciones de monitoreo climático a través de pluviómetros. [16]

2.1.19.2 Relación precipitación- escorrentía

El agua que se precipita y no es evaporada ni infiltrada se escurre superficialmente en forma de escorrentía directa y escorrentía basal. La escorrentía directa es aquella que llega primero a los ríos en un corto periodo de tiempo después de la precipitación, la escorrentía basal es la que alimenta los cauces superficiales en épocas secas. En zonas geológicas de alta pendiente se evidencia infiltración del suelo y del subsuelo. [17]

2.1.19.3 Almacenamiento

Desde la confluencia del río Lenguazaque al río Ubaté aguas abajo, se inicia la inundación de la laguna de Fúquene, la cual cuenta con una superficie promedio de 2.800 ha de espejo de agua con una profundidad de 2.3 metros, el sistema lagunar es el principal componente hidrográfico de la región, es considerado como una reserva ecológica, económica, social y cultural a nivel nacional. Sus transformaciones a lo largo del tiempo están encaminadas a la desecación de la laguna y adecuación de tierras para usos económicos, generando un alto impacto negativo sobre el ecosistema natural. Actualmente la cuenca del río Ubaté presenta índices de escasez del recurso hídrico, ya que en épocas de verano los caudales se reducen excesivamente y en épocas de lluvia las inundaciones son provocadas por la poca capacidad de drenaje, condiciones propias de la zona. Por otra parte la laguna presenta problemas de sólidos en suspensión provenientes de los aportes realizados por el río Ubaté, formado por el Río Lenguazaque, Suta y Hato y los desagües de la laguna de Cucunubá. [1]

2.1.19.4 Salidas

La evapotranspiración, es la cantidad de agua que regresa a la atmósfera por medio de la transpiración de la vegetación y por la evaporación del suelo, su cantidad depende de la ubicación y características de la zona como, el tipo de vegetación presente y la capacidad del suelo para almacenar agua. Existen tres tipos de evapotranspiración. [16]

- Evapotranspiración de referencia (ET_o).

Es considerada como la pérdida de agua en el suelo por evaporación, o transpiración de un cultivo con características similares y en condiciones climáticas semejantes, de temperatura, viento y humedad relativa. [15]

- Evapotranspiración real (ET_R).

Es la cantidad de humedad presente en el suelo, a medida que este se va secando a causa de procesos naturales de la zona, es representativa cuando se quiere evaluar, la falta de agua en algunos periodos, el desarrollo de cultivos, vegetación y las variaciones en las condiciones atmosféricas. [15]

- Evapotranspiración potencial (ETP).

La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que pierde una superficie cubierta de vegetación que se encuentra en crecimiento y que su suelo permanece húmedo para el desarrollo óptimo de la vegetación. Esta se calcula mediante el método de Thornthwaite que se describe a continuación. [18]

- a) Determinar el índice de calor mensual (i)

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad (1-7)$$

Dónde:

(t): Temperatura media mensual

- b) Determinar el índice de calor anual (I)

$$I = \sum i \quad (1-8)$$

Dónde:

(i): Sumatoria de los 12 valores del índice de calor mensual

- c) Determinar la ET mensual sin corregir

$$ETP(\text{sin corregir}) = 16 \left(\frac{10*t}{I}\right)^a \quad (1-9)$$

Dónde:

ET (sin corregir): Evapotranspiración potencial a nivel mensual en mm/mes, para meses de 30 días y 12 horas de sol

(t): Temperatura media mensual °C

(I): Índice de Calor anual

(a) Se obtiene de la siguiente expresión.

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239 \quad (1-10)$$

- d) Realizar la corrección para el número de días del mes y el número de horas sol.

$$ETP = ETP (\text{sin corregir}) * \frac{N}{12} * \frac{d}{30} \quad (1-11)$$

Dónde:

ET: Evapotranspiración potencial corregida

N: Número máximo de horas sol, depende del mes y de la latitud

d: Número de días del mes

2.2 Marco Institucional

2.2.1 Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial

El Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.[20]

2.2.2 Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR)

La CAR al igual que las demás corporaciones tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio del medio ambiente. [21]

2.2.3 Alcaldías municipales

El plan de desarrollo “VAMOS TODOS CON TODA POR LENGUAZAQUE” constituye un trabajo que proyecta el futuro del Municipio de Lenguazaque sentado bajo las bases de un gobierno participativo y honesto, comprometido con las necesidades de la comunidad enfocados en pilares como, la inversión de recursos en salud, educación, saneamiento básico, vivienda, medio ambiente, vías, transporte, empleo, productividad, niñez, juventud, tercera edad y familia, minería, cultura, turismo, recreación y deporte, seguridad, participación ciudadana y administración de las finanzas y aquellos programas dirigidos a los grupos más vulnerables de la comunidad, que busca fortalecer las bases que posibiliten la construcción del Lenguazaque deseado por todos; con un alto nivel de vida,

eficiente, altamente competitivo, pujante, democrática, educado, participativa, justo con el medio ambiente y articulado al desarrollo regional.[23]

2.3 Marco Legal

Tabla 2-7. Categorías del índice de escasez.

NORMAS REGLAMENTARIAS ESPECIFICAS		
NORMA DE NORMAS		
NORMA	ARTICULO	OBJETO
Constitución Política de Colombia de 1991	Título II, Capítulo III, Art. 78-82	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
EN MEDIO AMBIENTE		
Ley 23 de 1973	Fundamentos del Código de Recursos Naturales	
Decreto Ley 2811 de 1974	CODIGO DE LOS RECURSOS NATURALES	
	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. 312	Definición de cuenca u hoya hidrográfica.
	Art. 314	Funciones de la administración pública.
	Art. 316	Definición de ordenación de una cuenca.

	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.
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.

Fuente. Autoras

2.4 Metodología

La metodología para el desarrollo del perfil ambiental de la sub cuenca del rio Lenguazaque se describe en la siguiente tabla.

Tabla 2-8. Metodología para el desarrollo del perfil ambiental de la subcuenca del río Lenguazaque.





Fuente. Adaptado de las Tesis de pregrado de la Universidad de la Salle, Perfil Ambiental de la Subcuenca del Rio Neusa, Perfil Ambiental de la Subcuenca del rio Sisga-Tibitoc.

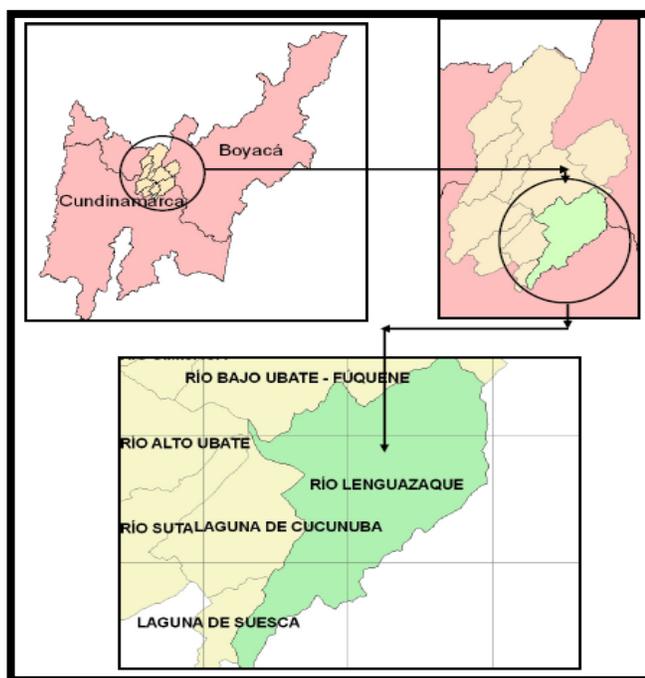
3 Diagnóstico de la cuenca

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización Geográfica

La cuenca del río Lenguazaque formada por los municipios de Cucunubá, Guacheta, Lenguazaque y Suesca, todos ellos pertenecientes al departamento de Cundinamarca, con una extensión total de 28.862 Ha de las cuales el 52% pertenece al municipio de Lenguazaque y en donde se ubica la cabecera municipal. El río Lenguazaque es el cauce principal de la cuenca y se forma por la unión del río Tibita y las Quebradas Ovejeras, Gachaneca, Arenosa y las Lajas, posteriormente el río Lenguazaque se une al río Ubaté en la vereda Punta Grande. [1] Su localización se presenta a continuación

Figura 3-1 Localización cuenca del río Lenguazaque



Fuente. Informe de la fase de diagnóstico para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suarez.
2006

3.1.2 Morfología de la cuenca hidrográfica

El análisis morfológico de la cuenca se realiza con el fin de conocer las propiedades hidrográficas y tipologías principales empleadas para analizar el comportamiento hídrico de la misma. Entre las características principales se encuentra área, forma, longitud de cauces, relieve, pendientes, entre otros que sirven para el análisis de la cuenca. [2]

La caracterización morfométrica de la subcuenca se realizó por medio del programa Arc Gis 10.3, herramienta empleada para el análisis de los datos recolectados. Sus características morfométricas se presentan en la tabla a continuación

Tabla 3-1 Características morfométricas de la sub cuenca del rio Lenguazaque

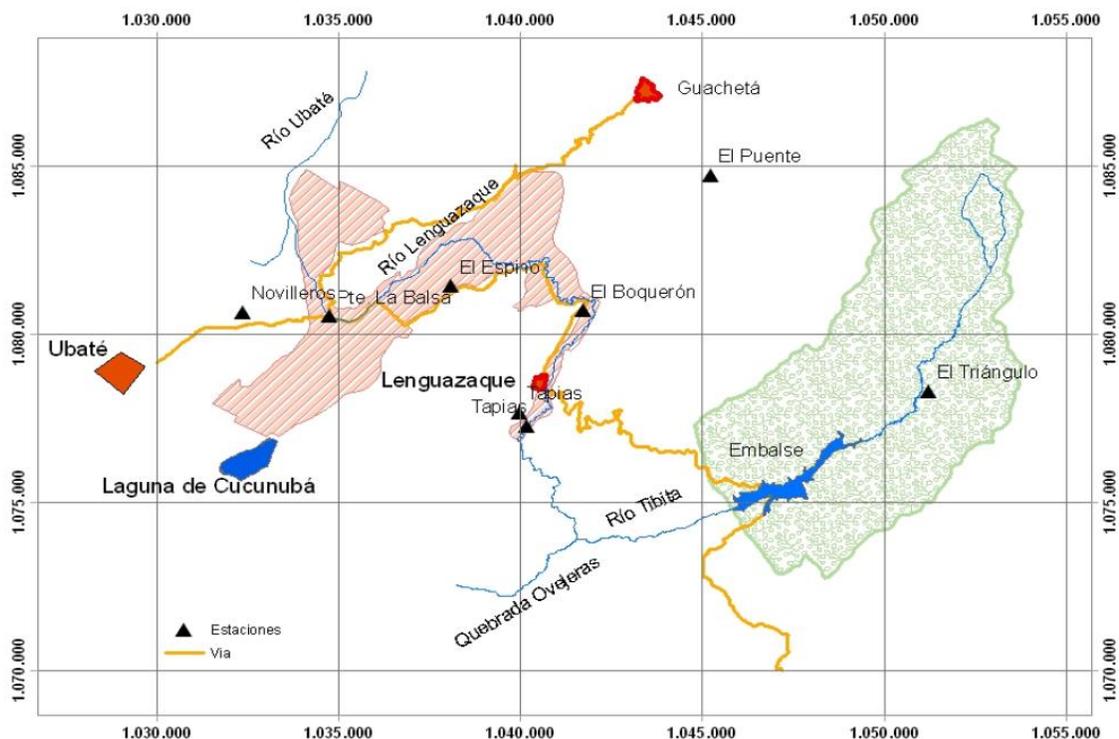
CARACTERÍSTICA	VALOR OBTENIDO
Área de la cuenca (Km ²)	289
Perímetro de la cuenca (Km)	103
Longitud del cauce principal (Km)	43.5
Longitud de todos los cauces (Km)	778
Índice de Gravelius	1.70
Factor de forma (Kf)	0.58
Elevación media de la cuenca m.s.n.m	2900
Pendiente media de la cuenca %	12
Pendiente media del cauce principal %	11.7
Coeficiente de masividad de Fournier	10.03
Coeficiente orográfico	29087
Densidad de drenaje	0.37
Tiempo de concentración	4460

Fuente. Las Autoras

La sub cuenca del rio Lenguazaque de tercer orden cuenta con un área de 289 Km² con una divisoria de aguas establecida por el perímetro que equivale a 103 km de, la longitud de su cauce principal equivalente a 43.5 km está determinado por la distancia existente entre la desembocadura y el nacimiento del rio Lenguazaque, todos sus cauces suman un recorrido de 778 km. En cuanto al coeficiente de forma y el coeficiente de compactidad nos indica que la cuenca es de una forma rectangular ovalonga con tiempos de concentración muy largos,

además su forma permite tener una buena respuesta en cuanto a eventos de crecientes.

Figura3-2. Ubicación Rio Lenguazaque



Fuente. Tomado de Estudio Hidrológico y de Sedimentos Tomo 1 Corporación autónoma Regional CAR 2009

3.2 Caracterización Abiótica de la Cuenca

3.2.1 Clima

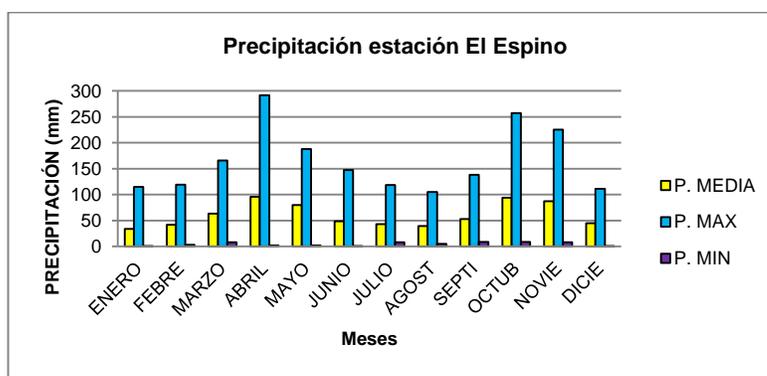
Para la elaboración del análisis sobre la tendencia climática de la cuenca, se tiene como referencia los datos de las estaciones climáticas representativas de la zona, con las cuales se determina precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, brillo solar y radiación solar, con lo cual se evidencia el comportamiento de la cuenca y su relación con los factores meteorológicos.

3.2.1.1 Precipitación

Para el análisis de los datos de precipitación se toman las siguientes estaciones, monitoreadas por la CAR: (El Espino, El Triángulo, Tapias y El Puente) para periodos comunes entre 1962 y 2013.

El Espino: Estación de tipo pluviográfico de la cuenca del río Lenguazaque con una elevación de 2550 m.s.n.m. Bajo la jurisdicción CAR

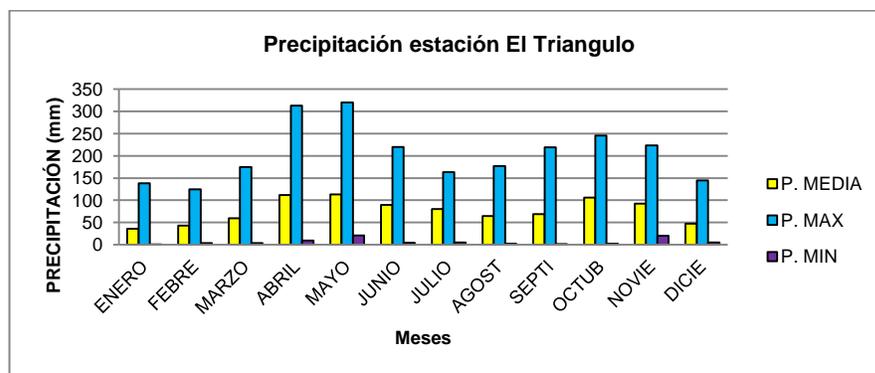
Figura 3-3. Histograma de precipitación media mensual estación el espino.



Fuente. Las Autoras

El Triángulo: Estación de tipo pluviográfico monitoreada por la CAR de la cuenca del río Lenguazaque con una elevación de 2800 m.s.n.m.

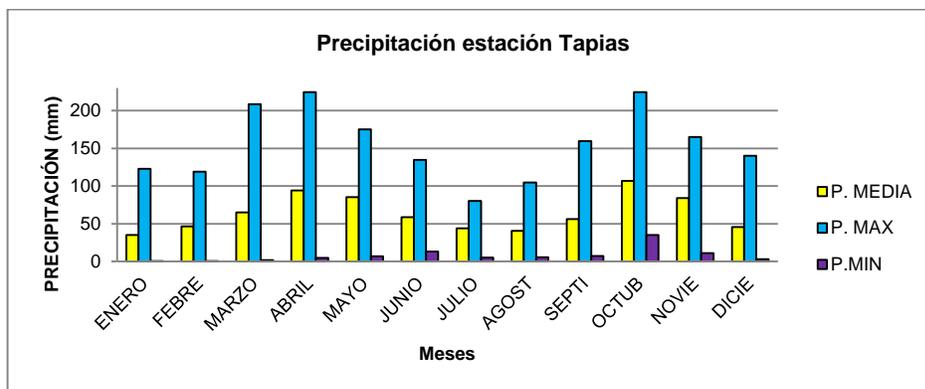
Figura 3-4. Histograma de precipitación media mensual estación el triángulo.



Fuente. Las Autoras

Tapias: Estación de tipo pluviométrico monitoreada por la CAR de la cuenca del río Lenguazaque con una elevación de 2585 m.s.n.m.

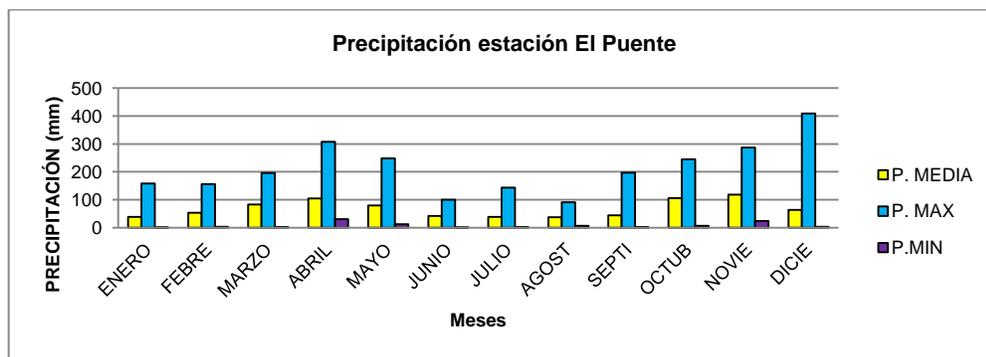
Figura 3-5. Histograma de precipitación media mensual estación tapias.



Fuente. Las Autoras

El Puente: Estación de tipo pluviográfico de la cuenca del río Lenguazaque bajo la jurisdicción de la CAR con una elevación de 2810 m.s.n.m.

Figura 3-6. Histograma de precipitación media mensual estación el puente.



Fuente. Las Autoras

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio 2015 Lenguazaque

La subcuenca del río Lenguazaque presenta un comportamiento de tipo bimodal con dos periodos lluviosos en el año, el primero se presenta en los meses de marzo a mayo y el segundo en octubre y noviembre; los periodos secos se presentan de junio a agosto y de diciembre a febrero. Se tiene una precipitación media multianual de 267 mm y un valor promedio mensual que se presenta en la siguiente tabla

Tabla 3-2. Promedios mensuales multianuales.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
35,72	47,12	70,30	98,38	81,63	50,02	41,95	39,20	51,20	102,40	96,39	51,43

3.2.1.2 Temperatura

Para el cálculo de la temperatura se toman los datos obtenidos de las estaciones representativas de la zona y que están operadas por la CAR (Corporación Autónoma Regional), posteriormente con el procesamiento de datos y el análisis de las isotermas se corrige la estación más cercana con la siguiente mediante gradiente térmico.

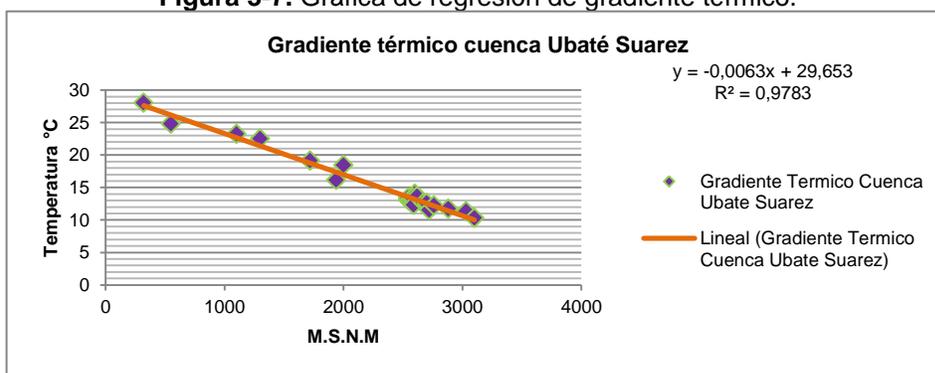
Tabla 3-3. Estaciones empleadas en el cálculo del gradiente térmico.

ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA	M.S.N.M
SAN MIGUEL DE SEMA	14	2600
NOVILLEROS	13	2550
ESCLUSA TOLON	13,1	2545
ARGELIA	28	320
ESC. SAMPER MADRID	24,8	550
MESITAS	23,2	1100
LA MESA	22,5	1300
UNV. FUSAGASUGA	19,1	1720
ESC. VOCACIONAL PACHO	16,1	1940
LOS LAGOS	18,4	2000
LA RAMADA	13,4	2545
EL MUÑA	12,9	2565
GUAYMARAL	13,1	2560
TISQUESUA	13,3	2570
CHECUA	13,4	2580

LA PRIMAVERA	12,3	2590
TABIO	13,6	2620
VENECIA	12,6	2673
DOÑA JUANA	12,3	2700
SUTATAUSA	12,6	2700
BARRANCAS	11,5	2720
LA IBERIA	12,2	2760
CARRIZAL	11,7	2880
EL OLARTE	11,3	3030
REPRESA NEUSA	10,3	3100

Fuente. Las Autoras

Figura 3-7. Gráfica de regresión de gradiente térmico.



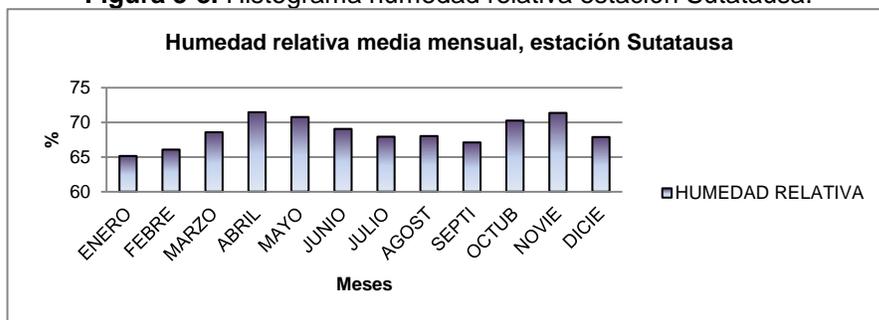
Fuente. Las Autoras

Teniendo en cuenta la corrección por gradiente térmico se evidencia que los meses más fríos se encuentran de julio a septiembre y de diciembre a enero con temperaturas próximas a los 15 °C.

3.2.1.3 Humedad relativa

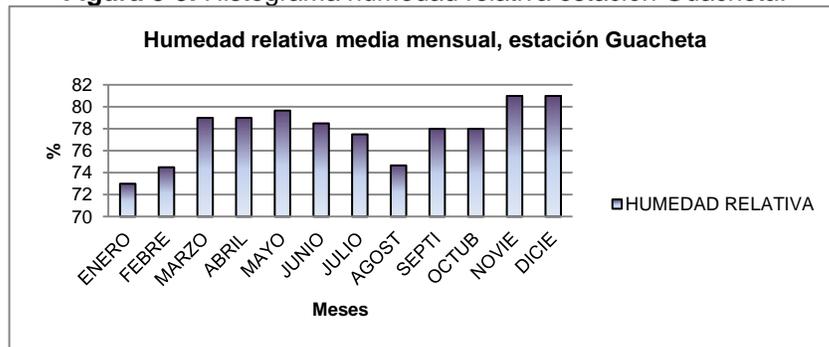
Con el objetivo de analizar la humedad relativa de la cuenca de Lenguazaque se observan los datos de siete estaciones ubicadas en la cuenca Ubaté Suarez, de las cuales se toman como referencia las estaciones de Sutatausa, Guachetá y Novilleros, siendo estas las más próximas a la cuenca y que la variación de sus datos no es significativa. La estación Tapias que monitorea la cuenca de Lenguazaque solo presenta datos de cuatro años e incompletos.

Figura 3-8. Histograma humedad relativa estación Sutatausa.



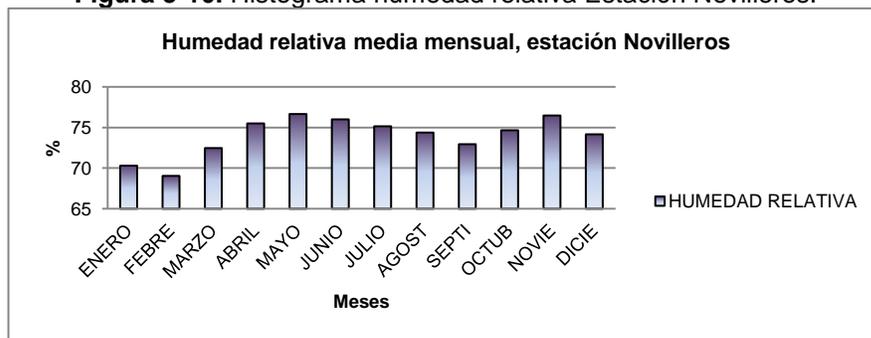
Fuente. Las Autoras

Figura 3-9. Histograma humedad relativa estación Guachetá.



Fuente. Las Autoras

Figura 3-10. Histograma humedad relativa Estación Novilleros.



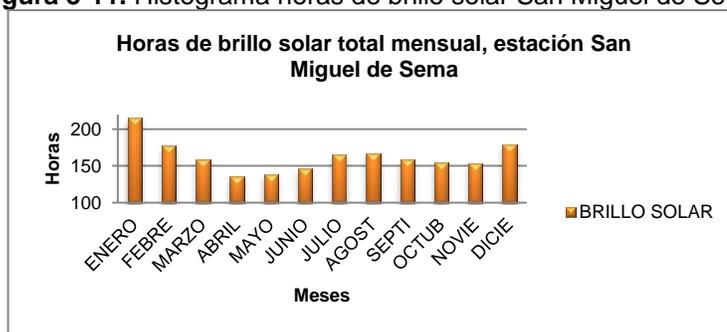
Fuente. Las Autoras

Se observa que el comportamiento es bimodal, el cual está directamente relacionado con la temperatura y las precipitaciones de la zona, en los meses más húmedos que van de marzo a mayo y luego de octubre a noviembre, las temperaturas son las más bajas y las precipitaciones las más altas, por otra parte se observa que la humedad relativa aumenta cuando baja la temperatura.

3.2.1.4 Brillo Solar

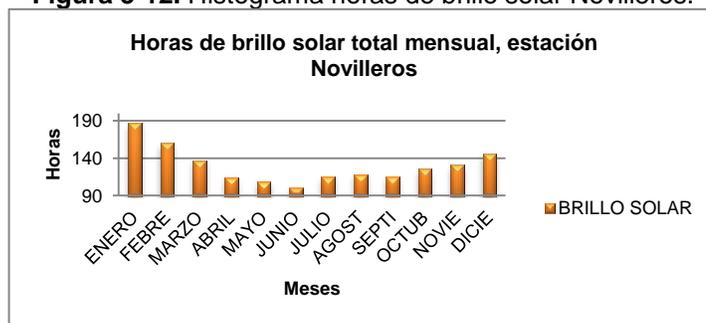
La cuenca de Lenguazaque no posee estaciones de monitoreo que registren horas de brillo solar, por tanto se tiene como referencia las únicas estaciones de la cuenca Ubaté Suarez que tienen esta característica, las cuales son San Miguel de Sema, Novilleros y Esclusa Tolón y que están operadas por la CAR.

Figura 3-11. Histograma horas de brillo solar San Miguel de Sema.



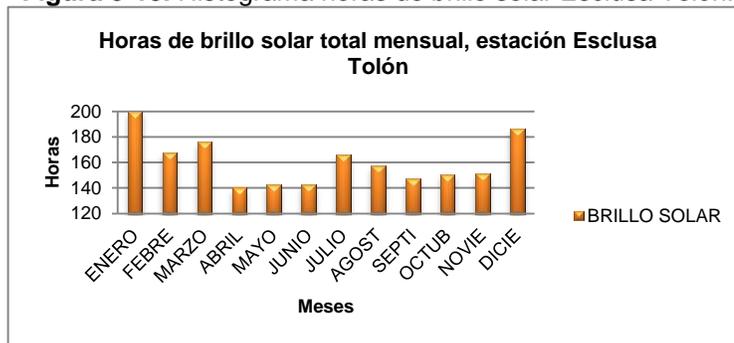
Fuente. Las Autoras

Figura 3-12. Histograma horas de brillo solar Novilleros.



Fuente. Las Autoras

Figura 3-13. Histograma horas de brillo solar Esclusa Tolón.



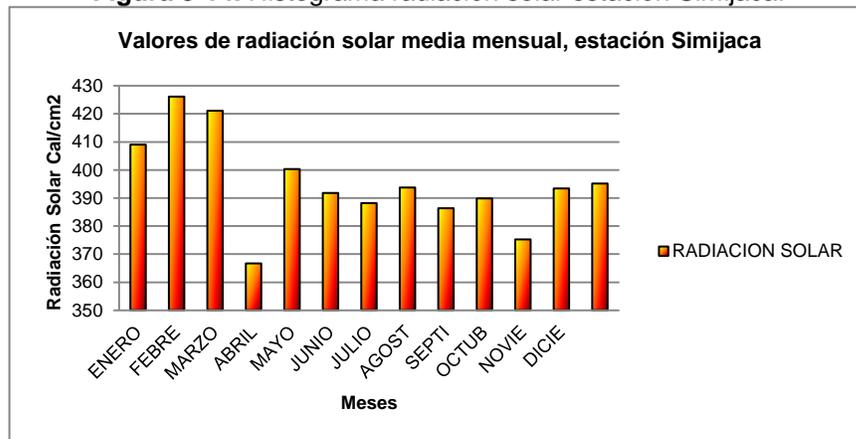
Fuente. Las Autoras

Su comportamiento es variable durante el año, se observa una relación con la temperatura, ya que los meses de abril a junio y de octubre a noviembre, presentan las horas de brillo solar más bajas, siendo estos los meses en los cuales las temperaturas son las más altas, adicional se evidencia un incremento significativo para los meses de diciembre y enero con horas de brillo solar próximas a 179 y 214 respectivamente. Por otra parte, la cuenca presenta un promedio mensual de 150 horas de brillo solar con fluctuaciones entre los 129 y 162 horas al año.

3.2.1.5 Radiación Solar

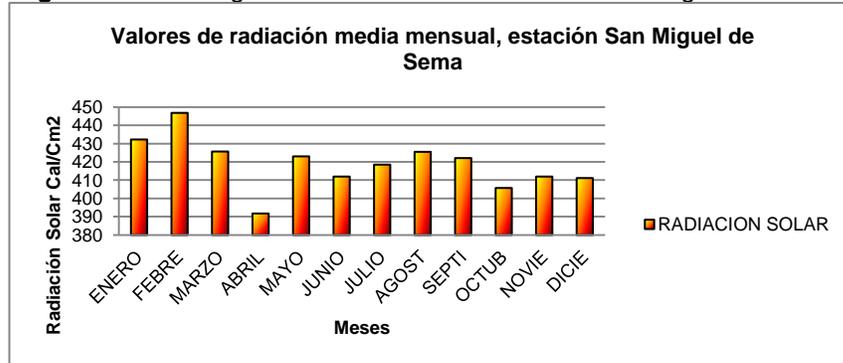
La cuenca de Lenguazaque no posee estaciones de monitoreo que registren radiación solar, por tanto, se toma como representativa la información referente las estaciones de la cuenca Ubaté Suarez, que presenten una distribución homogénea en cuanto a la cantidad de horas de sol mensuales. Las estaciones son Simijaca, Esclusa Tolón, San Miguel de Sema, y Novilleros las cuales se encuentran bajo la jurisdicción CAR.

Figura 3-14. Histograma radiación solar estación Simijaca.



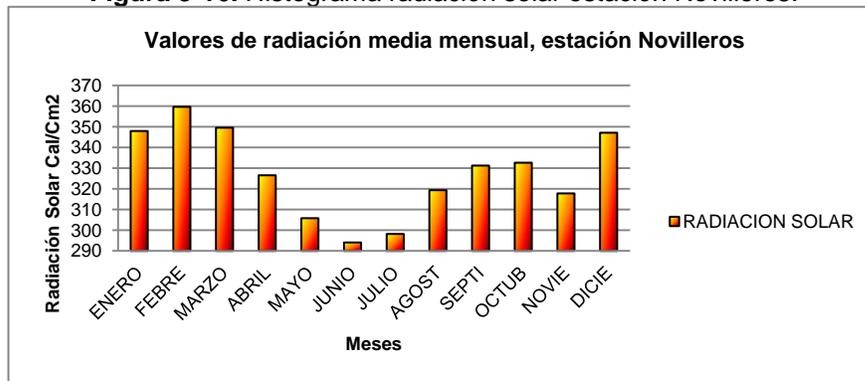
Fuente. Las Autoras

Figura 3-15. Histograma radiación solar estación San Miguel de Sema.



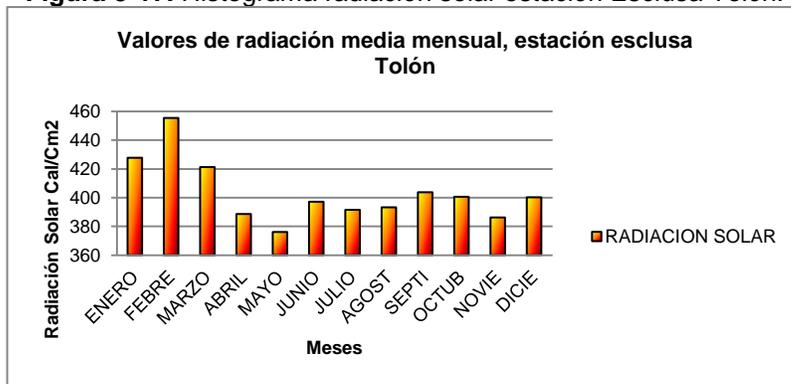
Fuente. Las Autoras

Figura 3-16. Histograma radiación solar estación Novilleros.



Fuente. Las Autoras

Figura 3-17. Histograma radiación solar estación Esclusa Tolón.



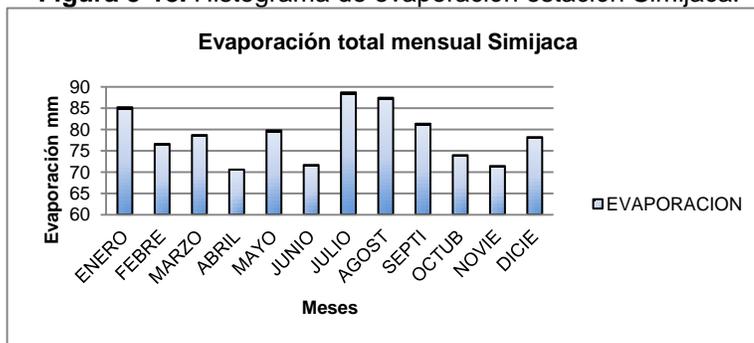
Fuente. Las Autoras

El comportamiento de la radiación solar media anual se encuentra directamente relacionado con la altitud, ya que a mayor altitud mayor radiación solar. La temperatura también es significativa, por lo cual los meses de mayor temperatura son los meses en los que se evidencia mayor radiación solar a pesar de los factores interceptores que consumen la radiación antes de ser medida.

3.2.1.6 Evaporación

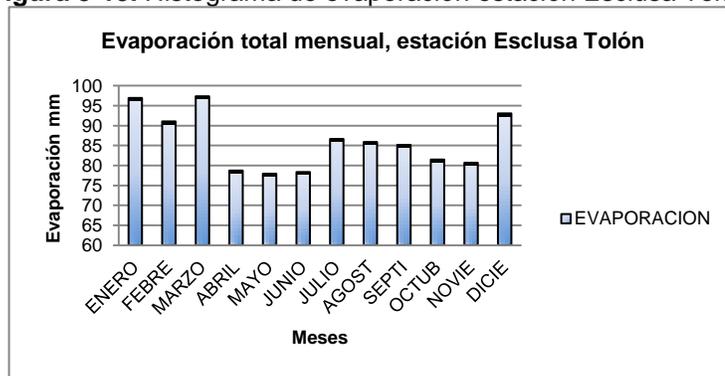
La cuenca de Lenguazaque, siendo esta de tercer orden, no cuenta con datos evaporación, por tanto, se toma como representativa la información referente las estaciones de la cuenca Ubaté Suarez, que presenten una distribución homogénea en cuanto a la cantidad precipitación mensual. Las estaciones son Simijaca, Esclusa Tolón, San Miguel de Sema, y Novilleros, pertenecientes a la jurisdicción CAR.

Figura 3-18. Histograma de evaporación estación Simijaca.



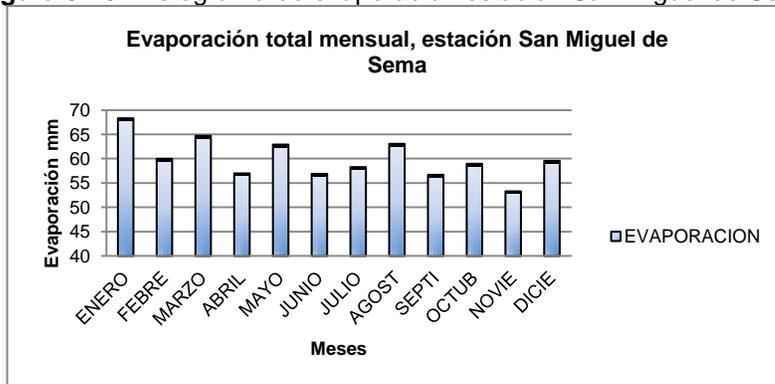
Fuente. Las Autoras

Figura 3-19. Histograma de evaporación estación Esclusa Tolón.



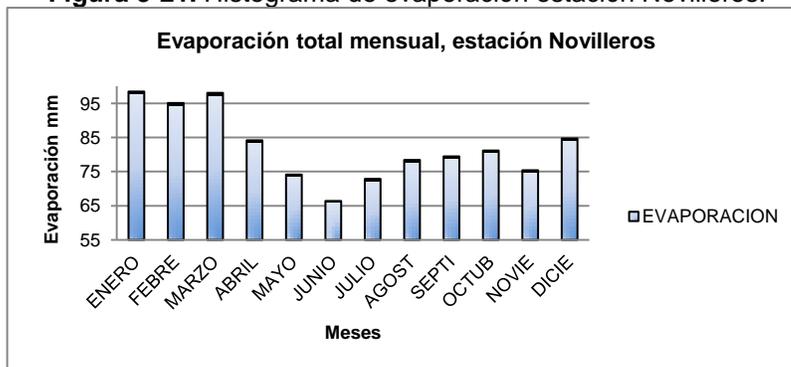
Fuente. Las Autoras

Figura 3-20. Histograma de evaporación estación San Miguel de Sema



Fuente. Las Autoras

Figura 3-21. Histograma de evaporación estación Novilleros.



Fuente. Las Autoras

La evaporación se encuentra directamente relacionada con las condiciones climáticas como lo son la precipitación y la temperatura, se evidencia que los meses de abril a mayo y de octubre a noviembre, en los que se presentan las temperaturas más altas, son los meses de menores precipitaciones y mayores evaporaciones.

3.2.1.7 Velocidad y dirección del viento

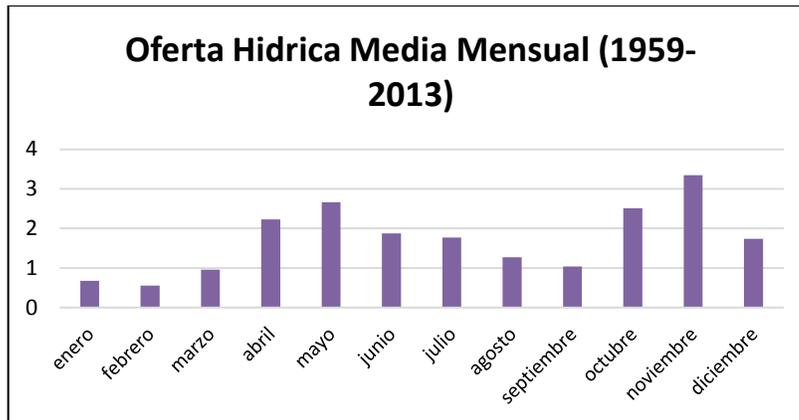
La cuenca de Lenguazaque no registra datos de velocidad y dirección del viento, ya que no cuenta con las estaciones climatológicas para ello, por tanto se toman como representativas cuatro estaciones de la cuenca Ubaté Suarez; Novilleros, Simijaca, Esclusa Tolón y Boquerón. En donde el promedio de la velocidad del viento para la estación de Novilleros y Esclusa Tolón es de 1,6 y 1,5 m/s respectivamente y la velocidad para las estaciones de Simijaca y Boquerón es de 2,2 y 2,9 m/s respectivamente.

La cuenca presenta vientos de carácter bimodal con sus valores máximos para los meses de junio a agosto por influencia de los vientos del suroeste con promedios de 2,1 m/s y máximos de 2,9 m/s, las velocidades mínimas se presentan en los meses de noviembre, diciembre y abril con un promedio de 1,5 m/s. La zona no presenta vientos huracanados, aunque se despliegan en ocasiones ráfagas ciclónicas, esto a causa de la posición cercana de la zona de confluencia intertropical.

3.2.2 Hidrología

La cuenca del río Lenguazaque posee información hidrométrica registrada en las estaciones ubicadas a lo largo del área de estudio. Para este caso se toma como referencia la estación hidrometereológica del Boquerón, de la cual se realiza un promedio de caudal anual mensual del año 1959 a 2013.

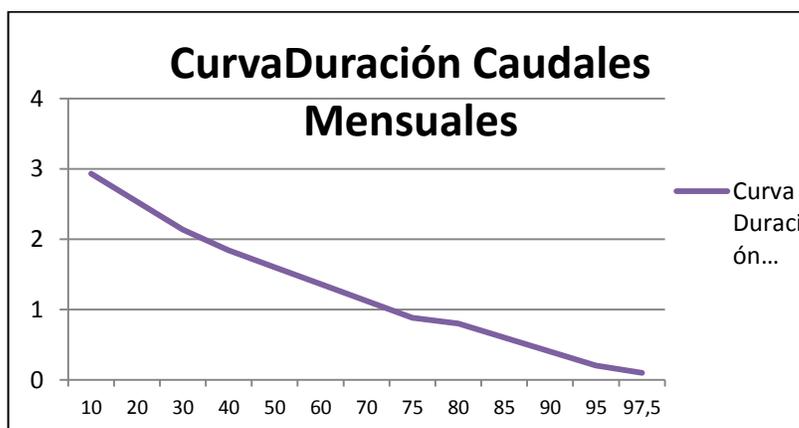
Figura 3-22. Histograma de caudales medios mensuales estación Boquerón m³/S



Fuente. Las Autoras

La distribución de los caudales es de tipo bimodal al igual que la precipitación, presentando registros máximos en los meses de mayo y noviembre con valores de 2.65 y 3.34 m³/s respectivamente, el mes que evidencia menores caudales es febrero con un registro de 0.56 m³/s, es importante resaltar que de enero a marzo hay una disminución significativa en los caudales respecto al resto del año, su valor promedio anual es de 0.73 m³/s

Figura 3-23. Curva de duración caudal media mensual estación Boquerón m³/S



Fuente. Las Autoras

A partir de los caudales medios mensuales, se determina la curva de duración para la estación El Boquerón, la cual indica los caudales para una probabilidad en términos del porcentaje de tiempo, en donde los caudales mayores tienen menor probabilidad de ocurrir en un año, esto quiere decir, que se presentan en un porcentaje de tiempo menor que los caudales mínimos. Esta curva puede ser utilizada para la planificación en cuanto a abastecimiento de agua del municipio de Lenguazaque.

Tabla 3-4. Distribución de caudales medios.

Q (Caudal)	Valor (m ³ /s)
Q_{min}	0.1
Q₇₅	0.88
Q₈₀	0.8

Fuente. Las Autoras

3.2.3 Geología

La subcuenca del río Lenguazaque se encuentra en la región Andina, sobre la cordillera oriental, al sur oriente de la cuenca de Ubaté. Geológicamente la cuenca presenta formaciones del cretácico, terciario y cuaternario con presencia de roca sedimentaria formando las areniscas de Chiquinquirá, areniscas del Cacho y la formación de Guadalupe. [1,25]

3.2.3.1 Geología estructural

La localización de la subcuenca del río Lenguazaque presenta estructuralmente áreas con pliegues lineales y simétricos bien definidos, ya que la zona en general fue sometida a grandes esfuerzos compresivos productos del choque de las placas tectónicas Nazca o Pacífico y Suramericana, generando formaciones de pliegues angostos que corresponden a las cuencas que contienen las formaciones carboníferas originadas en la edad terciaria; en el área de la cuenca se presentan diferentes direcciones de esfuerzos compresionales, los cuales producen inmensos bloques hundidos y levantados, que forman fosas de acumulación de sedimentos cuaternarios, representando así el acoplamiento de dos fajas cuaternarias.[1.25]

3.2.3.2 Geomorfología

Dentro de su geomorfología, la erosión hídrica es el principal proceso dentro de la subcuenca, ya que las precipitaciones torrenciales en cortos periodos de tiempo dan origen a erosiones hídricas de tipo laminar y difusas ocasionando surcos y cárcavas. [1,25]

En la zona predominan altas pendientes de roca dura, estas presentan discontinuidades estructurales, las cuales dan origen al desprendimiento de roca y masas tabulares, que generan deslizamientos; en ocasiones, a causa de los procesos erosivos se desprenden bloques del nivel blando del suelo; de acuerdo a su posición altitudinal y litológica se identifican cuatro tipos de geoformas, (montaña, altiplanicie, piedemonte y valle). [1,25]

3.2.3.3 Geología económica

La subcuenca del río Lenguazaque por sus características geológicas presenta zonas propicias para la extracción de carbón, el cual se destina a centrales termoeléctricas del sector público, fábricas de ladrillos, cementeras, cooperativas como Paz del Río y un pequeño porcentaje a la industria departamental; dentro del plan de desarrollo municipal se encuentra como prioridad el sector minero, un gran influyente en el desarrollo departamental, que necesita incursionar en un crecimiento sostenible en pro de la generación de empleo, el cuidado de los recursos naturales y la competitividad.[28]

3.2.4 Suelos

La subcuenca del río Lenguazaque, en su mayoría posee zonas montañosas y de difícil acceso, las condiciones climáticas son frías, secas, húmedas y muy húmedas, con limitado potencial agrícola debido a la erosión hídrica superficial en la zona. Los suelos poseen tipologías variadas, presentando suelos con pH ácidos y saturación de aluminio. Generalmente, los suelos son de baja fertilidad, por poseer pendientes fuertemente inclinadas y poca profundidad, se manejan cultivos anuales de papa y arveja, la mayor parte de los suelos es utilizada en ganadería extensiva con pastos naturales. [1,25]

Físicamente los suelos se caracterizan por tener presencia de cenizas volcánicas, son suelos poco profundos con altas capacidades de drenaje, en algunas ocasiones son de texturas medianas a gruesas o finas. Debido a la baja fertilidad de los suelos se presentan fenómenos de remoción en masa por sectores. [1,25]

Actualmente, algunas tierras se encuentran cubiertas de bosque natural intervenido, ya que las condiciones climáticas y de relieve limitan su uso, son empleados en la conservación de flora, fauna y el recurso hídrico, evitando la tala y quema de bosques y reforestación con especies nativas en las zonas que se encuentra degradadas. [1,25]

3.3 Caracterización Biótica

3.3.1 Vegetación

La vegetación se encuentra caracterizada por la influencia climática de la zona, esta va de seco a húmedo dentro de las formaciones de montaña de la cuenca. La intervención de la vida humana ha generado impactos negativos en la vegetación y uso del suelo, esto a causa del desarrollo agropecuario y agrícola, además del aprovechamiento de los bosques, generalmente la vegetación se clasifica en relictos de bosque nativo, bosque secundario o matorrales que se encuentra entre los 2.500 y 2.700 m.s.n.m, plantaciones de especies foráneas, pastos y vegetación de paramo. [1,25]

Dentro de la vegetación se puede encontrar, especies de Arrayan (*Myrcianthes sp*), Tuno Esmeraldero (*Miconia squamulosa*) y Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), entre otras, por otra parte especies como el Eucalipto (*Eucalyptus*), Acacia (*Acacia Mill*) y Pino (*Pinus*) son sustitutos de árboles nativos para la generación de madera en uso doméstico. [1,25]

3.3.2 Fauna

La fauna perteneciente a la cuenca de Lenguazaque presenta una degradación significativa, ya que las especies de bosque y montaña han tenido que desplazarse a lugares más escarpados. Se presenta una extensión ganadera importante con el fin de sustentar la industria lechera más grande del país. Otros impactos como la deforestación, el crecimiento de la población, la tala indiscriminada de bosques, la caza, las actividades mineras de carbón, y la

presión al recurso hídrico para ser empleado en ganadería y uso doméstico, son las amenazas más representativas para la fauna y el ecosistema. [1,25]

Se ha evidenciado una disminución de especies de aves vistosas en la región, debido a las actividades de cacería realizadas para fines ornamentales, de consumo y venta, aún se pueden observar especies en las lagunas. Los mamíferos se han desplazado de la zona buscando hábitats más apropiados y comida, por otra parte los peces se ven afectados por los vertimientos a los cuerpos de agua sin tratamiento previo y especies como el capitán (*Eremophilus mutisii*), la guapucha (*Grundulus bogotensis*) y el runcho (*Didelphis pernigra*) están desapareciendo. [1,25]

El páramo de Rabanal hace parte de la zona de estudio como ecosistema amortiguador y la cacería indiscriminada evidencia un deterioro significativo, la extinción de especies como el oso frontino (*Tremarctos ornatus*), danta de páramo (*Tapirus pinchaque*), el puma (*Felis concolor*), tigrillos (*Felis Pardalis*), león colorado (*Felis concolor*), gato pardo (*Felis Yagouarondi*), y pocos rastros de especies como curies (*Cavia Porcellus*), armadillos (*Dasybus novencintus*), conejos (*Silvilagus brasiliensis*), y halcones (*Falconiformes*), es alguna de la fauna que ya no se ve. Para esta zona se encuentran un promedio de 456 especies de las cuales, pertenecen al páramo de Rabanal, 47 especies de aves, 37 especies de mamíferos, 11 de anfibios, 10 de reptiles y 6 de peces. [1,25]

3.3.3 Laguna de Fúquene

La laguna de Fúquene, es el principal ecosistema de la región del valle de Ubaté, este complejo ha sufrido transformaciones a lo largo del tiempo, su impacto negativo más representativo, es la desecación de la laguna producto del desarrollo de las actividades pecuarias propias de la zona, las cuales deterioran la calidad del agua y su capacidad de almacenamiento. Por otra parte, las acciones para el desarrollo socioeconómico de la zona, como el crecimiento de la industria lechera, contribuyen a la disminución de la laguna en términos de extensión y profundidad, a su vez, los asentamientos humanos de los municipios que la rodean, están ocasionando un deterioro en la calidad de agua, ya que los vertimientos realizados a los ríos que en la laguna desembocan, se realizan sin tratamiento previo. Así es como la falta de sistemas de manejo y control para el cuidado de este ecosistema, ha ocasionado daños irreversibles, en términos de flora, fauna y paisajísticos. [26]

3.3.4 Páramo de Rabanal

Rabanal es un macizo montañoso ubicado entre Cundinamarca y Boyacá, hace parte de la cordillera Oriental, comprende zonas altas de más de 20 veredas pertenecientes a los municipios de Guachetá, Lenguazaque y Villa pinzón. En esta zona interactúan ecosistemas de páramo, humedales y embalses, praderas, bosques andinos, zonas dedicadas a la agricultura y la ganadería, áreas de extracción de carbón mineral y procesamiento de coque.

La región ha estado sometida a largos procesos de intervención humana, transformando su paisaje y cobertura vegetal, otorgándoles numerosas formas de uso que ponen en riesgo la continuidad del ecosistema en la región. [27]

3.4 Caracterización socioeconómica y cultural

3.4.1 Sistema de abastecimiento de agua potable

El municipio de Lenguazaque cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, para abastecer el casco urbano, la zona rural del municipio se provee del recurso a partir de aljibes y pozos. Se conoce que las veredas cuentan con acueductos interveredales que en temporada de lluvias generan inundaciones y en tiempo seco no les llega el recurso. El acueducto urbano con el que cuenta el municipio, no es una concesión otorgada por la CAR ya que anteriormente existía un pozo realizado por esta entidad y que cubría las necesidades del municipio. Por otra parte, los municipios de Suesca, Guachetá y Cucunubá, siendo la población asentada de tipo rural, toma sus aguas de pozos, aljibes y de las quebradas que alimentan el río Lenguazaque.

3.4.1.1 Planta de tratamiento de agua potable

La planta de tratamiento es de tipo convencional con una capacidad de 7.5 L/s, el servicio de acueducto se presta las 24 horas, con agua tratada y de óptima calidad, la planta es operada por un habitante del municipio, quien cumple la tarea de dosificar los químicos necesarios para la potabilización del agua.

Su sistema de captación se realiza por gravedad a través de la bocatoma o rejilla superficial, a continuación el agua es almacenada en un tanque de quietamiento con capacidad de 4 m³, seguido a esto se realiza un direccionamiento a dos desarenadores con capacidades de 8 m³ y 30 m³ que funcionan en paralelo, posteriormente el agua ingresa a la planta de tratamiento por una tubería de 6

pulgadas. Su sistema de potabilización inicia en un tanque de mezcla con capacidad de 500 litros en el que se le adiciona sulfato de aluminio que es dosificado por medio de un compresor, luego, en la canaleta parshall se le aplica cal con el fin de estabilizar el pH, los floculadores hidráulicos son de tipo horizontal compuestos por 30 compartimentos y se les realiza mantenimiento cada 1 o 2 meses, cuenta con 6 floculadores tipo Alabama para distribuir el agua al sedimentador. Los sedimentadores son de tipo colmena con capacidades de 31 m³, cuenta con 4 filtros rápidos con compuertas de paso y lechos de antracita, arena fina y gruesa, grava fina y gruesa, posee un vertedero de salida donde se le aplica cloro gaseoso, cuando no hay luz, se emplea cloro granular y es aplicado de forma manual. Finalmente se almacena el agua en un tanque de concreto subterráneo con capacidad de 270 m³.

Ilustración 3-1. Planta de tratamiento de agua potable municipio de Lenguazaque.



Fuente. Las Autoras

Ilustración 3-2. Planta de tratamiento de agua potable municipio Lenguazaque



Fuente. Las Autoras

3.4.1.2 Sistema de alcantarillado

EL municipio de Lenguazaque cuenta con redes de aguas lluvias y aguas negras, en algunos sectores estos son combinados y su cobertura es únicamente para el área urbana, estos vertimientos son descargados directamente al río Lenguazaque ya que la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) no se encuentra en funcionamiento. Los municipios de Guachetá y Cucunubá al igual que la zona rural de Lenguazaque emplean pozos sépticos para la disposición de sus aguas, o son conducidas directamente al cuerpo de agua más cercano.

3.4.2 Manejo de residuos sólidos

El servicio de recolección de residuos sólidos para los municipios que conforman la cuenca de Lenguazaque, es prestado por la empresa de Servicios Públicos de Ubaté, quien envía una volqueta una vez por semana (martes) y recoge los residuos únicamente en el casco urbano. Las áreas rurales, acostumbran a enterrar los residuos, quemarlos dejarlos a cielo abierto o depositarlos en los cuerpos de agua, generando focos de contaminación, dando lugar a problemas de salud, al recurso hídrico, suelo y aire.

3.4.3 Actividades económicas

La base de la economía de la cuenca de Lenguazaque está dada por la minería, la agricultura y la ganadería. El sector minero, como productor de carbón, es el que origina la mayor estructura económica del departamento, ya que su comercialización es a nivel regional y nacional. El sector agrícola es liderado por las zonas rurales de la cuenca, con cultivos anuales de papa y arveja, que a causa de los cambios climáticos y la erosión de suelos ya no es representativa para la zona. Finalmente, el sector pecuario da lugar al sostenimiento económico de la provincia de Ubaté en comercialización de leche. [1]

3.4.4 Infraestructura vial y turismo

La cuenca del río Lenguazaque cuenta con una infraestructura vial regional, municipal y avenidas principales en buen estado, las cuales son empleadas para el transporte y comercialización de la economía de la región, a pesar de ello presenta grandes tramos, en algunas vías de acceso a los municipios sin pavimentar, como lo son, desde el punto el Boquerón hasta la vereda Alisal, desde la vereda Tibita, hasta el inicio del casco urbano del municipio de Lenguazaque, desde el municipio de Lenguazaque hasta la vereda la Balsa, desde Lenguazaque hasta Villa pinzón y desde la vereda la Ramada hasta Cucunubá, siendo estas las cuatro salidas o entradas de los municipios, lo que hace poco atractivo su visita turística. Además la confluencia de vehículos de carga pesada que transportan el carbón, y que a su paso van dejando una nube de polvo, dificulta la visibilidad de los conductores. [1]

3.4.5 Cuenca del rio Lenguazaque y su problemática

El río Lenguazaque al estar en la menor elevación 2600msnm es el que presenta menor cantidad de drenaje y escorrentía, lo cual indica que es susceptible a sufrir de inundaciones. La disponibilidad de agua para el municipio que lleva su mismo nombre es limitada, la mayor parte del uso del agua es para fines domésticos, riego y abrevadero del ganado; en la zona rural se utilizan pozos y aljibes para la captación de agua y su posterior consumo.

La subcuenca del río Lenguazaque, conformada por Cucunubá, Guachetá, Lenguazaque, Suesca y Ubaté, municipios vinculados parcialmente en sus actividades de consumo, abastecimiento y vertimiento sin tratamiento previo, generan impactos negativos sobre este cuerpo de agua. [29] El crecimiento

poblacional y el uso ilegal del recurso hídrico, origina alteración en el caudal de las fuentes de agua, especialmente en temporada seca. Lo anterior, sumado a otras problemáticas tales como: el uso desmesurado de agroquímicos, cambios drásticos de uso del suelo, zonas extensivas de cultivo y ganadería, provocan en la zona características erosivas, baja fertilidad, pérdida de ecosistemas naturales propios de la región, coberturas vegetales y especies naturales, tanto faunísticas como florísticas. Por lo anterior, estas acciones incontroladas han conducido variedad de conflictos que aceleran los procesos de degradación de los ecosistemas presentes en la subcuenca y afectan la calidad de vida de sus pobladores. [1]

4 ESTUDIO DE LA CUENCA

4.1 División de la cuenca por unidades de uso de suelo

EL suelo es clasificado por la capacidad de uso y el destino que el hombre le asigna a los mismos, su aprovechamiento es acorde a sus características climáticas y geológicas, se utiliza en actividades como la ganadería, agricultura, reforestación o conservación, entre otros.[30]

A continuación se muestra la capacidad de uso del suelo para la cuenca del río Lenguazaque.

Tabla 4-1. Unidades de uso del suelo de la cuenca del río Lenguazaque

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	UNIDADES CARTOGRAFICAS	USO DEL SUELO	AREA (Ha)
Montaña	Glacis de Acumulación y Lomas	MGTb1, MGTc1 MGTd1, MGTe1, BMKVe	Reforestación, Fortalecimiento y favorecimiento de la regeneración espontanea de la vegetación natural	4879,32
	Crestas y Escarpes mayores	MGSd, MGSe, MGSf,MGSg, MLSe1, MLSf1, MLSg1,MMSf1, MMSg1	Conservación de Flora y fauna silvestre, protección de los recursos hídricos	1885,37
	Crestones	MGFc1, MGFd1, MGFe1, MGFf1,MLVc2, MLVd2, MLVe2, MLVf2, MLVg2	Reforestación protección y conservación de la vida silvestre	3833,84
	Lomas	MMCd2, MMCe2,MM Cf2	Agricultura semi intensiva y extensiva y agricultura de subsistencia con cultivos	6532,25

			transitorios	
	Glacis Coluvial	MLKd1	Ganadería Semi intensiva y extensiva y agricultura de subsistencia con cultivos transitorios	3914,37
	Lomas	MLC	Agricultura Semi Intensiva de orientación semi comercial y ganadería semi intensiva con doble propósito	2860,3
	Espinazos	MLF	Bosque de protección y producción	8176,36
	Crestones	MMV	Bosque de protección y producción	6737,11
Planicie	Planos de Inundación	RMO	Ganadería Extensiva para producción de carne	2564,59
	Terrazas	RMSa RMSb	Ganadería Extensiva y semi intensiva para doble propósito	10285,6
Altiplanicie estructural	Lomas y glacis	BAHV	Agricultura de orientación semi comercial , subsistencia y ganadera extensiva y semi intensiva para producción de carne	24851,8

Fuente. Modificado Informe de la fase de diagnóstico para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suarez. 2006

4.2 Cálculo de balances hídricos

4.2.1 Balance hídrico general

El cálculo del balance hídrico general, parte de los análisis realizados en cuanto a precipitación media multianual, escorrentía y evapotranspiración potencial, valores representados para cada unidad de suelo identificada dentro de la sub cuenca y para los tres escenarios posibles que fueron evaluados, año seco, medio y húmedo, como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4-2. Balance hídrico general año seco

	AÑO SECO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PP	0,23	2,33	4,27	12,43	7,13	4,67	4,87	5,67	6,10	17,07	14,23	2,17
ETP Corregida	49,28	49,11	56,77	56,53	58,26	53,96	52,77	53,49	51,90	54,63	49,12	53,36
Escorrentía	6,64	5,62	4,92	5,11	4,25	5,33	4,69	4,34	4,31	4,26	3,41	5,71
BHG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	55,69	52,39	57,42	49,20	55,38	54,62	52,59	52,17	50,11	41,83	38,30	56,91

Fuente. Las Autoras

Tabla 4-3. Balance hídrico general año medio

AÑO MEDIO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PP	35,72	47,12	70,30	98,38	81,63	50,02	41,95	39,20	51,20	102,40	96,39	51,43
ETP Corregida	49,28	49,11	56,77	56,53	58,26	53,96	52,77	53,49	51,90	54,63	49,12	53,36
Escorrentía	5,78	9,88	21,29	38,00	27,21	10,82	7,66	6,75	11,28	40,53	37,42	12,00
BHG	- 19,34	- 11,87	-7,75	3,85	-3,85	- 14,76	- 18,47	- 21,04	- 11,98	7,24	9,85	- 13,93

Fuente. Las Autoras

Tabla 4-4. Balance hídrico general año húmedo

AÑO HUMEDO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PP	133,6 7	132,8 1	191,2 6	275,0 1	206,2 6	125,6 8	115,0 9	99,9 2	167,2 2	241,6 0	227,9 8	231,1 9
ETP Corregida	49,28	49,11	56,77	56,53	58,26	53,96	52,77	53,4 9	51,90	54,63	49,12	53,36
Escorrentía	63,57	62,90	107,6 6	180,3 3	121,5 9	56,39	51,07	38,6 0	89,37	150,1 7	140,9 8	151,3 3
BHG	20,82	20,80	26,83	38,15	26,40	15,33	11,26	7,82	25,95	36,80	37,87	26,50

Fuente. Las Autoras

De acuerdo a los resultados, se evidencia que para el año seco hay un déficit en todos los meses del año, con un valor de -131.66 mm anuales, lo que aduce que con precipitaciones tan bajas como las representadas en el año seco no se suplirían las necesidades mínimas para la demanda de la población a la que se provee. Para el año medio se presenta una variabilidad elevada ya que se presentan temporadas en las que la oferta hídrica de la cuenca no supe las presiones ejercidas, se reconoce que altas precipitaciones serian favorables para el abastecimiento general de la sub cuenca.

4.2.2 Balance hídrico climático

El cálculo de los balances hídrico climáticos se realizó mediante el método de Thorntwaite, para la determinación de la evapotranspiración potencial, logrando buenos resultados, ya que los valores calculados tienen tendencia a los comportamientos reales para la zona de estudio. [18] A continuación se muestra el análisis realizado para el balance climático del año seco, utilizando la unidad de suelo MGFc.

El análisis inicia con el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP), para el cual se emplean las temperaturas medias mensuales que se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4-5. Temperatura Media Mensual

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T° Med	13,8	14,0	13,9	14,2	14,5	13,9	14,0	14,1	13,8	13,6	13,7	13,7
Men	7	3	8	8	0	1	8	2	1	6	0	4

Fuente. Las Autoras

Aplicando la ecuación (1-7), se obtiene el índice de calor mensual.

$$i_{ene} = \left(\frac{13.87}{5} \right)^{1.514}$$

En la siguiente tabla se muestra el índice de calor para cada mes

Tabla 4-6. Índice de Calor Mensual

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
I	4,69	4,77	4,74	4,90	5,01	4,70	4,80	4,82	4,66	4,58	4,60	4,62

Fuente. Las Autoras

Posteriormente se determinará el índice de calor anual (I) con la ecuación (1-8)

$$I = \sum_{i=ene}^{dic} 56.88$$

Luego se calcula ETP mensual sin corregir con la ecuación (1-9)

$$ETP(\text{sin corregir}) = 16 \left(\frac{10 * 13.87}{56.88} \right)^{1.38}$$

Y aplicando la ecuación (1-10) se obtiene a

$$a = 675 * 10^{-9} * 56.88^3 - 771 * 10^{-7} * 56.88^2 + 1792 * 10^{-5} * 56.88 + 0.49239$$

$$a = 1.38$$

$$ETP(\text{sin corregir}) = 55.07$$

Seguido se realiza la corrección para el número de días del mes y el número de horas sol y se halla la ETP corregida, aplicando la ecuación (1-11)

$$ETP \text{ corregida} = 55.07 * \frac{11}{12} * \frac{31}{30}$$

$$ETP \text{ corregida} = 52.17$$

En la siguiente tabla se muestran las EPT corregidas para todos los meses de año.

Tabla 4-7. Evapotranspiración Potencial Corregida

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETP Corregida	52,17	51,32	57,54	58,26	62,04	57,10	59,57	59,79	55,18	55,70	49,63	55,22

Fuente. Las autoras

Los datos de ETP calculados en cada unidad de suelo, son iguales para los tres escenarios año seco, medio y húmedo, ya que los datos existentes de temperatura en la sub cuenca son medios mensuales, no se cuenta con registros máximos y mínimos mensuales multianuales.

Dando inicio al balance hídrico climático se calcula la diferencia entre la precipitación y la ETP durante cada mes hallando el almacenamiento, el déficit y los excesos. Para esta unidad de suelo en lo corrido de los meses del año no se presenta almacenamiento, por tanto el balance se inicia en el mes de octubre el cual representa el menor valor de déficit, y se tiene en cuenta la capacidad de almacenamiento como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-8. Capacidad de almacenamiento

UNIDAD DE SUELO	MGFc	
Textura	Franco Arcillo Limosa	
Profundidad Efectiva (PE)	70	cm
Capacidad de Infiltración (CI)	0,21	cm/cm
Capacidad de Almacenamiento	147	mm

Fuente. Las autoras

Tabla 4-9. Diferencia entre precipitación y evapotranspiración

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio 2015 Lenguazaque

ETP Corregida	52,17	51,32	57,54	58,26	62,04	57,10	59,57	59,79	55,18	55,70	49,63	55,22
P	0,20	0,70	2,00	4,80	6,90	13,10	5,00	5,40	7,30	35,30	10,90	3,20
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	51,97	50,62	55,54	53,46	55,14	44,00	54,57	54,39	47,88	20,40	38,73	52,02

Fuente. Las Autoras

Finalmente se obtiene el balance hídrico climático para la unidad de suelo como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4-10. Balance Hídrico Climático para la unidad de suelo MGFc para el año seco

ANO SECO												
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETP Corregida	52,17	51,32	57,54	58,26	62,04	57,10	59,57	59,79	55,18	55,70	49,63	55,22
P	0,20	0,70	2,00	4,80	6,90	13,10	5,00	5,40	7,30	35,30	10,90	3,20
Alm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-
	142,71	193,33	248,87	302,33	357,46	401,46	456,03	510,42	558,30		38,73	90,75
Déficit	142,71	193,33	248,87	302,33	357,46	401,46	456,03	510,42	558,3	20,4	38,73	90,75
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente. Las autoras

(Ver Anexo III) Tablas y Gráficos para los balances hídrico climáticos para cada unidad de suelo representados en los tres escenarios año seco, medio y húmedo.

4.2.3 Balance hídrico agrícola

Para el cálculo del balance hídrico agrícola, se requiere de datos decadales ya que los cambios de fase de los periodos vegetativos se dan en días, por tanto a partir de los datos de precipitación, Evapotranspiración potencial y evapotranspiración real y teniendo en cuenta el uso consecutivo del cultivo se obtiene el resultado consignado en la siguiente tabla 4-11 para la unidad de suelo MGFc y uso Bosque Plantado, Bosque Secundario, Pastos Manejados, Pasto Natural, Pasto Con Rastrojo, Vegetación de Paramo en el año medio.

Tabla 4-11. Balance Agrícola unidad de suelo MGFc año medio

	ENE			FEB			MAR			ABR		
PP	30,84	33,27	34,97	37,53	39,14	50,38	57,81	51,78	80,45	110,39	78,06	
ALM	237,81	218,91	201,71	187,91	175,74	174,80	175,06	169,30	192,22	97,18	116,98	
DEF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
EXC	90,81	71,91	54,71	40,91	28,74	27,80	28,06	22,30	45,22	0,00	-30,02	

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio 2015 Lenguazaque

Fuente. Las autoras

Tabla 4-12. Continuación

	MAY			JUN			JUL			AGO	
PP	89,99	65,87	83,20	52,95	37,64	54,15	43,42	33,49	51,39	36,10	35,88
ALM	183,31	187,14	208,30	204,15	184,69	181,74	165,59	139,51	131,33	107,64	83,73
DEF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EXC	36,31	40,14	61,30	57,15	37,69	34,74	18,59	-7,49	-15,67	-39,36	-63,27

Fuente. Las autoras

Tabla 4-13. Continuación

	SEP			OCT			NOV			DIC	
PP	50,94	50,14	55,67	96,34	80,98	106,55	107,34	65,77	89,53	44,35	40,30
ALM	65,45	60,41	60,90	101,54	126,82	177,67	235,38	251,52	291,42	280,55	265,63
DEF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EXC	-81,55	-86,59	-86,10	-45,46	-20,18	30,67	88,38	104,52	144,42	133,55	118,63

Fuente. Las Autoras

(Ver Anexo IV) Tablas y Gráficos para los balances agrícolas por cultivo y para cada unidad de suelo representado en los tres escenarios año seco, medio y húmedo.

4.3 MODULOS DE CONSUMO

Se realiza una encuesta a partir del método de muestreo aleatorio simple, donde se tienen en cuenta cuatro poblaciones incidentes en la subcuenca (Suesca, Cucunubá, Lenguazaque y Guachetá), cabe anotar que la prestación de servicios públicos es realizada por la oficina de servicios públicos de cada municipio en mención y que esta tiene cobertura del 100% en el casco urbano y aproximadamente un 30% en áreas rurales, esto indica que las poblaciones rurales suplen este 70% con opciones alternas como lo son (aljibes, nacederos, pozos profundos entre otros). Debido a lo anterior y con base en el sondeo realizado a través de las encuestas practicadas en los municipios mencionados se puede determinar que la vivienda rural consume aproximadamente 3,78 litros de agua diarios en lavado y aseo para animales y se estimó un valor de 4 litros diarios en bebederos para animales, lo cual para el bimestre se representa en 7,70 litros/día-animal.

Los datos evaluados por consumo doméstico, se realizan a partir de los datos reportados en las encuestas (Ver anexo V), los cuales presentan un promedio total de 26,25 m³ por recibo bimensual; dando los resultados presentes en la (tabla 4-14), con base en la cantidad de habitantes por vivienda y su consumo diario, hay que mencionar que en promedio una persona en la ciudad de Bogotá consume 165 litros/habitante-día (empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá), en este estudio se debe tener en cuenta factores de cambio que alteran los resultados, tales como sistemas de doble uso como (alcantarillado-aljibe), entre otros.

Tabla 4-14. Consumo promedio de agua para la cuenca del rio Lenguazaque

Metros Cúbicos (Bimensual)	Litros/habitante-día
18	75
30	125
21	116,6
17	141,67
23	95,83
37	88,10
25	138,89
39	162,5
PROMEDIO	117,95

Fuente. Las Autoras

4.3.1 Determinación de la demanda de agua

4.3.1.1 Uso domestico

Para determinar la demanda de agua de uso doméstico en la sub cuenca del rio Lenguazaque, se tienen en cuenta las proyecciones poblacionales realizadas por el DANE desde 1985 hasta 2015. El registro de los censos para los municipios pertenecientes a la cuenca se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4-15. Población Urbana y Rural de la sub cuenca del Rio Lenguazaque

MUNICIPIO	CUCUNUBA	GUACHETA	LENGUAZQUE	SUESCA
Área Urbana (km ²)	1,1	0,2	0,4	4,0
Población Urbana	1383,0	3756,0	2282,0	8567,0
Densidad de Población Urbana (Hab/Km ²)	1234,8	18780,0	5851,3	2141,8
Área Rural	110,8	59,0	153,4	98,0

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio 2015 Lenguazaque

Población Rural	6096,0	7629,0	7986,0	8751,0
Densidad de Población Rural (Hab/Km ²)	55,0	129,3	52,1	89,3
% Dentro de la cuenca	13,0	21,0	52,0	14,0
Área dentro de la cuenca (Km ²)	37,5	60,6	150,1	40,4
Población dentro de la cuenca	7479,0	11385,0	10268,0	17318,0

Fuente Las Autoras

De acuerdo a los módulos de consumo hallados para cada municipio, se evidencian las proyecciones de demanda de agua en uso doméstico.

Tabla 4-16. Demanda doméstica para el municipio de Cucunuba

Población Cucunuba				Módulo de Consumo (L/hab-d)		Demanda Hídrica(L/día)		
Año	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Cabecera	Resto	Total
2020	1503	6154	7657	112,93	110,88	1697,34	6823,56	8520,89
2030	1708	6250	7958	112,93	110,88	1928,84	6930,00	8858,84
2040	1850	6400	8250	112,93	110,88	2089,21	7096,32	9185,53
2050	2100	6550	8650	112,93	110,88	2371,53	7262,64	9634,17

Fuente. Las autoras

Tabla 4-17. Demanda doméstica para el municipio de Guachetá

Población Guachetá				Módulo de Consumo (L/hab-d)		Demanda Hídrica(L/día)		
Año	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Cabecera	Resto	Total
2020	3782	7541	11323	110,35	98,6	4173,44	7435,43	11608,86
2030	3900	7420	11320	110,35	98,6	4303,65	7316,12	11619,77
2040	3956	7250	11206	110,35	98,6	4365,45	7148,50	11513,95
2050	4000	7098	11098	110,35	98,6	4414,00	6998,63	11412,63

Fuente. Las Autoras

Tabla 4-18. Demanda doméstica para el municipio de Lenguazaque

Población Lenguazaque				Módulo de Consumo (L/hab-d)		Demanda Hídrica(L/día)		
Año	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Cabecera	Resto	Total
2020	2345	8113	10458	117,95	115,64	2765,93	9381,87	12147,80

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio Lenguazaque

2015

2030	2390	8150	10540	117,95	115,64	2819,01	9424,66	12243,67
2040	2450	8100	10550	117,95	115,64	2889,78	9366,84	12256,62
2050	2700	8120	10820	117,95	115,64	3184,65	9389,97	12574,62

Fuente. Las Autoras

Tabla 4-19. Demanda doméstica para el municipio de Suesca

Año	Población Suesca			Módulo de Consumo (L/hab-d)		Demanda Hídrica(L/día)		
	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Cabecera	Resto	Total
2020	9452	9661	19113	118,86	117,32	11234,65	11334,29	22568,93
2030	9486	9674	19160	118,86	117,32	11275,06	11349,54	22624,60
2040	9520	9695	19215	118,86	117,32	11315,47	11374,17	22689,65
2050	9580	9708	19288	118,86	117,32	11386,79	11389,43	22776,21

Fuente. Las Autoras

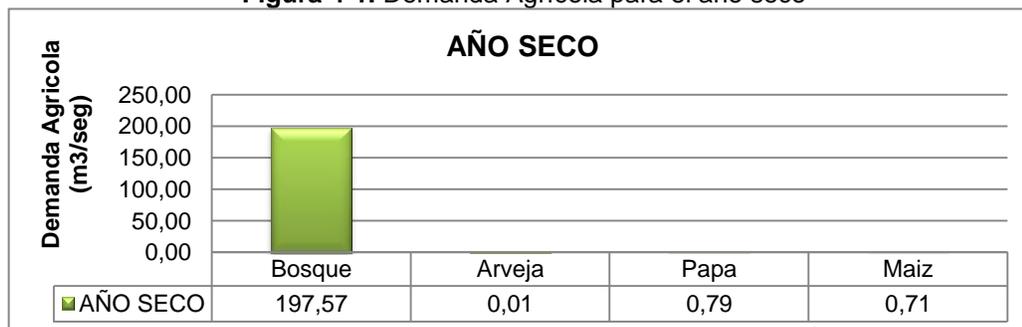
(Ver Anexo VI) gráficas y cálculo de proyecciones poblacionales

4.3.1.2 Uso Agrícola

Para la elaboración de la demanda agrícola, se inicia a partir de los mapas de uso actual del suelo de la cuenca del rio Lenguazaque, por medio de la herramienta ArcGis se calculan las áreas para identificar la demanda de agua por unidad de suelo. La demanda agrícola se determina a través de los usos consecutivos del suelo y la escorrentía, con el fin de hallar la necesidad neta de riego, valor que se multiplica por cada área de cultivo.

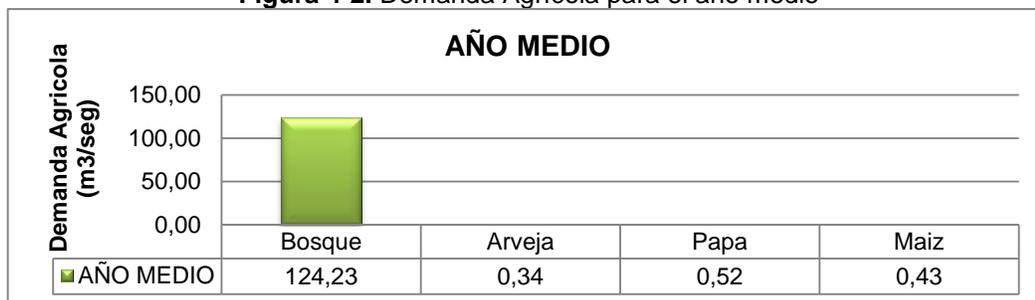
El comportamiento de la demanda Agrícola es ocasionado por la escorrentía y el uso consecutivo que se le da a cada unidad de suelo, en donde se observa que en el año seco y en el año medio la disponibilidad de agua no es suficiente para las necesidades de riego de los cultivos.

Figura 4-1. Demanda Agrícola para el año seco



Fuente. Las autoras

Figura 4-2. Demanda Agrícola para el año medio



Fuente. Las autoras

4.3.1.3 Uso Pecuario

La demanda pecuaria está relacionada con la cantidad de animales existentes valor se determinado a partir de la información del DANE (2013), de la distribución ganadera y pecuaria calculada para la zona y los municipios seleccionados de incidencia.

Tabla 4-20. Distribución ganadera y pecuaria para la cuenca del rio Lenguazaque

Municipio	Lenguazaque	Suesca	Cucunuba	Guacheta
Bovinos	11648	9050	10050	7840
Porcinos	350	1000	580	290
Caballar	35	98	65	27
Ovino	2800	6000	3500	1780
Caprino	57	117	45	68

Fuente. Distribución ganadera y pecuaria DANE (2013)

A partir del área rural de cada municipio y el inventario de especies se calcula la densidad para cada uno de ellos equivalentes en cabezas/km² presentes en la tabla a continuación

Tabla 4-21. Densidad de animales del sector pecuario

	Lenguazaque	Suesca	Cucunubá	Guacheta
Área Rural (Km ²)	7986	8751	6096	7629
Dens. Bovino	1,46	1,03	1,65	1,03
Dens. Porcino	0,04	0,11	0,10	0,04

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio 2015 Lenguazaque

Dens. Caballar	0,004	0,01	0,01	0,00
Dens. Ovino	0,35	0,69	0,57	0,23
Dens. Caprino	0,01	0,01	0,01	0,01

Fuente. Las Autoras

Para calcular la cantidad de animales dentro de la cuenca se multiplica el área de cada municipio y la densidad animal, como se muestra en la tabla.

Tabla 4-22. Número de cabezas de animales dentro de la cuenca

	Lenguazaque	Suesca	Cucunubá	Guacheta	Total
Área dentro de la cuenca (Km ²)	153,40	98,00	110,80	59,00	
Bovinos	223,74	101,35	182,67	60,63	568,39
Porcinos	6,72	11,20	10,54	2,24	30,71
Caballar	0,67	1,10	1,18	0,21	3,16
Ovino	53,78	67,19	63,62	13,77	198,36
Caprino	1,09	1,31	0,82	0,53	3,75

Fuente. Las Autoras

Según el cuadro anterior el área de incidencia de la cuenca del río Lenguazaque cuenta con un total de 804.36 cabezas de ganado. El cálculo de la demanda hídrica pecuaria se realiza a partir de la cantidad unitaria de animales multiplicada por el módulo de consumo de la que se obtiene una demanda hídrica total para la cuenca de 6193.59 L/día.

Tabla 4-23. Demanda Hídrica pecuaria cuenca del río Lenguazaque

Especie	Módulo de Consumo L/día-animal	Demanda Hídrica L/día
568,39	7,7	4376,60
30,71	7,7	236,44
3,16	7,7	24,33
198,36	7,7	1527,36
3,75	7,7	28,87
TOTAL		6193,59

Fuente. Las Autoras

4.4 OFERTA HIDRICA

Para la determinación de la oferta hídrica fue empleado el Método de la Curva Número, establecido por el Soil Conservation Service, de los Estados Unidos, el cual se basa en la determinación de la escorrentía superficial a partir de características de los suelos como uso, textura y capacidad de almacenamiento. Para aplicar el método se requiere de datos de precipitación media, obtenidos de las estaciones meteorológicas del área objeto de estudio, además de un reconocimiento amplio a la zona con el fin de asignar adecuadamente el valor llamado Número Hidrológico o Número de Curva.[31] El análisis de la escorrentía se realiza para tres posibles escenarios climatológicos, año seco, año medio, año húmedo, de acuerdo con esto se obtuvieron los siguientes resultados para las unidades de suelo presentes en la sub cuenca del rio Lenguazaque.

Tabla 4-24. Determinación de Escorrentía para la cuenca del rio Lenguazaque

Unidad Cartográfica de Suelo	Área (m ²)	Oferta (mm) Año Seco	Oferta (mm) Año Medio	Oferta (mm) Año Húmedo	Q (m ³ /seg) Año Seco	Q (m ³ /s) Año Medio	Q (m ³ /s) Año Húmedo
MGFc	4259800	35,71	159,42	899,98	0,004823	0,0215340	0,1215669
MGFe	4259800	37,08	192,66	1490,24	0,005008	0,0260240	0,2012977
MGFd	4259800	41,19	141,29	1006,83	0,005563	0,0190850	0,1359999
MGFf	4259800	35,71	159,42	899,98	0,004823	0,0215340	0,1215669
MGSd	2098400	29,42	241,21	1625,89	0,001957	0,0160500	0,1081864
MGSe	2098400	30,69	183,45	1625,89	0,002042	0,0122067	0,1081864
MGSf	2098400	27,8	204,78	1013,55	0,001849	0,0136260	0,0674414
MGSg	2098400	29,42	241,21	1625,89	0,001957	0,0160500	0,1081864
MGTb	12198300	158,1	18,41	361,9	0,061154	0,0071210	0,1399849
MGTc	12198300	142,73	18,93	292,05	0,055208	0,0073222	0,1129665
MGTd	12198300	143,32	30,03	673,07	0,055437	0,0116157	0,2603472
MGTe	12198300	158,1	18,41	361,9	0,061154	0,0071210	0,1399849
MLKd	13047900	408,11	152,13	31,37	0,168854	0,0629431	0,0129792
MLVc	4259800	26,4	268,16	1694,12	0,003566	0,0362223	0,2288372

Perfil Ambiental de la Sub cuenca del Rio 2015 Lenguazaque

MLVd	4259800	26,04	207,26	1184,44	0,003517	0,0279961	0,1599910
MLVe	4259800	24,62	230,23	1071,88	0,003325	0,0310988	0,1447867
MLVf	4259800	26,4	268,16	1694,12	0,003566	0,0362223	0,2288372
MLVg	4259800	26,04	207,26	1184,44	0,003517	0,0279961	0,1599910
MMCd	21774100	19,62	452,45	1477,07	0,013546	0,3123950	1,0198462
MMCe	21774100	22,85	498,09	2145,05	0,015776	0,3439073	1,4810544
MM Cf	21774100	6,79	418,91	1598,12	0,004688	0,2892373	1,1034254
MLSe	2098400	19,9	287,26	1191,67	0,001324	0,0191142	0,0792932
MLSf	2098400	22,04	328	1831,44	0,001466	0,0218250	0,1218637
MLSg	2098400	17,95	260,99	1307,42	0,001194	0,0173662	0,0869955
MLC	28600000	22,9	312,25	1797	0,020768	0,2831795	1,6296993
MMV	67371100	23,87	219,9	1214,84	0,050994	0,4697775	2,5952913
RMO	25640000	19,62	452,45	1477,07	0,015951	0,3678595	1,2009156
TOTAL	30180150 0	1582, 4	6172,7 4	32777,22	0,573037 6	2,5264311 6	11,879523 7

Fuente. Las Autoras

A partir de la Tabla número 4-24, se determina la oferta bruta para los tres posibles escenarios, año seco, año medio y año húmedo.

Tabla 4-25. Oferta Hídrica Bruta

OFERTA HIDRICA BRUTA (m³/s)		
Año Seco	Año Medio	Año húmedo
0.57	2.52	11.87

Fuente. Las Autoras

En la obtención de la oferta hídrica neta se determina el factor de reducción para mantener un régimen de estiaje (Re) y el factor de reducción por irregularidad temporal (Rit). Para determinar el régimen de estiaje del río se realizó la curva de duración de caudales con una probabilidad de excedencia del 97.5%, para los diferentes escenarios año seco, medio y húmedo.

Tabla 4-26. Calculo del Régimen de Estiaje (Re)

Periodo	Q 97,5%	Caudal	Re (%)
Año Seco	0,57	0,49	1,16
Año Medio	0,57	1,15	0,50
Año Húmedo	0,57	1,88	0,30

Fuente. Las Autoras

Para fijar el factor de reducción por irregularidad temporal (Rit) se determina el coeficiente de variación (CV) para cada año a partir de las series máximas, medias y mínimas de caudales. En la siguiente tabla se observan los valores obtenidos para el factor de reducción por irregularidad temporal.

Tabla 4-27. Calculo del factor de reducción por irregularidad temporal

Periodo	Cv	Rit (%)
Año Seco	0,51	40
Año Medio	0,12	15
Año Húmedo	0,15	15

Fuente. Las Autoras

Finalmente se calcula la oferta hídrica neta a partir de los valores obtenidos para los factores de reducción Re y Rit, en donde se obtiene:

Tabla 4-28. Oferta hídrica neta

Periodo	Re	Rit	Oferta Bruta (Millones de m3)	Oferta Neta (Millones de m3)
Año Seco	0,012	0,40	5,02	2,95
Año Medio	0,005	0,15	22,13	18,70
Año Húmedo	0,003	0,15	104,06	88,14

Fuente. Las Autoras

A partir de la tabla anterior se evidencia que el factor de reducción de estiaje no presenta valores elevados, ya que la oferta hídrica de la sub cuenca está dirigida principalmente al consumo humano y actividades agrícolas. El valor de factor de reducción por irregularidad temporal es elevado para el año seco, presentando dificultades en cuanto a abastecimiento en algunas épocas del año debido a la variabilidad hidrológica de la corriente del rio Lenguazaque.

4.5 Índice de Retención y Regulación Hídrica

La curva es identificada con los valores de caudales medios multianuales, con información obtenida de la estación hidrológica Boquerón.

Tabla 4-29. Oferta hídrica neta

%	Q m3/s
10	2,93333333
20	2,53333333

30	2,13333333
40	1,84
50	1,6
60	1,36
70	1,12
75	0,88
80	0,8
85	0,6
90	0,4
95	0,2
97,5	0,1

Fuente. Las Autoras

Se obtuvo un valor estimado de IRH, correspondiente a 0.669 indicando un rango moderado, lo que indica una media de retención y regulación de humedad; es decir que la humedad que puede retener la sub- cuenca es de características medias y su regulación se comporta de la misma manera.

4.6 Caudal Ecológico

Con base en los datos arrojados por el estudio anterior se estima el valor del caudal ecológico; el cual es obtenido con los datos de la estación el Boquerón, cuyo IRH es inferior a 0.70 de lo que se infiere que este caudal no supera el 85% del tiempo de retención; para este valor característico se asigna el Q75 de la curva de duración de caudales medios diarios. Por lo cual se determina un caudal ambiental correspondiente a los 0.88 m³/S.

4.7 Índice de Uso del Agua

Para la determinación de este indicador, se parte de la suma de las demandas hídricas sectoriales, calculadas a partir de los módulos de consumo determinados en el presente documento y se operan sobre la oferta neta que brinda la sub cuenca, este valor calculado de la sustracción del caudal total y el caudal ecológico; se presenta de la siguiente manera.

Tabla 4-30. Oferta hídrica neta

Dh (m3/S)	Oh (m3/S)	IUA
-----------	-----------	-----

1,3507147	14,09	9,5863357
-----------	-------	-----------

Fuente. Las Autoras

El cálculo arroja el valor del 9.5863%, el cual corresponde a un rango de incidencia bajo, de lo cual se infiere que la presión de demanda es baja con respecto a la oferta disponible entregada por la cuenca.

4.8 Vulnerabilidad por Desabastecimiento

El grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas, como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno del Niño, podría generar riesgos de desabastecimiento.

Para la determinación de este indicador se determina a través de una matriz de correlación de los rangos evaluados en el (IRH) y (IUA), para el caso de la sub cuenca del rio Lenguazaque se concluye que al arrojar valores para IRH moderado y IUA bajo es posible determinar un IVH correspondiente a un rango Bajo, de lo cual se puede inferir la fragilidad de sub cuenca es baja, por lo tanto en condiciones de amenaza la oferta del recurso hídrico no se verá afectada de manera importante.

4.9 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

En la tabla 4-32, se presenta el nombre del punto monitoreado, sus coordenadas geográficas, y la fotografía del lugar. Rio Lenguazaque Estación Hidrometereológica El Boquerón.

Tabla 4-31. Descripción punto de monitoreo – Agua superficial – Rio Lenguazaque

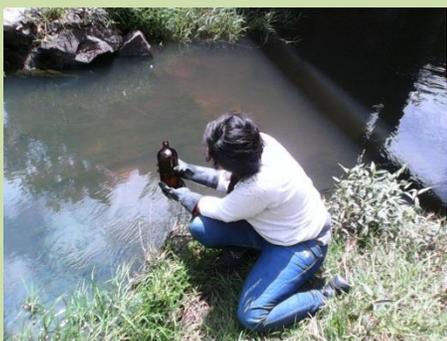
PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	TEMPERATURA	HORA	FOTOGRAFIA PUNTO DE MUESTREO
--------------------	-------------------------	-------------	------	------------------------------

<p>Rio Lenguazaque</p>	<p>N:05°19'42,68' W:73°41'58,6"</p>	<p>14,62°C</p>	<p>12:15</p>	
-------------------------------	-----------------------------------------	----------------	--------------	------------------------------------------------------------------------------------

Fuente. Las Autoras

Se considera un cuerpo de agua pequeño, al medir aproximadamente dos (1,5) metros de ancho; Terreno abierto de poca boscosidad, se evidencio bajo caudal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4-32. Toma de muestras – Agua Superficial – Rio Lenguazaque

Rio Lenguazaque	Rio Lenguazaque
	

Fuente. Las Autoras

Las nuestras tomadas son llevadas al laboratorio Conocer Ltda. Certificado por el IDEAM para su análisis. (Ver anexo VII) Resultados de Laboratorio

4.9.1 Estimación de Ico's

En la tabla 4-34 se presentan los resultados de la caracterización físico químico y microbiológico obtenido para el análisis de los Índices de Contaminación del Agua, basados en la metodología descrita por Ramírez y Viña (1998), en la cual relaciona variables como, conductividad , dureza , alcalinidad, ph, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, coliformes totales y solidos suspendidos,

los cuales son representativos en los estándares de calidad y que son seleccionados por la relación ecológica existente.

Con base en los índices de contaminación (ICO's) calculados para la muestra de agua superficial tomada en el Rio Lenguazaque, se logra establecer para el ICOMI, para el ICOSUS, y para el ICOpH un índice muy bajo de contaminación. Respecto al ICOMO se pudo identificar un índice de contaminación bajo por materia orgánica; comportamiento que se encuentra directamente relacionado con la contracción de coliformes totales en cada punto. A modo general se puede establecer que pese a los factores relevantes de contaminación este punto de aguas superficiales no tiene una alteración en las características fisicoquímicas importante; mostrando un comportamiento inherente a los sistemas dulceacuícolas naturales.

Tabla 4-33. Ico's - Agua Superficial – Rio Lenguazaque

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGIA			
RIO LENGUAZAQUE			
1. ICOMI	0,038		
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) 54,0 Nota: Si Cond. > 270 $\mu\text{S/cm}$, I. Cond. = 1	I. Cond.	0,115	
Dureza 21,0 Nota: Si Dureza > 110 mg/L, I. Dur. = 1; Si Dureza < 30 mg/L, I. Dur. = 0	I. Dur.	0,000	
Alcalinidad 13,3 Nota: Si Alcalinidad > 250 mg/L, I. Alc = 1; Si Alcalinidad < 50 mg/L, I. Alc. = 0	I. Alc.	0,000	
2. ICOSUS	0,000		
Sól. Suspendidos (mg/L) 5,0 Nota: Si S.S. < 10, I. COSUS. = 0; Si S.S. > 340, I. COSUS. = 1	ICOSUS	0,000	
3. ICOMO	0,342		
DBO ₅ (mg/L) < 3,0 Nota: Si DBO ₅ > 30 mg/L; I.DBO ₅ = 1 Si DBO ₅ < 2 mg/L; I.DBO ₅ = 0	I. DBO ₅	0,28	
Coliformes Totales (NMP/100mL) 2200 Nota: Si Coliformes totales > 20000 NMP/100mL; I. Col. T. = 1 Si Coliformes Totales < 500 NMP/100mL; I. Col. T. = 0	I. Coliformes	0,43	
%O ₂ sat. 69,1 Nota: Si %O ₂ = 100 ; I. O ₂ . = 0	I. %O ₂	0,31	
4. ICOpH	0,002		
pH 7,14	ICOpH	0,002	

Fuente. Las Autoras

4.9.2 Estimación del Ica

Para el análisis del índice de calidad del agua (ICA), se pudo determinar que el agua del río Lenguazaque, ubicado en el departamento de Cundinamarca, se encontró en el rango ICA 0,78 – 1,00 (ver tabla 4-35), considerándolo como un cuerpo de agua con niveles de calidad aceptable, estos resultados están en concordancia con los respectivos parámetros analizados en el presente informe de interpretación, lo que concluye que no es apta para ser empleada en consumo humano, tal y como lo contempla la normatividad ambiental contenida en el Decreto 1594 de 1984. [33]

Tabla 4-34. Ica's Rio Lenguazaque

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGIA						
RIO LENGUAZAQUE						
PARÁMETRO	UNIDADES	CONCENTRACIÓN	X _N	W _N	W _N * X _N	
pH	Unidades		7,14	1,00	10	10,00
CONDUCTIVIDAD	mg/L		54,00	1,00	10	10,00
CLORUROS	mg/L	<	5,0	1,00	10	10,00
FENOLES	mg/L	<	0,001	1,00	10	10,00
% SATURACION O ₂	%		69,1	0,73	10	7,29
DBO ₅	mg/L	<	3	0,77	10	7,67
DQO	mg/L	<	50	0,10	10	1,00
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<	13,00	0,68	10	6,80
SUMATORIA					80	62,76
INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (I C A)						0,78

Fuente. Las Autoras

4.10 Glosario

Aridez: relaciona la escasez estacional y/o anual de los recursos hídricos disponibles para la biota. [19]

Balance hídrico: Procedimiento por el cual se calcula la cantidad de agua disponible en un sistema o zona determinada, deducida el agua utilizada o perdida por varias causas, del agua que ha ingresado por precipitación o por otro medio. [19]

Capacidad de uso del suelo: Es cuando se considera la aptitud actual del suelo y también su potencialidad ante la presentación de limitantes con posibilidades de ser modificadas. [19]

Caudal: Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo. [19]

Ciclo Hidrológico: Tome el sentido de distribución y movimiento del agua en diferentes fases, bajo y sobre la superficie de la tierra. [19]

Cuenca Hidrográfica: Es una porción del terreno definido, por donde discurren las aguas en forma continua o intermitente hacia un río mayor, un lago o el mar. [19]

Demanda de agua: Volumen de agua, en cantidad y calidad, que los usuarios están dispuestos a adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo. Este volumen será función de factores como el precio de los servicios, el nivel de renta, el tipo de actividad, la tecnología u otros. [19]

Demarcación hidrográfica: La zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas, como principal unidad a efectos de la gestión de las cuencas hidrográficas. [19]

Escorrentía: Fenómeno de escurrido de las aguas sobre el suelo cuando esta supera la capacidad de infiltración. [19]

Evaporación: Proceso a través del cual un líquido se transforma en vapor. Ejemplo el agua, al pasar de un estado líquido a un estado semi sólido forma las nubes. [19]

Evapotranspiración: La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por transpiración de la vegetación como por evaporación del suelo. Su magnitud depende del agua realmente disponible, es decir la que el suelo ha logrado retener para el consumo de la vegetación, así como la que ha sido interceptada por ésta. [19]

Evapotranspiración potencial (ETP): La cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo si en todo momento existe en el suelo humedad suficiente para su uso máximo por las plantas. [19]

Gestión integral del recurso hídrico: Está orientado a un desarrollo especial para los sectores productivos definiendo los instrumentos para regular la oferta y la demanda del recurso hídrico para garantizar el uso sostenible del agua y contribuir a la calidad de vida de la población y al desarrollo armónico de las actividades. [19]

Infiltración: La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y del subsuelo. [19]

Precipitación (P): Es el agua que cae en una zona determinada que se delimita como cuenca o subcuenca y puede ocurrir como lluvia, neblina, nieve, rocío, etc. [19]

Transpiración: Es la evaporación a través de las hojas. El proceso fisiológico de alimentación de las plantas se efectúa mediante el paso de ciertas cantidades de agua, portadoras de los alimentos, por el interior de ellas y ese tráfico solamente es posible gracias a la transpiración. [19]

Módulos de consumo de agua: Es la cantidad de agua que se requiere para el desarrollo de una actividad o la obtención de un producto. Sirve para determinar los caudales o volúmenes de agua que se asignan a personas naturales o jurídicas para el desarrollo de sus actividades domésticas, agropecuarias, industriales, comerciales o de otro tipo; así mismo, sirve como criterio para determinar potenciales de ahorro y uso eficiente del recurso. [19]

Ordenación de cuencas hidrográficas: Es un conjunto que promueve, regula y administra el manejo preservación y conservación del subsistema biofísico (el suelo, el agua, la biodiversidad y el aire), así como en lo económico, social y cultural. [19]

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. [19]

Recursos hídricos: Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable. [19]

Sostenibilidad: Característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades. [19]

Suministro de agua: Abastecimiento de agua potable a una comunidad, que incluye las instalaciones de depósitos, válvulas y tuberías. [19]

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 un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos). [19]

5 CONCLUSIONES

El perfil ambiental de la sub cuenca del rio Lenguazaque elaborado en la presente investigación garantiza una visión real de la situación actual de los recursos naturales y sus principales problemáticas

El diagnostico retrospectivo realizado, evidencia claramente las presiones que ha venido sufriendo la sub cuenca del rio Lenguazaque en cuanto a abastecimiento y distribución del recurso hídrico, entre las intervenciones más importantes se encuentran los sistemas de captación para plantas de tratamiento de agua potable y las proyecciones en infraestructura para la elaboración de redes hídricas de agua para consumo humano y alcantarillado.

Los balances generales realizados para la sub cuenca del rio Lenguazaque son simulaciones veraces, ya que la relación directa que existe entre los déficit de agua para el año seco están afectados directamente con las bajas precipitaciones para la zona

Los valores determinados para la oferta hídrica bruta a través del método de la curva número se ajustaron adecuadamente a cada escenario temporal, método que permite la fácil identificación del déficit y los excesos presentes en la sub cuenca.

Para el análisis correcto de la oferta hídrica neta fue necesario determinar el régimen por irregularidad temporal, el cual permitió además de convertir la oferta bruta en neta, identificar los porcentajes de reducción para cada uno de los escenarios temporales propuestos.

El índice de uso de agua para la sub cuenca del rio Lenguazaque no presenta un porcentaje elevado, por tanto las presiones que han sido realizadas sobre el recurso hídrico en términos de cantidad de agua no son significativas.

La temperatura reportada en el punto de El Boquerón Rio Lenguazaque , registró un valor inherente al tipo de agua analizada, indicando así, que el cuerpo de agua superficial está acondicionado a los factores climáticos de la zona de influencia y a la dinámica propia de los sistemas naturales, lo cual favorece la concentración de oxígeno en el agua y por ende el desarrollo de la vida acuática del ecosistema; garantizando así mismo la calidad y disponibilidad del recurso para sus diferentes usos útiles.

El potencial de hidrogeniones pH, reportó un valor con tendencia a la neutralidad en el punto monitoreado, lo cual puede atribuirse al contenido de bicarbonatos como consecuencia del arrastre de materiales y lavado de los terrenos que atraviesa el cuerpo hídrico, a la acción natural del CO₂ circundante sobre el cuerpo de agua, y a la dinámica entre la actividad fotosintética y la respiración de los organismos heterótrofos. Es importante mencionar que los valores registrados de pH, no exceden los límites establecidos en los artículos 38, 39 y 40 del Decreto 1594/1984 del Ministerio de Salud y el Ministerio de Agricultura, respecto a los criterios de calidad del recurso para sus diferentes usos; siendo estos consecuentes al tipo de agua analizada.

El oxígeno disuelto presentó concentraciones óptimas para el desarrollo de la flora y la fauna del ecosistema acuático; lo que supone un adecuado intercambio de oxígeno derivado de la difusión y contacto con el aire circundante, la turbulencia moderada, la respiración de la flora acuática, las precipitaciones y la temperatura ambiente tolerable; características que son inherentes al medio natural del cuerpo hídrico analizado; garantizando la calidad del río. Es también importante comprender que la calidad del agua superficial está determinada por la química de la precipitación y por las interacciones de la escorrentía (agua superficial) con el suelo, la roca, los sólidos transportados (orgánicos, sedimentos), el agua subterránea y la atmósfera.

La DBO₅ y la DQO registraron bajas concentraciones al estar en el límite de la técnica analítica de detección, según corresponda a cada parámetro; indicando que las aguas analizadas del río Lenguazaque poseen una baja presencia de materia orgánica; siendo estos valores consecuentes con los contenidos de oxígeno disuelto; esto permite evidenciar que el agua superficial no se ve impactada por agentes externos de contaminación, garantizando así la calidad del recurso hídrico para sus diferentes usos.

Los Ico's permiten evidenciar que la carga microbiológica en forma de coliformes fecales; es el parámetro de mayor incidencia en la alteración de la calidad del agua monitoreada en el punto, al presentarse un índice de contaminación por materia orgánica en un rango bajo, sin embargo; y en lo que respecta a los índices de contaminación, por pH, por mineralización, por sólidos suspendidos, se reportaron valores en un rango muy bajo en el punto monitoreado en el Rio Lenguazaque.

Los valores obtenidos para los ICA's permiten evidenciar que las aguas del río Lenguazaque, presentan una condición ambiental de un "cuerpo de agua con niveles de calidad aceptables", lo cual está directamente relacionado con las bajas concentraciones de parámetros de características nocivas sobre las aguas

naturales. Este comportamiento es adecuado y garantiza la calidad del recurso hídrico en cuanto a los distintos usos contemplados en la normatividad aplicable.

Esta investigación sirve como base para la ordenación adecuada del recurso hídrico en términos de calidad y cantidad, ya que su análisis está enfocado a las posibles presiones que se realizan sobre este recurso natural.

6 RECOMENDACIONES

Con el fin de prevenir posibles impactos negativos sobre el recurso hídrico de la zona, es de gran importancia establecer un sistema de gestión y ordenamiento de la sub cuenca, con el fin de evitar las presiones que se puedan presentar en fenómenos como el niño o la niña.

Es recomendable determinar un programa de sostenibilidad para el recurso hídrico, basado en los comportamientos climáticos, las ofertas y demandas hídricas, con el fin de establecer las posibles restricciones sobre su uso.

Con el fin de disminuir el impacto negativo que se realiza al recurso hídrico es importante poner en funcionamiento la planta de tratamiento de agua residual para el municipio de Lenguazaque ya que es el que mayor representatividad tiene sobre la cuenca.

En cuanto al análisis climatológico de la sub cuenca es importante establecer para la zona una actualización de las estaciones hidrometereológicas, ya que las bases de datos del IDEAM y la CAR se encuentran desactualizadas y para el análisis de los balances hidroclimáticos solo se pudo trabajar con los valores medios de temperatura.

7 Bibliografía

- [1] Ambiotec, U. T. (2006). Elaboración de los estudios de diagnóstico prospectiva y formulación para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suarez (Departamento de Cundinamarca. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Bogotá D.C: Informe de la Fase de Diagnostico contrato de consultoría.
- [2] Junco, J. d. (2004). Análisis Morfométrica de Cuencas: Caso de Estudio del parque Nacional Pico de Tancítaro. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología.
- [3] Plan Ambiental de Ordenamiento Territorial Diagnostico Laguna de Fúquene. (s.f.).
- [4] Sostenible, D. d. (Octubre de 2014). Bases para la Formulación de la Política General de Ordenamiento Territorial. Bogotá, Colombia.
- [5] Leguizamón, G. P. (2013). Áreas Protegidas en determinantes de Ordenamiento Territorial.
- [6] Alcaldía Municipal, N. S. Plan Básico de Ordenamiento territorial, Diagnostico sub Sistema Físico- Biótico.
- [7] Villota, H. (1991). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las tierras, Primera Parte. Bogotá: IGAC.
- [8] Planeación, D. N. (Diciembre de 2013). Balance sobre los avances en el diseño e implementación de lineamientos de ordenamiento territorial departamental que han sido llevados a cabo en el país. Documentos Para el Ordenamiento y Desarrollo territorial, 7-72.
- [9] Apha, A. W. (2012). Standard Methods for Examination of Waterand Wastewater. Segunda Edición.
- [10] Romero, J. (2009). Calidad de Agua (Tercera Edición ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.

- [11] Hernando, O. T. (2007). Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM.
- [12] Hebert Gonzalo Rivera, R. M. (2004). Metodología del cálculo del índice de escasez. Bogotá: Instituto de de Hidrología, meteorología y estudios ambientales.
- [13] Efraín Antonio Domínguez, H. G. Relaciones Demanda Oferta de Agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. Instituto de Hidrología y estudios ambientales IDEAM. Bogotá: Departamento de ecología y Territorio, Sub dirección de Hidrología.
- [14] Ambiente, G. F. Recursos Hídricos. Informe de las naciones Unidas sobre desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.
- [15] Gálvez, J. J. (2011). Cartilla Técnica, Balance Hídrico Superficial. Lima: Sociedad geográfica de lima.
- [16] Diana Marcela Duran Santos, D. C. (2011). Perfil Ambiental de la Sub Cuenca del Rio Neusa. Trabajo de Grado, Universidad de la Salle, Bogotá.
- [17] Ar, F. (s.f.). Trabajo Practico Balance Hídrico. Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de Filo.uba. ar: <http://www.filo.uba.ar/contenidos>
- [18] Chow, V. T. (1994). Hidrología Aplicada. Bogotá: Mc Graw Hill Interamericana S.A.
- [19] Ambientum.com. (18 de Noviembre de 2015). Ambientum.com. Recuperado el 18 de Noviembre de 2015, de Ambientum.com: <http://www.ambientum.com/diccionario>
- [20] Sostenible, M. d. (20 de Noviembre de 2015). Minambiente. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de minambiente: <https://www.minambiente.gov.co>
- [21] Cundinamarca, C. R. (20 de Noviembre de 2015). car.gov.co. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de car.gov.co: <https://www.car.gov.co/>
- [22] Colombia, P. N. (20 de Noviembre de 2015). Parquesnacionales.gov.co. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de Parquesnacionales.gov.co: <http://www.parquesnacionales.gov.co>
- [23] Lenguazaque, a. d. (20 de Noviembre de 2015). Lenguazaque-cundinamarca.gov.co. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de lenguazaque-cundinamarca.gov.co: <http://www.lenguazaque-cundinamarca.gov.co>
- [24] Ardila, A. d. (2010). Perfil Ambiental de la sub cuenca rio alto de la cuenca alta del rio Bogotá. Proyecto de Grado, Universidad de la Salle, Bogotá.

- [25] Cundinamarca, C. A. (2006). Diagnostico Prospectiva y Formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté Suarez. Santa fe de Bogotá.
- [26] Social, C. N. (2006). Estrategia para el manejo ambiental de la cuenca Ubaté Suarez. Bogotá.
- [27] Tapia, C. (s.f.). Plan Participativo de manejo y conservación del macizo del páramo de rabanal. Proyecto Paramo andino, conservación de la diversidad en el techo de los andes, 1-12.
- [28] María del Pilar Rodríguez, C. E. (1999). Impacto socioeconómico y ambiental de la pequeña minería del carbón en los municipios de zipaquirá, nemocon, cogua, Suesca, tausa, Sutatausa, Cucunuba y Lenguazaque. Bogotá.
- [29] Duarte, F. H. (2012). Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015. Departamento de Cundinamarca: Municipio de Lenguazaque provincia de Ubaté.
- [30] Espacio, C. C. Nuevos elementos Conceptuales para la clasificación fisiográfica del terreno. Proyecto satelital colombiano de observación de la tierra.
- [31] Service, S. C. (1994). Calculo de la precipitación neta mediante el método del S.C.S. National Resources Conservation Service
- [32] Hebert Augusto Infante Romero, L. F. (2008). Ajuste Metodológico al índice de escasez de agua propuesto por el IDEAM en el plan de ordenación y manejo de la cuenca del rio pamplonita norte de Santander Colombia. Revista Colombia Forestal, 11, 165-173.
- [33] Decreto 1594 de 1984.