

Trabajo Fin de Máster

*ORDENACIÓN DE LA CUENCA  
RÍO UBATÉ - LAGUNA DE  
FÚQUENE EN COLOMBIA*

Intensificación: *ORDENACIÓN Y RESTAURACIÓN  
DE CUENCAS*

Autora

*ANAMARÍA SALAZAR NOGUERA*

Directora

*MARIA LETICIA LÓPEZ SARDÁ*

**SEPTIEMBRE 2016**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería  
hidráulica y medio ambiente  
**mihma**

## Resumen del Trabajo de Fin de Máster

### Datos del proyecto

Título: ORDENACIÓN DE LA CUENCA RÍO UBATÉ - LAGUNA DE FÚQUENE EN COLOMBIA

Alumna: ANAMARÍA SALAZAR  
NOGUERA

E-mail: ansano@alumno.upv.es

Directora: Dr. MARIA LETICIA LÓPEZ SARDÁ

### Resumen

La cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene se encuentra en el centro de Colombia, y, es una zona de gran importancia agrícola y ganadera, ya que es la principal zona de producción de lácteos del país, razón por la cual la laguna de Fúquene ha sido desecada con el objeto de utilizar grandes áreas de suelo para actividades agropecuarias, y zonas de gran importancia ambiental como páramos y bosques de las zonas altas que han sido destruidos por el avance de la frontera agrícola.

En la temporada lluviosa ,cuando aumenta el nivel de las aguas ,se inundan zonas que anteriormente pertenecían a la laguna, anegando extensas zonas de vocación agrícola , poblaciones y vías de comunicación.

El objetivo del TFM es realizar la ordenación de la cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene, a partir de un estudio detallado de las características de la cuenca, utilizando el método de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE). Con ello se pretende lo siguiente:

- Mantener o restablecer el equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos y la conservación de la estructura físico – biótica de la cuenca y especialmente de sus recursos hídricos.
- Distribuir racionalmente los usos del suelo, aumentando la producción en la cuenca.

### Abstract

Watershed Ubaté River - Fuquene Lake is located in the center of Colombia, and is an area of great agricultural and cattle importance, since it is the main area of dairy production in the country, why lake Fúquene has been dewatered in order to use large areas of land for agricultural activities, areas of great environmental importance as moors and forests in upland areas that have been destroyed by the advance of the agricultural frontier.

In the rainy season, when the level of the waters increase, areas previously belonged to the lake are flooded, flooding large areas of agricultural vocation, towns and roads are flooded.

The aim of TFM is to make the management of the watershed Ubaté river – Fúquene lake, from a detailed analysis of the characteristics of the watershed study using the method of universal soil loss equation ( USLE ). Thus the following aims:

- Maintain or restore balance between the use of resources and conservation of the physical - biotic structure and especially its water resources.
- Distribute rational land use, increasing production in the watershed.

#### Palabras clave

Cuenca, Ordenación, USLE

#### Keywords

Watershed, management, USLE

## TABLA DE CONTENIDO

1 ANTECEDENTES Y OBJETO .....	1
2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA .....	3
2.1 Situación .....	3
2.1.1 Localización Geográfica .....	3
2.2 Caracterización general de la cuenca .....	4
2.3 Caracterización del Medio Físico .....	6
2.3.1 Geomorfología.....	8
2.3.2 Geología.....	10
2.3.3 Estratigrafía .....	11
2.3.4 Suelos .....	15
2.4 Climatología .....	23
2.4.1 Estaciones meteorológicas en la Cuenca Ubaté – Suárez.....	24
2.4.2 Precipitaciones .....	25
2.4.3 Temperaturas.....	28
2.4.4 Clasificación climatológica - Metodología Caldas - Lang .....	29
2.4.5 Diagrama Ombroclimático de Gaussen.....	30
2.4.5.1 Estación Carrizal .....	31
2.4.5.2 Estación Novilleros.....	31
2.4.5.3 Estación Sutatausa .....	32
2.4.5.4 Estación San Miguel de Sema .....	32

2.5	Caracterización del Medio Biofísico .....	32
2.5.1	Vegetación .....	32
2.5.2	Fauna .....	35
2.5.2.1	Ornitofauna .....	36
2.5.2.2	Mastofauna .....	36
2.5.2.3	Herpetofauna .....	36
2.5.3	Especies amenazadas .....	37
2.5.4	Especies de conservación.....	39
2.6	Ecosistemas estratégicos .....	41
2.7	Condiciones Socioeconómicas .....	45
2.7.1	Demografía.....	45
2.7.2	Servicios públicos.....	47
2.7.2.1	Acueducto y alcantarillado .....	47
2.7.2.2	Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	48
2.7.2.3	Aseo.....	49
2.7.3	Actividades Económicas.....	50
2.7.3.1	Actividad pecuaria.....	50
2.7.3.2	Actividad agrícola.....	51
2.7.3.3	Actividad minera.....	51
3	HIDROLOGÍA.....	53
3.1	Descripción de las subcuencas.....	53

3.1.1	Cuenca río Alto Ubaté .....	54
3.1.2	Cuenca río Suta .....	56
3.1.3	Cuenca Laguna de Cucunubá.....	58
3.1.4	Cuenca Río Lenguazaque.....	59
3.1.5	Cuenca río Bajo Ubaté – Fúquene .....	61
3.2	Caracterización Física de la Cuenca .....	64
3.2.1	Parámetros de Forma.....	64
3.2.1.1	Coeficiente de compacidad.....	64
3.2.2	Parámetros de Relieve .....	65
3.2.2.1	Curva Hipsométrica.....	65
3.2.2.2	Altura media .....	66
3.2.2.3	Pendiente media .....	67
3.2.3	Parámetros relativos a la red de drenaje.....	68
3.2.3.1	Densidad de drenaje.....	68
3.2.3.2	Pendiente media del Cauce .....	68
3.2.4	Características morfométricas de las subcuencas .....	68
3.3	Caudales máximos mensuales .....	69
3.4	Erosión en la zona de estudio.....	70
3.5	Áreas de inundación en la zona de estudio .....	74
3.6	Hidrogeología.....	75

4	ORDENACIÓN DE LA CUENCA RÍO UBATÉ – LAGUNA DE FÚQUENE	81
4.1	metodología de ordenación basada en el modelo usle de estimación de la erosión	81
4.1.1	Factor de erosividad de la lluvia (R)	82
4.1.2	Factor de Erodabilidad del suelo (K)	84
4.1.3	Factor Topográfico (LS)	89
4.1.4	Factor cubierta vegetal (C)	91
4.1.5	Factor de prácticas de manejo (P)	93
4.1.6	Determinación tasa de erosión hídrica por el método USLE	94
4.1.7	Mapa de usos futuros con base a la ordenación de la cuenca	96
5	CONCLUSIONES	101
6	BIBLIOGRAFÍA	102

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Subcuencas que conforman la Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	5
Tabla 2. Relieve y pendientes en la Cuenca Río Ubaté - Laguna Fúquene...	7
Tabla 3. Tipos de suelo presentes en la cuenca .....	17
Tabla 4. Estaciones pluviométricas en la cuenca de estudio .....	24
Tabla 5. Estaciones termo pluviométricas en la cuenca de estudio .....	25
Tabla 6. Precipitación media anual en cada estación de la cuenca .....	25
Tabla 7. Temperatura en cada estación dentro de la cuenca .....	28
Tabla 8. Clasificación climática para cada subcuenca .....	29
Tabla 9. Vegetación presente en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	33
Tabla 10. Aves amenazadas en Colombia reportadas para la región de estudio.....	38
Tabla 11. Peces amenazados en Colombia reportados para la región de estudio.....	38
Tabla 12. Anfibios amenazados en Colombia reportados para la región de estudio.....	38
Tabla 13. Mamíferos amenazados en Colombia reportados para la región de estudio.....	38
Tabla 14. Aves con PA de conservación.....	40
Tabla 15. Aves con PM de conservación .....	40
Tabla 16. Aves con PB de conservación.....	41

Tabla 17. Características de los municipios que conforman la cuenca de estudio.....	45
Tabla 18. Población en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	46
Tabla 19. Fuentes de captación acueductos municipales.....	48
Tabla 20. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	48
Tabla 21. Recolección de residuos sólidos .....	50
Tabla 22. Hidrografía Subcuenca Río Alto Ubaté .....	54
Tabla 23. Usos del suelo Cuenca Río Alto Ubaté .....	56
Tabla 24. Hidrografía Subcuenca Río Suta.....	57
Tabla 25. Usos del suelo Cuenca Río Suta .....	57
Tabla 26. Hidrografía Subcuenca Laguna de Cucunubá .....	58
Tabla 27. Usos del Suelo Laguna de Cucunubá .....	59
Tabla 28. Hidrografía Subcuenca Río Lenguaque .....	60
Tabla 29. Usos del suelo Cuenca Río Lenguaque .....	61
Tabla 30. Hidrografía Subcuenca Río Bajo Ubaté - Fúquene .....	61
Tabla 31. Usos del suelo Cuenca Río Bajo Ubaté - Laguna Fúquene .....	62
Tabla 32. Parámetros de forma de las subcuencas.....	65
Tabla 33. Altura media de la cuenca de estudio .....	66
Tabla 34. Pendiente media de la cuenca de estudio.....	67
Tabla 35. Características generales, de forma y de relieve de la cuenca de estudio.....	69
Tabla 36. Características de la red de drenaje de la cuenca de estudio .....	69

Tabla 37. Caudales máximos mensuales de acuerdo a la distribución de Gumbel.....	70
Tabla 38. Tipos de erosión hídrica .....	71
Tabla 39. Erosión en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	73
Tabla 40. Tipos de amenaza presente en la cuenca por inundación .....	74
Tabla 41. Unidades hidrogeológicas en la cuenca de estudio .....	77
Tabla 42. Acuíferos y acuitardos en la cuenca .....	79
Tabla 43. Valores de R para cada estación climatológica de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	83
Tabla 44. Valores de K asociados a la textura y al contenido de materia orgánica, método de Kirby y Morgan (1980) .....	85
Tabla 45. Valores de K para cada tipo de suelo en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	86
Tabla 46. Factor topográfico LS.....	89
Tabla 47. Valores de LS para cada intervalo de pendientes en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	89
Tabla 48. Valores del factor C.....	91
Tabla 49. Valores de C para la cubierta vegetal en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	91
Tabla 50. Valores Factor prácticas de conservación "P" .....	93
Tabla 51. Valores propuestos factor prácticas de conservación P para la cuenca de estudio .....	93
Tabla 52. Grado de erosión hídrica dependiendo de la pérdida de suelo ....	95

Tabla 53. Distribución superficial del nivel de erosión en la cuenca Ubaté - Fúquene .....	95
Tabla 54. Ordenación de usos del suelo según el método USLE .....	97
Tabla 55. Área de actuaciones para futuros usos de suelo en la cuenca de estudio.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	3
Figura 2. Localización geográfica Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .	4
Figura 3. División de la Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	6
Figura 4. Relieve y pendientes en la Cuenca Río Ubaté - Laguna Fúquene .	7
Figura 5. Geomorfología de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	10
Figura 6. Geología de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	15
Figura 7. Suelos presentes en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.	22
Figura 8. Precipitación media mensual en cada estación de la cuenca .....	27
Figura 9. Temperatura media mensual en cada estación de la cuenca .....	29
Figura 10. Zonificación climática Caldas Lang para la cuenca de estudio ...	30
Figura 11. Diagrama Ombroclimático para cada estación de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	32
Figura 12. Ecosistemas estratégicos en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	44
Figura 13. Evolución de la población de la cuenca de estudio.....	46
Figura 14. Hidrografía cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	53
Figura 15. Usos del suelo de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene ...	63
Figura 16. Curva Hipsométrica Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene ...	66
Figura 17. Grado de Erosión en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	72
Figura 18. Tipo de erosión en la cuenca de estudio.....	73

Figura 19. Zonas amenazadas por inundación en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	75
Figura 20. Hidrogeología de la cuenca de estudio .....	80
Figura 21. Factor Erosividad de la lluvia (R) de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	84
Figura 22. Mapa de factor de erodabilidad del suelo "K" para la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	88
Figura 23. Mapa Factor Topográfico "LS" para la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	90
Figura 24. Mapa Factor Cubierta Vegetal "C" para la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	92
Figura 25. Mapa Factor prácticas de conservación "P" de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	94
Figura 26. Mapa Pérdidas por erosión método USLE en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene .....	96
Figura 27. Mapa Futuros usos de suelo de la Ordenación de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.....	100

## 1 ANTECEDENTES Y OBJETO

La cuenca de estudio está compuesta por el Río Ubaté el cual desemboca en la laguna de Fúquene, los principales afluentes del río Ubaté son los ríos Suta y Lenguazaque, además existe la laguna de Cucunubá, la cual por medio de un canal vierte sus aguas al río Lenguazaque.

La laguna de Fúquene, es un cuerpo de agua ubicado en los límites de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, desde el siglo XIX esta laguna se ha desecado para la utilización de los suelos en actividades agropecuarias, es así como pasó de ser una laguna de 30.000 hectáreas hace 400 años, a ser de tan solo 2.800 hectáreas, se ha reducido aproximadamente el 90% de su área. El problema se presenta en la temporada lluviosa cuando aumenta el nivel de las aguas y empieza a inundar las zonas que anteriormente le pertenecían a la laguna.

El problema de inundaciones en la cuenca de estudio tiene dos causas diferentes, la primera es la inundación de extensas zonas con vocación agrícola en los alrededores de la laguna durante la estación lluviosa, estas zonas permanecen bajo el agua durante una gran parte del año, como consecuencia de la imposibilidad de drenaje durante la estación invernal. La segunda causa son las avenidas de los ríos los cuales aumentan el área de inundación donde se desarrollan actividades agropecuarias, además de inundar poblaciones y vías.

En el año 2006 el gobierno de Colombia declaró la emergencia ambiental en la laguna de Fúquene, para atender la emergencia ocasionada al inundarse cerca de 11.500ha, por el desbordamiento de algunos ríos y de la laguna resultaron afectados los municipios de Saboyá, Chiquinquirá, Caldas, San Miguel de Sema, Simijaca, Susa, Fúquene, Ráquira, Guachetá, Carmen de Carupa, Ubaté, Lenguazaque, Cucunubá y Sutatausa. En el año 2011 sucedió lo mismo, la laguna volvió a desbordarse junto con los ríos Susa y Ubaté creando una emergencia ambiental afectando los mismos municipios.

En estos dos años se generó un fenómeno climático sumándose a la estación lluviosa, lo que generó el aumento significativo de las lluvias y de la

escorrentía; el fenómeno del niño, el cual viene ocurriendo en periodos de tiempo cada vez más cortos en los últimos años, lo cual aumenta el riesgo de inundación en esta zona.

Adicional a la desecación de la laguna para actividades agropecuarias y del aumento de las precipitaciones, el cambio en los usos del suelo en la cuenca, por la búsqueda de suelo productivo de tipo orgánico, motiva a la destrucción de las coberturas en bosque hacia las partes altas de la cuenca, que con las prácticas inapropiadas para el desarrollo de cultivos limpios como la papa, al cabo del tiempo constituyen coberturas de tipo bajo con suelos degradados, que al acompañarse con la pendiente, se genera la favorabilidad de variables erosivas ante la presión constante por el uso del suelo, la contaminación y el aumento de los sedimentos, genera una disminución de la capacidad hidráulica y una mayor escorrentía de los principales cursos de agua aumentando el nivel y consecuentemente el desbordamiento de estos.

Las acciones que se han llevado a cabo en la zona para evitar el avance de la frontera agrícola sobre la laguna y de las inundaciones ha sido delimitar el área de la laguna por parte de la Corporación Autónoma Regional CAR (Entidad encargada de vigilar y preservar el medio ambiente y los recursos naturales de la zona), y la creación de diques en los ríos y en la laguna para evitar que el agua pase hacia las zonas rurales y urbanas. El problema de los diques es que los ríos pierden el almacenamiento natural existente (área de remanso) y, por lo tanto la amortiguación de las crecientes creada por dicho almacenamiento, lo que perjudica a las áreas localizadas aguas abajo de la zona en cuestión.

El objetivo de este estudio es realizar una ordenación de la cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene, a partir de un estudio detallado de las características de la cuenca para determinar así las medidas a tenerse en cuenta para su ordenación. Con lo anterior se pretende lo siguiente: Mantener o restablecer el equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos y la conservación de la estructura físico – biótica de la cuenca y especialmente de sus recursos hídricos y, distribuir racionalmente los usos del suelo, aumentando la producción en la cuenca.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

### 2.1 SITUACIÓN

La zona de estudio se encuentra en Colombia, país situado en el norte de América del Sur, limita al oriente con Venezuela y Brasil, al sur con Ecuador y Perú, noroeste con Panamá, al norte con el mar Caribe y el occidente con el océano Pacífico. Colombia tiene una extensión de 2.129.748 km<sup>2</sup> incluyendo el área marítima, la superficie continental es 1.141.748 km<sup>2</sup>, y una población de 48.203.405 en el 2015 (DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), 2005).

La República de Colombia se divide en 5 regiones naturales y 32 departamentos, la cuenca hidrográfica en estudio se encuentra en la Región Andina, en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá (en el centro de Colombia).

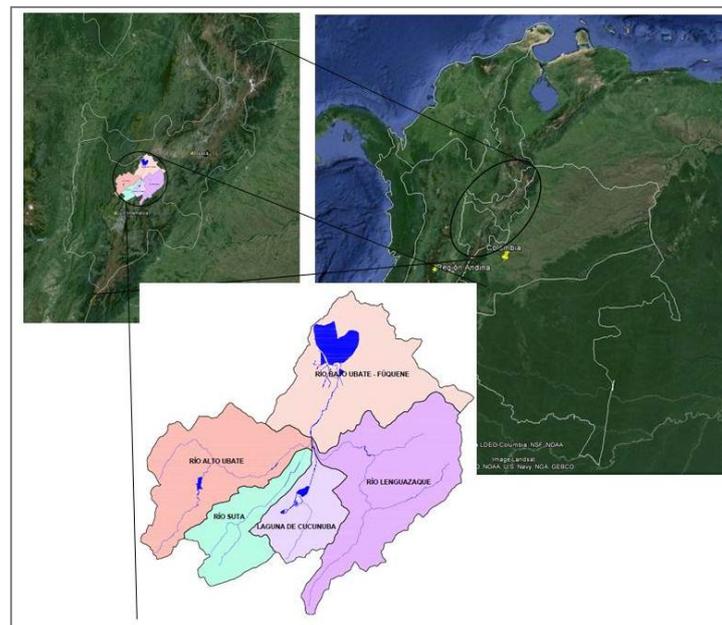


Figura 1. Ubicación Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autor

#### 2.1.1 Localización Geográfica

La cuenca Ubaté – Fúquene está localizada al norte del departamento de Cundinamarca. y al sur occidente del departamento de Boyacá.

Las coordenadas geográficas de los puntos extremos norte, sur, occidente y oriente de la cuenca son:

- 73°43'35" W      5°31'38"N
- 73°46'24" W      5°08'13"N
- 73°58'42" W      5°13'36"N
- 73°34'47" W      5°23'54"N

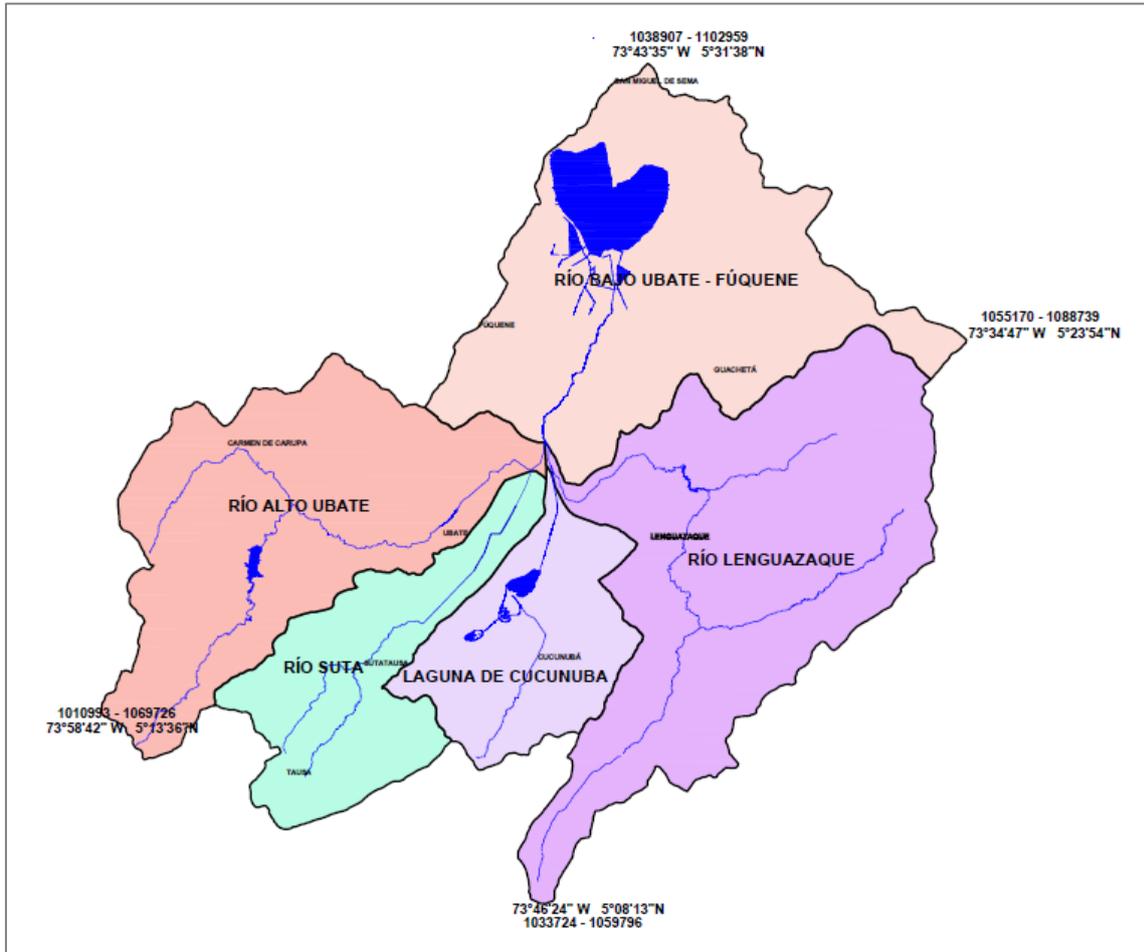


Figura 2. Localización geográfica Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autor

## 2.2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CUENCA

La cuenca Río Ubaté – Laguna de Fúquene se encuentra localizada en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, tiene una extensión total de  $991,65 \text{ km}^2$ , se encuentra en jurisdicción de la **Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)**.

La cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene es una cuenca de segundo orden que pertenece a la cuenca Hidrográfica del río Magdalena, y la subcuenca del río Sogamoso, dentro de su área se encuentran ubicados ocho municipios del departamento de Cundinamarca a saber: Tausa, Sutatausa, Ubaté, Carmen de Carupa, Fúquene, Guachetá, Lenguzaque, y Cucunubá, y un municipio del departamento de Boyacá: San Miguel de Sema.

La cuenca de estudio, tiene un área de drenaje de 991,65 km<sup>2</sup> dividida en 5 subcuencas; el sistema Río Ubaté – Laguna de Fúquene, está compuesto por el río Ubaté que nace en el municipio de Carmen de Carupa por la confluencia de los ríos Hato y La playa y sus principales afluentes son los ríos Suta y Lenguzaque, que desemboca en la laguna de Fúquene, La longitud del cauce es de 58,88 km (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

La cuenca está compuesta por 5 subcuencas que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Subcuencas que conforman la Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene**

Subcuenca	Extensión (ha)	% Cuenca	Municipios
Río Alto Ubaté	22.315	22,51%	Carmen de Carupa, Ubaté
Río Suta	11.314	11,41%	Tausa, Sutatausa, Ubaté
Laguna de Cucunubá	9.873	9,96%	Cucunubá, Sutatausa, Ubaté, Lenguzaque
Río Lenguzaque	28.862	29,10%	Lenguzaque, Guachetá, Suesca, Cucunubá
Río bajo Ubaté – Fúquene	26.802	27,02%	Guachetá, Fúquene, Ráquira, San Miguel de Semá

**Fuente:** (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

La subcuenca del río Lenguzaque es la que mayor área tiene, seguida, por las cuencas del río Bajo Ubaté – Fúquene, y el río Alto Ubaté.

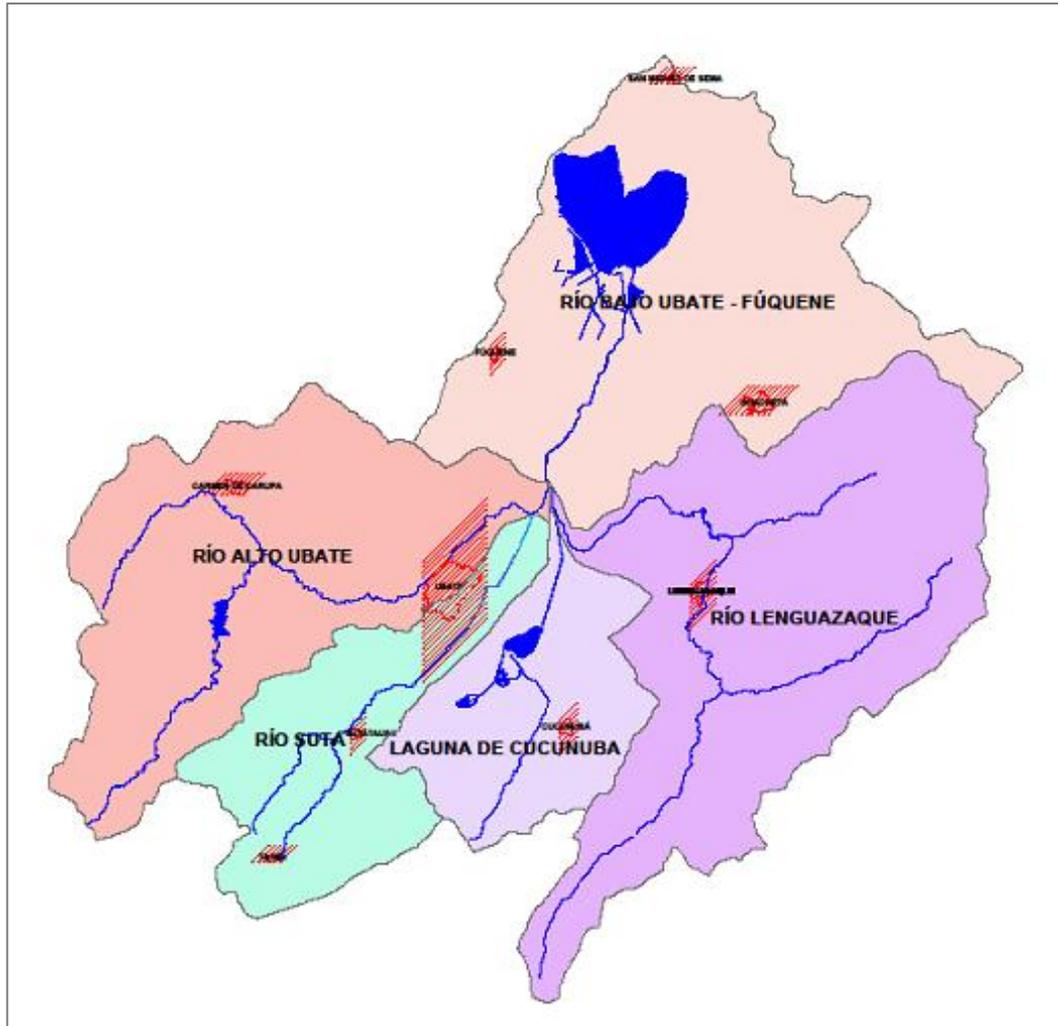


Figura 3. División de la Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 2.3 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

El río Ubaté desciende por entre una cadena montañosa con pendientes que sobrepasan el 50% ocupando el 12% del área de la cuenca hasta encontrar la altiplanicie de Ubaté – Chiquinquirá formada por un depósito de origen fluvio lacustre con relieves desde ondulados y fuertemente ondulados, con pendientes entre 12% y 25%, la mayoría del área de la cuenca se encuentra con pendientes inferiores al 3%.

Tabla 2. Relieve y pendientes en la Cuenca Río Ubaté - Laguna Fúquene

Total Cuenca ríos Ubaté – Suárez			
Grado (%)	Relieve	Área	%
0-3	Plano, plano cóncavo y ligeramente plano	444,62	44,84%
3-7	Ligeramente inclinado, ligeramente ondulado	35,44	3,57%
7-12	Ondulado, inclinado	142,59	14,38%
12-25	Fuertemente ondulado, fuertemente inclinado	247,45	24,95%
25-50	Fuertemente quebrado	115,45	11,64%
50-100	Escarpado y muy escarpado	6,09	0,61%

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

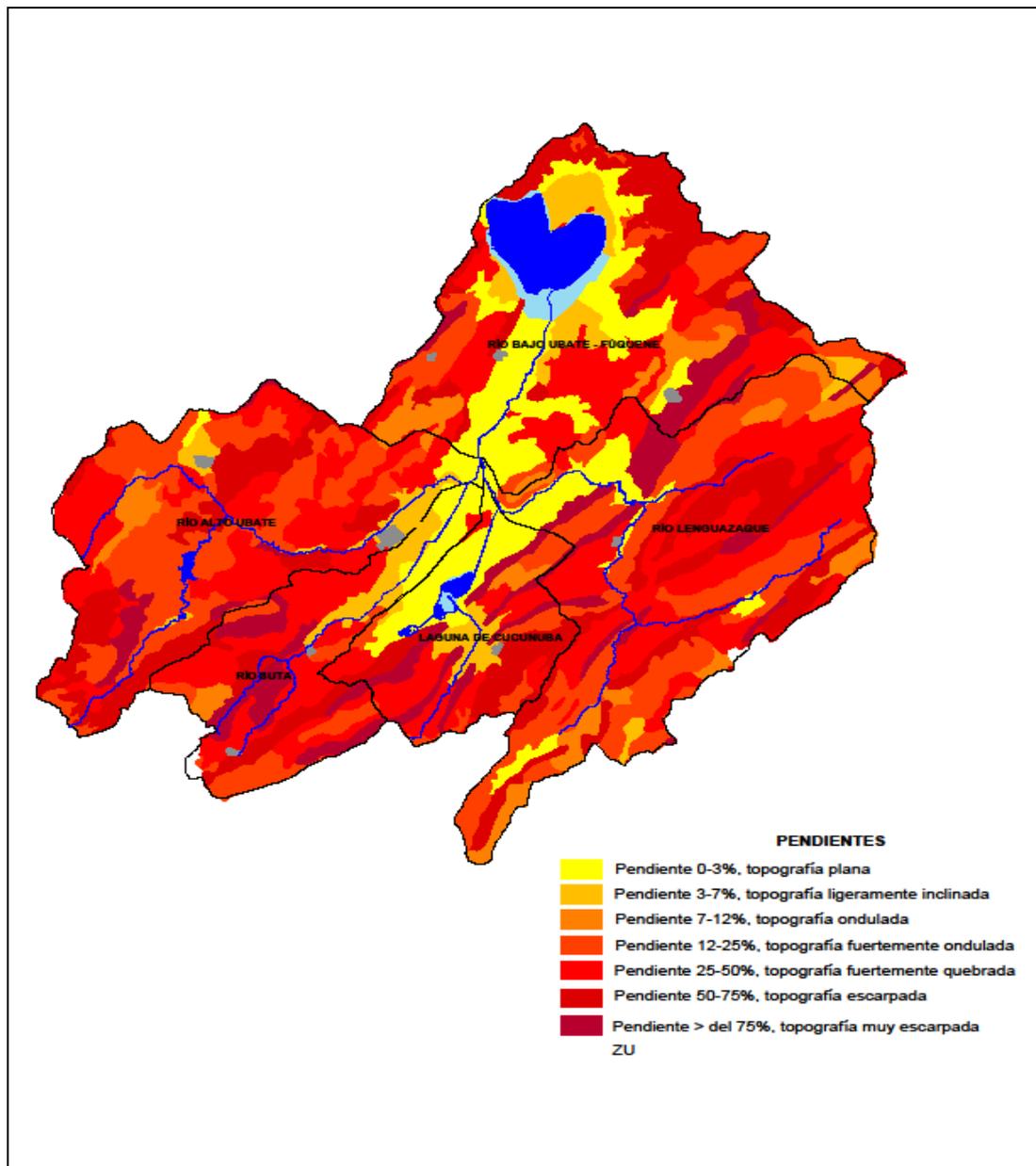


Figura 4. Relieve y pendientes en la Cuenca Río Ubaté - Laguna Fúquene

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### **2.3.1 Geomorfología**

El principal proceso geomorfológico activo es la erosión hídrica, la cual está relacionada con la descarga torrencial, como consecuencia de precipitaciones altas en intervalos cortos. En sitios donde predominan las altas pendientes se identifican y generan movimientos en masa y generación de acumulaciones coluviales, esto sucede continuamente hacia la vertiente occidental. En las laderas rocosas duras o niveles de roca dura, las discontinuidades estructurales facilitan el desprendimiento de rocas que pueden generar deslizamientos.

Los procesos aluviales han modelado principalmente el fondo del valle principal y depósitos de los principales canales de drenaje natural. Se registra un amplio relleno a lo largo de la parte central del valle de drenaje constituido por el canal del río Ubaté. Sobre estos depósitos se identifican algunas terrazas y planicies de inundación. En la parte alta, en el trayecto comprendido entre el río Suta, las lagunas de Palacios y Cucunubá, existe un cubierta de suelos orgánicos – turbosos, como consecuencia de un drenaje restringido o deficitario (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

En esta cuenca hidrográfica existen cuatro tipos de geoformas según su posición altitudinal, composición litológica y estructura geológica, las cuales son montaña, altiplanicie, piedemonte y valle o planicie central.

Estas geoformas de acuerdo con las condiciones y características de los materiales naturales, se encuentran sometidos a erosión hídrica, procesos de remoción en masa (deslizamientos y flujos) y, procesos aluviales (erosión lateral y zonas de desborde e inundación).

Se identificaron cuatro patrones de drenaje natural:

- Al occidente, y conformando la mitad de esta vertiente, y terreno principalmente montañoso el patrón de drenaje es de tipo paralelo, con canales angostos, rectilíneos y moderadamente profundos. Este sistema confluye a un canal principal que se dispone transversalmente y con rumbo NNE. Al sur la corriente principal lo constituye el Río Hato.

- En el centro del área y dentro de la Altiplanicie se localiza una faja de terreno con pendiente baja, que da inicio a una serranía local, de pendientes moderadas y geofoma más o menos abovedada. El Patrón de drenaje es típico radial centrifugo.
- En el centro del área de interés, y conformando el valle o planicie central, la topografía es plana a ligeramente escalonada. Corresponde al relleno aluvial y glacio-fluvial, sobre el cual el drenaje principal es el canal del sistema Ubaté-Fúquene (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

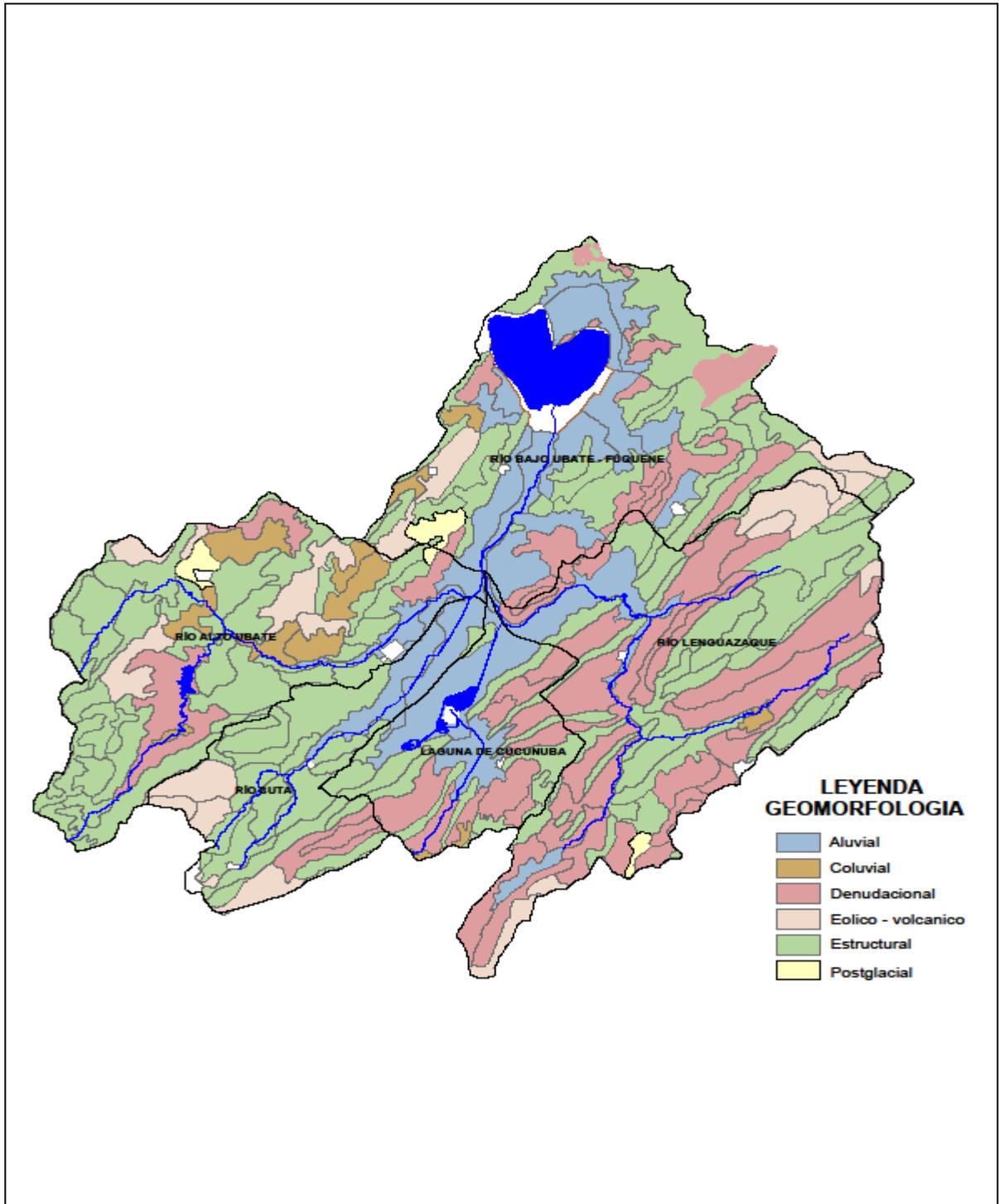


Figura 5. Geomorfología de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 2.3.2 Geología

La cuenca comprende la extensión septentrional del Altiplano de la Cordillera Oriental. Se encuentra localizada hacia la parte central de la cordillera, y produce un paisaje llano a ligeramente ondulado, en medio de una condición montañosa. El altiplano de la cordillera Oriental corresponde a una amplia

extensión de terreno, conformado por un relleno parcial y en épocas recientes y sub-recientes de materiales provenientes de procesos endógenos, tales como: glaciales, fluviales, pluviales y exógenos, tales como volcánicos y tectónicos.

Las secuencias Occidentales presentan composición predominante de lodolitas y lutitas, es decir son rocas pelíticas, con intercalaciones de algunos niveles calcáreos. Las orientales, son predominantemente areniscas cuarcíticas y lodolitas o liditas, que corresponden básicamente a rocas detríticas y silíceas. Se consideran por lo tanto como pertenecientes a diferentes cuencas de sedimentación. En el centro de la cuenca se presentan una serie de depósitos glaciales y glaciofluviales, a manera de rellenos que han suavizado el relieve.

También se registra la presencia de una gruesa cubierta de rocas volcánica, las cuales cubren discordantemente a todas las rocas antes mencionadas. Afloran hacia las partes altas de las vertientes, produciendo un paisaje moderadamente ondulado, como hacia los bordes de las vertientes, inclusive a manera de cerros aislados dentro del terreno central (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

### **2.3.3 Estratigrafía**

A continuación se presenta la descripción de las unidades litológicas y de suelos presentes en la cuenca hidrográfica en estudio (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006):

Formación Simití: Aflora al norte del municipio de San Miguel de Sema. Está compuesta por lutita negra con intercalaciones delgadas de arenisca friable de grano medio. Se considera de permeabilidad baja.

Formación Arenisca de Chiquinquirá: Aflora en todo el borde inferior de las vertientes y en contacto con la planicie aluvial, se subdivide en tres niveles: Inferior: se presentan Arcillolitas y Areniscas friables, impermeables. Medio: Areniscas cuarzosas compactas, grano fino, con venas de sílice. Permeabilidad primaria y secundaria moderada a alta. Y, superior: Arcillolitas con intercalaciones de arenisca arcillosa, de permeabilidad moderada a baja.

Formación Simijaca: Lutitas y limolitas con intercalaciones delgadas de arenisca. No retiene la humedad

Formación la Frontera: Limolitas silíceas y arcillolitas negras con nódulos arcillosos y piritosos. Impermeable.

Formación Conejo: Shales con esporádicas intercalaciones de caliza y arenisca grano fino y limolita. Algunos niveles locales poseen permeabilidad secundaria.

Formación Guadalupe: Se encuentra en las subcuencas de Ubaté Alto, Lenguaque, Cucunubá y Suta. Está compuesto por cuatro miembros: Inferior o Arenisca Raizal, compuesto por arenisca cuarcítica y limolitas silíceas negras duras. Miembro Plaeners, limolitas silíceas o lalitas, habano y amarillas claras, en estratos delgados con intercalaciones de arcillolitas de color crema. Presenta una permeabilidad secundaria. Miembro Los Pinos, arcillolitas fuertemente fracturados con intercalaciones de limolitas y areniscas. Impermeable. Miembro Arenisca Tierna, Arenisca cuarzosa friable, blanca a crema amarillenta, ligeramente manchada de óxido, grano medio a grueso, cemento calcáreo escaso, y condición friable. Es el nivel más atractivo como acuífero en la el Altiplano de la cordillera.

Formación Guaduas: Aflora, en la vertiente oriental en fajas angostas que expone intercalación de rocas blandas representadas en arcillolitas verdosas y rojizas, con arenisca cuarzosas algo arcillosas e, intercalaciones de mantos de carbón hacia la parte inferior y media. Presenta manantiales locales y afluencia local en la minería del carbón, aumenta cuando las excavaciones se encuentran por debajo del nivel freático regional.

Formación Cacho: Forma una serie de filos topográficos altos y delgados, los cuales resaltan entre la localidad de Cucunubá y Lenguaque. Tiene un espesor de unos 80 m, y está compuesta por areniscas cuarzosas de grano grueso hasta conglomeráticas, cemento ferruginoso hasta intercalaciones de corazas férricas y mineralizaciones de limonita y hematita. Un nivel interesante como acuífero en todo el altiplano de la cordillera.

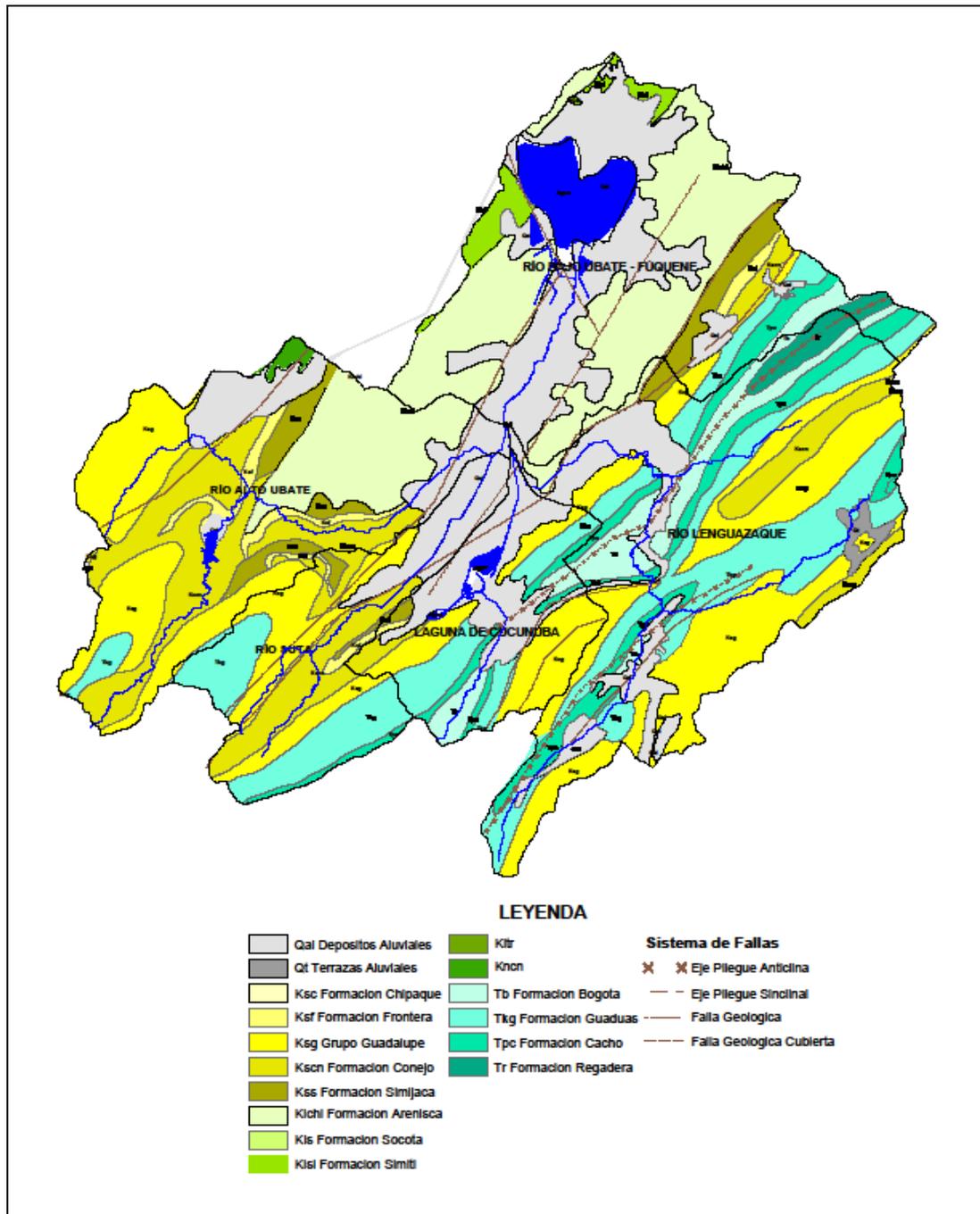
Formación Bogotá: Consta de 600 m de arcillolitas con intercalaciones de arenisca arcillosa de colores claros a crema, de condición friable, y grano medio a fino. Hay delgadas intercalaciones lenticulares de Yeso y cintas de carbón (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Depósitos Cuaternarios: Dentro de esta agrupación se incluyen todas las acumulaciones que forman parte del llenado del fondo del valle de la cuenca de los Ríos Ubaté – Fúquene – Suárez. El proceso de la sedimentación es de origen compuesto y mixto. Existieron una serie de procesos que ocurrieron y que contribuyeron a su colmatación:

- Volcánico: Se encuentran conformando secuencias con bordes escarpados en la cima de varias serranías, y en los bordes, a manera de una sucesión de cerros o lomas aisladas. Dadas las estructuras genéticas, poseen niveles fracturados, los cuales pueden exponer condiciones para la conformación de acuíferos.
- Glaciales y Glacio-Fluviales: Se trata de acumulaciones locales hacia las partes altas de la cordillera, principalmente localizadas por encima de los 2800 m.s.n.m., cuando la serranía principal sobrepasa a los 3000 m.s.n.m. Normalmente se concentran en montículos conformando residuos de morrenas locales. Hacia la parte inmediatamente por debajo de las morrenas, se identifican una serie de acumulaciones de gravas y arenas con gravas, correspondientes a la acumulación generada por el descongelamiento del glaciar. Actualmente se identifican en el valle del Río Hato y en el Río San José, al norte de Carmen de Carupa, a manera de terrazas colgadas y de amplias superficies llanas localizadas entre los 2800 a 2600 m.s.n.m. Altamente permeables, su extensión es reducida.
- Conos y Abanicos de Deyección: Corresponde a los detritos transportados por las principales corrientes fluviales que drenan las vertientes aferentes al valle. Además de los depósitos mencionados anteriormente, el desgaste de la masa rocosa, aportan una gran cantidad de detritos que han sido aportados para el relleno del valle. Estas corrientes al salir de sus cursos montañosos y juveniles, pierden energía y

capacidad de arrastre, y depositan su carga. Los tipos de acumulaciones más frecuentes son de condición de conos o abanicos (según el tamaño), que se superponen. La corriente principal, entonces retoma los detritos y los re-distribuye si posee la energía necesaria. Actualmente, ante la colmatación del fondo del valle, la sedimentación o aporte de detritos alcanzan a producir sutiles montículos que sobresalen por encima del nivel base del valle. Constituyen niveles locales y discontinuos de acuíferos, cuando se encuentran niveles permeables.

- Depósitos Aluviales: Dentro de este término se incluyen los depósitos aportados y distribuidos por la corriente principal, y que conforma el modelaje actual de la superficie de la planicie central. Se trata de arenas y limos principalmente, así como de arcillas que seguramente se han generado por los desbordes locales. Se tratan de acumulaciones lenticulares o discontinuas entre sí.
- Depósitos Lacustres: Se trata de los materiales dispuestos hacia la parte media y central de la planicie central, en el momento o episodios de colmatación del fondo de la cuenca. Se tratan principalmente de material fino-granular, compuestos por arcillas orgánicas, arcillas limosas, y turbas o niveles de materia orgánica en descomposición.



**Figura 6. Geología de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene.**

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 2.3.4 Suelos

En la siguiente tabla se muestra una descripción de los tipos de suelos presentes en la cuenca de estudio, se han dividido teniendo en cuenta el paisaje al que pertenecen, el tipo de relieve, el material parental y el clima. En las zonas de mayor altitud de la zona de estudio, existe bosque natural y vegetación de páramo, en la zona de subpáramo, entre los 3.000 y 3.600

m.s.n.m., se encuentra medianamente intervenido por el hombre, donde se adelantan actividades agropecuarias (ganadería de leche y cultivos de papa principalmente). En alturas inferiores a los 3.000 m.s.n.m., la vegetación natural ha sido reemplazada por actividades agropecuarias (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Los símbolos que se presentan en la última columna de la tabla, se utilizan para diferenciar el tipo de suelo en el mapa de suelos, y están representados por letras mayúsculas que indican en su orden, paisaje, clima, ambiental y tipo de relieve, para el departamento de Boyacá se cambia la letra M de montaña por B (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2005). Estas tres letras están acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican fases por rango de pendiente, grado de erosión, tal como se presenta a continuación:

Letra empleada para indicar los rangos de pendiente:

- a. Pendiente 0-3%, topografía plana, plano cóncava y ligeramente plana.
- b. Pendiente 3-7%, topografía ligeramente inclinada, ligeramente ondulada.
- c. Pendiente 7-12%, topografía ondulada, inclinada.
- d. Pendiente 12-25%, topografía fuertemente ondulada, fuertemente inclinada.
- e. Pendiente 25-50%, topografía fuertemente quebrada.
- f. Pendiente 50-75%, topografía escarpada.
- g. Pendiente > del 75%, topografía muy escarpada.

Número arábigo empleado para fase por grado de erosión:

1. Ligera
2. Grado de erosión moderada.
3. Grado de erosión severa.
4. Muy severa

Tabla 3. Tipos de suelo presentes en la cuenca

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	CLIMA	TIPO DE SUELO	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	SÍMBOLO
Montaña	Espinazos, crestas escarpes mayores	Rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Extremo frío húmedo Altitud: 3000 – 3600 msnm T: 4 – 8 °C P: 500 – 2000 mm/Año	Inceptisoles	Relieve fuertemente quebrado fuertemente escarpado, con pendientes superiores a 25%; suelos moderadamente profundos a muy superficiales, bien drenados, de texturas moderadamente finas a gruesas, reacción extremadamente ácida, alta saturación de aluminio fertilidad baja.	MEFd MEFe MEFf
	Glacis de acumulación y lomas	Depósitos de ceniza volcánica sobre rocas clásticas arenosas, limoarcillosas. En sectores materiales orgánicos	Muy frío muy húmedo Altitud: 3000 – 3600 msnm T: 8 – 12 °C P: 1000 – 2000 mm/Año	Andisoles Inceptisoles	Relieve moderada a fuertemente inclinado, con pendientes 7-12 y 12-25%, algunos sectores están afectados por erosión hídrica en grado ligero; suelos profundos a superficiales, bien drenados, con texturas moderadamente finas a gruesas, reacción muy fuerte a fuertemente ácida, alta a moderada saturación de aluminio y fertilidad baja moderada.	MGTb1 MGTC1 MGTD1 MGTE1
	Espinazos	Rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y depósitos de ceniza volcánica	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Inceptisoles	Relieve ligera a moderadamente escarpado, con pendientes que oscilan entre 25 y 75%, afectado en sectores erosión hídrica laminar en grado ligero; suelos superficiales a profundos, bien drenados, con texturas finas moderadamente finas, reacción extremada a fuertemente ácida, media alta saturación de aluminio y fertilidad baja.	MLFe1 MLFf1
	Crestas escarpes mayores	Rocas clásticas limoarcillosas y arenosas	Muy frío muy húmedo Altitud: 3000 – 3600 msnm T: 8 – 12°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Inceptisoles	Relieve fuertemente empinado con pendientes superiores a 75%; suelos superficiales a profundos, bien a excesivamente drenados, de texturas medias a moderadamente gruesas, reacción extremada a muy fuertemente ácida, alta saturación de aluminio y fertilidad moderada a baja.	MGSD MGSE MGSf MGSg
	Crestas escarpes mayores	Rocas clásticas limoarcillosas con depósitos de ceniza volcánica	Frío muy húmedo Altitud: 2200 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 2000 – 4000 mm/Año	Andisoles Inceptisoles	Relieve fuertemente empinado, con pendientes superiores a 75%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera; suelos profundos a superficiales, bien a moderadamente bien drenados, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, reacción fuerte medianamente ácida y fertilidad en general alta.	MLSe1 MLSf1 MLSg1
			Rocas clásticas arenosas y	Frío seco Altitud: 2200 –	Inceptisoles Endisoles	Relieve moderada a fuertemente escarpado, con pendientes de 50 a 75%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	CLIMA	TIPO DE SUELO	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	SIMBOLO
		limoarcillosas	3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año		en grado ligero; suelos profundos superficiales, bien drenados, de texturas moderadamente finas, reacción extremada a fuertemente ácida, media a alta saturación de aluminio y fertilidad baja.	
	Crestones	Rocas clásticas limoarcillosas y arenosas.	Muy frío muy húmedo Altitud: 3000 – 3600 msnm T: 8 – 12°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Inceptisoles	Relieve ligera a fuertemente escarpado, con pendientes de 25 a 75%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar en grado ligero; suelos profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados, con texturas finas a moderadamente gruesas, reacción extremada a muy fuertemente ácida, mediana saturación de aluminio y fertilidad moderada a baja.	MGFc1 MGFd1 MGFe1 MGFf1
		Rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y químicas carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Andisoles Inceptisoles	Relieve moderadamente quebrado a moderadamente escarpado, con pendientes de 12 a 75%, afectado en sectores por erosión hídrica ligera y moderada; suelos profundos a superficiales, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, reacción fuerte medianamente ácida, saturación de aluminio baja y fertilidad moderada a alta.	MLVc2 MLVd2 MLVe2 MLVf2 MLVg2
		Rocas clásticas limoarcillosas y químicas carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Inceptisoles Endisoles	Relieve fuertemente quebrado a moderadamente escarpado, con pendientes de 25 a 75%, afectado en sectores por erosión hídrica moderada severa; suelos moderadamente profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados, de texturas finas, reacción fuerte a ligeramente ácida, baja saturación de aluminio y fertilidad moderada a baja.	MMV3 MMd3 MMV2 MMV3 MMV2 MMV3 MMVg MMVg3
	Cuestas	Depósitos de ceniza volcánica sobre rocas clásticas limoarcillosas	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Andisoles Inceptisoles	Relieve ligera a moderadamente quebrado, con pendientes 7-12 y 12-25%; suelos profundos, bien drenados, con texturas finas a medias, reacción fuertemente ácida, alta saturación de aluminio y fertilidad moderada a baja.	MLTc
		Depósitos de ceniza volcánica, rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Andisoles Alfisolos	Relieve ligera a moderadamente quebrado, con pendientes 7-12 y 12-25%, afectado por erosión hídrica moderada sectorizada; suelos moderadamente profundos a superficiales, bien drenados, de texturas finas a medias, reacción ligeramente ácida a neutra, saturación de aluminio baja y fertilidad en general baja.	MMTc2 MMTd2 MMTe2

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	CLIMA	TIPO DE SUELO	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	SIMBOLO	
	Lomas	Rocas arenosas limoarcillosas mantos de ceniza volcánica	clásticas y y ceniza	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Inceptisoles Andisoles Molisoles	Relieve ligera a fuertemente quebrado, con pendientes 7-12, 12-25 y 25-50%, afectado sectores por erosión hídrica laminar ligera; suelos profundos a superficiales, bien drenados, con texturas moderadamente finas moderadamente gruesas, reacción extremada a fuertemente ácida, saturación aluminio media a alta y fertilidad, en general, moderada.	MLCc1 MLCd1 MLCe1
		Rocas arenosas limoarcillosas	clásticas y	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Inceptisoles Alfisolos	Relieve ligera a fuertemente quebrado, con pendientes 7-12, 12-25 y 25-50%, afectado en sectores por erosión hídrica ligera y moderada; suelos profundos a moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, con texturas medias a finas, reacción extremada a fuertemente ácida, media a alta saturación de aluminio y fertilidad baja.	MMCd2 MMCe2 MMCf2
	Glacis coluvial	Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos gravigénicos	clásticos	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Andisoles Inceptisoles	Relieve ligera a moderadamente quebrado, con pendientes 7-12% y 12-25, afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos profundos moderadamente profundos, bien drenados, con texturas medias a moderadamente gruesas, reacción muy fuerte a medianamente ácida, baja a media saturación de aluminio y fertilidad baja a moderada.	MLKd1
		Depósitos hidrogravigénicos	clásticos	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Alfisolos Inceptisoles	Relieve ligera a moderadamente quebrado, con pendientes 7-12% y 12-25%, afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos moderadamente profundos a muy superficiales, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, reacción muy fuerte a ligeramente ácida, saturación de aluminio baja y fertilidad moderada a alta.	MMKc1 MMKd1 MMKe1
	Abanicos aluviales	Depósitos hidrogravigénicos con mantos de ceniza volcánica	clásticos	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Andisoles	Relieve ligera a fuertemente inclinado, con pendientes 3-12% y 12-25%, afectado por erosión hídrica laminar ligera; suelos profundos a moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, reacción medianamente ácida, saturación de aluminio baja y fertilidad moderada.	MLJb1
		Depósitos hidrogravigénicos	clásticos	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000	Alfisolos Inceptisoles	Relieve ligera a moderadamente inclinado, con pendientes 3-12%, afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos moderadamente profundos a superficiales, bien a pobremente drenados, de texturas finas gruesas, reacción muy fuertemente ácida a	MMJc1

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	CLIMA	TIPO DE SUELO	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	SIMBOLO
			mm/Año		neutra, media a baja saturación de aluminio y fertilidad baja a moderada.	
	Vallecitos coluvio aluviales	Depósitos clásticos y Hidrogénicos gravigénicos	Frío húmedo Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 1000 – 2000 mm/Año	Inceptisoles	Relieve ligeramente plano a ligeramente ondulado, con pendientes 1 a 7%; suelos profundos a superficiales, moderada a pobremente drenados, de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, reacción muy fuerte a fuertemente ácida, saturación de aluminio alta y fertilidad moderada a baja.	MLNa MLNb
<b>Planicie</b>	Planos de inundación	Depósitos clásticos hidrogénicos. En sectores mantos de ceniza volcánica	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Entisoles Inceptisoles	Relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado, con pendientes 1 a 7%; suelos muy superficiales, pobre a muy pobremente drenados, de texturas finas, reacción fuerte a medianamente ácida, saturación de aluminio media a baja y fertilidad moderada.	RMOa
	Terrazas	Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Andisoles Inceptisoles	Relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado, con pendientes 1-7%; suelos profundos a muy profundos, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, reacción mediana a ligeramente ácida y fertilidad moderada a alta.	RMQa
		Depósitos clásticos hidrogénicos	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Alfisolos Inceptisoles	Relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado, con pendientes 1-7%; suelos profundos a superficiales, pobre a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, reacción extremadamente ácida a neutra, saturación de aluminio media a baja y fertilidad moderada.	RMRa RMRb
		Depósitos orgánicos y clásticos hidrogénicos	Frío seco Altitud: 2000 – 3000 msnm T: 12 – 18°C P: 500 – 1000 mm/Año	Histosoles Inceptisoles	Relieve ligeramente plano, con pendientes 3%; suelos profundos a superficiales, pobre a moderadamente bien drenados, con presencia de materiales orgánicos y en algunos sectores texturas moderadamente finas, reacción extremada muy fuertemente ácida, saturación de aluminio media a baja y fertilidad baja.	RMSa RMSb
<b>Montaña</b>	Crestones	Rocas sedimentarias clásticas mixtas	Frío seco	Alfisolos Entisoles Inceptisoles	Presenta erosión ligera, el relieve es moderadamente escarpado con pendiente que va de 50-75%, afectado por escurrimiento difuso en grado ligero y pedregosidad superficial. Los suelos son moderadamente profundos a superficiales, bien drenados de texturas medias y reacción muy fuertemente ácida.	BMMAf1

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	CLIMA	TIPO DE SUELO	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	SIMBOLO
	Lomas y glacis	Rocas sedimentarias clásticas mixtas parcialmente cubiertas de cenizas volcánicas	Frío seco	Inceptisoles Molisoles	Erosión moderada, relieve fuertemente ondulado con pendiente del 12 – 25%, afectado por escurrimiento difuso y concentrado en grado moderado. Los suelos son moderadamente profundo y superficiales, limitados por saturación de bases muy alta, son bien drenados y de texturas finas y francas.	BMMCd1 BMMCd2
	Crestas y crestones homoclinales	Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limoarcillas	Muy frío muy húmedo	Entisoles Inceptisoles	Relieve moderadamente escarpado con pendiente entre 50-75 %, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, limitados por saturación de aluminio mayor al 75 % son bien drenados.	BMHEf
<b>Valle aluvial</b>	Terrazas recientes	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos	Frío seco	Histosoles Inceptisoles	Relieve ligeramente plano con pendientes 1 - 3%, frecuentemente encharcables; suelos muy superficiales, muy pobremente drenados, texturas finas, reacción extremadamente ácida y moderadamente alcalina, algunos suelos con saturación de aluminio.	BVMBa
		Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos.	Clima frío seco	Inceptisoles	Relieve ligeramente plano con pendientes 1 - 3%, frecuentemente encharcables; suelos moderadamente profundos y muy superficiales, imperfectos y muy pobremente drenados, texturas finas, reacción extremadamente ácida y moderadamente alcalina.	BVMAa

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

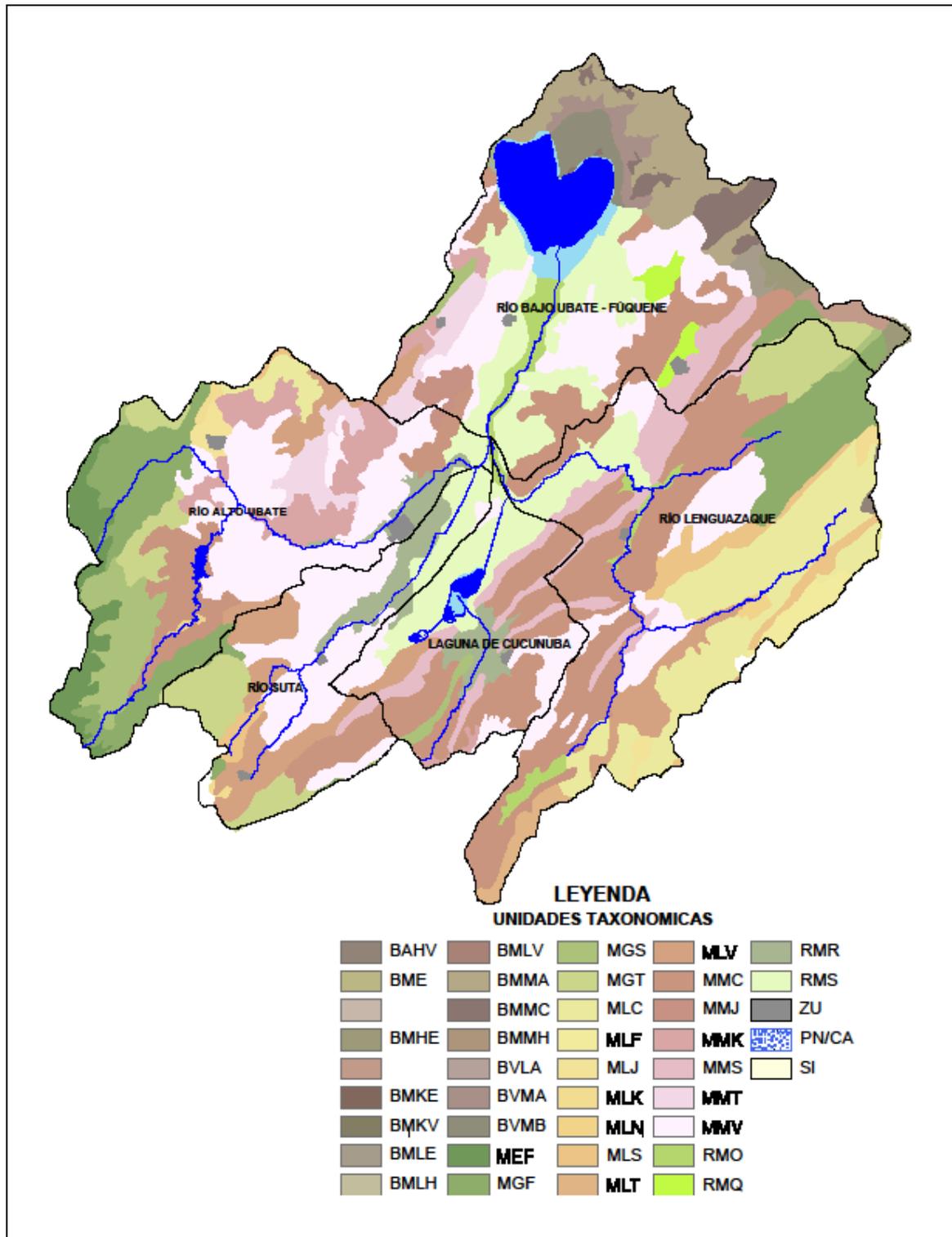


Figura 7. Suelos presentes en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificada por Autora

## 2.4 CLIMATOLOGÍA

Colombia y la cuenca de estudio se encuentran en la zona ecuatorial que es influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que es una franja estrecha donde convergen los vientos Alisios del Noreste que se originan como un flujo alrededor de las altas presiones del Atlántico Norte y, los vientos Alisios del Sureste que se originan como un flujo alrededor de las altas presiones del Pacífico Sur y Atlántico Sur. Esta convergencia es consecuencia del efecto Coriolis generado por la rotación de la tierra. El choque de estos vientos obligan al aire cálido ecuatorial ascender (convección), provocando el enfriamiento del aire (expansión), favoreciendo la condensación, generando nubes y altas precipitaciones. La ZCIT es dinámico por su movimiento latitudinal, siguiendo el desplazamiento aparente del sol con respecto a la Tierra (León Aristizaval, Eslava Ramirez, & Zea Mazo, 2000).

Siguiendo el comportamiento de ZCIT La cuenca de los ríos Ubaté - Suárez presenta un régimen bimodal, con dos períodos lluviosos el primero entre abril y junio, y el segundo entre septiembre y octubre. Los dos períodos secos son entre enero y marzo y, julio y agosto.

Adicional a esto existe un fenómeno climático variable que afecta las condiciones del clima en la cuenca, el fenómeno El niño-Oscilación del Sur (ENOS). El Niño y su fase opuesta La Niña, son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento de los vientos alisios del Este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del Oeste al Centro del Océano Pacífico tropical, en condiciones El Niño o con su permanencia e intensificación en el caso de La Niña. Mientras que el Niño reduce las precipitaciones, la Niña favorece su incremento en gran parte del país, en particular en las regiones Caribe y Andina (Región donde se encuentra la cuenca de estudio) (IDEAM , 2007).

### 2.4.1 Estaciones meteorológicas en la Cuenca Ubaté – Suárez

Los datos de precipitación y temperatura en la cuenca de estudio se obtuvieron de estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la cuenca; las estaciones fueron escogidas por la ubicación y la serie de datos útiles para determinar la información meteorológica.

Se encuentran a cargo de la Corporación Autónoma Regional (CAR) del departamento de Cundinamarca y la información fue suministrada a través del servidor del centro de monitoreo hidrológico y del clima de la CAR.

En las siguientes tablas se muestran las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.

- Estaciones pluviométricas

Tabla 4. Estaciones pluviométricas en la cuenca de estudio

Subcuenca	Estación	Altitud (m.s.n.m)	Coordenadas		Años Útiles Serie
			X	Y	
Río Ubaté	Alto				
	La Boyera	2610	1077900	1025200	52 (1961 - 2013)
	Carupa	2960	1083120	1019840	51 (1962 - 2013)
	El Hato N1.	2985	1077060	1017125	40 (1973 - 2013)
Río Suta	Novilleros	2550	1080650	1032380	47 (1966 - 2013)
	El Pino	2575	1073640	1025580	52 (1961 - 2013)
	El Pedregal	2900	1070160	1022050	46 (1967 - 2013)
	Sutatausa	2700	1071880	1025020	51 (1962 - 2013)
Laguna de Cucunubá	Carrizal	2880	1067328	1034304	52 (1961 - 2013)
Río Lenguazaque	Tapias	2585	1077715	1040005	38 (1961 - 1999)
	El Espino	2550	1081440	1038110	51 (1962 - 2013)
	El Triángulo	2800	1078310	1051230	50 (1963 - 2013)
	El Puente	2810	1084730	1045230	50 (1963 - 2013)
Río Ubaté - Laguna de Fúquene	Bajo				
	San Miguel de Sema	2600	1102290	1040620	51 (1962 - 2013)
	Monserrate	2865	1088870	1030320	50 (1963 - 2013)
	Isla Santuario	2580	1096400	1038000	70 (1943 - 2013)
	El Zarzal	2900	1095650	1046980	46 (1976 - 2013)

Fuente: Autora

- Estaciones Termo pluviométricas

Tabla 5. Estaciones termo pluviométricas en la cuenca de estudio

Subcuenca	Estación	Altitud (m.s.n.m)	Coordenadas		Años Útiles Serie
			X	Y	
Río Suta	Novilleros	2550	1080650	1032380	46 (1966 - 2012)
	Sutatausa	2700	1071880	1025020	37 (1966 - 2003)
Laguna de Cucunubá	Carrizal	2880	1067328	1034304	38 (1965 - 2003)
Río Bajo Ubaté - Laguna de Fúquene	San Miguel de Sema	2600	1102290	1040620	21 (2012 - 1991)

## 2.4.2 Precipitaciones

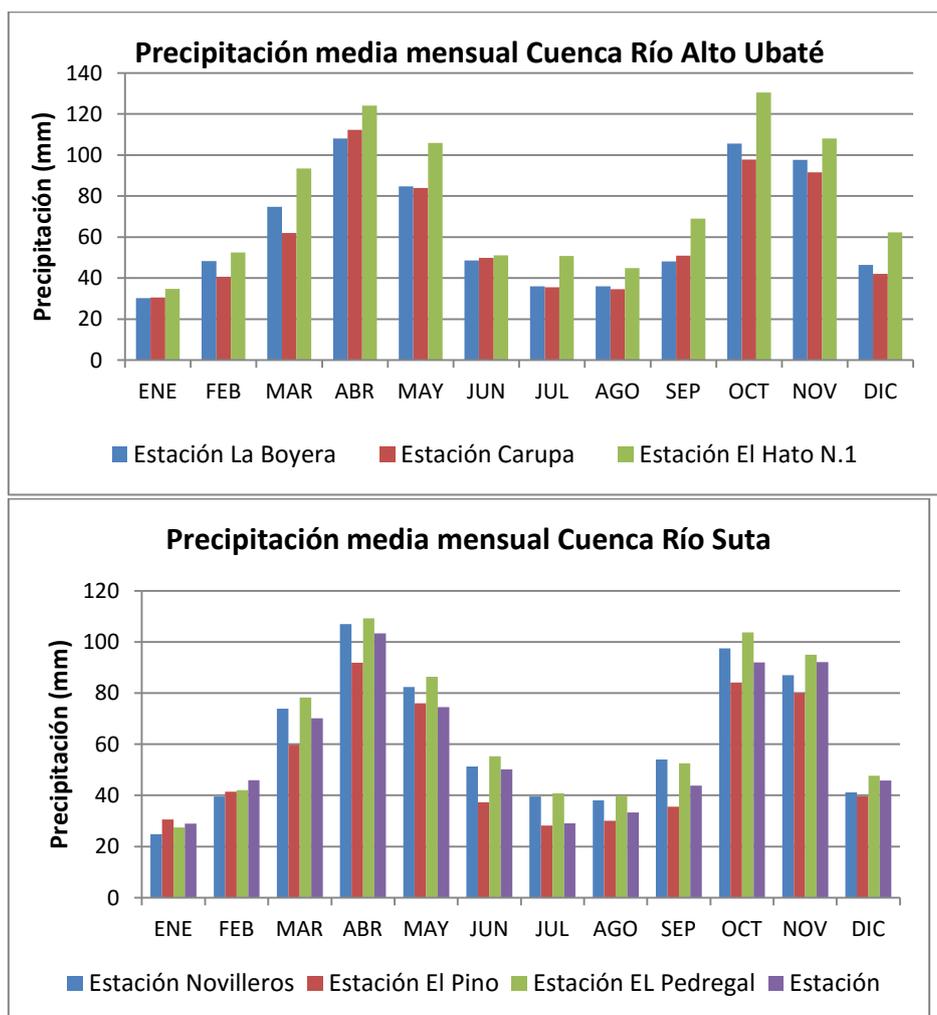
En la siguiente tabla se presenta la precipitación media anual (mm) de cada estación de estudio dentro de las subcuencas. La precipitación varía entre 600mm y 1400mm, dependiendo de la ubicación y la altitud.

Tabla 6. Precipitación media anual en cada estación de la cuenca

Subcuenca	Estación	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación media anual (mm)
Laguna de Suesca	Carrizal	2880	676,65
	El Hatillo	2885	859,79
Río Alto Ubaté	La Boyera	2610	764,59
	Carupa	2960	731,67
	El Hato N1.	2985	927,61
Río Suta	Novilleros	2550	736,13
	El Pino	2575	634,53
	El Pedregal	2900	778,34
	Sutatausa	2700	709,21
Laguna de Cucunubá	Carrizal	2880	676,65
Río Lenguazaque	Tapias	2585	757,21
	El Espino	2550	715,08
	El Triángulo	2800	898,16
	El Puente	2810	810,75
Río Bajo Ubaté - Laguna de Fúquene	San Miguel de Sema	2600	1384,72
	Monserate	2865	1043,38
	Isla Santuario	2580	1039,57
	El Zarzal	2900	1142,20

Fuente: Autora

En las siguientes gráficas se puede observar la precipitación media mensual para cada estación dentro de cada subcuenca, en estas gráficas se puede ver que el régimen de precipitación es bimodal, existen dos temporadas secas, la primera entre diciembre y febrero, la segunda entre junio y septiembre; y dos temporadas lluviosas, la primera entre marzo y mayo, y la segunda entre octubre y noviembre.



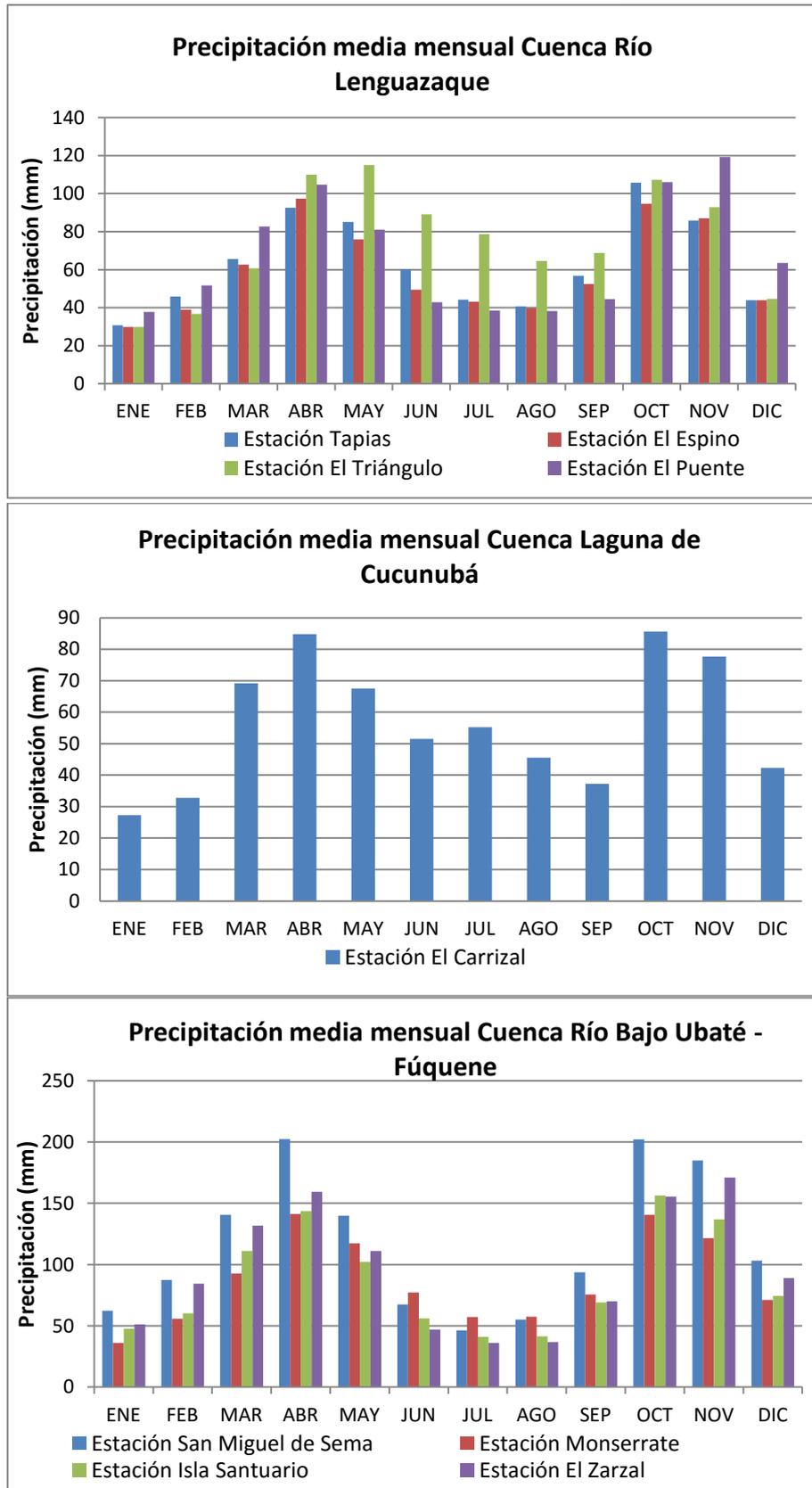


Figura 8. Precipitación media mensual en cada estación de la cuenca  
Fuente: Autora

### 2.4.3 Temperaturas

La temperatura entre los diferentes puntos de medición varía 2.5°C en promedio, entre 11,7°C y 13,9°C. La altitud de las estaciones varía entre los 2550 m.s.n.m. y los 2880 m.s.n.m.; En el trópico la temperatura varía según la altitud, y aquí se evidencia, a mayor altitud menor temperatura y viceversa.

Tabla 7. Temperatura en cada estación dentro de la cuenca

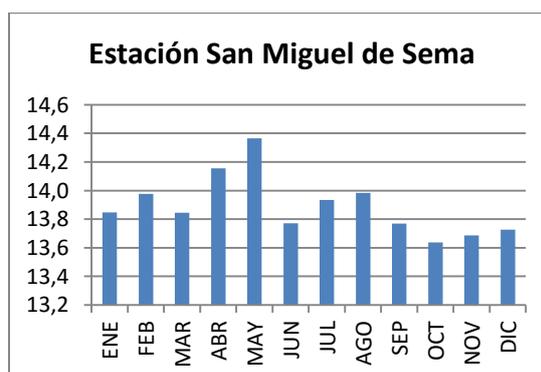
Subcuenca	Estación	Altitud (m.s.n.m)	Temperatura media anual (°C)
Río Suta	Novilleros	2550	13,0
	Sutatausa	2700	13,2
Laguna de Cucunubá	Carrizal	2880	11,7
Río Bajo Ubaté - Laguna de Fúquene	San Miguel de Sema	2600	13,9

Fuente: Autora

En las siguientes gráficas se observa la variación de temperatura de enero a diciembre para cada estación. A través del año la temperatura tiene una variación más o menos de 2°C. El comportamiento de la temperatura es diferente entre cada estación, la estación Novilleros, los meses de mayor temperatura son marzo, abril y mayo; y los de menor temperatura julio, agosto y septiembre.

La temperatura en las estaciones Carrizal y Sutatausa también tienen un comportamiento parecido, en estas los meses de mayor temperatura son entre febrero y mayo, y los de menor son julio y agosto.

En la estación San Miguel de Sema el mes de mayor temperatura es mayo; y el mes de menor temperatura es octubre.



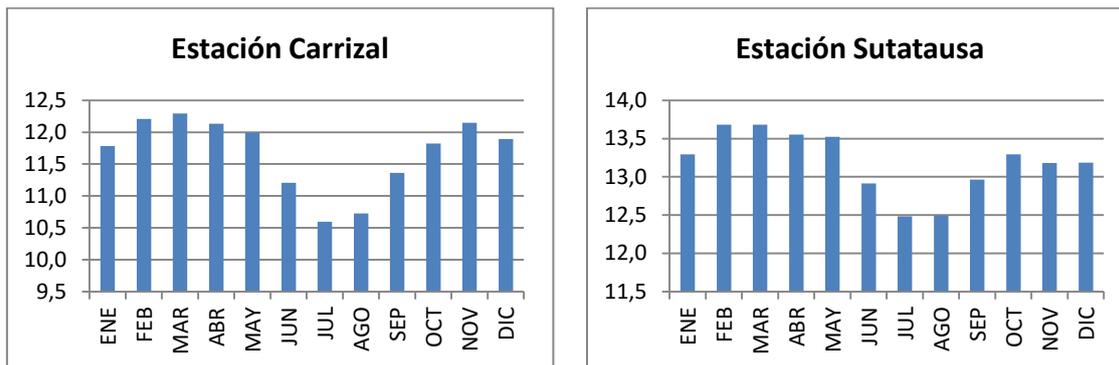


Figura 9. Temperatura media mensual en cada estación de la cuenca  
Fuente: Autora

#### 2.4.4 Clasificación climatológica - Metodología Caldas - Lang

La metodología Caldas - Lang, se utiliza ampliamente en Colombia para determinar los diferentes tipos de climas presentes en la región, esta metodología se utiliza exclusivamente en el trópico, y se define como un modelo climático de carácter empírico con ajustes por Schaufelberger en 1962 de acuerdo a la clasificación establecida por Francisco José de Caldas, 1802 y por Richard Lang, en 1915 y representa la mejor caracterización de las condiciones climáticas existentes en Colombia.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación climática de cada subcuenca del área de estudio. Se observa según las clasificación climática de Caldas tiene un piso térmico frío por lo que se encuentra entre los 2.000 y 3.000 m de altitud toda la cuenca, según Lang algunas subcuencas son semiáridas y otras semihúmedas.

Tabla 8. Clasificación climática para cada subcuenca

Subcuenca	Clasificación Climática		
	Caldas	Lang	Caldas - Lang
Río Alto Ubaté	Piso Térmico Frío	Semiárido	Frío -semiárido Fsa
Río Suta	Piso Térmico Frío	Semiárido	Frío -semiárido Fsa
Laguna de Cucunubá	Piso Térmico Frío	Semiárido	Frío -semiárido Fsa
Río Lenguaque	Piso Térmico Frío	Semiárido	Frío -semiárido Fsa
Río bajo Ubaté - Fúquene	Piso Térmico Frío	Semihúmedo	Frío - Semihúmedo Fsh

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

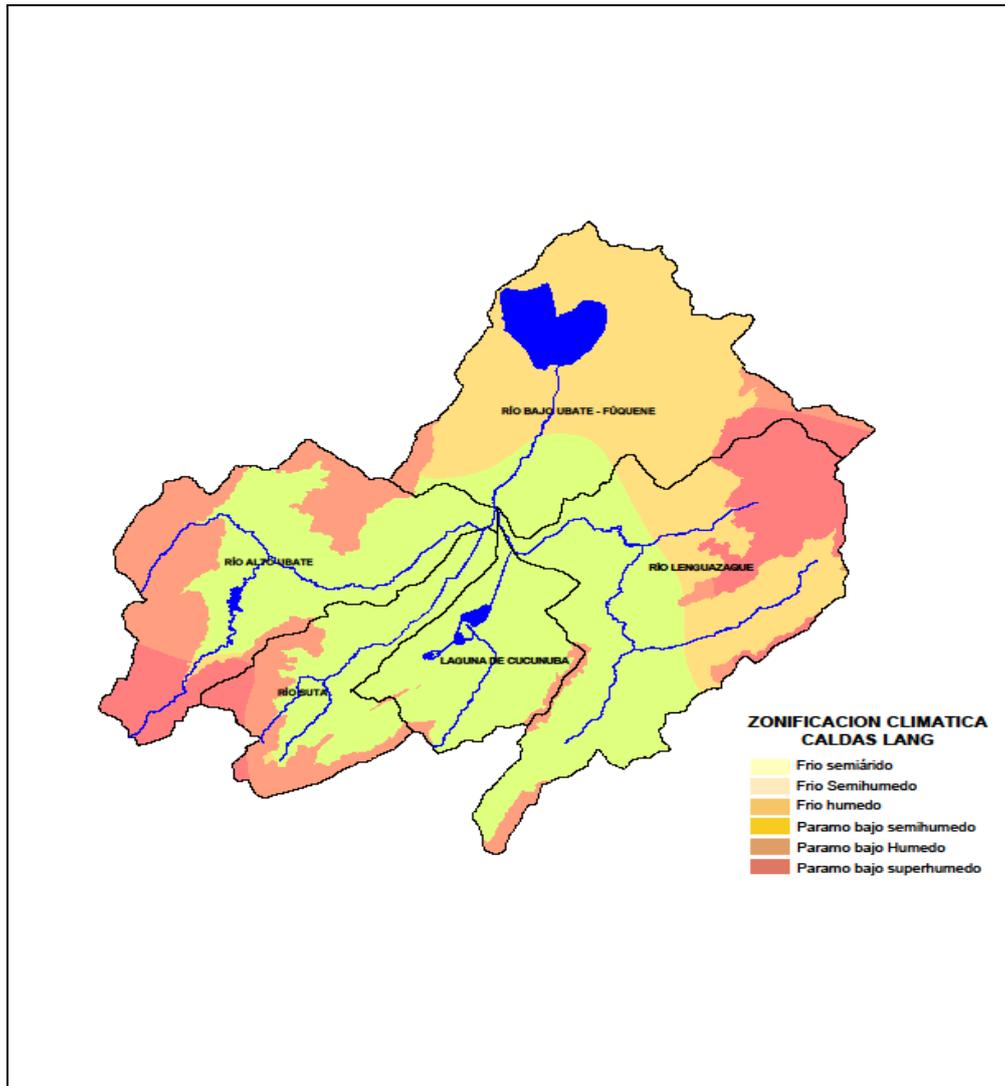


Figura 10. Zonificación climática Caldas Lang para la cuenca de estudio

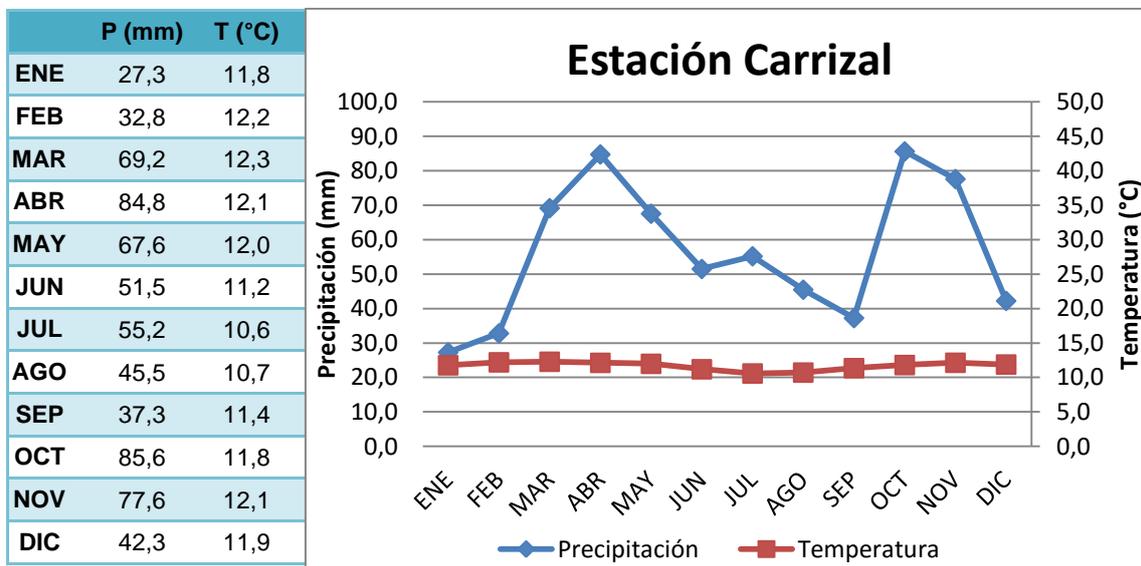
Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificada por Autora

#### 2.4.5 Diagrama Ombroclimático de Gausson

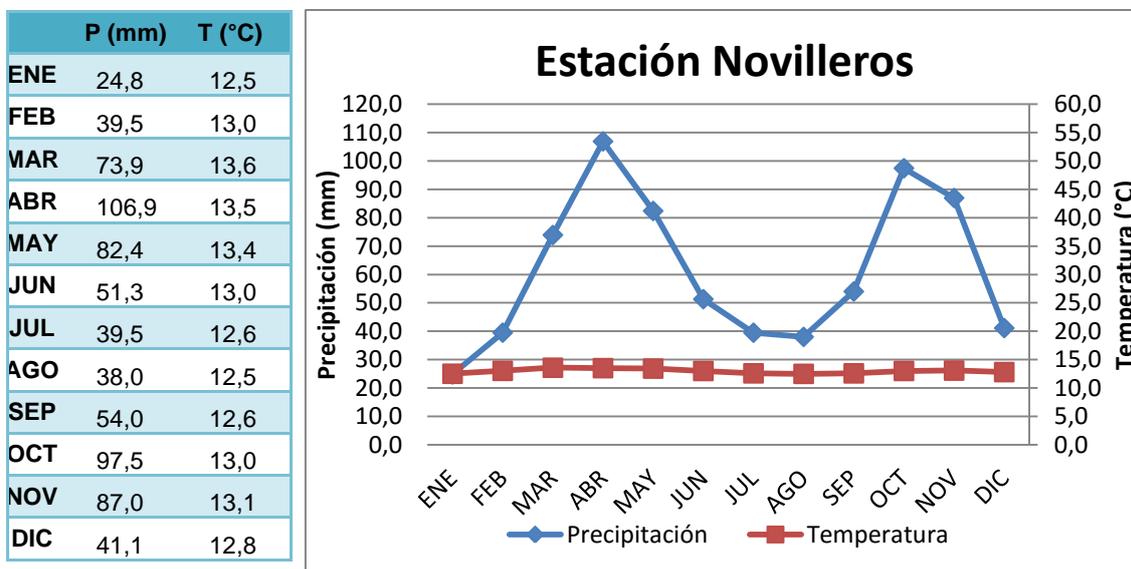
El diagrama ombrotérmico de Gausson permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media ( $P < 2T$ ). Para su representación, en el eje X se colocan los 12 meses del año y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias mensuales (mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales ( $^{\circ}\text{C}$ ). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser doble que la de temperaturas. Esto es, por cada  $^{\circ}\text{C}$  en temperatura se toma un par de mm en precipitación. Así a un valor de  $20^{\circ}\text{C}$  le corresponde en la misma línea el valor de 40 mm (Almorox J. ).

Se realizó el diagrama para cada estación, se observa que en todas las estaciones las precipitaciones son mayores que la temperatura y ningún mes es seco.

#### 2.4.5.1 Estación Carrizal

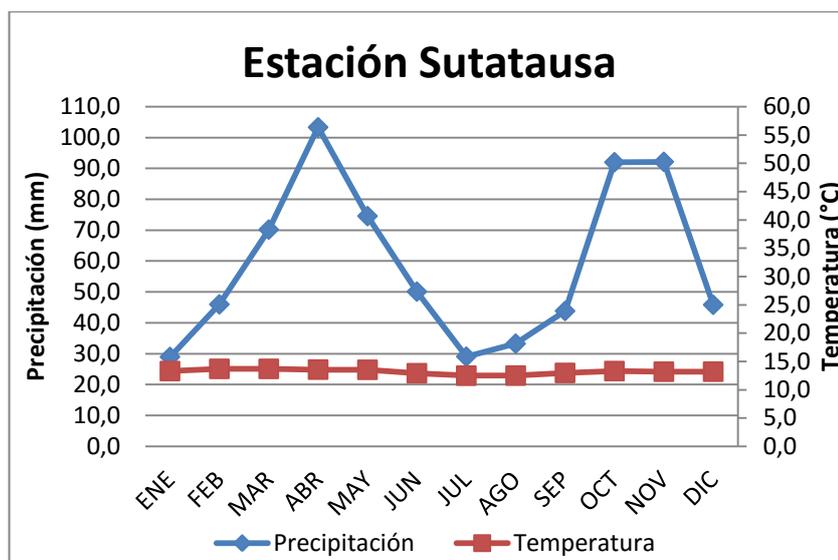


#### 2.4.5.2 Estación Novilleros



### 2.4.5.3 Estación Sutatausa

	P (mm)	T (°C)
ENE	29,0	13,3
FEB	46,0	13,7
MAR	70,2	13,7
ABR	103,3	13,6
MAY	74,6	13,5
JUN	50,1	12,9
JUL	29,0	12,5
AGO	33,3	12,5
SEP	43,8	13,0
OCT	92,0	13,3
NOV	92,1	13,2
DIC	45,8	13,2



### 2.4.5.4 Estación San Miguel de Sema

	P (mm)	T (°C)
ENE	62,2	13,8
FEB	87,4	14,0
MAR	140,5	13,8
ABR	202,4	14,2
MAY	139,7	14,4
JUN	67,4	13,8
JUL	46,1	13,9
AGO	55,1	14,0
SEP	93,6	13,8
OCT	202,1	13,6
NOV	184,9	13,7
DIC	103,2	13,7

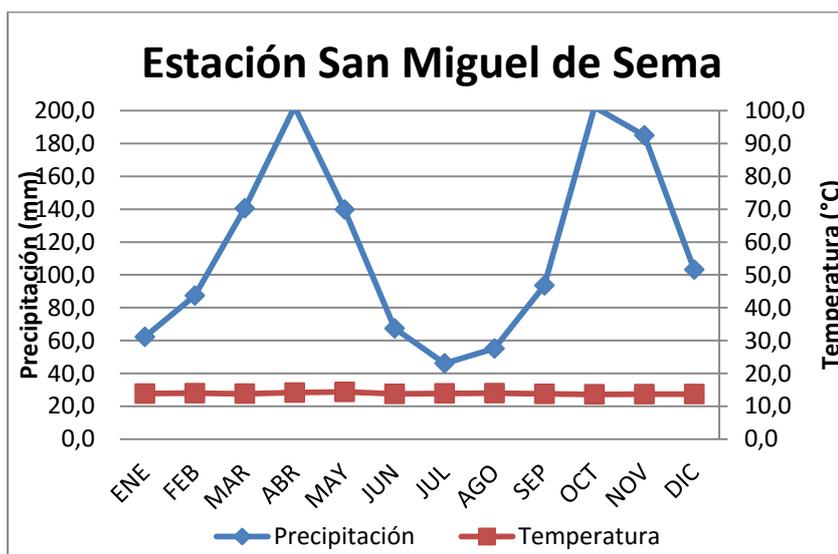


Figura 11. Diagrama Ombroclimático para cada estación de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

## 2.5 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

### 2.5.1 Vegetación

El sistema de zonas de vida de Holdridge clasifica las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático, se basa en 3 parámetros: la temperatura (el crecimiento vegetativo se da en un rango de temperaturas entre 0 y 30°C), precipitación y evapotranspiración potencial

(relación entre la evapotranspiración y la precipitación media anual. Adicional a esto, se tiene en cuenta la región latitudinal y el piso altitudinal (IDEAM, 2005).

En la cuenca de estudio se presentan 4 zonas de vida de Holdridge, en las partes más altas por encima de los 3.000 m.s.n.m. existe el subpáramo, principalmente esta asociación se encuentra en la subcuenca del Río Bajo Ubaté – Laguna de Fúquene. La zona de transición entre subpáramo – Bosque húmedo montano se encuentra en zonas donde la altitud está entre 2.800 y 3.000, esta asociación se establece sobre suelos orgánicos poco profundos, permitiendo el desarrollo de las especies con alturas promedio de 6 a 10 m. Entre los 2.400 y 2.800 se establece la asociación de bosque seco montano bajo, donde se encuentra la mayor parte de la cuenca de estudio, en esta franja la pendiente y el deterioro de los suelos, influye en el perfil de coberturas de tipo medio (4 a 6 m) a bajo (1,5 a 3 m); Por último existe una transición entre el bosque seco montano bajo y el bosque seco premontano por debajo de los 2.400 m.s.n.m.

Estas asociaciones determinan el tipo de vegetación que se encuentra en la zona, en la siguiente tabla se muestran las especies de flora existentes en la zona:

Tabla 9. Vegetación presente en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Nombre Común	Nombre Científico
<b>Subpáramo - Bosque húmedo montano (bh-M)</b>	
Roble Andino	<i>Quercus humboldtii</i>
Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i>
Raque	<i>Vallea stipularis</i>
Gaque	<i>Clusia sp</i>
	<i>Familia Ericaceae</i>
<b>Bosque seco montano bajo (bs - MB)</b>	
Tuno esmeraldo	<i>Miconia squamulosa</i>
Arrayán	<i>Myrcianthes sp</i>
Hayuelo	<i>Dodonaea viscosa</i>
Salvio negro	<i>Cordia lanata</i>
Mortiño	<i>Esperomeles goudoutiana</i>
Pegamosco	<i>Befaria resinosa</i>
Espino	<i>Durantha sprucei</i>
Gaque	<i>Clusia spp</i>
Charme	<i>Bucquettia glutinosa</i>
Raque	<i>Vallea stipularis</i>
Laurel de cera	<i>Myrica sp</i>
Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i>
Corono	<i>Xylosma speculiferum</i>
Camaronas	<i>Macleania, Cavendishia</i>
Ciro	<i>Baccharis bogotensis</i>

Nombre Común	Nombre Científico
Cucharo	<i>Rapanea guianensis</i>
<b>Bosque seco premontano - Bosque seco montano bajo</b>	
Guamos	<i>Inga sp.</i>
Sangregados	<i>Croton funckianus</i>
Arrayán chizo	<i>Mircyanthes sp.</i>
Caña brava	<i>Gynerium sagittatum</i>
Manzanillo	<i>Euphorbia cotinifolia</i>
Higuerillo	<i>Ricinus communis</i>
Algodoncillo	<i>Alchornea sp.</i>

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

En la cuenca de los río Ubaté Suárez, se encuentran un total de 32 especies distribuidas en 29 géneros y 25 familias, las especies más abundantes son *Miconia squamulosa* (19.40%), *Myrcianthes sp.* (11.94%), *Dodonea viscosa* (7.46%) y *Weinmannia tomentosa* (6.87%), esta abundancia indica que a pesar del grado de perturbación que presenta la zona, aún se conservan relictos de vegetación nativa.

En la franja altitudinal entre 2500 y 2700 m.s.n.m, se presentan suelos degradados y vegetación de tipo matorral. Donde se encontraron un total de 22 especies, distribuidas en 20 géneros y 20 familias. Las especies más abundantes para esta franja altitudinal son *Miconia squamulosa* (25.42%), *Dodonea viscosa* (16.95%), *Cordia lanata* (8.47%) y *Hesperomeles goudotiana* (7.63%), estas especies son matorrales, generalmente ubicados en la ladera de las montañas donde se presentan procesos secundarios de sucesión, además especies como *Dodonea viscosa*, son empleadas para el control de la erosión, la presencia de estas especies indica una sucesión secundaria.

En esta cuenca se ha trabajado la recuperación de suelos con la implementación de plantaciones de eucalipto (*E. globulus*) y otras especies foráneas como ciprés (*Cupressus sp.*), pinos (*Pinus spp.*) y acacias (*Acacia spp.*). Sin embargo, aunque se conserva la cobertura boscosa en algunas zonas el suelo sigue el proceso de erosión. En las áreas de uso agropecuario se han implementado igualmente algunos cercos y franjas vivas, con estas especies. El eucalipto se usa en la explotación de carbón mineral en algunos municipios como Chiquinquirá y Guachetá.

En una franja entre los municipios Lenguazaque, Guachetá, Ráquira, Chiquinquirá y Susa, existe un corredor de especies de gran importancia regional como el roble (*Quercus humboldtii*), este es un indicador de bioma especial ya que hace presencia en la herradura bioclimática y se evidencia la influencia de un clima seco.

En otras pequeñas zonas hay presencia de especies de cactáceas (opuntia, *Melanocactus*), evidenciando microclimas muy secos y suelos en alto grado de degradación (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

### **2.5.2 Fauna**

Colombia es un país megadiverso, es el segundo país más diverso del mundo, posee el 10% de la biodiversidad mundial en tan solo el 0,7% de la superficie terrestre. Colombia ocupa el primer lugar en número de especies de anfibios y palmas, el segundo con la mayor variedad de mariposas, y una de las mayores variedades de escarabajos. Posee el 20% de aves del planeta, 1/3 de especies primates de América tropical, 15% de las especies orquídeas del mundo, 7% de los mamíferos terrestres, 7% del total de reptiles, tiene más de 56.000 especies de plantas fanerógamas, tiene más de 3290 especies entre mamíferos, aves, reptiles, y anfibios. En peces tiene aproximadamente 2.900 especies.

El desarrollo y constante crecimiento de las sociedades, genera presión sobre los ecosistemas, que por la actividad antrópica se han ido perdiendo y así reduciendo su biodiversidad. Entre las principales amenazas a la biodiversidad en la región Andina se encuentran la actividad agropecuaria, la minería, la deforestación de las coberturas boscosas y pérdida de hábitats, degradación de cuencas hidrográficas, contaminación del agua por los residuos domésticos e industriales que son vertidos sin ningún tratamiento previo. Otras amenazas en menor grado son las quemas incontroladas, construcción de carreteras, la caza ilegal.

La fauna de la Región se encuentra en las zonas que aun presenta cobertura vegetal protectora, zonas de rastrojo y los humedales de Fúquene, Cucunubá y Palacio, la destrucción de los ecosistemas por la acción antrópica,

ha provocado la pérdida de hábitats y refugio para muchas especies que han emigrado o se han extinto (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

#### 2.5.2.1 Ornitofauna

En la cuenca de los ríos Ubaté – Suárez se encuentran 351 especies de aves, distribuidas en 18 órdenes y 51 familias, la mayoría ubicadas geográficamente en los pisos bioclimáticos andino y alto andino (154 especies), solamente se reportan 8 especies exclusivas para los pisos bioclimáticos alto andino y páramo, las demás (189 especies) son de amplia distribución. En cuanto a hábitat 35 especies son semi acuáticas, 24 son acuáticas y 216 habitan el sotobosque. Respecto al hábito alimenticio predominan aquellas que son parcialmente omnívoras seguidas por las insectívoras. 121 especies de aves están en alguna categoría según el Convenio CITES y/o los Libros Rojos para Colombia. Para la región se reportan 26 especies migratorias, 12 endémicas y 3 especies como extintas.

#### 2.5.2.2 Mastofauna

Hay 70 especies de mamíferos, distribuidos en nueve órdenes y 23 familias, 7 con rango altitudinal restringido a los pisos bioclimáticos subandino y páramo, 11 restringidos a los pisos bioclimáticos andino y alto andino y 37 de amplia distribución. 29 especies tienen hábitat terrestre, siete son arborícolas y 19 son arborícola–terrestres. Predominan las especies con hábito omnívoro seguidas por las herbívoras. 28 especies de mamíferos están en alguna categoría según el Convenio CITES y/o los Libros Rojos para Colombia. Para la región se reportan dos especies endémicas.

#### 2.5.2.3 Herpetofauna

Respecto a los anfibios se reportan 20 especies distribuidas en dos órdenes y seis familias. Cinco con rango altitudinal restringido a los pisos bioclimáticos alto andino y páramo, siete con rango altitudinal amplio y ocho en los pisos bioclimáticos andino y subandino. En cuanto a hábitat se encontraron cinco especies terrestres, seis semiacuáticas, tres arborícola–terrestres y seis

arborícolas. Se reporta para la región, además, una especie endémica y tres en alguna categoría de la Serie de Libros Rojos de especies amenazadas de Colombia.

Se reportan 11 especies de reptiles distribuidos en un orden, dos subórdenes y cuatro familias. Nueve con amplia distribución altitudinal y dos restringidas a los pisos bioclimáticos andino y subandino. Respecto al hábitat tres especies son arborícolas y las demás son terrestres. Predomina el hábito alimenticio insectívoro. No se reportan para la región especies endémicas ni en alguna categoría de los Libros Rojos o del convenio CITES.

En cuanto a los peces, hay 9 especies distribuidas en cuatro órdenes y cinco familias. Para la Laguna de Fúquene se reportan 6 especies, dos de ellas introducidas y con uso comercial. Para el páramo de Rabanal se reportan 6 especies, una introducida. Se encuentran además reportadas para la región de estudio 3 especies endémicas las cuales aparecen categorizadas con alguna amenaza dentro de la Serie de Libros Rojos de especies amenazadas de Colombia (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

### **2.5.3 Especies amenazadas**

En la cuenca de estudio se encuentran 17 especies de aves amenazadas, tres de ellas críticamente amenazadas, dos vulnerables, nueve en peligro, una casi amenazada y una extinta (Tabla 10); tres especies de peces, una críticamente amenazada y dos casi amenazadas (Tabla 11); tres especies de anfibios, una críticamente amenazada y dos casi amenazadas (Tabla 12); y 21 especies de mamíferos, una críticamente amenazada, cuatro casi amenazadas, nueve vulnerables, una en peligro y seis con datos insuficientes (Tabla 13).

Tabla 10. Aves amenazadas en Colombia reportadas para la región de estudio

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Podicipedidae	<i>Podiceps andinus (nigricollis)</i>	Pato zambullidor	EX
Anatidae	<i>Sarkidiornis melanotos</i>	Pato brasileño	EN
	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado	EN
	<i>Anas georgica</i>	Pato pico de oro	EN
	<i>Netta erythrophthalma</i>	Pato negro	CR
	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato andino	EN
Rallidae	<i>Rallus semiplumbeus</i>	Tingua bogotana	EN
	<i>Gallinula (Porphyriceps) melanops</i>	Polla sabanera	CR
Psittacidae	<i>Pyrrhura calliptera</i>	Periquito aliamarillo	VU
	<i>Hapalopsittaca (amazonina) amazonina</i>	Cotorra montañera	VU
Trochilidae	<i>Coeligena prunellei</i>	Inca negro	EN
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	EN
Alaudidae	<i>Eremophila alpestris</i>	Alondra cornuda	EN
Troglodytidae	<i>Cistothorus apolinari</i>	Cucarachero de Apolinar	EN
Thraupinae	<i>Diglossa lafresnayii</i>		NE
Icteridae	<i>Macroagelaius subalaris</i>	Chango de montaña	CR
Formicariidae	<i>Grallaricula cucullata</i>		NT

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

Tabla 11. Peces amenazados en Colombia reportados para la región de estudio

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Pygidiidae	<i>Pygidium bogotense</i>	Capitán enano	CR
Trichomycteridae	<i>Eremophilus mutissi</i>	Capitán de la sabana - Chimbe	NT
Characidae	<i>Grundulus bogotensis</i>	Guapucha	NT

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

Tabla 12. Anfibios amenazados en Colombia reportados para la región de estudio

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
	<i>Colosthetus edwardsi</i>	Rana saltana de Edwards	EN
Centrolenidae	<i>Centrolene buckleyi</i>	Rana	CR
Bufoidea	<i>Atelopus subornatus</i>	Rana arlequin	EN

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

Tabla 13. Mamíferos amenazados en Colombia reportados para la región de estudio

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Agoutidae	<i>Agouti taczanowskii</i>	Boruga de páramo	NT
	<i>Agouti paca</i>	Paca	NT
Echimyidae	<i>Olallamys albicauda</i>	Rata de chuscal	DD
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta sp.</i>	Guatin o ñeque	NT
Dinomyidae	<i>Dinomys branickii</i>	Tinajo	VU
Didelphidae	<i>Marmosops impavida</i>	Tunato	NT
Cervidae	<i>Mazama rufina</i>	Soche de páramo	VU
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado sabanero	VU
Tapiiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>	Danta de páramo	CR
Dasypodidae	<i>Dasybus novencinctus</i>	Armadillo	DD

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Procyonidae	<i>Nasua olivacea</i>	Guache	DD
Mustelidae	<i>Lutra longicaudis</i>		VU
Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigre gallinero	VU
	<i>Felis concolor</i>	Puma	VU
	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Gato pardo	DD
	<i>Panthera onca</i>	Tigre	VU
Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso Andino o de anteojos	EN
Phyllostomidae	<i>Sturnina bidens</i>	Murciélago	DD
	<i>Artibeus sp.</i>	Murciélago	DD
Cebidae	<i>Aotus lemurinus</i>	Mico tuto o chala	VU
	<i>Alouatta seniculus</i>	Mono colorado	VU

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

#### 2.5.4 Especies de conservación

La corporación autónoma regional junto con el instituto Humboldt desarrollaron un método para determinar el nivel de prioridad de conservación para las aves. Se basan en 6 criterios:

1. Aves presentes dentro de la jurisdicción de la CAR
2. Aves con categorías CR, EN y VU en los Libros Rojos para Colombia
3. Aves con especificidad de hábitat
4. Aves endémicas o de rango restringido
5. Los ecosistemas asociados a la especie tienen algún grado de proporción de su superficie en el área de estudio con respecto al país o área de interés y algún grado de representación en Áreas Protegidas
6. Aves con uso comercial o cultural

Para la cuenca de estudio se encontraron 18 especies con prioridad alta de conservación PA (Tabla 14), se encontraron además 123 especies con prioridad media de conservación PM (Tabla 15) y 23 especies con prioridad baja de conservación PB (Tabla 16).

Tabla 14. Aves con PA de conservación

Familia	Especie	Familia	Especie
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>
	<i>Dendrocygna bicolor</i>	Rallidae	<i>Gallinula chloropus</i>
	<i>Neochen jubata</i>		<i>Porphyryla martinica</i>
	<i>Sarkidiornis melanotos</i>		<i>Gallinula melanops</i>
	<i>Anas discors</i>		<i>Rallus semiplumbeus</i>
	<i>Anas georgica</i>	Heliornithidae	<i>Heliornis fulica</i>
	<i>Netta erythrophthalma</i>	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>
Trochilidae	<i>Oxyura dominica</i>	Laridae	<i>Phaetusa simplex</i>
	<i>Acestrura heliodor</i>	Icteridae	<i>Agelaius icterocephalus</i>

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

Tabla 15. Aves con PM de conservación

Familia	Especie	Familia	Especie
Tinamidae	<i>Nothocercus julius</i>	Furnariidae	<i>Thripadectes holostictus</i>
Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>		<i>Synallaxis subpudica</i>
	<i>Podilymbus podiceps</i>		<i>Xenops minutus</i>
Ardeidae	<i>Botaurus pinnatus</i>	Formicariidae	<i>Grallaria nuchalis</i>
Threskiornithidae	<i>Phimosus infuscatus</i>		<i>Grallaria quite</i>
Anatidae	<i>Merganetta armata</i>		<i>Grallaria ruficapilla</i>
	<i>Anas clypeata</i>		<i>Grallaria rufula</i>
	<i>Anas crecca</i>	<i>Grallaria squamigera</i>	
Accipitridae	<i>Circus cyaneus</i>	Rhinocryptidae	<i>Acropternis orthonyx</i>
	<i>Buteo swainsoni</i>		<i>Scytalopus (unicolor) latrans</i>
Falconidae	<i>Falco columbarius</i>	Tyrannidae	<i>Scytalopus femoralis</i>
Cracidae	<i>Chamaepetes goudotii</i>		<i>Contopus borealis</i>
	<i>Penelope montagnii</i>		<i>Leptopogon rufipectus</i>
Rallidae	<i>Laterallus exilis</i>		<i>Mecocerculus poecilocercus</i>
	<i>Porzana carolina</i>		<i>Mecocerculus stictoapterus</i>
Scolopacidae	<i>Bartramia longicauda</i>		<i>Mionectes striaticollis</i>
	<i>Tringa solitaria</i>		<i>Myiophobus flavicans</i>
	<i>Tryngites subruficollis</i>		<i>Myiophobus pulcher</i>
	<i>Gallinago gallinago</i>		<i>Myiotheretes fumigatus</i>
	<i>Gallinago imperialis</i>		<i>Ochthoeca cinnamomeiventris</i>
Psittacidae	<i>Amazona mercenaria</i>		<i>Ochthoeca diadema</i>
Strigidae	<i>Hapalopsittaca amazonina</i>		<i>Ochthoeca frontalis</i>
	<i>Ciccaba albitarsus</i>		<i>Phyllomyias cinereiceps</i>
Caprimulgidae	<i>Glaucidium jardinii</i>		<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>
	<i>Otus albugularis</i>		<i>Elaenia frantzii</i>
	<i>Lurocalis semitorquatus rufiventris</i>		<i>Pseudocolopteryx acutipennis</i>
Trochilidae	<i>Chordeiles minor</i>		<i>Pyrrhomyias cinnamomea</i>
	<i>Chlorostilbon russatus</i>	<i>Polystictus pectoralis</i>	
Trogonidae	<i>Coeligena bonapartei</i>	Cotingidae	<i>Serpophaga cinerea</i>
	<i>Coeligena coeligena</i>	Hirundinidae	<i>Pipreola riefferii</i>
	<i>Coeligena prunellei</i>		<i>Pyroderus scutatus</i>
	<i>Coeligena torquata</i>	Cinclidae	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>
	<i>Doryfera ludovicicae</i>	Troglodytidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>
	<i>Ensifera ensifera</i>	Turdinae	<i>Cinnycerthia peruana</i>
	<i>Eriocnemis alinae</i>		<i>Cinnycerthia unirufa</i>
	<i>Eriocnemis vestitus</i>		<i>Henicorhina leucophrys</i>
	<i>Haplophaedia aureliae</i>	Emberizinae	<i>Catharus minimus</i>
	<i>Heliangelus (exortis) exortis</i>		<i>Turdus serranus</i>
			<i>Atlapetes torquatus</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
	<i>Heliangelus amethysticollis</i>	Catamblyrhynchinae	<i>Catamblyrhynchus diadema</i>
	<i>Campylopterus falcatus</i>	Thraupinae	<i>Chlorornis riefferii</i>
	<i>Acestrura mulsant</i>		<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>
	<i>Ramphomicron microrhynchum</i>		<i>Anisognathus flavinucha</i>
	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>		<i>Dubusia taeniata</i>
	<i>Pharomachrus antisianus</i>		<i>Euphonia xanthogaster</i>
Ramphastidae	<i>Pharomachrus auriceps</i>		<i>Hemispingus atropileus</i>
	<i>Andigena nigristrois</i>		<i>Hemispingus frontalis</i>
Picidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>		<i>Hemispingus melanotis</i>
	<i>Campephilus pollens</i>		<i>Hemispingus verticalis</i>
	<i>Piculus rivolii</i>	Parulinae	<i>Piranga rubra</i>
Dendrocolaptidae	<i>Veniliornis dignus</i>		<i>Piranga rubriceps</i>
	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>		<i>Tangara nigroviridis</i>
	<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>		<i>Tangara heinei</i>
Furnariidae	<i>Xiphorhynchus triangularis</i>		<i>Basileuterus luteoviridis</i>
	<i>Asthenes flammulata</i>		<i>Conirostrum albifrons</i>
	<i>Hellmayrea gularis</i>		<i>Myioborus ornatus</i>
	<i>Margarornis squamiger</i>		<i>Basileuterus coronatus</i>
	<i>Premnoplex brunnescens</i>		<i>Cyclarhis nigristrois</i>
	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>	Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>
Corvidae	<i>Synallaxis (azarae) elegantior</i>		<i>Vireo leucophrys</i>
	<i>Synallaxis unirufa</i>		
	<i>Thripadectes flammulatus</i>	Icteridae	<i>Macroagelaius subalaris</i>
	<i>Cyanolyca (viridicyana) armillata</i>		

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

Tabla 16. Aves con PB de conservación

Familia	Especie	Familia	Especie
	<i>Agelaiocercus kingi</i>		<i>Atlapetes pallidinucha</i>
	<i>Chalcostigma heteropogon</i>	Emberizinae	<i>Atlapetes schistaceus</i>
Trochilidae	<i>Eriocnemis cupreovertris</i>	Accipitridae	<i>Buteo leucorrhous</i>
	<i>Oxygogon guerinii</i>		<i>Buthraupis eximia</i>
	<i>Pterophanes cyanopterus</i>	Thraupinae	<i>Diglossa caerulescens</i>
	<i>Anairetes agilis</i>		<i>Diglossa cyanea</i>
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>		<i>Piranga olivacea</i>
	<i>Poecilatriccus ruficeps</i>	Parulinae	<i>Conirostrum rufum</i>
Troglodytidae	<i>Cistothorus apolinari</i>		<i>Conirostrum sitticolor</i>
Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>		<i>Dendroica fusca</i>
Psittacidae	<i>Pyrrhura calliptera</i>	Furnariidae	<i>Schizoeaca fuliginosa</i>

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

## 2.6 ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

Los ecosistemas estratégicos, como los páramos, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos, han sido denominados de protección especial, bajo los principios ambientales de la ley 99 de 1993, los cuales deben

manejarse bajo proyectos normativos y de uso sostenible, con el fin de conservar y preservar un recurso natural.

Los ecosistemas de alta montaña (páramo) de las zonas ecuatoriales debido a su ubicación geográfica y a condiciones especiales de clima y suelos, tienen una biodiversidad única y las especies que habitan allí están adaptadas a ambientes con drásticos cambios diurnos de temperatura, fuertes vientos y alta humedad. Cada páramo tiene características diferentes y algunas especies de flora y fauna solo se encuentran en alguno de ellos.

Por las características especiales de clima, y altitud sobre el nivel del mar, los páramos son zonas captadoras de agua, la vegetación y humedales (lagos, lagunas, pantanos y turberas) actúan como esponjas que sirven de hábitat a muchas especies de animales, adicional a esto, son reguladores de agua debido a las condiciones geológicas, relieve y vegetación, este proceso de regulación hídrica ayuda a prevenir la ocurrencia de avalanchas e inundaciones en épocas de lluvias.

Estos ecosistemas se encuentran amenazados por actividades antrópicas, tales como, el avance de la agricultura hacia zonas más altas, ampliación del cultivo de la papa con sus técnicas de labranza que erosionan el suelo, creación de potreros para ganadería de leche, continuo sobrepastoreo, plantaciones forestales industriales con especies exóticas que reemplazan la diversidad y funciones de la vegetación nativa, minería, incendios, extracción de madera, construcción de obras de infraestructura como carreteras y embalses, creciente demanda y conflictos por el uso de agua para fines de riego, industriales y consumo humano, efectos directos o indirectos del calentamiento global.

En el año 2001, el Gobierno Nacional instauró el *“Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: PÁRAMOS”*, donde se crean lineamientos para su gestión ambiental y adelantar acciones de investigación, restauración ecológica, consolidación de sus potencialidades hídricas, y manejo y uso sostenible de sus recursos naturales (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2010).

Dentro de la cuenca de los ríos Ubaté y Suárez, se encuentra el páramo como un tipo de ecosistema estratégico. Las áreas de conservación en la cuenca de estudio son: el Páramo de Rabanal, Reserva Forestal Protectora El Robledal, la zona de Reserva Guargua y el DMI de Juaitoque que se muestran en la figura N. 12.

Estas áreas de conservación tienen planes de manejo que se llevarán a cabo por medio de objetivos tales como la conservación, mejorar la gestión social del agua, participación y educación, desarrollar una actividad agropecuaria y minera sostenible y sustentable, fortalecer la gestión ambiental, crear e implementar incentivos para la conservación y la restauración ecológica en el macizo y la consolidación de estrategias financieras que incluyan un fondo ambiental regional que se oriente a cofinanciar proyectos y acciones en el marco del plan de manejo, por último aumentar la investigación para preservar y conservar ecosistemas de alta montaña (Universidad Militar Nueva Granada, 2009).

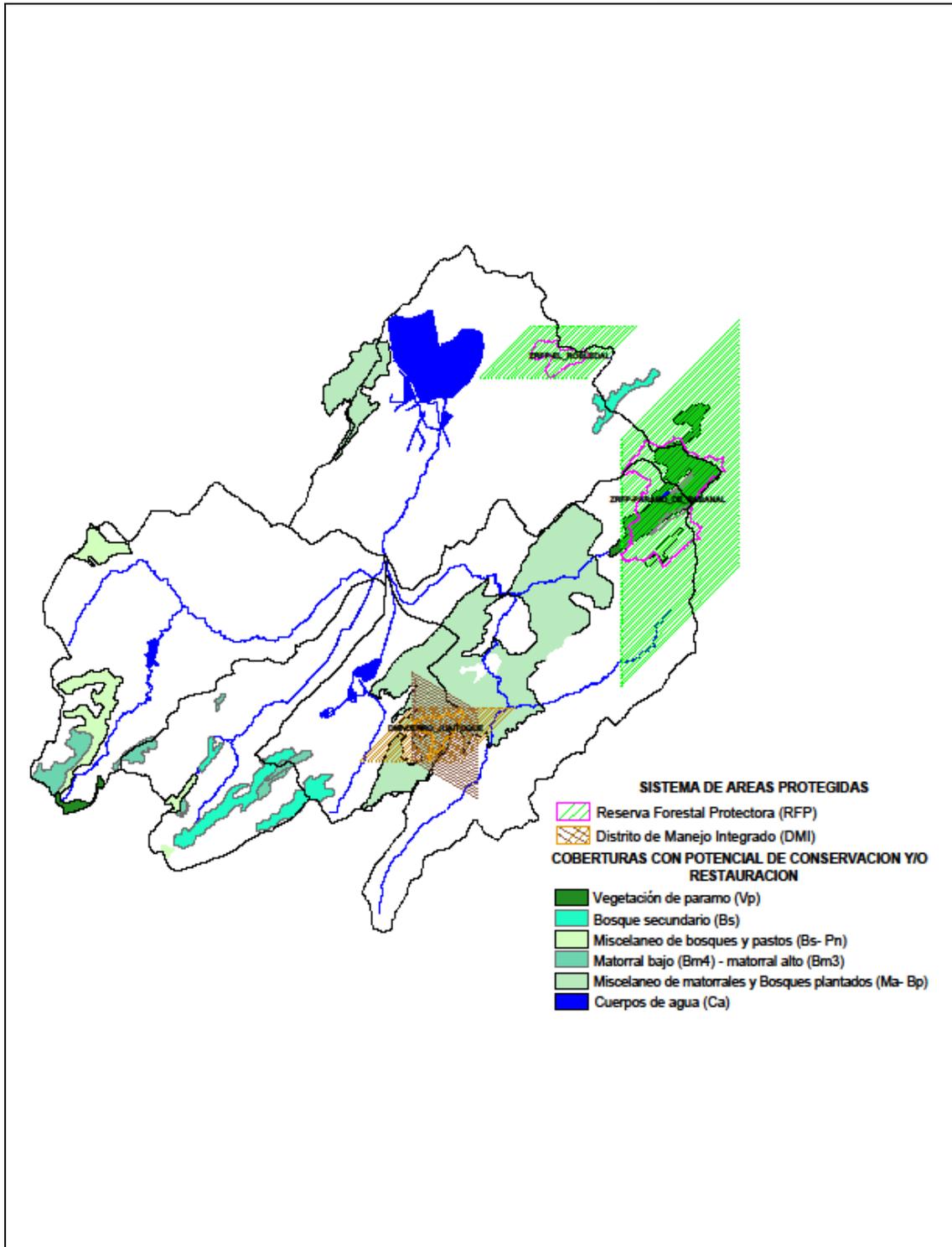


Figura 12. Ecosistemas estratégicos en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por autora

## 2.7 CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

Los municipios que conforman la cuenca de los ríos Ubaté y Suárez, son nueve (9), de los cuales ocho (8) pertenecen al departamento de Cundinamarca y uno (1) al departamento de Boyacá. En cuanto a la autoridad ambiental, es responsabilidad de la Corporación Autónoma de Cundinamarca CAR, de acuerdo a la Ley 99 de 1993 del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En la siguiente tabla se muestran los municipios con algunas características como la distancia a Bogotá, la temperatura promedio, el área total, urbana y rural.

Tabla 17. Características de los municipios que conforman la cuenca de estudio

Departamento	Municipio	Distancia a Bogotá (km.)	T (°C)	Área total (ha)	Área urbana (ha)	Área rural (ha)
Cundinamarca	Carmen de Carupa	112	19	30.476,20	36,89	30.439,35
	Cucunubá	106	14	10.847,60	21,40	10.826,24
	Fúquene	116	13	5.953,49	21,10	5.932,48
	Guachetá	116	13	17.327,20	40,78	17.286,42
	Lenguazaque	155	14	15.668,40	32,70	15.635,77
	Sutatausa	88	14	6.561,25	11,94	6.549,31
	Tausa	80	12	20.252,80	11,02	20.241,80
	Ubaté	97	14	9.955,35	232,08	9.723,27
Boyacá	San Miguel de Sema	140	13	9.463,90	20,90	9.443,00

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

### 2.7.1 Demografía

La población del área de estudio es de 104.180 habitantes, según el censo de 2005 del DANE, de los cuales 37.702 habitantes corresponden al área urbana con un porcentaje del 36,19%, y el área rural con 66.478 habitantes con un porcentaje del 63,81%, la mayoría de la población aún vive en el campo y desarrolla actividades agropecuarias (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2005).

Como se observa en la Tabla 18 el municipio con mayor concentración de población en el sector urbano Ubaté con 22.042 habitantes, el 60% de la población, siendo este municipio cabecera de provincia, se observa que en los demás municipios la mayoría de la población se encuentra en la zona rural.

Tabla 18. Población en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Municipio	Área Urbana	%	Área Rural	%	Total
Carmen de Carupa	1.689	19,89	6.802	80,11	8.491
Cucunubá	1.156	16,48	5.857	83,52	7.013
Fúquene	235	4,51	4.979	95,49	5.214
Guachetá	3.263	31,35	7.146	68,65	10.409
Lenguazaque	2.094	21,44	7.675	78,56	9.769
Sutatausa	1.359	28,66	3.383	71,34	4.742
Tausa	796	10,32	6.919	89,68	7.715
San Miguel de Sema	479	10,39	4.133	89,61	4.612
Ubaté	22.042	60,50	14.391	39,50	36.433

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la población desde los censos de 1993 y 2005 y una proyección hasta 2020. Se observa que en la zona rural se encuentra la mayoría de la población y se mantiene constante, de esto se puede deducir que las principales actividades económicas son las relacionadas con el campo como la agricultura y la ganadería.

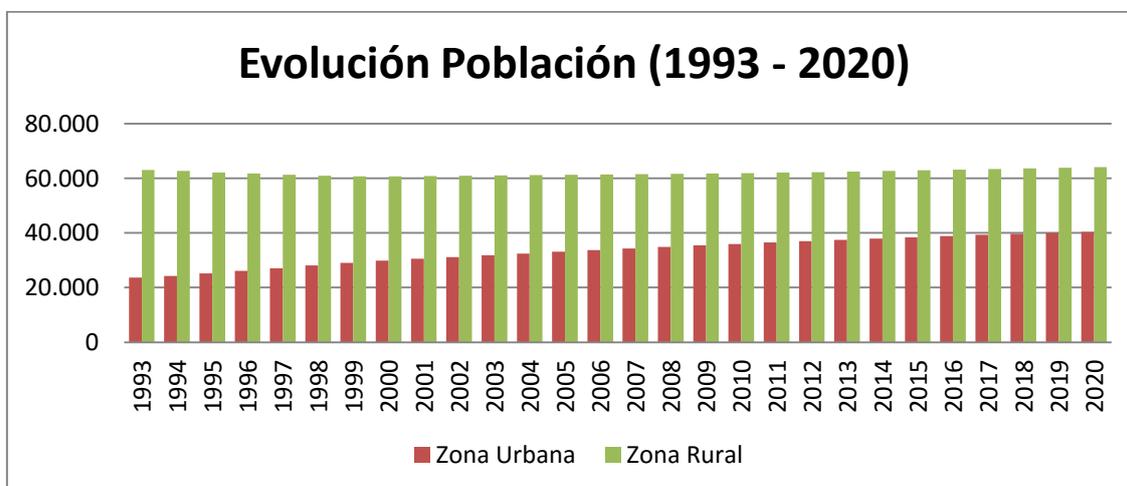


Figura 13. Evolución de la población de la cuenca de estudio  
Fuente: Autora

De los 9 municipios que se encuentran dentro de la cuenca del sistema Río Ubaté – Laguna Fúquene, Ubaté, concentra la mayoría de la población urbana, mientras los otros 8 municipios la mayoría de la población se encuentra en la zona rural, para el 2020, la población seguirá estando mayoritariamente en la zona rural.

Existe un alto índice de migración de las zonas rurales hacia el centro urbano de Ubaté (Centro de provincia), por las pocas oportunidades para mejorar la calidad de vida de los núcleos familiares, causando en los centros urbanos mayor demanda de los servicios tanto públicos como sociales.

## **2.7.2 Servicios públicos**

### **2.7.2.1 Acueducto y alcantarillado**

El servicio de acueducto en el sector urbano atiende al 93% de la población, cuenta con un sistema de conexión domiciliaria de agua potable, en condiciones aceptables. El servicio de acueducto en el sector rural presenta serias dificultades, ya que existe una baja cobertura de la población. Se cuenta con acueductos veredales por sectores por medio de un tanque comunal que distribuye el agua por medio de redes a los usuarios inscritos; la mayoría de las familias se abastecen de nacimientos propios y/o tomas, donde se conduce el agua en manguera, el agua en las veredas no tiene tratamiento.

El servicio de alcantarillado atiende aproximadamente al 70% de la población, el sistema es combinado (aguas lluvias y aguas residuales). Este servicio en la zona rural es casi inexistente, como alternativa existen los pozos sépticos, luego el agua servida es vertida en el recurso hídrico o en el suelo.

En la Tabla 19 se muestra información correspondiente a las fuentes de captación para el acueducto de los municipios que hacen parte de la zona de estudio, así como los cuerpos hídricos sobre los que se realizan los vertimientos (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Tabla 19. Fuentes de captación acueductos municipales

Subcuenca	Municipio	Captación	Caudal (lps)	Vertimiento	Caudal Residual (lps)
Río Alto Ubaté	Carmen de Carupa	Río Ubaté	48	Río Suta	35
	Ubaté	Río La Playa	5	Quebrada de Suchinica	1,2
Río Suta	Tausa	Quebrada el Chapetón	1,2	Río Aguasal	1,6
	Sutatausa	Río Agua Clara		Quebrada Honda	
Laguna de Cucunubá	Cucunubá	Quebrada La Chorrera	4	Quebrada San Isidro	5,5
Río Lenguazaque	Lenguazaque	Río Tibita	50	Río Lenguazaque	7,5
Río Bajo Ubaté	Fúquene	Nacedero - Pozo Profundo	3	Río Fúquene	
	Guachetá	Quebrada Honda	30	Quebrada Santander	

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

En Colombia por medio de la legislación se exige que cada municipio cuente con un plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, esto es que en todos los municipios a largo plazo, el 100% de la población de las zonas urbana y rural tengan acceso al acueducto y alcantarillado; de los 15 municipios solo 7 han realizado el Plan y están en proceso de implementación, los otros cuentan con estudios y diseños para el Plan.

#### 2.7.2.2 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

De los 9 municipios, solo 2 cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 1 no está en funcionamiento, como se muestra en la siguiente tabla, los demás municipios vierten el agua residual directamente sobre los ríos sin ningún tratamiento previo y sin ningún control.

Tabla 20. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Subcuenca	Municipio	PTAR		
		SI	NO	Q (lps)
Río Alto Ubaté	Carmen de Carupa		X	
	Ubaté	X		No está en funcionamiento
Río Suta	Tausa		X	
	Sutatausa		X	
Laguna de Cucunubá	Cucunubá	X		Lagunas de Oxidación
Río Lenguazaque	Lenguazaque		X	
Río Bajo Ubaté	Fúquene		X	
	Guachetá		X	

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

### 2.7.2.3 Aseo

En la cuenca de estudio, sólo 3 municipios cuentan con relleno sanitario para la disposición de residuos sólidos. El relleno de Cucunubá, tiene una vida útil de 5 años; recibe aproximadamente 16 ton/mes; los residuos especiales son llevados al relleno sanitario del municipio de Soacha. Ubaté cuenta con planta de tratamiento de residuos sólidos, cuenta con un microrelleno sanitario para el tratamiento de los residuos orgánicos, realizan lombricultura, compostaje y reciclaje; en la actualidad sólo recibe residuos sólidos del mismo municipio. Los lixiviados que se producen son recirculados en el relleno.

El relleno sanitario de San Miguel de Sema, puesto en operación en el año 2003, está ubicado en la vereda de Arboledas, se disponen los residuos sólidos del Municipio, tiene una vida útil de 10 años contados desde la puesta en operación. En la actualidad recibe 4 Ton/semana de residuos sólidos, los cuales son dispuestos adecuadamente.

Los municipios de Carmen de Carupa, Tausa, Sutatausa, Lenguaque, Fúquene, y Guachetá, llevan sus residuos sólidos al relleno sanitario Doña Juana, en la Ciudad de Bogotá D.C.

La recolección de los residuos sólidos se lleva a cabo en la zona urbana y en algunas veredas cercanas a la zona urbana, los residuos sólidos de las veredas son dispuestos en botaderos a cielo abierto y los cuales por arrastre de la lluvia, son conducidos a fuentes hídricas cercanas, provocando aumentos en la carga contaminante (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Tabla 21. Recolección de residuos sólidos

Subcuenca	Municipio	Disposición de Residuos Sólidos	Frecuencia	Producción
Río Alto Ubaté	Carmen de Carupa	Relleno Doña Juana	1 vez/Semana	
	Ubaté	Relleno Sanitario Ubaté	2 veces/Semana	
Río Suta	Tausa	Relleno Doña Juana	1 vez/Semana	15 ton/mes
	Sutatausa	Relleno Doña Juana	1 vez/Semana	10 ton/mes
Laguna de Cucunubá	Cucunubá	Relleno Sanitario Cucunubá	2 veces/Semana	16 ton/mes
Río Lenguazaque	Lenguazaque	Relleno Doña Juana		
Río Bajo Ubaté	Fúquene	Relleno Doña Juana		
	Guachetá	Relleno Doña Juana		
	San Miguel de Sema	Relleno Sanitario San Miguel	2 veces/Semana	

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

### 2.7.3 Actividades Económicas

La principal actividad en la cuenca de estudio es la agropecuaria, donde la actividad pecuaria es la más desarrollada, dominando el ganado bovino, y en una menor proporción el porcícola, avícola y ovícola.

#### 2.7.3.1 Actividad pecuaria

La producción de leche vacuna y de productos procesados lácteos como leche pasteurizada, quesos, yogur, kumis, entre otros, es la principal actividad; la carne vacuna se produce en menor importancia. Por otro lado, se registran actividades de producción porcina, y producción avícola de producción de carne de pollo y huevo, también en pequeña escala, proveniente de pequeñas granjas con tecnología tradicional, aunque se presentan algunas granjas medianas con manejo técnico moderno y con mediana tecnología. La producción ovina, que produce carne y subproductos como lana, es muy baja en la cuenca.

El municipio de San Miguel de Sema es el mayor productor de leche, con una participación de 31% del total producido por los municipios de la cuenca, y una producción promedio por vaca de 19 litros, le siguen en su orden los municipios de Guachetá con 17,1% y una producción promedio por vaca de 15 litros, y Ubaté con 13,2% y una producción por vaca de 13 litros. En tanto Sutatausa, Tausa y Cucunubá son los de menor producción y con los menores

rendimientos de litros por vaca ordeñada, dado que en dichos municipios domina la modalidad doble propósito, frente a la ganadería especializada para leche.

En la Cuenca se han establecido grandes industrias lecheras nacionales, y además de procesar la leche producida en la zona, acopian producción de leche de otras zonas aledañas a la Cuenca, para la producción de leche pasteurizada, quesos, kumis, yogur, ente otros productos lácteos. En consecuencia, la actividad lechera se ha convertido en la actividad más importante económicamente, fortaleciendo el crecimiento agroindustrial, de servicios, del empleo y en general la base económica de la Cuenca.

La mayoría del producto terminado es llevado a Bogotá que es la capital y tiene una demanda alta de estos productos, la zona hace parte de la Gran Cuenca lechera del altiplano Cundiboyacense, y ha sido incluida en el acuerdo de competitividad de la cadena láctea del país, al tiempo que se identifica en este acuerdo como la micro cuenca lechera Ubaté – Chiquinquirá (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

#### 2.7.3.2 Actividad agrícola

La actividad agrícola de la Cuenca, es baja al compararse con la actividad ganadera, el área utilizada para la agricultura es aproximadamente la cuarta parte del área utilizada para la ganadería. El principal cultivo es el de la papa, que aproximadamente es el 49% de la producción frente al 51% de otros cultivos como la arveja, el frijol, maíz, trigo, cebada, zanahoria, entre otros. En general la actividad agrícola tiene una baja participación en la economía de la cuenca, comparada con la producción de leche (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

#### 2.7.3.3 Actividad minera

Aproximadamente existen 241 minas en los municipios de la cuenca, de las cuales el 98% son de carbón y el 2% de recebo. El 84% de la minas se encuentran activas, 9% inactivas y 7% abandonadas.

La mayor cantidad de minas se localizan en el municipio de Cucunubá, cerca del 45% del total de las minas en la cuenca, y, 40% de las minas de carbón activas el área. Le sigue el municipio de Lenguaque con el 20%, Guachetá y Sutatausa con el 16% y Tausa con el 12% del total.

El 100% de las minas se explotan utilizando la metodología del sistema subterráneo. De forma manual, en el sistema de arranque y en el de transporte del material, se utilizan maquinas adaptadas, de antigua generación, obsoletas, con dominio de pequeñas o microempresas mineras (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

### 3 HIDROLOGÍA

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS SUBCUENCAS

La cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene se divide en 5 subcuencas. El sistema está compuesto por el río Ubaté, donde los principales afluentes son los ríos Suta y Lenguaque, que desemboca en la laguna de Fúquene, La laguna de Cucunubá se conecta con el río Lenguaque por medio de un canal.

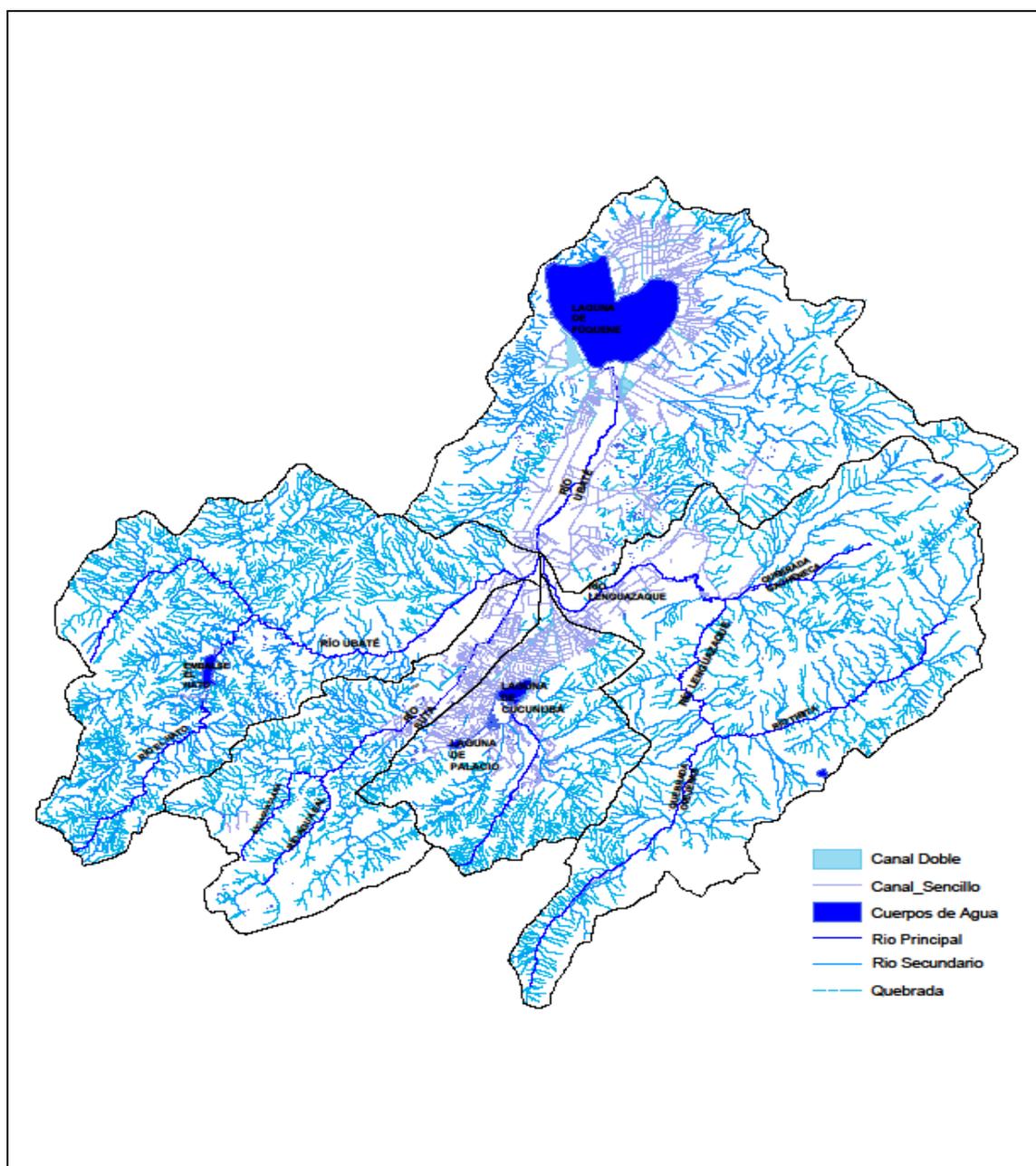


Figura 14. Hidrografía cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.1.1 Cuenca río Alto Ubaté

La cuenca del río Alto Ubaté tiene un área de 223,15 km<sup>2</sup> dentro de la cuenca se encuentran localizados los municipios de Carmen de Carupa (26%, incluida la cabecera municipal) y Ubaté (72%, incluida la cabecera municipal).

El río principal es el río Ubaté, en cuya cabecera se encuentra el nacimiento del Río Hato, a la altura del Páramo de Salinas, el cual es represado conformando el Embalse del Hato, cuya descarga drena hacia la parte media de la cuenca, en su recorrido recibe las aguas del río La Playa, punto desde el cual se continúa con el nombre de río Ubaté.

EL río Ubaté, tiene una longitud total de 37,45km y una pendiente media de 3,07%. Los principales tributarios son la Quebrada Suchinica, Río El Hato, Río La Playa y la Quebrada Alisal (Tabla 22). La altitud máxima del río Ubaté son 3650 m.s.n.m y la menor 2500m m.s.n.m., desemboca en la laguna de Fúquene.

El Embalse el Hato el cual tiene una extensión de 80ha y una capacidad de 14Mm<sup>3</sup> y sirve para abastecer los acueductos de las cabeceras municipales de Carmen de Carupa y Ubaté (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Tabla 22. Hidrografía Subcuenca Río Alto Ubaté

NOMBRE DE LA CUENCA	TERCER ORDEN	CUARTO ORDEN	QUINTO ORDEN
Río Alto Ubaté	Río Ubaté	Río Hato (tributario)	Q. de los Hoyos
			Q. Suasuque
			Q. El Juncal
		Río La Playa (tributario)	Q. El Mortino
			Q. Chimbita
			Q. Canuelal
			Q. La Pinuela
			Q. Los Medios
			Q. El Raque
		Q. Chusca	
		Q. Vetamarilla	
		Q. Chintoque	
Q. Suaga	Q. San Rafael		

NOMBRE DE LA CUENCA	TERCER ORDEN	CUARTO ORDEN	QUINTO ORDEN	
		Q. Lajas		
		Q. El Cantero		
		Q. Chacón		
	Q. Alisal			Q. Bocatoma
				Q. El Rincón
				Q. Hatico o Eneas
				Q. El Pantano
				Q. Chegua
				Q. Charquira
				Q. San Ignacio
				Q. Caseteja
				Q. Carrizal
				Q. Honda
	Q. Suchinica			

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

El 38% de la superficie de la cuenca presenta una superficie plana (0 – 3%), el 30% tiene una pendiente fuertemente ondulada (12 – 25%), y el 15% de la superficie tiene una pendiente fuertemente quebrada. La formación vegetal de bosque nativo ha desaparecido en la mayor parte de la región, lo cual deja los suelos descubiertos generando problemas de erosión, aproximadamente el 80% del área de la cuenca presenta algún tipo de erosión generando un aumento de escorrentía, disminución de la infiltración provocando inundaciones en las planicies. Otra problemática que afecta al recurso hídrico e indirectamente a la población es la destrucción de los páramos.

En la Tabla 23 se puede observar el uso actual de los suelos en la cuenca, aproximadamente el 70% del suelo se utiliza para agricultura y ganadería, y solo un 10% presenta una cobertura de Bosque.

Tabla 23. Usos del suelo Cuenca Río Alto Ubaté

DESCRIPCION	Área ha	%
Bosque	858,08	3,85
Bosque plantado - Terrenos degradados	845,55	3,79
Bosque plantado - Pajonal herbazal	420,46	1,88
Cultivos - Pajonal herbazal	3576,35	16,03
Cuerpos de Agua	65,94	0,3
Matorral Abierto	1018,92	4,57
Pastizal Herbazal	4709,2	21,1
Pastos manejados	2255,87	10,11
Pastos Naturales - Cultivos	7798,61	34,95
Pastos naturales - Matorral abierto	637,84	2,86
Zonas urbanas - Construidas	128,63	0,58

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.1.2 Cuenca río Suta

La cuenca del Río Suta tiene un área de 113,14 Km<sup>2</sup>, dentro de la cuenca se encuentran localizadas las cabeceras de Tausa y Sutatausa y algunas veredas de Cucunubá y Ubaté.

El río Suta es el principal río de la cuenca y se forma por la confluencia los ríos Agua Sal y Agua Clara. Tiene una longitud de 26,07km y una pendiente media de 2,3%. La altitud máxima del río Suta es 3050 m.s.n.m y la menor 2500m m.s.n.m., desemboca en el río Ubaté. Sus principales afluentes son el río Chirtoque, la quebrada Negra y Campíos (Tabla 24).

Tabla 24. Hidrografía Subcuenca Río Suta

NOMBRE DE LA CUENCA	TERCER ORDEN	CUARTO ORDEN	QUINTO ORDEN
Río Suta	Río Suta	Río Agua Clara (tributario)	Q. Dorotea
			Q. Honda
		Río Agua Sal (tributario)	Q. Pajarito
			Q. Chaparra Orquiro
			Q. El Cajón
			Q. Minas
			Q. El Volcán
			Q. El Chorrillo
			Q. Negra
	Q. Campíos		

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

El 45% de la superficie de la cuenca presenta una superficie plana (0 – 3%), el 27% tiene una pendiente fuertemente ondulada (12 – 25%), y el 14% de la superficie tiene una pendiente fuertemente quebrada. La formación vegetal de bosque nativo ha desaparecido en la mayor parte de la región, lo cual deja los suelos descubiertos generando problemas de erosión, aproximadamente el 80% del área de la cuenca presenta algún tipo de erosión generando un aumento de escorrentía, disminución de la infiltración provocando inundaciones en las planicies.

En la siguiente tabla se muestra el uso actual de los suelos en la cuenca, el 21% del suelo presentan bosques, y el resto se utiliza para ganadería y cultivos (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Tabla 25. Usos del suelo Cuenca Río Suta

DESCRIPCION	Área ha	%
Bosque	437,84	3,87
Bosque plantado - Terrenos degradados	1883,11	16,64
Cultivos - Pajonal Herbazal	1357,32	12
Matorral Abierto	1317,55	11,65
Pastizal Herbazal	1692,2	14,96
Pastos manejados	2061,61	18,22
Pastos Naturales - Cultivos	1329,76	11,75
Pastos naturales - Matorral abierto	1199,36	10,6
Zonas urbanas - Construidas	35,43	0,31

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.1.3 Cuenca Laguna de Cucunubá

La cuenca de la laguna de Cucunubá tiene un área de 98,73 Km<sup>2</sup>, dentro de esta, se encuentra la cabecera municipal de Cucunubá, y algunas veredas de los municipios de Sutatausa, Ubaté y Lenguazaque.

Dentro de la cuenca se encuentra la Laguna de Cucunubá con un área de 98,79ha y la laguna Palacio de 17ha, la laguna de Cucunubá tiene un canal de desagüe que llega al río Lenguazaque y de esta forma se conecta al sistema de los río Ubaté – Suárez.

Diferentes quebradas son afluentes de la laguna de Cucunubá como son: Q. de Cucunubá, Q. de Palacio, Q. Grande, Q. Carrizal, Q Zanja Grande, Q. El chorro, Q Chuncesita y Q. La Toma. La Q. Palacio es afluente de la Laguna Palacio (Tabla 26).

Tabla 26. Hidrografía Subcuenca Laguna de Cucunubá

NOMBRE DE LA CUENCA	TERCER ORDEN	CUARTO ORDEN
Laguna de Cucunubá	Laguna de Cucunubá	Desagüe de la Media Luna
		Q. Cucunubá
		Laguna Palacio
		Q. de Palacio
		Q. Grande
		Q. Carrizal
		Q. Zanja Grande
		Q. Espartuhal
		Q. El Chorro
		Q. Chuncesita
Q. La Toma		

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

El 52% de la superficie de la cuenca presenta una superficie plana (0 – 3%), el 22% tiene una pendiente fuertemente ondulada (12 – 25%), y el 18% de la superficie tiene una pendiente fuertemente quebrada. Aproximadamente el 75% del área de la cuenca presenta algún tipo de erosión generando un aumento de escorrentía, disminución de la infiltración provocando inundaciones en las planicies.

Los usos del suelo se muestran en la siguiente tabla, un poco más del 50% tiene una cobertura vegetal de bosques ya sea primario, secundario o plantado, el otro 50% son pastos utilizados para ganadería y cultivos (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Tabla 27. Usos del Suelo Laguna de Cucunubá

DESCRIPCION	Área ha	%
Bosque	4351,95	44,08
Bosque plantado - Terrenos degradados	768,6	7,78
Cultivos	742,36	7,52
Cuerpos de Agua	129,34	1,31
Matorral Abierto	347,56	3,52
Pastizal Herbazal	81,24	0,82
Pastos manejados	2072,12	20,99
Pastos Naturales	726,35	7,36
Pastos Naturales - Cultivos	237,65	2,41
Pastos naturales - Matorral abierto	399,3	4,04
Zonas urbanas - Construidas	16,83	0,17

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.1.4 Cuenca Río Lenguazaque

La cuenca del Río Lenguazaque tiene un área de 288,62 Km<sup>2</sup>, está formada por los municipios de Cucunubá, Guachetá, Lenguazaque (Cabecera municipal), Suesca y Ubaté.

El río Lenguazaque nace en la confluencia de la Quebrada Ovejeras y El Río Tibita, el río transcurre por los municipios de Lenguazaque y Guachetá, para luego tributar al igual que el Río Suta en el Río Ubaté conformando un solo cauce que tributa sus aguas a la Laguna de Fúquene.

Tiene una longitud de 43,51km y una pendiente de 1,38%, los principales afluentes son la quebrada Arenosa, Quebrada Las Lajas, y la Quebrada Gachaneca. La altitud máxima del río es 3100 m.s.n.m. y la menor 2500 m.s.n.m (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Tabla 28. Hidrografía Subcuenca Río Lenguazaque

NOMBRE DE LA CUENCA	TERCER ORDEN	CUARTO ORDEN	QUINTO ORDEN
Río Lenguazaque	Río Lenguazaque	Río (tributario) Tibita	Q. Nemoconcito
			Q. El Arroyan
			Q. Jotoque
			Q. La Manga
			Q. Retamo
			Q. Pantanito
			Q. Farasia
			Q. Agua Fría
			Q. Amarilla
			Q. Carbonera
		Q. La sierra	
		Río Albarracin	
		Q. Alisol	
		Q. (tributario) Ovejeras	Q. El Caliche
			Q. Blanca
			Q. La Charrera
		Q. Buita	Q. Arenosa
			Q. Las Lajas
		Q. Gachaneca	Q. Balconcitos
			Q. del Chital
Q. de Mojica			
	Q. Boqueron Chiquito		

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

El 38% de la superficie de la cuenca presenta una superficie plana (0 – 3%), el 25% tiene una pendiente fuertemente ondulada (12 – 25%), y el 10% de la superficie tiene una pendiente fuertemente quebrada. Aproximadamente el 90% del área de la cuenca presenta algún tipo de erosión generando un aumento de escorrentía, disminución de la infiltración provocando inundaciones en las planicies. Otra problemática que afecta al recurso hídrico e indirectamente a la población es la destrucción de los páramos.

Aproximadamente el 30% de los suelos está cubierto por bosques, el 70% restante se reparte entre pastos para ganadería y cultivos. Se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 29. Usos del suelo Cuenca Río Lenguazaque

DESCRIPCION	Área ha	%
Bosque	7933,74	27,49
Cultivos – Pajonal herbazal	1216,75	4,22
Matorral Abierto	738,46	2,56
Pastizal Herbazal	5696,18	19,73
Pastos manejados	7719,33	26,74
Pastos Naturales	693,23	2,4
Pastos Naturales - Cultivos	4842,46	16,78
Zonas urbanas - Construidas	21,69	0,08

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.1.5 Cuenca río Bajo Ubaté – Fúquene

La cuenca del Río Ubaté Bajo – Fúquene la cuenca tiene un área de 268,02 km<sup>2</sup>, y tiene el cuerpo lagunar más grande de la cuenca de estudios, la laguna de Fúquene, esta dreña sus aguas por los Municipios de Fúquene, Guachetá, San Miguel de Sema y Ráquira, sirviendo de fuente de abastecimiento y vertimiento para muchos municipios de ellos (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

El río Ubaté es el principal tributario de la laguna de Fúquene, el río tiene una longitud de 21,43km en esta cuenca, y anteriormente los ríos Suta y Lenguazaque han desembocado en él. Todos los afluentes de la laguna de Fúquene se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 30. Hidrografía Subcuenca Río Bajo Ubaté - Fúquene

NOMBRE DE LA CUENCA	TERCER ORDEN	CUARTO ORDEN	QUINTO ORDEN
Río Ubaté	Bajo Laguna de Fúquene	Río Ubaté (tributario)	Río Suta
			Río Lenguazaque
		Río Fúquene (tributario)	Q. del Molino
			Q. Las Galianas
			Q. Tagua
			Q. Monroy
			Q. Miña
			Q. Tolima
			Q. Honda
			Q. La Nutria
		Q. Carrisal	

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

El 55% de la superficie de la cuenca presenta una superficie plana (0 – 3%), el 20% tiene una pendiente fuertemente ondulada (12 – 25%), y el 7% de la superficie tiene una pendiente fuertemente quebrada, aproximadamente el 60% del área de la cuenca presenta algún tipo de erosión.

Respecto a los usos del suelo, menos de un 10% tiene cobertura vegetal de bosques, el 10% cuerpos de agua y el 80% restante se reparte entre pastos para ganadería y cultivos (Tabla 31)

**Tabla 31. Usos del suelo Cuenca Río Bajo Ubaté - Laguna Fúquene**

DESCRIPCION	Área ha	%
Bosque	2365,7	8,83
Cultivos - Pajonal herbazal	851,61	3,18
Cuerpos de Agua	2793,96	10,42
Matorral Abierto	7092,26	26,46
Pastizal Herbazal	1944,25	7,25
Pastos manejados	5107,43	19,06
Pastos manejados - Plantaciones densas	1926,24	7,19
Pastos naturales	1006,37	3,75
Pastos Naturales - Cultivos	3642,31	13,59
Zonas urbanas - Construidas	71,41	0,27

**Fuente:** (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). **Modificado por Autora**

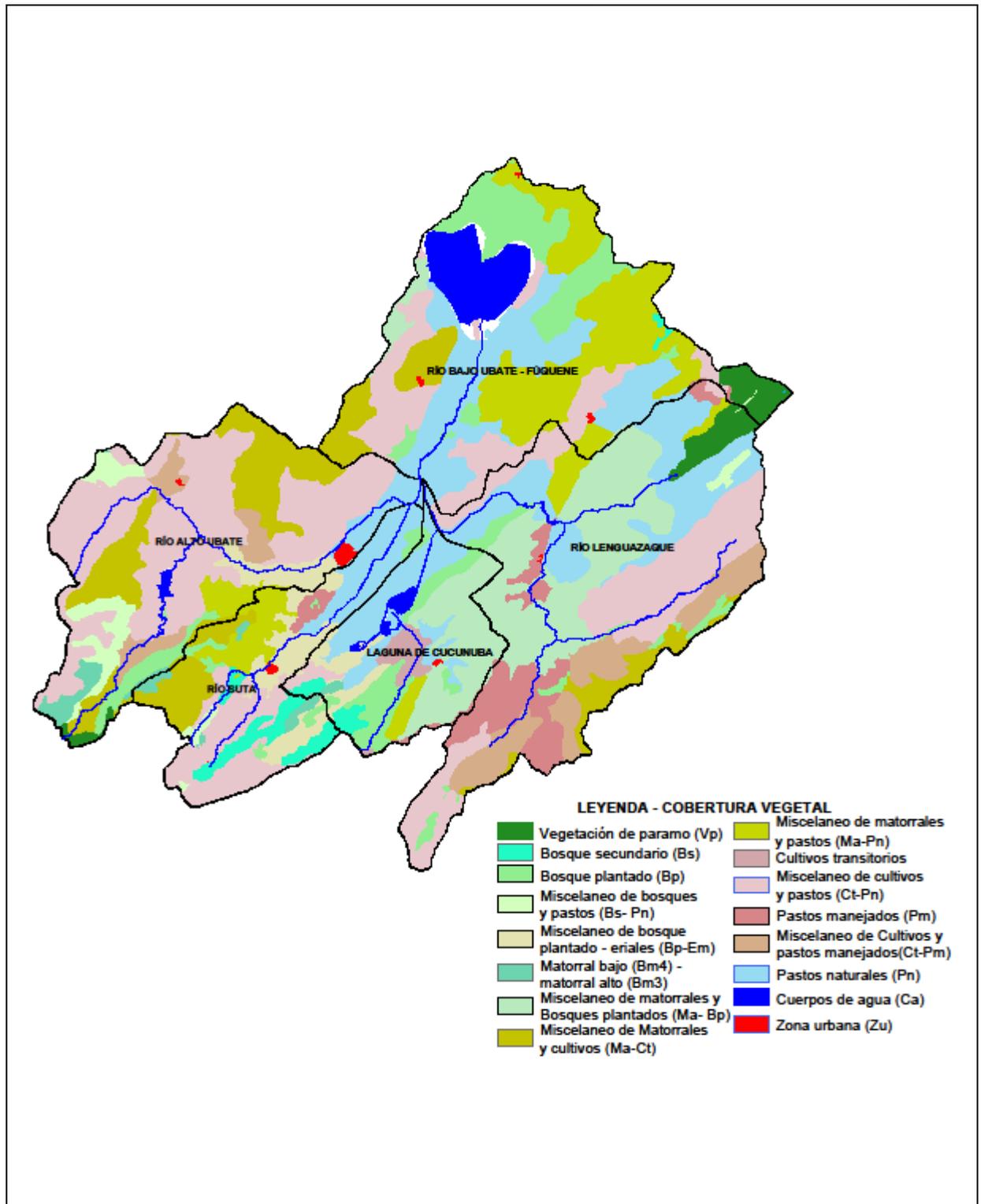


Figura 15. Usos del suelo de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA

Las características físicas de una cuenca influyen directamente en el comportamiento hidrológico de dicha cuenca, en el tiempo de respuesta de la cuenca.

#### 3.2.1 Parámetros de Forma

La forma de la cuenca determina como es el hidrograma de descarga de una determinada corriente, en especial en los eventos de avenidas máximas. También condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente.

El área de la cuenca de los ríos Ubaté y Suárez es de  $A = 991,65 \text{ km}^2$ , tiene un perímetro de  $182,54 \text{ km}$ .

##### 3.2.1.1 Coeficiente de compacidad

El parámetro de forma que se calculó fue el coeficiente de compacidad: H. Gravelius, la definió como el cociente adimensional entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de un círculo con la misma área (A) que la cuenca, mediante la siguiente ecuación se determina el coeficiente de compacidad:

$$K_C = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} = \frac{182,54 \text{ km}}{\sqrt{991,65 \text{ km}^2}} = 1,62$$

Y se establece la siguiente relación:

Cc	Forma
1 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.5	Ovalada
1.5 – 1.75	Oblonga

El índice siempre será mayor o igual a la unidad, donde la unidad es exactamente un círculo, El grado de aproximación de este índice a la unidad indica la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua. La cuenca Río Ubaté – Laguna de Fúquene tiene una forma oblonga.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de forma para cada subcuenca:

Tabla 32. Parámetros de forma de las subcuencas

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Perímetro (Km)	Coficiente de Gravelius
Ubaté – Suárez	991,65	100,00	182,54	1,62
Río Alto Ubaté	223,15	11,30	78,54	1,47
Río Suta	113,14	5,73	64,51	1,70
Laguna de Cucunubá	98,73	5,00	48,12	1,36
Río Lenguazaque	288,62	14,62	102,97	1,70
Río Bajo Ubaté – Fúquene	268,01	13,57	91,16	1,56

Fuente: Autora

### 3.2.2 Parámetros de Relieve

El relieve influye sobre la respuesta hidrológica de una cuenca debido a que mayores pendientes, las corrientes de agua tienen más velocidad y menor es el tiempo de concentración de la cuenca.

#### 3.2.2.1 Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica sugerida por Langbein et al. (1947), proporciona información sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura.

La cuenca Ubaté - Fúquene tiene una relación hipsométrica cóncava con pendiente casi uniforme en la parte baja lo que indica que es una cuenca de baja erodabilidad y con tendencia a la sedimentación debido a flujos lentos en la parte baja del cauce.

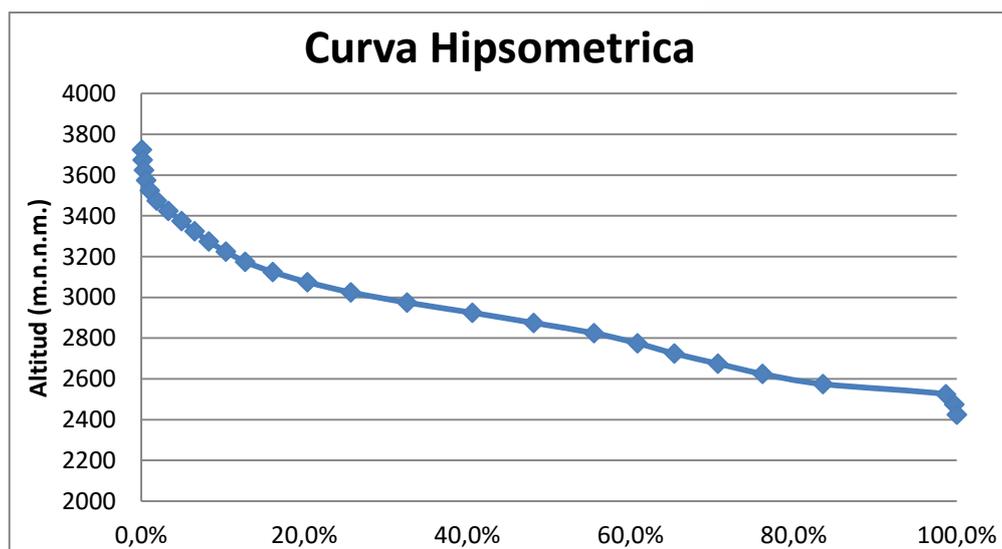


Figura 16. Curva Hipsométrica Cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

### 3.2.2.2 Altura media

La altura media es importante en zonas montañosas, donde influye en la escorrentía. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente fórmula:

$$h_{media} = \frac{\sum \text{Área} \times h_{media}}{\sum \text{Área}} = \frac{2.823.418,76}{991,66} = 2847,16 \text{ m. s. n. m}$$

Tabla 33. Altura media de la cuenca de estudio

Cotas m.s.n.m		Área km <sup>2</sup>	Altura media (m.s.n.m.)	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	A * h <sub>media</sub>
Menor	Mayor					
2.400,00	2.450,00	3,18	2425	0,32%	0,32%	7705,20
2.450,00	2.500,00	10,18	2475	1,03%	1,35%	25205,15
2.500,00	2.550,00	149,50	2525	15,08%	16,42%	377492,98
2.550,00	2.600,00	73,47	2575	7,41%	23,83%	189191,17
2.600,00	2.650,00	54,17	2625	5,46%	29,30%	142208,59
2.650,00	2.700,00	53,00	2675	5,34%	34,64%	141769,38
2.700,00	2.750,00	44,84	2725	4,52%	39,16%	122185,46
2.750,00	2.800,00	52,90	2775	5,33%	44,50%	146801,66
2.800,00	2.850,00	73,31	2825	7,39%	51,89%	207105,55
2.850,00	2.900,00	74,55	2875	7,52%	59,41%	214337,29
2.900,00	2.950,00	79,36	2925	8,00%	67,41%	232136,19
2.950,00	3.000,00	68,37	2975	6,89%	74,30%	203403,13
3.000,00	3.050,00	52,80	3025	5,32%	79,63%	159734,52
3.050,00	3.100,00	42,12	3075	4,25%	83,88%	129528,53
3.100,00	3.150,00	33,57	3125	3,38%	87,26%	104895,00

Cotas m.s.n.m		Área km <sup>2</sup>	Altura media (m.s.n.m.)	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	A * h <sub>media</sub>
Menor	Mayor					
3.150,00	3.200,00	23,43	3175	2,36%	89,62%	74392,47
3.200,00	3.250,00	20,79	3225	2,10%	91,72%	67056,78
3.250,00	3.300,00	17,14	3275	1,73%	93,45%	56149,55
3.300,00	3.350,00	15,92	3325	1,61%	95,06%	52932,01
3.350,00	3.400,00	16,10	3375	1,62%	96,68%	54335,48
3.400,00	3.450,00	14,10	3425	1,42%	98,10%	48276,40
3.450,00	3.500,00	8,43	3475	0,85%	98,95%	29277,57
3.500,00	3.550,00	4,45	3525	0,45%	99,40%	15677,79
3.550,00	3.600,00	2,63	3575	0,26%	99,66%	9390,81
3.600,00	3.650,00	1,59	3625	0,16%	99,82%	5751,79
3.650,00	3.700,00	0,94	3675	0,10%	99,92%	3464,42
3.700,00	3.750,00	0,81	3725	0,08%	100,00%	3013,90
		991,66				2823418,76

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.2.2.3 Pendiente media

La pendiente media se calcula ponderando la pendiente hallada para cada franja en función de su área y se determina a través de la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{LD}{A}$$

Donde,

S<sub>m</sub> = Pendiente media de la cuenca

D = Diferencia entre curvas de nivel

L = Longitud total de las curvas de nivel

A = Área de la cuenca

Tabla 34. Pendiente media de la cuenca de estudio

RANGO Pendiente	Pendiente media	AREA Km <sup>2</sup>	A*Pm
0-3%	1,50%	444,62	6,67
3-7%	5,00%	35,44	1,77
7-12%	9,50%	142,59	13,54
12-25%	18,50%	247,45	45,78
25-50%	37,50%	115,45	43,29
>50%	75,00%	6,09	4,57
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>991,65</b>	

Fuente: Autora

La pendiente media de la cuenca es 12,5%.

### 3.2.3 Parámetros relativos a la red de drenaje

La red de drenaje está compuesta por el cauce principal y sus tributarios.

#### 3.2.3.1 Densidad de drenaje

Horton definió la densidad del drenaje como la longitud total de drenaje presente dentro de la zona de drenaje y la superficie de la misma. Según la clasificación, la cuenca de estudio es una cuenca bien drenada.

$$D_d = \frac{L_t}{A} = \frac{3351,71 \text{ km}}{991,65 \text{ km}^2} = 3,38 \text{ km/km}^2$$

Mayor de 6	Extraordinariamente drenada
5.9 – 3.5	Muy bien drenada
3.4 – 2.5	Bien drenada
2.4 – 1.5	Medianamente drenada
Menor de 1.5	Pobrementemente drenada

#### 3.2.3.2 Pendiente media del Cauce

Se calcula como la pendiente equivalente de una de la hipotenusa de un triángulo con la misma área inscrita por debajo de la curva del perfil longitudinal del cauce.

$$\frac{H_{Mayor} - H_{Menor}}{L_{Cauce}} = \frac{3650 - 2400}{58,88} = 2,12\%$$

### 3.2.4 Características morfométricas de las subcuencas

En la tabla N. 35 se muestran las características generales, de forma, relieve y relativas a la red de drenaje de la cuenca de estudio y las subcuencas que la integran.

Tabla 35. Características generales, de forma y de relieve de la cuenca de estudio

CUENCA	CARACTERÍSTICAS GENERALES			CARACTERÍSTICAS FORMA	CARACTERÍSTICAS RELIEVE	
	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Perímetro (Km)	Coefficiente de Gravelius	Pendiente media de la cuenca (%)	Altura media
Ubaté - Fúquene	991,65	100,00	182,54	1,62	12,50	2847,16
Río Alto Ubaté	223,15	22,50	78,54	1,47	13,85	3026,50
Río Suta	113,14	11,41	64,51	1,70	12,56	2853,49
Laguna de Cucunubá	98,73	9,96	48,12	1,36	12,93	2700,49
Río Lenguazaque	288,62	29,11	102,97	1,70	11,67	2901,07
Río Bajo Ubaté - Fúquene	268,01	27,03	91,16	1,56	8,98	2691,73

Fuente: Autora

Tabla 36. Características de la red de drenaje de la cuenca de estudio

CUENCA	CARACTERÍSTICAS RED DE DRENAJE					
	Longitud total de drenaje (Km)	Longitud drenaje principal (Km)	Densidad de drenaje	Altura del Cauce (m)		Pendiente media Cauce (%)
				máx.	mín.	
Ubaté - Fúquene	3351,71	58,88	3,38	3650	2400	2,12%
Río Alto Ubaté	918,76	37,45	4,12	3650	2500	3,07%
Río Suta	385,77	26,07	3,41	3050	2500	2,30%
Laguna de Cucunubá	455,99	19,72	4,62	3000	2500	2,54%
Río Lenguazaque	778,34	43,51	2,70	3100	2500	1,38%
Río Bajo Ubaté - Fúquene	812,85	21,43	3,03	2500	2400	0,47%

Fuente: Autora

### 3.3 CAUDALES MÁXIMOS MENSUALES

Teniendo en cuenta los datos de caudales máximos reportados por las estaciones hidrometeorológicas en la cuenca de estudio, se presenta el análisis de frecuencias para determinar la probabilidad de ocurrencia de los caudales máximos en un período de retorno dado, de acuerdo a la distribución de frecuencia Gumbel. En la tabla N. 37 se observa para cada río el caudal para un tiempo de retorno definido.

Tabla 37. Caudales máximos mensuales de acuerdo a la distribución de Gumbel

Tiempo de Retorno	Río Carupa (m <sup>3</sup> /s)	Río El Hato (m <sup>3</sup> /s)	Río Lenguazaque (m <sup>3</sup> /s)	Río Suta (m <sup>3</sup> /s)	Río Ubaté (m <sup>3</sup> /s)	Quebrada Miña (Fúquene) (m <sup>3</sup> /s)
5	18,320	7,495	46,262	38,163	57,374	50,464
10	25,183	9,354	60,425	50,932	74,257	86,475
25	33,855	11,704	78,320	67,064	95,588	131,974
50	40,288	13,447	91,595	79,033	111,413	165,728
100	46,674	15,177	104,773	90,913	127,121	199,233

Fuente: Autora

### 3.4 EROSIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

En Colombia la erosión y degradación de suelos son problemas que van en aumento debido a que los agricultores hacen un uso exhaustivo de los suelos, por la falta de tecnología adecuada para el manejo de los suelos.

Los tipos de erosión son la geológica, que es el proceso normal de desgaste de los suelos por efectos de la acción de agentes intempéricos como el agua, el aire, la gravedad, los retrocesos glaciares o la combinación entre ellos, causando desequilibrio a largo plazo, pero formando suelos para las actividades de desarrollo de vida animal incluido el hombre y la vida vegetal; y, la erosión acelerada que corresponde a la explotación de la tierra cambiando la vegetación natural y la preparación de los suelos para la siembra de diferentes cultivos, también para el establecimiento de ciudades o vías de integración. En la pérdida del suelo actúan principalmente, el agua (erosión hídrica) por el proceso de escorrentía, y el viento que se denomina eólica.

La erosión eólica ocurre en regiones con estaciones secas prolongadas donde los materiales pierden cohesión y la cobertura vegetal es nula o muy escasa, por lo cual el viento alcanza la velocidad de arrastre de las diversas partículas.

La erosión hídrica proviene del agua que no se infiltra en el suelo y corre por la superficie de este, existen varios tipos que a continuación se muestran:

Tabla 38. Tipos de erosión hídrica

Tipo de erosión hídrica	Características
Saltación pluvial	El golpe de las gotas de lluvia contra el suelo, arrancan las partículas del suelo, descomponiendo la estructura del suelo, produciendo taponamiento en los poros de la superficie del suelo y el posterior encostramiento que reduce la infiltración en los siguientes aguaceros, el arrastre de estas partículas aumenta con la pendiente.
Erosión laminar	El encostramiento del terreno hace que los hilos de gua se multipliquen y formen una película discontinua que remueve el material superficial en pequeñas láminas.
Erosión en surcos	Las áreas que tienen moderada pendiente, permiten la acumulación de agua de escorrentía en las pequeñas depresiones o hendiduras, en las cuales adquiere mayor potencial formando surcos o canales que tienden a unirse y a profundizar su cauce.
Erosión en cárcavas	Se presenta en terrenos con mayores pendientes, si los surcos no se destruyen, debido a la mayor concentración de las aguas de escorrentía, se forman las cárcavas.

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006)

Los factores que más favorecen la erosión hídrica son las lluvias (frecuencia e intensidad), el suelo, la pendiente (el grado y la longitud), el tipo de vegetación y el uso de los suelos. La erosión en grandes zonas ocasiona daños indirectos que se manifiestan en desequilibrios hidrológicos y ecológicos, en problemas de sedimentación y daños en las vías, en los acueductos, en las hidroeléctricas y en las Viviendas.

Todos los daños directos e indirectos, significan grandes pérdidas económicas para el agricultor, la comunidad y el país y, en ocasiones, la pérdida irreparable de vidas humanas y la inutilidad de grandes áreas del país. En la siguiente tabla se muestra el área que presenta erosión en cada subcuenca según un estudio realizado anteriormente en la cuenca Río Ubaté – Laguna de Fúquene (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Se puede observar que la mayoría del área de la cuenca presenta algún tipo de erosión, solo el 21% del total de la cuenca no presenta erosión. En la gráfica se puede observar la distribución de los tipos de erosión en la cuenca.

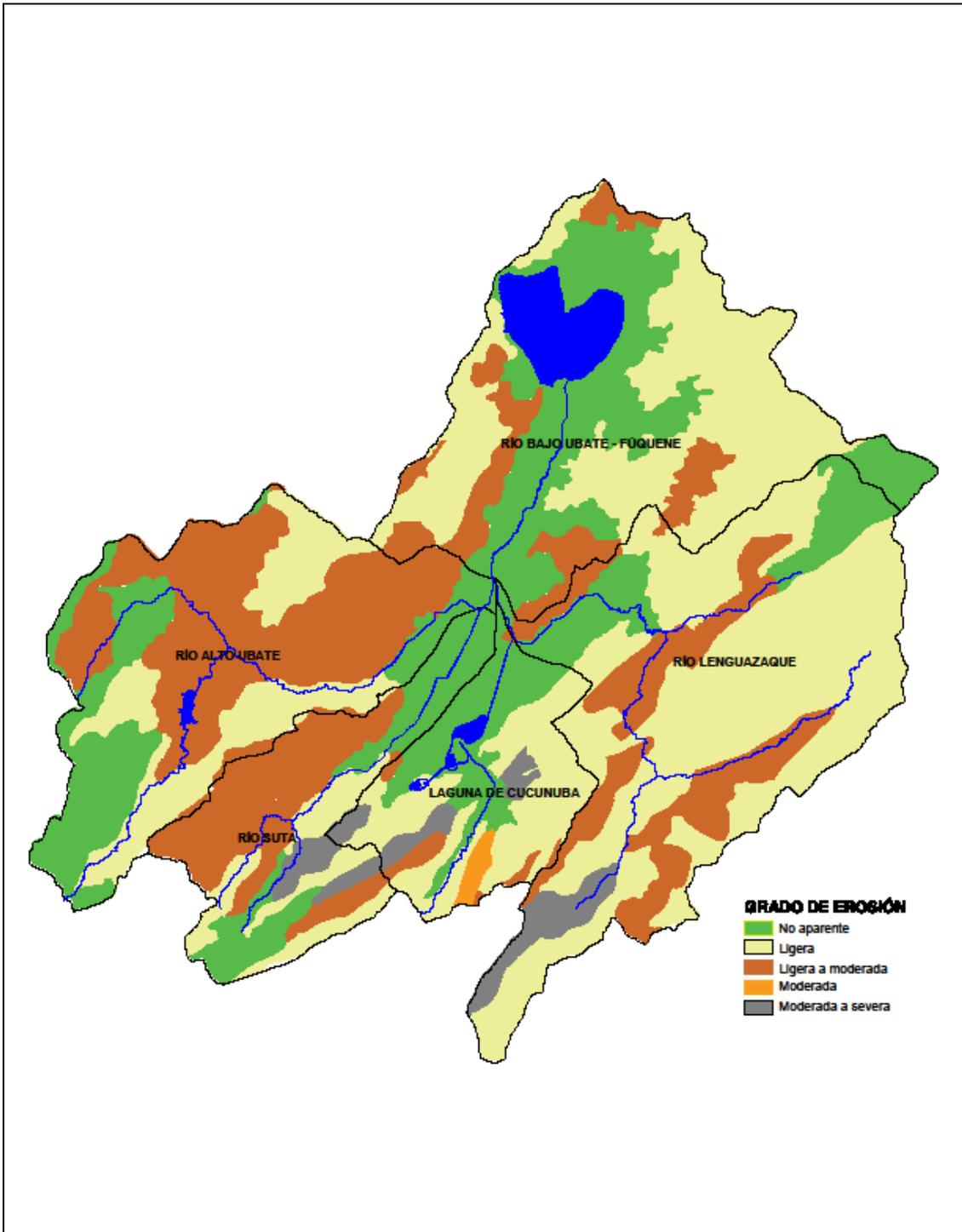


Figura 17. Grado de Erosión en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

Tabla 39. Erosión en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

CUENCA	EROSIÓN LIGERA		EROSIÓN MODERADA		EROSIÓN SEVERA		EROSIÓN MUY SEVERA		SIN EROSIÓN		ZONA URBANA		CUERPO DE AGUA		TOTAL
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Río Alto Ubaté	79,82	35,77	50,86	22,79	42,78	19,17	0,00	0,00	47,24	21,17	1,50	0,67	0,95	0,43	223,15
Río Suta	24,08	21,28	38,98	34,45	29,96	26,48	0,00	0,00	19,58	17,31	0,42	0,37	0,13	0,11	113,14
Laguna de Cucunubá	30,96	31,36	37,89	38,38	3,87	3,92	0,00	0,00	24,72	25,04	0,13	0,13	1,16	1,17	98,73
Río Lenguazaque	143,76	49,81	87,60	30,35	28,72	9,95	0,00	0,00	28,14	9,75	0,23	0,08	0,16	0,06	288,62
Río Bajo Ubaté - Fúquene	62,37	23,27	59,02	22,02	30,79	11,49	0,00	0,00	84,80	31,64	0,88	0,33	30,15	11,25	268,01
Ubaté - Fúquene	340,99	34,39%	274,34	27,66%	136,12	13,73%	0,00	0,00%	204,49	20,62%	3,16	0,32%	32,55	3,28%	991,65

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

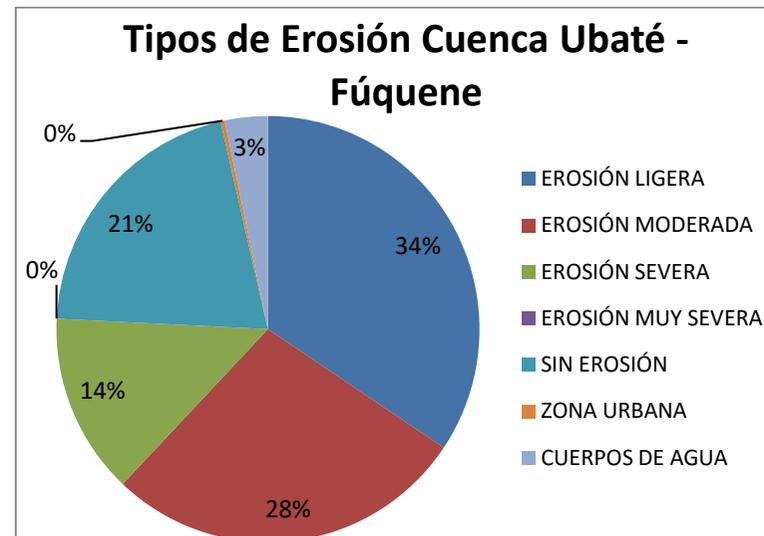


Figura 18. Tipo de erosión en la cuenca de estudio  
Fuente: Autora

### 3.5 ÁREAS DE INUNDACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

En la cuenca de estudio las inundaciones son generadas por las siguientes causas: Encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, desbordamiento de corrientes naturales, desbordamiento de lagunas, obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles como puentes, espolones, diques, y obras de encauzamiento, y sedimentación.

La laguna de Fúquene, desde el siglo XIX ha sido desecada para la utilización de los suelos en actividades agropecuarias, razón por la cual pasó de ser una laguna de 30.000 hectáreas hace 400 años, a ser de tan solo 2.800 hectáreas, reduciéndose aproximadamente el 90% de su área. El problema se presenta en la temporada lluviosa cuando aumenta el nivel de las aguas y empieza a inundar las zonas que anteriormente le pertenecían a la laguna (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

Se ha categorizado el tipo de amenaza por eventos de inundación en la cuenca como se muestra en la siguiente tabla, esto se puede observar en el mapa de zonas de inundación (Figura N.19)

**Tabla 40. Tipos de amenaza presente en la cuenca por inundación**

AMENAZA	DESCRIPCIÓN
BAJA	Áreas situadas por encima de la cota 2548.3, que corresponde a la cota media histórica reportada para la Laguna de Fúquene. Son áreas donde es poco probable la ocurrencia de un evento de inundación, pero por las condiciones morfológicas podrían ser ocupadas en un evento de invierno extremo.
MEDIA	Zonas localizadas entre la cota 2540.5 y la cota 2548.3, que corresponde a los niveles máximos de los últimos 30 años y medios históricos ocupados por la Laguna.
ALTA	Zonas de inundación natural del embalse, ubicadas entre la cota 2539.5 y 2540.5 que corresponde a la ronda técnica delimitada en 2004 y los niveles máximos reportados en los últimos 30 años
MUY ALTA	Corresponde a las áreas de ronda de la laguna, en las que se han realizado procesos de desecación de los bordes del cuerpo hídrico. Se desarrolla entre el nivel medio y la ronda técnica delimitada por INCODER en 2004. Aproximadamente cotas 2538.8 a 2539.5

**Fuente:** (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006).

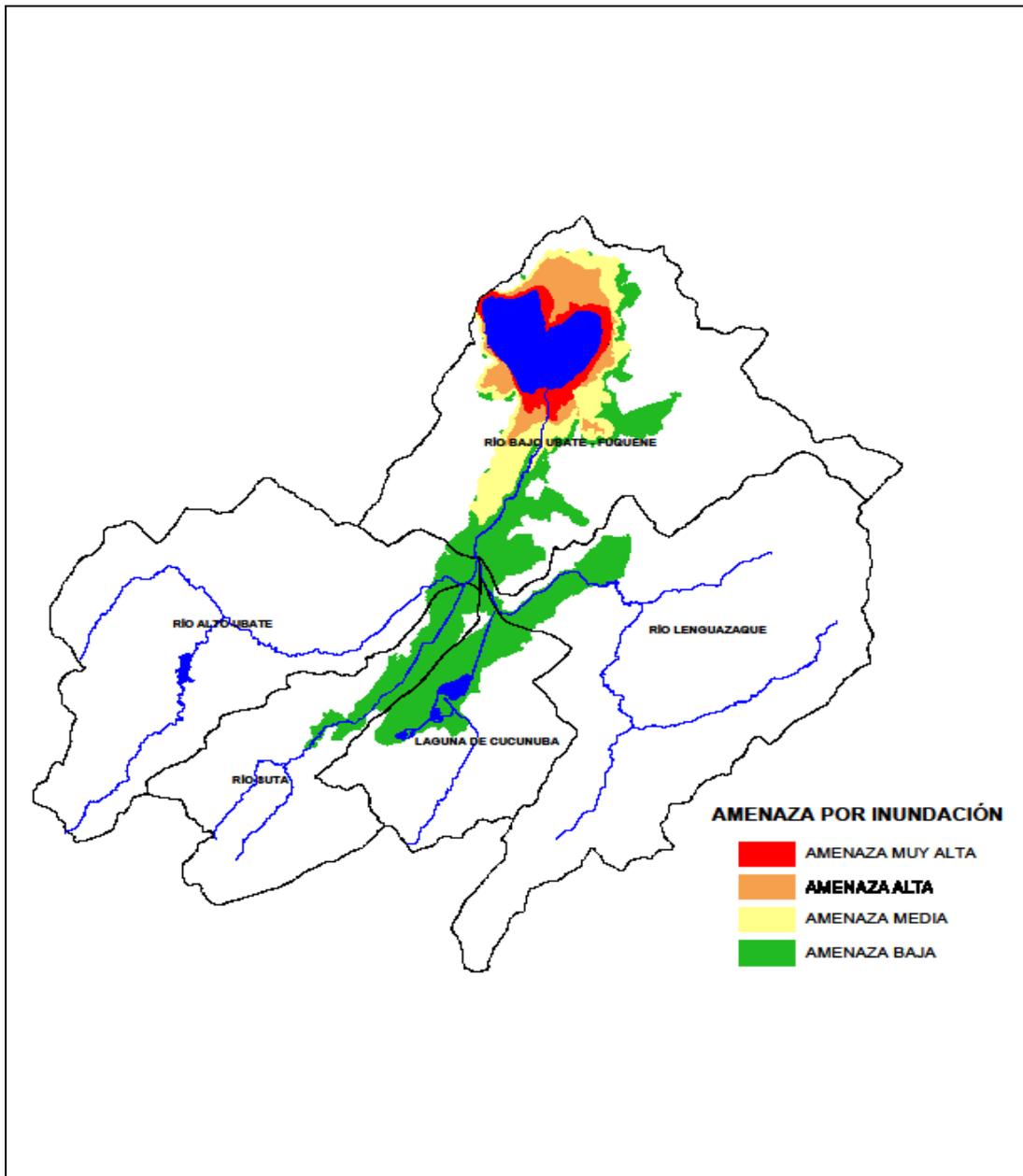


Figura 19. Zonas amenazadas por inundación en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

### 3.6 HIDROGEOLOGÍA

La capacidad del almacenamiento de agua en el subsuelo depende de varias características como la topografía, la geología además de las condiciones climáticas del sitio.

La topografía de la cuenca de estudio se divide en tres zonas principalmente, la vertiente oriental, vertiente occidental y la zona central. Las vertientes occidental y oriental son montañosas con pendientes fuertes. Dentro

de estas predominan las laderas rocosas con pendientes superiores al 15%, y con promedios del 25%. La parte central está compuesta por los valles aluviales de los ríos Ubaté, Fúquene y Suárez con pendientes de menos del 3%, en esta área es donde existe mayor probabilidad de infiltración por la permanencia del agua. En las vertientes por las fuertes pendientes la infiltración disminuye.

Según la geología podemos determinar los acuíferos y acuitardos presentes en la zona.

- Nivel medio de la Formación Arenisca de Chiquinquirá (Kichi): porosidad secundaria.
- Formación Arenisca de Raizal, o nivel inferior del Grupo Guadalupe (Ksg): Acuífero.
- Formación Arenisca Tierna, Miembro Superior del grupo Guadalupe (Ksg): Acuífero.
- Formación Arenisca El Cacho: Se considera como un acuífero confinado.
- Depósitos cuaternarios, que incluyen los depósitos lacustres: Acuífero.
- Nivel Inferior y superior de la Formación Arenisca de Chiquinquirá (Kichi): Acuitardo.
- Nivel medio del Grupo Guadalupe, representado por los miembros y formaciones: Arenisca Labor, Nivel de Plaeners y Miembro Los Pinos: Acuitardo.
- Formación Guaduas (TKgu): Acuitardo.
- Formación Bogotá (Tb): Acuitardo.

El Servicio Geológico Colombiano (INGEOMINAS) (1982), describió una serie de unidades hidrogeológicas basándose en las características hidrogeológicas de las unidades estratigráficas y lo dividió en 4 grupos.

Tabla 41. Unidades hidrogeológicas en la cuenca de estudio

UNIDAD	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	LITOLOGIA DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA	RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS	
					EXPLOTACION ACTUAL	POSIBILIDADES DE EXPLOTACION FUTURA
11	Depósitos Cuaternarios (depósitos fluvio-lacustres)	Conjunto de Arcillas, arenas y gravas con materia orgánica (porcentaje de arenas y/o gravas > de 40%)	Debajo de capas arcillosas poco permeables se encuentran capas de arena y/o gravas porosas y permeables que forman niveles acuíferos semiconfinados. Fuentes de recarga: precipitación; agua superficial, agua subterránea.	Tipo de agua: principalmente bicarbonatado con calcio, magnesio o sodio como catión principal. Dureza: semidura a muy dura. Potabilidad: Impedida muchas veces por altas concentraciones de hierro (hasta 125ppm)	Explotación principalmente mediante pozos para uso doméstico, irrigación y abrevadero del ganado.	Es posible la extensión del número de pozos. Producción >1 l/s. Profundidad de pozo entre 45 y 80 m dependiendo del sitio.
12	Depósitos Cuaternarios (Depósitos fluvio-lacustres)	Arcillas con niveles de arenas y gravas con materia orgánica (porcentaje de arenas y/o gravas, aproximadamente entre 25% - 40%)	Los niveles porosos y permeables de arena y/o grava forman niveles acuíferos semiconfinados situados debajo capas arcillosas. En comparación con Unidad I ocurren los niveles menos frecuentemente y/o tienen espesores más pequeños. Fuentes de recarga: precipitación; agua superficial, agua subterránea	Tipo de agua: principalmente bicarbonatado con calcio, magnesio o sodio como catión principal. Dureza: semidura a muy dura. Potabilidad: Impedida muchas veces por altas concentraciones de hierro (hasta 125ppm)	Aljibes que captan las capas superficiales en la zona estrecha a lo largo de las montañas. Pozos que drenan los niveles acuíferos semiconfinados para uso doméstico, irrigación y abrevadero del ganado.	Es posible la extensión del número de pozos, para explotar los niveles acuíferos semiconfinados Producción < 1 l/s. Profundidad de pozo entre 45 y 70 m dependiendo del sitio.
13	Depósitos Cuaternarios (Depósitos fluvio-eluviales)	Depósitos fluviales compuestos por arcillas, arenas y gravas. Depósitos eluviales compuestos por bloques de arenisca en una matriz arenosa-arcillosa.	En los depósitos se pueden encontrar acuíferos locales de poco espesor y extensión lateral. Fuentes de recarga precipitación; agua superficial, agua subterránea.		Algunos aljibes drenan los acuíferos locales para uso doméstico.	Localmente posibilidades de explotación de agua subterránea mediante aljibes.
14	Depósitos Cuaternarios (Depósitos fluvio-lacustres)	Arcillas con escasos niveles de arenas, materia orgánica.	Las arcillas son poco permeables y forman con la escasas intercalaciones de de arenas, en su totalidad un acuitardo.	Tipo de agua: principalmente bicarbonatado con calcio, magnesio o sodio como catión principal. Dureza: semidura a muy dura. Potabilidad: Impedida muchas veces por altas concentraciones de hierro	Aljibes que suministran agua freática de la zona estrecha a lo largo de las montañas para uso doméstico y abrevadero del ganado. Existen algunos pozos.	No existen posibilidades de explotación mediante pozos.

UNIDAD	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	LITOLOGIA DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA	RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS	
					EXPLOTACION ACTUAL	POSIBILIDADES DE EXPLOTACION FUTURA
				(hasta 125ppm)		
II1	Arenisca del Cacho Formación Guadalupe (Miembro Arenisca Tierna y Miembro Arenisca del raizal)	Areniscas cuarzosas fracturadas	Las areniscas son permeables sobre todo por la presencia de fracturas y forman acuíferos. Fuente de recarga: Precipitación	Tipo de Agua: Bicarbonatado magnésico Cálxico. Dureza: Blanda a semidura. Potabilidad: la concentración de hierro puede sobrepasar el límite recomendado para agua potable	Localmente manantiales al pie de escarpes compuestos por areniscas, están captados para uso doméstico y en menor grado para irrigación y abrevadero del ganado	Puede ofrecer posibilidades económicas de explotación mediante pozos.
II2	Formación arenisca de Chiquinquirá	Areniscas cuarzosas diaclazadas en el Nivel Medio entre dos conjuntos de arcillolitas y areniscas (Niveles Inferior y Superior).	El Nivel Medio es acuífero (permeabilidad secundaria).	Tipo de agua: bicarbonatado magnésico cálcico. Dureza: Blanda a muy dura . Potabilidad: la concentración de hierro puede sobrepasar el límite recomendado para agua potable.	Manantiales, aljibes y algunos pozos suministran agua principalmente para uso doméstico.	El nivel medio ofrece posibilidades de explotación mediante pozos.
III1	Formación Chipaque	Arcillolitas, Shales y limolitas con algunas intercalaciones de arenisca y esporádicos niveles de caliza.	En mayor parte un acuitardo por la permeabilidad débil de las rocas de grano fino. Los niveles de arenisca y caliza forman horizontes acuíferos (pobres).	Tipo de agua: bicarbonatado cálcico y sódico . Dureza: Blanda a muy dura . Potabilidad: la concentración de hierro puede sobrepasar el límite recomendado para agua potable.	Aljibes y manantiales proveen agua subterránea principalmente para uso doméstico.	Pocas posibilidades de explotación mediante pozos.
III2	Formación Guadalupe (Miembro Arenisca de Labor y Plaeners).	Limonitas síliceas con un conjunto de areniscas y láminas de arcillolita en la parte superior.	Las limonitas forman un acuitardo y las rocas arenosas, mostrando una cierta permeabilidad secundaria forman un nivel de acuífero pobre.	Tipo de agua: bicarbonatado magnésico cálcico. Dureza: Blanda. Potabilidad: la concentración de hierro puede sobrepasar el límite recomendado para agua potable.	Se inventario un manantial captando uso doméstico.	No hay probabilidad de explotación.
III3	Formación Bogotá- Formación Guaduas,	Arcillolitas, con algunas intercalaciones de arenisca y mantos de carbón.	Acuitardo: las arcillolitas son impermeables y las intercalaciones de arenisca son poco permeables.	Tipo de agua: Principalmente sulfatado. Dureza: Blanda a muy dura. Potabilidad: agua subterránea que estuvo en contacto con depósito de carbón, es im potable.	Muy localmente se captan unos manantiales para uso doméstico y abrevadero del ganado.	No hay probabilidad de explotación.
III4	Formación Guadalupe	Arcillolitas con algunas	Acuitardo: las arcillolitas son		No hay explotación	No hay probabilidad de

UNIDAD	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	LITOLOGIA DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA	RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS	
					EXPLOTACION ACTUAL	POSIBILIDADES DE EXPLOTACION FUTURA
	(Miembro Los Pinos) ( Formación San Gil)	capas de arenisca.	impermeables y escasas capas de arenisca son poco permeables.		actual	explotación

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

En la siguiente tabla se muestran los acuíferos y acuitardos y algunas características de estos, para cada subcuenca de los ríos Ubaté – Suárez.

Tabla 42. Acuíferos y acuitardos en la cuenca

CUENCA	ACUÍFEROS Y ACUITARDOS	CARACTERÍSTICAS
Río Alto Ubaté	Acuíferos: Formación Guadalupe, Areniscas de Chiquinquirá, Aluviales de altiplanicie y aluviales del fondo aluvial. Los depósitos cuaternarios corresponden a las unidades I1 a I4, las otras dos corresponden a las II1 y II2.	Transmisividad Areniscas de Chiquinquirá es de 5,0 m <sup>2</sup> /d y para la formación Guadalupe 2,5 m <sup>2</sup> /d. La Formación Guadalupe se localiza en la zona montañosa donde se registra la mayor pluviosidad. La formación Areniscas de Chiquinquirá tiene una zona extensa, favorece la recarga.
Bajo Ubaté – Fúquene	Acuíferos: Formación Guadalupe, Areniscas de Chiquinquirá, y aluviales del fondo aluvial.	Transmisividad Areniscas de Chiquinquirá es de 5,0 m <sup>2</sup> /d y para la formación Guadalupe 2,5 m <sup>2</sup> /d.
Río Cucunubá	Formación Guadalupe	Se presenta un amplio cono de deyección, como aporte de detritos de toda la subcuenca hacia el fondo del valle principal aumentando la infiltración.
Río Lenguaque	Formación Guadalupe y depósito aluvial del río	
Río Suta	Acuíferos: formación Guadalupe, formación Chipaque	

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

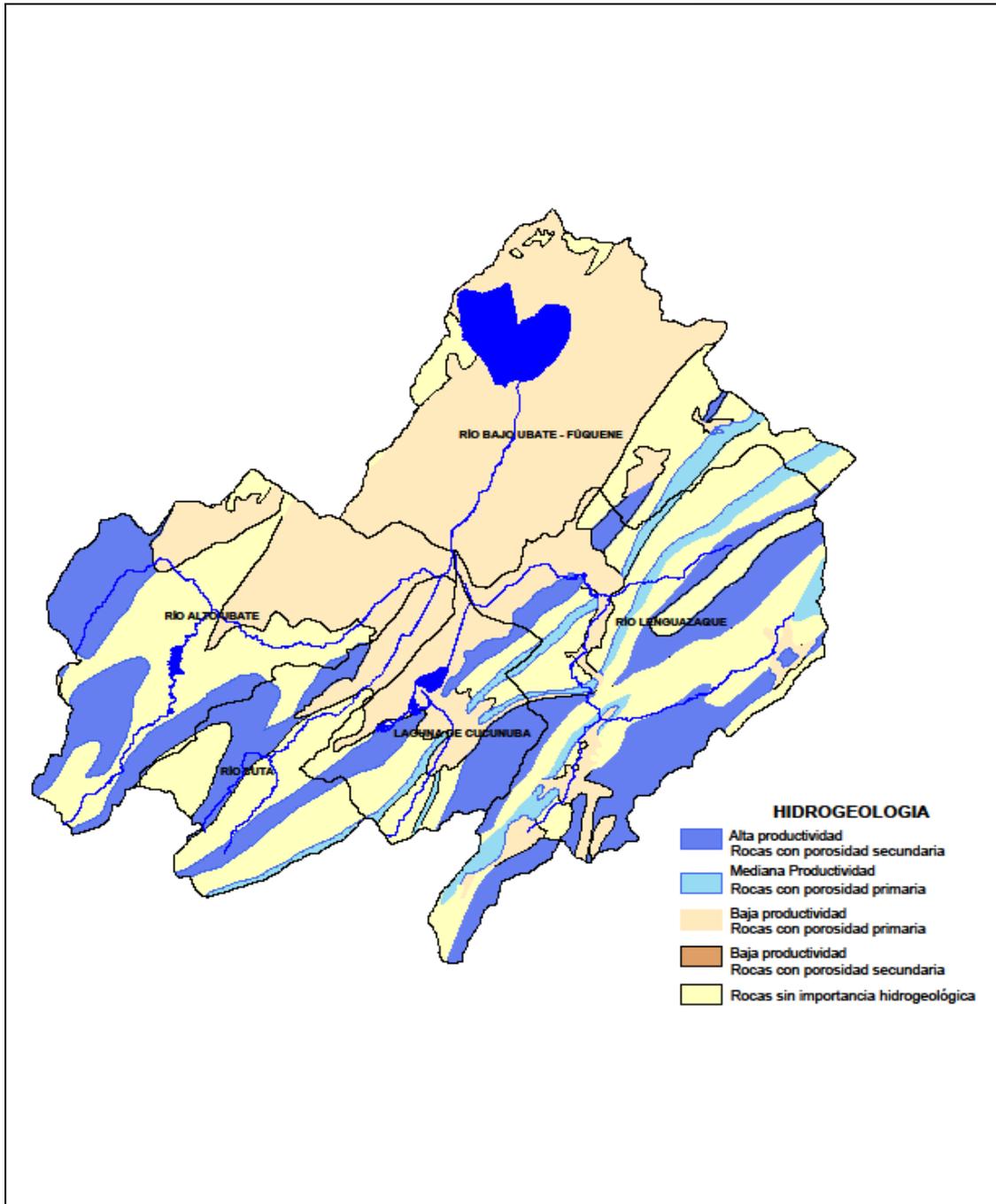


Figura 20. Hidrogeología de la cuenca de estudio

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por Autora

## 4 ORDENACIÓN DE LA CUENCA RÍO UBATÉ – LAGUNA DE FÚQUENE

### 4.1 METODOLOGÍA DE ORDENACIÓN BASADA EN EL MODELO USLE DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN

La ecuación universal de pérdida de suelo (USLE por sus siglas en inglés, Universal Soil Loss Equation), desarrollada por H. Wischmeier y D. Smith (1978), es un modelo cuantitativo que evalúa indirectamente la pérdida de suelo por la erosión hídrica, teniendo en cuenta características tales como la precipitación, escorrentía, tipo de suelo, cubierta vegetal, relieve, entre otros. Se ha utilizado ampliamente en la ordenación de cuencas hidrográficas, en especial para determinar los usos del suelo.

$$A = R \times K \times (L * S) \times C \times P$$

Donde,

$$A = \text{Pérdida de suelo} \left( \text{ton}/\text{ha} * \text{año} \right)$$

$$R = \text{Factor de erosividad de lluvia} \left( J * \text{cm}/\text{m}^2 * \text{hora} \right)$$

$$K = \text{Factor de erodabilidad del suelo} \left( \text{ton} * \text{m}^2 * \text{año}/\text{ha} * J * \text{cm} \right)$$

$$L = \text{Factor de longitud de la pendiente}$$

$$S = \text{Factor de magnitud de la pendiente}$$

$$C = \text{Factor de cobertura vegetal (adimensional)}$$

$$P = \text{Factor de prácticas de conservación del suelo (adimensional)}$$

El objetivo principal de este capítulo es determinar las pérdidas de suelo utilizando la metodología USLE para la ordenación de la cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene, y representarlo cartográficamente. Para llevar a cabo esto se utilizarán los siguientes mapas de la zona de estudio:

- Mapa de pendientes

- Mapa de usos del suelo
- Mapa de suelos

#### 4.1.1 Factor de erosividad de la lluvia (R)

“El factor de la erosividad de la lluvia (R) representa la capacidad de la lluvia para erosionar el suelo, teniendo en cuenta la energía cinética de la precipitación capaz de desagregar el suelo en partículas que luego son transportadas por escorrentía” (Ibáñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer). El factor se estima para cada una de las tormentas significativas ocurridas durante un periodo de tiempo mayor a 10 años. Normalmente es determinado para cada mes del año y se presenta como valores acumulados (Rojas, 2009).

La ecuación para calcular este factor es la siguiente:

$$R = E * I_{30}$$

Donde,

$$R = \text{Índice erosividad de la lluvia} \left( J * \frac{cm}{m^2 * hora} \right)$$

$$E = \text{Energía cinética de la lluvia} \left( \frac{J}{m^2} \right)$$

$$I_{30} = \text{Intensidad máxima en 30 minutos del aguacero} \left( \frac{cm}{h} \right)$$

Para calcular la energía cinética E, se utiliza la siguiente ecuación:

$$E = 210,2 + 89 \text{ Log } I$$

La cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene no cuenta con estaciones pluviográficas que permitan extraer los datos de intensidad a intervalos de 30 minutos. Se utilizará el índice modificado de Fournier para evaluar el factor, este índice también es llamado el índice de agresividad climática, ya que muestra una alta correlación con la alta cantidad de sedimentos arrastrados por

la escorrentía. Este índice muestra la relación entre la precipitación media mensual y la precipitación media anual:

$$IMF = \sum_1^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Donde,

$IMF = \text{Erosividad de la lluvia}$

$P_i = \text{Precipitación media mensual (mm)}$

$P = \text{Precipitación media anual (mm)}$

En la tabla (Tabla 43) se muestra el factor de erosividad R para cada estación de la cuenca. Mediante un programa SIG se generó el mapa de isolíneas del factor R para la cuenca de estudio.

Tabla 43. Valores de R para cada estación climatológica de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Subcuenca	Estación	Altitud (m.s.n.m)	R
Río Alto Ubaté	La Boyera	2610	75,59
	Carupa	2960	72,89
	El Hato N1.	2985	90,47
Río Suta	Novilleros	2550	72,26
	El Pino	2575	62,79
	El Pedregal	2900	76,03
	Sutatausa	2700	69,86
Laguna de Cucunubá	Carrizal	2880	63,06
Río Lenguazaque	Tapias	2585	71,44
	El Espino	2550	68,06
	El Triángulo	2800	85,08
	El Puente	2810	79,82
Río Bajo Ubaté Laguna de Fúquene	San Miguel de Sema	2600	141,47
	Monserate	2865	100,17
	Isla Santuario	2580	105,13
	El Zarzal	2900	118,85

Fuente: Autora

En la siguiente figura se muestra el mapa de distribución del factor de erosividad de la lluvia ( R ) en la cuenca de estudio:

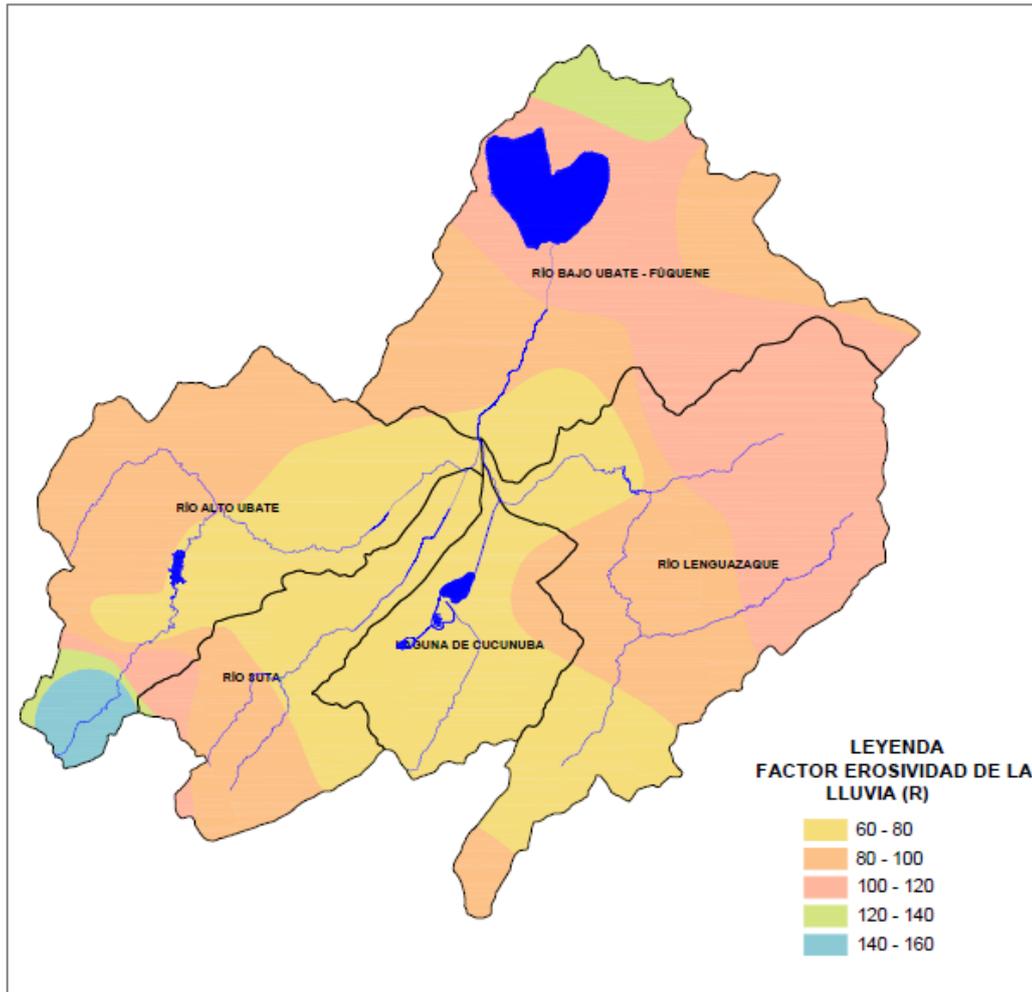


Figura 21. Factor Erosividad de la lluvia (R) de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2006). Modificado por autora

#### 4.1.2 Factor de Erodabilidad del suelo (K)

“La erosionabilidad, o vulnerabilidad del suelo a la erosión, es una característica propia del suelo ligada a su granulometría, porosidad, condiciones hidrológicas, entre otras y distinta a la erosión del suelo, proceso resultante de esta erosionabilidad, expuesta a unas determinadas condiciones de clima, relieve y cobertura vegetal” (González del Tánago, 1991).

El factor K se cuantifica mediante una ecuación de manera directa o gráficamente mediante el nomograma de Wischmeier & Smith (1978), para calcularlo mediante alguno de estos métodos se necesita información sobre el suelo, como la cantidad de limos, arcilla, arena y materia orgánica, entre otros.

$$100K = 2,1M^{1,14}(10^{-1})(12 - MO) + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3)$$

Donde,

$M = (100 - \%Arcilla)(\%Limo + Arena\ fina) = \text{Tamaño de la partícula}$

$MO = \% \text{ Materia Orgánica}$

$s = \text{Tipo de estructura del suelo}$

$p = \text{Permeabilidad del suelo}$

En la cuenca de estudio, no se encuentra información detallada de los suelos para calcular el factor K, entonces se ha empleado el método de Kirkby y Morgan (1980), en el cual se utilizan valores obtenidos asociando la textura del suelo y contenido de materia orgánica (Tabla 44) dando valores aproximados.

Tabla 44. Valores de K asociados a la textura y al contenido de materia orgánica, método de Kirby y Morgan (1980)

Textura	Valores de K		
	Contenido de materia Orgánica		
	< 0,5%	2%	4%
Arena	0,07	0,04	0,03
Arena fina	0,21	0,18	0,13
Arena muy fina	0,55	0,47	0,37
Arena franca	0,16	0,13	0,11
Arena fina franca	0,32	0,26	0,21
Arena muy fina franca	0,58	0,5	0,4
Franco arenoso	0,36	0,32	0,25
Franco arenoso fino	0,46	0,4	0,32
Franco arenoso muy fino	0,62	0,54	0,43
Franco	0,5	0,45	0,38
Limo franco	0,63	0,55	0,43
Limo	0,79	0,68	0,55
Franco arenoso arcilloso	0,36	0,33	0,28
Franco arcilloso	0,37	0,33	0,28
Franco arcilloso limoso	0,49	0,42	0,34
Arcilla arenosa	0,18	0,17	0,16
Arcilla limosa	0,33	0,3	0,25
Arcilla	0,017 - 0,038		

Fuente: (Kirkby & Morgan, 1994)

En un estudio anterior de una cuenca hidrográfica en la misma zona de Colombia (Galvis Martin, 2008), se determinaron algunos valores del factor K para unos tipos de suelo también presentes en la cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene, por lo cual, teniendo en cuenta la anterior tabla, los valores del estudio anterior y las características de los tipos de suelo presentes en la cuenca de estudio se determinaron los valores del factor K para cada tipo de suelo, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 45. Valores de K para cada tipo de suelo en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Material parental	Características de los suelos	Símbolo	K
Rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Suelos moderadamente profundos a muy superficiales, bien drenados, de texturas moderadamente finas a gruesas	MEF	0,25
Rocas clásticas arenosas, limoarcillosas. En sectores materiales orgánicos	Suelos profundos a superficiales, bien drenados, con texturas moderadamente finas a gruesas	MGT	0,26
Rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y depósitos de ceniza volcánica	Suelos superficiales a profundos, bien drenados, con texturas finas moderadamente finas afectado en sectores erosión hídrica laminar en grado ligero	MLF	0,32
Rocas clásticas limoarcillosas y arenosas	Suelos superficiales a profundos, bien a excesivamente drenados, de texturas medias a moderadamente gruesas	MGS	0,25
Rocas clásticas limoarcillosas con depósitos de ceniza volcánica	Afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera; suelos profundos a superficiales, bien a moderadamente bien drenados, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas	MLS	0,28
Rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Afectado en sectores por erosión hídrica laminar en grado ligero; suelos profundos superficiales, bien drenados, de texturas moderadamente finas	MMS	0,32
Rocas clásticas limoarcillosas y arenosas	Afectado en sectores por erosión hídrica laminar en grado ligero; suelos profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados, con texturas finas a moderadamente gruesa	MGF	0,38
Rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y químicas carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica	Afectado en sectores por erosión hídrica ligera y moderada; suelos profundos a superficiales, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas	MLV	0,62
Rocas clásticas limoarcillosas y químicas carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica	Afectado en sectores por erosión hídrica moderada severa; suelos moderadamente profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados	MMV	0,62
Depósitos de ceniza volcánica sobre rocas clásticas limoarcillosas	Suelos profundos, bien drenados, con texturas finas a medias	MLT	0,49
Depósitos de ceniza volcánica, rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Afectado por erosión hídrica moderada sectorizada; suelos moderadamente profundos a superficiales, bien drenados, de texturas finas a medias	MMT	0,38
rocas clásticas arenosas y limoarcillosas y mantos de ceniza volcánica	Afectado sectores por erosión hídrica laminar ligera; suelos profundos a superficiales, bien drenados, con texturas moderadamente finas moderadamente gruesas	MLC	0,38
Rocas clásticas arenosas y limoarcillosas	Afectado en sectores por erosión hídrica ligera y moderada; suelos profundos a moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, con texturas medias a finas	MMC	0,34
Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos	Afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos profundos	MLK	0,25

Material parental	Características de los suelos	Símbolo	K
gravigénicos	moderadamente profundos, bien drenados, con texturas medias a moderadamente gruesas		
Depósitos clásticos hidrogravigénicos	Afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos moderadamente profundos a muy superficiales, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas	MMK	0,32
Depósitos clásticos hidrogravigénicos con mantos de ceniza volcánica	Afectado por erosión hídrica laminar ligera; suelos profundos a moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas	MLJ	0,32
Depósitos clásticos hidrogravigénicos	Afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos moderadamente profundos a superficiales, bien a pobremente drenados, de texturas finas gruesas	MMJ	0,32
Depósitos clásticos Hidrogénicos y gravigénicos	Suelos profundos a superficiales, moderada a pobremente drenados, de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas	MLN	0,32
Depósitos clásticos hidrogénicos. En sectores mantos de ceniza volcánica	Suelos muy superficiales, pobre a muy pobremente drenados, de texturas finas	RMO	0,32
Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos	Suelos profundos a muy profundos, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas	RMQ	0,32
Depósitos clásticos hidrogénicos	Suelos profundos a superficiales, pobre a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas	RMR	0,32
Depósitos orgánicos y clásticos hidrogénicos	Pobre a moderadamente bien drenados, con presencia de materiales orgánicos y en algunos sectores texturas moderadamente finas	RMS	0,28
Rocas sedimentarias clásticas mixtas	Afectado por escurrimiento difuso en grado ligero y pedregosidad superficial. Los suelos son moderadamente profundos a superficiales, bien drenados de texturas medias	BMMA	0,26
Rocas sedimentarias clásticas mixtas parcialmente cubiertas de cenizas volcánicas	Afectado por escurrimiento difuso y concentrado en grado moderado. Los suelos son moderadamente profundo y superficiales	BMMC	0,34
Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limoarcillas	Afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos	BMHE	0,28
Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos	Suelos muy superficiales, muy pobremente drenados, texturas finas	BVMB	0,38
Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos	Suelos moderadamente profundos y muy superficiales, imperfectos y muy pobremente drenados, texturas finas	BVMA	0,38

Fuente: (Galvis Martin, 2008). Modificado por Autora.

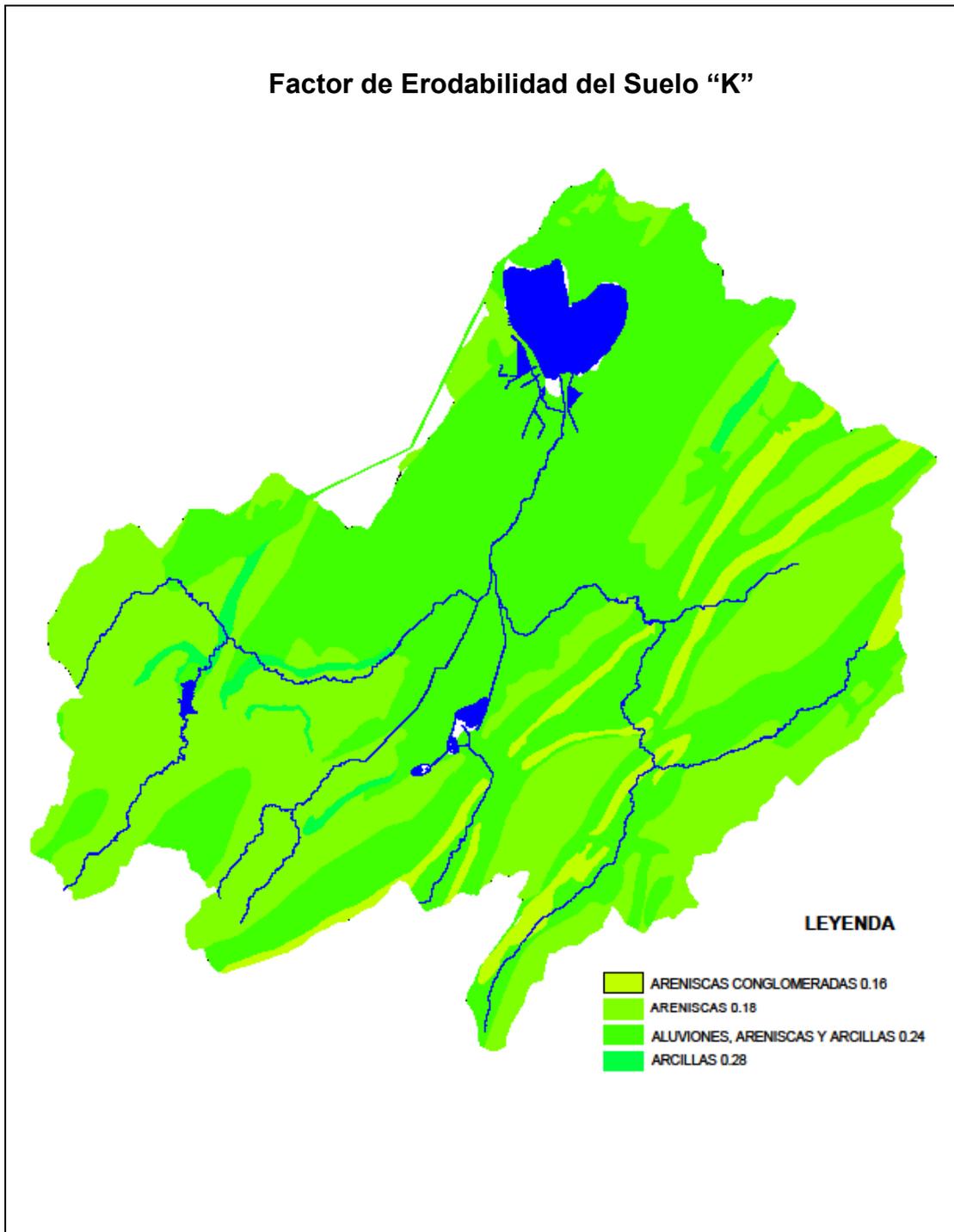


Figura 22. Mapa de factor de erodabilidad del suelo "K" para la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

#### 4.1.3 Factor Topográfico (LS)

“Tanto la longitud de la ladera como su pendiente influyen considerablemente en las tasas de erosión de un suelo, siendo el relieve uno de los principales factores que determinan la emisión de sedimentos de las cuencas vertientes” (González del Tánago, 1991).

Para obtener el factor topográfico de la cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene se han tenido en cuenta los valores proporcionados en la Tabla 46 (Mintegui Aguirre *et al*, 1993), donde se indica, para cada pendiente, su longitud de declive  $\lambda$  y el valor final del factor topográfico LS.

Tabla 46. Factor topográfico LS

S %	m = 0,30		m = 0,40		m = 0,50		m = 0,6	
	$\lambda$	LS	$\lambda$	LS	$\lambda$	LS	$\lambda$	LS
100							5	28,5
70					8,5	21,8		
60					11	18,5		
30			58	10,7				
24	64	6,7						
18	78	4,4						
12	100	2,4						
3	233	0,5						

Fuente: (Mintegui Aguirre *et al*, 1993)

En la siguiente tabla se muestra el valor del factor topográfico LS para los diferentes rangos de pendientes de la cuenca del Río Ubaté – Laguna de Fúquene.

Tabla 47. Valores de LS para cada intervalo de pendientes en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Pendiente (%)	Relieve	Factor topográfico LS
0-3	Plano, plano cóncavo y ligeramente plano	0,5
3-7	Ligeramente inclinado, ligeramente ondulado	1,3
7-12	Ondulado, inclinado	2,4
12-25	Fuertemente ondulado, fuertemente inclinado	7,8
25-50	Fuertemente quebrado	15,9
50-75	Escarpado	22,9
> 75	Muy escarpado	28,5

Fuente: Autora

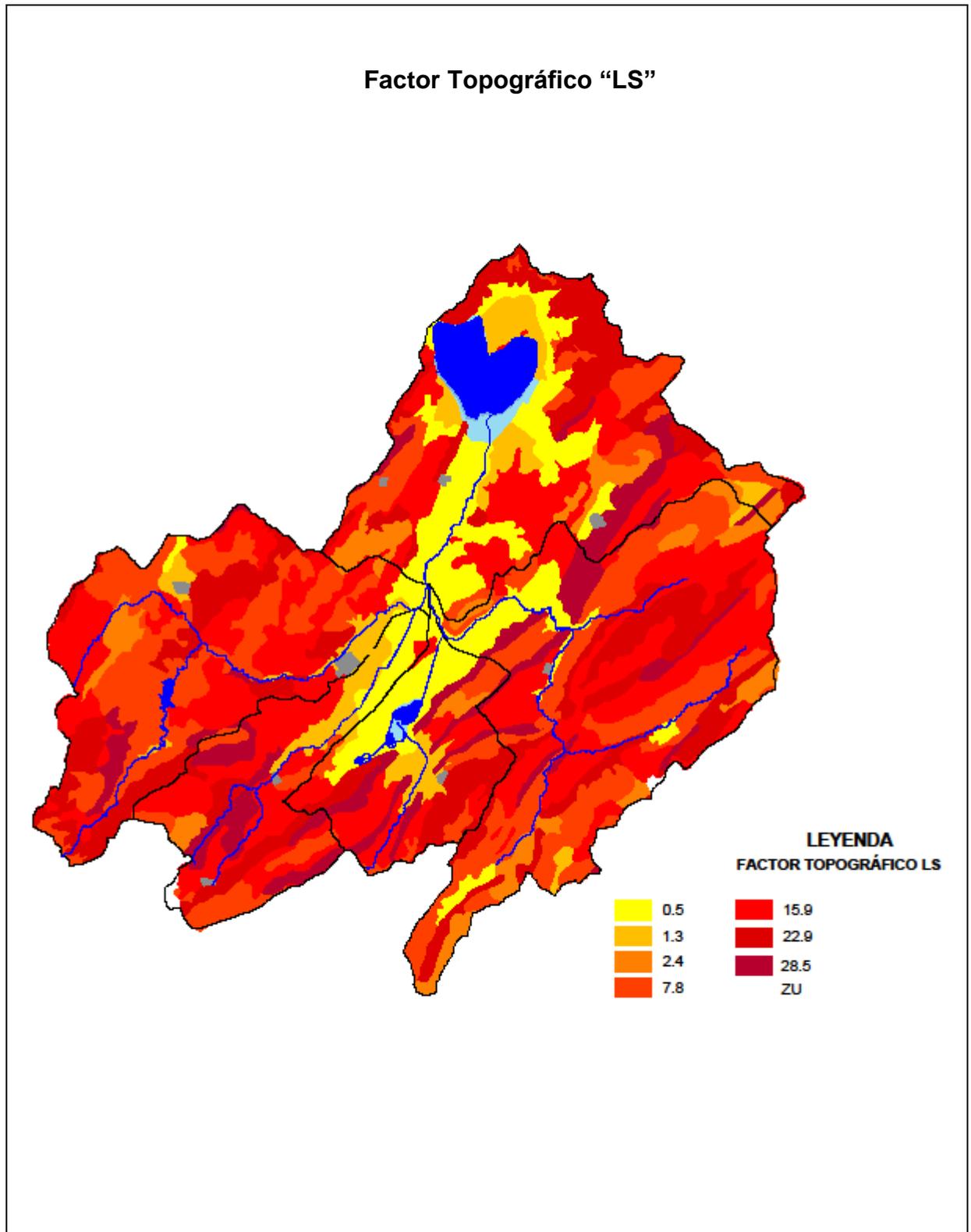


Figura 23. Mapa Factor Topográfico "LS" para la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

#### 4.1.4 Factor cubierta vegetal (C)

“La cubierta vegetal es el elemento natural de protección del suelo frente a la fuerza erosiva de las precipitaciones, controlando no sólo la energía con la que llegan las gotas de lluvia a la superficie del suelo, sino la velocidad de la escorrentía superficial” (González del Tánago, 1991)

El valor de este factor es una relación entre las pérdidas de suelo fértil con la cobertura vegetal actual y las que tendría si estuviese. (Galvis Martin, 2008). El factor C se determinó con base a la siguiente tabla:

Tabla 48. Valores del factor C

Tipo de Cultivo	Factor C
Suelo desnudo	1
Bosque natural denso, cultivos con alto contenido de Mulch	0,001
Sabana o pradera herbácea en buenas condiciones	0,01
Pradera herbácea	0,001 - 0,025
Trigo	0,10 - 0,40
Papa	0,20 - 0,50
Mezcla de pastos y leguminosas	0,004
Bosque plantado y pasto natural	0,0055
Granado limpio de malas hierbas	0,56
Granado con cobertura de malas hierbas	0,08

Fuente:

En la cuenca de estudio las cubiertas vegetales se encuentran mezcladas por ejemplo: misceláneo de bosque plantado y pastos, razón por la cual al determinar el valor de C, se tomó un valor medio entre los valores de estas cubiertas vegetales, el factor C se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 49. Valores de C para la cubierta vegetal en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Cubierta vegetal	C
Vegetación de páramo	0,001
Bosque secundario	0,001
Bosque plantado	0,001
Matorral alto y bajo	0,005
Pastos manejados	0,1
Pastos naturales	0,01
Cultivos transitorios	0,4
Misceláneo de bosques y pastos	0,005

Cubierta vegetal	C
Misceláneo de bosque plantado y eriales	0,003
Misceláneo de matorrales y bosques plantados	0,005
Misceláneo de matorrales cultivos	0,1
Misceláneo de matorrales y pastos	0,01
Misceláneo de cultivos y pastos	0,2
Misceláneo de cultivos y pastos manejados	0,4
Zona Urbana	1

Fuente: Autora

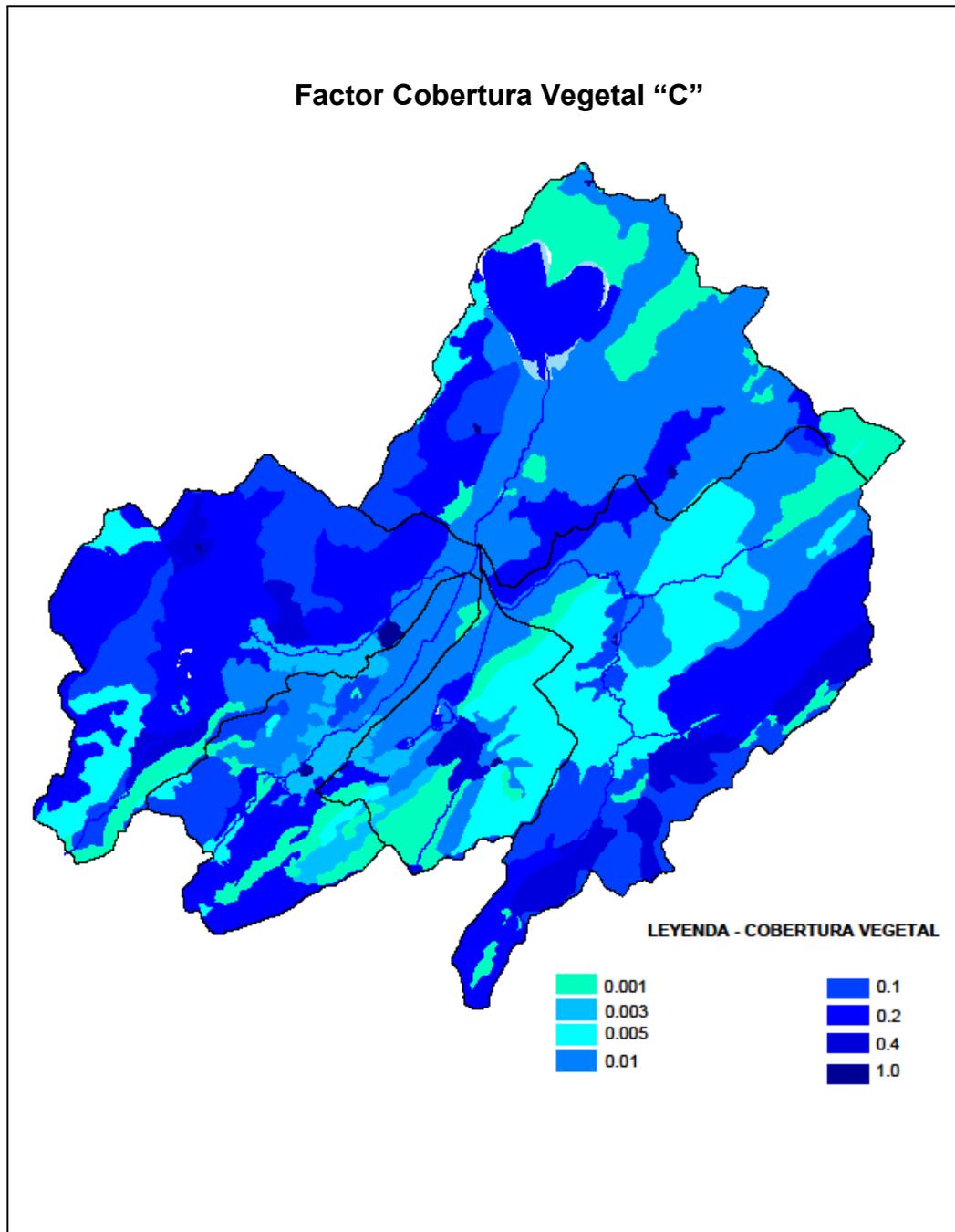


Figura 24. Mapa Factor Cubierta Vegetal "C" para la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

#### 4.1.5 Factor de prácticas de manejo (P)

Este factor muestra la influencia de las prácticas de cultivo y de conservación sobre la erosión hídrica. En Colombia en la mayoría de las zonas los cultivos son a nivel y no hay prácticas de conservación sobre la erosión hídrica. En este caso se utilizaron los mapas de pendientes y de usos actuales del suelo, teniendo en cuenta valores de la siguiente tabla se determinaron los valores correspondientes para la zona de estudio como se muestra a continuación:

Tabla 50. Valores Factor prácticas de conservación "P"

FACTOR PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN (P)			
Pendiente (%)	Cultivo a nivel	Cultivo en fajas	Cultivo en terrazas
1-3	0,6	0,3	0,12
3-5	0,5	0,25	0,10
6-8	0,5	0,25	0,10
9-12	0,6	0,30	0,12
13-16	0,7	0,35	0,14
17-20	0,8	0,40	0,16
21-25	0,9	0,45	0,18

Fuente: (Torrent Bravo, 2015)

Los valores utilizados en la cuenca de estudio fueron:

Tabla 51. Valores propuestos factor prácticas de conservación P para la cuenca de estudio

Valor Factor prácticas de conservación "P"	
0.01	Bosques
0.1	Pastos naturales y matorrales
0.12	Pastos manejados
0.5	Cultivos a nivel en pendientes <7%
0.6	Cultivos a nivel en pendientes 7% - 12%
0.8	Cultivos a nivel en pendientes 12% - 25%
1	Cultivos a nivel en pendientes >25%

Fuente: Autora

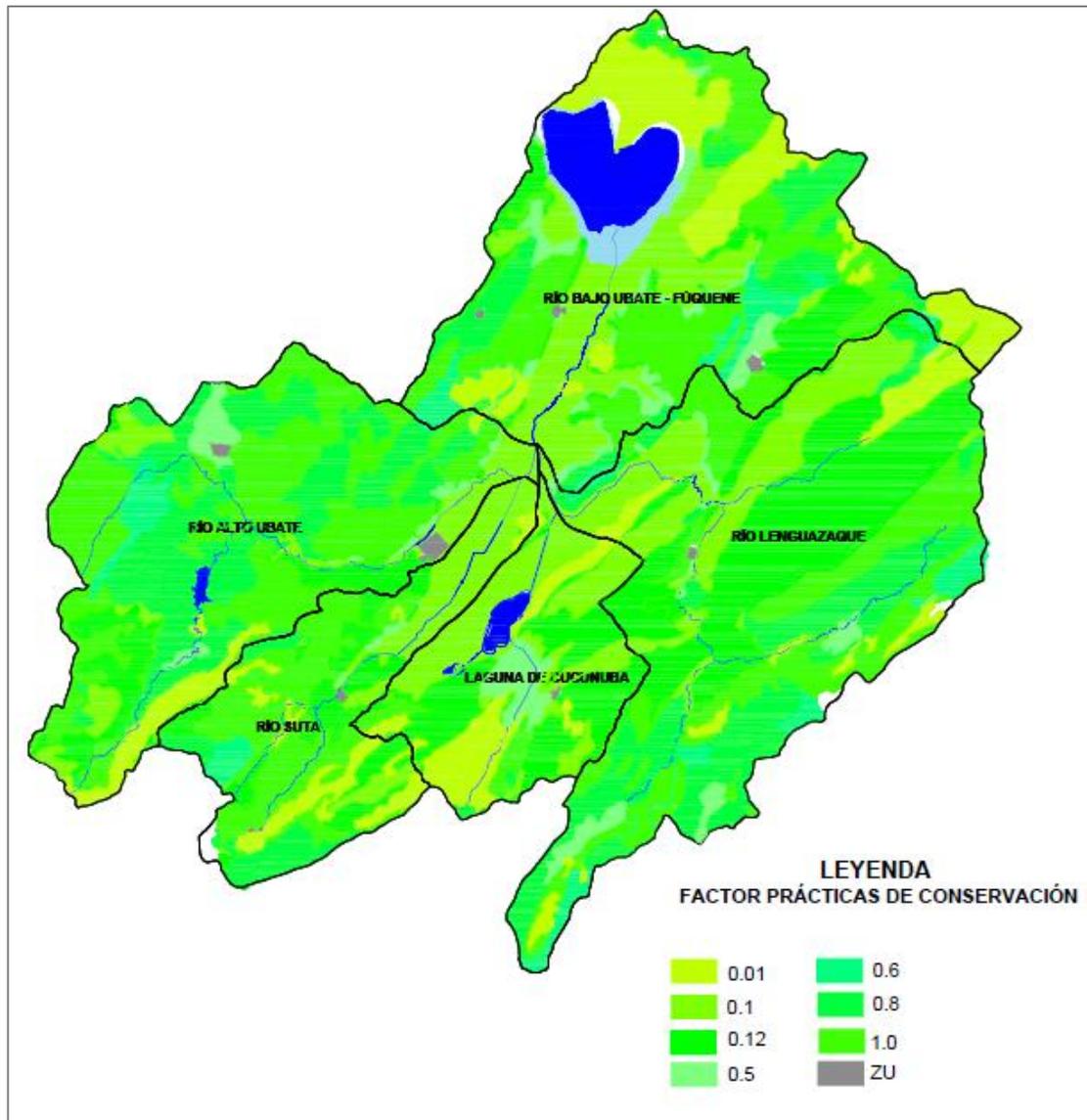


Figura 25. Mapa Factor prácticas de conservación "P" de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

#### 4.1.6 Determinación tasa de erosión hídrica por el método USLE

La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) se usa para predecir la pérdida media anual de suelo de una zona determinada con un uso y ordenación determinados, servir de guía en la selección de medidas de conservación de una zona determinada, estimar la reducción en las pérdidas del suelo que pueden obtenerse con distintas alternativas de cultivo y/o manejo, entre otras (Játiva Sáez, 2012).

En la "Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos" elaborada por la F.A.O., P.N.U.M.A. y U.N.E.S.C.O. (1981) se

proponen los siguientes rangos (Tabla ) para evaluar el grado de erosión de los suelos, según las pérdidas de suelo (Játiva Sáez, 2012).

Tabla 52. Grado de erosión hídrica dependiendo de la pérdida de suelo

Pérdidas de Suelo A (Ton/ha año)	Grado de Erosión Hídrica
< 10	Ninguna o Ligera
10 - 50	Moderada
50 - 200	Alta
>200	Muy Alta

Fuente: F.A.O., P.N.U.M.A. y U.N.E.S.C.O.

Para la elaboración del mapa de pérdidas de suelo en la cuenca de objeto de estudio mediante la aplicación del método USLE, se realizó la intersección de los mapas correspondientes a cada uno de los factores que se utilizan en el cálculo de las pérdidas de suelo:

- Mapa de factor de erosividad de la lluvia (R)
- Mapa factor topográfico (LS)
- Mapa factor cubierta vegetal (C)
- Mapa factor prácticas de manejo (P)

En la siguiente tabla se muestra el área afectada por cada nivel de erosión:

Tabla 53. Distribución superficial del nivel de erosión en la cuenca Ubaté - Fúquene

Pérdidas de Suelo A (Ton/ha año)	Área (km <sup>2</sup> )
< 10	594,44
10 - 50	158,84
50 - 200	175,22
>200	37,44
Improductivo	3,16

Fuente: Autora

Como se observa en la tabla anterior la mayoría del área de estudio tiene pérdidas menores a 10 Ton/ha año (594,44km<sup>2</sup>), la mayoría de estos suelos se encuentran en zona de baja pendiente y tienen uso tanto forestal como agrícola y ganadero.

Las pérdidas de suelo mayores a 10 Ton/ha año se encuentran en zonas de gran pendiente y son suelos usados para cultivos y pastos para ganadería; en estos suelos los cultivos son a nivel, razón por la cual presentan grandes pérdidas de suelo.

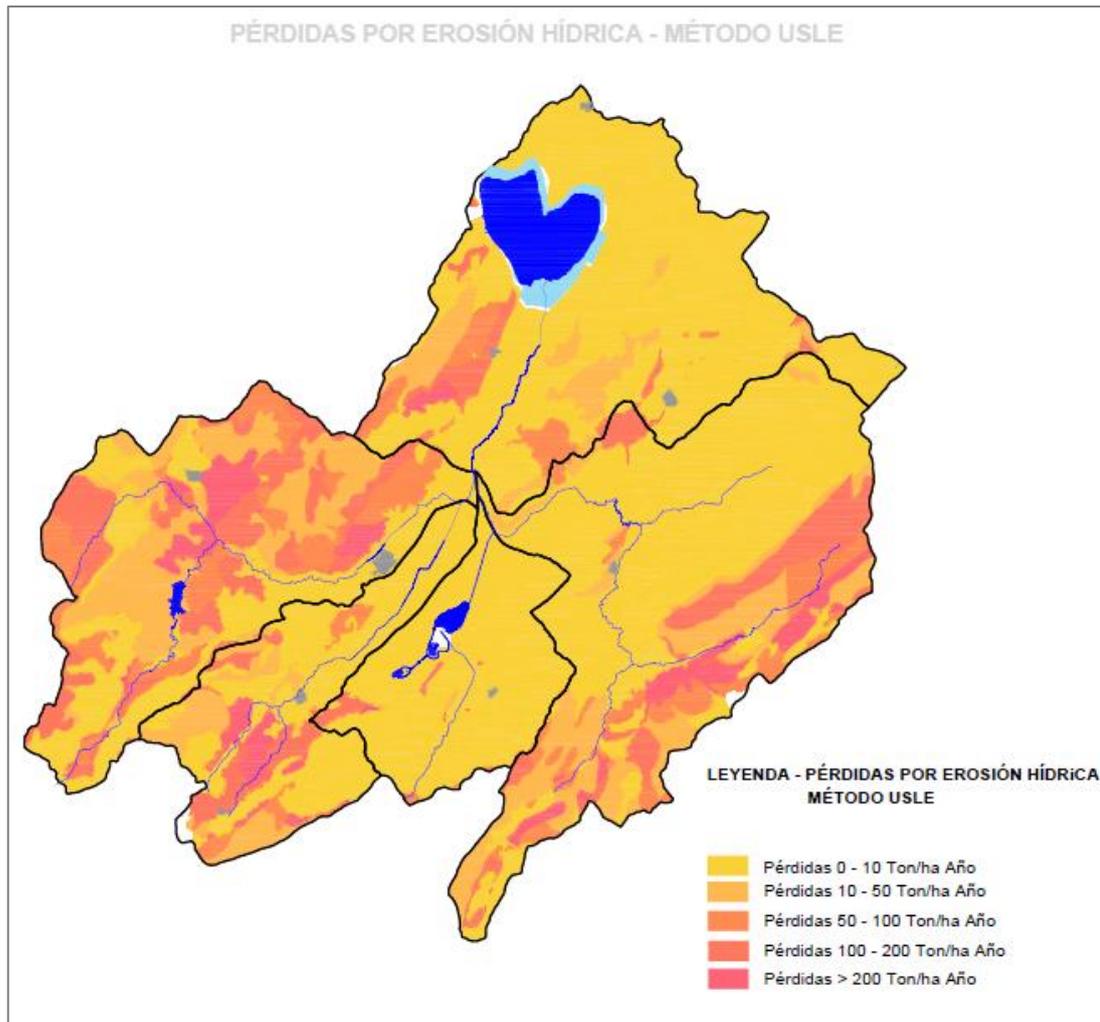


Figura 26. Mapa Pérdidas por erosión método USLE en la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene

Fuente: Autora

#### 4.1.7 Mapa de usos futuros con base a la ordenación de la cuenca

A partir del mapa de pérdidas de suelo, se puede hacer el nuevo mapa de Ordenación de los usos del suelo según el modelo USLE, teniendo en cuenta la siguiente tabla donde, se indican los niveles de erosión alcanzados en cada uso actual del suelo, comparando el valor de las pérdidas de suelo actuales  $A$ , con las pérdidas de suelo tolerables  $A_t$ , cuyo valor es establecido en 10 ton/ha año según la FAO, PNUMA y UNESCO.

Tabla 54. Ordenación de usos del suelo según el método USLE

Uso actual del suelo	Nivel de erosión	Uso futuro del suelo
Terrenos Forestales	$A < At$	Uso actual del suelo compatible
	$A > At$	Uso actual incompatible (es preciso sustituir o mejorar)
Terrenos agrícola	$A < At$	Uso actual compatible
	$A > At$	Uso compatible si se realizan práctica de conservación.
	$A^*P < At$	Uso compatible si se realizan práctica de conservación.
	$A > At$	Uso incompatible. Es preciso reclasificar
Improductivo	$A^*P > At$	Uso incompatible. Es preciso reclasificar
	No se considera	

Fuente: (Mintegui Aguirre & Robredo Sánchez, 2008)

Para la ordenación de la cuenca del Río Ubaté - Laguna de Fúquene se tuvo en cuenta el mapa de usos del suelo, y considerando los criterios de la tabla anterior, se proponen las siguientes actuaciones para llevar a cabo en la cuenca de estudio:

- a) Mantener el uso forestal
- b) Mantener el uso agrícola
- c) Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas
- d) Repoblación en zona forestal
- e) Cambio de usos agrícolas a forestales

En la siguiente tabla se muestra el área de cada actuación:

Tabla 55. Área de actuaciones para futuros usos de suelo en la cuenca de estudio

Actuación	Área (km <sup>2</sup> )	% Área
Mantener uso forestal	370,56	38,14
Mantener uso agrícola	244,88	24,69
Realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas	127,51	12,86
Repoblación zona forestal	14,20	1,43
Cambio de usos agrícolas a forestales	231,37	23,33

Fuente: Autora

Las actuaciones para futuros usos del suelo se dividen en acciones para la zona forestal y acciones de la zona agrícola; en este estudio los usos del suelo presentan más divisiones, las cuales serán agrupadas dentro de estos dos grupos.

Los usos del suelo que pertenecen a la zona forestal son: vegetación de páramo, bosque secundario, bosque plantado, matorral alto y bajo, misceláneo de bosques y pastos, misceláneo de bosque plantado y eriales, misceláneo de matorrales y pastos.

En la Tabla 55 se observa que las actuaciones para los suelos de uso forestal son dos, las cuales son mantener el uso forestal y la repoblación de la zona forestal, también se observa que mantener el uso forestal es la actividad con mayor porcentaje de área (38,14%) de la cuenca con un área de 370,56km<sup>2</sup>, y la repoblación de la zona forestal tiene la menor área 14,20km<sup>2</sup> (1,43%), de esto se puede deducir que la zona forestal está bien preservada, además que ya se han venido reforestado algunas zonas de la cuenca.

El área de la cuenca que se debe hacer la reforestación corresponde a la zona donde el uso del suelo es misceláneo entre bosque y pastos, entonces se debe aumentar la masa forestal en esta zona.

Las áreas que corresponden al uso agrícola y ganadero son: pastos manejados, pastos naturales, cultivos transitorios, misceláneo de matorrales y cultivos, misceláneo de cultivos y pastos y misceláneo de cultivos y pastos manejados.

En la tabla anterior se observa que las actuaciones para los suelos de uso agrícola son mantener el uso agrícola, realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas y por último hacer un cambio en el uso del suelo agrícola por forestal.

De estas tres actividades, el 24,69% del área de la cuenca puede mantener las actividades agropecuarias, estas zonas son de poca pendiente y, es donde se encuentran los pastos naturales y manejados usados en la ganadería mayoritariamente, esta zona se encuentra en la zona baja de la confluencia de los ríos Ubaté, Lenguaque, Suta y en las proximidades de la laguna de Fúquene.

El cambio de usos agrícolas a forestales tiene un porcentaje de 23,33% y un área de 231,37km<sup>2</sup>, y, son las zonas montañosas de gran pendiente, estas áreas se utilizan para la ganadería y la agricultura, los usos del suelo actualmente son pastos manejados, misceláneo de cultivos y pastos manejados, y misceláneo de cultivos y pastos naturales, por eso se propone cambiar estos usos y reforestar.

El área de la cuenca en la que se propone realizar prácticas de conservación en suelos agrícolas es de 127,51km<sup>2</sup> que es poca en comparación de las demás, las prácticas de conservación que se podrían llevar a cabo son realizar cultivos en fajas, o en terrazas, ya que en la zona los cultivos son a nivel y esta práctica de conservación es insuficiente para frenar los procesos erosivos.

El territorio donde el uso del suelo se considera incorrecto pertenece a misceláneo de cultivos y pastos ya sean manejados o naturales, y se encuentran en las laderas de las montañas y son de gran pendiente, suelos que pueden ser erosionados con las precipitaciones por no tener prácticas de conservación.

Del total del área de la cuenca 991,65 km<sup>2</sup>, aproximadamente el 63% de la cuenca puede mantener los usos actuales del suelo y el 37% es necesario cambiar o mejorar para evitar la pérdida de suelo y la erosión en la cuenca.

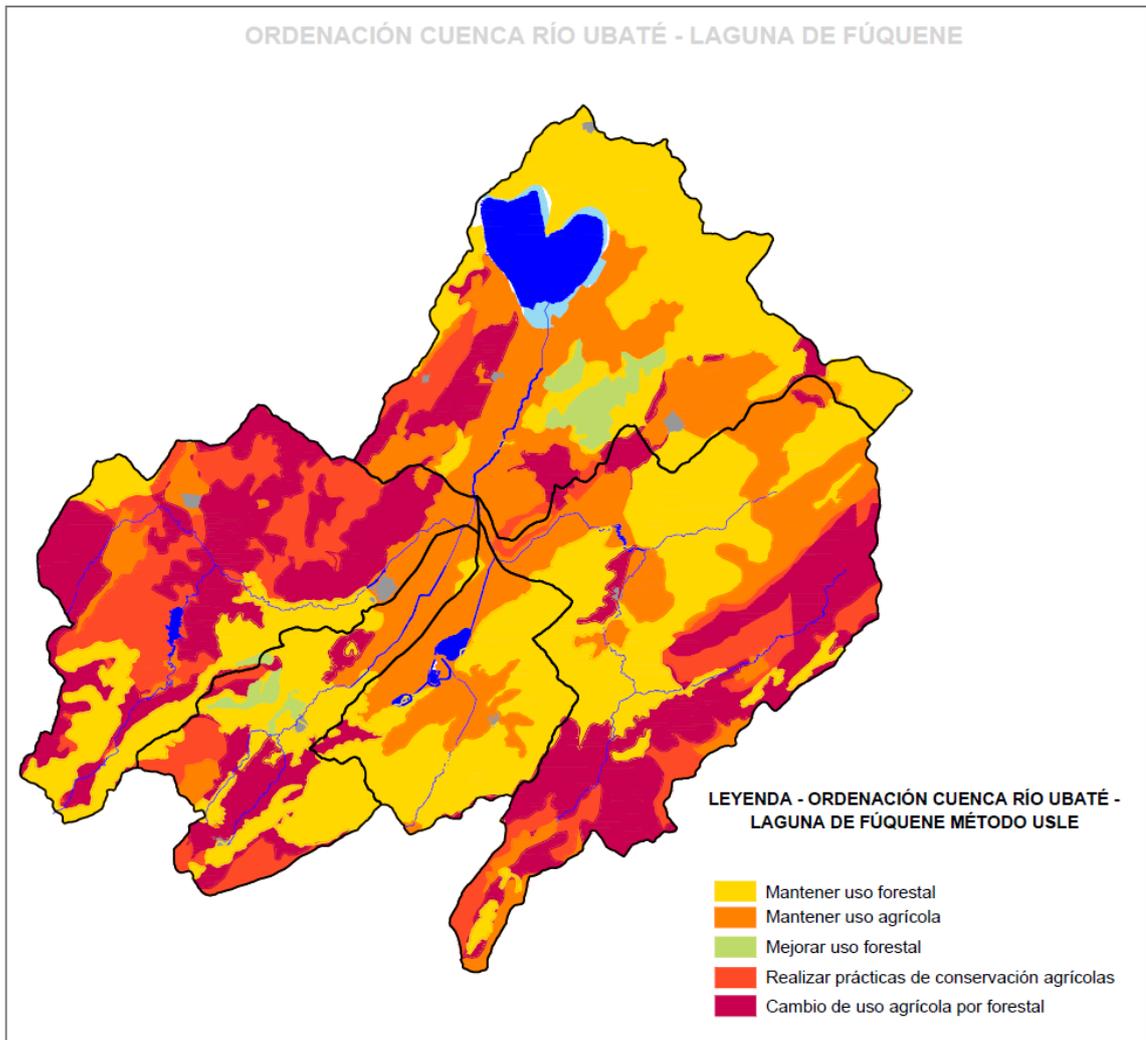


Figura 27. Mapa Futuros usos de suelo de la Ordenación de la cuenca Río Ubaté - Laguna de Fúquene  
Fuente: Autora

## 5 CONCLUSIONES

Se ha realizado la ordenación de la cuenca del río Ubaté - Laguna de Fúquene mediante el método de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) para evaluar la correcta asignación de usos del suelo en la cuenca en función de la pérdida de suelo generada por la erosión hídrica.

Según el método USLE, del total del área de la cuenca (991,65 km<sup>2</sup>), aproximadamente el 63% de la cuenca puede mantener los usos actuales del suelo y, en el 37% restante, es necesario cambiar o mejorar ya que son zonas montañosas de gran pendiente en donde se realizan actividades agropecuarias sin ninguna práctica de conservación.

Del 37% del territorio en los que actualmente el uso del suelo se considera incorrecto, se recomienda realizar prácticas de conservación de suelos en terrenos agrícolas en un total de 127,51 km<sup>2</sup> lo que representa el 12% de la superficie analizada y se considera necesario y conveniente el cambio de uso de terrenos agrícolas a forestales en un total de 231,37 km<sup>2</sup> que representan el 23,33% de la cuenca estudiada

Parte de los terrenos inundables de la cuenca son los constituidos por zonas de la laguna que se han dedicado a actividades agropecuarias. Este hecho no lo detecta la metodología USLE, pero la zona que pertenece a la laguna debe quedar libre de estas actividades para evitar inundaciones.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

Almorox, J. (s.f.). *Climatología aplicada al medio ambiente*. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/indicesclimaticos/indicessimples.pdf>

Almorox, J. (s.f.). *Climodiagramas*. Recuperado el 06 de Abril de 2016, de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas/gaussenclasificacionclimatica.pdf>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (21 de Abril de 2006). *Elaboración de los estudios de diagnóstico, prospectiva y formulación para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez (Departamento de Cundinamarca)*. Recuperado el Abril de 2016, de <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=2917>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2010). *Plan de manejo ambiental Reserva Forestal Protectora páramos de Telecom y Merchán*. Bogotá: CAR.

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2005). *Series de población 1985-2020 Colombia*. Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de <http://www.dane.gov.co>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2005). *Censo General 2005*. Bogotá: DANE.

Galvis Martin, D. X. (2008). *Estimación de la Generación de Sedimentos en la Cuenca Hidrográfica del Río Sisga con Base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo*. Bogotá: Universidad de la Salle.

González del Tánago, M. (1991). La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. Pasado, Presente y Futuro. *Ecología* (5), 13 - 50.

Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (s.f.). *La ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE)*. (U. P. Valencia, Ed.) Recuperado el 07 de Junio de 2016, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16849/AD%20USLE.pdf?sequence=1>

IDEAM . (31 de Diciembre de 2007). *Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia*. Recuperado el 2 de Marzo de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Modelo+Institucional+El+Ni%C3%B1o++La+Ni%C3%B1a.pdf>

IDEAM. (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: IDEAM.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2010). *Plan Participativo de Manejo y Conservación del macizo del Páramo de Rabanal*. Recuperado el 31 de Marzo de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/ecosistemas-estrategicos-2>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2005). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá*. Bogotá: IGAC.

Játiva Sáez, A. (Octubre de 2012). Desarrollo de un modelo conceptual de ordenación de cuencas en el ámbito mediterráneo mediante la comparación de metodologías clásicas. Aplicación a la cuenca de la rambla del Poyo (Valencia). España: Universidad Politécnica de Valencia.

Kirkby, M. J., & Morgan, R. (1994). *Erosión de suelos*. México D.F.: Limusa. Grupo Noriega Editores.

León Aristizaval, G. E., Eslava Ramirez, J. A., & Zea Mazo, J. A. (2000). Circulación general del trópico y la zona de confluencia. *Meteorología Colombiana* (1), 31-38.

Mintegui Aguirre, J. Á., & Robredo Sánchez, J. C. (2008). *Estrategias para el control de los fenómenos torrenciales y la ordenación sustentable de las aguas*,

suelos y bosques de las cuencas de montaña. Madrid: Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

Rojas, R. (Abril de 2009). *Hidrología Aplicada al Manejo de Cuencas*. Recuperado el 08 de Junio de 2016, de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf>

Torrent Bravo, J. A. (2015). La Erosión: Escala subnacional. La Ingeniería en los procesos de desertificación. *Intensificación ordenación, restauración y gestión de cuencas. Máster en Ingeniería Hidráulica y medio ambiente: UPV*, 42. España.

Universidad Militar Nueva Granada. (2009). *Plan de manejo ambiental DMI Juaitoque*. Bogotá: CAR.

Universidad Militar Nueva Granada. (2009). *Plan de Manejo Reserva Forestal Protectora El Robledal*. Bogotá: CAR.