

**ESTUDIO HIDROLOGICO Y DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA
DEL EMBALSE EL HATO COMO ALTERNATIVA DE CAPTACION DEL SISTEMA
DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE UBATE**

PEDRO JULIO BAREÑO MORENO

SANTIAGO EDUARDO RINCON CAICEDO

CRISTIAN DAVID CORTES ESCOBAR

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

BOGOTÁ D.C – 2017

**ESTUDIO HIDROLOGICO Y DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA
DEL EMBALSE EL HATO COMO ALTERNATIVA DE CAPTACION DEL SISTEMA
DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE UBATE**

PEDRO JULIO BAREÑO MORENO

SANTIAGO EDUARDO RINCON CAICEDO

CRISTIAN DAVID CORTES ESCOBAR

Trabajo de grado para obtener el título de especialista en Recursos Hídricos.

ASESOR: JESUS ERNESTO TORRES

INGENIERO CIVIL, MSC.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

BOGOTÁ D.C – 2017



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., diciembre de 2017

DEDICATORIA

Es el deseo de los autores dedicar este trabajo de grado a sus familias, amigos, compañeros de trabajo y estudio y demás personas de su entorno, que de una u otra manera les brindaron su apoyo y comprensión para sortear los momentos difíciles, desde su inicio hasta la culminación de este proceso como Ingenieros Especialistas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades civiles y municipales del Municipio de la Villa de San Diego de Ubaté-Cundinamarca, y a la Empresa de Servicios Públicos de Ubaté ENSERVILLA, por la información suministrada y por la autorización para hacer uso de estudios previos relacionados con el objetivo principal del presente trabajo de grado.

Los autores agradecen a la Universidad Católica de Colombia por la posibilidad de realizar el presente estudio, así como a su personal docente y administrativo de la especialización de Recursos Hídricos, por las orientaciones en el desarrollo del presente documento.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO	20
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2.1 Antecedentes del problema.....	20
1.2.2 Pregunta de investigación	22
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.4 OBJETIVOS.....	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos	23
2 MARCOS DE REFERENCIA	24
2.1 MARCO CONCEPTUAL	24
2.2 MARCO TEÓRICO	28
2.2.1 Caracterización morfométrica y fisiográfica de la cuenca	28
2.2.2 Modelo hidrológico	29
2.2.3 Modelo Lluvia-Escorrentía.....	30
2.2.4 Fenómenos del Niño y La Niña	31
2.2.5 Lista de Chequeo	32
2.2.6 Matriz Vicente Conesa Fernández Vitora	32
2.2.7 Índice de escasez	37
2.3 MARCO JURÍDICO.....	37
2.4 MARCO GEOGRÁFICO.....	39
2.4.1 Localización del municipio de Ubaté	39
2.4.2 Ubicación geográfica del Embalse.....	39
2.4.3 Descripción de la Cuenca.....	40
2.5 ESTADO DEL ARTE	41
3 METODOLOGÍA.....	44
3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO	44
3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	46

4	ESTUDIO HIDROLOGICO	47
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	48
4.2	MORFOLOGÍA DEL SISTEMA HÍDRICO	48
4.2.1	<i>Parámetros de la cuenca del embalse El Hato</i>	50
4.2.2	<i>Pendiente del cauce principal (Río Hato)</i>	51
4.2.3	<i>Elevación media de la cuenca</i>	53
4.2.4	<i>Curva Hipsométrica</i>	53
4.2.5	<i>Tiempo de Concentración (Tc)</i>	54
4.3	GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	56
4.4	ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN.....	58
4.4.1	<i>Selección de la información</i>	60
4.4.2	<i>Llenado de datos</i>	62
4.4.3	<i>Interpretación de la precipitación total en la cuenca</i>	66
4.4.4	<i>Interpretación de la precipitación por estaciones</i>	68
4.5	RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....	76
4.6	ESTUDIO DE CAUDALES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	80
5	ESTUDIO DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	83
5.1.1	<i>Clima</i>	84
5.1.2	<i>Temperatura</i>	84
5.1.3	<i>Evaporación</i>	86
5.1.4	<i>Humedad relativa</i>	89
5.1.5	<i>Evapotranspiración Potencial (ETP)</i>	91
6	BALANCE HIDRICO	94
6.1.1	<i>Balance hídrico en la cuenca del embalse El Hato</i>	96
6.1.2	<i>Estimación de la infiltración en la cuenca del Embalse El Hato</i>	100
7	ESTUDIO DE POBLACION	102
7.1	EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA	104
7.2	NIVEL DE COMPLEJIDAD	105
7.3	PERIODO DE DISEÑO.	105
8	CALCULO DE CAUDALES.....	107
8.1	DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	107

8.1.1	<i>Dotación Neta</i>	107
8.1.2	<i>Dotación neta futuro</i>	108
8.1.3	<i>Análisis y determinación del IANC</i>	108
8.1.4	<i>Dotación Bruta</i>	109
8.1.5	<i>Demandas de agua contra incendio</i>	115
8.1.6	<i>Dotaciones y Demandas del Municipio de Ubaté</i>	115
9	ÍNDICE DE ESCASEZ	118
10	COBERTURA VEGETAL	125
11	DIAGNOSTICO AMBIENTAL	127
11.1	MATRIZ CONESA FERNANDEZ	133
12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
	BIBLIOGRAFÍA	141
	ANEXOS	144

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE UBATÉ (CUNDINAMARCA).....	39
FIGURA 2-2. UBICACIÓN DEL EMBALSE EL HATO.....	40
FIGURA 4-1. PERFIL DEL CAUCE DEL RÍO HATO	52
FIGURA 4-2. CURVA HIPSOMÉTRICA. CUENCA EMBALSE EL HATO.....	54
FIGURA 4-3. MAPA GEOLÓGICO EN EL ÁREA DE LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (IGAC)	56
FIGURA 4-4. FALLAS GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (IGAC)	57
FIGURA 10-1. COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	125

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFÍA 1. BOCATOMA DEL ACUEDUCTO URBANO, MUNICIPIO DE UBATÉ (CUNDINAMARCA).	20
FOTOGRAFÍA 2. REMOCIÓN EN MASA EN PROXIMIDADES DE LA BOCATOMA DEL ACUEDUCTO URBANO, MUNICIPIO DE UBATÉ.	21
FOTOGRAFÍA 3. CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	76

LISTA DE GRAFICAS

GRÁFICA 4-1. ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA LA ESTACIÓN HOSPITAL CARUPA	63
GRÁFICA 4-2. ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA LA ESTACIÓN EL HATO No.1	64
GRÁFICA 4-3. ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA LA ESTACIÓN EL HATO No.2	64
GRÁFICA 4-4. ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA LA ESTACIÓN EL HATO No.3	65
GRÁFICA 4-5. ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA LA ESTACIÓN EL HATO No.6	65
GRÁFICA 4-6. ANÁLISIS DE DOBLE MASA PARA LA ESTACIÓN EL HATO No.7	66
GRÁFICA 4-7. DISTRIBUCIÓN TOTAL ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	67
GRÁFICA 4-8. DISTRIBUCIÓN MODAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	68
GRÁFICA 4-9. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE ESTUDIO (1973-2013). ESTACIÓN HOSPITAL CARUPA.	69
GRÁFICA 4-10. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE ESTUDIO (1973-2013). ESTACIÓN EL HATO No.1.	70
GRÁFICA 4-11. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE ESTUDIO (1973-2013). ESTACIÓN EL HATO No.2.	71
GRÁFICA 4-12. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE ESTUDIO (1973-2013). ESTACIÓN EL HATO No.3.	72
GRÁFICA 4-13. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE ESTUDIO (1973-2013). ESTACIÓN EL HATO No. 6	73
GRÁFICA 4-14. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE ESTUDIO (1973-2013). ESTACIÓN EL HATO No. 7	74
GRÁFICA 4-15. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL EN LAS ESTACIONES PRESENTES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.	75
GRÁFICA 4-16. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN HOSPITAL CARUPA.....	77
GRÁFICA 4-17. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN EL HATO No.2.....	78
GRÁFICA 4-18. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN EL HATO No.3.....	78
GRÁFICA 4-19. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN EL HATO No.7.....	79
GRÁFICA 4-20. PRECIPITACIÓN TOTAL MULTIANUAL POR ESTACIONES, PARA LOS PERIODOS ESTUDIADOS.....	80
GRÁFICA 4-21. CAUDALES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS. ESTACIÓN EL HATO-2401798.....	81
GRÁFICA 4-22. DISTRIBUCIÓN MENSUAL MULTIANUAL DE CAUDALES (M3/S). ESTACIÓN EL HATO- 2401798.	81
GRÁFICA 4-23. CAUDAL VS. PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	82
GRÁFICA 5-1. DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA (°C), EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.	86
GRÁFICA 5-2. DISTRIBUCIÓN MENSUAL MULTIANUAL, CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013)	88

GRÁFICA 5-3. DISTRIBUCIÓN DE LA EVAPORACIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013).....	89
GRÁFICA 5-4. DISTRIBUCIÓN MENSUAL MULTIANUAL DE LA HUMEDAD RELATIVA EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013)	91
GRÁFICA 5-5. DISTRIBUCIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA EN LAS ESTACIONES DE LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013).....	91
GRÁFICA 5-6. VALORES TOTALES MULTIANUALES DE ETP PARA LA REGIÓN DEL EMBALSE EL HATO	92
GRÁFICA 5-7. DISTRIBUCIÓN MENSUAL MULTIANUAL DE LA ETP POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE. REGIÓN DEL EMBALSE EL HATO	93
GRÁFICA 6-1. REPRESENTACIÓN DEL AÑO HIDROLÓGICO A PARTIR DE LOS VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (1973-2013).....	95
GRÁFICA 6-2. VARIABLES ANALIZADAS EN EL BALANCE HÍDRICO.	97
GRÁFICA 6-3. SEPARACIÓN DE CAUDALES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	99
GRÁFICA 6-4. RELACIÓN ENTRE PRECIPITACIÓN (MM), BALANCE HÍDRICO Y CAUDAL DISPONIBLE EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	99
GRÁFICA 6-5. COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	101
GRÁFICA 8-1. CAUDAL MÁXIMO DIARIO	113
GRÁFICA 8-2. PROYECCIÓN DE PERDIDAS EN EL SISTEMA.....	114
GRÁFICA 8-3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO	117
GRÁFICA 9-1. OFERTA – DEMANDA SERIE DE CAUDALES MEDIOS	121
GRÁFICA 9-2. OFERTA – DEMANDA SERIE DE CAUDALES MAXIMOS.....	122
GRÁFICA 10-1. DIVISIÓN DE LA CONFORMACIÓN DEL USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	126
GRÁFICA 11-1. COMPONENTE FAUNA	129
GRÁFICA 11-2. COMPONENTE FLORA.....	130
GRÁFICA 11-3. COMPONENTE AGUA.....	130
GRÁFICA 11-4. COMPONENTE AIRE.....	131
GRÁFICA 11-5. COMPONENTE SUELO.....	132
GRÁFICA 11-6. COMPONENTE PAISAJE.....	132
GRÁFICA 11-7. COMPONENTE COMUNIDAD	133

LISTA DE TABLAS

TABLA 2-1. RANGO Y VALORES DE IMPORTANCIA PARA IMPACTOS NEGATIVOS.	36
TABLA 2-2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	37
TABLA 3-1. ACTIVIDADES A REALIZAR EN DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	45
TABLA 4-1. RESUMEN DE LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS.....	50
TABLA 4-2. CLASIFICACIÓN DE LAS PENDIENTES DE UNA CUENCA.....	52
TABLA 4-3. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO PARA LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	55
TABLA 4-4. ESTACIONES LOCALIZADAS EN LA CUENCA O EN INMEDIACIONES A LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO .	59
TABLA 4-5. DISTANCIA ENTRE LAS ESTACIONES LOCALIZADAS EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.....	62
TABLA 4-6. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS TOTALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN HOSPITAL CARUPA (1973-2013).....	69
TABLA 4-7. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS TOTALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN EL HATO No. 1 (1973-2013).....	69
TABLA 4-8. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS TOTALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN EL HATO No. 2 (1973-2013).....	70
TABLA 4-9. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS TOTALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN EL HATO No. 3 (1973-2013).....	71
TABLA 4-10. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS TOTALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN EL HATO No.6 (1973-2013)	72
TABLA 4-11. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS TOTALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN EL HATO No.7 (1973-2013)	73
TABLA 4-12. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA LAS ESTACIONES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO. PERIODO (1973-2013)	75
TABLA 4-13. REGISTROS DE PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN HOSPITAL CARUPA	77
TABLA 4-14. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN EL HATO No.2.....	77
TABLA 4-15. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN EL HATO No.3.....	78
TABLA 4-16. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN EN SERIES DE 10 AÑOS. ESTACIÓN EL HATO No.7.....	79
TABLA 4-17. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE CAUDALES (M ³ /S). ESTACIÓN EL HATO -2401798.	80
TABLA 5-1. (A) ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO DEL CLIMA, EN INMEDIACIONES DEL EMBALSE EL HATO. CAR CUNDINAMARCA.....	83
TABLA 5-2. (B) ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO DEL CLIMA, EN INMEDIACIONES DEL EMBALSE EL HATO. CAR CUNDINAMARCA.....	83
TABLA 5-3. TEMPERATURA MEDIA ANUAL MULTIANUAL. CUENCA DEL EMBALSE EL HATO	85

TABLA 5-4. VALORES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE EVAPORACIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013)	88
TABLA 5-5. VALORE MEDIOS, MÁXIMOS, MÍNIMOS DE HUMEDAD RELATIVA. CUENCA EMBALSE EL HATO (1973-2013)	90
TABLA 5-6. COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA LA ETP POR DIFERENTES MÉTODOS INDIRECTOS	92
TABLA 5-7. VALORES DE LA ETP MENSUAL MULTIANUAL PARA LA REGIÓN DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013)	93
TABLA 6-1. VALORES DE LA ETP POR MÉTODOS INDIRECTOS	94
TABLA 6-2. ETP MEDIA MENSUAL MULTIANUAL POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE	95
TABLA 6-3. AÑO HIDROLÓGICO EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.	95
TABLA 6-4. BALANCE HÍDRICO PARA LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.	96
TABLA 6-5. ESCORRENTÍA MEDIA CALCULADA POR MES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO (1973-2013)	97
TABLA 6-6. SEPARACIÓN DE CAUDALES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO.	98
TABLA 6-7. CONSIDERACIONES EN EL CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN	100
TABLA 6-8. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN	100
TABLA 7-1 POBLACIÓN ESTIMADA MUNICIPIO DE UBATÉ	102
TABLA 7-2. ESTRATIFICACIÓN USUARIOS	104
TABLA 7-3 NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA (TABLA A.3.1 - RAS 2000)	105
TABLA 7-4 PERIODO DE DISEÑO (TABLA NÚMERO 10 – RESOLUCIÓN 2320)	106
TABLA 8-1. CAUDAL FACTURADO (MAR-ABR 2017) (59 DÍAS)	107
TABLA 8-2. DOTACIÓN NETA MÁXIMA (RES. 0330).	108
TABLA 8-3. VOLUMEN PRODUCIDO	109
TABLA 8-4. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, DOTACIONES Y DEMANDAS MÁXIMAS RESIDENCIAL	112
TABLA 8-5. PROYECCIÓN DE PÉRDIDAS	113
TABLA 8-6. PROYECCIÓN DE DEMANDAS USO COMERCIAL, INDUSTRIAL Y OFICIAL	114
TABLA 8-7. PROYECCIÓN DOTACIÓN Y DEMANDAS MÁXIMAS.	116
TABLA 9-1 CATEGORIAS E INTERPRETACION DEL INDICE DE ESCASEZ	118
TABLA 9-2 ÍNDICE DE ESCASEZ CON SERIE DE CAUDALES MÍNIMOS	120
TABLA 9-3 ÍNDICE DE ESCASEZ CON SERIE DE CAUDALES MEDIOS	121
TABLA 9-4 ÍNDICE DE ESCASEZ CON SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS	122
TABLA 9-5 COMPARACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL EMBALSE EL HATO PARA LA SERIE DE CAUDALES MÍNIMOS	123
TABLA 9-6 COMPARACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL EMBALSE EL HATO PARA LA SERIE DE CAUDALES MEDIOS	123

TABLA 9-7 COMPARACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL EMBALSE EL HATO PARA LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS	123
TABLA 11-1 LISTA DE CHEQUEO	127
TABLA 11-2 LISTA DE CHEQUEO	128
TABLA 11-3 MATRIZ CONESA FERNANDEZ.....	135
TABLA 11-4 CONSOLIDACION DE LOS RESULTADOS DE LA MATRIZ CONESA FERNANDEZ	137

RESUMEN

El presente trabajo de grado, se concentró en determinar de manera clara y precisa, la posibilidad de utilizar como alternativa de captación el Embalse El Hato, ubicado en el municipio de Carmen de Carupa (Cundinamarca), para el acueducto municipal del municipio de la Villa de San Diego de Ubaté.

Como parte de las actividades adelantadas para lograr el objetivo principal y los objetivos específicos del proyecto, se analizó la morfometría de la cuenca y se recopiló la información climatológica de las estaciones presentes en la cuenca y en sus alrededores. Así mismo se consultaron otros estudios realizados en la región y finalmente se realizaron varias visitas de campo, para realizar observaciones directas de los procesos analizados desde el punto de vista hidrológico y ambiental en el área de estudio.

Con la información de las estaciones de la CAR y el IDEAM, se realizó un estudio detallado de la calidad de los datos en cuanto a extensión de los registros y la validez de los datos, mediante procesos estadísticos propios de la hidrología y validados para este tipo de estudios.

Finalmente haciendo una composición de las temáticas tratadas, se compone un balance hídrico y se determina la disponibilidad promedio de agua en el embalse, la demanda del recurso para consumo humano y las posibles afectaciones sobre el ambiente de la cuenca.

Palabras clave: El Hato, Estudio Hidrológico, Ubaté, Demanda, Oferta.

ABSTRACT

The present post degree Project is focused on determining clearly and precisely the possibility of using El Hato reservoir as alternative water catchment system, located in the municipality of Carmen de Curupa (Cundinamarca), for the municipal aqueduct of La Villa de San Diego de Ubaté.

As part of the activities executed to achieve the main objective as well as the specific objectives, the morphometry of the watershed was analyzed and the climatological information of the stations present in the basin and its surroundings was collected. Additionally other studies performed in the region were also consulted and finally several field visits were carried out to do direct observations of the processes analyzed from the hydrological and environmental point of view in the mentioned area.

With the information collected from the climatological stations CAR and IDEAM, a detailed research of the quality of the data was performed in terms of extension of the records and their validity.

Finally, making a composition with all the topics involved, a water balance was made and the average availability of water in the reservoir was determined as well as the demand of the resource for human consumption and the possible effects on the environment of the basin.

Key words: El Hato, Hydrological study, Ubaté, Demand

INTRODUCCIÓN

El presente estudio comprende la evaluación hidrológica y el diagnóstico ambiental de la cuenca del embalse El Hato, esto con el fin de determinar si es una fuente viable para ser utilizada como fuente de captación del sistema de acueducto del municipio de Ubaté, con el propósito de garantizar el suministro de agua potable a una población estimada de 30.000 habitantes, sin causar un impacto negativo en el ecosistema.

La cuenca se evaluará con el fin de identificar los niveles máximos y mínimos del embalse con ayuda de los registros de estaciones meteorológicas e hidrológicas, que se encuentran en el área de la cuenca del embalse o en inmediaciones a esta, así como se utilizarán los registros de caudal obtenidos de las estaciones limnimétricas y limnigráficas presentes en los ríos que surten y se abastecen del embalse.

1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión y Tecnologías para la Sustentabilidad de las Comunidades.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Antecedentes del problema

Actualmente la infraestructura de captación del sistema de acueducto del municipio de Ubaté se encuentra localizada sobre el río Ubaté, en la vereda Sucunchoque, del mismo municipio, ésta se constituye como una captación dique toma; en estudios previos solicitados por las empresa de servicios públicos (Duran, 2016), se evidenció que su localización pone en riesgo el suministro del líquido para dicha población, ya que los taludes periféricos a la misma presentan alta inestabilidad convirtiéndose en una continua amenaza por fenómenos de remoción en masa, en particular en las temporadas de lluvia, las cuales actúan como factor detonante de dichos fenómenos naturales.

Fotografía 1. Bocatoma del acueducto urbano, Municipio de Ubaté (Cundinamarca).



Fuente. Empresa de servicios Públicos municipio de Ubaté - Cundinamarca

En el año 2012 la gobernación de Cundinamarca, declara la alerta naranja y ordena el Monitoreo permanente, evacuación de dos familias, protección de la bocatoma y la conformación de una comisión del Servicio Geológico Colombiano, con el fin de realizar un diagnóstico de la remoción del agrietamiento en la corona de la montaña, en la vereda Sucunchoque, del municipio de Ubaté.

Fotografía 2. Remoción en masa en proximidades de la bocatoma del acueducto urbano, Municipio de Ubaté.



Fuente. Empresa de servicios Públicos municipio de Ubaté - Cundinamarca

Según los expertos del momento, el graneado que estaba cayendo, fácilmente oscilaba por encima de las 5.000 toneladas de material e incluso se llegó a pensar que se podría desprender una masa de mayor volumen; la misma presión de tierra indujo a que los árboles (pinos) cayeran y que la tierra se corriera 2 metros hacia el centro del río Ubaté. La Administración Departamental, en coordinación con la Alcaldía municipal, gestionó ante la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo una planta de tratamiento de agua potable, la cual se tendría a disposición como medida preventiva en caso de presentarse una emergencia y colapsara la bocatoma por la cercanía al sitio crítico.

1.2.2 Pregunta de investigación

¿Desde el punto de vista hidrológico y ambiental, puede el Embalse el Hato ser una alternativa de Captación para el sistema de acueducto del municipio de Ubaté?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el punto de captación del acueducto urbano del municipio de Ubaté, se presenta un fenómeno de inestabilidad geotécnica y de erosión constante, las cuales en algún momento pueden causar el taponamiento de la bocatoma, además de eso, en la actualidad presenta un incremento sustancial en el número de población residente de manera permanente en el casco urbano, por estos motivos se hace evidente proyectar nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable, ante posibles fenómenos de desabastecimiento que se puedan presentar.

En vista de lo anterior la administración municipal y la Empresa de Servicios públicos del municipio EMSERVILLA SA ESP han venido adelantado gestiones encaminadas a suplir la creciente demanda del recurso hídrico, de la mano con autoridades del orden regional y nacional, como la CAR y el Ministerio del Medio Ambiente.

Dentro de las iniciativas propuestas por la entidad municipal, se contrató el estudio y modelación de la red hidráulica desde el embalse del Hato, hasta la planta de Tratamiento en cercanías del casco urbano, así como la actualización del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado del municipio y la consultoría especializada en ajustar, presentar y atender los requerimientos por parte de Empresas Públicas de Cundinamarca y/o la ventanilla única del Ministerio de Vivienda al proyecto Traslado sitio de captación o bocatoma del acueducto urbano del municipio de Ubaté.

La presente propuesta, busca evaluar desde el punto de vista Hidrológico y ambiental, la capacidad que tiene la cuenca y del embalse para ser usado como fuente de abastecimiento para la población objetivo, dentro del horizonte del proyecto de 25 años. Lo anterior, usando como insumo básico los registros de información climatológica y ambiental existente de la cuenca del embalse y de las cuencas vecinas, que aporten información de la dinámica climatológica y ambiental de la región. Hipótesis (en caso de ser necesario).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar el estudio hidrológico y ambiental de la cuenca del embalse el Hato con el fin de determinar su viabilidad como sitio de captación del sistema de acueducto del municipio de Ubaté.

1.4.2 Objetivos específicos

Identificar los niveles máximos y mínimos del embalse con el fin de analizar los estados críticos del mismo en temporadas secas y en períodos de invierno.

Evaluar el caudal que aporta el río que surte el Embalse con el fin de conocer su comportamiento en los diferentes períodos del año.

Diagnosticar los posibles y más relevantes impactos sobre la cuenca generados por los fenómenos del “Niño” y la “Niña”

Reconocer posibles impactos ambientales generados por actividades circundantes a la cuenca del embalse.

2 MARCOS DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

En desarrollo del presente trabajo de grado, se abordan temáticas específicas del área de la ingeniería, en especial las que tienen que ver con la hidrología, la estadística, el medio ambiente y la modelación de sistemas hidrológicos mediante el uso de herramientas digitales.

A continuación se presentan las definiciones generales, dentro de las cuales se desarrolla la temática del presente estudio:

Aspecto Ambiental: “Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente” (Secretaría Distrital de Integración Social, 2013).

Balance hidrológico: “Relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico”. (IDEAM, Estudio Nacional del Agua , 2010).

Caudal: “Corresponde al volumen de agua que pasa instantáneamente por la sección de aforos en la unidad de tiempo y se expresa en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o en litros por segundo (l/s), cuando se manejan pequeñas magnitudes. Las mediciones de caudal están orientadas a conocer las características geométricas e hidráulicas del cauce en diferentes estados hidrológicos, asociados con las temporadas de lluvias. El caudal en una corriente de agua es función del área de la sección de aforos (A) y de la velocidad media del flujo (V) y se obtiene mediante el producto de estas dos variables: $Q = V * A$.” (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007).

Ciclo hidrológico: “Comprende la entrada, el almacenamiento y la salida de aguas en la hidrosfera, litosfera y atmósfera.” (IDEAM, Estudio Nacional del Agua , 2010).

Condensación: “Transición del agua de la fase de vapor a la líquida.” (Monsalve G. , 2014).

Contaminación: “Alteración de un hábitat por incorporación de sustancias extrañas capaces de hacerlo menos favorable para los seres que lo pueblan” (SENA, 1998).

Cuenca Hidrográfica: “Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar” (Decreto. 1729 de 2009 art 1).

Curvas de gastos: “Corresponde a la expresión gráfica de la relación existente entre niveles del agua y los caudales de la corriente, generalmente en régimen permanente. Esta relación se puede determinar una vez se hayan obtenido aforos suficientes que representen toda la gama de variación de los niveles de la corriente de agua.” (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007).

DEM: “Es una representación gráfica de una superficie continua, usualmente referida como una superficie de la tierra. La precisión de estos datos es determinada primariamente por resolución del modelo y resulta de vital importancia para la determinación de la dirección de flujo del agua. Existen muchos modelos de elevación en la web, los cuales se pueden descargar de forma gratuita.” (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007).

Diagnóstico Ambiental: “Evaluación de un sistema ambiental a través del análisis de sus interrelaciones.” (SENA, 1998).

Embalse: “Los embalses son obras hidráulicas que permiten la utilización del recurso hídrico, que a partir de su almacenamiento y asignación para los diferentes usos que se le puede dar: la agricultura, generación de energía eléctrica, agua potable para usos industriales y domésticos, control de avenidas, turismo y otros.” (Enríquez Beck, 2016).

Escorrentía: “Parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno (escorrentía superficial) o por debajo de aquél” (escorrentía subterránea). (Monsalve G. , 2014).

Estación hidrológica: “Conjunto de elementos, instrumentos y/o sensores, que sirve para medir los niveles y estimar caudales en una sección de río o canal, a lo largo del tiempo. Estiman el caudal midiendo la elevación de la superficie del agua en el canal. Ésta se compara entonces con una tabla o gráfico conocido como la relación nivel-caudal o curva de gastos, que se compone de mediciones manuales del caudal y la altura correspondiente de la superficie del agua, para obtener una estimación instantánea del caudal fluvial.” (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007).

Estación Limnimétrica: “Estación Hidrométrica que sólo cuenta con un instrumental de medición denominada limnómetro (escala o mira) que registra el nivel del río respecto a una referencia fija.” (Enríquez Beck, 2016).

Estación Limnigráfica: “Es una estación fija que además de contar con un limnómetro o regla, tiene además un limnógrafo, el cual registra las variaciones del nivel del agua en la sección de control en forma continua, y debe mantener coincidencia con el nivel del limnómetro.” (Vera Hernández, 2002).

Estación meteorológica: “Conjunto de elementos, instrumentos y/o sensores, que sirve para medir las variables atmosféricas como precipitación, temperatura y evaporación,

entre otras, a lo largo del tiempo.” (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007).

Evaporación de agua: “Emisión de vapor de agua por una superficie libre a temperatura inferior a su punto de ebullición.” (Monsalve G. , 2014).

Evapotranspiración: “Cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas.” (Monsalve G. , 2014).

Filtración: “Movimiento y paso de agua alrededor de estructuras.” (Monsalve G. , 2014).

Flujo subsuperficial: “Flujo que se presenta inmediatamente por debajo de la superficie del terreno.” (Monsalve G. , 2014).

Infiltración: “Formación de un paso de agua en forma de conducto a través de materiales naturales o artificiales, cuando las resultantes de todas las fuerzas que actúan sobre las partículas de suelo tienen una componente vertical en el sentido de la gravedad.” (Monsalve G. , 2014).

Impacto Ambiental: “Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad.” (Decreto 1076, 2015).

Intercepción: “Proceso por el cual la precipitación es detenida y retenida por la vegetación y estructuras, precipitación que se pierde por evaporación y transpiración antes de penetrar en el suelo.” (Monsalve G. , 2014).

Nivel: “Se denomina nivel del agua en una corriente (río, quebrada, arroyo, caño) o en un cuerpo de agua (ciénaga, lago, laguna, embalse), a la elevación o altura de la superficie del agua en un punto determinado, el cual está ligado topográficamente a un origen de referencia identificado con una cota arbitraria o al nivel medio del mar.” (IDEAM, Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua, 2007).

Percolación: “Flujo de líquido a través de un medio poroso, por ejemplo de agua en el suelo, bajo la acción de gradientes hidráulicos moderados; principalmente es un flujo debido a la acción de la gravedad.” (Monsalve G. , 2014).

Precipitación: “Agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo.” (Monsalve G. , 2014).

Transpiración: “Proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor.” (Monsalve G. , 2014).

2.2 MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del estudio y análisis del presente trabajo investigativo se utilizarán las siguientes temáticas:

2.2.1 Caracterización morfométrica y fisiográfica de la cuenca

El análisis morfométrico de la red hidrográfica de un área de estudio permite identificar y delimitar los rasgos físicos e hidráulicos que han modelado la zona a lo largo de los años, brindando información acerca del comportamiento de las fuentes presentes en el área y de su posibilidad de aprovechamiento y uso como resultado de las características que la componen. Los factores genéticos del régimen hidrológico más conocidos son los siguientes (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007):

- a) La red hidrográfica, indicada en la mayoría de los mapas topográficos;
- b) Las características geomorfológicas, especialmente las morfométricas, las cuales se pueden analizar y determinar directamente en los mapas topográficos;
- c) Algunas características del régimen climático, como isoyetas e isotermas que se presentan en mapas climáticos y meteorológicos especiales;
- d) Características fisiográficas generales, como la litología, los suelos, la vegetación, etc.

En el presente estudio se analizan las principales características fisiográficas, como son el área, las coberturas vegetales, la pendiente media, la longitud del río principal, entre otras. (IDEAM, Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007). Dichas características en asociación con los registros de las estaciones hidro-meteorológicas permiten analizar la cuenca y construir un estudio hidrológico que describa los procesos medio-ambientales presentes en la cuenca de interés. En desarrollo del estudio hidrológico se utilizarán las temáticas propuestas por autores como (Chow, 1994) y (Monsalve G. , 1999), con el fin de estimar de manera clara y precisa las condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico, necesario para suplir la demanda de los ecosistemas y usuarios presentes en la cuenca.

De igual forma se tendrán en cuenta aspectos relevantes del clima, como son las condiciones en que se presenta la precipitación, la radiación solar, el viento, la Evapotranspiración, entre otras.

2.2.2 Modelo hidrológico

Un modelo hidrológico es pues una representación simplificada de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. De manera matemática, el sistema real está representado por una expresión analítica (IDEAM, 2014).

En un modelo hidrológico, el sistema físico real que generalmente representamos es la “cuenca hidrográfica” y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. De esta manera un modelo matemático nos ayudará a tomar decisiones en materia de hidrología, por lo que es necesario tener conocimiento de entradas al sistema y salidas a partir del sistema, para verificar si el modelo es representativo del prototipo.

La salida de los modelos hidrológicos varía dependiendo de las metas y objetivos del modelo. Algunos modelos se utilizan para predecir los totales mensuales de escorrentía, mientras que otros están diseñados para ver a las tormentas individuales. El resultado más común es el hidrograma o hidrograma de escurrimiento (IDEAM, 2014).

2.2.3 Modelo Lluvia-Escorrentía

Los modelos de escorrentía son una representación del escurrimiento superficial, el cual hace parte del ciclo hidrológico, estos modelos se usan principalmente para entender el comportamiento del escurrimiento y determinar futuros escenarios con caudales modelados, que permiten estimar estructuras hidráulicas utilizadas para regular el uso del recurso hídrico y el control de inundaciones ante eventos torrenciales. El modelo de lluvia- escorrentía considera de manera conceptual los procesos físicos en las cuencas como son; la infiltración, evaporación, flujo subsuperficial y flujo subterráneo (Talero, 2016).

Los modelos matemáticos de escorrentía se pueden clasificar como modelos estadísticos, empíricos, conceptuales, de transporte y compuestos. Dentro de los modelos matemáticos desarrollados se encuentra el método del Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América (SCS), denominado el Número de Curva de escorrentía (CN). Este método es diseñado para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta (Chow, 1994), las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha. En este método, la profundidad de escorrentía es una función de la profundidad total de precipitación, y de un parámetro de abstracción referido al número de

curva de escurrentía (Monsalve G. , 2014). El CN puede adoptar valores en un rango entre 1 y 100, siendo este número definido por el tipo de suelo hidrológico, utilización y tratamiento del suelo, condiciones de la superficie del terreno y condición de humedad antecedente del suelo (Chow, 1994).

2.2.4 Fenómenos del Niño y La Niña

El fenómeno de “El Niño” consiste en un calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico tropical oriental, localizado entre la costa de América del Sur y la línea de fecha internacional 4 (línea de 180°, Figura 7.1), que persiste en promedio durante doce meses, con una recurrencia de 2 a 7 años. Esta anomalía oceanográfica de calentamientos sistemáticos está vinculada a cambios en las condiciones atmosféricas a escala casi mundial. La intensidad del fenómeno depende, en gran medida, de la magnitud de las anomalías océano-atmósfera y del área cubierta por estas sobre el Pacífico tropical.

El término “La Niña” se usa para designar a la oscilación de la temperatura del océano tropical en el sentido opuesto. Las características de La Niña son más frías que las condiciones normales en el Pacífico oriental, y más húmedas y más cálidas que las condiciones normales en el Pacífico en la zona oeste (IDEAM, Estudio Nacional del Agua , 2010).

Estos fenómenos en la actualidad desencadenan períodos muy secos en el caso del fenómeno de “El niño”, alternados de otros muy húmedos en el caso del fenómeno de “La niña”. Estos fenómenos se han estado incrementando en cuanto a la frecuencia de ocurrencia, así como en la intensidad con que se presentan los eventos de precipitación, al igual que las temporadas secas con aumento de la temperatura ambiente. Durante los eventos de fuertes precipitaciones se desencadenan procesos de remoción en masa e inundaciones masivas, así como fuertes sequías y desabastecimiento de los centros poblados y rurales.

2.2.5 Lista de Chequeo

Son un método de identificación muy simple, por lo que se usa para evaluaciones preliminares. Sirven primordialmente para llamar la atención sobre los impactos más importantes que puedan tener lugar como consecuencia de la realización del proyecto. Sobre una lista de efectos y acciones específica se marcarán las interacciones más relevantes, bien por medio de una pequeña escala que puede ir de +2 a - 2, bien por cualquier otro baremo sencillo. Estas listas irán acompañadas de un informe detallado de los factores ambientales considerados, constituyendo en si el estudio de evaluación más que las mencionadas listas. (Fernández Vitor, Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, 1993).

2.2.6 Matriz Vicente Conesa Fernández Vitor

La matriz de impactos, que es de tipo causa-efecto, consistirá en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones impactantes y dispuestas en filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos.

Entre muchas acciones susceptibles de producir impactos, se establecerán dos relaciones definitivas, una para cada período de interés considerado, es decir, acciones susceptibles de producir impactos durante la fase de construcción o instalación y acciones que pueden ser causa de impactos durante la fase de funcionamiento o explotación, o sea, con el proyecto ejecutado.

Estas acciones y sus efectos han de quedar determinados al menos en intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en que intervienen en el proceso (Fernández Vitor, Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, 1993).

La ecuación propuesta por el autor arrojan un resultado numérico, que corresponden a la importancia del impacto, posteriormente establece un rango de 0-100 y a los cuatro rangos propuestos le asigna la clase de efecto que hace referencia a si es compatible, moderado, crítico o severo y a su vez establece un color para cada uno (Fernández Vitora, Guía Metodológica para La Evaluación de Impacto Ambiental, 2010), como se observa a continuación:

ECUACIÓN

$$(I= +/- [3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC]),$$

- **Naturaleza (N)**

Orden del impacto generado en carácter positivo o negativo.

- **Extensión (EX)**

Área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto.

Puntual: 1

Local: 2

Extenso: 4

Total: 8

Crítico:(+4)

- **Intensidad (I)**

Representa la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto.

Baja: 1

Media: 2

Alta: 4

Muy alta: 8

Total: 12

- **Momento (MO)**

El plazo de manifestación del impacto se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el medio considerado.

Largo plazo: 1

Mediano plazo: 2

Corto plazo: 4

Inmediato: 4

Critico:(+4)

- **Persistencia (PE) Permanencia del efecto**

Tiempo de permanencia del efecto desde la aparición, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctivas.

Fugaz: 1

Temporal: 2

Permanente: 4

- **Reversibilidad (RV)**

Posibilidad de construcción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.

Corto Plazo: 1

Mediano Plazo: 2

Irreversible: 4

- **Sinergia (SI)**

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que

actúan simultáneamente, es superior a la que habría de esperar de la manifestación de los efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente.

Sin sinergismo: 1

Sinérgico: 2

Muy Sinérgico: 4

- **Acumulación (AC)**

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Simple: 1

Acumulativo: 4

- **Efecto (EF).**

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

Indirecto (secundario):1

Directo: 4

- **Periodicidad (PR)**

Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente.

Discontinuo: 1

Periódico: 2

Continuo: 4

A continuación se manifiestan los rangos establecidos por el autor de la metodología, para estipular los valores de importancia en donde se ubica el impacto.

Tabla 2-1. Rango y Valores de Importancia para Impactos Negativos.

CONVENCIONES	
IMPACTOS NEGATIVOS	
COMPATIBLE	Menor igual a -25
MODERADO	Entre -26 y Menor-50
CRÍTICOS	Entre -51 y -75
SEVEROS	Mayor a 76

Fuente: (Fernández Vitora, Guía Metodológica para La Evaluación de Impacto Ambiental, 2010)

- **Impacto compatible.**

Impactos con calificación de importancia menor igual a 25 unidades de calificación. Son generalmente puntuales, de baja intensidad reversibles en el corto plazo. El manejo recomendado es control y prevención.

- **Impacto moderado.**

Impactos con calificación de importancia entre 26 y menor a 50 unidades de calificación. Son impactos generalmente de intensidad media o alta, reversibles en el mediano plazo y recuperable en el mismo plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención y mitigación.

- **Impacto crítico.**

Impactos con calificación de importancia entre 51 a 75 unidades de calificación. Son generalmente de intensidad alta o muy alta, persistentes, reversibles en el mediano plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención, mitigación y hasta compensación.

- **Impacto severo.**

Impactos con calificación de importancia entre mayor a 76 unidades de calificación. Son generalmente de intensidad muy alta o total, extensión local e irreversibles (mayor a 10

años). Para su manejo se requieren medidas de control, prevención, mitigación y hasta compensación.

2.2.7 Índice de escasez

Según la Resolución 0865 del 22 de junio de 2004 el índice de escasez representa la demanda de agua que ejerce en su conjunto las actividades económicas y sociales para su uso y aprovechamiento frente a la oferta hídrica disponible (neta). Por tanto, es la principal herramienta para evaluar si el recurso hídrico de un área determinada es suficiente en espacio y tiempo o por el contrario no se garantiza una cantidad suficiente de este importante recurso para la comunidad, aportando nuevos elementos para la planificación, desarrollo, uso racional y eficiente del agua en un área específica (Rivera, 2004).

El cálculo de este índice se fundamenta en la relación que se presenta entre la oferta y demanda del recurso hídrico en un área y momento determinado, tal como lo reglamente la Resolución 0865 del 22 de junio de 2004 (basada en metodología del IDEAM). La oferta hídrica de un área explícita se puede determinar con base en el Balance hídrico, Caudal medio puntual en las corrientes de interés o la Relación lluvia-escorrentía para cuencas pequeñas (<250 km²) sin registro de caudal. Dicha oferta hídrica calculada debe verse reducida por la calidad del agua y el caudal ecológico de las fuentes hídricas. La demanda o volumen de agua usada para el desarrollo de actividades socioeconómicas, debe ser el resultado de las mediciones efectuadas por los usuarios y reportadas, ya sea en el estudio, como en las instituciones regionales.

2.3 MARCO JURÍDICO

Tabla 2-2. Legislación ambiental aplicable al proyecto de investigación.

NORMA	DEFINICIÓN
Decreto Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Ley 09 de 1979	Código Sanitario Nacional
Ley 99 de 1993	Sistema Nacional Ambiental SINA

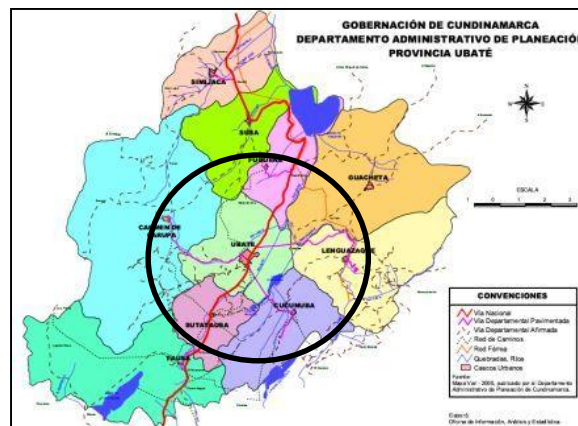
NORMA	DEFINICIÓN
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua
Ley 388 de 1997	Define, entre otros, competencias en el manejo de las cuencas hidrográficas para elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial en los municipios y distritos.
Decreto 3489 de 1982	Sobre declaratoria de estado de emergencia.
Decreto 1729 de 2002	Establece las finalidades, principios y directrices para la ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas- POMCA, la competencia para su declaración, procedimiento, acciones y plazos para su cumplimiento. Se define como norma de superior jerarquía sobre cualquier otro ordenamiento administrativo y determinante de los Planes de Ordenamiento Territorial POT.
Decreto 1323 de 2007	Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico, SIRH.
Decreto 1480 de 2007	Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1575 de 2007	Por el cual el Ministerio de la Protección Social establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
Decreto 2372 de 2010	Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
Decreto 3930 de 2010	Define los Usos del Agua y establece que las Autoridades Ambientales Competentes deberán elaborar los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH para las aguas superficiales, marítimas y subterráneas.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución 1096 de 2000	Por medio del cual el entonces Ministerio de Desarrollo Económico adopta el Reglamento de Agua y Saneamiento RAS
Resolución 1459 de 2005	Expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Ciudad y Territorio (MAVDT), modificatoria de la Resolución 1096 de 2000.
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 811 de 2008	Por medio de la cual los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.
Resolución 82 de 2009	Por medio de la cual el Ministerio de la Protección Social adopta unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.
Resolución No. 4716 de noviembre 18 de 2010	expedida por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial “Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007” sobre el Mapa de Riesgo de la Calidad del agua para Consumo Humano.

2.4 MARCO GEOGRÁFICO

2.4.1 Localización del municipio de Ubaté

El Municipio de Ubaté se encuentra localizado al norte del Departamento de Cundinamarca y hacia el Occidente del valle de Ubaté y Chiquinquirá. La cabecera Municipal está localizada a una hora y treinta minutos por la ruta 45A desde Bogotá D.C. Geográficamente se localiza en la coordenadas Latitud Norte: 5° 18' 24", y en la Longitud: 73° 48' 52". El municipio hace parte de la provincia de Ubaté como se observa en la siguiente figura.

Figura 2-1. Localización geográfica del municipio de Ubaté (Cundinamarca)

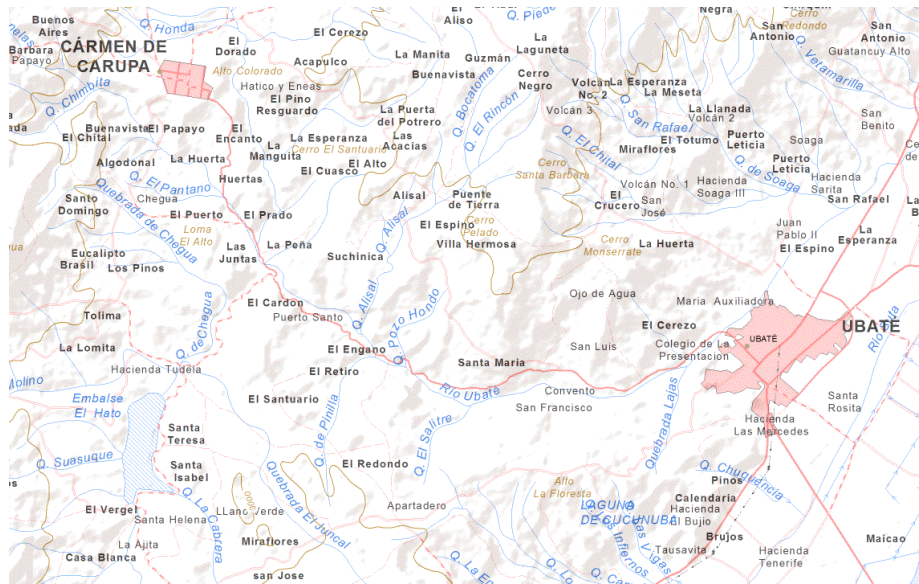


Fuente: Página Web. Alcaldía de Ubaté

2.4.2 Ubicación geográfica del Embalse

El embalse el Hato se encuentra ubicado en el municipio de Carupa y hace parte de la cuenca del Río Ubaté. La presa del embalse se localiza en las coordenadas planas con origen Bogotá Norte: 1.019.161 y Este: 1.078.060. El embalse dista del municipio de Ubaté en 13.3Km por vía que conecta el municipio de Ubaté con el municipio de Carupa.

Figura 2-2. Ubicación del embalse El Hato



Fuente: Página Web. Alcaldía de Ubaté

2.4.3 Descripción de la Cuenca

El río El Hato hace parte del sistema hídrico de la cuenca del río Ubaté y Suárez; el río Ubaté se conforma en la unión de los ríos El Hato y la Playa aguas abajo del embalse de El Hato, posteriormente drena sus aguas hacia la zona plana del valle de Ubaté y Chiquinquirá, recogiendo las aguas de los ríos Suta y Lenguazaque, para finalmente desembocar en la laguna de Fúquene, la cual da origen al río Suárez.

La cuenca del río El Hato se localiza en la cordillera oriental, en jurisdicción del municipio de Carmen de Carupa enmarcada al norte por la meseta de Carmen de Carupa y una serie de serranías que se encuentran sobre los 3000 msnm, por el sur con la cuchilla de Tierra Negra y Páramobajo, sobre los 3,600 msnm que las separan de la cuenca del río Bogotá, por el oriente con las cordilleras Peña y Peñas Coloradas que se encuentran sobre

los 3,200 msnm y por el occidente con las serranías que forman el Alto Pedregal y el Cerro Negro, sobre los 3,600 msnm.

El relieve de la cuenca del río El Hato es predominantemente quebrado, con vertientes de alta pendiente, vegetación de páramo en la parte más alta, extensas zonas de cultivos, especialmente de papa y hortalizas y una incipiente actividad ganadera. (CAR, 2005).

2.5 ESTADO DEL ARTE

La problemática del abastecimiento de agua en la región del valle de Ubaté se ha generado en los últimos años como consecuencia de los prolongados períodos secos, el aumento de la población y la demanda del recurso hídrico en las actividades económicas de la región (agricultura y ganadería). Lo anterior unido a la baja cantidad de fuentes de agua potable que pueden ser usadas como punto de abastecimiento y la disminución en la frecuencia de los períodos lluviosos.

Esta problemática hizo posible la construcción del embalse “El Hato” a comienzos de la década de los años noventa, así como su puesta en marcha en el año 1992, según se describe en el documento de la CAR, titulado Análisis de crecientes, pérdida de suelo y análisis de sedimentos y batimetrías (CAR, 2005). En este mismo documento se realiza una descripción de la cuenca del embalse y de los aspectos más relevantes del clima en la región basados en los registros obtenidos de diez estaciones Climatológicas ubicadas en la Subcuenca del Río Ubaté. La información contenida en el documento de la CAR, será analizada y contrastada con la información que se obtenga en el presente estudio, teniendo en cuenta, que el objetivo principal en el documento de la CAR difiere del objetivo específico planteado en el presente trabajo de investigación.

El informe de la CAR en el año 2005, realiza un estudio detallado de los caudales de las cuencas aledañas al embalse y de los ríos y quebradas que salen de las mismas, con el fin

de determinar la modelación de los caudales totales del embalse y poder estimar escenarios de riesgo por inundación y crecientes súbitas dentro y fuera del embalse para diferentes períodos de retorno. En conclusión, el estudio se enfoca en determinar los posibles escenarios de riesgo bajo condiciones ambientales extremas.

Durante los últimos cinco años se han realizado dos estudios gestionados por la administración municipal y la empresa de servicios públicos de Ubaté – ENSERVILLA S.A. E.S.P. El primero de ellos realizado bajo la modalidad de contrato de consultoría No. 018 – 2014, y que tuvo por objeto la “Elaboración de estudios, diseños, topografía, cálculos, planimetría, para el desarrollo del proyecto para el traslado del sitio de captación de agua del acueducto urbano del municipio de Ubaté”.

El informe de la consultoría contiene los diseños de la captación de agua cruda sobre la represa El Hato, como alternativa de abastecimiento para la población del casco urbano del municipio de Ubaté (Cundinamarca) y su área de influencia; con lo cual se pretende garantizar la oferta hídrica a la comunidad, en el eventual caso, en que la infraestructura existente se vea afectada por los fenómenos de remoción en masa, factibles de presentarse en los alrededores de las estructuras de captación existente (Epico ingeniería Ltda, 2014). Para tal fin se estimó el crecimiento poblacional a partir de la información censal del DANE, se determinaron los niveles máximos y mínimos de fluctuación de la represa El Hato con base en información de la CAR, y teniendo en cuenta la norma RAS 2000 se diseñó la tubería de succión, el sistema de bombeo, impulsión, tanque de almacenamiento y el sistema de aducción hasta el punto de conexión con la tubería que transporta el agua hasta la planta de tratamiento de agua potable.

El segundo estudio realizado bajo la modalidad de contrato de consultoría No. 002 de 2016, y con objeto “Consultoría para brindar asesoría técnica integral especializada a la empresa de servicios públicos del municipio de Ubaté EMSERVILLA S.A. E.S.P. para adelantar la actualización, ajuste y/o diseño de los proyectos estratégicos priorizados en su

plan de inversiones y/o plan de desarrollo municipal para que logren ser viabilizados en ventanilla única del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como la asesoría técnica a la supervisión de las obras de optimización del acueducto del casco urbano del municipio”.

El informe de manera general realiza la modelación de la línea de conducción desde la captación en el embalse hasta la entrega en la planta de tratamiento del municipio de Ubaté, y plantea una serie de recomendaciones para la puesta en funcionamiento de la línea de conducción y el sistema de bombeo necesario en la captación (CMD, 2016).

3 METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Se realizara un estudio hidrológico y ambiental de la cuenca del embalse El Hato como alternativa de captación del sistema de acueducto del municipio de Ubaté, esto con el fin de determinar su viabilidad como sitio de captación del sistema de acueducto del municipio.

Como primera medida se hará una revisión literaria con la finalidad de reconocer las posibles ventajas y desventajas de la captación para un sistema de acueducto de un municipio desde un embalse, desde el punto de vista hidrológico y ambiental, con la ayuda de diversas fuentes de información para que en el momento de realizar la visita al área de estudio sea más sencillo la identificación de los parámetros y/o factores que se puedan encontrar.

Se realizará la delimitación de la cuenca, identificación y ubicación de las estaciones hidrometeorológicas, se recopilará toda la información necesaria, para luego realizar el análisis de los datos, crear mapas de las componentes hidrológicas de la zona, curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), analizar los parámetros morfométricos de la cuenca abastecedora del embalse. De esta manera se busca seleccionar el software adecuado para realizar la modelación de la cuenca y analizar el comportamiento de la misma. Para luego, con la información suministrada por la Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Ubaté, analizar la población y el caudal proyectado a captar desde el embalse.

Para la visita se deberán elaborar herramientas fundamentales que serán de gran ayuda para la obtención de datos, una de ellas es la lista de chequeo utilizada para hacer la revisión, comprobación y/o verificación de las actividades generadoras de contaminación en la cuenca del embalse. Sus objetivos serán establecer los componentes ambientales más afectados,

identificar impactos socio-ambientales y describir los impactos identificados en la cuenca del Embalse El Hato.

Para la visita se deberán elaborar herramientas fundamentales que serán de gran ayuda para la obtención de datos, una de ellas es la lista de chequeo utilizada para hacer la revisión, comprobación y/o verificación de las actividades generadoras de contaminación en la cuenca del embalse. Sus objetivos serán establecer los componentes ambientales más afectados, identificar impactos socio-ambientales y describir los impactos identificados en la cuenca del Embalse El Hato.

La información recogida durante la visita servirá para evaluar los impactos positivos, negativos (severos y críticos) por medio de la matriz de CONESA. Se evaluarán cualitativa y cuantitativamente los impactos junto con la información recogida en el estudio hidrológico de la cuenca del embalse, se desarrollará un diagnóstico ambiental de la situación actual del área de la cuenca del embalse El Hato, proponiendo medidas de mitigación, control y/o prevención de los resultados obtenidos, con la finalidad de determinar la viabilidad para la captación de agua para el sistema de acueducto del municipio de Ubaté.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto:

Tabla 3-1. Actividades a realizar en desarrollo del proyecto de investigación.

<i>Nº Actividad</i>	<i>DESCRIPCION</i>
1	Recopilación de la información bibliográfica existente y elaboración de anteproyecto.
2	Delimitación de la cuenca, identificación y ubicación de las estaciones hidrometeorológicas.
3	Recopilación de información de las estaciones hidrometeorológicas y de las actividades que se realizan en el área de la cuenca.

4	Análisis y tratamiento de la información disponible (complementación de datos faltantes, valores extremos, Creación de curvas IDF, etc.).
5	Caracterización morfométrica de la cuenca abastecedora del embalse el ható.
6	Seleccionar el modelo apropiado para la modelación hidrológica y ejecutar la modelación empleando el software adecuado.
7	Calibración del modelo hidrológico.
8	Análisis de resultados final de simulación y memoria de cálculo.
9	Se analizara la información suministrada por la Empresa de servicios Públicos para el estudio de población y caudal necesario para abastecer al municipio.
10	Elaborar lista de chequeo y realizar la visita en campo.
11	Análisis de los impactos mediante la Matriz CONESA.
12	Elaboración del diagnóstico ambiental.
13	Elaboración y entrega del informe final, presentación de artículo para publicación, presentación magistral y poster.

3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

En el desarrollo del proyecto se utilizan herramientas informáticas que sirven de base para el análisis de la información climatológica obtenida de las estaciones climatológicas y meteorológicas adscritas al Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional (CAR). De igual forma se generan esquemas y planos mediante la utilización del software ArcGIS y AutoCAD-Civil, con el fin de ilustrar de manera gráfica las variables estudiadas.

4 ESTUDIO HIDROLOGICO

El embalse el Hato se ubica geográficamente en la parte alta de la cordillera Oriental de Colombia. Según el ENA (Estudio Nacional del Agua), el área de estudio pertenece al área hidrográfica Magdalena-Cauca, y hace parte de la zona hidrográfica Medio Magdalena, de la Subzona hidrográfica del Río Sogamoso, según la división de cuencas hidrográficas realizada por el IDEAM.

El presente apartado tiene como objetivo caracterizar el área de estudio del Embalse el Hato, visto desde la caracterización regional, para llegar a una descripción adecuada de la cuenca del embalse objeto del estudio, siguiendo los lineamientos de la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales de 2010.

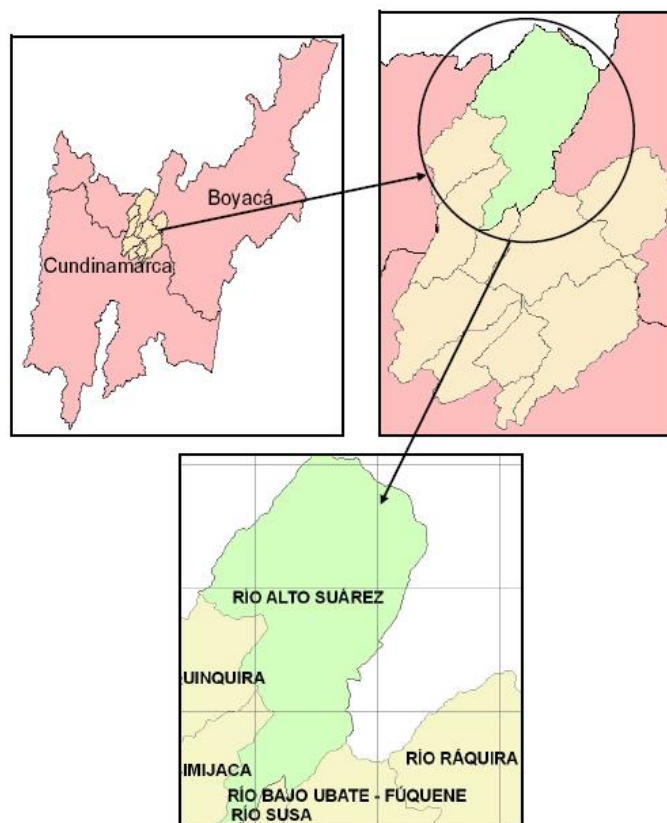
En cuanto a la caracterización de la subcuenca hidrográfica del embalse El Hato, se analizó la morfología de la cuenca, el tipo y distribución de las redes de drenaje, los sistemas lénticos permanentes e intermitentes, la descripción y localización de la red hidrográfica e identificación de la dinámica fluvial; igualmente, se analizó el régimen hidrológico y los caudales característicos de las corrientes que cuentan con aforo dentro del sistema hídrico.

La caracterización regional y local del área del proyecto se realizó utilizando como insumo principal la información hidrológica disponible en la CAR (Regional Cundinamarca), en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC en escala 1:10.000, con las cuales se generó un modelo digital de elevación mediante el uso del software ArcGis 10.1.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca del embalse El Hato, hace parte de la Subcuenca hidrográfica Río Alto Suárez, y se encuentra delimitada por el Sur con la Subcuenca Río Chiquinquirá, por el Norte con el municipio de Albania y Puente Nacional Santander, al Oriente con el municipio de Briceño y Albania (Unión Temporal Audicon Ambiotec, 2006).

Imagen 4-1. Cuenca Río Alto Suárez



Fuente: POMCA Río Alto Suarez

4.2 MORFOLOGÍA DEL SISTEMA HÍDRICO

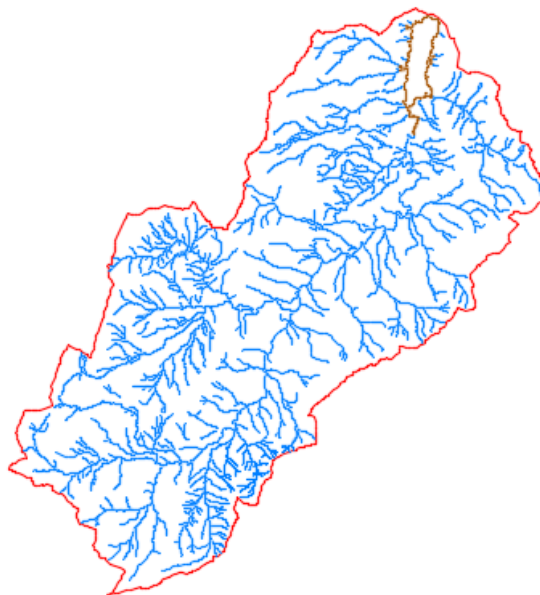
El sistema hídrico del embalse El Hato, está caracterizado por un sistema de corrientes de corto recorrido, que confluyen a pocos cauces de recorridos más largos como el Río Ubaté. Los cauces presentes en la cuenca están compuestos por drenajes naturales de tipo

permanente e intermitente, así como por un sistema de canales dobles y sencillos, que sirven como drenajes y sistemas de riego en áreas de tipo llano en cercanías al embalse.

El área de estudio de la cuenca, se puede clasificar como una cuenca de tipo Endorreica, debido a que toda el agua confluye hacia el embalse, el cual regula el caudal aguas abajo mediante un sistema de compuerta.

El análisis morfométrico de la red Hidrográfica del embalse “El Hato”, permitió identificar y delimitar los rasgos físicos e hidráulicos que han modelado la zona a lo largo del tiempo, brindando información acerca del comportamiento de las fuentes presentes en la cuenca y de su posibilidad de aprovechamiento y uso, como resultado de las características que la componen.

Imagen 4-2. Cuenca del embalse “El Hato”



Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan los valores obtenidos para los parámetros morfométricos analizados, de acuerdo a la información recopilada en campo y cotejada con la información primaria (imágenes satelitales y cartografía disponible). Los parámetros estudiados se

presentan tabulados de acuerdo a la clasificación sistemática y las definiciones existentes en la bibliografía especializada y en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para el tema.

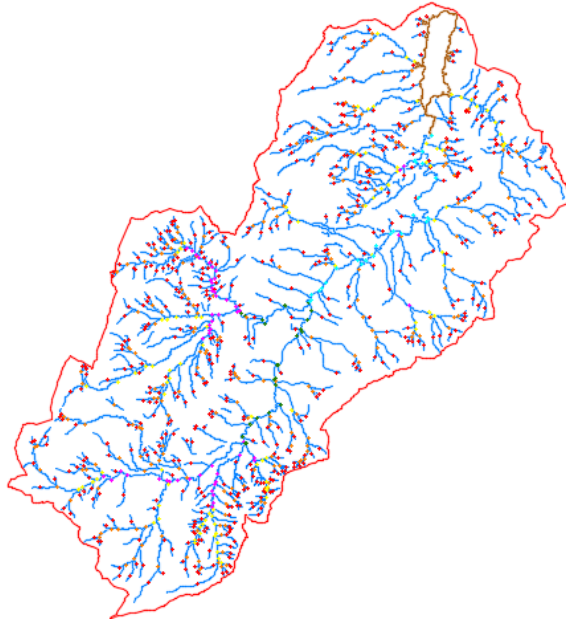
A continuación se presentan los resultados obtenidos para el análisis de los parámetros morfométricos de la cuenca, y que son objeto de una valoración cualitativa, a partir de los valores cuantitativos.

4.2.1 Parámetros de la cuenca del embalse El Hato

Tabla 4-1. Resumen de los parámetros morfológicos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACIÓN
Área de la cuenca.	km ²	52.42	Pequeña cuenca
Perímetro de la cuenca	Km	39.11	N.A
Longitud de la corriente principal	Km	16.9	N.A
Orden de drenaje.	Orden	6	N.A
Densidad de corrientes (Ds).	ríos/Km ²	11.04	N.A
Densidad de drenajes (Dd).	km/Km ²	4.82	Alta
Factor de forma (Kf).	Adimensional	0.48	Alargada
Coficiente de compacidad (Kc).	Adimensional	1.52	Oval Oblonga
Índice de alargamiento (Ia).	Adimensional	1.96	Alargada
Índice de asimetría (Ias)	Adimensional	1.18	N.A
Pendiente del cauce principal.			
Método de los extremos.	%	5.21	Ondulada
Método Taylor – Schwarz.	%	2.09	Plana
Elevación de la cuenca.			
Elevación media por el método de las franjas de Elevación - Área.	m.s.n.m	3.195	N.A
Elevación mediana a partir de la curva Hipsométrica.	m.s.n.m	3.187	N.A
Orientación de la cuenca respecto al cauce principal.	Dirección	NOR-ESTE	N.A

Imagen 4-3. Orden de la cuenca del río Hato.



Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Pendiente del cauce principal (Río Hato)

En la cuenca se identificó como cauce principal el Río Hato el cual nace a 3.720 m.s.n.m. y desciende hasta el embalse el Hato a 2.840 m.s.n.m. con un recorrido total medido en planta de 16.898,5m Para generar una descripción cualitativa de este parámetro morfométrico, se estudió la topografía y el relieve que atraviesa el cauce del río Hato.

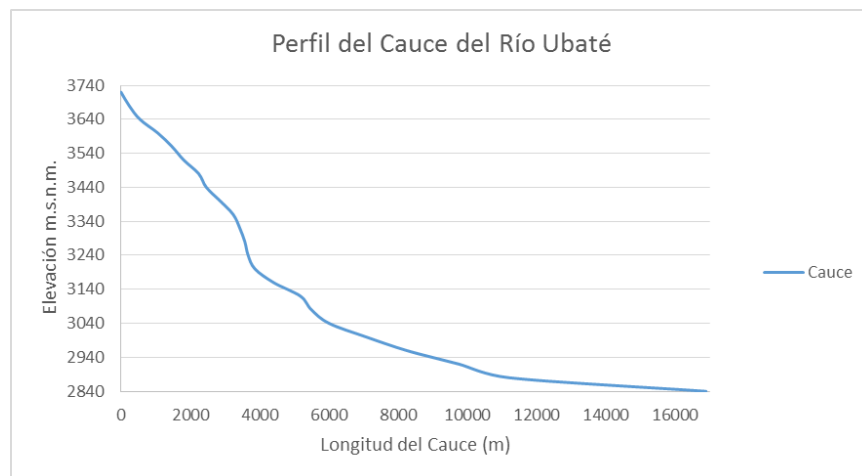


Figura 4-1. Perfil del cauce del Río Hato

Fuente: Elaboración propia

- **Pendiente por el método de los extremos:** la pendiente media del cauce principal calculada por este método da como resultado 5.21%.

- **Pendiente del cauce principal por el método de Taylor – Schwarz:** la pendiente estimada por este método, se calcula en 2.09%.

El promedio de los valores calculados para la pendiente por los dos métodos, para la cuenca del embalse se estimó en 3.65%. Este valor la clasifica como una cuenca Ondulada. Este parámetro es clasificado a partir de la propuesta realizada por el (Ministerio de Ambiente, 2014), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-2. Clasificación de las pendientes de una cuenca

Clasificación según pendiente del cauce	
Pendiente (%)	Clasificación
25 – 50	Escarpada
12 – 25	Montañosa
3 – 12	Ondulada
0 – 3	Plana

Fuente: Ministerio de Ambiente., 2014.

4.2.3 Elevación media de la cuenca

- **Elevación media por el Método de las franjas Área-Elevación:** la elevación calculada a partir de las franjas entre curvas de nivel y el área total de la cuenca, se estimó en 3.195 ms.n.m.

- **Elevación media a partir de la curva Hipsométrica:** la elevación media calculada sobre el gráfico de curva hipsométrica se toma en donde coincide el 50% del área acumulada y tomando la lectura de la altura sobre el eje de las abscisas. Este valor se determinó como 3.187 m.s.n.m.

4.2.4 Curva Hipsométrica

Representan el área acumulada contra la altura sobre el nivel del mar. La curva hipsométrica permite conocer la distribución o representación gráfica de las variaciones del relieve de la cuenca. A continuación se presentan los datos obtenidos de la cartografía con ayuda del sistema GIS, y la correspondiente curva para la cuenca del embalse El Hato.

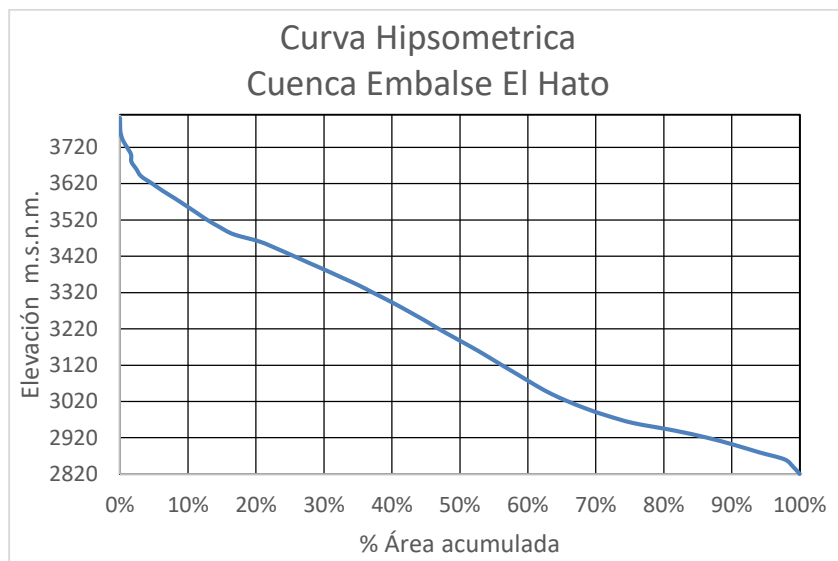


Figura 4-2. Curva Hipsométrica. Cuenca Embalse El Hato

Fuente: Elaboración propia

Según la curva obtenida se puede evidenciar que la cuenca está en un proceso erosivo, y que es una cuenca relativamente joven, la cual está expuesta a procesos de transformación morfológica.

4.2.5 Tiempo de Concentración (Tc)

Este parámetro es definido como el tiempo mínimo necesario para que toda la cuenca esté aportando agua en forma de escorrentía, simultáneamente al punto de salida (punto de desagüe o punto de cierre). En otras palabras el “Tc” está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado.

Para efectos del presente estudio se utilizaron varios métodos de cálculo, entre los cuales están el método de Kirpich, Temez, Williams, Giadoti, entre otros, con los cuales se determinó el tiempo de concentración promedio entre los métodos estudiados para la cuenca

del embalse “El Hato”. A continuación se presenta la Tabla 4-3, con el resumen de los métodos estudiados y los valores obtenidos.

Tabla 4-3. Estimación del Tiempo de Concentración promedio para la cuenca del Embalse el Hato

Autor	Ecuación	Variables	Tc. Horas	Tc. Minutos
Kirpich	$T_c=0.06628(L/(S^{0.5}))^{0.77}$	L (Longitud=Km); S (Pendiente=m/m)	1.77	106.24
Temez	$T_c=0.30*(L/S^{0.25})^{0.76}$	L (Longitud=Km); S (Pendiente= %)	4.44	266.66
Williams	$T_c=0.683*(L*A)/(D*S)$	L (Longitud=Km); S (Pendiente= %); A (Área de la cuenca=Km ²); D (Diámetro de un círculo igual al área de la cuenca=Km ²)	1.32	79.04
Giadoti	$T_c=((4*A^{0.5})+(1.5*L))/(25.3*(L*S)^{0.5}}$	L (Longitud=Km); S (Pendiente= m/m); A (Área de la cuenca=Km ²);	5.29	317.17
Ventora - Heras	$T_c=0.3*(L/(S^{0.25}))^{0.75}$	L (Longitud=Km); S (Pendiente= %)	4.29	257.37
Vente Chaw	$T_c=0.273*(L/S^{0.5})^{0.64}$	L (Longitud=Km); S (Pendiente=m/m)	11.59	695.35
Ingenieros militares U.S.A.	$T_c=0.28*(L/S^{0.25})^{0.76}$	L (Longitud=Km); S (Pendiente=m/m)	8.18	490.55
California Culverts Practice	$T_c=60*(0.87*((L^3)/H))^{0.385}$	L (Longitud=Km); H(Delta de altura=m)	1.63	97.59
Tc. Promedio			4.81	288.75

Fuente: Manual de drenaje para carreteras. INVIAS-2009.

El tiempo de concentración promedio se estimó en 268.5 minutos.

atraviesa la cuenca en dirección Suroeste – Noreste. La falla de Carupa, se ubica paralela al curso del río Hato, cortando en sentido longitudinal el área del embalse y el muro de la presa.



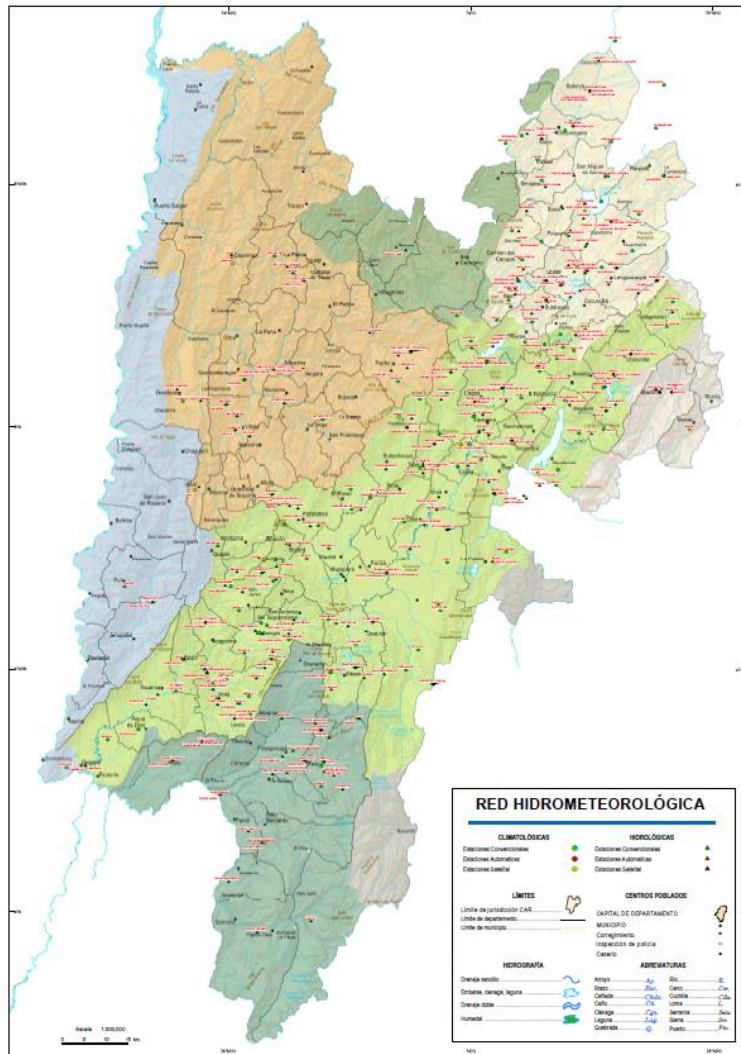
Figura 4-4. Fallas geológicas presentes en el área de la cuenca del embalse El Hato (IGAC)

Según el IGAC, la cuenca del embalse se encuentra limitada al Suroccidente por el sinclinal de Carupa, el cual se encuentra al occidente del río Ubaté, y al Oriente del río por el sinclinal de Neusa, los cuales se presentan en dirección Suroccidente –Nororienté. Estas fronteras estructurales se aprecian con facilidad, debido a que componen los hombros de la hoya hidrográfica de la cuenca del embalse El Hato.

4.4 ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN

La precipitación en la Subcuenca del embalse El Hato, se ha estudiado a partir de la información obtenida de las estaciones Climatológicas y meteorológicas de la CAR – Regional Cundinamarca, existentes en el área de la cuenca en estudio.

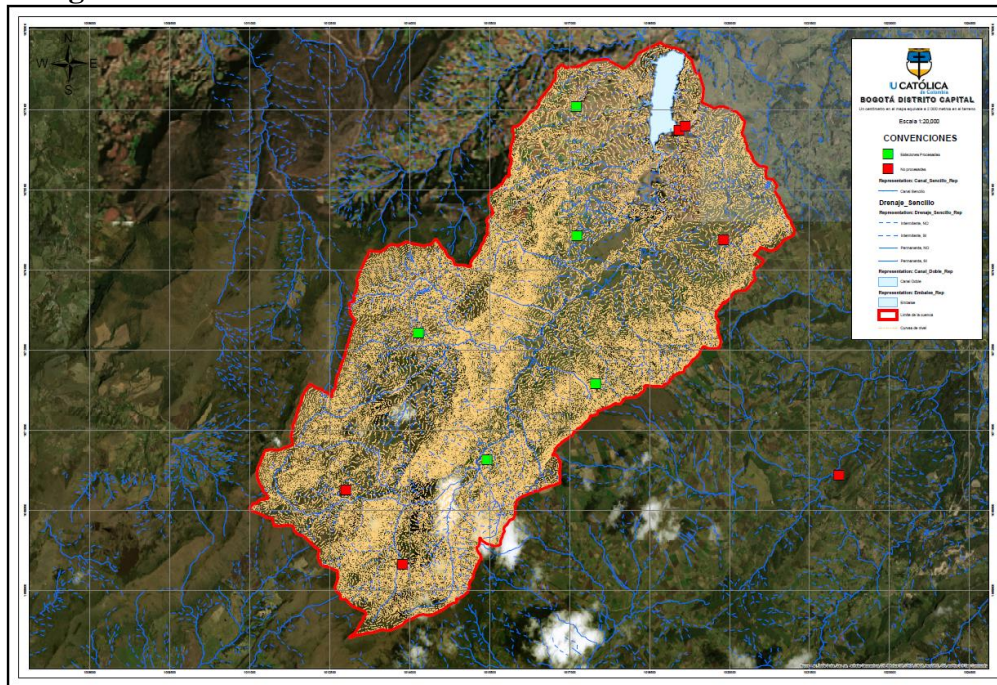
Imagen 4-4. Ubicación de las estaciones de la CAR-Regional Cundinamarca



Fuente: <https://www.car.gov.co>

A continuación se presenta la localización y el resumen de las estaciones localizadas y seleccionadas para el presente estudio.

Imagen 4-5. Ubicación de las estaciones en el sector del embalse El Hato.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-4. Estaciones localizadas en la cuenca o en inmediaciones a la cuenca del embalse El Hato

No.	Estación	Código	Entidad	Estado	Tipo de estación	Categoría
1	Carupa Hospital	2401002	CAR	Activa	Convencional	PG
2	El Hato	2401035	CAR	Suspendida	Convencional	PM
3	El Pedregal	2401049	CAR	Activa	Convencional	PM
4	El Hato 1	2401052	CAR	Activa	Convencional	PM
5	El Hato 2	2401053	CAR	Activa	Convencional	PM
6	El Hato 3	2401054	CAR	Suspendida	Convencional	PM
7	El Hato 4	2401055	CAR	Suspendida	Convencional	PM
8	El Hato 5	2401056	CAR	Suspendida	Convencional	PM
9	El Hato 6	2401057	CAR	Activa	Convencional	PM
10	El Hato 7	2401058	CAR	Activa	Convencional	PM
11	El Hato 8	2401059	CAR	Suspendida	Convencional	PM
12	Represa el Hato	2401534	CAR	Activa	Convencional	CO

Fuente: Elaboración propia

Una vez localizadas las estaciones se obtuvo la información en formato digital de la página de la CAR, según consta en el anexo adjunto que contiene los datos crudos del registro periódico continuo, con el cual se obtiene el período de estudio. A partir de la información disponible, se analizó la calidad de la información registrada, priorizando en la información obtenida de las estaciones que cuentan con períodos amplios y homogéneos de registro, así como la distribución en la cuenca a lo largo y ancho de la cuenca.

Una vez verificados los periodos de registros para cada una de las estaciones, se seleccionó un período de registro consistente en un intervalo de tiempo en que la mayoría de las estaciones tienen registros completos y confiables, el período seleccionado comprende los años 1973-2013. Lo anterior para evitar el sesgo por imprecisión en la calidad de los registros, así es como se seleccionaron las estaciones principales para el estudio de la precipitación y las estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de datos en los períodos faltantes de acuerdo a la confiabilidad de cada una de las estaciones.

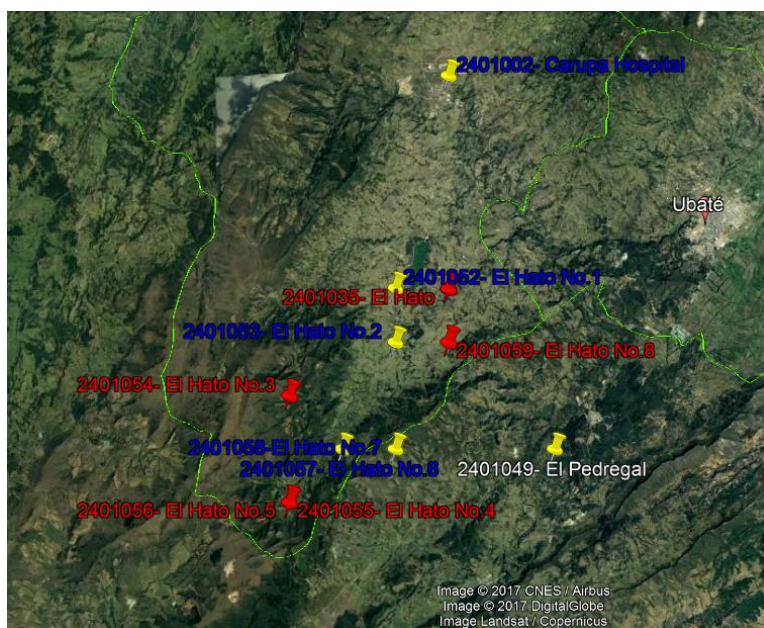
4.4.1 Selección de la información

A partir de la información registrada en las estaciones se ha seleccionado un período de estudio de 41 años, en el intervalo comprendido entre los años de 1973 – 2013, por cuanto en este período las estaciones seleccionadas tienen un registro de datos amplio y suficiente para el estudio de la precipitación y el llenado de datos faltantes.

Una vez Seleccionado el periodo de estudio, se seleccionan las estaciones a utilizar en el estudio de acuerdo a su ubicación dentro de la cuenca y la distancia entre estaciones. Las estaciones principales serán las utilizadas en el análisis del comportamiento de la precipitación en la cuenca, y las estaciones auxiliares serán las que sirven de apoyo para completar los registros faltantes en los meses y años en los que no se cuenta con registro en las estaciones seleccionadas para el estudio. Las estaciones principales se seleccionan como

aquellas que contienen el registro de datos hasta el año 2013, se encuentran distribuidas de manera diseminada en las cuatro direcciones alrededor del embalse, y que aún estén activas.

Imagen 4-6. Estaciones seleccionadas para el estudio en la cuenca del Embalse el Hato



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la ubicación dentro de la cuenca, el estado de operación de las estaciones y el período de registro de las mismas, se selecciona entre estaciones principales y auxiliares. Las principales (en color Azul), son las utilizadas para el estudio de la precipitación, y las auxiliares (en color Rojo), serán las estaciones de apoyo para el llenado de datos de los periodos donde las estaciones principales carezcan de uno o más registros de información. Vale la pena mencionar, que el llenado de los datos se hace teniendo en cuenta, que las estaciones de apoyo no estén a más de 5 Km de la estación problema, buscando el mayor grado de confiabilidad posible. La consistencia de los datos obtenidos es revisada mediante el análisis de doble masa entre la estación problema y las estaciones de apoyo. Todos los procedimientos son realizados siguiendo la metodología del IDEAM (Montealegre, 1990). A continuación en la Tabla 4-5, se presentan las estaciones utilizadas y seleccionadas para el estudio de la precipitación.

Tabla 4-5. Distancia entre las estaciones localizadas en la cuenca del embalse El Hato

	Aux.	Aux.	Aux.	Prin.	Prin.	Aux.	Aux.	Prin.	Prin.	Prin.	Aux.	Prin.
Km	Represa el Hato	El Pedregal	Hato No.8	Hato No.7	Hato No.6	Hato No.5	Hato No.4	Hato No.3	Hato No.2	Hato No.1	El Hato	Hospital Carupa
Represa el Hato	0.00	6.65	1.84	5.83	6.65	9.22	9.22	6.66	2.61	1.85	0.00	7.38
El Pedregal	6.65	0.00	5.21	5.54	7.39	9.42	9.42	9.42	6.66	7.85	6.65	13.42
Hato No.8	1.84	5.21	0.00	4.12	5.22	7.84	7.84	5.84	1.85	2.63	1.84	9.21
Hato No.7	5.83	5.54	4.12	0.00	1.84	4.13	4.13	4.21	3.68	5.56	5.83	13.04
Hato No.6	6.65	7.39	5.22	1.84	0.00	2.61	2.61	2.59	4.11	5.85	6.64	13.42
Hato No.5	9.22	9.42	7.84	4.13	2.61	0.00	0.00	3.68	6.65	8.27	9.22	15.75
Hato No.4	9.22	9.42	7.84	4.13	2.61	0.00	0.00	3.68	6.65	8.27	9.22	15.75
Hato No.3	6.66	9.42	5.84	4.21	2.59	3.68	3.68	0.00	4.13	5.25	6.66	12.39
Hato No.2	2.61	6.66	1.85	3.68	4.11	6.65	6.65	4.13	0.00	1.86	2.61	9.39
Hato No.1	1.85	7.85	2.63	5.56	5.85	8.27	8.27	5.25	1.86	0.00	1.85	7.56
El Hato	0.00	6.65	1.84	5.83	6.64	9.22	9.22	6.66	2.61	1.85	0.00	7.37
Hospital Carupa	7.38	13.42	9.21	13.04	13.42	15.75	15.75	12.39	9.39	7.56	7.37	0.00

Fuente: Elaboración propia

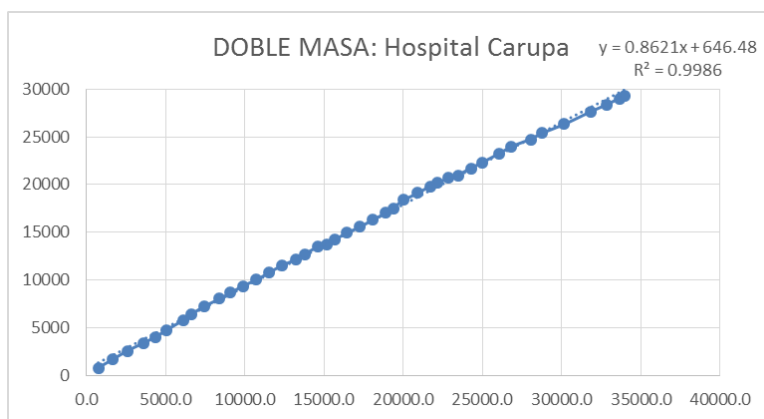
4.4.2 Llenado de datos

A partir de la información obtenida de las estaciones de la CAR, y en vista que presentaba inconsistencias, debido a la falta de datos en el registro de algunos meses y años se hizo necesario completar los registros faltantes. En vista de lo anterior se vio la necesidad de realizar el llenado de datos en las estaciones con datos incompletas, utilizando como apoyo los datos de las estaciones auxiliares próximas, completando los registros para los meses y años faltantes.

Como método de verificación de la calidad de los datos, se realizó un análisis de doble masa para la estación analizada versus los datos de las estaciones utilizadas para completar los datos faltantes.

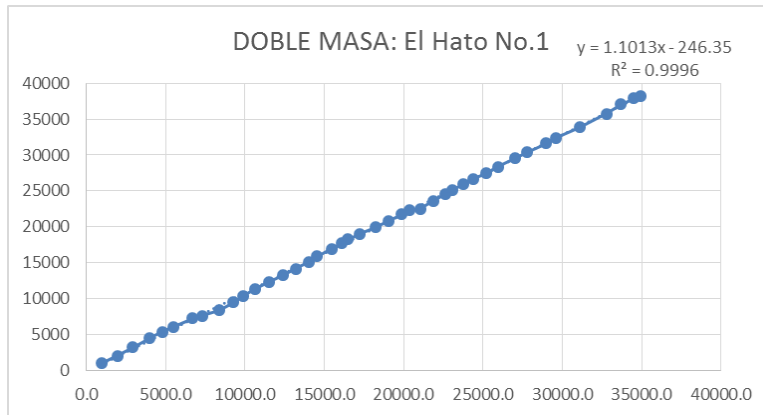
A continuación se muestra el resultado de los análisis de doble masa y sus resultados como son el coeficiente de correlación y la recta característica de la tendencia de los datos.

- **Estación Hospital Carupa - 2401002:** Para esta estación se utilizó como apoyo las estaciones de El Hato, El Hato No.1 y El Hato No.2. Estas estaciones no distan en más de 5 Km alrededor de la estación con problema. El período seleccionado para el análisis de doble masa es de 41 años (1973- 2013). Los resultados muestran una Correlación entre los datos de 99.86%, lo cual indica que los datos guardan una correlación casi perfecta entre las estaciones.



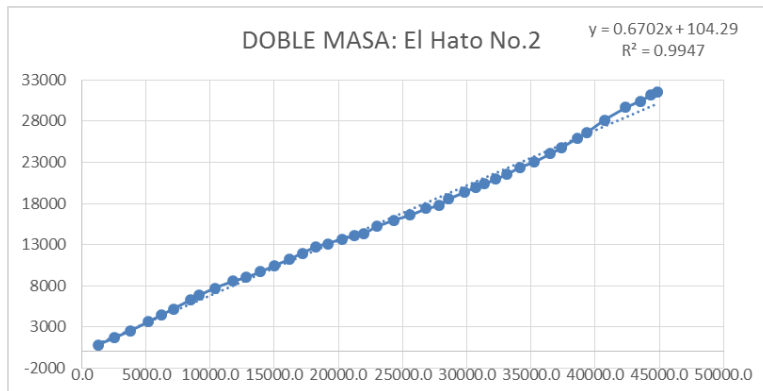
Gráfica 4-1. Análisis de doble masa para la estación Hospital Carupa

- **Estación El Hato No.1 - 2401052:** Para esta estación se utilizó como apoyo las estaciones de El Hato, El Hato No.2 y El Hato No.8. Estas estaciones no distan en más de 5 Km alrededor de la estación con problema. El período seleccionado para el análisis de doble masa es de 42 años (1973- 2014). Los resultados muestran una Correlación entre los datos de 99.96%, lo cual indica que los datos guardan una correlación casi perfecta entre las estaciones.



Gráfica 4-2. Análisis de doble masa para la estación El Hato No.1

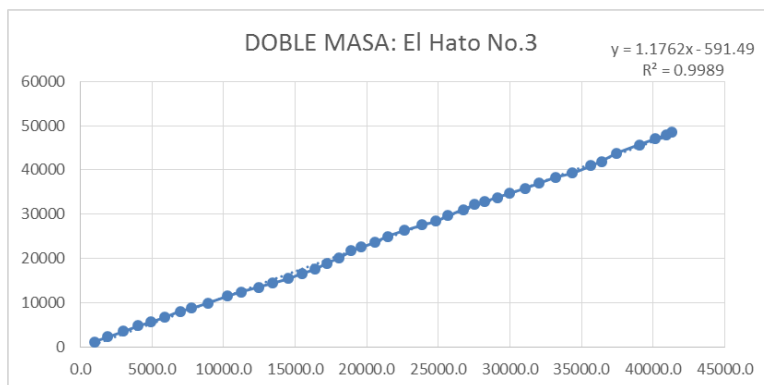
- **Estación El Hato No.2 - 2401053:** Para esta estación se utilizó como apoyo las estaciones de El Hato No.1, El Hato No.6, El Hato No.7 y el Hato No.8. Estas estaciones no distan en más de 5 Km alrededor de la estación con problema. El período seleccionado para el análisis de doble masa es de 42 años (1973- 2014). Los resultados muestran una Correlación entre los datos de 99.47%, lo cual indica que los datos guardan una correlación casi perfecta entre las estaciones.



Gráfica 4-3. Análisis de doble masa para la estación El Hato No.2

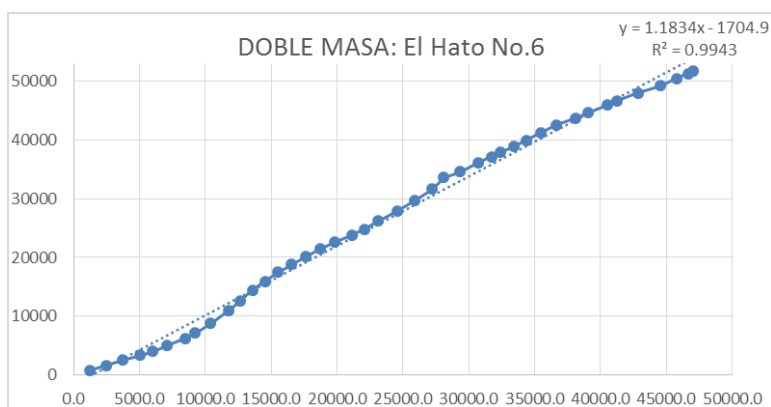
- **Estación El Hato No.3 - 2401054:** Para esta estación se utilizó como apoyo las estaciones de El Hato No.1, El Hato No.2 y El Hato No.6. Estas estaciones no distan en más de 5 Km alrededor de la estación con problema. El período seleccionado para el análisis de doble masa

es de 42 años (1973- 2014). Los resultados muestran una Correlación entre los datos de 99.89%, lo cual indica que los datos guardan una correlación casi perfecta entre las estaciones.



Gráfica 4-4. Análisis de doble masa para la estación El Hato No.3

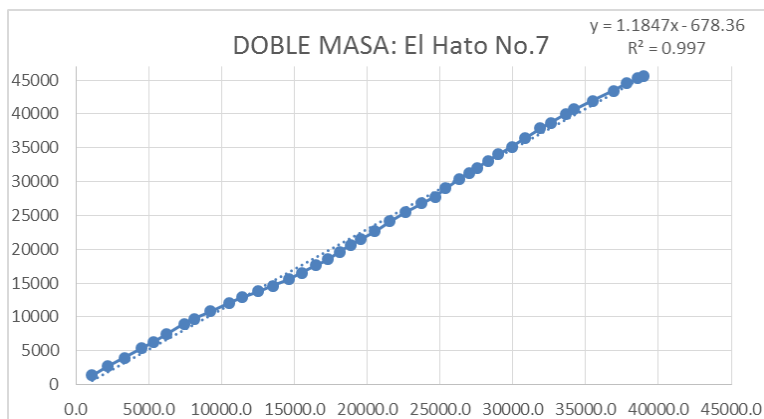
- **Estación El Hato No.6 - 2401057:** Para esta estación se utilizó como apoyo las estaciones de El Hato No.3 y El Hato No.7. Estas estaciones no distan en más de 5 Km alrededor de la estación con problema. El período seleccionado para el análisis de doble masa es de 42 años (1973- 2014). Los resultados muestran una Correlación entre los datos de 99.43%, lo cual indica que los datos guardan una correlación casi perfecta entre las estaciones.



Gráfica 4-5. Análisis de doble masa para la estación El Hato No.6

- **Estación El Hato No.7 - 2401058.** Para esta estación se utilizó como apoyo las estaciones de El Pedregal, Hato No.2 y El Hato No.6. Estas estaciones no distan en más de 5 Km

alrededor de la estación con problema. El período seleccionado para el análisis de doble masa es de 42 años (1973- 2014). Los resultados muestran una Correlación entre los datos de 99.7%, lo cual indica que los datos guardan una correlación casi perfecta entre las estaciones.



Gráfica 4-6. Análisis de doble masa para la estación El Hato No.7

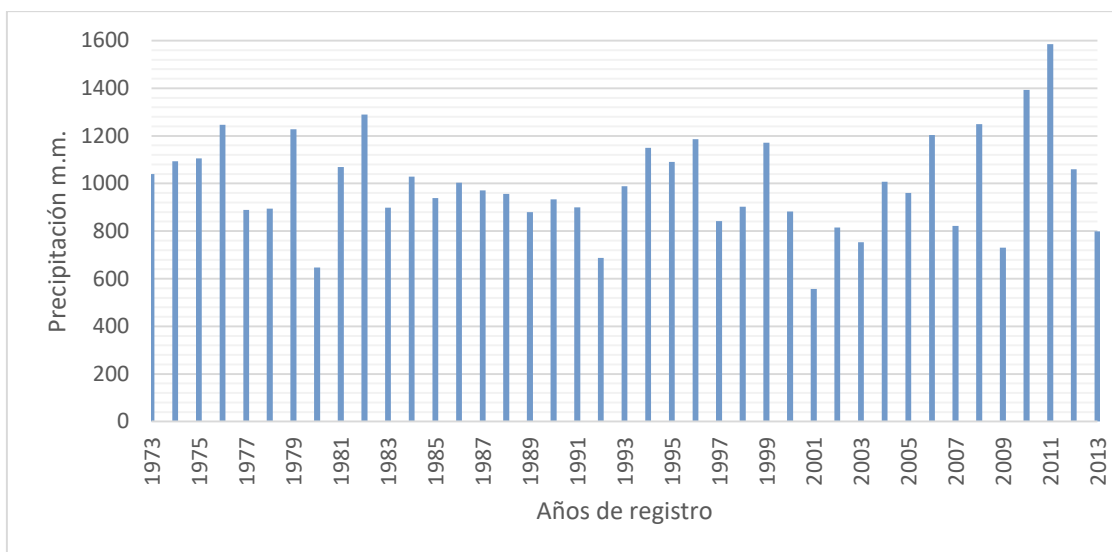
A partir del llenado de los datos, se puede completar y utilizar la información para el análisis de la precipitación.

4.4.3 Interpretación de la precipitación total en la cuenca

Para el estudio de la precipitación y el régimen de lluvias, se utilizaron las estaciones de El Hospital Carupa, EL Hato No.1, EL Hato No.2, El Hato No.3, El Hato No. 6 y El Hato No.7. Todas las estaciones seleccionadas se encuentran distribuidas a lo largo y ancho de la cuenca como se aprecia en la Imagen 4-6, con lo cual se busca lograr una adecuada estimación de la distribución de la precipitación en la cuenca.

A partir de los datos completos en las estaciones seleccionadas, se determinó el promedio anual de precipitación para el periodo seleccionado de 41 años, comprendido entre los años de 1973 y 2013. A partir de esta grafica se puede determinar los años donde se han

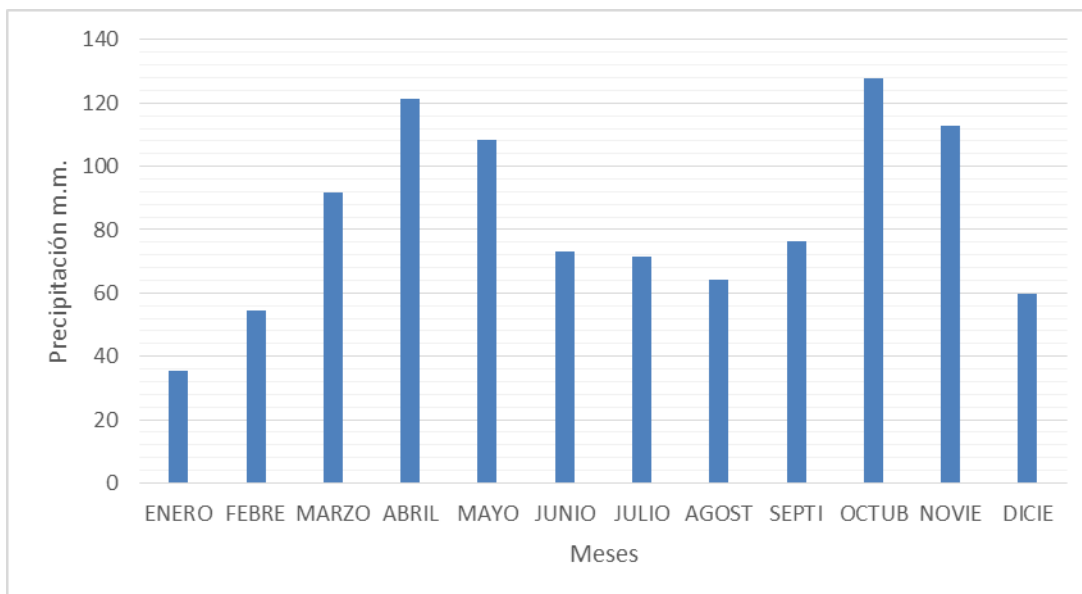
presentado bajas precipitaciones, así como eventos de precipitación excesiva (ver Gráfica 4-7).



Gráfica 4-7. Distribución total anual de la precipitación en la cuenca del Embalse el Hato

Del gráfico anterior se puede precisar que los periodos de precipitación registran ciclos de 9 y 11 años, presentando valores mínimos para los años 1979, 1992, 2001 y 2013. En cuanto a los valores máximos se precisan valores pico para los años de 1976, 1982, 1996, 2006 y un máximo para la serie en el año 2011.

A partir de los registros medios mensuales multianuales, de las estaciones seleccionadas se precisó que en la cuenca se presenta un régimen de lluvias de tipo Bimodal, presentando periodos picos en los meses de Abril y Octubre, y valores bajos en los meses de Enero y Agosto, tal y como se aprecia en la Gráfica 4-8.



Gráfica 4-8. Distribución modal de la precipitación en la cuenca del Embalse El Hato

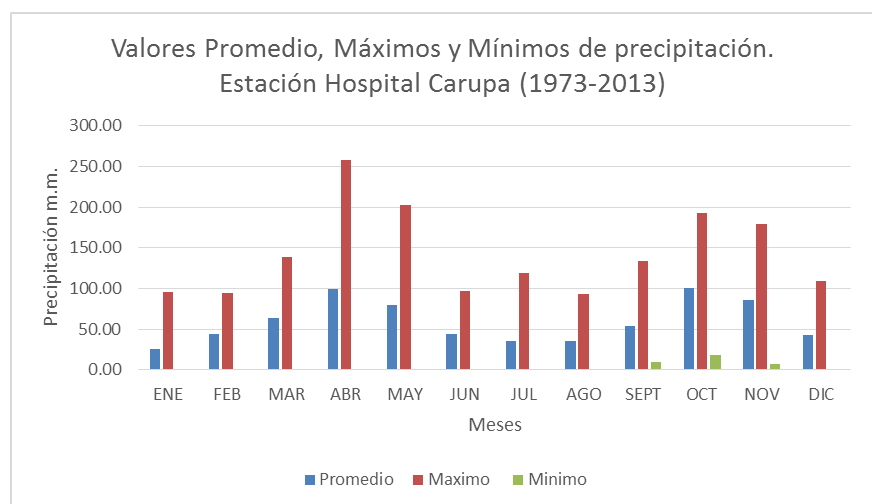
4.4.4 Interpretación de la precipitación por estaciones

Con base en los registros completos para la precipitación, se puede establecer los valores promedio, máximos y mínimos de la precipitación a lo largo del período de registro (1973-2013).

- Estación Hospital Carupa: La estación presenta un régimen bimodal, con valores pico en los meses de Abril y Octubre, y los valores mínimos medios durante los meses de Enero y Julio. La estación registra un promedio total anual para el período de registro de 707,9 m.m. A continuación se muestran los valores tabulados en la Tabla 4-6 y su interpretación en la Gráfica 4-9.

Tabla 4-6. Valores medios, máximos y mínimos totales multianuales de precipitación. Estación Hospital Carupa (1973-2013)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Promedio	25.90	43.33	63.61	98.89	79.95	43.57	35.63	35.13	53.73	100.30	85.52	42.37	707.94
Máximo	96.1	94.3	138.6	258.1	202.7	96.4	119.2	92.6	133.2	192.2	178.8	109	258.1
Mínimo	0	0.1	0	0	0	0	0	1.4	9.2	17.6	7.2	0	0



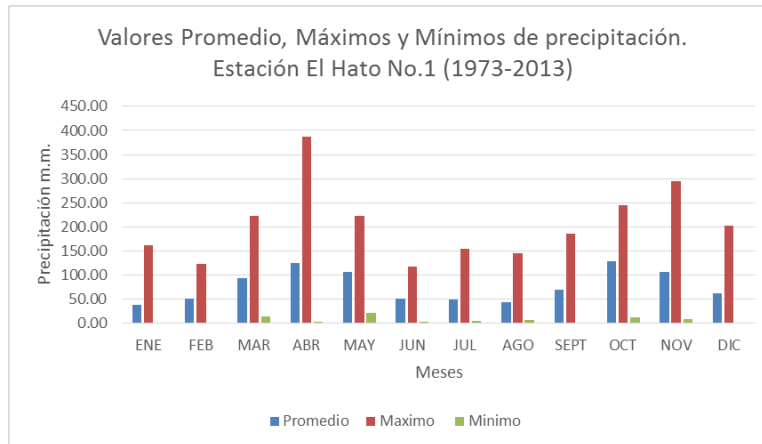
Gráfica 4-9. Comportamiento de la precipitación en el período de estudio (1973-2013). Estación Hospital Carupa.

- **Estación El Hato No.1:** La estación presenta un régimen bimodal, con valores pico en los meses de Abril y Octubre, y los valores mínimos medios durante los meses de Enero y Agosto. La estación registra un promedio total anual para el período de registro de 924,96 m.m. A continuación se muestran los valores tabulados en la Tabla 4-7 y su interpretación en la correspondiente Gráfica 4-10.

Tabla 4-7. Valores medios, máximos y mínimos totales multianuales de precipitación. Estación El Hato No. 1 (1973-2013)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Promedio	37.36	51.56	93.89	124.13	105.92	50.78	50.03	44.25	69.11	128.55	106.61	62.75	924.96
Máximo	162.04	123	223	387	222	118	154	146	186	244	294	203	387

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Mínimo	0	0	14.8	4	20.9	2.6	4.9	7.1	0	12	9.6	0	0

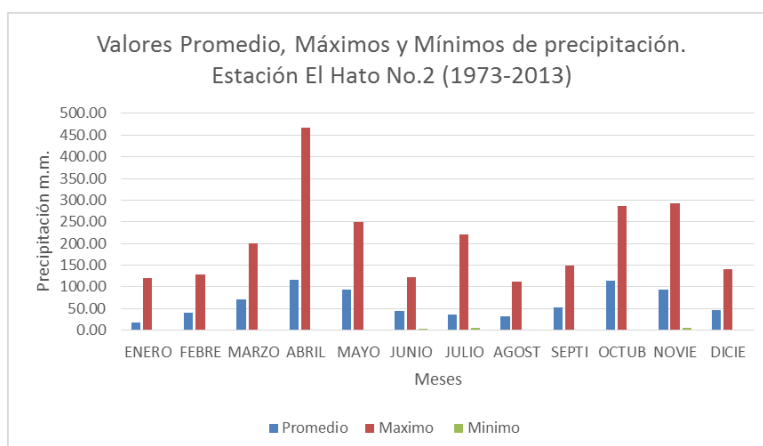


Gráfica 4-10. Comportamiento de la precipitación en el período de estudio (1973-2013). Estación El Hato No.1.

- **Estación El Hato No.2:** La estación presenta un régimen bimodal, con valores pico en los meses de Abril y Octubre, y los valores mínimos medios durante los meses de Enero y Agosto. La estación registra un promedio total anual para el período de registro de 760,96 m.m. A continuación se muestran los valores tabulados en la Tabla 4-8 y su interpretación en la Gráfica 4-11.

Tabla 4-8. Valores medios, máximos y mínimos totales multianuales de precipitación. Estación El Hato No. 2 (1973-2013)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Promedio	18.20	40.02	71.90	116.59	93.14	43.60	36.86	32.59	51.88	114.85	93.90	46.84	760.36
Máximo	121	129	201	466	250	122	220	112	150	286	293	141	466
Mínimo	0	0	0	0	2	3	5	2	0	0	5	0	0

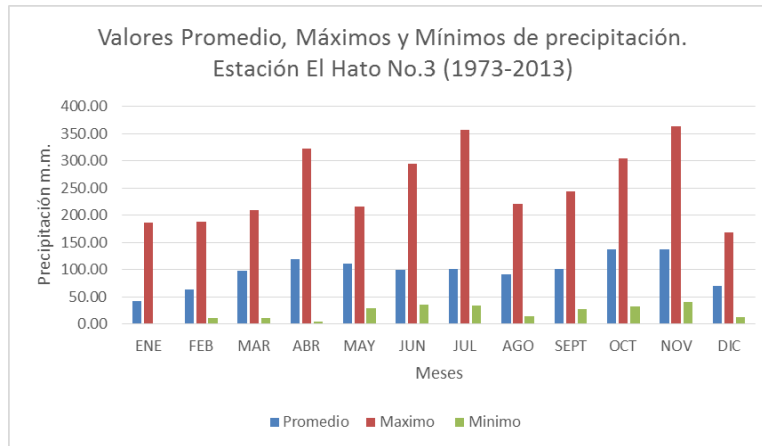


Gráfica 4-11. Comportamiento de la precipitación en el período de estudio (1973-2013). Estación El Hato No.2.

- **Estación El Hato No.3:** La estación presenta un régimen bimodal, con valores pico en los meses de Abril y Octubre, y los valores mínimos medios durante los meses de Enero y Agosto. La estación registra un promedio total anual para el período de registro de 1171,46 m.m. A continuación se muestran los valores tabulados en la Tabla 4-9 y su interpretación en la Gráfica 4-12.

Tabla 4-9. Valores medios, máximos y mínimos totales multianuales de precipitación. Estación El Hato No. 3 (1973-2013)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Promedio	42.48	63.42	97.25	119.85	111.80	99.40	101.99	90.57	100.55	137.35	137.54	69.26	1171.46
Máximo	187	188	209.4	323	216.4	295	356.7	221	244	304	364.4	169	466
Mínimo	0	11	11	4	29.8	35	33.3	14.5	28	32	40	13	0

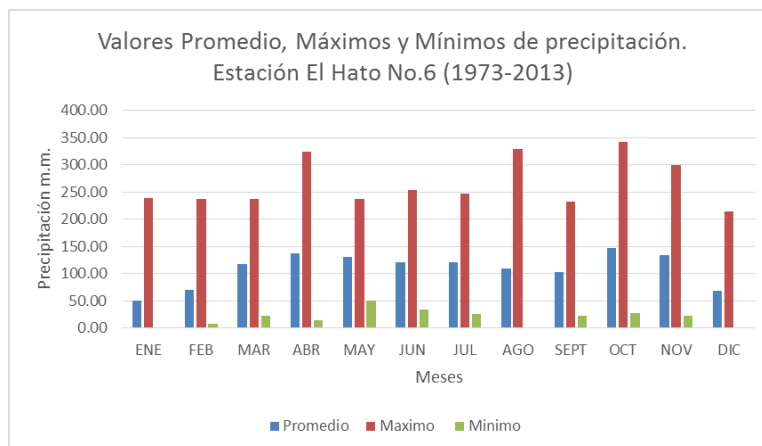


Gráfica 4-12. Comportamiento de la precipitación en el período de estudio (1973-2013). Estación El Hato No.3.

- **Estación El Hato No.6:** La estación presenta un régimen bimodal, con valores pico en los meses de Abril y Octubre, y valores mínimos medios durante los meses de Enero y Septiembre. La estación registra un promedio total anual para el período de registro de 1309,97 m.m. A continuación se muestran los valores tabulados en la Tabla 4-10 y su interpretación en la Gráfica 4-13.

Tabla 4-10. Valores medios, máximos y mínimos totales multianuales de precipitación. Estación El Hato No.6 (1973-2013)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Promedio	49.78	70.45	117.64	136.80	130.99	121.46	121.29	109.91	102.50	146.64	133.93	68.58	1309.97
Máximo	239	238	237	325	238	253	247	330	232	342	299.7	214	466
Mínimo	0	7	22	13.6	50	34	26	0	22	27	22	0	0

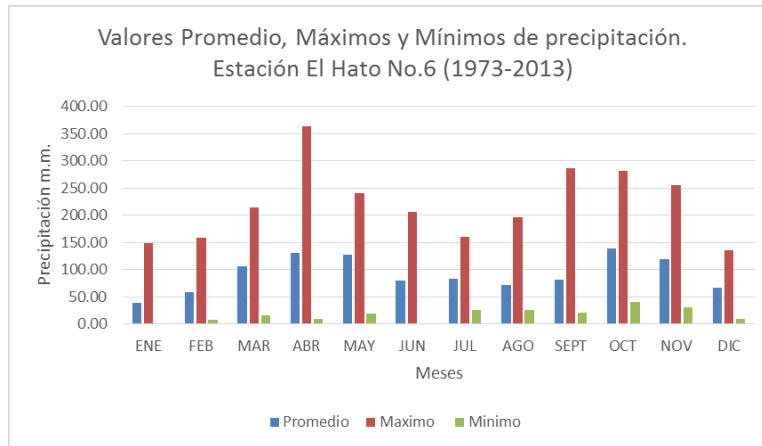


Gráfica 4-13. Comportamiento de la precipitación en el período de estudio (1973-2013). Estación El Hato No. 6

- **Estación El Hato No.7:** La estación presenta un régimen bimodal, con valores pico en los meses de Abril y Agosto, y valores mínimos medios durante los meses de Enero y Agosto. La estación registra un promedio total anual para el período de registro de 1103,57 m.m. A continuación se muestran los valores tabulados en la Tabla 4-11 y su interpretación en la Gráfica 4-14.

Tabla 4-11. Valores medios, máximos y mínimos totales multianuales de precipitación. Estación El Hato No.7 (1973-2013)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
Promedio	38.12	58.33	106.60	130.78	127.20	80.39	83.08	71.92	81.00	138.91	119.67	67.56	1103.57
Máximo	149	158	214	364	240	207	160	196	286	281	255	136	466
Mínimo	0	8	16	10	20	0	25	25	21	40	31	10	0



Gráfica 4-14. Comportamiento de la precipitación en el período de estudio (1973-2013). Estación El Hato No. 7

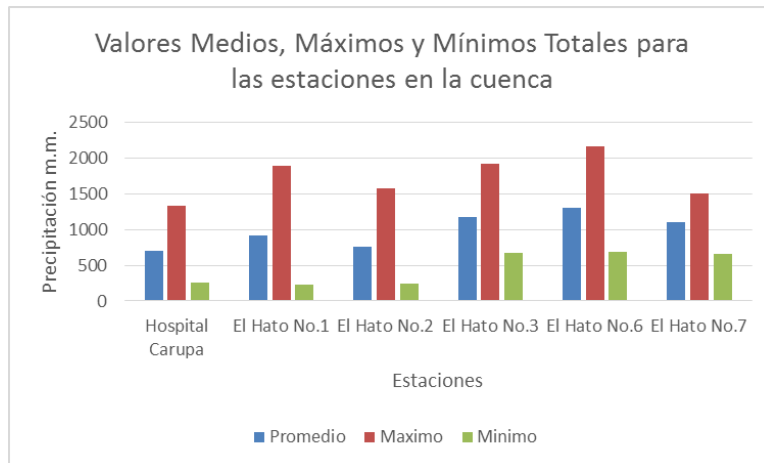
Como resultado del análisis de la precipitación para el período seleccionado, se identificó que de forma homogénea los meses con mayor precipitación son los meses Abril, Septiembre y Octubre, así como los meses más secos de manera predominante en la cuenca son los meses de Enero, Julio y Agosto.

De los mismos registros se determinó que la estación que presenta el mayor promedio de precipitación es la estación El Hato No.6, con 1309.97mm, siendo el mes con mayor precipitación mensual multianual del período estudiado, el mes de Octubre en esta estación con 146.64mm. Dentro del período estudiado, los registros señalan que el mes más seco en todas las estaciones es Enero, siendo la estación El Hato No.2 la que presenta el menor valor con 18.2mm, para la precipitación mensual multianual.

Lo anterior obedece a que la estación el Hato No.6, se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca, en la zona que se considera páramo ubicada a 3105 m.s.n.m., y esta área presenta una vegetación abundante y conservada., mientras que la estación El Hato No. 2, se encuentra en la parte baja, cerca al embalse a 2974 m.s.n.m., donde predominan los pastos y cultivos. A continuación se presentan los valores medios, máximos y mínimos totales multianuales para cada una de las estaciones y el promedio para la cuenca.

Tabla 4-12. Valores Medios, Máximos y Mínimos para las estaciones en la Cuenca del Embalse el Hato. Periodo (1973-2013)

	Hospital Carupa	El Hato No.1	El Hato No.2	El Hato No.3	El Hato No.6	El Hato No.7	Promedio Total
Promedio	707.9	925	760.4	1171.5	1310	1103.6	996.4
Máximo	1329.1	1898	1573	1927.8	2161	1513	1585.6
Mínimo	263.6	225.1	244	671.8	687.7	655.2	557.2



Gráfica 4-15. Distribución de la precipitación Total en las estaciones presentes en la cuenca del embalse El Hato.

En la Fotografía 3, se aprecia en la parte baja el embalse, y al fondo se aprecia la cabecera de la cuenca donde se encuentra el área protegida de páramo.

Fotografía 3. Cuenca del embalse el Hato.



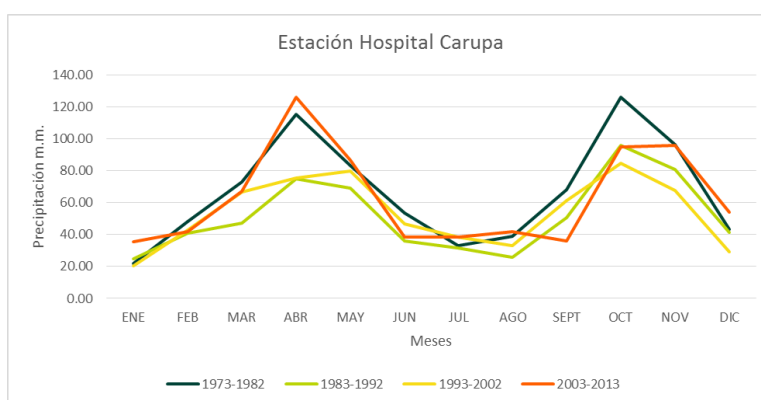
4.5 RÉGIMEN HIDROLÓGICO

A partir del estudio de los registros para las estaciones Hospital Carupa, El Hato No.1, El Hato No.2, El Hato No.3, El Hato No.6 y El Hato No.7, se realizó un análisis del comportamiento promedio mensual multianual para series de 10 y 11 años. En este período es posible identificar que para todas las estaciones en la cuenca, se presenta un comportamiento de altas precipitaciones por diez años consecutivos, seguidos por dos periodos de diez años de bajas precipitaciones muy similares en sus valores mensuales, al final de los cuales se repite un período de altas precipitaciones mensuales durante los meses de Marzo a Mayo y Septiembre a Noviembre.

A continuación se presentan los registros medios mensuales multianuales para periodos de 10 años, con sus respectivas gráficas, para cada una de las estaciones estudiadas.

Tabla 4-13. Registros de precipitación en series de 10 años. Estación Hospital Carupa

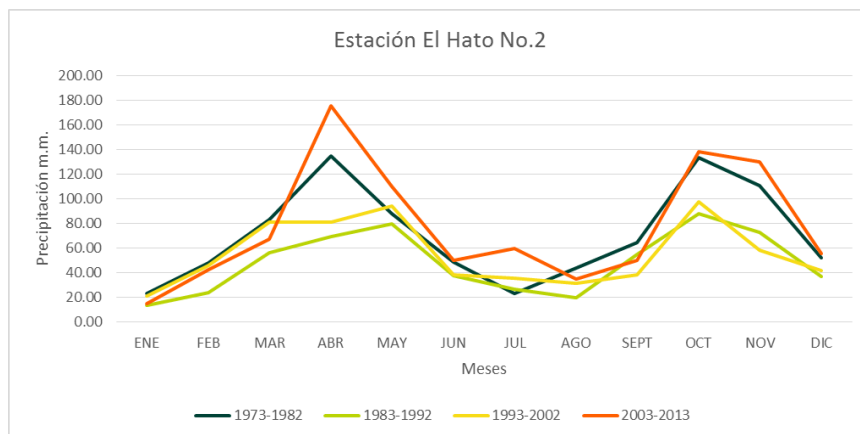
Promedio mensual Multianual por ciclos de 10 y 11 años													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
1973-1982	21.92	48.19	73.24	115.72	83.11	53.59	33.07	39.21	68.27	125.97	96.49	43.52	802.3
1983-1992	24.92	40.92	47.14	75.23	69.30	35.93	31.71	25.80	50.86	96.22	80.87	41.40	620.3
1993-2002	20.29	42.70	66.58	75.72	79.76	46.63	38.71	33.15	61.60	84.67	67.55	29.39	646.75
2003-2013	35.53	41.69	67.15	126.16	86.93	38.61	38.71	41.69	35.96	94.89	96.13	54.00	757.45



Gráfica 4-16. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación Hospital Carupa

Tabla 4-14. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación El Hato No.2

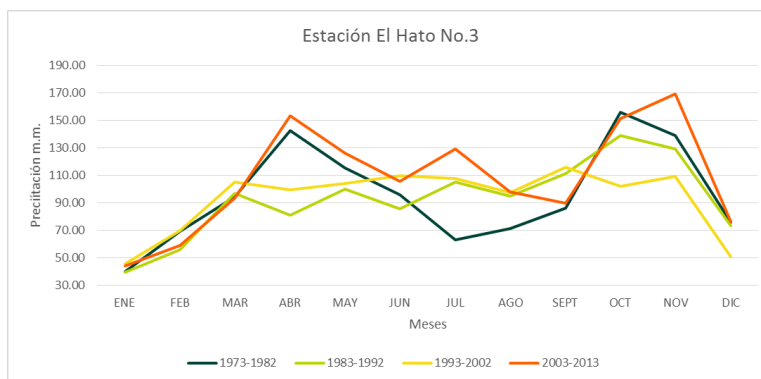
Promedio mensual Multianual por ciclos de 10 y 11 años													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
1973-1982	23.40	48.20	83.30	135.00	88.20	48.30	23.30	44.01	64.20	133.50	110.90	52.10	854.41
1983-1992	13.70	23.60	56.40	69.30	79.28	37.40	26.30	19.40	54.70	87.80	72.90	37.13	577.91
1993-2002	21.30	45.60	80.80	81.10	93.80	38.40	35.80	31.70	38.60	97.68	58.00	41.80	664.58
2003-2013	14.73	42.45	67.55	175.09	109.64	49.68	59.76	35.00	50.18	138.09	130.18	55.45	927.81



Gráfica 4-17. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación El Hato No.2

Tabla 4-15. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación El Hato No.3

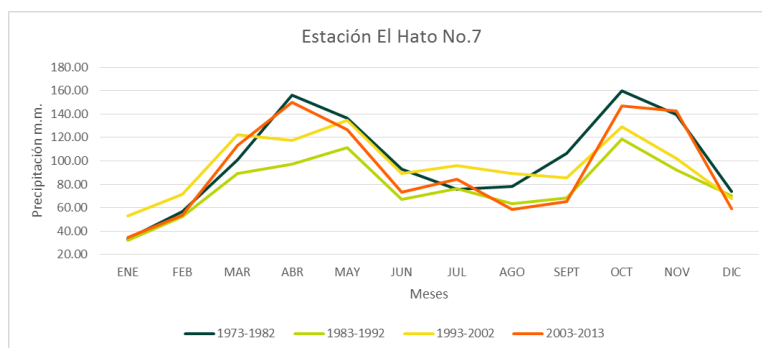
Promedio mensual Multianual por ciclos de 10 y 11 años													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
1973-1982	40.00	69.40	94.50	142.30	115.20	95.73	63.30	71.30	86.30	155.90	138.95	75.90	1148.8
1983-1992	39.78	55.93	96.89	81.11	100.20	85.60	105.00	94.90	111.20	139.00	129.41	73.50	1112.5
1993-2002	45.72	69.81	104.86	99.53	104.31	109.80	107.64	97.44	115.88	102.07	109.30	50.71	1117.1
2003-2013	44.25	58.99	93.15	153.15	126.05	105.83	129.29	97.92	89.90	151.07	169.31	76.22	1295.1



Gráfica 4-18. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación El Hato No.3

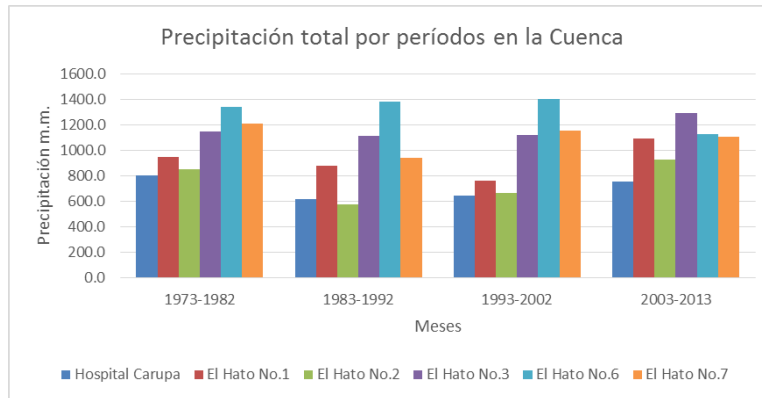
Tabla 4-16. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación El Hato No.7

Promedio mensual Multianual por ciclos de 10 y 11 años													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Total
1973-1982	33.50	56.90	101.02	156.40	136.40	93.20	75.80	78.10	106.70	159.90	139.25	73.70	1210.9
1983-1992	32.00	52.10	89.20	97.20	111.60	67.20	76.43	63.46	68.36	118.85	92.50	70.40	939.3
1993-2002	52.90	71.20	122.60	117.50	134.40	88.91	95.80	89.20	85.53	129.00	101.90	68.00	1156.9
2003-2013	34.45	53.60	112.96	150.09	126.45	73.00	84.18	58.27	65.00	147.09	142.73	59.00	1106.8



Gráfica 4-19. Comportamiento de la precipitación en series de 10 años. Estación El Hato No.7

A partir del análisis por períodos de 10 años para cada una de las estaciones seleccionadas, se determinó que las estaciones han presentado valores muy similares de registro en los tres primeros periodos (1973-2002), pero para el último periodo estudiado (2003-2013), se presenta un descenso importante en los valores registrados. A continuación se presenta la gráfica con los valores registrados en cada período estudiado (ver Gráfica 4-20).



Gráfica 4-20. Precipitación Total Multianual por estaciones, para los periodos estudiados

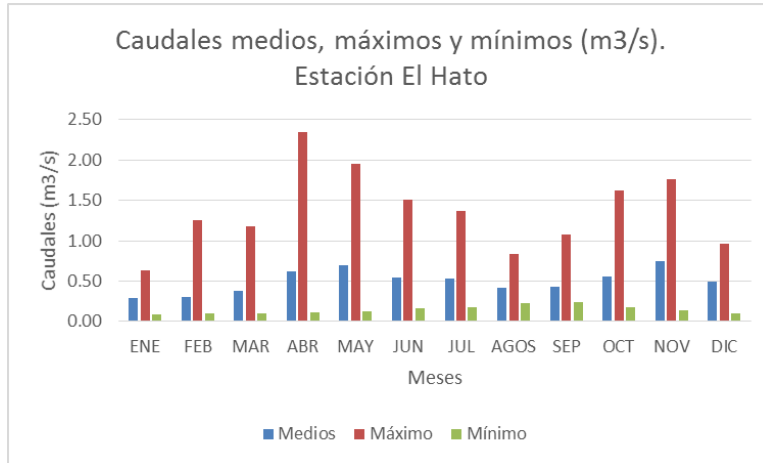
4.6 ESTUDIO DE CAUDALES EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO

El estudio de caudales en la cuenca, se realizó utilizando la información de la estación El Hato – 2401798, de tipo Limnimétrica. Esta estación registra los Caudales Medios Mensuales (m³/s) de entrada al embalse en la corriente del Río Ubaté.

La estación El Hato tiene un registro de datos de los años 1992-2014, los cuales se encuentran incompletos para los años 2002-2005. Para el estudio no se tomaron en cuenta estos años de registro. A continuación se presenta la Tabla 4-17 con el registro de los valores medios, máximos y mínimos para el Caudal del río Ubaté.

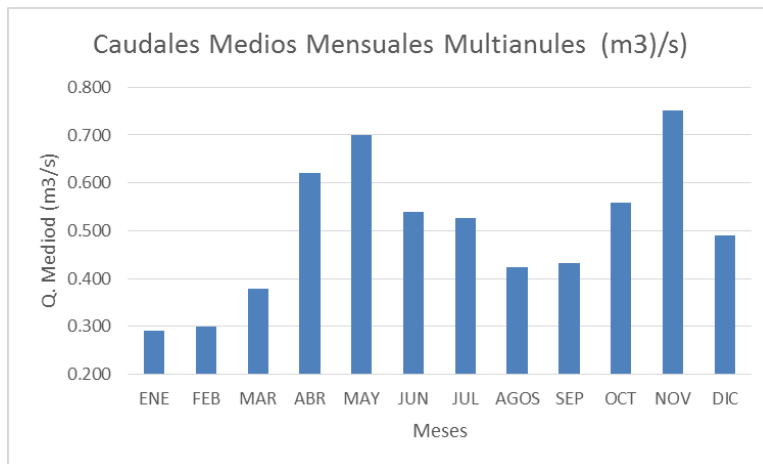
Tabla 4-17. Valores medios, máximos y mínimos de Caudales (m³/s). Estación El Hato -2401798.

EL HATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
Medios	0.29	0.30	0.38	0.62	0.70	0.54	0.53	0.42	0.43	0.56	0.75	0.49
Máximo	0.63	1.26	1.18	2.34	1.95	1.51	1.37	0.83	1.08	1.62	1.76	0.96
Mínimo	0.09	0.10	0.11	0.11	0.13	0.16	0.18	0.23	0.24	0.17	0.14	0.10



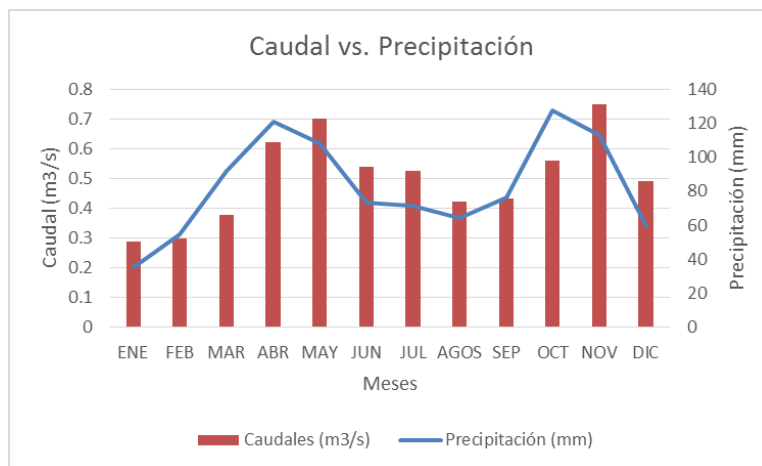
Gráfica 4-21. Caudales medios, máximos y mínimos. Estación El Hato-2401798.

A partir del registro de caudales disponibles a la entrada del embalse, se puede establecer que los caudales en la cuenca presentan un régimen bimodal, caracterizado por tener valores pico en los meses de Abril y Mayo en el primer periodo del año hidrológico y en Noviembre para el segundo periodo. De igual forma se presentan valores bajos durante los meses de Enero y Febrero, y un periodo de transición en los meses de Agosto y Septiembre.



Gráfica 4-22. Distribución Mensual Multianual de Caudales (m³/s). Estación El Hato-2401798.

Con el registro de la precipitación se realiza la comparación con el régimen de caudales, lo cual establece que los mayores caudales se presentan durante los meses de Mayo y Noviembre, difiriendo con los meses de mayor precipitación los cuales se presentan durante Abril y Octubre, lo cual indica que una vez se llena el almacenamiento base se produce un superávit en el escurrimiento superficial, el cual disminuye de manera gradual a medida que desaparecen las temporadas de lluvias. El caudal se mantiene durante los meses secos de Enero, Junio, Julio y Agosto, como respuesta del flujo base en la cuenca a la disminución de la precipitación



Gráfica 4-23. Caudal vs. Precipitación en la cuenca del embalse el Hato.

5 ESTUDIO DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

Como parte del estudio de la cuenca, es necesario analizar las variables climatológicas en la cuenca del embalse El Hato, así como el Clima. Las variables climatológicas como la Temperatura, Brillo Solar, Evaporación, la Radiación Solar, y la Evapotranspiración Potencial, permiten caracterizar la cuenca y determinar las abstracciones que se presentan y hacen posible determinar el balance hídrico de la cuenca, y a partir de este estimar la oferta hídrica disponible durante los doce periodos del año hidrológico.

En desarrollo del estudio de las variables climatológicas, se utilizaron las estaciones de la CAR que se relacionan a continuación en las Tabla 5-1 y Tabla 5-2.

Tabla 5-1. (A) Estaciones utilizadas en el estudio del Clima, en inmediaciones del Embalse el Hato. CAR Cundinamarca

COD	ESTACIÓN	TIPO	NORTE	ESTE	HUMEDAD RELATIVA	BRILLO SOLAR	EVAPORACIÓN
2401519	NOVILLEROS	CP	1080650	1032380	X	X	X
2401536	HATO EL	ST	1076689	1019172	X		
2401521	SUTATAUSA	CO	1071880	1025020	X		X
2120541	REPRESA EL NEUSA	AUT	1060090	1011400	X	X	X
24015110	BOYERA	AUT	1077900	1025200			X
24015380	CARMEN DE CARUPA	CP	1083120	1019840	X		

Tabla 5-2. (B) Estaciones utilizadas en el estudio del Clima, en inmediaciones del Embalse el Hato. CAR Cundinamarca

COD	ESTACION	TIPO	NORTE	ESTE	RADIACION SOLAR	TEMPERATURA	NUBOSIDAD
2401519	NOVILLEROS	CP	1080650	1032380	X	X	
2401536	HATO EL	ST	1076689	1019172		X	
2401521	SUTATAUSA	CO	1071880	1025020		X	
2120541	REPRESA EL NEUSA	AUT	1060090	1011400	X	X	
24015110	BOYERA	AUT	1077900	102520			
24015380	CARMEN DE CARUPA	CP	1083120	1019840		X	X

5.1.1 Clima

La cuenca del embalse El Hato se encuentra ubicada en la parte alta de la cordillera Oriental, y hace parte de la región del altiplano Cundiboyacense, la cual se caracteriza por una morfología ondulada de valles pronunciados entre cadenas montañosas de mediana altura.

La cuenca presenta una diferencia de altura entre 2.840 y 3.790 m.s.n.m. y altura media de 3.195 ms.n.m. Según la clasificación propuesta por el Modelo climático de Caldas-Lang (Ramirez, 1994), la cuenca se clasifica por la altura, la precipitación y la Temperatura como de transición entre Frío semihúmedo (Fsh) y Páramo bajo semihúmedo (PBsh). Vale la pena resaltar que según la clasificación mencionada la parte alta de la cuenca se clasifica como Páramo alto húmedo (PAH), por tener una altura superior a los 3.400 m.s.n.m., precipitación superior a 1.100 mm y temperatura inferior a 7°C.

5.1.2 Temperatura

La temperatura es una magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. El promedio de las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado (hora, día, mes, año, década, etc.) se denomina temperatura media, en tanto que los valores más altos (máximos) y más bajos (mínimos) presentados en el transcurso de tal intervalo, se conocen como temperaturas extremas.

En el presente estudio hidrológico, la temperatura es uno de los factores más importantes en el análisis climático, pues este parámetro incide directamente en los procesos de evapotranspiración y condicionan la existencia de determinadas especies vegetales.

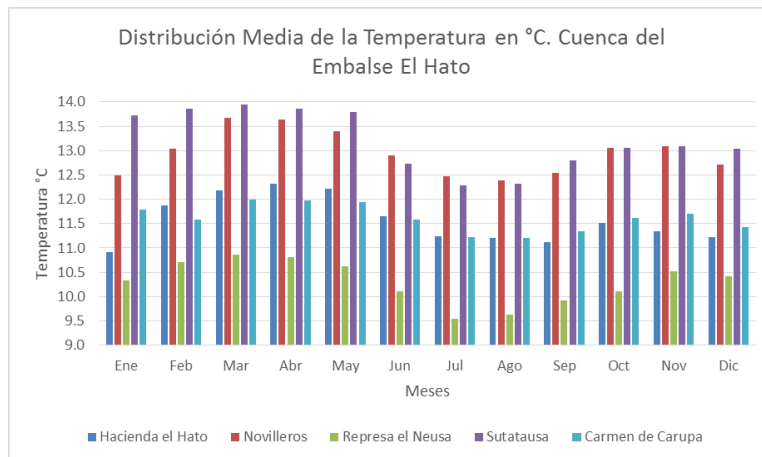
En el área de estudio la variación de la temperatura se puede observar en la Tabla 5-3, se puede identificar el comportamiento de la temperatura media interanual, la cual oscila entre 8.3 °C y 17.3°C, para las estaciones de la Hacienda el Hato, Novilleros, Represa el Neusa, Sutatausa y Carmen de Carupa. Los valores máximos se alcanzan durante los meses de Enero a Abril y las mínimas durante el mes de Diciembre. En la cuenca se presenta una dificultad con respecto a la disponibilidad de datos para medir esta variable, por lo tanto se utilizan los datos de estaciones que se encuentra fuera de la cuenca, con el fin de determinar la variación con respecto a la posición donde se ubiquen las estaciones.

Tabla 5-3. Temperatura Media Anual Multianual. Cuenca del Embalse El Hato

Estación	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Hacienda el Hato	MED.	10.92	11.88	12.18	12.32	12.22	11.65
	MÁX.	12.7	14.1	13.6	14.2	13.5	12.1
	MÍN.	9.8	10.7	11.5	11.7	11.5	11.4
Novilleros	MED.	12.496	13.031	13.67	13.65	13.39	12.9
	MÁX.	17.3	15.7	16.2	16.6	15.5	15.4
	MÍN.	10	10.2	10.7	9.2	9.4	10.6
Represa el Neusa	MED.	10.329	10.708	10.86	10.82	10.62	10.11
	MÁX.	11.5	11.8	12.6	12.3	12.2	12
	MÍN.	8.5	8.6	8.9	9	8.3	8.6
Sutatausa	MED.	13.716	13.86	13.94	13.85	13.79	12.72
	MÁX.	16.1	16.2	16.3	16.4	15.6	15.3
	MÍN.	10.3	11	11.7	11.7	11.8	1.8
Carmen de Carupa	MED.	11.78	11.583	12	11.98	11.94	11.58
	MÁX.	13	13	13.7	13.4	12.9	12.3
	MÍN.	11.2	10.6	10.9	11.4	11.4	11.2

Estación	Parámetro	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Hacienda el Hato	MED.	11.2	11.2	11.1	11.5	11.4	11.2	11.6
	MÁX.	12.0	12.0	11.8	12.2	11.7	11.7	14.2
	MÍN.	10.3	10.8	10.7	11.0	11.1	10.2	9.8
Novilleros	MED.	12.5	12.4	12.5	13.1	13.1	12.7	13.0

Estación	Parámetro	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	MÁX.	15.2	15.4	15.6	15.7	15.6	17.9	17.9
	MÍN.	10.7	10.5	10.4	10.7	10.8	9.6	9.2
Represa el Neusa	MED.	9.5	9.6	9.9	10.1	10.5	10.4	10.3
	MÁX.	11.4	11.3	11.2	11.5	11.7	11.9	12.6
	MÍN.	7.1	7.6	8.2	8.5	8.5	8.2	7.1
Sutatausa	MED.	12.3	12.3	12.8	13.1	13.1	13.0	13.2
	MÁX.	15.0	15.1	15.5	15.4	15.5	15.5	16.4
	MÍN.	1.4	1.4	1.6	1.5	1.4	1.1	1.1
Carmen de Carupa	MED.	11.2	11.2	11.3	11.6	11.7	11.4	11.6
	MÁX.	11.7	11.7	11.9	12.0	12.0	11.7	13.7
	MÍN.	10.8	10.9	10.8	10.8	11.3	11.2	10.6



Gráfica 5-1. Distribución de la Temperatura (°C), en la cuenca del embalse El Hato.

Para el caso de determinar el balance hídrico, se toman los datos de temperatura de la estación de la represa el Neusa – 2120541 ubicada a 3100 m.s.n.m., en razón a que la altura a la que se encuentra esta estación es muy próxima a la altura media de la cuenca de El embalse el Hato, la cual se estimó en 3187 m.s.n.m.

5.1.3 Evaporación

La evaporación es la emisión de vapor de agua a la atmósfera desde una superficie húmeda a temperatura inferior al punto de ebullición. Se encuentra directamente relacionada

con diversos factores, entre los que se destacan el tipo de suelo y factores climáticos como la temperatura, la velocidad del viento, la presión atmosférica y la insolación, además de la cantidad de agua contenida en la superficie donde se contiene el agua.

Adicionalmente, la evaporación es un indicador natural del balance hídrico y nos permite obtener las deficiencias o excesos de humedad en el suelo cuando está a capacidad de campo.

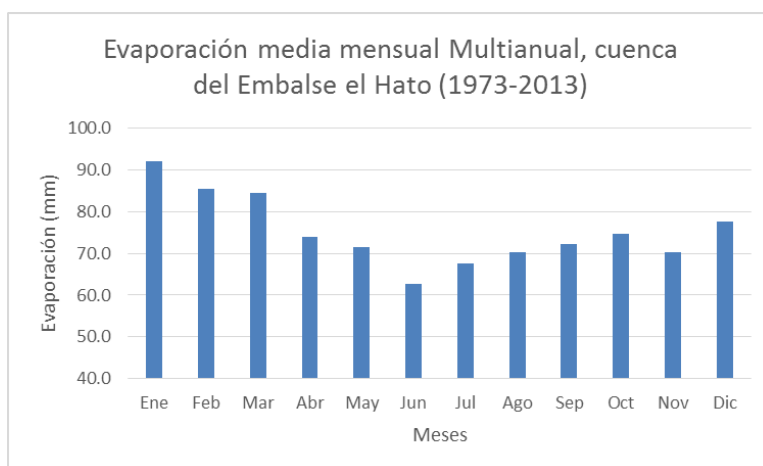
La evaporación se analizó a partir de los datos de las estaciones de Novilleros, Sutatausa, Represa el Neusa y Boyera. Debido a que estas estaciones se encuentran en inmediaciones de la cuenca, y dentro del área del embalse no se cuenta con registros para esta variable.

De acuerdo a los datos de la Tabla 5-4 y la Gráfica 5-3, y comparando con los datos de la precipitación, se observa que los periodos secos registran una alta tasa de evaporación, comportamiento inverso para los periodos húmedos; lo anterior se debe a que en épocas de alta humedad la radiación solar disminuye y como consecuencia aumenta en el medio la humedad debido a la nubosidad.

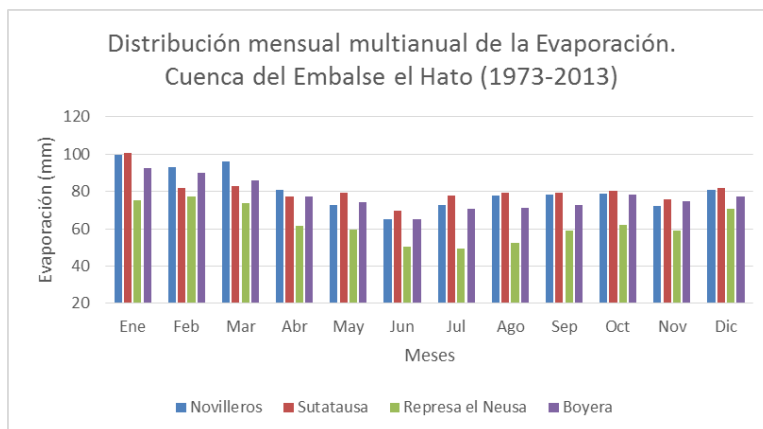
Este parámetro fue analizado a partir de los registros de las estaciones presentes en el área cercana a la cuenca del embalse, los cuales muestran los valores medios, máximos y mínimos de la evaporación media mensual en la región. El valor total anual de evaporación, en promedio, tiene un valor cercano a 903.0 mm en promedio, mm, lo que supone un porcentaje cercano al 90% de las precipitaciones caídas en un año promedio. Los meses de máxima evaporación son Enero, Febrero, Marzo y Diciembre con valores que oscilan entre 84.6 y 92.0mm, mientras que la evaporación más baja en promedio se presenta entre los meses de Junio y Agosto con valores entre 62.5 y 70.2mm. La distribución anual se puede apreciar en la Gráfica 5-2.

Tabla 5-4. Valores medios, máximos y mínimos de Evaporación en la cuenca del Embalse el Hato (1973-2013)

Estación	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Novilleros	MED.	99.5	92.9	96.1	80.7	72.9	64.9	72.9	77.6	78.2	78.9	72.0	81.1	967.6
	MÁX.	181.0	123.6	134.6	126.2	104.3	86.8	98.6	98.2	104.0	101.2	111.9	111.0	181.0
	MÍN.	24.5	49.2	55.1	24.1	47.9	40.3	48.3	53.7	38.0	34.8	44.6	49.3	24.1
Represa el Neusa	MED.	75.2	77.1	73.9	61.4	59.5	50.5	49.4	52.4	59.0	61.8	59.1	70.8	750.1
	MÁX.	112.4	107.9	98.2	96.5	79.8	64.4	67.7	69.8	73.6	109.5	79.1	99.7	112.4
	MÍN.	18.9	42.2	48.0	31.8	41.1	19.5	29.8	12.3	40.9	42.3	27.0	14.3	12.3
Sutatausa	MED.	100.6	82.0	82.9	77.1	79.3	69.9	77.8	79.4	79.3	80.4	75.6	81.9	966.1
	MÁX.	141.5	128.1	122.9	126.2	141.1	99.0	102.8	120.9	109.2	121.9	111.6	108.8	141.5
	MÍN.	54.3	1.8	27.0	30.4	37.9	31.5	55.3	46.2	26.2	32.2	45.1	5.2	1.8
Boyera	MED.	92.7	89.9	85.7	77.2	74.4	65	70.6	71.3	72.5	78.1	74.8	77.1	929.3
	MÁX.	181	134.6	134.6	126.2	141.1	99	102.8	120.9	109.2	121.9	111.9	111	181.0
	MÍN.	18.9	42.2	24.1	24.1	40.3	19.5	29.8	12.3	34.8	34.8	27	14.3	12.3



Gráfica 5-2. Distribución mensual multianual, cuenca del Embalse el Hato (1973-2013)



Gráfica 5-3. Distribución de la Evaporación en la Cuenca del Embalse el Hato (1973-2013)

5.1.4 Humedad relativa

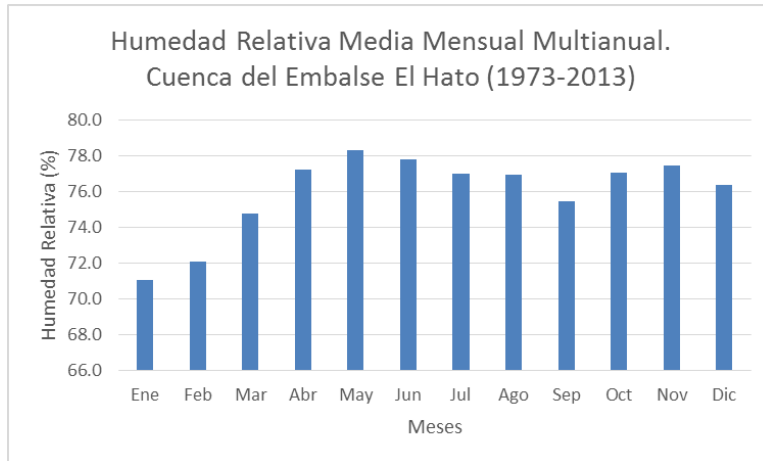
Se define como la relación expresada en porcentaje entre la tensión real del vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura. La relación humedad relativa y temperatura es inversa, es decir, cuando la temperatura aumenta, la capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta y la humedad relativa disminuye, mientras que cuando la temperatura disminuye, la capacidad de retención decrece y la humedad relativa aumenta; adicionalmente la relación humedad relativa y precipitación es directa, dado que en los meses de mayores precipitaciones se presentan las mayores humedades relativas dependiendo del régimen pluviométrico.

En la Tabla 5-5 y Gráfica 5-4 se muestra la distribución y comportamiento de la humedad relativa media mensual, donde se observa que el promedio de la humedad relativa anual es del orden del 76% para las estaciones de Novilleros, Hacienda el Hato, Represa el Neusa, Sutatausa y Carmen de Carupa, variando entre 68,1 y 81,0%. A partir de la información registrada en las estaciones de determina para el periodo de estudio, que los valores mínimos de humedad relativa se presenta en los meses de Enero y Febrero, coincidiendo con los periodos más secos en el año hidrológico.

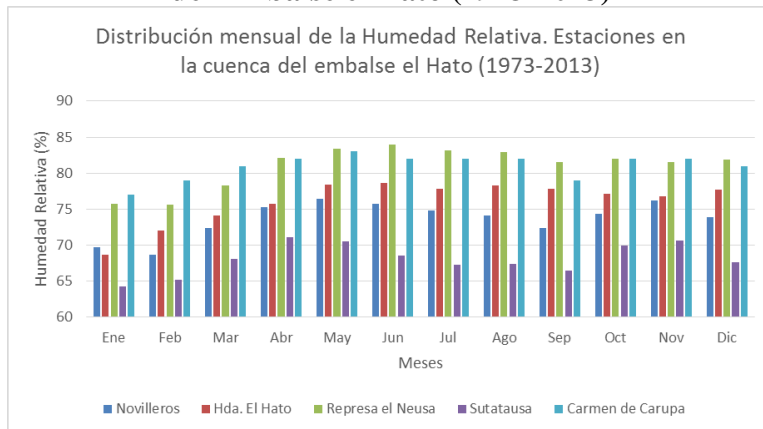
Asimismo, los valores de humedad más altos corresponden a la temporada invernal que se presenta dos veces al año, una entre los meses de Abril a Junio, y la otra entre los meses de Octubre a Noviembre, con valores máximos en los meses de Mayo y Noviembre, evidenciando la directa proporcionalidad entre la humedad relativa y la precipitación.

Tabla 5-5. Valore Medios, Máximos, Mínimos de Humedad Relativa. Cuenca Embalse el Hato (1973-2013).

Estación	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Novilleros	MED.	69.7	68.7	72.4	75.3	76.4	75.8	74.8	74.1	72.4	74.3	76.2	73.9	73.7
	MÁX.	86.0	83.0	87.0	86.0	88.0	86.0	87.0	86.0	86.0	87.0	90.0	87.0	90.0
	MÍN.	52.0	15.0	56.0	59.0	57.0	58.0	59.0	56.0	53.0	54.0	62.0	58.0	15.0
Hacienda El Hato	MED.	68.7	72.0	74.1	75.7	78.4	78.7	77.9	78.3	77.9	77.2	76.8	77.7	76.1
	MÁX.	77.0	79.0	79.0	84.0	82.0	83.0	81.0	82.0	82.0	82.0	82.0	88.0	88.0
	MÍN.	62.0	64.0	66.0	63.0	73.0	73.0	73.0	76.0	71.0	72.0	69.0	51.0	51.0
Represa el Neusa	MED.	75.8	75.6	78.3	82.1	83.4	84.0	83.1	83.0	81.6	82.0	81.6	81.9	81.0
	MÁX.	83.0	86.0	84.0	92.0	90.0	90.0	88.0	89.0	87.0	88.0	87.0	90.0	92.0
	MÍN.	66.0	58.0	68.0	72.0	71.0	74.0	75.0	75.0	73.0	73.0	71.0	71.0	58.0
Sutatausa	MED.	64.3	65.2	68.1	71.1	70.5	68.6	67.3	67.4	66.5	69.9	70.7	67.6	68.1
	MÁX.	70.0	79.0	76.0	77.0	78.0	74.0	77.0	77.0	76.0	81.0	78.0	79.0	81.0
	MÍN.	55.0	53.0	57.0	62.0	65.0	59.0	63.0	62.0	57.0	64.0	64.0	58.0	53.0
Carmen de Carupa	MED.	77.0	79.0	81.0	82.0	83.0	82.0	82.0	82.0	79.0	82.0	82.0	81.0	81.0
	MÁX.	82.0	88.0	87.0	87.0	88.0	84.0	84.0	83.0	81.0	86.0	86.0	84.0	88.0
	MÍN.	69.0	71.0	76.0	80.0	80.0	81.0	80.0	81.0	76.0	79.0	79.0	79.0	69.0



Gráfica 5-4. Distribución Mensual Multianual de la Humedad Relativa en la Cuenca del Embalse el Hato (1973-2013)



Gráfica 5-5. Distribución de la Humedad Relativa en las estaciones de la cuenca del Embalse el Hato (1973-2013)

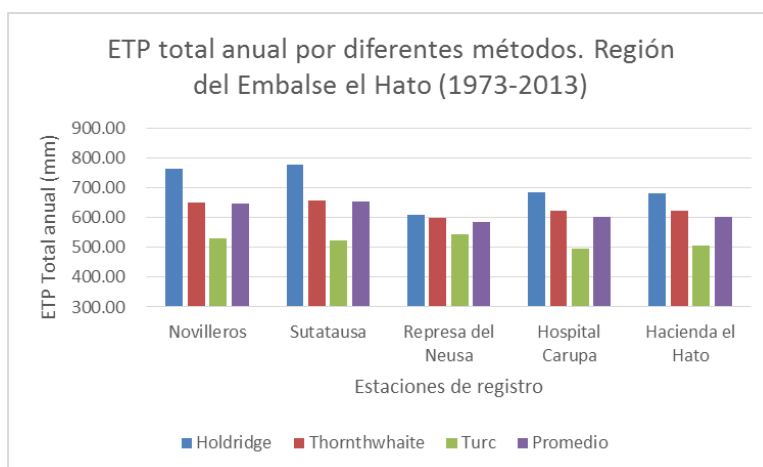
5.1.5 Evapotranspiración Potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial (ETP) se define como la parte de agua que escapa hacia la atmósfera consecuencia de la evaporación del agua en el suelo y de la transpiración vegetal de las plantas. La evapotranspiración es uno de los parámetros claves a estimar con el fin de calcular el balance hídrico y con este determinar la disponibilidad hídrica en la cuenca. En el cálculo de la ETP se utilizó la metodología propuesta por Thornthwaite, Holdridge y Turc, para el período de estudio utilizando los datos disponibles en las estaciones

Novilleros, Hacienda El Hato, Sutatausa, Represa el Neusa y Hospital Carupa. A continuación se presentan los datos obtenidos por los tres métodos y el promedio de los tres en la Tabla 5-6 y la Gráfica 5-6.

Tabla 5-6. Comparación de los valores obtenidos para la ETP por diferentes métodos indirectos

Valores de ETP total anual por diferentes métodos para las estaciones cercanas a la cuenca del Embalse el Hato (mm/año)					
METODO	Novilleros	Sutatausa	Represa del Neusa	Hospital Carupa	Hacienda el Hato
Holdridge	765.18	780.18	608.47	686.32	683.49
Thornthwaite	652.18	657.61	598.97	624.26	623.35
Turc	530.24	522.76	545.16	498.01	506.09
Promedio	649.20	653.52	584.20	602.86	604.31

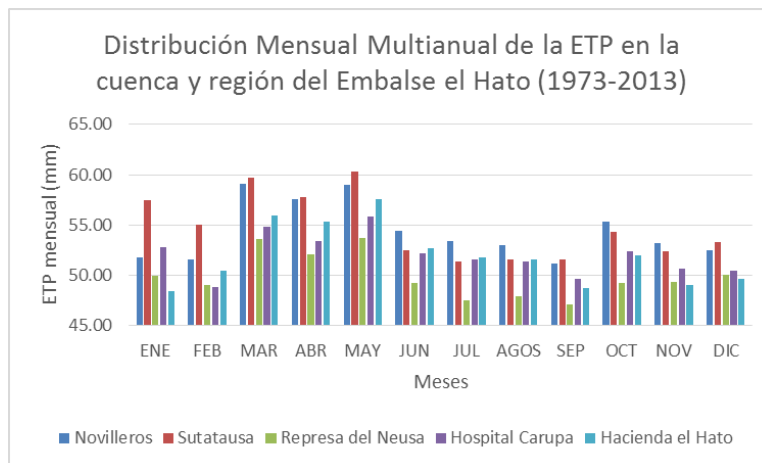


Gráfica 5-6. Valores totales multianuales de ETP para la región del Embalse el Hato

A partir de la distribución de los valores obtenidos, se observa que el método de Thornthwaite, es el que representa de manera más cercana los valores de ETP al promedio de los métodos, en razón a lo anterior se utiliza este método para el análisis de la variable de forma mensual multianual para el periodo de estudio en la región del embalse, los resultados se presentan en la Tabla 5-7 y Gráfica 5-7.

Tabla 5-7. Valores de la ETP mensual multianual para la región del Embalse el Hato (1973-2013)

CALCULO DE LA ETP POR METODOS INDIRECTO DE THORNTHWAITE													
ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Novilleros	51.80	51.58	59.14	57.58	59.03	54.42	53.40	52.97	51.17	55.31	53.26	52.54	652.18
Sutatausa	57.50	55.00	59.72	57.81	60.34	52.53	51.40	51.61	51.63	54.36	52.37	53.35	657.61
Represa del Neusa	50.00	49.01	53.65	52.11	53.67	49.30	47.49	47.95	47.16	49.27	49.35	50.01	598.97
Hospital Carupa	52.80	48.83	54.86	53.44	55.89	52.18	51.54	51.43	49.68	52.42	50.69	50.51	624.26
Hacienda el Hato	48.45	50.45	55.99	55.36	57.60	52.71	51.81	51.59	48.70	52.02	49.06	49.62	623.35
Promedio	52.11	50.97	56.67	55.26	57.30	52.23	51.13	51.11	49.67	52.67	50.94	51.21	631.28



Gráfica 5-7. Distribución Mensual multianual de la ETP por el Método de Thornthwaite. Región del Embalse el Hato

De la gráfica anterior se deduce que la ETP es mayor durante los meses donde se presenta periodos lluviosos del primer ciclo de lluvias del año hidrológico, y disminuye para el resto del año, alcanzando sus valores más bajos durante los meses de Enero, Febrero, Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Lo anterior es un comportamiento que se presenta de forma homogénea para las estaciones a excepción de la estación de Sutatausa, donde se presenta un clima de mayores temperaturas, la cual es una de las variables consideradas en el cálculo de ETP regionales.

6 BALANCE HIDRICO

Para la cuenca del Embalse El Hato, se calculó un balance hídrico único, teniendo en cuenta que es una cuenca pequeña. Este cálculo se realizó, utilizando los resultados del estudio de la precipitación y de las variables climatológicas como la Temperatura y la Evapotranspiración potencial.

Los valores utilizados para la estimación de la temperatura, destinada al cálculo del balance hídrico, se toman de la estación del Embalse del Neusa. Lo anterior debido a la dificultad de tener medidas directas de la variable en la zona media de la cuenca, con el fin de evitar sesgos en la interpretación de la información debidos a las condiciones climáticas por efectos del cambio de altura.

La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de métodos indirectos como el propuesto por Holdridge, Thornthwaite y Turc. Estos métodos se basan en la interrelación de variables conocidas como la Precipitación, la Temperatura, las horas de exposición solar y el número de días. A continuación se presentan los valores obtenidos por cada uno de los métodos mencionados.

Tabla 6-1. Valores de la ETP por métodos indirectos

METODO	ETP (mm/año)
Holdridge	608.47
Thornthwaite	598.97
Turc	528.86

Para el balance hídrico se utilizaron los valores mensuales obtenidos del método de Thornthwaite, por ser valores calculados mes a mes, y permite el cálculo de los períodos de mayor y menor oferta hídrica.

Tabla 6-2. ETP media mensual multianual por el método de Thornthwaite

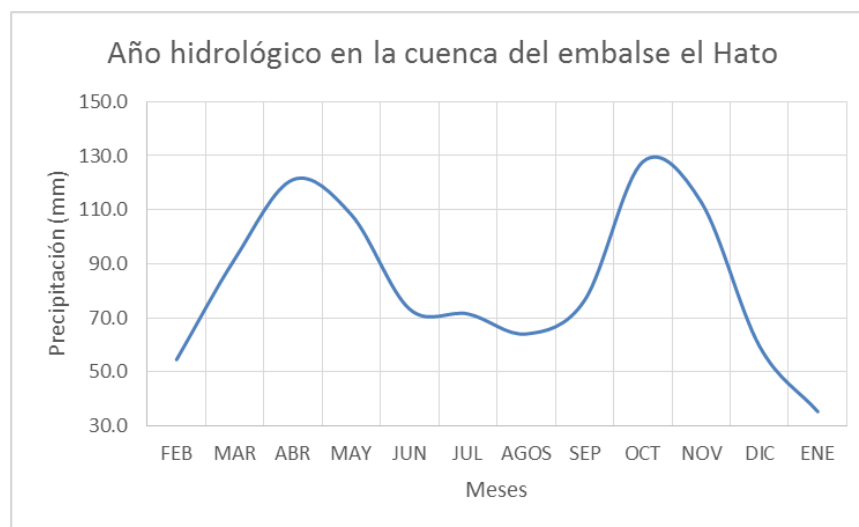
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ETP (mm/mes)	50.00	49.01	53.65	52.11	53.67	49.30	47.49	47.95	47.16	49.27	49.35	50.01	598.97

Para efectos del cálculo del balance hídrico, se calculó el año hidrológico, el cual se estimó de acuerdo a los valores medios de la Precipitación Media Mensual Multianual de la cuenca, para el período de estudio (1973-2013). A continuación se presentan el resultado de la estimación del año hidrológico en la cuenca.

Tabla 6-3. Año hidrológico en la cuenca del Embalse el Hato.

Meses	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
P.M.M. Multianual	54.5	91.8	121.2	108.2	73.2	71.5	64.1	76.5	127.8	112.9	59.6	35.3

De esta manera se pudo establecer que el año hidrológico en la cuenca del Embalse El Hato, inicia en Febrero y termina en Enero y tiene un régimen de lluvias bimodal, lo cual es un comportamiento típico de la región andina en Colombia. Ver Gráfica 6-1.



Gráfica 6-1. Representación del año hidrológico a partir de los valores de Precipitación Media Mensual Multianual (1973-2013)

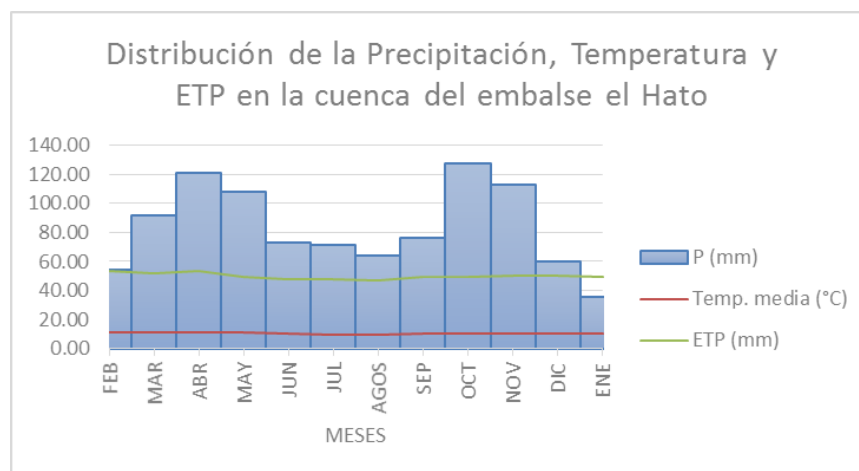
6.1.1 Balance hídrico en la cuenca del embalse El Hato

Una vez obtenidas las variables involucradas en el balance hídrico como son la Precipitación, la ETP, se puede calcular el balance, como se muestra a continuación.

Tabla 6-4. Balance hídrico para la cuenca del embalse El Hato.

MES	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	TOTAL
P (mm)	54.52	91.82	121.1	108.1	73.20	71.48	64.06	76.46	127.7	112.8	59.56	35.31	996.38
ETP (mm)	53.65	52.11	53.67	49.30	47.49	47.95	47.16	49.27	49.35	50.01	50.00	49.01	598.97
Variación de la reserva (Δ)	0.87	39.71	67.50	58.87	25.71	23.53	16.90	27.19	78.42	62.85	9.56	-13.71	397.41
Reserva de agua utilizable (almacenamiento)	87.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86.29	
Déficits	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Excedentes (ESC + Infiltración)	0.00	26.87	67.50	58.87	25.71	23.53	16.90	27.19	78.42	62.85	9.56	0.00	397.41
(Δ) Variación del almacenamiento	0.87	12.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.71	27.41
ETR	53.65	52.11	53.67	49.30	47.49	47.95	47.16	49.27	49.35	50.01	50.00	49.01	598.97

De la Tabla 6-4 se establece que para los meses de Marzo a Diciembre se presentan excedentes en el balance, los cuales corresponden a los escurrimientos o escorrentía que alimentan el embalse y la biodiversidad de la cuenca. Así mismo es posible identificar que en la cuenca no se presenta déficit en el balance por cuanto en los meses de Enero y Febrero la diferencia entre la ETP y la precipitación es cubierta por el almacenamiento base en la cuenca, sin que se afecten los procesos bioclimáticos, los cuales se satisfacen por completo para el mes de Marzo. A continuación se presenta de manera gráfica la distribución de las variables analizadas en el balance hídrico en la Gráfica 6-2.



Gráfica 6-2. Variables analizadas en el balance hídrico.

Una vez calculado el balance hídrico, es posible estimar el valor de la escorrentía directa en la cuenca, utilizando para este fin el área de la cuenca en (m) y el valor de la escorrentía en lámina de agua (m).

Tabla 6-5. Escorrentía media calculada por mes en la cuenca del embalse el Hato (1973-2013)

Escorrentía	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
Excedentes (mm)	0	26.87	67.50	58.87	25.71	23.53	16.90	27.19	78.42	62.85	9.56	0
Área (km)	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4
Escorrentía a la salida de la cuenca (m3/s)	0	0.53	1.37	1.15	0.52	0.46	0.33	0.55	1.53	1.27	0.19	0

Con la información obtenida se puede estimar que promedio total de escorrentía producida como excedente de los procesos bioclimáticos en la cuenca del embalse El Hato al año es de 20.833.848 m³. El valor obtenido no contempla las abstracciones por concepto de infiltración.

Una vez calculada la escorrentía superficial como excedente del balance hídrico, y comparada con el caudal medido a la entrada del embalse se encuentra que existe una diferencia por déficit en los meses de Enero, Febrero, Junio, Julio, Agosto y Diciembre. Esta

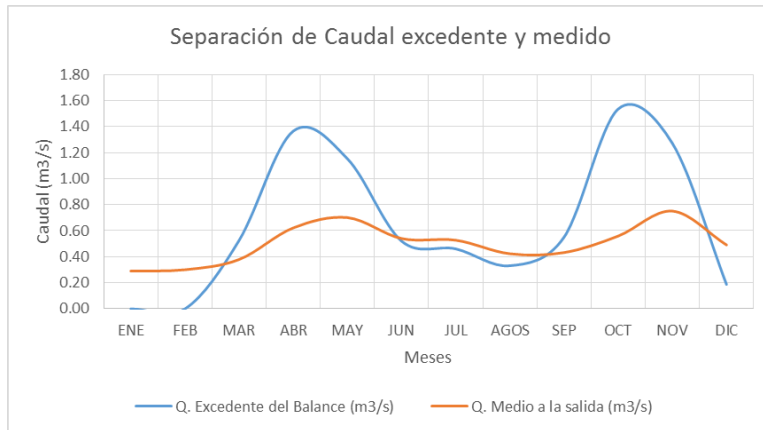
diferencia corresponde al caudal aportado por el flujo base de la cuenca durante los meses donde la precipitación no genera escorrentía directa entre los eventos de precipitación.

Durante los meses de Marzo, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre, se presenta diferencia entre el caudal registrado y el producido como escorrentía directa en el balance hídrico, La diferencia muestra que el caudal excedente del balance no se registra a la entrada del embalse. Esta caudal excedente corresponde a las abstracciones por almacenamiento en pequeños estanques y jagüeyes, a la recarga del flujo base utilizado en los meses de baja precipitación y en una proporción mayor a la infiltración en el sustrato de naturaleza sedimentaria, altamente fracturado por el fallamiento estructural de la cuenca, que lo que facilita la recarga de un posible acuífero a través de las fracturas y diaclasas en superficie, o incluso el transvase a cuencas vecinas.

Tabla 6-6. Separación de caudales en la cuenca del embalse El Hato.

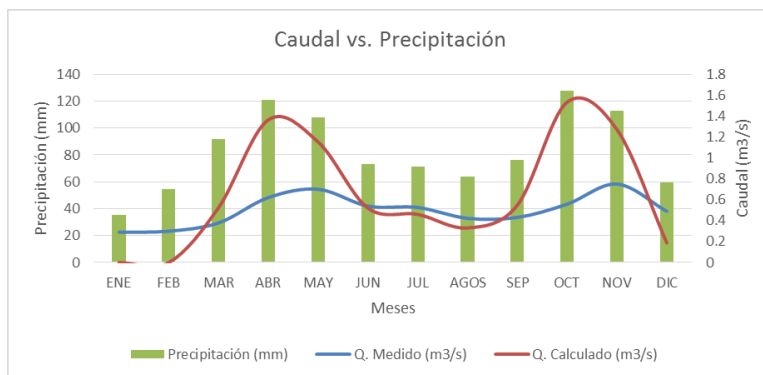
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
Q. Excedente del Balance (m3/s)	0.00	0.00	0.53	1.37	1.15	0.52	0.46	0.33	0.55	1.53	1.27	0.19
Q. Medio a la salida (m3/s)	0.29	0.30	0.38	0.62	0.70	0.54	0.53	0.42	0.43	0.56	0.75	0.49
Q. Diferencia (m3/s)	-0.29	-0.30	0.15	0.74	0.45	-0.02	-0.07	-0.09	0.12	0.98	0.52	-0.30
Origen del Flujo	Flujo base	Flujo base	Recarga	Recarga	Recarga	Flujo base	Flujo base	Flujo base	Recarga	Recarga	Recarga	Flujo base

Los valores de caudal en rojo, en la tabla Tabla 6-6 corresponde al posible caudal aportado por el flujo sub-superficial y el almacenamiento presente en la cuenca. Para los demás valores de los meses intermedios (Marzo, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre), se estima que se presenta almacenamiento y recarga del sub-suelo y el acuífero posible en el área.



Gráfica 6-3. Separación de caudales en la cuenca del embalse El Hato

A continuación en la Gráfica 6-4, se presentan el registro de la precipitación vs. Caudal calculado (medido en la cuenca), durante el período de estudio.



Gráfica 6-4. Relación entre Precipitación (mm), Balance hídrico y Caudal disponible en la cuenca del embalse el Hato

Como resultado de las estimaciones realizadas, se establece que el volumen de agua que llega al embalse como producto de la precipitación y que es factible de uso en promedio anual es de 15.823. 671 m³. El excedente generado como resultado de la escorrentía directa y el volumen calculado en el balance hídrico, corresponde a la infiltración y las abstracciones por actividad humana, este valor corresponde a 5.010.176 m³.

6.1.2 Estimación de la infiltración en la cuenca del Embalse El Hato

Como resultado del balance hídrico en la cuenca y el análisis del registro del caudal a la entrada de la cuenca, se estableció que en la cuenca se presenta recarga del subsuelo con un valor de 95.57mm al año (para toda la cuenca). Este valor es obtenido, del cálculo entre la cantidad de escorrentía directa generada como excedente del balance hídrico y la diferencia con el registro promedio a la entrada del embalse.

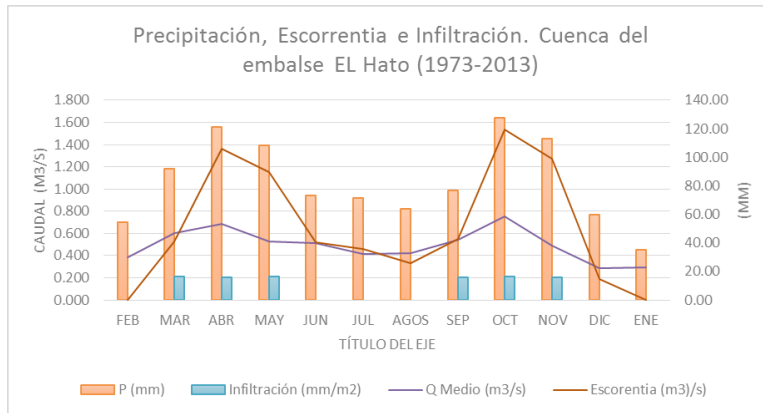
El volumen calculado de 5.010.176 m³, se distribuye en toda la cuenca, traduciéndolo en 95.57 mm de lámina de agua distribuida de manera homogénea sobre la cuenca. De esta forma, se establece que a partir de los registros en el balance hídrico, solo se presenta recarga del subsuelo durante los meses de Marzo, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre. Lo cual indica que se presentan ciclos de tres meses para la recarga y tres donde el sub-suelo aporta caudal para completar el caudal de la fuente. A continuación se presentan los elementos considerados en el cálculo de la infiltración y los resultados obtenidos.

Tabla 6-7. Consideraciones en el cálculo de la infiltración

Número de días del año	365
Número de días de recarga	183.00
Valor de la recarga neta anual en la cuenca (mm)	95.57
Área de la Cuenca (m ²)	52,424,127.55

Tabla 6-8. Resultados del cálculo de la infiltración

Meses	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
Número de días del mes	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
Infiltración ((mm/mes)/m ²)	0	16.19	15.67	16.19	0	0	0	15.67	16.19	15.67	0	0
m ³ /mes (Cuenca)	0	848,718	821,340	848,718	0	0	0	821,340	848,718	821,340	0	0
m ³ /s (cuenca)	0	0.32	0.32	0.32	0	0	0	0.32	0.32	0.32	0	0



Gráfica 6-5. Componentes del Balance hídrico en la cuenca del embalse El Hato

Como resultado de los análisis realizados a partir de la información obtenida del balance hidrológico y de la información Limnimétrica a la entrada del embalse, se determinó que en la cuenca se presenta infiltración durante los meses de Marzo, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre, presentándose la infiltración en períodos de tres meses continuos a una tasa de 0.32 m³/s, o expresada en mm de lámina de agua como 0.000187mm/s por m². Los valores calculados, corresponden al estimado para períodos mensuales multianuales.

7 ESTUDIO DE POBLACION

En la tabla 7-1 se muestra la proyección de la población hasta el año 2044, en base a los datos obtenidos de los cuales serán usados para los cálculos requeridos en el desarrollo de los estudios pertinentes objeto del alcance del proyecto.

Tabla 7-1 Población Estimada Municipio de Ubaté

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (Geométrico)	POBLACION CASCO URBANO	POBLACION CENTROS POBLADOS	POBLACION TOTAL	POBLACION FLOTANTE 12,36%	POBLACION TOTAL
2016	0,0081	25.346	7.417	32.763	4036	36.800
2017	0,0081	25.551	7.477	33.029	4069	37.098
2018	0,0081	25.758	7.538	33.296	4102	37.398
2019	0,0081	25.967	7.599	33.566	4135	37.701
2020	0,0081	26.177	7.660	33.838	4169	38.006
2021	0,0081	26.389	7.723	34.112	4203	38.314
2022	0,0081	26.603	7.785	34.388	4237	38.625
2023	0,0081	26.819	7.848	34.667	4271	38.938
2024	0,0081	27.036	7.912	34.947	4306	39.253
2025	0,0081	27.255	7.976	35.231	4340	39.571
2026	0,0081	27.475	8.040	35.516	4376	39.891
2027	0,0081	27.698	8.105	35.804	4411	40.215
2028	0,0081	27.922	8.171	36.094	4447	40.540
2029	0,0081	28.149	8.237	36.386	4483	40.869
2030	0,0081	28.377	8.304	36.681	4519	41.200
2031	0,0081	28.606	8.371	36.978	4556	41.533
2032	0,0081	28.838	8.439	37.277	4593	41.870
2033	0,0081	29.072	8.507	37.579	4630	42.209
2034	0,0081	29.307	8.576	37.884	4667	42.551
2035	0,0081	29.545	8.646	38.190	4705	42.896
2036	0,0081	29.784	8.716	38.500	4743	43.243
2037	0,0081	30.025	8.786	38.812	4782	43.593
2038	0,0081	30.268	8.858	39.126	4820	43.946
2039	0,0081	30.514	8.929	39.443	4859	44.302
2040	0,0081	30.761	9.002	39.762	4899	44.661

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (Geométrico)	POBLACION CASCO URBANO	POBLACION CENTROS POBLADOS	POBLACION TOTAL	POBLACION FLOTANTE 12,36%	POBLACION TOTAL
2041	0,0081	31.010	9.075	40.085	4938	45.023
2042	0,0081	31.261	9.148	40.409	4978	45.388
2043	0,0081	31.514	9.222	40.737	5019	45.755
2044	0,0081	31.770	9.297	41.066	5059	46.126

Basados en la información anterior se dan a conocer las siguientes observaciones:

1. Para el casco urbano se proyectó la población con tasas de crecimiento constantes del 0,81% % desde el año 2016 hasta el final del periodo de diseño, obteniendo como dato para el año 2044 una población en la zona urbana de 31,770 habitantes.
2. En el caso de los centros poblados se tomó una tasa de crecimiento igual a la del casco urbano, constante, calculada a partir del año 2016 hasta el final del periodo de diseño, obteniendo una población de 9,297 habitantes en el año 2044.
3. Se tuvo en cuenta la población flotante con una tasa de crecimiento del 12,32 %.

Así, la población total proyectada por el método geométrico, para el año de diseño (2044) es de 46,126 habitantes.

Una vez estimada la población, se continuará a analizar los datos para el estudio socioeconómico para el municipio, donde se define el nivel de complejidad y el periodo de diseño.

7.1 EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

Con el fin de establecer la capacidad económica de los usuarios, de acuerdo a lo estipulado RAS 2000 numeral A.3, se analizó la información sobre la estratificación de los usuarios del Municipio de Ubaté en el casco urbano y Rural.

Los datos para la estatificación de los usuarios, se tomó de la información suministrada en el Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos PSMV del municipio de Villa de San Diego de Ubaté, información de la oficina de servicios públicos agosto 2008, la información se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7-2. Estratificación Usuarios

Estratificación Usuarios Municipio de Ubaté				
Estrato	Área Urbana	%	Área Rural	%
1	328	6,6%	36	12,2%
2	1765	35,4%	243	82,1%
3	1930	38,7%	3	1,0%
4	204	4,1%	0	0,0%
Industrial	3	0,1%	6	2,0%
Comercial	721	14,5%	2	0,7%
Oficial	37	0,7%	6	2,0%
Total	4988		296	100,0%

Fuente: Emservilla ESP

Los datos para la estatificación de los usuarios, se tomó de la información suministrada en el Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos PSMV del municipio de Villa de San Diego de Ubaté, información de la oficina de servicios públicos agosto 2008.

Se observa que la mayoría de usuarios residenciales y urbanos del sistema de acueducto y/o alcantarillado se encuentra en la categoría bajo con lo cual se puede concluir que la capacidad económica de los usuarios es BAJO.

7.2 NIVEL DE COMPLEJIDAD

El nivel de complejidad, se encuentra en función de la población proyectada y de la capacidad económica de los usuarios, de acuerdo a la metodología del Reglamento Técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, en el Título A, numeral A.3, se establece la clasificación de los proyectos de acueducto y/o alcantarillado en un nivel de complejidad dependiendo del número de habitantes y su capacidad económica tal como se indica en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3 Nivel de Complejidad del Sistema (Tabla A.3.1 - RAS 2000)

Nivel de Complejidad	Población en la Cabecera Municipal ⁽¹⁾ [Hab.]	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio – Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Notas: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante. (2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

De acuerdo a la información de la evaluación socio económica y a la población proyectada para el año 2044 de 44,880 habitantes, se establece un nivel de complejidad MEDIO – ALTO para el estudio del proyecto del municipio de Villa de San Diego de Ubaté.

7.3 PERIODO DE DISEÑO.

Para el periodo de diseño en todos los componentes del sistema de acueducto y/o alcantarillado según la Resolución 2320 del MAVDT del 27 de noviembre de 2009, el periodo de diseño se determina mediante la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 7-4 Periodo de Diseño (Tabla Número 10 – Resolución 2320)

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño máximo
Bajo, Medio y Medio alto	25 años
Alto	30 años

Teniendo en cuenta las recomendaciones mínimas dadas por el RAS 2000 y basados en el nivel de complejidad del sistema, para el nivel de complejidad MEDIO- ALTO determinado por el número básico de proyección de población para el año 2044, según numeral 1.3.1., se determinó un periodo de diseño de 25 años.

8 CALCULO DE CAUDALES

8.1 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

8.1.1 Dotación Neta

La dotación neta actual del proyecto se calculó utilizando los datos de caudal facturado y número de usuarios activos del periodo (marzo-abril) (59 días), suministrados por la EMSERVILLA S.A. ESP., de la cabecera y rural que se abastece del acueducto del casco urbano de Ubaté.

Tabla 8-1. Caudal Facturado (MAR-ABR 2017) (59 días)

EMSERVILLA S.A. E.S.P								
ESTADISTICA DE ACUEDUCTO ENTRE MAR - ABR 2017								
Ubicación:	URBANO Y RURAL QUE SE ABASTECE DEL URBANO							
Uso	Estrato	CONSUMO M3	Caudal diario l/s	Caudal diario l/día	Usuarios	Usuarios con lectura	Habitantes con lectura	Habitantes con lectura + 12.32% Flotante
RESIDENCIAL	Bajo - Bajo	15,511	3.04	262898	626	621		
	Bajo	88,262	17.31	1495966	3639	3,589		
	Medio - Bajo	78,557	15.41	1331475	3218	3,178		
	Medio	5,197	1.02	88085	263	261		
TOTAL RESIDENCIAL		187527	36.79	3178424	7746	7649	28301	31788
COMERCIAL	Comercial 0	32,923	6.46	558017	948	956		
COMERCIAL GRAN PRODUCTOR	Comercial GP 1	1,111	0.22	18831	16	16		
INDUSTRIAL	Industrial	5,386	1.06	91288	13	13		
INDUSTRIAL GRAN PRODUCTOR	Industrial GP 1	238	0.05	4034	1	1		
OFICIAL	Oficial 0	5,351	1.05	90695	48	52		
OFICIAL GRAN PRODUCTOR	Oficial GP 0	6,419	1.26	108797	7	7		
TOTAL OTROS		51428	10.09	871661	1033	1045		

DOTACION l/hab*día			100
CAUDAL TOTAL	238955	46.88	4050085

$$D_{neta} = \frac{Q_{facturado}}{\#habitantes}$$

$$D_{neta} = \frac{36.79}{31788} * 86400 = 100 \frac{l}{hab / dia}$$

8.1.2 Dotación neta futuro

Representa la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Para calcular la dotación neta máxima se recurre a la Tabla 4-29.

Tabla 8-2. Dotación Neta Máxima (Res. 0330).

Altura promedio sobre el nivel del mar	Dotación neta máxima [Lt / hab x día]
>2000 m.s.n.m.	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m.	140

Las poblaciones que se consideran de clima cálido son aquellas con una altura igual o inferior a los 1000 msnm.

Con un nivel de complejidad MEDIO - ALTO y teniendo en cuenta que el casco urbano del municipio de Ubaté se encuentra a una elevación media de 2600 msnm, se establece una dotación Neta Máxima de 120 Lt/hab-día.

8.1.3 Análisis y determinación del IANC

- **IANC Actual:** Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la(s) planta(s) potabilizadora(s) y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio.

$$\% P = \frac{\text{Volumen Pr oducido} - \text{Volumen Utilizado}}{\text{Volumen Pr oducido}}$$

Tabla 8-3. Volumen Producido

MES/AÑO	CONSUMO TOTAL M3	Consumo tanque Distribucio n (m3/mes)	Consumo san jose alto (m3/mes)	Consumo Promedi o Las Brisas (m3/mes)	CAUDA L (l/s)	AGUA FACTURAD A (M3/Periodo)
MARZO	181899	177330	1969	2600	70.18	238955
ABRIL	180452	176047	1805	2600	69.62	
PROMEDIO					69.90	

El porcentaje de pérdidas actual para el proyecto es de:

$$\% P = \frac{69.90 \text{ l/s} - 46.88 \text{ l/s}}{69.90 \text{ l/s}} = 0.33 = 33\%$$

- **IANC Futura:** De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 del MAVDT del 08 de junio de 2017 para un nivel de complejidad del sistema medio-alto, y para climas fríos o templados que se entienden para aquellas poblaciones ubicadas a una altura superior a los 1.000 metros sobre el nivel del mar, condición geográfica que corresponde a la cabecera y rural del municipio de Ubaté el nivel de pérdidas técnicas no debe superar el 25 %.

8.1.4 Dotación Bruta

- **Dotación Bruta Actual:** La dotación bruta es igual a la dotación neta dividida entre uno menos el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles.

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \% p}$$

Ecuación 4-1

Dónde:

D_{bruta} Dotación bruta.

d_{neta} Dotación neta

$\% p$ Pérdidas técnicas máximas admisibles.

La Dotación Bruta actual para el proyecto es de:

$$D_{bruta} = \frac{100}{1 - 0.33} = 149 \frac{Lt}{hab - día}$$

- Dotación Bruta Futura: La dotación bruta es igual a la dotación neta dividida entre uno menos el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles.

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \% p}$$

Ecuación 4-2

Dónde:

Dbruta Dotación bruta.

dneta Dotación neta

%p Pérdidas técnicas máximas admisibles.

La Dotación Bruta futura para el proyecto es de:

$$D_{bruta} = \frac{120}{1 - 0.25} = 167 \frac{Lt}{hab - día}$$

Proyección de demandas de agua: La cantidad de agua demandada por los usuarios del sistema no es uniforme en el tiempo debido a las características sociales, culturales y económicas de los habitantes, por lo tanto el sistema de abastecimiento se encontrará sometido a diferentes niveles de consumos.

Estas son variaciones dinámicas que fluctúan a lo largo del día y del año. Los diferentes niveles de consumo están especificados en el RAS 2000 y se transcriben a continuación con sus respectivas ecuaciones.

- Caudal Medio Diario (Qmd): Es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

Ecuación 8-3

- Caudal Máximo Diario (QMD): Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1. El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} * k_1$$

Ecuación 8-4

Donde k1 es el coeficiente de consumo máximo diario y equivale a 1.20.

- Caudal Máximo Horario (QMH): El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2, según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * k_2$$

Ecuación 8-5

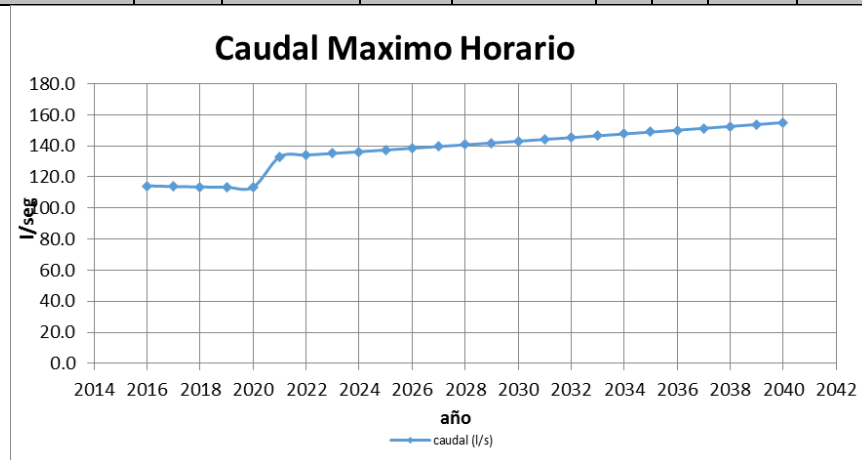
Donde k2 es el coeficiente de consumo máximo horario y equivale a 1.50.

- Proyección de demanda residencial: Los resultados de las dotaciones y demandas se presentan, donde se calcula una demanda, perdidas y dotación bruta actual del municipio con la información suministrada EMSERVILLA S.A. ESP, se obtuvo un caudal medio de 33.36 l/s para uso residencial, con el cual se hallaron los datos exactos de la dotación y perdidas actuales del sistema existente y con la población.

Tabla 8-4. Proyección de Población, Dotaciones y Demandas Máximas Residencial

PROYECCIONES DE DEMANDA											
	DEMANDA										
	Hab.	Nivel de Complejidad	CLIMA	Dotación Neta (l/hab/día)	Perdidas	Dotación Bruta (l/Hab/día)			Qm (l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)
							K1	K2			
2016	36799	MEDIO ALTO	FRIO	100	33%	149	1.20	1.50	63.50	76.20	114.30
2017	37097	MEDIO ALTO	FRIO	100	32%	147	1.20	1.50	63.26	75.92	113.88
2018	37398	MEDIO ALTO	FRIO	100	31%	146	1.20	1.50	63.11	75.74	113.60
2019	37701	MEDIO ALTO	FRIO	100	31%	144	1.20	1.50	63.03	75.64	113.46
2020	38006	MEDIO ALTO	FRIO	100	30%	143	1.20	1.50	63.02	75.62	113.43
2021	38314	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	73.91	88.69	133.04
2022	38624	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	74.51	89.41	134.11
2023	38937	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	75.11	90.13	135.20
2024	39253	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	75.72	90.86	136.29
2025	39571	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	76.33	91.60	137.40
2026	39891	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	76.95	92.34	138.51
2027	40214	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	77.57	93.09	139.63
2028	40540	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	78.20	93.84	140.76
2029	40868	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	78.84	94.60	141.90
2030	41199	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	79.47	95.37	143.05
2031	41533	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	80.12	96.14	144.21
2032	41870	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	80.77	96.92	145.38
2033	42209	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	81.42	97.71	146.56
2034	42551	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	82.08	98.50	147.75
2035	42895	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	82.75	99.29	148.94
2036	43243	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	83.42	100.10	150.15
2037	43593	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	84.09	100.91	151.36
2038	43946	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	84.77	101.73	152.59
2039	44302	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	85.46	102.55	153.83
2040	44661	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	86.15	103.38	155.07
2041	45023	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	86.85	104.22	156.33
2042	45387	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	87.55	105.06	157.59

2043	45755	MEDIO ALTO	FRIJO	120	25%	167	1.20	1.50	88.26	105.91	158.87
2044	46126	MEDIO ALTO	FRIJO	120	25%	167	1.20	1.50	88.98	106.77	160.16



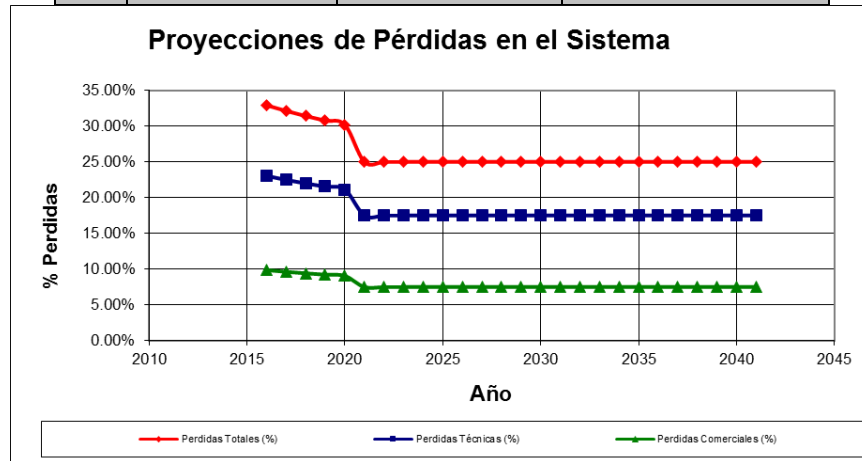
Gráfica 8-1. Caudal Máximo Diario

- Proyección de pérdida del sistema:

Tabla 8-5. Proyección de Pérdidas

	Pérdidas Totales	Pérdidas Técnicas	Perdidas Comerciales
2016	32.93%	23.05%	9.88%
2017	32.14%	22.50%	9.64%
2018	31.43%	22.00%	9.43%
2019	30.78%	21.55%	9.23%
2020	30.20%	21.14%	9.06%
2021	25.00%	17.50%	7.50%
2022	25.00%	17.50%	7.50%
2023	25.00%	17.50%	7.50%
2024	25.00%	17.50%	7.50%
2025	25.00%	17.50%	7.50%
2026	25.00%	17.50%	7.50%
2027	25.00%	17.50%	7.50%
2028	25.00%	17.50%	7.50%
2029	25.00%	17.50%	7.50%
2030	25.00%	17.50%	7.50%
2031	25.00%	17.50%	7.50%
2032	25.00%	17.50%	7.50%
2033	25.00%	17.50%	7.50%
2034	25.00%	17.50%	7.50%
2035	25.00%	17.50%	7.50%

	Pérdidas Totales	Pérdidas Técnicas	Perdidas Comerciales
2036	25.00%	17.50%	7.50%
2037	25.00%	17.50%	7.50%
2038	25.00%	17.50%	7.50%
2039	25.00%	17.50%	7.50%
2040	25.00%	17.50%	7.50%
2041	25.00%	17.50%	7.50%
2042	25.00%	17.50%	7.50%
2043	25.00%	17.50%	7.50%
2044	25.00%	17.50%	7.50%



Gráfica 8-2. Proyección de Pérdidas en el Sistema

Proyección otros usuarios: A continuación, se presenta los cálculos de dotaciones y demandas para los usos comercial, industrial y oficial. Para proyectar el caudal institucional se tiene en consideración que la tasa de crecimiento es la tasa de crecimiento del casco urbano del Municipio de Ubaté. Para establecer el consumo actual de los locales comerciales e instituciones oficiales se utiliza el caudal facturado para el periodo (marzo-abril 2017) (59 días) por estos usuarios, el cual fue suministrado por Emservilla.

Tabla 8-6. Proyección de Demandas uso Comercial, Industrial y Oficial

PROYECCIONES DE DEMANDA USO COMERCIAL Y OFICIAL – CABECERA Y RURAL									
Año	Q Facturado l/s	Crecimiento	Nivel de Complejidad	Pérdidas	K1	K2	Qm (l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)
2016	10.09	0.81%	MEDIO ALTO	33%	1.20	1.50	15.04	18.05	27.08
2017	10.24	0.81%	MEDIO ALTO	32%	1.20	1.50	15.09	18.11	27.17
2018	10.40	0.81%	MEDIO ALTO	31%	1.20	1.50	15.16	18.19	27.29

PROYECCIONES DE DEMANDA USO COMERCIAL Y OFICIAL – CABECERA Y RURAL									
2019	10.55	0.81%	MEDIO ALTO	31%	1.20	1.50	15.25	18.30	27.45
2020	10.71	0.81%	MEDIO ALTO	30%	1.20	1.50	15.35	18.42	27.63
2021	10.88	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	14.50	17.40	26.10
2022	11.04	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	14.72	17.67	26.50
2023	11.21	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	14.94	17.93	26.90
2024	11.38	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	15.17	18.21	27.31
2025	11.55	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	15.40	18.48	27.72
2026	11.73	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	15.64	18.76	28.15
2027	11.91	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	15.87	19.05	28.57
2028	12.09	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	16.12	19.34	29.01
2029	12.27	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	16.36	19.64	29.45
2030	12.46	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	16.61	19.94	29.90
2031	12.65	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	16.87	20.24	30.36
2032	12.85	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	17.13	20.55	30.83
2033	13.04	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	17.39	20.87	31.30
2034	13.24	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	17.66	21.19	31.78
2035	13.45	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	17.93	21.52	32.28
2036	13.66	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	18.21	21.85	32.77
2037	13.87	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	18.49	22.19	33.28
2038	14.08	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	18.78	22.53	33.80
2039	14.30	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	19.07	22.88	34.33
2040	14.53	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	19.37	23.24	34.86
2041	14.75	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	19.67	23.61	35.41
2042	14.99	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	19.98	23.98	35.97
2043	15.22	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	20.30	24.36	36.53
2044	15.46	0.81%	MEDIO ALTO	25%	1.20	1.50	20.62	24.74	37.11

8.1.5 Demandas de agua contra incendio

Para zonas residenciales densamente pobladas o zonas con edificios multifamiliares, comerciales e industriales de municipios con poblaciones entre 20.000 y 60.000 habitantes, un incendio debe ser servido por tres hidrantes y las zonas residenciales unifamiliares deben ser servidas por un hidrante en uso simultáneo con una descarga mínima de 5 L/s.

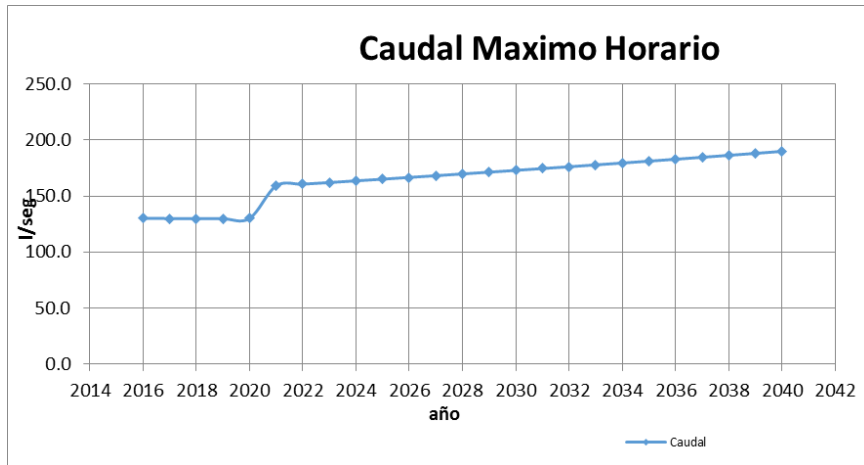
8.1.6 Dotaciones y Demandas del Municipio de Ubaté

Para determinar la demanda total del municipio de Ubaté, se sumaron los volúmenes de agua facturados por los usos comercial, residencial y oficial de la cabecera y rural y se

evaluaron las pérdidas del sistema y los comportamientos de las curvas de los caudales medios diarios (Qmd), caudales máximos diarios (QMD), caudales máximos horarios (QMH).

Tabla 8-7. Proyección Dotación y Demandas Máximas.

PROYECCIONES DE DEMANDA RESIDENCIAL + USOS OFICIAL Y COMERCIAL (CABECERA Y RURAL)											
			DEMANDA								
	Hab.	Nivel de Complejidad	CLIMA	Dotación Neta (l/hab/día)	Perdidas	Dotación Bruta (l/Hab/día)			Qm (l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)
							K1	K2			
2016	36799	MEDIO ALTO	FRIO	90	33%	135	1.20	1.50	72.34	86.81	130.22
2017	37097	MEDIO ALTO	FRIO	90	32%	133	1.20	1.50	72.18	86.62	129.93
2018	37398	MEDIO ALTO	FRIO	90	31%	132	1.20	1.50	72.11	86.54	129.80
2019	37701	MEDIO ALTO	FRIO	90	31%	130	1.20	1.50	72.13	86.55	129.83
2020	38006	MEDIO ALTO	FRIO	90	30%	129	1.20	1.50	72.22	86.66	129.99
2021	38314	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	88.41	106.09	159.14
2022	38624	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	89.23	107.07	160.61
2023	38937	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	90.06	108.07	162.10
2024	39253	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	90.89	109.07	163.60
2025	39571	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	91.73	110.08	165.12
2026	39891	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	92.59	111.10	166.66
2027	40214	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	93.45	112.14	168.21
2028	40540	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	94.32	113.18	169.77
2029	40868	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	95.20	114.24	171.36
2030	41199	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	96.09	115.31	172.96
2031	41533	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	96.99	116.38	174.57
2032	41870	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	97.89	117.47	176.21
2033	42209	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	98.81	118.57	177.86
2034	42551	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	99.74	119.69	179.53
2035	42895	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	100.68	120.81	181.22
2036	43243	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	101.62	121.95	182.92
2037	43593	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	102.58	123.10	184.65
2038	43946	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	103.55	124.26	186.39
2039	44302	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	104.53	125.44	188.15
2040	44661	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	105.52	126.62	189.94
2041	45023	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	106.52	127.83	191.74
2042	45387	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	107.53	129.04	193.56
2043	45755	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	108.56	130.27	195.41
2044	46126	MEDIO ALTO	FRIO	120	25%	167	1.20	1.50	109.59	131.51	197.27



Gráfica 8-3. Caudal Máximo Horario

Es así que el caudal de diseño para el nuevo punto de captación será el caudal máximo diario del último año del periodo de diseño según la resolución 0330 de 2017, que para este proyecto es de 131.5 L/s.

9 ÍNDICE DE ESCASEZ

Para el cálculo del índice de escasez de la cuenca del embalse el Hato, se utilizará la metodología utilizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, donde se tiene la siguiente fórmula.

$$Ie = \frac{Dh}{Oh} \times Fr \times 100$$

Donde:

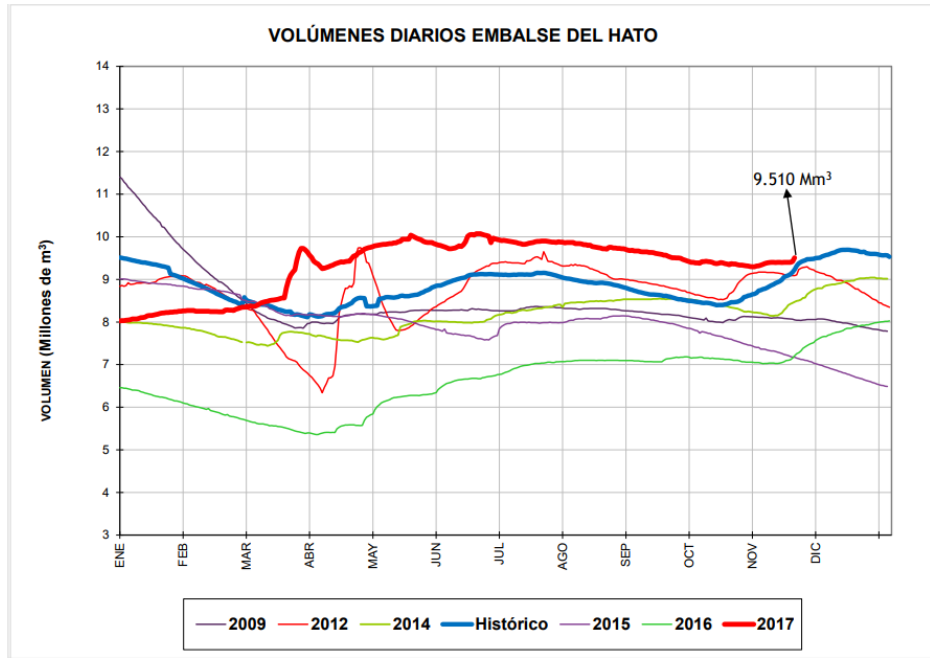
- Ie: Índice de escasez en porcentaje
- Dh: Demanda hídrica en metros cúbicos (m³)
- Oh: Oferta hídrica superficial neta en metros cúbicos (m³)
- Fr: Factor de reducción por calidad del agua y el caudal ecológico.

Tabla 9-1 Categorías e interpretación del índice de escasez

Categoría	Rango	Color	Explicación
Alto	> 50 %	Rojo	Demanda alta
Medio alto	21-50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Verde	Demanda muy baja
No significativo	<1%	Azul	Demanda no significativa

Fuente: Metodología de cálculo del índice de escasez. el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

Se llevó a cabo un análisis de la oferta que proporcionaría el embalse junto con la entrada que este tiene por el río el Hato en base al año con los registros de volúmenes más bajo de almacenamiento el cual fue en el 2016 tal y como lo muestra la siguiente gráfica de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR y de igual manera los caudales mínimos, medios y máximos registrados por la estación El Hato – 2401798, de tipo Limnométrica de la *tabla 4-21 Valores medios, máximos y mínimos de Caudales (m³/s). Estación El Hato -2401798.*, con el fin de determinar el índice de escasez para estos tres escenarios.

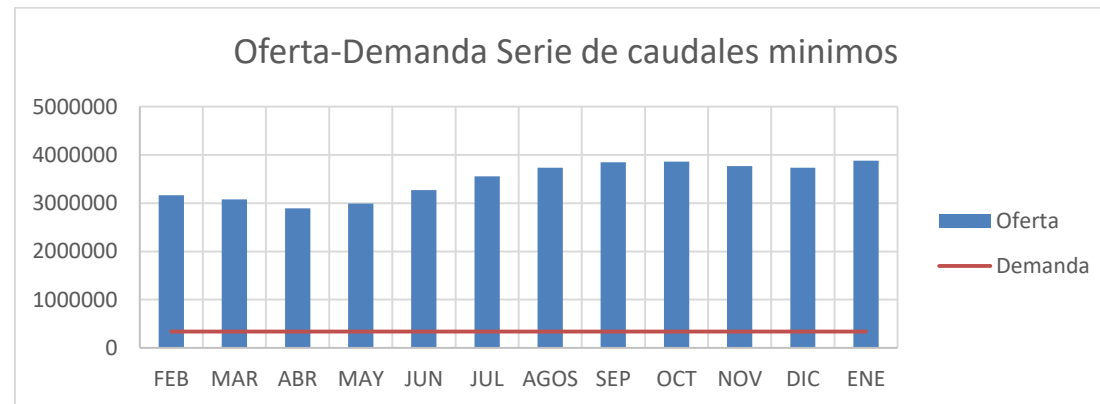


Fuente: CAR

Tabla 9-2 Índice de escasez con serie de caudales mínimos

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	PROMEDIO
Seria Caudales mínimos entrada (m3/s)	0,09	0,1	0,11	0,11	0,13	0,16	0,18	0,23	0,24	0,17	0,14	0,1	0,147
Seria Caudales mínimos entrada (m3/mes)	233280	259200	285120	285120	336960	414720	466560	596160	622080	440640	362880	259200	380160
Volumen embalse año 2016 (m3)	6100000	5900000	5500000	5700000	6200000	6700000	7000000	7100000	7100000	7100000	7100000	7500000	6583333,33
oferta bruta (m3)	6333280	6159200	5785120	5985120	6536960	7114720	7466560	7696160	7722080	7540640	7462880	7759200	6963493,33
Factor de reducción Caudal Ecológico	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Factor de reducción por calidad de agua	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Oferta neta (m3)	3166640	3079600	2892560	2992560	3268480	3557360	3733280	3848080	3861040	3770320	3731440	3879600	3481746,67
Demanda (m3)	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848
Índice de escasez (%)	10,76	11,07	11,78	11,39	10,43	9,58	9,13	8,86	8,83	9,04	9,13	8,79	9,79

Fuente: Elaboración propia



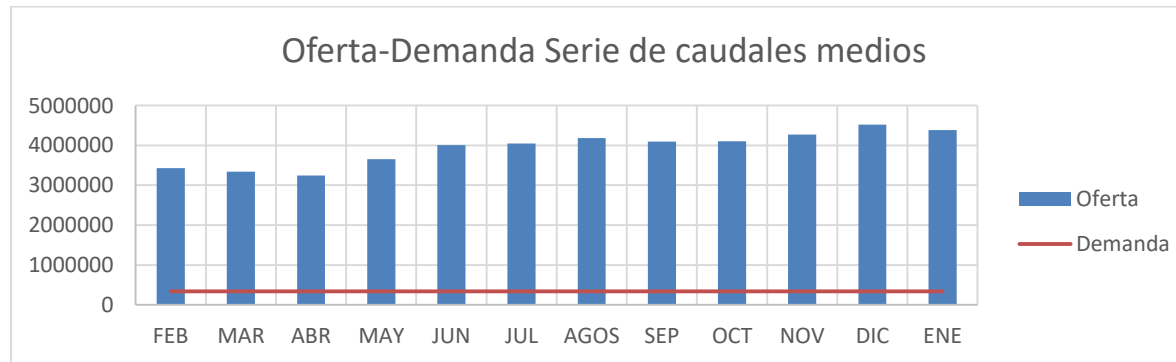
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-3 Índice de escasez con serie de caudales medios

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	PROME DIO
Seria Caudales medios entrada (m3/s)	0,29	0,3	0,38	0,62	0,7	0,54	0,53	0,42	0,43	0,56	0,75	0,49	0,5
Seria Caudales medios entrada (m3)	751680	777600	984960	1607040	1814400	1399680	1373760	1088640	1114560	1451520	1944000	1270080	1298160
Volumen embalse año 2016 (m3)	6100000	5900000	5500000	5700000	6200000	6700000	7000000	7100000	7100000	7100000	7100000	7500000	6583333
oferta bruta (m3)	6851680	6677600	6484960	7307040	8014400	8099680	8373760	8188640	8214560	8551520	9044000	8770080	7881493
Factor de reducción Caudal Ecológico	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Factor de reducción por calidad de agua	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Oferta neta (m3)	3425840	3338800	3242480	3653520	4007200	4049840	4186880	4094320	4107280	4275760	4522000	4385040	3940746
Demanda (m3)	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848
Índice de escasez (%)	9,95	10,21	10,51	9,33	8,51	8,42	8,14	8,32	8,30	7,97	7,54	7,77	8,65

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9-1. Oferta – Demanda serie de caudales medios



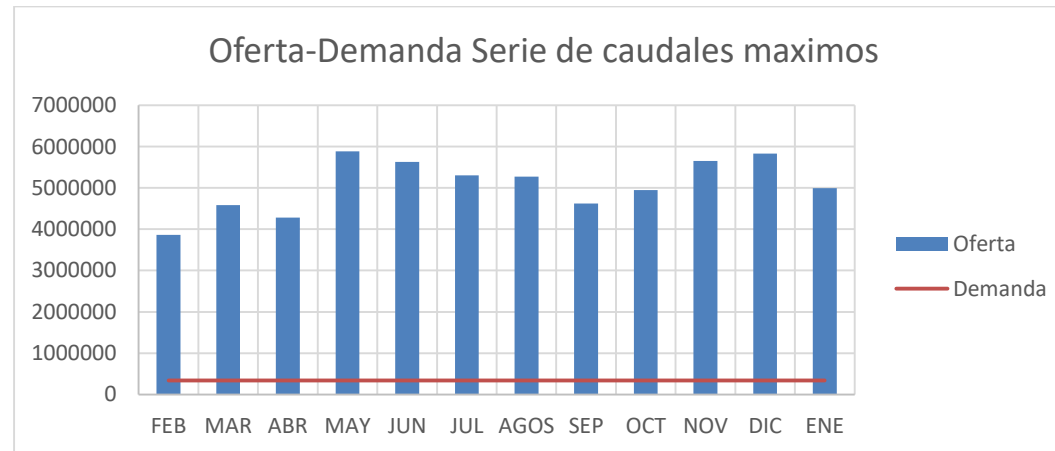
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-4 Índice de escasez con serie de caudales máximos

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	PROME DIO
Seria Caudales máximos entrada (m3/s)	0,63	1,26	1,18	2,34	1,95	1,51	1,37	0,83	1,08	1,62	1,76	0,96	1,4
Seria Caudales máximos entrada (m3/mes)	1632960	3265920	3058560	6065280	5054400	3913920	3551040	2151360	2799360	4199040	4561920	2488320	3561840
Volumen embalse m3/mes	6100000	5900000	5500000	5700000	6200000	6700000	7000000	7100000	7100000	7100000	7100000	7500000	6583333
oferta bruta (m3)	7732960	9165920	8558560	11765280	11254400	10613920	10551040	9251360	9899360	11299040	11661920	9988320	10145173
Factor de reducción Caudal Ecológico	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Factor de reducción por calidad de agua	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Oferta neta (m3)	3866480	4582960	4279280	5882640	5627200	5306960	5275520	4625680	4949680	5649520	5830960	4994160	5072586
Demanda (m3)	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848
Índice de escasez (%)	8,82	7,44	7,97	5,79	6,06	6,42	6,46	7,37	6,89	6,03	5,85	6,82	6,72

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9-2. Oferta – Demanda serie de caudales maximos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-5 Comparación de Entradas y salidas del Embalse el Hato para la serie de Caudales mínimos

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
V Entrada (m3)	233280	259200	285120	285120	336960	414720	466560	596160	622080	440640	362880	259200
V por Q ecológico y Calidad (m3)	116640	129600	142560	142560	168480	207360	233280	298080	311040	220320	181440	129600
V Demanda (m3)	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848
Diferencia (m3)	-224208	-211248	-198288	-198288	-172368	-133488	-107568	-42768	-29808	-120528	-159408	-211248

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-6 Comparación de Entradas y salidas del Embalse el Hato para la serie de Caudales medios

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
V Entrada (m3)	751680	777600	984960	1607040	1814400	1399680	1373760	1088640	1114560	1451520	1944000	1270080
V por Q ecológico y Calidad (m3)	375840	388800	492480	803520	907200	699840	686880	544320	557280	725760	972000	635040
V Demanda (m3)	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-7 Comparación de Entradas y salidas del Embalse el Hato para la serie de Caudales máximos

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
V Entrada (m3)	1632960	3265920	3058560	6065280	5054400	3913920	3551040	2151360	2799360	4199040	4561920	2488320
V por Q ecológico y Calidad (m3)	816480	1632960	1529280	3032640	2527200	1956960	1775520	1075680	1399680	2099520	2280960	1244160
V Demanda (m3)	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848	340848
Diferencia (m3)	475632	1292112	1188432	2691792	2186352	1616112	1434672	734832	1058832	1758672	1940112	903312

Fuente: Elaboración propia

Si bien una vez calculado los índices de escasez para los diferentes escenarios de variación de caudales en el año más crítico en cuanto al almacenamiento del embalse se obtuvieron resultados entre el 6 y 11% lo que según la clasificación del IDEAM se tiene una demanda muy baja o baja en algunos meses en la serie de caudales mínimos.

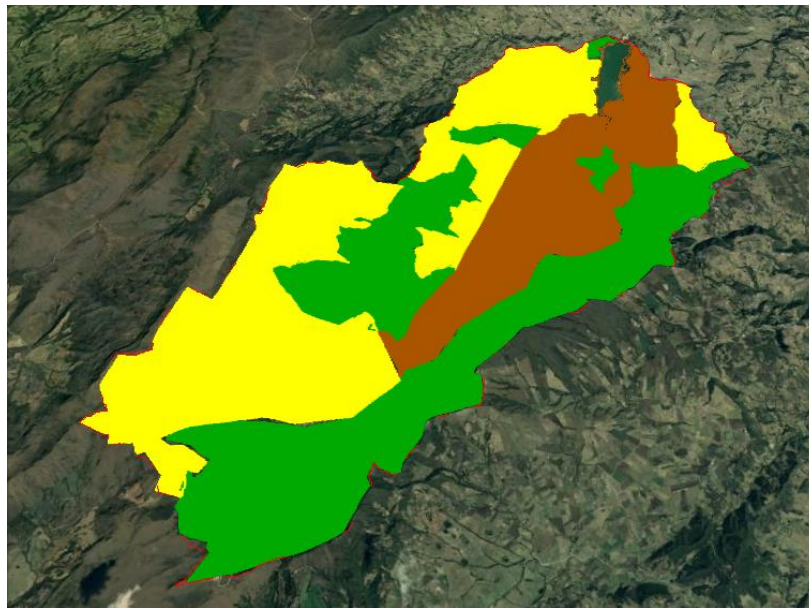
Sin embargo se realizó una comparación de los caudales que entran al embalse con los que saldrían teniendo en cuenta la demanda del sistema de acueducto del municipio de Ubaté, el caudal ecológico y el caudal por calidad del agua para las series de caudales mínimos, medios y máximos del río El Hato el cual abastece el embalse, donde se observa que ante un evento de bajas precipitaciones y bajos caudales en el ingreso al embalse, las salidas del sistema superarían estas entradas lo que se convertiría en una disminución en el nivel del embalse, por esta razón ante estos eventos el acueducto tendría que entrar a racionar el suministro de agua con el fin de no afectar los niveles del embalse y el ecosistema de la región.

10 COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal presenta una visión del territorio en la cuenca hidrográfica del embalse El Hato, a partir del proceso de ocupación inotrópica del área, la importancia de conocer el porcentaje de cómo está constituido el uso de la tierra del área total de la cuenca, para estimar la escorrentía e infiltración que se presenta durante una precipitación en este caso de la cuenca estudiada.

Durante la visita de campo se realizó un recorrido por parte del área de la cuenca del embalse El Hato, donde se evidencio los diferentes usos del suelo, como la vegetación arbórea, rastrojos y pastos, y la producción agropecuaria que se realiza en el lugar (ver Figura 10-1.)

Figura 10-1. Cobertura Vegetal de la Cuenca del embalse EL Hato



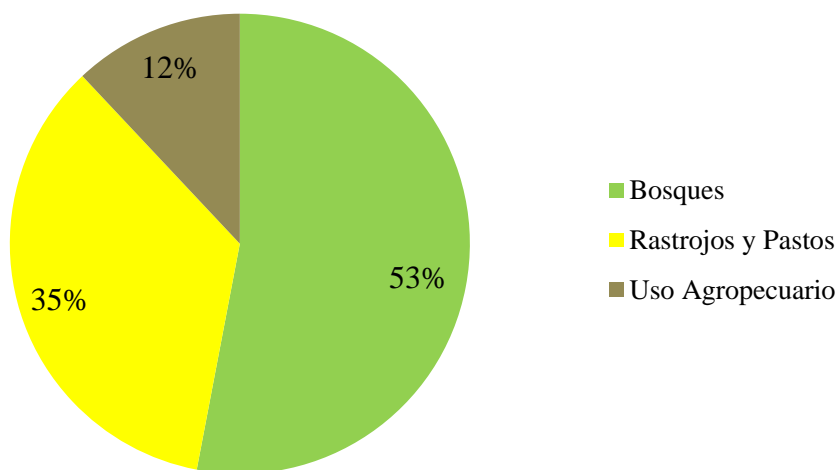
Fuente: GOOGLE EARTH Y AUTOR

Mediante el uso de herramientas geográficas y conociendo el área total de la cuenca se delimito los tres (3) usos del suelo que se observaron, obteniendo su respectiva área en

esta estudio se determinó que los Bosques contaban con un área aproximada 27.79 Km² (53%), los Rastrojos y Pastos 18.83 Km² (35%) y los suelos de uso agropecuarios de 5.8 Km² (12%).

Gráfica 10-1. División de la conformación del uso del suelo en la cuenca del embalse El Hato

COBERTURA VEGETAL



11 DIAGNOSTICO AMBIENTAL

Se realizó la visita al Embalse El Hato se efectuó la inspección al área para determinar mediante una lista de chequeo cuales son las actividades que se desarrollan en las áreas circundantes al embalse, véase en la siguiente tabla.

Tabla 11-1 Lista de Chequeo

ACTIVIDADES	SI	NO
1. Captación de Agua	X	
2. Explotación Minera		X
3. Ecoturismo	X	
4. Comercio		X
5. Agricultura	X	
6. Madereras		X
7. Ganadería	X	
8. Explotación Petrolera		X
9. Generación de energía eléctrica		X
10. Caza		X

Las actividades que se identificaron en las áreas circundantes al embalse del Hato son: 1). La captación del agua para el riego de los cultivos; 2). El ecoturismo, actividad que se realiza en el embalse por las personas que se dirigen a conocer el sitio con fines de ocio y recreación; 3). Agricultura, actividad que desarrolla la comunidad circundante al embalse mediante el cultivo de cebolla, papa, trigo, maíz y frutas; 4). Ganadería, actividad que se desarrolla en predios circundantes al embalse.

Durante la visita al embalse el Hato, se evidenciaron los posibles impactos ambientales generados por actividades descritas anteriormente en las áreas circundantes del embalse, por medio de una lista de chequeo se efectuó el recorrido por el área del embalse identificando los impactos, como se observa en la siguiente tabla.

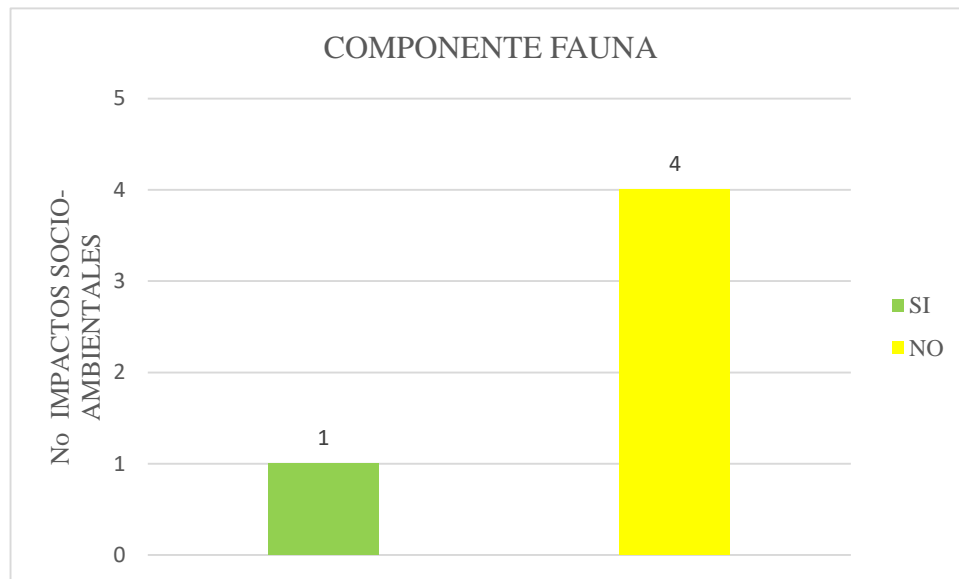
Tabla 11-2 Lista de Chequeo

Factor Ambiental	Componente Ambiental	Impacto Ambiental	SI	NO
Biótico	Fauna	1. Aumento de especies	X	
		2. Alteración de las poblaciones animales		X
		3. Pérdida de especies faunísticas		X
		4. Migración de especies faunísticas		X
		5. Creación de nuevos ambientes		X
	Flora	1. Eliminación o Modificación de hábitats		X
		2. Pérdida de vegetación riparia		X
		3. Proliferación de malezas y plagas	X	
		4. Creación de nuevos ambientes		X
Abiótico	Agua	1. Contaminación de las agua superficiales por turbidez por partículas en suspensión		X
		2. Alteración temporal del régimen de caudales	X	
		3. Aumento de la temperatura del agua		X
		4. Disminución de la disponibilidad de agua	X	
		5. Deterioro de la calidad de las aguas superficiales		X
		6. Aumento de la oferta y de la garantía hídrica	X	
		7. Sedimentación		X
		8. Eutrofización de las aguas	X	
	Aire	1. Alteración del ambiente sonoro	X	
		2. Generación de malos olores		X
		3. Alteración de la calidad del aire		X
		4. Generación de gases	X	
		5. Generación de material particulado	X	
		6. Modificación del microclima		X
	Suelo	1. Ocupación del suelo fértil	X	
		2. Cambios en el uso del suelo		X
		3. Pérdida de la calidad del suelo	X	
		4. Limitación de las opciones de uso del suelo		X
		5. Compactación del suelo	X	
		6. Cambios en la composición florística		X
		7. Contaminación por residuos solidos	X	
	Paisaje	1. Embellecimiento paisajístico		X
		2. Deterioro de la calidad del paisaje		X
		3. Fragmentación del ecosistema		X
		1. Disminución de enfermedades gastrointestinales	X	
		2. Aumento de la demanda de servicios públicos	X	
		3. Crecimiento de la población	X	

Tabla 11-2 Lista de Chequeo

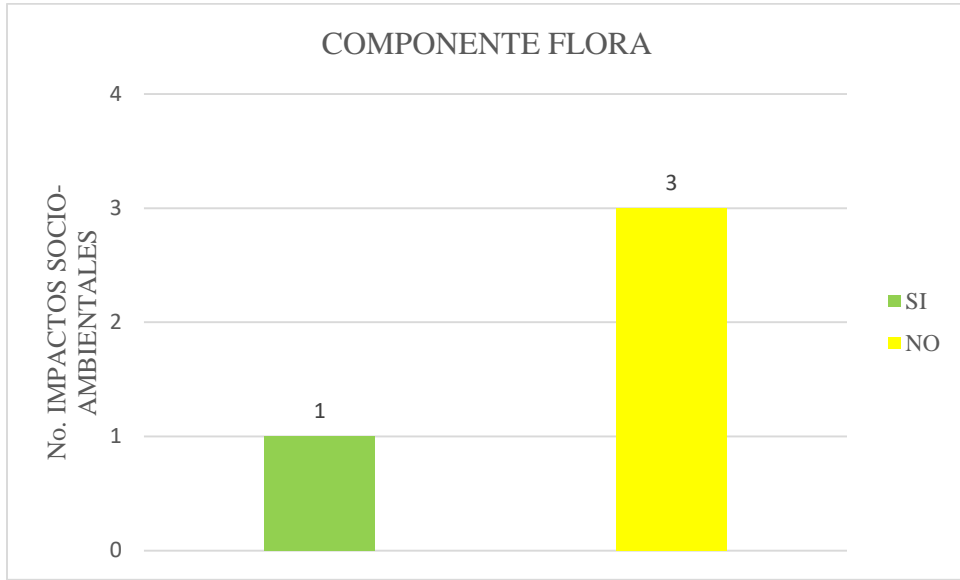
Factor Ambiental	Componente Ambiental	Impacto Ambiental	SI	NO
Socioeconómico	Comunidad	4. Aumento recaudación tributaria	X	
		5. Valorización inmobiliaria	X	
		6. Desvalorización inmobiliaria	X	
		7. Proliferación de vectores	X	
		8. Generación de empleo	X	
		9. Proliferación de enfermedades	X	
		10. Aumento de la actividad comercial	X	
		11. Mejoramiento educativo		X

Acto seguido se determinaron los impactos socio-ambientales generados por las actividades ya identificadas en la tabla *11-2*; Para analizar los datos recopilados en la lista de chequeo de impactos se realizaron gráficas para cada componente ambiental.



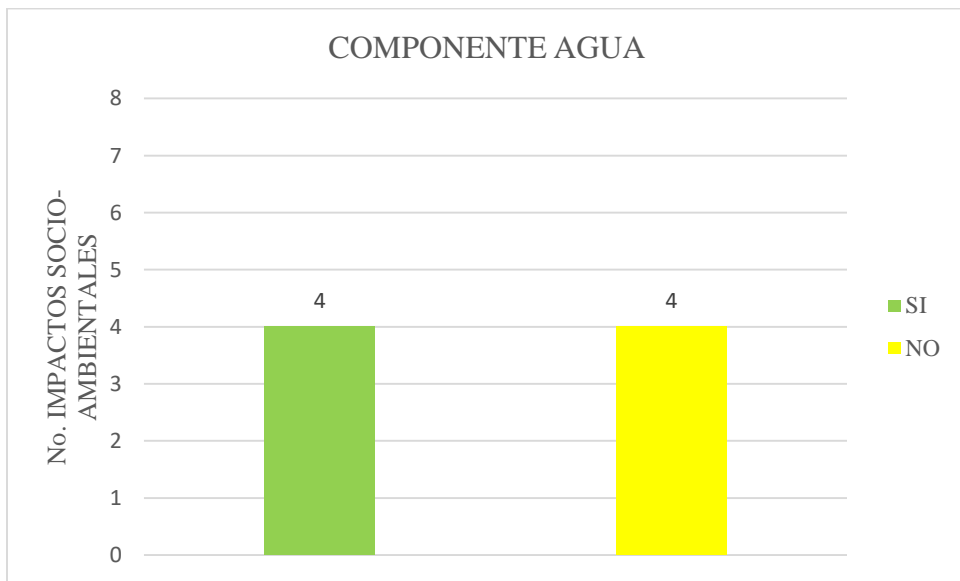
Gráfica 11-1. Componente Fauna

En la gráfica se observa que de los cinco (5) impactos socio-ambientales evidenciados anteriormente solo uno (1) si es generado, el cual corresponde al aumento de especies.



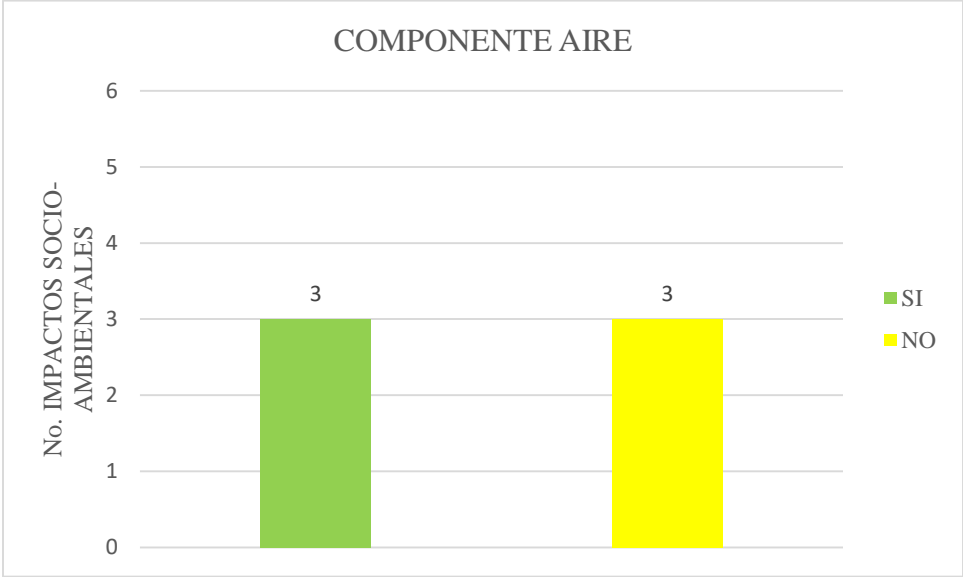
Gráfica 11-2. Componente Flora

En la gráfica se observa que de los cuatro (4) impactos socio-ambientales evidenciados anteriormente solo uno (1) si es generado, el cual corresponde a la proliferación de malezas y plagas.



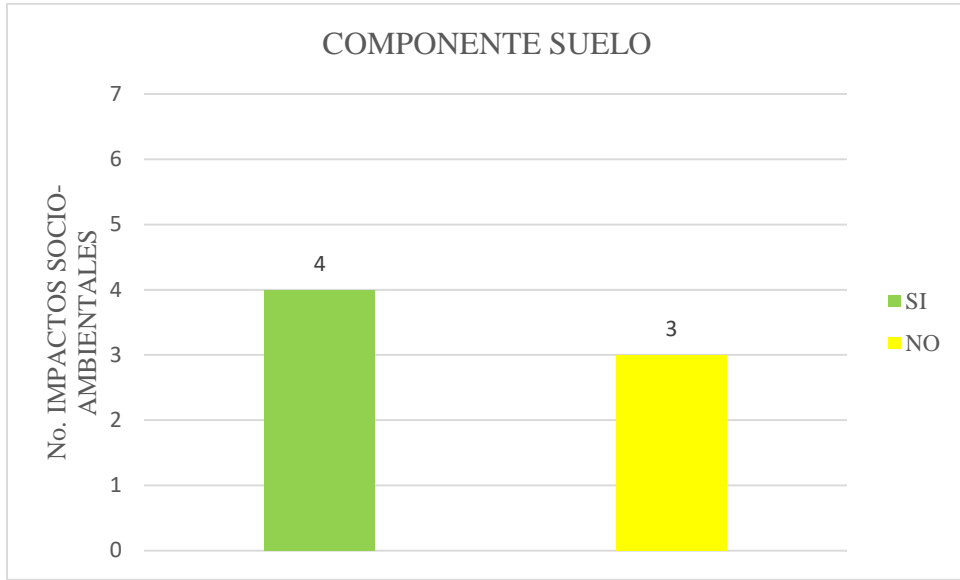
Gráfica 11-3. Componente Agua

Los impactos determinados en el componente agua son alteración temporal del régimen de caudales, disminución de la disponibilidad de agua, aumento de la oferta y de la garantía hídrica, además de eutrofización de las aguas, en total cuatro (4) de los ocho (8) evidenciados anteriormente.



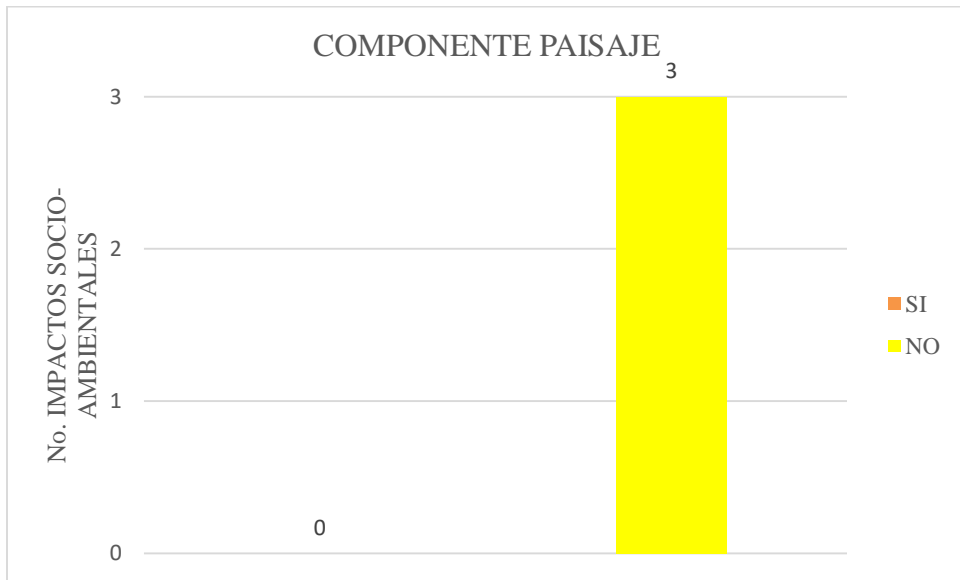
Gráfica 11-4. Componente Aire

Según la gráfica xx podemos evidenciar que tres (3) impactos si son generados, alteración del ambiente sonoro, generación de gases y generación de material particulado.



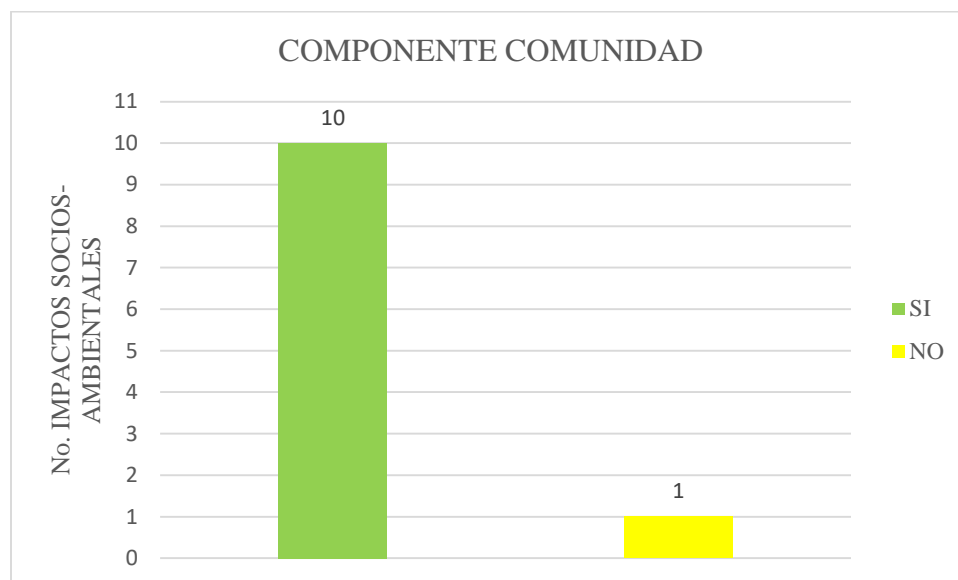
Gráfica 11-5. Componente Suelo

Se determinaron cuatro (4) de los siete (7) impactos evidenciados en la anterior gráfica los cuales corresponden a la ocupación del suelo fértil, la pérdida de la calidad del suelo, la compactación del suelo y la contaminación por residuos sólidos.



Gráfica 11-6. Componente Paisaje

Como se observa en la gráfica **11-6** del componente paisaje ninguno de los impactos propuestos en la lista de chequeo es generados en el embalse El Hato.



Gráfica 11-7. Componente Comunidad

Los impactos generados en el componente comunidad son disminución de enfermedades gastrointestinales, aumento de la demanda de servicios públicos, crecimiento de la población, aumento recaudación tributaria, valorización inmobiliaria, desvalorización inmobiliaria, proliferación de vectores, generación de empleo, proliferación de enfermedades, aumento de la actividad comercial

11.1 MATRIZ CONESA FERNANDEZ

Una vez establecidas las distintas actividades y los impactos socio-ambientales que se desarrollan en las áreas circundantes del embalse el Hato, se dio paso a la evaluación la cual fue determinada a partir de la aplicación de la matriz MVCF, donde se formuló la evaluación de causa-efecto, con la ayuda de once (11) parámetros; para los cuales se analizaron en cada uno, una serie de atributos que al plasmarlos en la ecuación propuesta por el autor (Fernández Vitoria, 2010), arroja un resultado numérico, el cual corresponde

a la importancia del impacto. En la matriz se establece un rango de 0-100 clasificados en cuatro modalidades, de los cuales se asigna la clase de efecto (compatible, moderado, crítico o severo), e identificados por un color diferente. Teniendo clara la forma de evaluar y calificar la matriz, se dio paso a su ejecución la cual se muestra a continuación.

Tabla 11-3 MATRIZ CONESA FERNANDEZ

CRITERIOS DE EVALUACIÓN / ACTIVIDAD GENERADORA			MATRIZ CONESA FERNANDEZ																																																
			CAPTACIÓN DE AGUA								TURISMO								AGRICULTURA								GANADERIA																								
Medios Ambientales	Componentes Ambientales	Impactos Ambientales	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I													
			BIOTICO	FAUNA	Aumento de especies												0												0											0	1	2	2	4	4	0	2	4	1	4	0
FLORA	Proliferación de malezas y plagas													0												0																							0		
	Pérdida de especies													0												0																							0		
ABIOTICO	AGUA	Alteración temporal del régimen de caudales	-1	1	2	2	2	2	2	1	4	2	4	-26											0																								-26		
		Disminución de la disponibilidad de agua	-1	2	2	2	4	4	2	1	4	2	4	-33											0																									-31	
		Aumento de la oferta y de la garantía hídrica	1	2	2	2	4	2	1	4	2	25													0																									0	
		Eutrofización de las aguas												0											0																									0	
	AIRE	Alteración del ambiente sonoro												0											0																									0	
		Generación de gases												0											0																									-39	
		Generación de material particulado											0											0																										-39	
	SUELO	Ocupación del suelo fértil												0											0																									0	
		Pérdida de la calidad del suelo												0																																					-29
		Compactación del suelo												0																																					-29
Contaminación por residuos sólidos													0																																					0	
SOCIO-ECONÓMICO	COMUNIDAD	Disminución de enfermedades gastrointestinales	1	4	4	4	2	2	1	4	4	37												0																									0		
		Aumento de la demanda de servicios públicos	1	2	4	2	4	2	4	1	4	31													0																									0	
		Crecimiento de la población	1	1	2	2	4	2	4	1	2	22													0																									0	
		Aumento recaudación tributaria	1	4	2	2	4	2	4	1	4	33													0																									0	
		Valorización inmobiliaria											0																																					0	
		Proliferación de vectores	-1	2	2	4	4	2	2	4	1	2	4	-33											0																								0		
		Generación de empleo	1	2	4	4	2	2	4	4	4	34																																						34	
		Proliferación de enfermedades												0																																					0
	Aumento de la actividad comercial											0																																					0		

En la siguiente **Tabla 11-4** se consolidaron los resultados de la Matriz Conesa Fernández evaluada anteriormente, con el propósito de analizarla con mayor facilidad.

En las actividades circundantes al embalse El Hato se identificaron tres (3) rangos de impactos ambientales según la evaluación con la Matriz Conesa Fernández, los resultados fueron impacto moderado, compatible, y positivo.

La totalidad de los impactos socio-ambientales generados por las actividades que se desarrollan en el área circundante al embalse El Hato, que se encontraron son treinta y cinco (35), de los cuales diecisiete (17) son moderados, cuatro (4) compatibles y catorce (14) positivos.

Tabla 11-4 CONSOLIDACION DE LOS RESULTADOS DE LA MATRIZ CONESA FERNANDEZ

RESULTADOS DE LA MATRIZ CONESA FERNANDEZ				
ACTIVIDAD	COMPONENTES AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	RANGO DE IMPORTANCIA	CLASE DE EFECTO
CAPTACIÓN DE AGUA	AGUA	Alteración temporal del régimen de caudales	-26	MODERADO
		Disminución de la disponibilidad de agua	-33	MODERADO
		Aumento de la oferta y de la garantía hídrica	25	POSITIVO
	COMUNIDAD	Disminución de enfermedades gastrointestinales	37	POSITIVO
		Aumento de la demanda de servicios públicos	31	POSITIVO
		Crecimiento de la población	22	POSITIVO
		Aumento recaudación tributaria	33	POSITIVO
		Proliferación de vectores	-33	MODERADO
		Generación de empleo	34	POSITIVO
TURISMO	SUELO	Pérdida de la calidad del suelo	-21	COMPATIBLE
		Contaminación por residuos solidos	-21	COMPATIBLE
	COMUNIDAD	Valorización inmobiliaria	33	POSITIVO
		Generación de empleo	34	POSITIVO
		Aumento de la actividad comercial	31	POSITIVO
AGRICULTURA	FLORA	Proliferación de malezas y plagas	-23	COMPATIBLE
		Pérdida de especies	-23	COMPATIBLE
	AGUA	Alteración temporal del régimen de caudales	-26	MODERADO
		Disminución de la disponibilidad de agua	-31	MODERADO
		Eutrofización de las aguas	-26	MODERADO
	AIRE	Alteración del ambiente sonoro	-26	MODERADO
		Generación de gases	-39	MODERADO
		Generación de material particulado	-39	MODERADO
	SUELO	Ocupación del suelo fértil	30	POSITIVO
		Pérdida de la calidad del suelo	-29	MODERADO
	COMUNIDAD	Valorización inmobiliaria	33	POSITIVO
		Generación de empleo	34	POSITIVO
Proliferación de enfermedades		-28	MODERADO	
GANADERIA	FAUNA	Aumento de especies	29	POSITIVO
	AGUA	Alteración temporal del régimen de caudales	-26	MODERADO
		Disminución de la disponibilidad de agua	-31	MODERADO
	AIRE	Generación de gases	-39	MODERADO
		Generación de material particulado	-39	MODERADO
	SUELO	Pérdida de la calidad del suelo	-29	MODERADO
		Compactación del suelo	-29	MODERADO
	COMUNIDAD	Generación de empleo	34	POSITIVO

En la actividad de captación del agua se vieron afectados dos componentes socio-ambientales, agua por la influencia de tres (3) impactos, de los cuales dos (2) son moderados y uno (1) positivo, en cuanto a comunidad presenta seis (6) impactos uno (1) con rango moderado y cinco (5) positivos.

En el turismo se evidenciaron dos componentes socio-ambientales afectados por esta actividad, los cuales son el suelo por dos (2) impactos de rango compatible y la comunidad por tres (3) impactos positivos.

Para la actividad de agricultura, se obtuvieron cinco componentes socio-ambientales afectados, donde flora con dos (2) impactos de rango compatible, agua con tres (3) de rango moderado, el

componente aire con tres (3) impactos de rango moderado, suelo uno (1) de rango positivo y uno (1) moderado y el componente comunidad el cual presenta dos (2) impactos de rango positivo y uno (1) moderado.

En la ganadería, se vieron afectados cinco (5) componentes socio-ambientales, en los cuales se presentan los siguientes, fauna con un (1) impacto positivo, agua con dos (2) impactos de rango moderado, el componente aire con dos (2) moderados, el suelo igualmente con dos (2) de rango moderado y comunidad con un (1) impacto positivo.

Por las actividades que se desarrollan en el área circundante al embalse El Hato, se evidenció que el componente agua es el más afectado con siete (7) impactos socio-ambientales negativos de rango moderados.

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una vez realizado el estudio hidrológico y el diagnóstico ambiental de la cuenca del embalse El Hato, se pudo determinar que la fuente viable para la captación de agua del sistema de acueducto del municipio de Ubaté, lo anterior debido a los problemas que se tiene en el actual punto de captación, y se evidencio que la fuente es apta para abastecer al municipio en un horizonte de diseño de 25 años, bajo algunas restricciones para los eventos atípicos de escasez que se pueden presentar en el embalse y en la región.
- A través del estudio se identificaron los niveles máximos y mínimos del embalse, donde se analizaron los escenarios más críticos con el índice de escasez, siendo el nivel mínimo del embalse el escenario más crítico durante las temporadas secas, siempre y cuando las salidas del embalse superen las entradas.
- Con el estudio realizado se determinaron las series de caudales que abastecen el embalse con fin de determinar su comportamiento y se halló que en el evento que los caudales de salida superen los caudales de entrada el nivel del embalse comenzara a bajar, lo que conllevará a que el acueducto realice un racionamiento con el fin de no afectar el ecosistema de la región.
- Una vez estudiada la hidrología en la cuenca del embalse El Hato, se determinó que durante los fenómenos de baja precipitación, como es el fenómeno del Niño, la cuenca no pierde el abasto mínimo para su estabilidad ambiental. El déficit de precipitación es suplido por el flujo subsuperficial utilizando la reserva de agua en el subsuelo.
- En las áreas circundantes del embalse El Hato se identificaron tres (3) rangos de impactos ambientales según la evaluación con la Matriz Conesa Fernández, los resultados fueron impacto moderado, compatible, y positivo.
- La totalidad de los impactos ambientales que se encontraron son treinta y cinco (35), de los cuales diecisiete (17) son moderados, cuatro (4) compatibles y catorce (14) positivos.

- Los componentes más afectados son suelo con un total de ocho (8) impactos ambientales de rango moderado, y agua con un total de cinco (5).

BIBLIOGRAFÍA

- CAR. (2005). *Levantamiento batimétrico y topográfico del embalse El Hato - Análisis de crecientes y mapas de amenaza*. . Bogotá D.C.
- Chow, V. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill.
- CMD. (2016). *Consultoría para brindar asesoría técnica integral especializada a la empresa de servicios públicos del municipio de Ubaté EMSERVILLA S.A. E.S.P. para adelantar la actualización, ajuste y/o diseño de los proyectos estratégicos priorizados en su plan de in. Ubaté, Cundinamarca*.
- Decreto 1076. (2015). *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Duran, M. C. (2016). *Elaboración de estudios, diseños, topografía, calculos, planimetría, para el desarrollo del proyecto para el traslado del sitio de captación de agua del acueducto urbano del municipio de Ubaté*. . Ubaté .
- Enríquez Beck, J. A. (2016). *Estado Hidrológico, Hidráulico Y Sedimentológico De Los Embalses En La Región Piura*. Piura, Peru: Universidad de Piura.
- Epico ingeniería Ltda. (2014). *Elaboración de estudios, diseños, topografía, calculos, planimetría, para el desarrollo del proyecto para el traslado del sitio de captación de agua del acueducto urbano del municipio de Ubaté*. Ubaté, Cundinamarca.
- Fernández Vitoria, V. C. (1993). *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Fernández Vitoria, V. C. (2010). *Guía Metodológica para La Evaluación de Impacto Ambiental*.

Madrid, España.

Global water partnership. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrográfica?* Lima: Sociedad geográfica de Lima.

Global water partnership. (2011). *Cartilla técnica: ¿Qué es cuenca hidrológica?* Lima: Sociedad Geográfica de Lima.

IDEAM. (2007). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua*. Bogotá D.C.

IDEAM. (2007). *Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua*. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM. (2014). *IDEAM. Obtenido de Modelación hidrológica:*
<http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica>

Jiménez, H. (1986). *Hidrología Básica*. Universidad del Valle.

Ministerio de Ambiente. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas Pomcas*. Bogotá: Anexo A Diagnóstico.

Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Alfa Omega Editor.

Monsalve, G. (2014). *Hidrología en la ingeniería*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Montealegre, J. E. (1990). *Técnicas Estadísticas aplicadas en el manejo de datos hidrológicos y*

- metereologicos*. Bogotá D.C: Instituto Colombiano de Hidrología, Metereología y adecuación de tierras (HIMAT).
- Ramirez, J. A. (1992). *Apuntes de Metereología y Climatología General* . Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Ramirez, J. A. (1994). *Apuntes de metereología y climatología general*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Rivera, H. G. (2004). *Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales (IDEAM)*. Bogotá D.C.
- Secretaria Distrital de Integración Social. (2013). *Guía metodológica para la Evaluación de Aspectos e Impactos Ambientales*. Bogotá D.C.: Secretaria Distrital de Integración Social.
- SENA. (1998). *Impacto Ambiental en Cuencas Hidrográficas*. Bogotá D.C.
- Talero, A. C. (2016). *Modelación Hidrológica del río San Francisco en la cuenca abastecedora al embalse el Sisga en el municipio de Choconta, Cundinamarca*. Bogotá D.C.
- Unión Temporal Audicon Ambiotec. (2006). *Cuenca Río Alto Suárez 2401-10*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2013). *Hidrología. Lección 14. Características del área de captación*. Recuperado el 6 de Julio de 2015, de Datateca Unad: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30172/MODULO%20HIDROLOGIA/leccin_14_caracteristicas_del_rea_de_captacin.html
- Vera Hernández, L. E. (2002). *Análisis de Aforo de la Estación Hidrométrica Obrajillo: Periodo 2000 - 2001*. Lima, Peru.

ANEXOS

SE ANEXAN EN ARCHIVO ADJUNTO LOS REGISTROS DE LAS ESTACIONES
UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO HIDROLOGICO Y CLIMATOLOGICO

GRAFICAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y LAS VARIABLES
CLIMATOLÓGICAS EN LA CUENCA DEL EMBALSE EL HATO

