ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DE LOS PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LOS MUNICIPIOS DE JAMBALÓ, CALOTO, GUACHENÉ Y TORIBÍO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA; RIO SUCIO EN EL DEPARTAMENTO DE CHOCO Y PARA LA REGIÓN DEL CATATUMBO, PROVINCIA DE OCAÑA Y SUR DEL CESAR

DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 8
2. GENERALIDADES 9
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 9
2.2. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 11
2.2.1. Información climatológica e hidrológica 11
2.2.2. Cartografía 13
3. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO 14
3.1. PRECIPITACIÓN TOTAL 14
3.2. TEMPERATURA MEDIA 19
3.3. EVAPORACIÓN TOTAL 23
3.4. HUMEDAD RELATIVA 27
3.5. BRILLO SOLAR 31
3.6. VELOCIDAD DEL VIENTO 35
4. ANÁLISIS DE CAUDALES MEDIOS 36
4.1. ANÁLISIS SERIES HISTÓRICAS 36
4.2. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS EN SITIOS DE CAPTACIÓN 50
4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO CON ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014 58
5. ANÁLISIS DE CAUDALES MÍNIMOS 63
5.1. ANÁLISIS DE SERIES HISTÓRICAS 63
5.2. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS EN LOS SITIOS DE CAPTACIÓN 74
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77
7. BIBLIOGRAFÍA 79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Corregimientos analizados en la zona de estudio 9
Tabla 2 Listado de estaciones con información climatológica recopilada 12
Tabla 3 Estaciones climatológicas seleccionadas 12
Tabla 4 Listado de estaciones con información hidrológica recopilada 12
Tabla 5 Planchas cartográficas 1:100.000 marco del estudio 13
Tabla 6 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Santa Isabel (1968 - 2002) 14
Tabla 7 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Ábrego Centro Administrativo (1969 - 2016) 15
Tabla 8 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación La Playa (1984 - 2016) 16
Tabla 9 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Instituto Agricola Convención (1990 - 2015) 16
Tabla 10 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991 - 2016) 17
Tabla 11 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Escuela Agrícola de Cáchira (1972 - 2016) 18
Tabla 12 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Santa Isabel (1969-2002) 19
Tabla 13 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016) 20
Tabla 14 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación La Playa (1985-2016) 20
Tabla 15 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015) 21
Tabla 16 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016) 22
Tabla 17 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016). 22
Tabla 18 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Santa Isabel (1969-1983) 23
Tabla 19 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016) 24
Tabla 20 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación La Playa (1984-2016) 24
Tabla 21 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015) 25
Tabla 22 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991-2015) 26
Tabla 23 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016) .. 26
Tabla 24 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Santa Isabel (1970-2002) 27
Tabla 25 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016) 28
Tabla 26 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación La Playa (1985-2016) 28
Tabla 27 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015) 29
Tabla 28 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016) 30

Tabla 29 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1992-2016)..... 30
Tabla 30 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Santa Isabel (1969-2001) 31
Tabla 31 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2014) 32
Tabla 32 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación La Playa (1984-2015) 32
Tabla 33 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)..... 33
Tabla 34 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2015) 34
Tabla 35 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2011) 34
Tabla 36 Resumen de valores de velocidad del viento (m/s). Estación Centro Administrativo Ábrego (1974 - 2010) 35
Tabla 37 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Presidente – Campo Tres (1972 - 2014)..... 36
Tabla 38 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Sardinata – Campo Dos (1972 - 2014) 37
Tabla 39 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Sardinata – Puente Sardinata (1973 - 2014)..... 38
Tabla 40 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tibú – Campo Seis (1973 - 2014) 38
Tabla 41 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tarra – Puente Ábrego (1971 - 2014) 39
Tabla 42 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tarra – Puente Tarra (1971 - 2011) 40
Tabla 43 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tarra – El Chincho (1981 - 1999) 40
Tabla 44 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Frío – Las Vegas (1972 - 2014) 41
Tabla 45 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Oroque – Marcelita (1972 - 2006) 42
Tabla 46 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Algodonal – La Cabaña Automática (1971 - 2014)..... 42
Tabla 47 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Catatumbo – Quince Letras (1971 - 2014)..... 43
Tabla 48 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación quebrada La Soledad – La Soledad (1979 - 2001)..... 44
Tabla 49 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación quebrada Campanario – El Campanario (1979 - 2001) 44
Tabla 50 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación quebrada El Molino – La Cabrera (1979 - 2001)..... 45
Tabla 51 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra (1969 - 2014)..... 46
Tabla 52 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Catatumbo – El Cable (1977 - 2000) 46
Tabla 53 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Salazar – Los Pomarrosos (1988 - 2014)..... 47

Tabla 54 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Santa Cruz – Puente Sardinas (1969 - 2014) 48
Tabla 55 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río San Alberto – El Hoyo (1974 - 2014) 48
Tabla 56 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios (1976 - 2014) 49
Tabla 57 Área de drenaje hasta sitio de cada alternativa de captación 50
Tabla 58 Valores de isoescorrentía (mm). Estaciones hidrológicas analizadas 54
Tabla 59 Escorrentía promedio en sitios de captación propuestos 56
Tabla 60 Caudal medio estimado en los sitios de captación propuesto (l/s) 57
Tabla 61 Valores por subzona incluidos en la zona de estudio 60
Tabla 62 Escorrentia y caudal medio anual en los sitios propuestos según redimientos del IDEAM 61
Tabla 63 Resumen caudales característicos mínimos. Estaciones analizadas 73
Tabla 64 Rendimientos hídricos para caudales característicos Q_{90}, Q_{95} y Q_{100}. Estaciones hidrológicas analizadas 74
Tabla 65 Caudal mínimo estimado en los sitios de captación 75
Tabla 66 Caudales mínimos característicos en sitios de captación 77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general sitios de captación propuestos 10
Figura 2 Localización planchas cartográficas 1:100.000 marco del estudio 13
Figura 3 Distribución temporal precipitación total. Estación Santa Isabel (1968 - 2002) 14
Figura 4 Distribución temporal precipitación total. Estación Ábrego Centro Administrativo (1969 - 2016) 15
Figura 5 Distribución temporal precipitación total. Estación La Playa (1984 - 2016) 16
Figura 6 Distribución temporal precipitación total. Estación Instituto Agricola Convención (1990 - 2015) 17
Figura 7 Distribución temporal precipitación total. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991 - 2016) 18
Figura 8 Distribución temporal precipitación total. Estación Escuela Agrícola de Cáchira (1972 - 2016) 19
Figura 9 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Santa Isabel (1969-2002) 19
Figura 10 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016) 20
Figura 11 Distribución temporal de la temperatura media. Estación La Playa (1985-2016) 21
Figura 12 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015) 21
Figura 13 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016) 22
Figura 14 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016) 23
Figura 15 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Santa Isabel (1969-1983) 23
Figura 16 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016) 24
Figura 17 Distribución temporal de la evaporación total. Estación La Playa (1984-2016) 25
Figura 18 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015) 25
Figura 19 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991-2015) 26

Figura 20 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016)..... 27
Figura 21 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016) 27
Figura 22 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)28
Figura 23 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación La Playa (1985-2016)..... 29
Figura 24 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)29
Figura 25 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016)..... 30
Figura 26 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1992-2016) 31
Figura 27 Distribución temporal de brillo solar. Estación Santa Isabel (1969-2001)..... 31
Figura 28 Distribución temporal de brillo solar. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2014)..... 32
Figura 29 Distribución temporal de brillo solar. Estación La Playa (1984-2015)..... 33
Figura 30 Distribución temporal de brillo solar. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)..... 33
Figura 31 Distribución temporal de brillo solar. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2015) 34
Figura 32 Distribución temporal de brillo solar. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2011) 35
Figura 33 Distribución temporal de Velocidad del Viento. Estación Centro Administrativo Ábrego (1974 - 2010) 35
Figura 34 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Presidente – Campo Tres (1972 - 2014) 37
Figura 35 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Sardinata – Campo Dos (1972 - 2014) 37
Figura 36 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Sardinata – Puente Sardinata (1973 - 2014) 38
Figura 37 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tibú – Campo Seis (1973 - 2014)... 39
Figura 38 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tarra – Puente Ábrego (1971 - 2014) 39
Figura 39 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tarra – Puente Tarra (1971 - 2011) 40
Figura 40 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tarra – El Chincho (1981 - 1999) ... 41
Figura 41 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Frío – Las Vegas (1972 - 2014)..... 41
Figura 42 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Oroque – Marcelita (1972 - 2006)... 42
Figura 43 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Algodonal – La Cabaña Automática (1971 - 2014)..... 43
Figura 44 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Catatumbo – Quince Letras (1971 - 2014) 43
Figura 45 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación quebrada La Soledad – La Soledad (1979 - 2001)..... 44
Figura 46 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación quebrada Campanario – El Campanario (1979 - 2001) 45
Figura 47 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación quebrada El Molino – La Cabrera (1979 - 2001) 45
Figura 48 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra (1969 - 2014)..... 46
Figura 49 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Catatumbo – El Cable (1977 - 2000) 47

Figura 50 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Salazar – Los Pomarrosos (1988 - 2014) 47
Figura 51 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Santa Cruz – Puente Sardinas (1969 - 2014) 48
Figura 52 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río San Alberto – El Hoyo (1974 - 2014) 49
Figura 53 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios (1976 - 2014) 49
Figura 54 Interpolación Raster de Escorrentia 53
Figura 55 Mapa escorrentía media anual (mm) zona Catatumbo 55
Figura 56 Zonas de estudio con subzonas del IDEAM 59
Figura 57 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Presidente – Campo Tres (1972 - 2014) 63
Figura 58 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Sardinata – Campo Dos (1972 - 2014) 64
Figura 59 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Sardinata – Puente Sardinata (1973 - 2014) . 64
Figura 60 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tibú – Campo Seis (1973 - 2014) 65
Figura 61 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tarra – Puente Ábrego (1971 - 2014) 65
Figura 62 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tarra – Puente Tarra (1971 - 2011) 66
Figura 63 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tarra – El Chincho (1981 - 1999) 66
Figura 64 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Frío – Las Vegas (1972 - 2014) 67
Figura 65 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Oroque – Marcelita (1972 - 2006) 67
Figura 66 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Algodonal – La Cabaña Automática (1971 - 2014) 68
Figura 67 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Catatumbo – Quince Letras (1971 - 2014) 68
Figura 68 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación quebrada La Soledad – La Soledad (1979 - 2001) 69
Figura 69 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación quebrada Campanario – El Campanario (1979 - 2001) 69
Figura 70 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación quebrada El Molino – La Cabrera (1979 - 2001). 70
Figura 71 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra (1969 - 2014) 70
Figura 72 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Catatumbo – El Cable (1977 - 2000) 71
Figura 73 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Salazar – Los Pomarrosos (1988 - 2014) 71
Figura 74 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Santa Cruz – Puente Sardinas (1969 - 2014) 72
Figura 75 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río San Alberto – El Hoyo (1974 - 2014) 72
Figura 76 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios (1976 - 2014) 73

ANEXOS

ANEXO 1 INFORMACIÓN HIDROCLIMATOLÓGICA
ANEXO 2 DELIMITACIÓN DE CUENCAS
ANEXO 3 ESCORRENTÍAS MEDIAS
ANEXO 4 ISO-RENDIMIENTOS MÍNIMOS

1. INTRODUCCIÓN

El Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo – FONADE suscribió con el Consorcio INAR – CONDESA el Contrato de Consultoría No. 2161633 cuyo objeto es la "ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DE LOS PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO", el cual comprende los siguientes proyectos:

- **PROYECTO 1:** Estructuración integral para la optimización y ampliación de los sistemas de acueducto y alcantarillado para el corregimiento de Belén de Bajirá en el municipio de Rio Sucio, departamento de Choco.
- **PROYECTO 2:** Estructuración integral para la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado para la región del Catatumbo, Provincia de Ocaña y sur del Cesar.
- **PROYECTO 3:** Estructuración integral para la optimización y acondicionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua existentes, manejo de aguas residuales para las alternativas de saneamiento ambiental en los municipios de Jambaló, Caloto, Guachené y Toribio en el departamento del Cauca.

Cada uno los proyectos descritos anteriormente se dividen en dos (2) Fases, correspndientes a:

- FASE I. Pre factibilidad, análisis y selección de alternativas.
- FASE II. Estudios y diseños en Factibilidad, sostenibilidad y presentación del proyecto.

El presente documento hace parte de la Fase I, y corresponde a los Estudios de Hidrología Superficial del Proyecto 2, *Estructuración integral para la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado para la región del Catatumbo, Provincia de Ocaña y sur del Cesar*.

Los análisis aquí presentados se enfocaron a la estimación de los caudales medios y caudales mínimos de las fuentes de agua superficial identificadas durante la Etapa de Planteamiento de Alternativas como posibles fuentes de captación.

El documento está conformado por los siguientes capítulos:

- Capítulo 2, se presentan las generalidades de la zona de estudio incluyendo la recoplación y análisis de la información.
- Capítulo 3, se presenta el análisis climatológico de la zona de estudio en los sitios en los que se localizan estaciones climatológicas con información disponible.
- Capítulo 4, se presenta la estimación de caudales medios en los sitios de captación superficial.
- Capítulo 5, se presenta la estimación de caudales mínimos en los sitios de captación superficial.
- Capítulo 6, se dan las principales conclusiones y recomendaciones resultantes del estudio.
- Capítulo 7, se encuentran las principales referencias bibliográficas utilizadas.

2. GENERALIDADES

En este numeral se presentará la localización de la zona de estudio con una breve descripción de la misma, así como la recopilación y análisis de la información especialmente la relacionada con las series históricas de los parámetros hidroclimatológicos analizados.

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

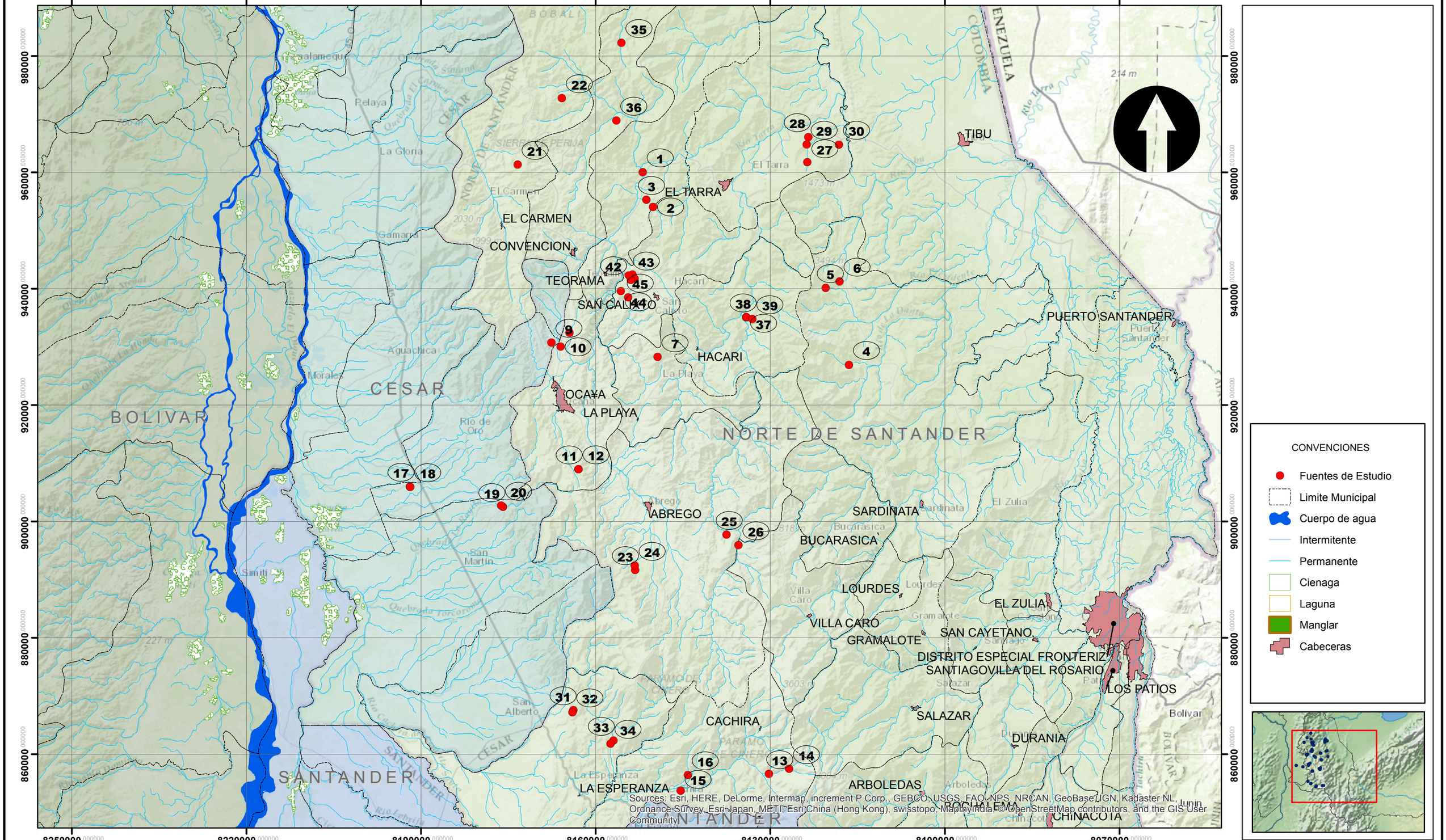
El Catatumbo es una subregión que se encuentra localizada al nororiente de la República de Colombia, que se encuentra conformada por once municipios: Ábrego, Convención, El Tarra, Hacarí, Teorama, San Calixto, La Playa, Ocaña, Sardinata, El Carmen y Tibú, los cuales son bañados por las aguas del río Catatumbo, de ahí su nombre, el cual desemboca en el lago de Maracaibo en la República Bolivariana de Venezuela [1].

En la Tabla 1 se presenta ellistado de los corregimientos en los que se localizan las fuentes de agua superficial objeto del presente estudio.

Tabla 1 Corregimientos analizados en la zona de estudio

Departamento	Municipio	Corregimiento
Norte de Santander	Ábrego	Tarrita
Norte de Santander	Ábrego	Campanario
Norte de Santander	Cáchira	La Vega
Norte de Santander	Cáchira	La Carrera
Norte de Santander	Convención	La Trinidad
Norte de Santander	Convención	Honduras
Norte de Santander	El Carmen	Santa Inés
Norte de Santander	El Carmen	Culebritas
Norte de Santander	El Tarra	Filo Gringo
Norte de Santander	El Tarra	Orú
Norte de Santander	Hacarí	Las Juntas
Norte de Santander	Hacarí	Maracaibo
Norte de Santander	La Esperanza	Pueblo Nuevo
Norte de Santander	La Esperanza	La Pedregosa
Norte de Santander	La Playa	Aspasica
Norte de Santander	La Playa	La Vega de San Antonio
Norte de Santander	Ocaña	Aguas Claras
Norte de Santander	Ocaña	Buena Vista
Norte de Santander	San Calixto	Algarrobos
Norte de Santander	San Calixto	Palmarito
Norte de Santander	Sardinata	Luis Vero
Norte de Santander	Sardinata	Las Mercedes
Norte de Santander	Teorama	San Pablo
Norte de Santander	Teorama	El Aserrío
Cesar	Río de Oro	Los Ángeles
Cesar	Río de Oro	El Marqués

Por otra parte en la Figura 1 se presenta la localización general de la zona de estudio a partir de los municipios en lo que se plantean proyectos de agua potable o saneamiento básico.



FONADE
Proyectos que transforman vidas

DNP Departamento Nacional de Planeación

ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DE LOS PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, LA REGIÓN DEL CATATUMBO, PROVINCIA DE OCAÑA Y SUR DEL CESAR

0 5 10 20 30 40 50 Km

LOCALIZACIÓN GENERAL
SITIOS DE CAPTACIÓN PROPUESTOS

FIGURA 1
Hoja 1 de 1

REV 1
SEPTIEMBRE 2016

2.2. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El estudio se realizó con información secundaria recopilada principalmente en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, y en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, complementada con información extraida del Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH.

La información secundaria se obtuvo de los siguientes documentos:

Planchas cartográficas digitales, valores medios mensuales de parámetros climatológicos en las estaciones operadas por el IDEAM y que se encuentran localizadas en la zona de proyecto, representativa de la climatología y la hidrología, y con un período de registro de suficiente longitud para poder tener una buena confiabilidad en los datos hidroclimatológicos resultantes.

2.2.1. Información climatológica e hidrológica

Para realizar la caracterización climatológica se solcitó al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM la información correspondiente a los valores medios mensuales, de la precipitación total, temperatura media, evaporación, humedad relativa, brillo solar, y velocidad del viento, registradas en las 14 estaciones climatológicas que se encuentran localizadas en el área del proyecto.

En la Tabla 2 se presenta el listado de las estaciones con información climatológica disponible en el área del proyecto; sin embargo, como se aprecia en dicha tabla no todas las estaciones cuentan con información suficiente para realizar un análisis estadístico confiable, razón por la cual se analizó la información de las estaciones presentadas en la Tabla 3.

Por otra parte, para realizar los análisis de caudales medios y mínimos, se solicitó la información historíca disponible en las 23 estaciones hidrológicas que se presentan en la Tabla 4. Como se aprecia en dicha tabla no todas las estaciones cuentan con información suficiente para realizar un análisis estadístico confiable, razón por la cual se descartó la información de las la información de las estaciones presentadas en la Tabla 3.

Como se aprecia en la Tabla 4 no todas las estaciones cuentan con información suficiente para realizar un análisis estadístico confiable, razón por la cual se descartó la información de las estaciones río Pamplonita – Aguas Claras, río Sardinata – Tambores y quebrada Buturama – Yeguerita 2.

Tanto la localización de las estaciones hidroclimatológicas, como la información disponible de cada una de las estaciones climatológicas se presentan en el ANEXO 1.

Tabla 2 Listado de estaciones con información climatológica recopilada

CÓDIGO EST.	NOMBRE ESTACIÓN	PAR. ABR	AÑOS
16035010	TIBU	BRS	19
16035010	TIBU	EVA	12
16035010	TIBU	HUM	19
16035010	TIBU	PRE	52
16035010	TIBU	NDI	33
16035010	TIBU	TDM	26
16035010	TIBU	VEL	2
16035020	PETROLEA	HUM	4
16035020	PETROLEA	PRE	33
16035020	PETROLEA	NDI	21
16035020	PETROLEA	TDM	27
16035030	SARDINATA	EVA	1
16035030	SARDINATA	HUM	34
16035030	SARDINATA	PRE	37
16035030	SARDINATA	NDI	37
16035030	SARDINATA	TDM	40
16035040	ESTANCIA LA	BRS	0
16035040	ESTANCIA LA	HUM	0
16035040	ESTANCIA LA	PRE	0
16035040	ESTANCIA LA	NDI	0
16035040	ESTANCIA LA	TDM	0
16015040	STA ISABEL	BRS	15
16015040	STA ISABEL	EVA	9
16015040	STA ISABEL	HUM	15
16015040	STA ISABEL	PRE	19
16015040	STA ISABEL	NDI	19
16015040	STA ISABEL	TDM	31
16045020	TARRA EL	EVA	0
16045020	TARRA EL	HUM	4
16045020	TARRA EL	PRE	10
16045020	TARRA EL	NDI	10
16045020	TARRA EL	TDM	8
16055010	APTO AGUAS CLARAS	BRS	17
16055010	APTO AGUAS CLARAS	EVA	9
16055010	APTO AGUAS CLARAS	HUM	12
16055010	APTO AGUAS CLARAS	PRE	22
16055010	APTO AGUAS CLARAS	NDI	20
16055010	APTO AGUAS CLARAS	TDM	15
16055010	APTO AGUAS CLARAS	VEL	1
16055020	TEORAMA	BRS	0
16055020	TEORAMA	EVA	0
16055020	TEORAMA	HUM	18
16055020	TEORAMA	PRE	32
16055020	TEORAMA	NDI	32
16055020	TEORAMA	TDM	37
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	BRS	18
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	EVA	28
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	HUM	25
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	PRE	44
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	NDI	37
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	TDM	44
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	VEL	4
16055050	STA LUCIA	BRS	2
16055050	STA LUCIA	EVA	2
16055050	STA LUCIA	HUM	4
16055050	STA LUCIA	PRE	3
16055050	STA LUCIA	NDI	3
16055050	STA LUCIA	TDM	4
16055060	PLAYA LA	BRS	15
16055060	PLAYA LA	EVA	20
16055060	PLAYA LA	HUM	24
16055060	PLAYA LA	PRE	25
16055060	PLAYA LA	NDI	25
16055060	PLAYA LA	TDM	30
16055090	INS AGR CONVENCION	BRS	15
16055090	INS AGR CONVENCION	EVA	20
16055090	INS AGR CONVENCION	HUM	22
16055090	INS AGR CONVENCION	PRE	23
16055090	INS AGR CONVENCION	NDI	23
16055090	INS AGR CONVENCION	TDM	22
16055090	INS AGR CONVENCION	VEL	0
16055100	UNIV FCO P SANTAND	BRS	14
16055100	UNIV FCO P SANTAND	EVA	12
16055100	UNIV FCO P SANTAND	HUM	17
16055100	UNIV FCO P SANTAND	PRE	20
16055100	UNIV FCO P SANTAND	NDI	20
16055100	UNIV FCO P SANTAND	TDM	21
23195180	ESC AGR CACHIRA	BRS	13
23195180	ESC AGR CACHIRA	EVA	30
23195180	ESC AGR CACHIRA	HUM	34
23195180	ESC AGR CACHIRA	PRE	38
23195180	ESC AGR CACHIRA	NDI	38
23195180	ESC AGR CACHIRA	TDM	41

BRS: Brillo solar EVA: Evaporación HUM: Humedad relativa PRE: Precipitación total
NDI: Número de días con lluvia TDM: Temperatura media VEL: Velocidad del viento

Tabla 3 Estaciones climatológicas seleccionadas

Código	Estación	Categoría	Coordenadas		Departamento	Municipio	Fecha de Instalación
			ESTE	NORTE			
16015040	STA ISABEL	CO	1181561,58	1402288,76	Norte de Santander	Cúcuta	15/05/68
16055040	ABREGO CENTRO ADMO	CP	1094560,38	1385854,86	Norte de Santander	Ábrego	15/07/69
16055060	PLAYA LA	CO	1093213,5	1400262,07	Norte de Santander	La playa	15/09/84
16055090	INS AGR CONVENCION	CP	1081161,84	1428228,29	Norte de Santander	Convención	15/08/90
16055100	UNIV FCO P SANTAND	CO	1083597,46	1402485,71	Norte de Santander	Ocaña	15/12/91
23195180	ESC AGR CACHIRA	CO	1113550,31	1346968,69	Norte de Santander	Cáchira	15/03/72

CP: Climatológica principal CO: Climatológica ordinaria

Tabla 4 Listado de estaciones con información hidrológica recopilada

CÓDIGO EST.	NOMBRE ESTACIÓN	PAR. ABR	AÑOS
16037010	CAMPO TRES	CAU	41
16037020	CAMPO DOS	CAU	40
16037030	PTE SARDINATA	CAU	39
16017010	AGUAS CLARAS	CAU	30
16037040	CAMPO SEIS	CAU	33
16037060	TAMBORES	CAU	2
16047010	PTE ABREGO	CAU	44
16047020	PTE TARRA	CAU	28
16047030	CINCHO EL	CAU	16
16057010	VEGAS LAS	CAU	35
16057020	MARCELITA	CAU	32
16057030	CABA#A LA AUTOMATI	CAU	36
16057040	QUINCE LETRAS	CAU	39
16057050	SOLEDAD LA	CAU	17
16057060	CAMPANARIO EL	CAU	16
16057070	CABRERA LA	CAU	19
16067010	PTO BARCO-GABARRA	CAU	35
16067020	CABLE EL	CAU	22
16027010	POMARROSOS LOS	CAU	21
23197130	PTE SARDINAS	CAU	44
23197410	HOYO EL	CAU	24
23217070	YEGUERITA 2	CAU	1
25027080	GRACIAS A DIOS HDA	CAU	33

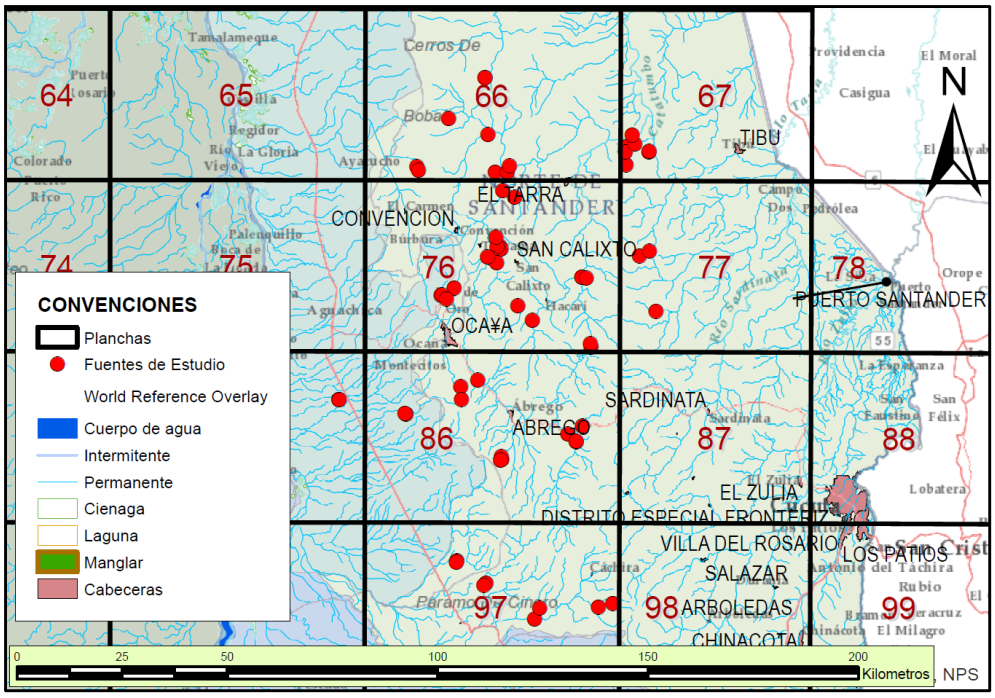
2.2.2. Cartografía

Para todo el estudio del proyecto fue necesario desarrollar información cartográfica la cual se encuentra enmarcada por las planchas del IGAC escala 1:100.000 que se presentan en la Tabla 5 y en la Figura 2. Dicha base cartográfica se generó a partir de fotografías aéreas de la zona, ortorectificadas y ajustadas con cartografía oficial disponible a escala 1:25.000 y modelo de elevación Aster DEM 15 m con una precisión cartográfica 1:10.000.

Tabla 5 Planchas cartográficas 1:100.000 marco del estudio

PLANCHA	Área (km²)	Región
65	2,400.00	4
66	2,400.00	4
67	1,800.00	4
75	2,400.00	4
76	2,400.00	4
77	1,800.00	4
78	1,800.00	4
85	2,400.00	4
86	2,400.00	4
87	1,800.00	4
88	1,800.00	4
96	2,400.00	4
97	2,400.00	4
98	1,800.00	4
99	1,800.00	4

Figura 2 Localización planchas cartográficas 1:100.000 marco del estudio



3. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

En presente capítulo se realizará la caracterización climatológica de la zona de estudio, a partir de la caracterización de los principales parámetros climatológicos con información disponible en las estaciones presentadas en la Tabla 3.

3.1. PRECIPITACIÓN TOTAL

En general, el régimen pluviométrico en la zona de estudio presenta un comportamiento bimodal con un período lluvioso entre los meses de abril a mayo y otro en los meses de agosto a noviembre, dependiendo de la ubicación de la estación analizada.

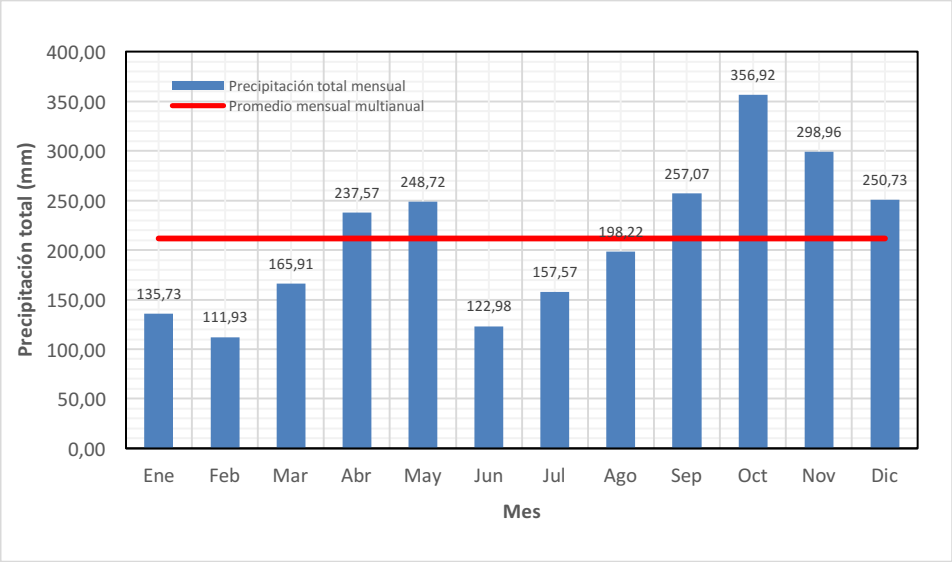
En la Tabla 6 y en la Figura 3 se presenta la variación temporal de la precipitación total a nivel mensual en la estación climatológica ordinaria Santa Isabel; en esta estación la precipitación total para un año promedio es 2542,3 mm; el mes más húmedo es octubre con un promedio de 356,9 mm y el mes más seco es febrero con un promedio de 211,9 mm; la precipitación media mensual multianual es 211,9 mm.

El régimen es bimodal con un período lluvioso de abril a mayo y otro en los meses de septiembre a diciembre, los dos períodos secos corresponden a los meses de enero a marzo, y los meses de junio a agosto. El valor máximo de precipitación se presentó en abril de 1981 con 899,6 mm y el menor, con precipitación de 0,5 mm se presentó en diciembre de 1977.

Tabla 6 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Santa Isabel (1968 - 2002)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	135,73	111,93	165,91	237,57	248,72	122,98	157,57	198,22	257,07	356,92	298,96	250,73	2.542,30
MÁXIMOS	446,80	325,00	468,90	899,60	537,10	342,00	321,00	399,10	475,10	696,30	642,30	726,00	899,60
MÍNIMOS	19,90	1,60	4,50	71,40	85,20	20,70	44,50	40,30	93,90	78,60	60,00	0,50	0,50

Figura 3 Distribución temporal precipitación total. Estación Santa Isabel (1968 - 2002)



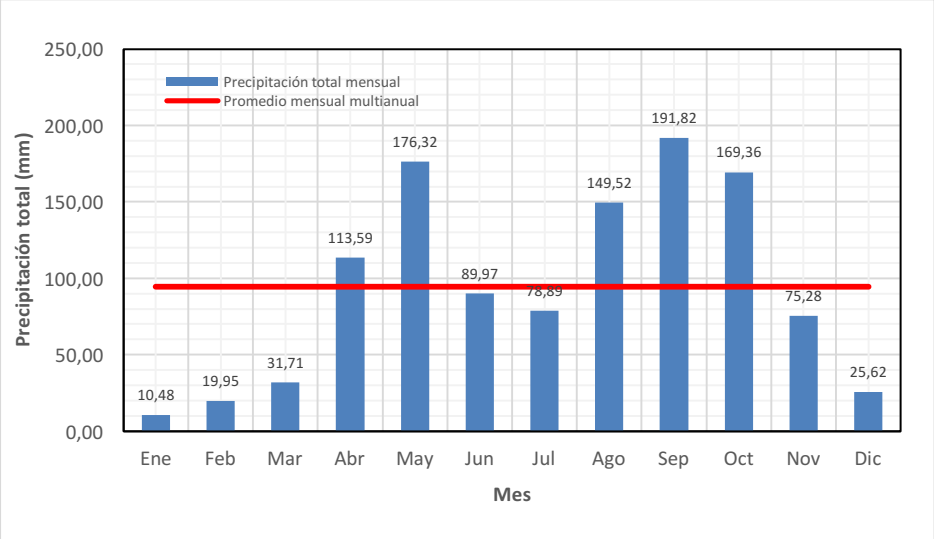
En la Tabla 7 y en la Figura 4 se presenta la variación temporal de la precipitación total a nivel mensual en la estación climatológica principal Ábrego Centro Administrativo; en esta estación la precipitación total para un año promedio es 1132,5 mm; el mes más húmedo es septiembre con un promedio de 191,8 mm y el mes más seco es enero con un promedio de 10,5 mm; la precipitación media mensual multianual es 94,4 mm.

El régimen es bimodal con un período lluvioso de abril a mayo y otro en los meses de agosto a octubre, los dos períodos secos corresponden a los meses de enero a marzo, y los meses de junio a julio. El valor máximo de precipitación se presentó en agosto de 1988 con 384,8 mm y el menor, con precipitación de 0 mm se presentó en enero de 1975, 1976, 1981, 1983, 1988, 1991, 1999, 2010, 2012 y 2013; febrero de 1973, 1995, 1997 y 2001; marzo de 2016, y diciembre de 1991, 1993 y 1997.

Tabla 7 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Ábrego Centro Administrativo (1969 - 2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	10,48	19,95	31,71	113,59	176,32	89,97	78,89	149,52	191,82	169,36	75,28	25,62	1.132,52
MÁXIMOS	71,10	147,40	116,80	283,40	314,20	246,40	231,80	384,80	336,10	329,40	197,40	147,00	384,80
MÍNIMOS	0,00	0,00	0,00	13,60	26,10	22,00	3,00	2,30	60,60	52,60	10,70	0,00	0,00

Figura 4 Distribución temporal precipitación total. Estación Ábrego Centro Administrativo (1969 - 2016)



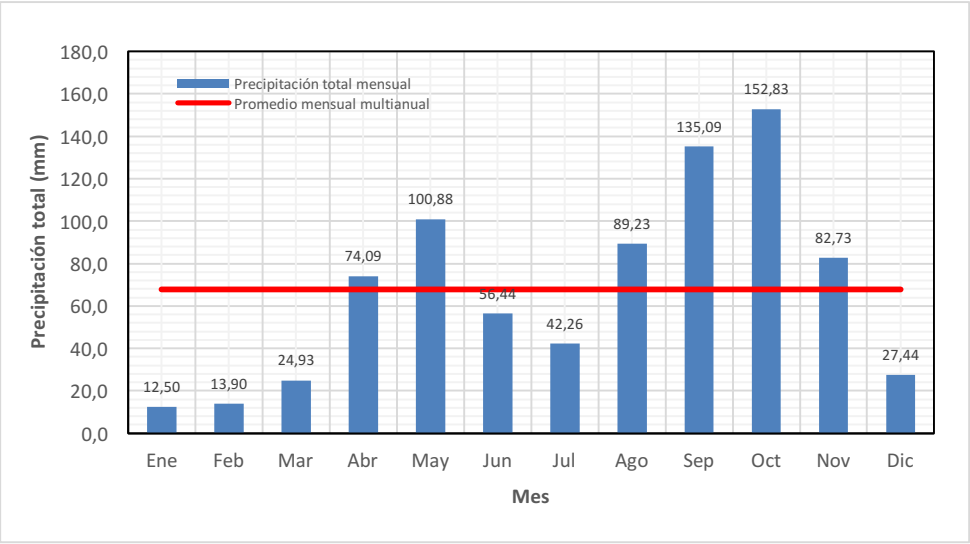
En la Tabla 8 y en la Figura 5 se presenta la variación temporal de la precipitación total a nivel mensual en la estación climatológica ordinaria La Playa; en esta estación la precipitación total para un año promedio es 812,3 mm; el mes más húmedo es octubre con un promedio de 152,8 mm y el mes más seco es enero con un promedio de 12,5 mm; la precipitación media mensual multianual es 67,7 mm.

El régimen es bimodal con un período lluvioso de abril a mayo y otro en los meses de agosto a noviembre, los dos períodos secos corresponden a los meses de diciembre a marzo, y los meses de junio a julio. El valor máximo de precipitación se presentó en agosto de 1987 con 397,9 mm y el menor, con precipitación de 0,0 mm se presentó en enero de 1988, 1995, y 2010; febrero de 1991 y 1997; marzo de 2008; y diciembre de 1993.

Tabla 8 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación La Playa (1984 - 2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	12,50	13,90	24,93	74,09	100,88	56,44	42,26	89,23	135,09	152,83	82,73	27,44	812,30
MÁXIMOS	91,20	86,50	79,60	158,20	191,60	175,60	182,20	397,90	236,40	342,50	197,30	133,60	397,90
MÍNIMOS	0,00	0,00	0,00	5,80	35,00	0,10	1,80	4,80	44,10	22,10	11,00	0,00	0,00

Figura 5 Distribución temporal precipitación total. Estación La Playa (1984 - 2016)



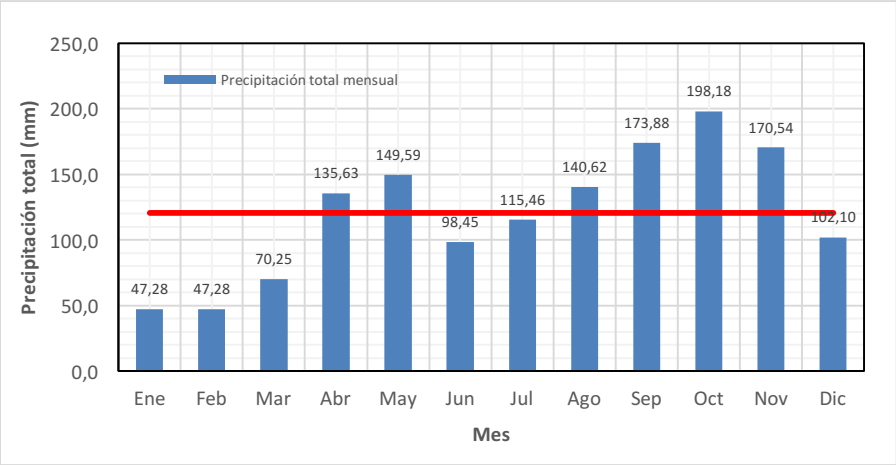
En la Tabla 9 y en la Figura 6 se presenta la variación temporal de la precipitación total a nivel mensual en la estación climatológica principal Instituto Agrícola Convención; en esta estación la precipitación total para un año promedio es 1149,3 mm; el mes más húmedo es octubre con un promedio de 198,2 mm y los meses más secos son enero y febrero con un promedio de 47,3 mm; la precipitación media mensual multianual es 120,8 mm.

El régimen es bimodal con un período lluvioso de abril a mayo y otro en los meses de agosto a noviembre, los dos períodos secos corresponden a los meses de diciembre a marzo, y los meses de junio a julio. El valor máximo de precipitación se presentó en noviembre de 2010 con 423,3 mm y el menor, con precipitación de 0,4 mm se presentó en febrero de 2001.

Tabla 9 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Instituto Agricola Convención (1990 - 2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	47,28	47,28	70,25	135,63	149,59	98,45	115,46	140,62	173,88	198,18	170,54	102,10	1.449,26
MÁXIMOS	180,50	164,80	148,50	304,30	241,20	222,70	342,30	285,40	403,40	297,00	423,30	270,40	423,30
MÍNIMOS	1,20	0,40	1,10	38,60	42,50	15,00	12,00	15,80	44,00	93,60	64,60	17,70	0,40

Figura 6 Distribución temporal precipitación total. Estación Instituto Agricola Convención (1990 - 2015)



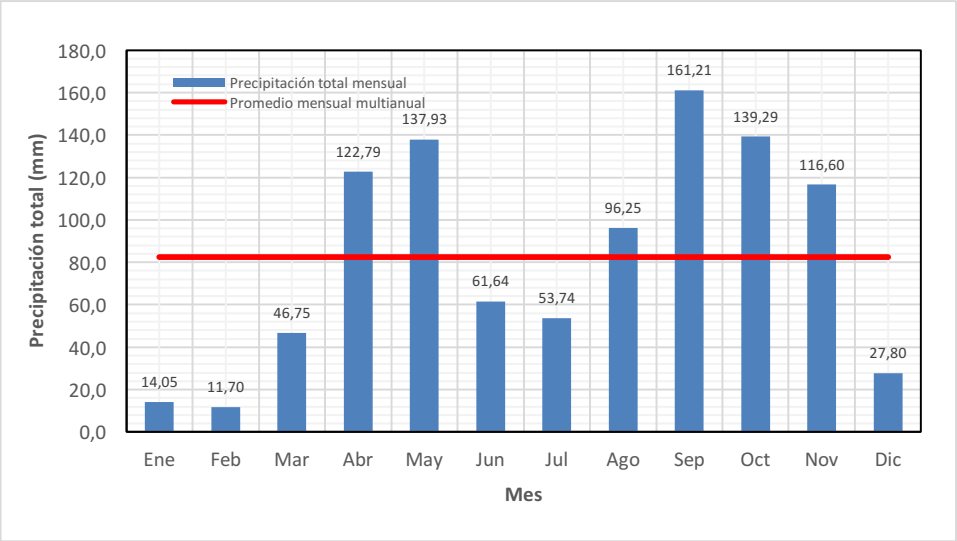
En la Tabla 10 y en la Figura 7 se presenta la variación temporal de la precipitación total a nivel mensual en la estación climatológica ordinaria Universidad Francisco de Paula Santander; en esta estación la precipitación total para un año promedio es 989,5 mm; el mes más húmedo es septiembre con un promedio de 161,2 mm y el mes más seco es febrero con un promedio de 11,7 mm; la precipitación media mensual multianual es 82,5 mm.

El régimen es bimodal con un período lluvioso de abril a mayo y otro en los meses de agosto a noviembre, los dos períodos secos corresponden a los meses de diciembre a marzo, y los meses de junio a julio. El valor máximo de precipitación se presentó en septiembre de 2000 con 397,0 mm y el menor, con precipitación de 0,0 mm se presentó en enero de 2002, 2004, 2008 y 2013; febrero de 1992, 2001, 2007 y 2012; marzo de 1992 y 2004; y diciembre de 1991, 1993 y 1997.

Tabla 10 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991 - 2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	14,05	11,70	46,75	122,79	137,93	61,64	53,74	96,25	161,21	139,29	116,60	27,80	989,75
MÁXIMOS	79,00	80,30	110,30	265,90	280,80	167,00	136,00	249,10	397,00	239,20	238,30	113,80	397,00
MÍNIMOS	0,00	0,00	0,00	21,60	45,00	1,10	2,30	19,00	88,00	36,60	19,30	0,00	0,00

Figura 7 Distribución temporal precipitación total. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991 - 2016)



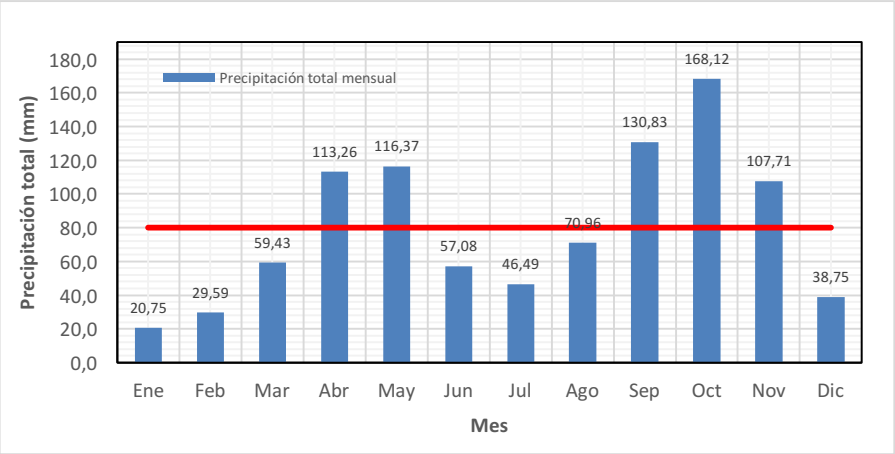
En la Tabla 11 y en la Figura 8 se presenta la variación temporal de la precipitación total a nivel mensual en la estación climatológica ordinaria Escuela Agrícola de Cáchira; en esta estación la precipitación total para un año promedio es 959,3 mm; el mes más húmedo es octubre con un promedio de 161,1 mm y el mes más seco es enero con un promedio de 20,7 mm; la precipitación media mensual multianual es 79,9 mm.

El régimen es bimodal con un período lluvioso de abril a mayo y otro en los meses de septiembre a noviembre, los dos períodos secos corresponden a los meses de diciembre a marzo, y los meses de junio a agosto. El valor máximo de precipitación se presentó en octubre de 1990 con 322,3 mm y el menor, con precipitación de 0,0 mm se presentó en enero de 1977; febrero de 1973; y noviembre de 2013.

Tabla 11 Resumen de valores de precipitación total (mm). Estación Escuela Agrícola de Cáchira (1972 - 2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	20,75	29,59	59,43	113,26	116,37	57,08	46,49	70,96	130,83	168,12	107,71	38,75	959,33
MÁXIMOS	82,60	87,10	171,70	288,70	291,80	177,10	146,70	263,80	248,20	322,30	267,70	152,60	322,30
MÍNIMOS	0,00	0,00	3,10	24,20	6,40	5,60	0,90	10,80	33,30	72,70	0,00	0,10	0,00

Figura 8 Distribución temporal precipitación total. Estación Escuela Agrícola de Cáchira (1972 - 2016)



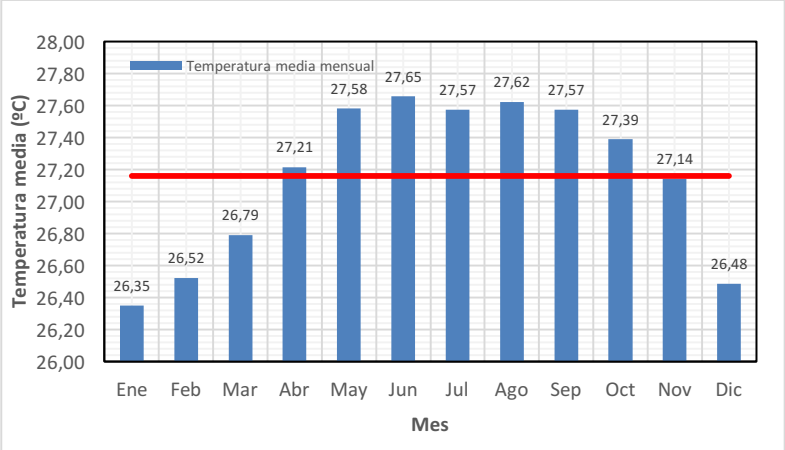
3.2. TEMPERATURA MEDIA

La temperatura media mensual multianual registrada en la estación Santa Isabel es de 27,2 °C, la temperatura media máxima se presenta en junio (27,6 °C) y la temperatura media mínima en enero (26,3 °C). En la distribución temporal de la temperatura en esta estación, se observa que a nivel medio mensual, los meses de abril a octubre registran temperaturas superiores al promedio, mientras que en los meses de noviembre a marzo se registran temperaturas por debajo del valor promedio (véase Tabla 12 y Figura 9).

Tabla 12 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Santa Isabel (1969-2002)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	26,35	26,52	26,79	27,21	27,58	27,65	27,57	27,62	27,57	27,39	27,14	26,48	27,16
MÁXIMOS	28,90	28,90	28,90	29,00	29,40	29,10	30,00	29,30	28,80	29,30	29,10	29,00	30,00
MÍNIMOS	24,60	24,20	24,60	26,00	25,90	26,50	26,40	26,20	26,40	25,80	25,90	24,60	24,20

Figura 9 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Santa Isabel (1969-2002)

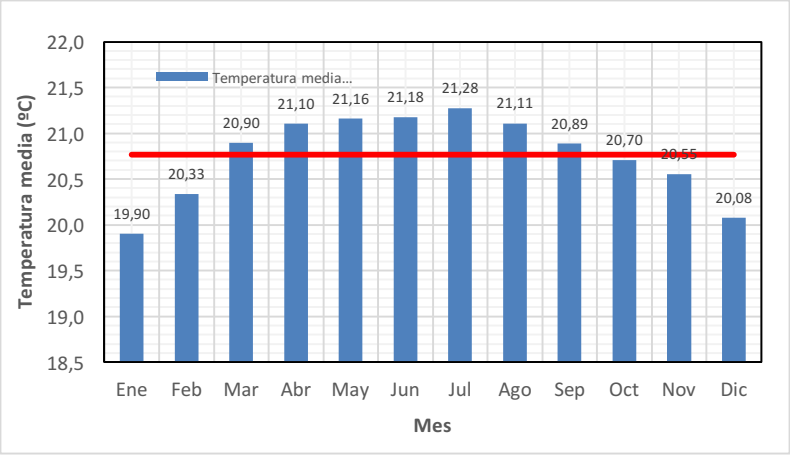


La temperatura media mensual multianual registrada en la estación Centro Administrativo Ábrego es de 20,8 °C, la temperatura media máxima se presenta en julio (21,3 °C) y la temperatura media mínima en enero (19,9 °C). En la distribución temporal de esta variable en esta estación, se observa que a nivel medio mensual, los meses de marzo a septiembre registran temperaturas superiores al promedio, mientras que en los meses de octubre a febrero se registran temperaturas por debajo del valor promedio (véase Tabla 13 y Figura 10).

Tabla 13 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	19,90	20,33	20,90	21,10	21,16	21,18	21,28	21,11	20,89	20,70	20,55	20,08	20,76
MÁXIMOS	23,20	23,10	23,60	22,80	23,10	22,30	23,00	23,30	22,80	22,40	21,80	22,50	23,60
MÍNIMOS	18,30	18,10	19,40	20,00	20,10	20,00	19,60	19,80	19,40	19,30	19,20	18,10	18,10

Figura 10 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)

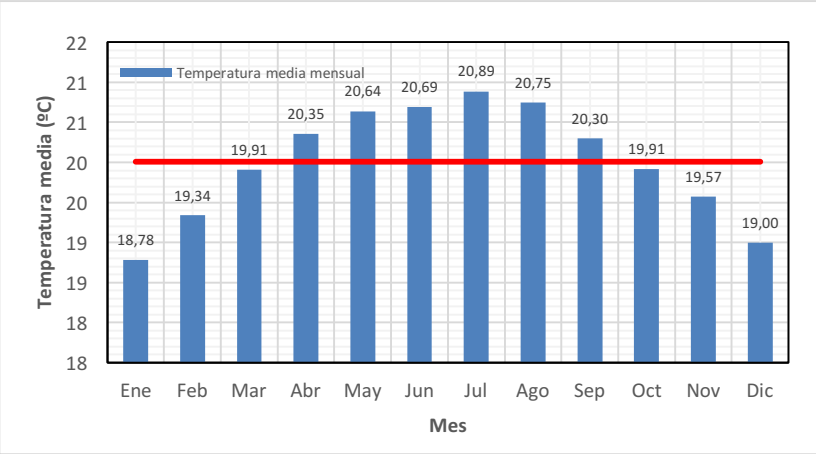


La temperatura media mensual multianual registrada en la estación La Playa es de 20,0 °C, la temperatura media máxima se presenta en julio (20,9 °C) y la temperatura media mínima en enero (18,8 °C). En la distribución temporal de la temperatura en esta estación, se observa que a nivel medio mensual, los meses de abril a septiembre registran temperaturas superiores al promedio, mientras que en los meses de octubre a marzo se registran temperaturas por debajo del valor promedio (véase Tabla 14 y Figura 11).

Tabla 14 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación La Playa (1985-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	18,78	19,34	19,91	20,35	20,64	20,69	20,89	20,75	20,30	19,91	19,57	19,00	20,01
MÁXIMOS	20,70	21,80	22,50	21,50	21,90	22,90	22,80	22,60	22,40	21,50	20,70	20,40	22,90
MÍNIMOS	17,00	17,50	18,40	19,30	19,90	19,90	20,00	19,30	19,20	19,20	18,70	17,70	17,00

Figura 11 Distribución temporal de la temperatura media. Estación La Playa (1985-2016)

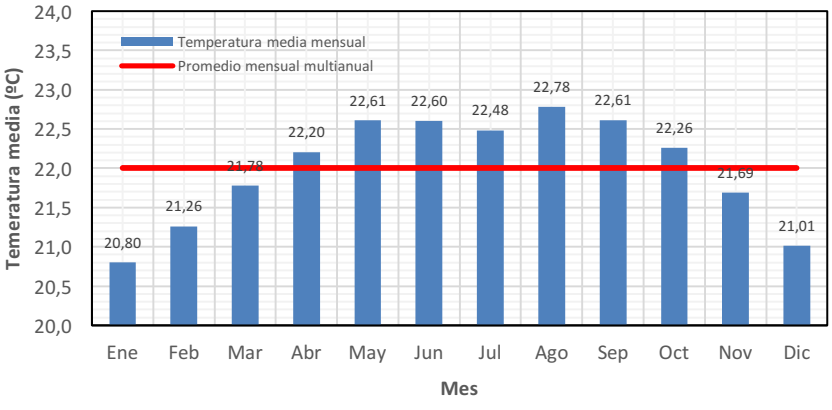


La temperatura media mensual multianual registrada en la estación Instituto Agrícola Convención es de 22,0 °C, la temperatura media máxima se presenta en agosto (22,8 °C) y la temperatura media mínima en enero (20,8 °C). En la distribución temporal de la temperatura en esta estación, se observa que a nivel medio mensual, los meses de abril a septiembre registran temperaturas superiores al promedio, mientras que en los meses de octubre a marzo se registran temperaturas por debajo del valor promedio (véase Tabla 15 y Figura 12).

Tabla 15 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	20,80	21,26	21,78	22,20	22,61	22,60	22,48	22,78	22,61	22,26	21,69	21,01	22,01
MÁXIMOS	22,90	23,50	23,30	23,40	23,60	23,70	23,90	24,30	24,80	23,70	22,40	22,50	24,80
MÍNIMOS	19,30	19,60	19,80	21,00	22,10	21,80	21,80	21,90	21,70	21,60	20,90	19,70	19,30

Figura 12 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)

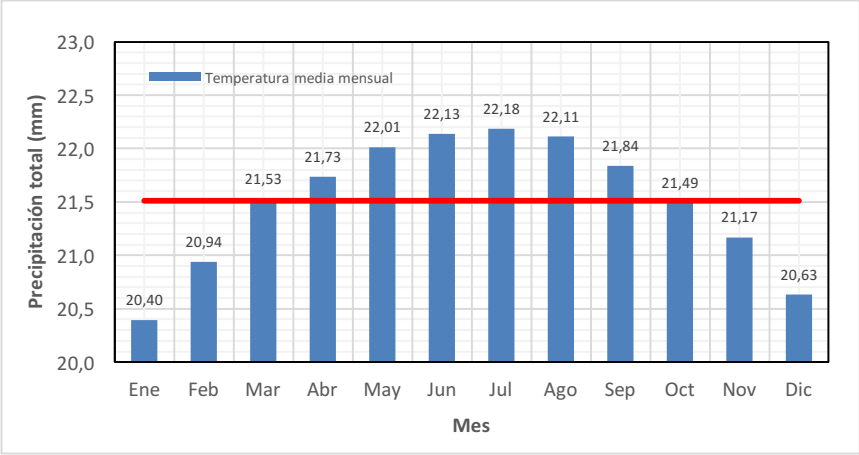


La temperatura media mensual multianual registrada en la estación Universidad Francisco de Paula Santander es de 21,5 °C, la temperatura media máxima se presenta en julio (22,2 °C) y la temperatura media mínima en enero (20,4 °C). En la distribución temporal de la temperatura en esta estación, se observa que a nivel medio mensual, los meses de marzo a septiembre registran temperaturas superiores al promedio, mientras que en los meses de octubre a febrero se registran temperaturas por debajo del valor promedio (véase Tabla 16 y Figura 13).

Tabla 16 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	20,40	20,94	21,53	21,73	22,01	22,13	22,18	22,11	21,84	21,49	21,17	20,63	21,51
MÁXIMOS	21,80	22,70	23,70	22,80	23,00	23,20	23,70	23,10	22,90	22,20	21,90	21,80	23,70
MÍNIMOS	19,10	19,60	20,40	21,00	21,40	21,50	21,40	21,20	21,00	20,90	20,60	19,30	19,10

Figura 13 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016)

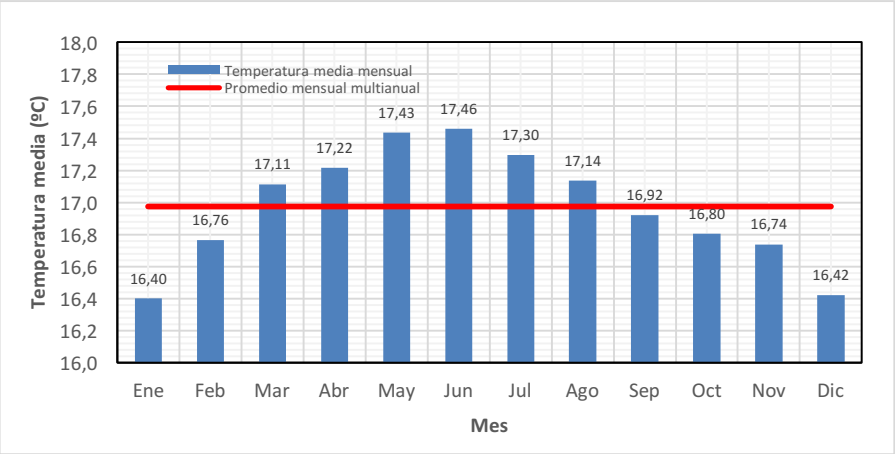


La temperatura media mensual multianual registrada en la estación Escuela Agrícola Cáchira es de 17,0 °C, la temperatura media máxima se presenta en julio (17,5 °C) y la temperatura media mínima en enero (16,4 °C). En la distribución temporal de la temperatura en esta estación, se observa que a nivel medio mensual, los meses de marzo a septiembre registran temperaturas superiores al promedio, mientras que en los meses de octubre a febrero se registran temperaturas por debajo del valor promedio (véase Tabla 17 y Figura 14).

Tabla 17 Resumen de valores de temperatura media (°C). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	16,40	16,76	17,11	17,22	17,43	17,46	17,30	17,14	16,92	16,80	16,74	16,42	16,98
MÁXIMOS	18,40	19,10	19,50	18,60	19,10	19,20	19,60	19,00	18,90	18,30	17,90	19,00	19,60
MÍNIMOS	15,00	14,90	15,20	15,70	16,20	16,30	15,60	15,80	15,40	15,50	15,60	14,80	14,80

Figura 14 Distribución temporal de la temperatura media. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016)



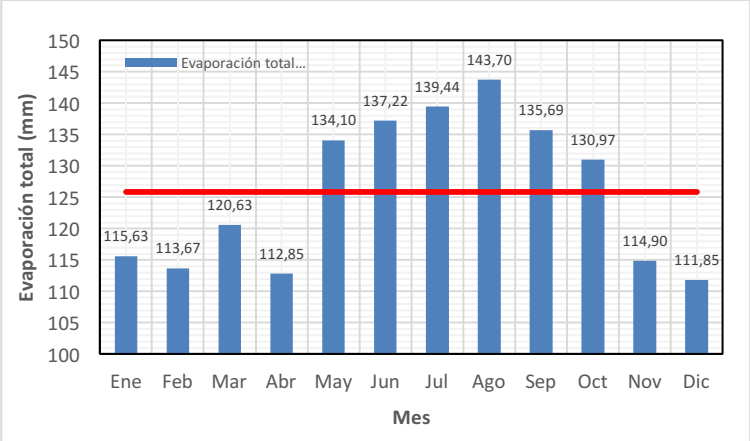
3.3. EVAPORACIÓN TOTAL

En la Tabla 18 y en la Figura 15 se presenta la variación temporal de la evaporación total a nivel mensual en la estación Santa Isabel; en esta estación la evaporación total para un año promedio es 1510,7 mm; el mes en el que más se presenta evaporación en promedio es agosto con un valor de 143,7 mm y el mes con menor evaporación en promedio es diciembre con un promedio de 111,8 mm; la evaporación media mensual multianual es 125,9 mm.

Tabla 18 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Santa Isabel (1969-1983)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	115,63	113,67	120,63	112,85	134,10	137,22	139,44	143,70	135,69	130,97	114,90	111,85	1.510,66
MÁXIMOS	150,90	131,90	166,90	148,10	151,70	162,00	154,60	169,10	157,00	161,00	145,40	144,70	169,10
MÍNIMOS	89,50	86,50	78,10	90,20	104,90	109,20	120,60	125,10	110,50	94,60	82,40	84,00	78,10

Figura 15 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Santa Isabel (1969-1983)

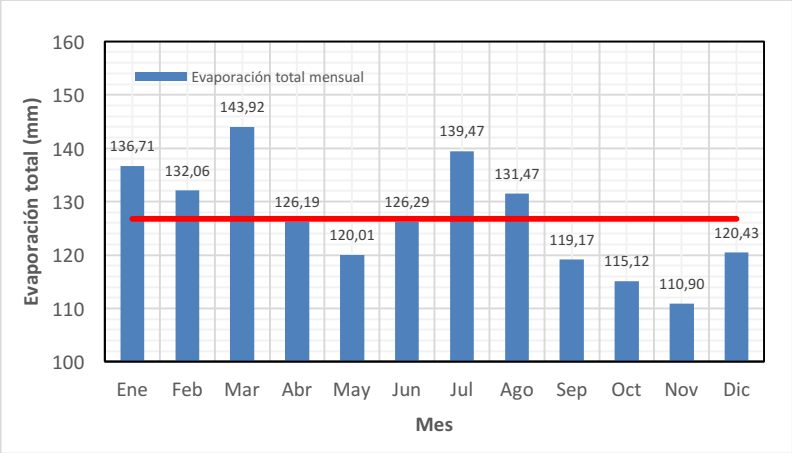


En la Tabla 19 y en la Figura 16 se presenta la variación temporal de la evaporación total a nivel mensual en la estación Centro Administrativo Ábrego; en esta estación la evaporación total para un año promedio es 1521,7 mm; el mes en el que más se presenta evaporación en promedio es marzo con un valor de 143,9 mm y el mes con menor evaporación en promedio es noviembre con un promedio de 110,9 mm; la evaporación media mensual multianual es 126,8 mm.

Tabla 19 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	136,71	132,06	143,92	126,19	120,01	126,29	139,47	131,47	119,17	115,12	110,90	120,43	1.521,74
MÁXIMOS	177,50	176,60	198,70	180,60	164,50	167,20	202,30	183,50	156,10	140,80	139,20	160,10	202,30
MÍNIMOS	84,10	86,10	92,30	86,20	83,10	83,60	81,50	86,20	85,50	84,10	79,20	76,70	76,70

Figura 16 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)

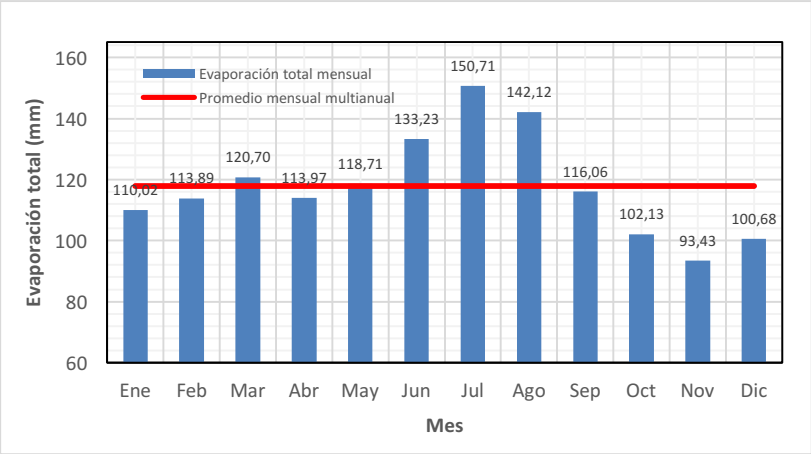


En la Tabla 20 y en la Figura 17 se presenta la variación temporal de la evaporación total a nivel mensual en la estación La Playa; en esta estación la evaporación total para un año promedio es 1415,6 mm; el mes en el que más se presenta evaporación en promedio es julio con un valor de 150,7 mm y el mes con menor evaporación en promedio es noviembre con un promedio de 93,4 mm; la evaporación media mensual multianual es 118,0 mm.

Tabla 20 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación La Playa (1984-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	110,02	113,89	120,70	113,97	118,71	133,23	150,71	142,12	116,06	102,13	93,43	100,68	1.415,64
MÁXIMOS	147,60	143,80	169,00	134,30	155,40	190,60	176,80	186,30	148,40	136,50	123,90	145,20	190,60
MÍNIMOS	85,00	79,90	85,70	80,50	83,90	91,00	107,30	76,00	86,10	69,20	56,70	77,80	56,70

Figura 17 Distribución temporal de la evaporación total. Estación La Playa (1984-2016)

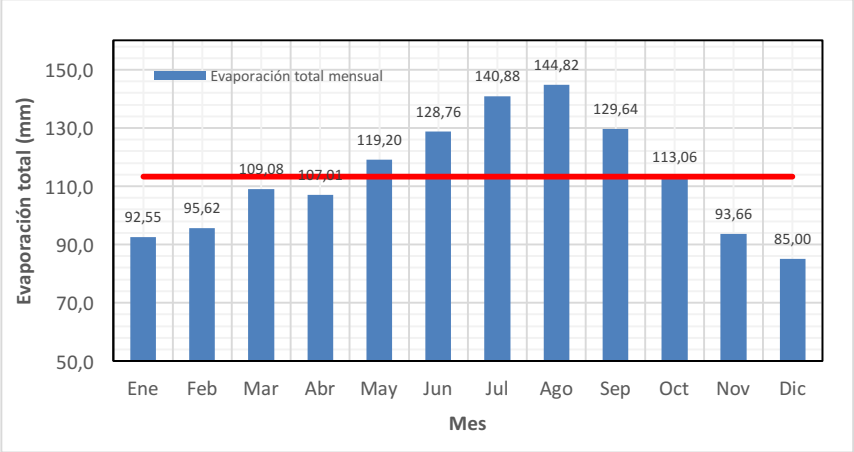


En la Tabla 21 y en la Figura 18 se presenta la variación temporal de la evaporación total a nivel mensual en la estación Instituto Agrícola Convención; en esta estación la evaporación total para un año promedio es 1359,3 mm; el mes en el que más se presenta evaporación en promedio es agosto con un valor de 144,8 mm y el mes con menor evaporación en promedio es diciembre con un promedio de 85,0 mm; la evaporación media mensual multianual es 113,3 mm.

Tabla 21 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	92,55	95,62	109,08	107,01	119,20	128,76	140,88	144,82	129,64	113,06	93,66	85,00	1.359,28
MÁXIMOS	120,20	132,10	142,10	132,90	151,60	156,90	155,80	182,20	150,00	128,30	109,30	129,40	182,20
MÍNIMOS	62,90	56,50	61,80	74,10	83,00	97,60	111,80	117,70	114,50	93,10	77,00	67,40	56,50

Figura 18 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)



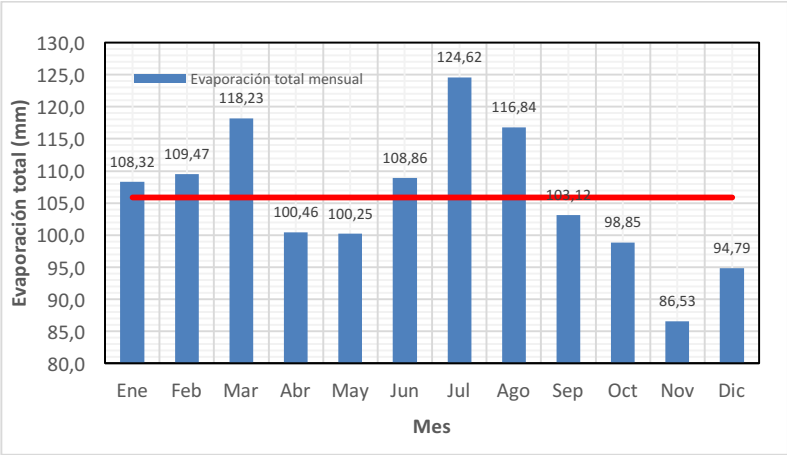
En la Tabla 22 y en la Figura 19 se presenta la variación temporal de la evaporación total a nivel mensual en la estación Universidad Francisco de Paula Santander; en esta estación la evaporación total para un año

promedio es 1270,3 mm; el mes en el que más se presenta evaporación en promedio es julio con un valor de 124,6 mm y el mes con menor evaporación en promedio es noviembre con un promedio de 86,5 mm; la evaporación media mensual multianual es 105,9 mm.

Tabla 22 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	108,32	109,47	118,23	100,46	100,25	108,86	124,62	116,84	103,12	98,85	86,53	94,79	1.270,35
MÁXIMOS	139,90	137,80	154,60	120,90	126,70	132,70	153,60	152,80	124,50	114,50	110,00	126,20	154,60
MÍNIMOS	65,30	76,50	75,50	70,30	69,80	86,70	90,00	89,30	84,20	63,40	62,40	63,40	62,40

Figura 19 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1991-2015)

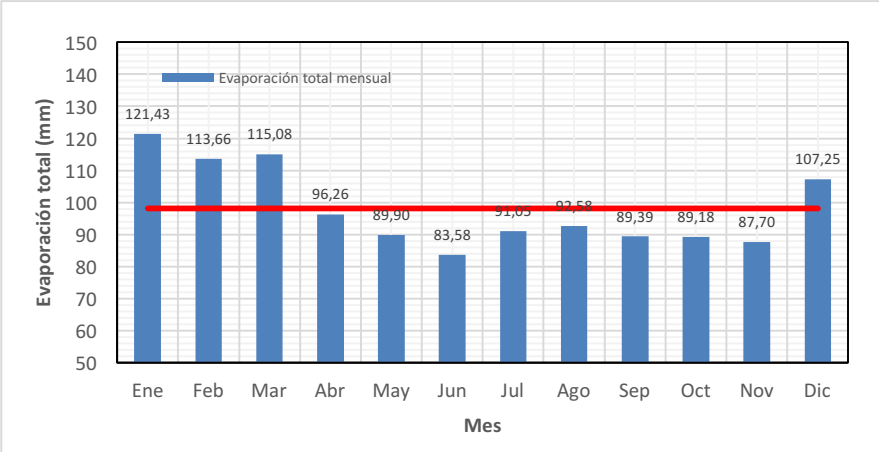


En la Tabla 23 y en la Figura 20 se presenta la variación temporal de la evaporación total a nivel mensual en la estación Escuela Agrícola Cáchira; en esta estación la evaporación total para un año promedio es 1117,1 mm; el mes en el que más se presenta evaporación en promedio es enero con un valor de 121,4 mm y el mes con menor evaporación en promedio es junio con un promedio de 83,4 mm; la evaporación media mensual multianual es 98,1 mm.

Tabla 23 Resumen de valores de evaporación total (mm). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	121,43	113,66	115,08	96,26	89,90	83,58	91,05	92,58	89,39	89,18	87,70	107,25	1.177,06
MÁXIMOS	152,20	147,50	156,40	142,20	132,70	101,70	134,90	116,00	115,10	111,90	114,10	147,30	156,40
MÍNIMOS	72,40	90,60	48,40	64,50	51,00	61,70	46,80	66,10	61,90	57,80	52,80	65,70	46,80

Figura 20 Distribución temporal de la evaporación total. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016)



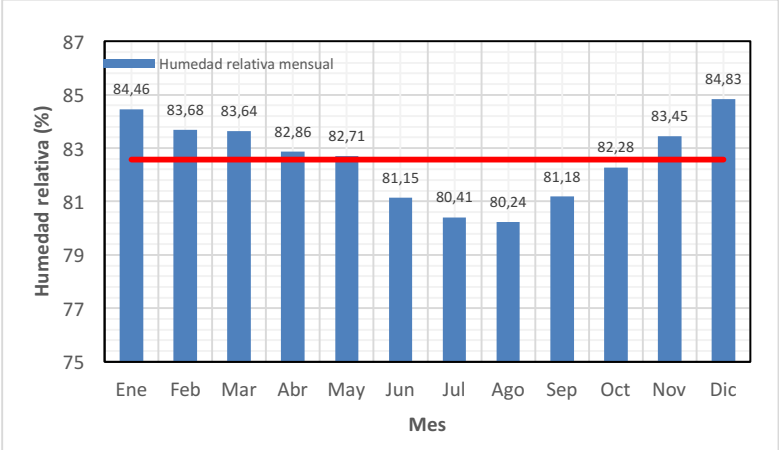
3.4. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa en un año promedio es 82,6% en la estación Santa Isabel; el valor mínimo promedio es 80,2% en el mes de agosto; el valor máximo promedio de 84,8% se presentó en diciembre como se presenta en la Tabla 24. La Figura 21 presenta la distribución temporal de la humedad relativa en esta estación.

Tabla 24 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Santa Isabel (1970-2002)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	84,46	83,68	83,64	82,86	82,71	81,15	80,41	80,24	81,18	82,28	83,45	84,83	82,57
MÁXIMOS	90,00	89,00	89,00	90,00	89,00	89,00	88,00	91,00	88,00	88,00	91,00	91,00	91,00
MÍNIMOS	76,00	77,00	75,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	77,00	78,00	77,00	79,00	75,00

Figura 21 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2016)

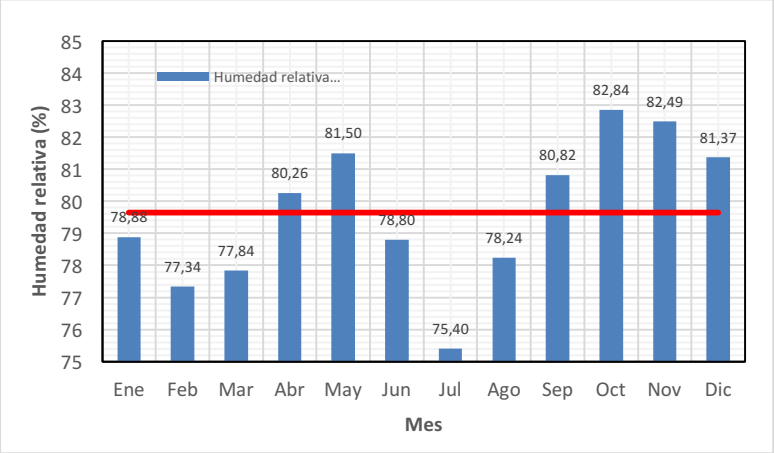


La humedad relativa en un año promedio es 79,6% en la estación Centro Administrativo Ábrego; el valor mínimo promedio es 80,2% en el mes de agosto; el valor máximo promedio de 84,8% se presentó en diciembre como se presenta en la Tabla 25. La Figura 22 presenta la distribución temporal de la humedad relativa en esta estación.

Tabla 25 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	78,88	77,34	77,84	80,26	81,50	78,80	75,40	78,24	80,82	82,84	82,49	81,37	79,65
MÁXIMOS	89,00	86,00	87,00	88,00	90,00	87,00	84,00	88,00	88,00	92,00	93,00	90,00	93,00
MÍNIMOS	72,00	70,00	69,00	71,00	71,00	69,00	63,00	68,00	72,00	75,00	74,00	72,00	63,00

Figura 22 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2016)

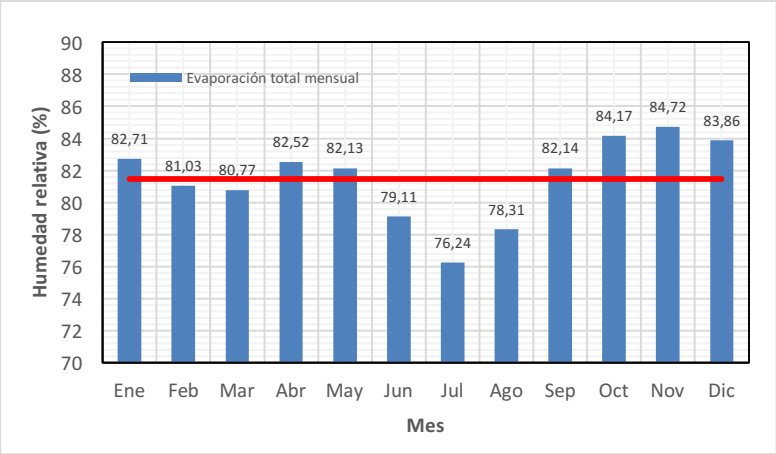


La humedad relativa en un año promedio es 81,5% en la estación La Playa; el valor mínimo promedio es 76,2% en el mes de julio; el valor máximo promedio de 84,7% se presentó en noviembre como se presenta en la Tabla 26. La Figura 23 presenta la distribución temporal de la humedad relativa en esta estación.

Tabla 26 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación La Playa (1985-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	82,71	81,03	80,77	82,52	82,13	79,11	76,24	78,31	82,14	84,17	84,72	83,86	81,48
MÁXIMOS	89,00	90,00	90,00	89,00	90,00	87,00	86,00	91,00	91,00	91,00	89,00	90,00	91,00
MÍNIMOS	75,00	74,00	73,00	77,00	76,00	64,00	61,00	69,00	73,00	77,00	80,00	75,00	61,00

Figura 23 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación La Playa (1985-2016)

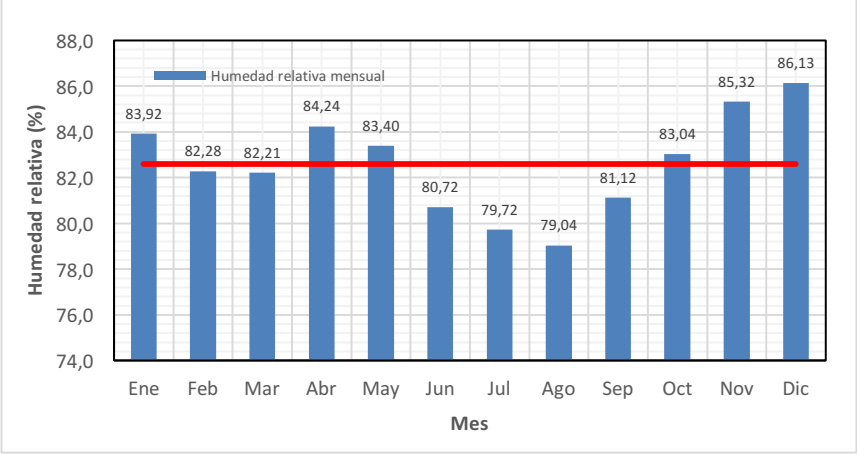


La humedad relativa en un año promedio es 82,6% en la estación Instituto Agrícola Convención; el valor mínimo promedio es 79,0% en el mes de agosto; el valor máximo promedio de 86,1% se presentó en diciembre como se presenta en la Tabla 27. La Figura 24 presenta la distribución temporal de la humedad relativa en esta estación.

Tabla 27 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	83,92	82,28	82,21	84,24	83,40	80,72	79,72	79,04	81,12	83,04	85,32	86,13	82,59
MÁXIMOS	88,00	91,00	90,00	89,00	87,00	85,00	86,00	86,00	85,00	85,00	88,00	90,00	91,00
MÍNIMOS	78,00	75,00	74,00	80,00	80,00	75,00	71,00	72,00	75,00	80,00	82,00	78,00	71,00

Figura 24 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)



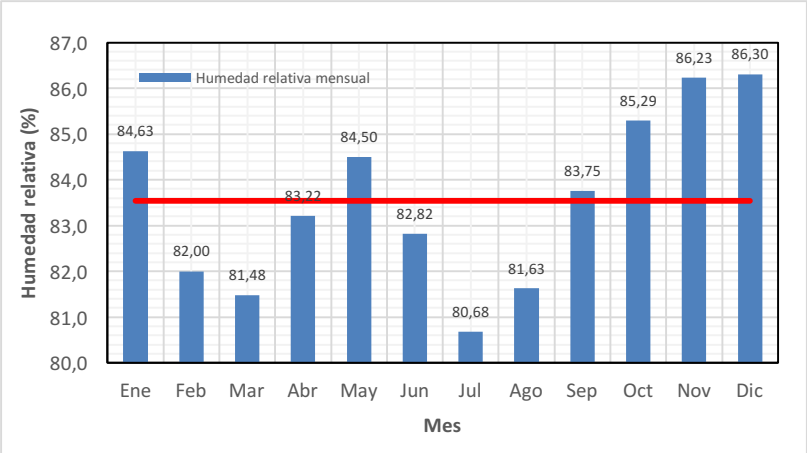
La humedad relativa en un año promedio es 83,5% en la estación Univarsidad Francisco de Paula Santander; el valor mínimo promedio es 80,7% en el mes de julio; el valor máximo promedio de 86,3% se presentó en

diciembre como se presenta en la Tabla 28. La Figura 25 presenta la distribución temporal de la humedad relativa en esta estación.

Tabla 28 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	84,63	82,00	81,48	83,22	84,50	82,82	80,68	81,63	83,75	85,29	86,23	86,30	83,54
MÁXIMOS	93,00	92,00	89,00	88,00	91,00	88,00	86,00	91,00	92,00	92,00	92,00	94,00	94,00
MÍNIMOS	74,00	71,00	68,00	76,00	77,00	72,00	62,00	72,00	75,00	80,00	81,00	80,00	62,00

Figura 25 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2016)

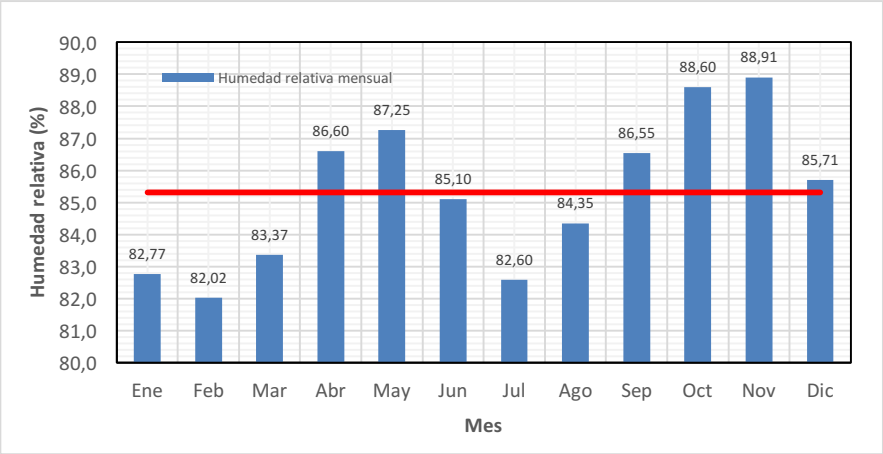


La humedad relativa en un año promedio es 85,3% en la estación Escuela Agrícola Cáchira; el valor mínimo promedio es 82,0% en el mes de febrero; el valor máximo promedio de 88,9% se presentó en noviembre como se presenta en la Tabla 29. La Figura 25 presenta la distribución temporal de la humedad relativa en esta estación.

Tabla 29 Resumen de valores de humedad relativa (%). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1992-2016)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	82,77	82,02	83,37	86,60	87,25	85,10	82,60	84,35	86,55	88,60	88,91	85,71	85,32
MÁXIMOS	88,00	89,00	89,00	90,00	90,00	91,00	91,00	89,00	91,00	91,00	99,00	91,00	99,00
MÍNIMOS	74,00	72,00	75,00	81,00	78,00	75,00	65,00	73,00	78,00	84,00	84,00	72,00	65,00

Figura 26 Distribución temporal de la humedad relativa. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1992-2016)



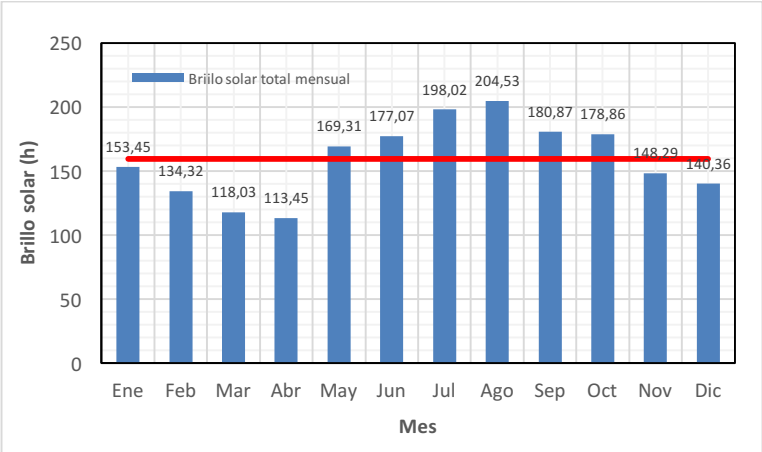
3.5. BRILLO SOLAR

El total anual de horas de sol registradas en la estación Santa Isabel es de 1916,6 horas. El promedio mensual es 159,7 horas. El valor mínimo promedio se presenta en el mes de abril y corresponde a 113,4 horas, y el valor máximo promedio en el mes de agosto y corresponde a 2014,5 horas como se presenta en la Tabla 30. En la Figura 27 se presenta la distribución temporal del brillo solar en esta estación.

Tabla 30 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Santa Isabel (1969-2001)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	153,45	134,32	118,03	113,45	169,31	177,07	198,02	204,53	180,87	178,86	148,29	140,36	1.916,56
MÁXIMOS	226,00	200,90	168,70	161,40	205,10	209,40	237,00	241,30	224,70	211,70	192,90	218,50	241,30
MÍNIMOS	74,60	80,60	37,50	45,40	120,90	118,60	99,10	90,90	92,30	115,90	101,40	66,50	37,50

Figura 27 Distribución temporal de brillo solar. Estación Santa Isabel (1969-2001)



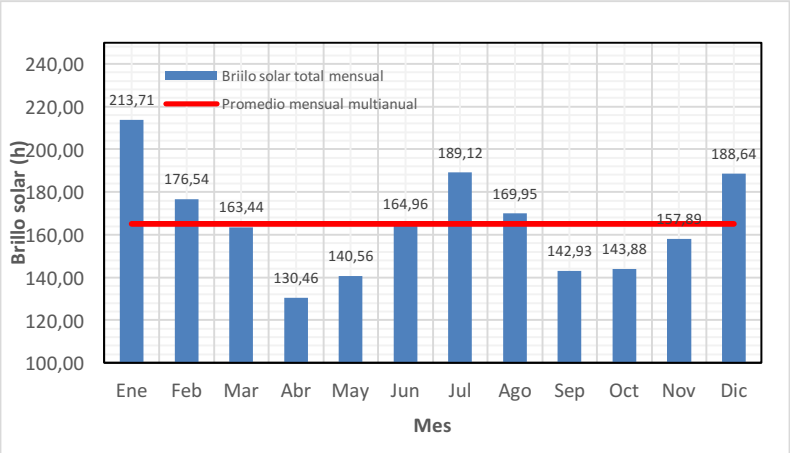
El total anual de horas de sol registradas en la estación Centro Administrativo Ábrego es de 1982,1 horas. El promedio mensual es 165,2 horas. El valor mínimo promedio se presenta en el mes de abril y corresponde a

130,5 horas, y el valor máximo promedio en el mes de enero y corresponde a 213,7 horas como se presenta en la Tabla 31. En la Figura 28 se presenta la distribución temporal del brillo solar en esta estación.

Tabla 31 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	213,71	176,54	163,44	130,46	140,56	164,96	189,12	169,95	142,93	143,88	157,89	188,64	1.982,08
MÁXIMOS	261,00	239,30	240,70	188,10	201,40	212,30	252,60	215,70	183,20	175,50	209,50	273,70	273,70
MÍNIMOS	158,40	109,40	80,60	69,10	74,50	117,80	104,00	93,60	61,30	80,30	113,60	99,20	61,30

Figura 28 Distribución temporal de brillo solar. Estación Centro Administrativo Ábrego (1969-2014)

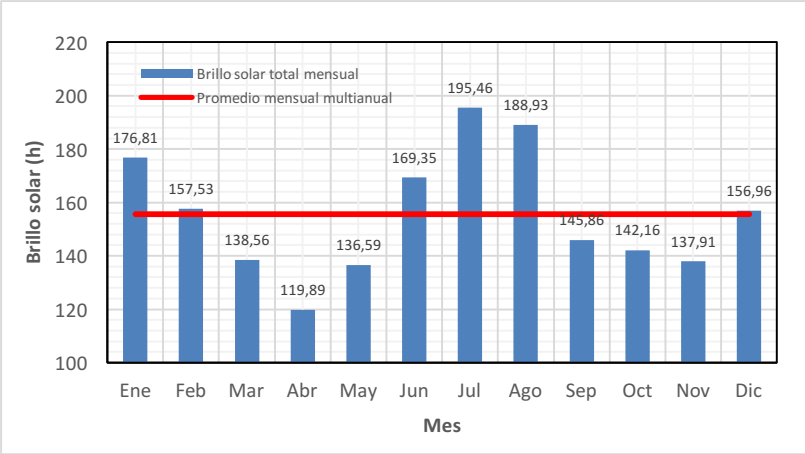


El total anual de horas de sol registradas en la estación La Playa es de 1866,0 horas. El promedio mensual es 155,5 horas. El valor mínimo promedio se presenta en el mes de abril y corresponde a 119,9 horas, y el valor máximo promedio en el mes de julio y corresponde a 195,5 horas como se presenta en la Tabla 32. En la Figura 29 se presenta la distribución temporal del brillo solar en esta estación.

Tabla 32 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación La Playa (1984-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	176,81	157,53	138,56	119,89	136,59	169,35	195,46	188,93	145,86	142,16	137,91	156,96	1.865,99
MÁXIMOS	231,30	203,20	201,50	176,20	183,90	211,20	226,80	243,20	193,70	170,70	187,00	241,20	243,20
MÍNIMOS	127,60	84,10	79,60	74,20	82,80	98,50	137,20	133,40	105,10	102,40	79,50	110,80	74,20

Figura 29 Distribución temporal de brillo solar. Estación La Playa (1984-2015)

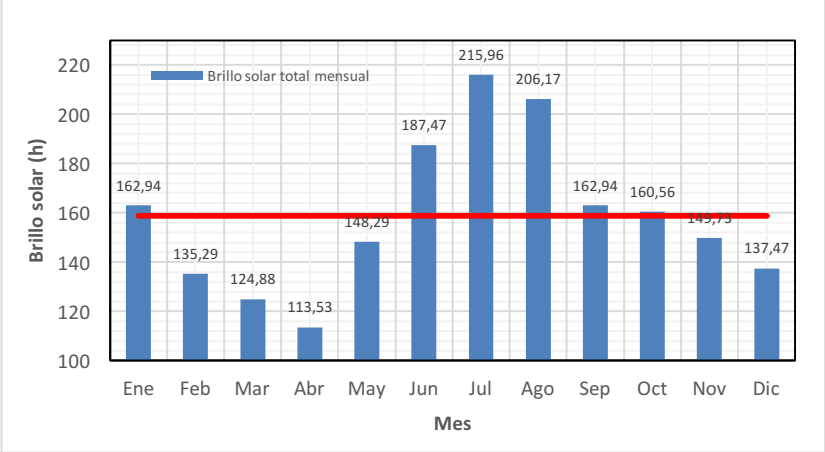


El total anual de horas de sol registradas en la estación Instituto Agrícola Convención es de 1905,2 horas. El promedio mensual es 158,8 horas. El valor mínimo promedio se presenta en el mes de abril y corresponde a 113,5 horas, y el valor máximo promedio en el mes de julio y corresponde a 216,6 horas como se presenta en la Tabla 33. En la Figura 30 se presenta la distribución temporal del brillo solar en esta estación.

Tabla 33 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	162,94	135,29	124,88	113,53	148,29	187,47	215,96	206,17	162,94	160,56	149,73	137,47	1.905,22
MÁXIMOS	219,70	204,60	205,70	162,40	200,10	230,60	255,10	262,50	187,30	183,10	185,90	192,50	262,50
MÍNIMOS	79,20	45,80	38,70	66,20	108,40	139,50	133,40	149,00	131,80	142,60	111,70	95,20	38,70

Figura 30 Distribución temporal de brillo solar. Estación Instituto Agrícola Convención (1990-2015)



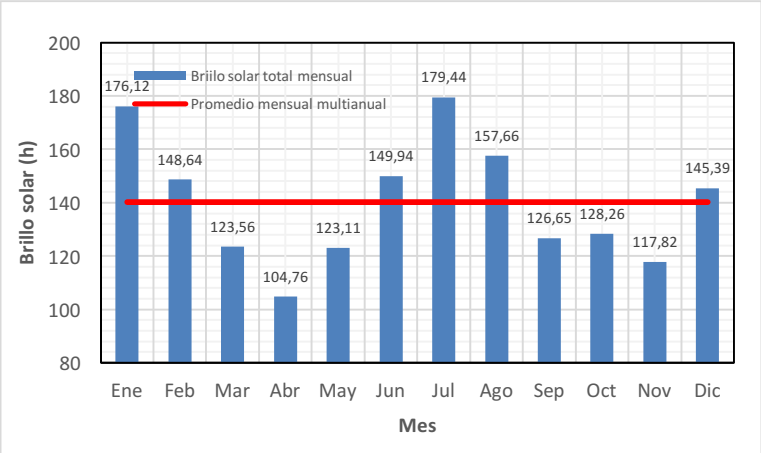
El total anual de horas de sol registradas en la estación Universidad Francisco de Paula Santander es de 1681,3 horas. El promedio mensual es 140,1 horas. El valor mínimo promedio se presenta en el mes de abril y corresponde a 104,8 horas, y el valor máximo promedio en el mes de julio y corresponde a 179,4horas

como se presenta en la Tabla 34. En la Figura 31 se presenta la distribución temporal del brillo solar en esta estación.

Tabla 34 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2015)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	176,12	148,64	123,56	104,76	123,11	149,94	179,44	157,66	126,65	128,26	117,82	145,39	1.681,35
MÁXIMOS	237,30	196,20	168,90	141,80	157,60	185,20	237,80	216,70	170,00	159,30	153,10	215,40	237,80
MÍNIMOS	118,50	64,20	68,60	64,20	92,30	94,30	142,10	113,60	92,40	83,70	82,50	100,20	64,20

Figura 31 Distribución temporal de brillo solar. Estación Universidad Francisco de Paula Santander (1992-2015)

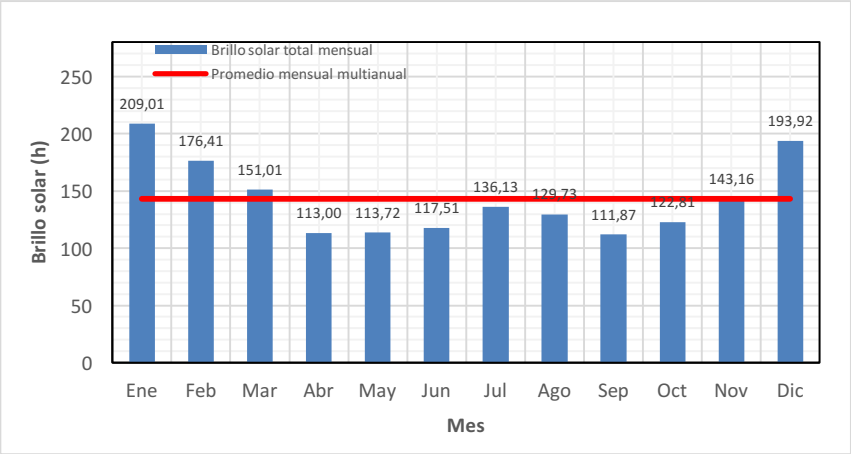


El total anual de horas de sol registradas en la estación Escuela Agrícola Cáchira es de 1718,3 horas. El promedio mensual es 143,2 horas. El valor mínimo promedio se presenta en el mes de septiembre y corresponde a 111,9 horas, y el valor máximo promedio en el mes de enero y corresponde a 209,0 horas como se presenta en la Tabla 35. En la Figura 32 se presenta la distribución temporal del brillo solar en esta estación.

Tabla 35 Resumen de valores de brillo solar (h). Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2011)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	209,01	176,41	151,01	113,00	113,72	117,51	136,13	129,73	111,87	122,81	143,16	193,92	1.718,26
MÁXIMOS	240,60	209,30	221,90	150,80	139,80	154,10	169,40	160,80	151,40	151,80	204,20	235,20	240,60
MÍNIMOS	114,50	141,60	42,40	69,00	74,20	89,20	102,60	79,70	68,10	86,50	87,00	161,90	42,40

Figura 32 Distribución temporal de brillo solar. Estación Escuela Agrícola Cáchira (1972-2011)



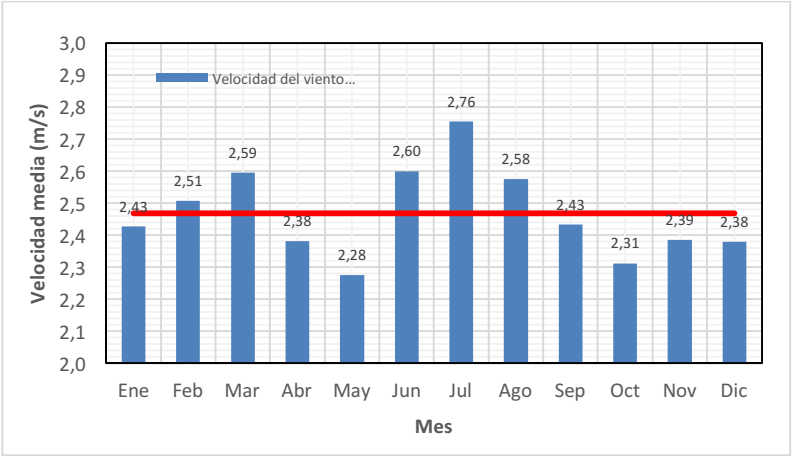
3.6. VELOCIDAD DEL VIENTO

En la estación Centro Administrativo Ábrego, la velocidad promedio del viento es 2,5 m/s y los vientos más fuertes se presentan de febrero a marzo y de junio a agosto; el valor medio más alto se registra en julio (2,8 m/s) y el más bajo en mayo (2,3 m/s). En la Tabla 36 y en la Figura 33 presenta la distribución temporal de la velocidad del viento en esta estación.

Tabla 36 Resumen de valores de velocidad del viento (m/s). Estación Centro Administrativo Ábrego (1974 - 2010)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	2,43	2,51	2,59	2,38	2,28	2,60	2,76	2,58	2,43	2,31	2,39	2,38	2,47
MÁXIMOS	2,70	2,90	3,00	2,80	2,60	3,00	3,30	2,90	2,70	2,60	2,60	2,60	3,30
MÍNIMOS	1,80	1,90	1,70	1,60	1,60	2,10	2,00	1,90	2,20	2,10	2,00	1,80	1,60

Figura 33 Distribución temporal de Velocidad del Viento. Estación Centro Administrativo Ábrego (1974 - 2010)



4. ANÁLISIS DE CAUDALES MEDIOS

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis realizados paa determinar el caudal medio en cada una de las alternativas de abastecimimeto a partir de fuentes superficiales, parra los corregimientos que hacen parte del Proyecto 2, Estructuración integral para la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado para la región del Catatumbo, que se presentan en la Tabla 1.

Como se mencionó en el numeral 2.2, los análisis de caudal se realizaron a partir de la información de caudal medio diario disponible en las estaciones hidrológicas localizadas en la zona del proyecto. Dicha información base se presenta en el ANEXO 1.

Con base en las series históricas a nivel diario en cada estación se elaboraron las series históricas a nivel mensual con el fin de determinar el régimen hidrológico en cada sitio en el que se tiene medición directa de caudales.

Con base en la información a nivel mensual de las estaciones hidrológicas existentes, se estimó el caudal medio en cada alternativa de captación, ya sea por transposición de caudales o teniendo en cuenta la escorrentía generada en la cuenca en estudio, con base en la metodología presentada en [2].

4.1. ANÁLISIS SERIES HISTÓRICAS

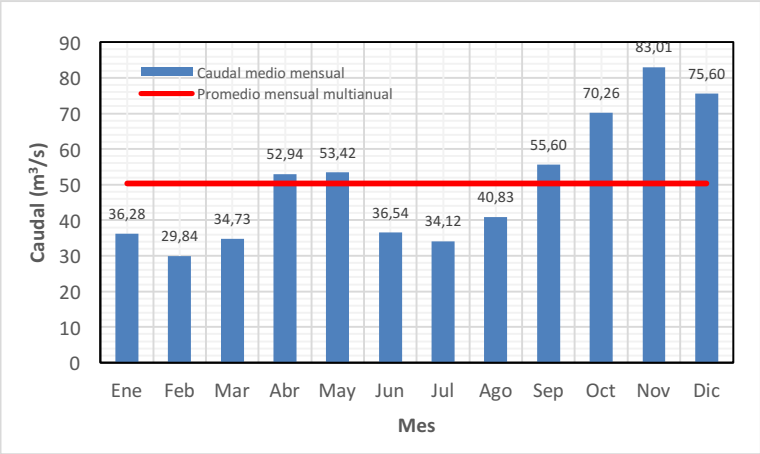
En este numeral se realiza el análisis de las series históricas de caudal medio mensual disponibles en las estaciones hidrológicas localizadas en el área de estudio y que se presentan en la Tabla 4. A continuación se presentan los resumenes de los caudales medios y el régimen hidrológico en cada una de las estaciones analizadas.

En la Tabla 37 y en la Figura 34 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Presidente – Campo Tres cuyo caudal medio anual es 50,3 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en diciembre de 1975 con 229,4 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 1,75 m^3/s se presentó en marzo de 2001.

Tabla 37 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Presidente – Campo Tres (1972 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	36,28	29,84	34,73	52,94	53,42	36,54	34,12	40,83	55,60	70,26	83,01	75,60	50,26
MÁXIMOS	115,80	120,80	101,30	189,70	110,10	104,60	87,78	130,50	204,00	133,30	164,20	229,40	229,40
MÍNIMOS	5,85	2,06	1,75	4,37	3,52	12,73	11,88	11,69	15,04	28,99	23,89	11,41	1,75

Figura 34 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Presidente – Campo Tres (1972 - 2014)

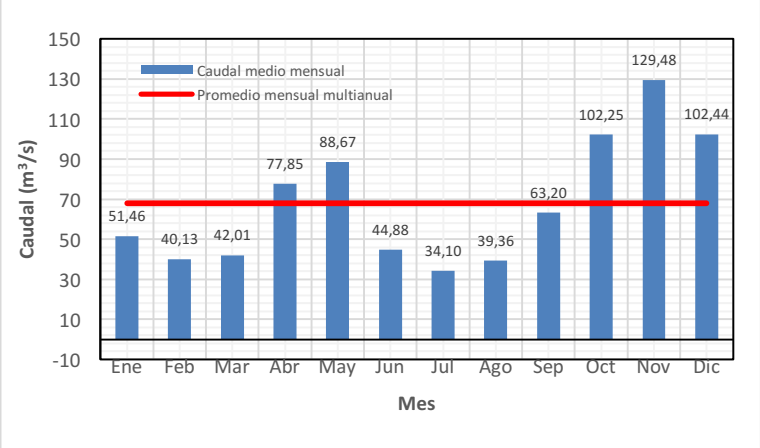


En la Tabla 38 y en la Figura 35 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Sardinata – Campo Dos cuyo caudal medio anual es 68,0 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y octubre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en diciembre de 1975 con 239,0 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 6,95 m³/s se presentó en marzo de 1998.

Tabla 38 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación río Sardinata – Campo Dos (1972 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	51,46	40,13	42,01	77,85	88,67	44,88	34,10	39,36	63,20	102,25	129,48	102,44	67,98
MÁXIMOS	170,00	190,50	134,80	234,20	243,00	138,90	103,80	132,60	285,20	230,30	256,20	339,00	339,00
MÍNIMOS	6,95	10,73	7,97	18,17	14,87	14,19	12,81	13,32	15,16	35,71	22,01	13,63	6,95

Figura 35 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Sardinata – Campo Dos (1972 - 2014)

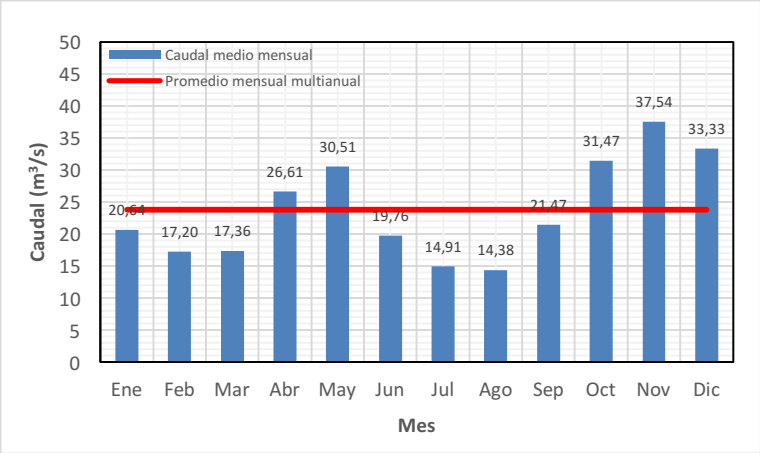


En la Tabla 39 y en la Figura 36 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Sardinata – Puente Sardinata cuyo caudal medio anual es 23,8 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y octubre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a septiembre. El valor máximo de caudal medio se presentó en diciembre de 2010 con 131,9 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 2,4 m^3/s se presentó en febrero de 2003.

Tabla 39 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Sardinata – Puente Sardinata (1973 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	20,64	17,20	17,36	26,61	30,51	19,76	14,91	14,38	21,47	31,47	37,54	33,33	23,77
MÁXIMOS	73,81	82,99	49,15	77,38	70,46	45,04	31,23	33,80	72,79	66,13	110,10	131,90	131,90
MÍNIMOS	2,93	2,40	2,69	6,68	9,00	8,31	6,50	4,55	4,48	7,29	7,05	5,21	2,40

Figura 36 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Sardinata – Puente Sardinata (1973 - 2014)

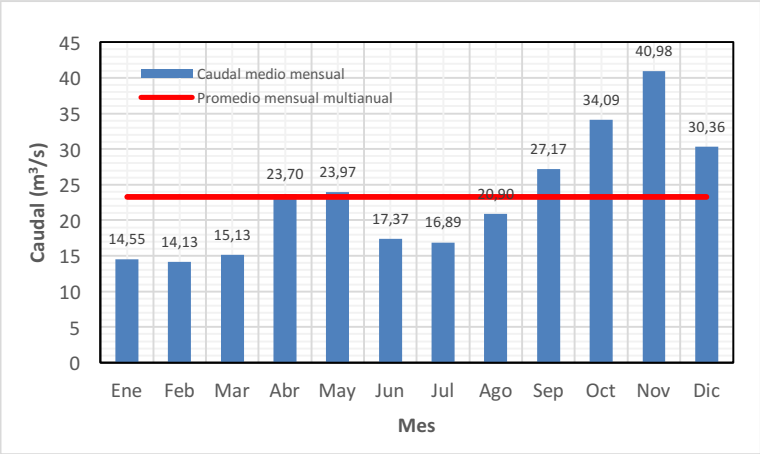


En la Tabla 40 y en la Figura 37 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Tibú – Campo Seis cuyo caudal medio anual es 23,3 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en noviembre de 2009 con 208,9 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 3,4 m^3/s se presentó en marzo de 1984.

Tabla 40 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tibú – Campo Seis (1973 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	14,55	14,13	15,13	23,70	23,97	17,37	16,89	20,90	27,17	34,09	40,98	30,36	23,27
MÁXIMOS	40,67	53,99	41,30	95,80	69,87	66,65	49,83	64,28	135,60	84,77	208,90	79,80	208,90
MÍNIMOS	5,39	4,04	3,45	5,19	7,78	7,10	8,02	6,10	7,42	9,59	7,59	8,22	3,45

Figura 37 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tibú – Campo Seis (1973 - 2014)

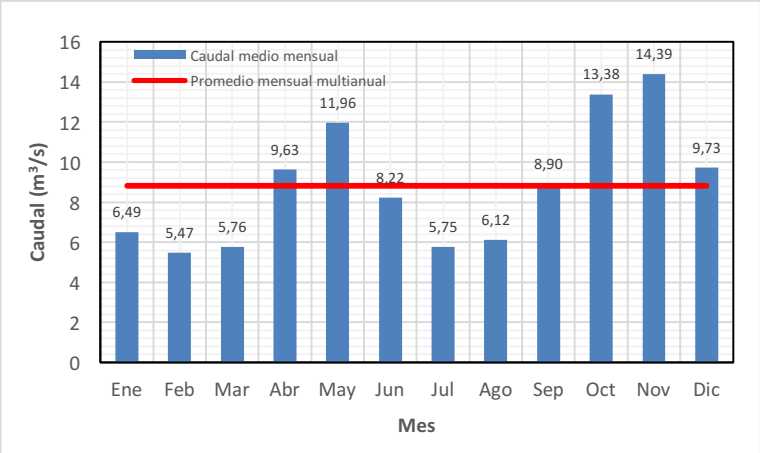


En la Tabla 41 y en la Figura 38 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Tarra – Puente Ábrego cuyo caudal medio anual es 8,8 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en noviembre de 2010 con 43,4 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 2,1 m³/s se presentó en febrero de 1995.

Tabla 41 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación río Tarra – Puente Ábrego (1971 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	6,49	5,47	5,76	9,63	11,96	8,22	5,75	6,12	8,90	13,38	14,39	9,73	8,82
MÁXIMOS	14,55	11,05	12,44	32,40	30,79	19,98	11,59	15,55	30,60	43,10	43,36	30,56	43,36
MÍNIMOS	2,35	2,12	3,21	3,43	3,70	3,25	2,50	2,42	3,62	4,65	5,08	3,13	2,12

Figura 38 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tarra – Puente Ábrego (1971 - 2014)

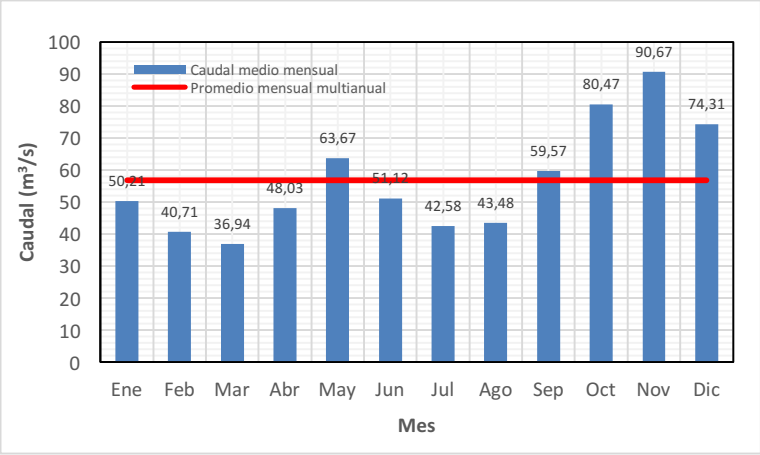


En la Tabla 42 y en la Figura 39 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Tarra – Puente Tarra cuyo caudal medio anual es 56,8 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en el mes de mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a abril y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en octubre de 1995 con 237,6 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 15,4 m^3/s se presentó en febrero de 1987.

Tabla 42 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tarra – Puente Tarra (1971 - 2011)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	50,21	40,71	36,94	48,03	63,67	51,12	42,58	43,48	59,57	80,47	90,67	74,31	56,81
MÁXIMOS	129,40	108,00	92,13	146,80	223,50	135,80	117,10	121,40	137,40	237,60	201,80	217,40	237,60
MÍNIMOS	17,37	15,45	15,83	20,29	20,94	20,74	19,17	20,32	22,60	29,99	25,60	18,70	15,45

Figura 39 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tarra – Puente Tarra (1971 - 2011)

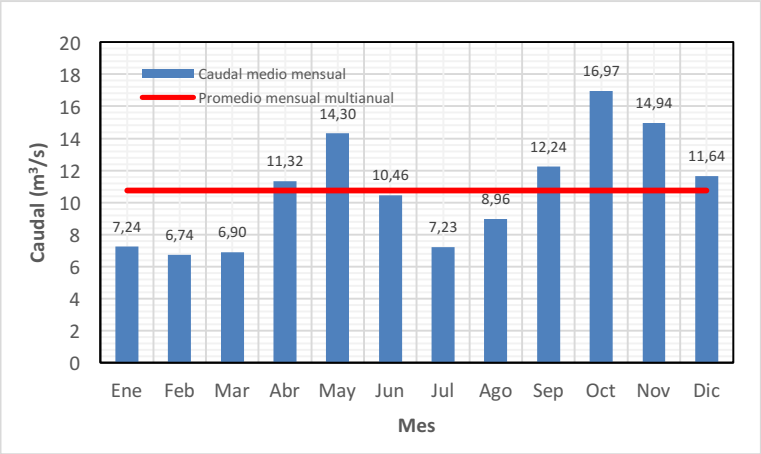


En la Tabla 43 y en la Figura 40 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Tarra – El Chincho cuyo caudal medio anual es 10,7 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en octubre de 1988 con 28,8 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 2,8 m^3/s se presentó en febrero de 1995.

Tabla 43 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Tarra – El Chincho (1981 - 1999)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	7,24	6,74	6,90	11,32	14,30	10,46	7,23	8,96	12,24	16,97	14,94	11,64	10,74
MÁXIMOS	12,66	10,22	13,12	20,11	27,87	16,88	11,59	25,70	24,20	28,84	28,51	23,27	28,84
MÍNIMOS	3,87	2,84	4,58	4,71	4,02	5,47	3,78	4,03	5,14	7,48	6,83	3,18	2,84

Figura 40 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Tarra – El Chincho (1981 - 1999)

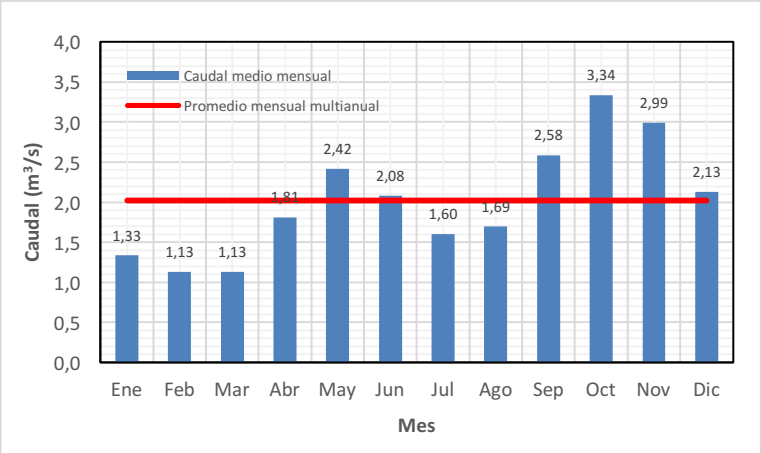


En la Tabla 44 y en la Figura 41 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Frío – Las Vegas cuyo caudal medio anual es 2,0 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo a junio y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a abril y de julio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en octubre de 1988 con 9,4 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 0,08 m³/s se presentó en abril de 1977.

Tabla 44 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación río Frío – Las Vegas (1972 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	1,33	1,13	1,13	1,81	2,42	2,08	1,60	1,69	2,58	3,34	2,99	2,13	2,02
MÁXIMOS	3,62	2,90	2,92	4,77	5,27	4,80	6,20	4,11	7,28	9,42	7,29	6,45	9,42
MÍNIMOS	0,32	0,43	0,28	0,08	0,38	0,66	0,22	0,32	0,34	0,87	0,96	0,62	0,08

Figura 41 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Frío – Las Vegas (1972 - 2014)

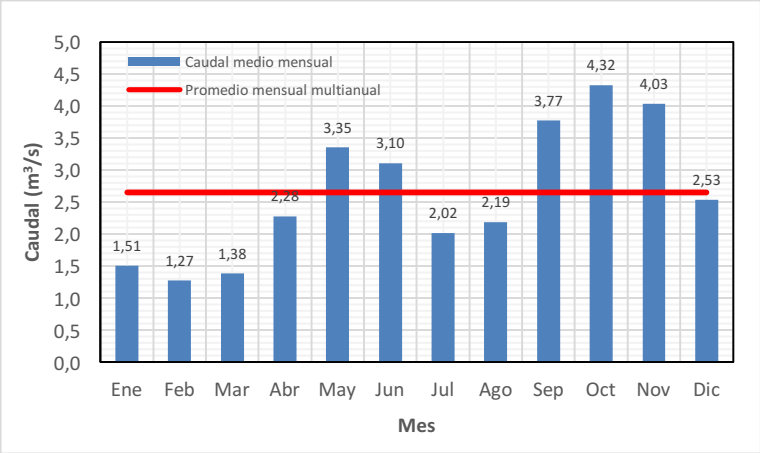


En la Tabla 45 y en la Figura 42 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Oroque – Marcelita cuyo caudal medio anual es 2,6 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo a junio y septiembre a noviembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de diciembre a abril y de julio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en noviebre de 1975 con 12,5 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 0,4 m^3/s se presentó en mayo de 2004.

Tabla 45 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Oroque – Marcelita (1972 - 2006)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	1,51	1,27	1,38	2,28	3,35	3,10	2,02	2,19	3,77	4,32	4,03	2,53	2,65
MÁXIMOS	4,61	2,40	2,84	5,28	7,22	7,63	6,05	7,34	9,66	8,96	12,52	6,30	12,52
MÍNIMOS	0,71	0,66	0,62	0,75	0,44	1,23	0,77	0,63	0,60	0,96	1,14	0,68	0,44

Figura 42 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Oroque – Marcelita (1972 - 2006)

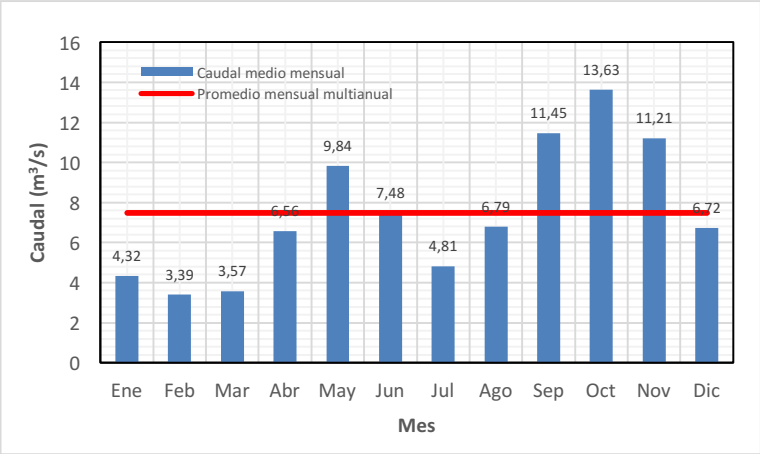


En la Tabla 46 y en la Figura 43 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Algodonal – La Cabaña Automática cuyo caudal medio anual es 7,5 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo a junio y septiembre a noviembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de diciembre a abril y de julio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en septiembre de 1988 con 39,6 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 0,79 m^3/s se presentó en marzo de 1992.

Tabla 46 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Algodonal – La Cabaña Automática (1971 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	4,32	3,39	3,57	6,56	9,84	7,48	4,81	6,79	11,45	13,63	11,21	6,72	7,48
MÁXIMOS	14,82	6,86	8,74	18,78	23,48	18,28	13,76	25,29	39,58	26,92	26,16	22,80	39,58
MÍNIMOS	1,77	1,27	0,79	1,57	3,51	2,12	1,53	1,79	3,20	4,93	3,40	1,33	0,79

Figura 43 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Algodonal – La Cabaña Automática (1971 - 2014)

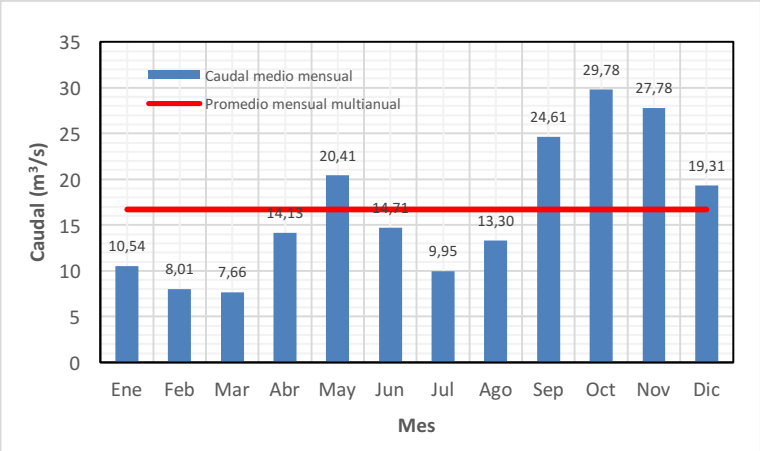


En la Tabla 47 y en la Figura 44 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Catatumbo – Quince Letras cuyo caudal medio anual es 16,7 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a abril y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en septiembre de 2010 con 84,1 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 2,43 m³/s se presentó en enero de 1984.

Tabla 47 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación río Catatumbo – Quince Letras (1971 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	10,54	8,01	7,66	14,13	20,41	14,71	9,95	13,30	24,61	29,78	27,78	19,31	16,68
MÁXIMOS	27,38	30,72	18,23	50,32	45,02	35,34	22,49	55,93	84,14	63,77	76,86	76,77	84,14
MÍNIMOS	2,43	2,47	2,51	6,24	5,99	3,35	2,54	3,85	6,44	7,64	6,75	3,51	2,43

Figura 44 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Catatumbo – Quince Letras (1971 - 2014)

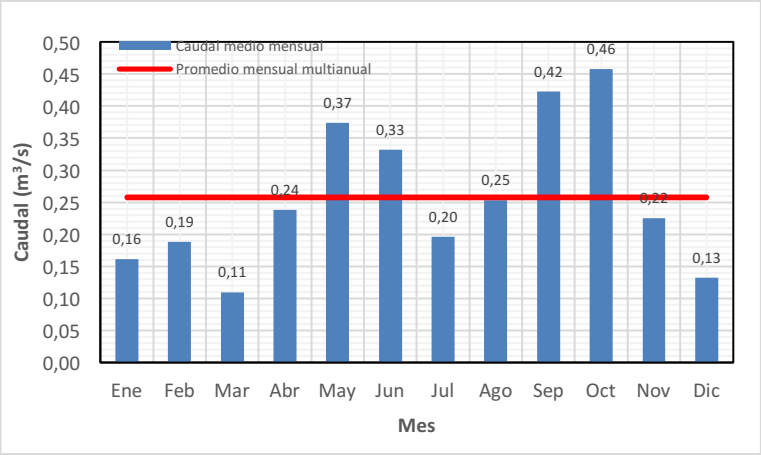


En la Tabla 48 y en la Figura 45 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación quebrada Soledad – La Soledad cuyo caudal medio anual es 0,26 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo a junio y septiembre a octubre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de noviembre a abril y de julio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en octubre de 1989 con 1,82 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 0,02 m³/s se presentó en enero de 1983 y 1996; marzo de 1984 y 1991; y diciembre de 1983.

Tabla 48 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación quebrada La Soledad – La Soledad (1979 - 2001)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	0,16	0,19	0,11	0,24	0,37	0,33	0,20	0,25	0,42	0,46	0,22	0,13	0,26
MÁXIMOS	1,22	1,63	0,29	0,66	1,46	1,64	0,72	1,01	1,54	1,82	1,05	0,46	1,82
MÍNIMOS	0,02	0,03	0,02	0,04	0,07	0,06	0,06	0,03	0,07	0,09	0,05	0,02	0,02

Figura 45 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación quebrada La Soledad – La Soledad (1979 - 2001)

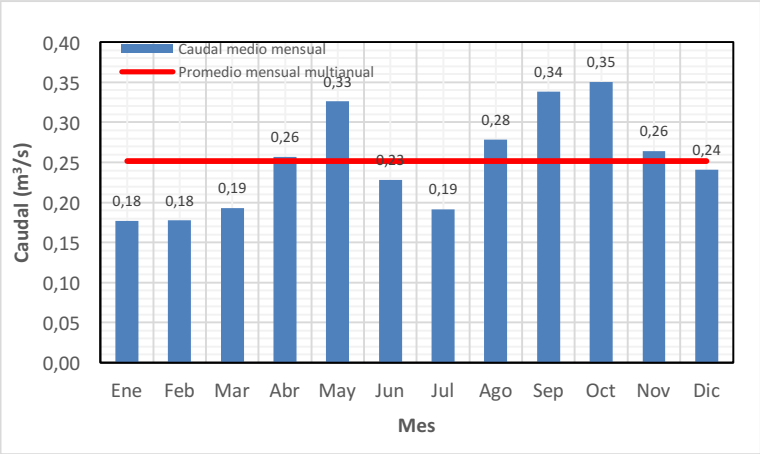


En la Tabla 49 y en la Figura 46 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación quebrada Campanario – El Campanario cuyo caudal medio anual es 0,25 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y agosto a noviembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de diciembre a marzo y de junio a julio. El valor máximo de caudal medio se presentó en septiembre de 1992 con 1,46 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 0,0 m³/s se presentó en diciembre de 1986.

Tabla 49 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación quebrada Campanario – El Campanario (1979 - 2001)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	0,18	0,18	0,19	0,26	0,33	0,23	0,19	0,28	0,34	0,35	0,26	0,24	0,25
MÁXIMOS	1,00	0,89	0,85	1,08	1,38	1,09	0,80	1,12	1,46	1,10	0,91	0,83	1,46
MÍNIMOS	0,03	0,02	0,02	0,07	0,11	0,05	0,04	0,03	0,07	0,05	0,04	0,00	0,00

Figura 46 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación quebrada Campanario – El Campanario (1979 - 2001)

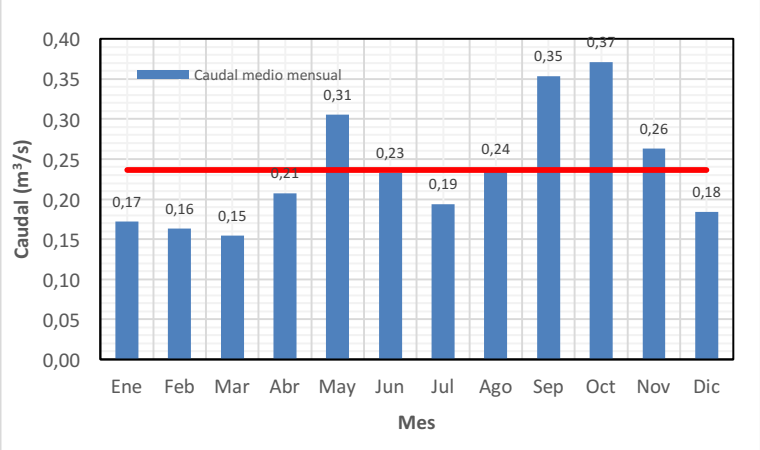


En la Tabla 50 y en la Figura 47 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación quebrada El Molino – La Cabrera cuyo caudal medio anual es 0,24 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo y agosto a noviembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de diciembre a abril y de junio a julio. El valor máximo de caudal medio se presentó en mayo de 1996 con 1,02 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 0,01 m³/s se presentó en febrero y marzo de 1985.

Tabla 50 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación quebrada El Molino – La Cabrera (1979 - 2001)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	0,17	0,16	0,15	0,21	0,31	0,23	0,19	0,24	0,35	0,37	0,26	0,18	0,24
MÁXIMOS	0,49	0,45	0,40	0,60	1,02	0,66	0,70	0,91	0,98	0,94	0,68	0,66	1,02
MÍNIMOS	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01

Figura 47 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación quebrada El Molino – La Cabrera (1979 - 2001)

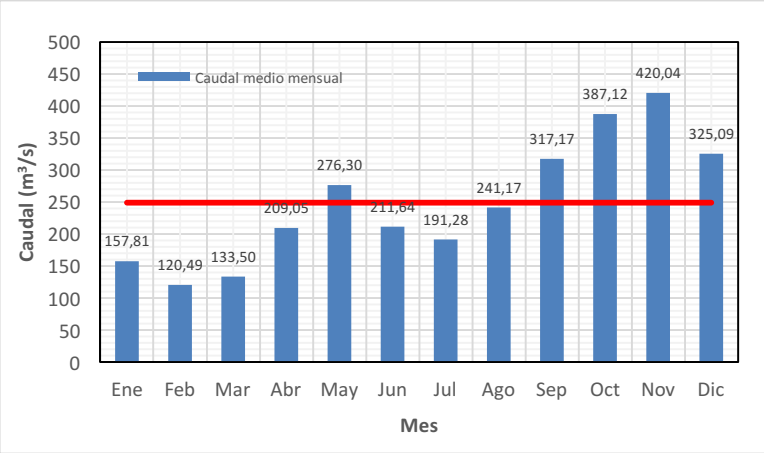


En la Tabla 51 y en la Figura 48 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra cuyo caudal medio anual es 249,2 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a abril y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en diciembre de 2011 con 914,8 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 46,8 m^3/s se presentó en enero de 2003.

Tabla 51 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra (1969 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	157,81	120,49	133,50	209,05	276,30	211,64	191,28	241,17	317,17	387,12	420,04	325,09	249,22
MÁXIMOS	376,20	349,40	392,90	461,80	528,30	443,20	408,30	526,00	784,40	567,20	809,30	914,80	914,80
MÍNIMOS	46,82	50,11	52,39	73,03	107,80	102,70	68,40	77,19	93,62	174,20	164,80	107,60	46,82

Figura 48 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra (1969 - 2014)

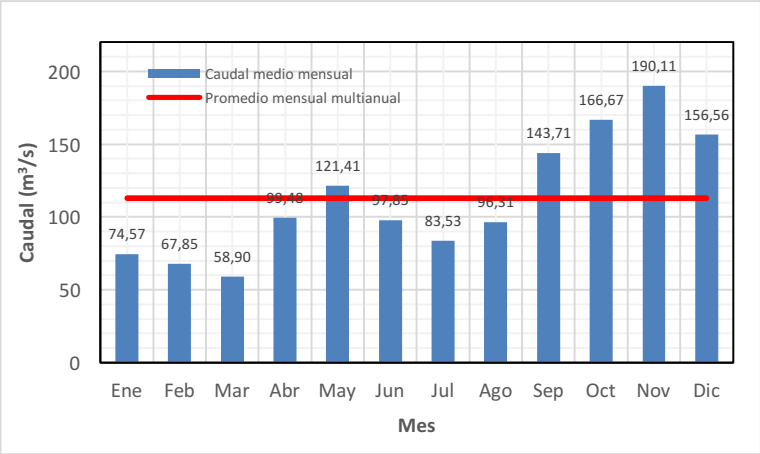


En la Tabla 52 y en la Figura 49 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Catatumbo – El Cable cuyo caudal medio anual es 113,08 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a abril y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en diciembre de 1999 con 340,3 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 25,0 m^3/s se presentó en febrero de 1977.

Tabla 52 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Catatumbo – El Cable (1977 - 2000)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	74,57	67,85	58,90	99,48	121,41	97,85	83,53	96,31	143,71	166,67	190,11	156,56	113,08
MÁXIMOS	160,00	195,50	134,50	224,50	249,90	169,90	137,90	298,40	313,20	324,30	306,00	340,30	340,30
MÍNIMOS	39,79	25,03	28,20	42,16	46,58	52,65	48,90	50,57	56,14	61,95	69,88	63,42	25,03

Figura 49 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Catatumbo – El Cable (1977 - 2000)

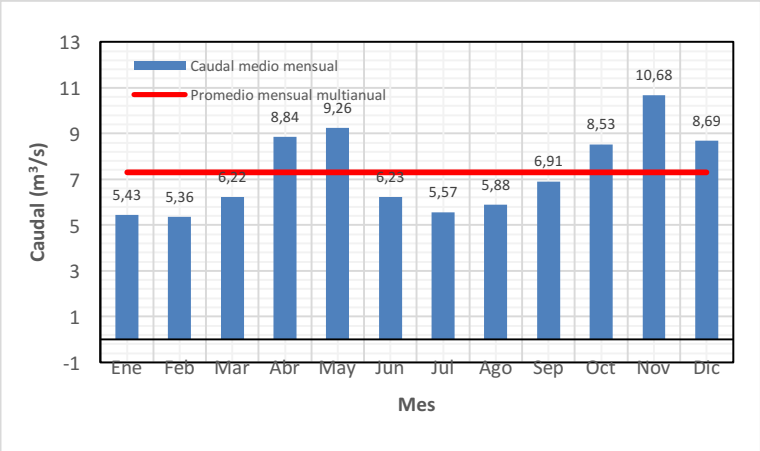


En la Tabla 53 y en la Figura 50 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Salazar – Los Pomarrosos cuyo caudal medio anual es 7,3 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y octubre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de junio a septiembre. El valor máximo de caudal medio se presentó en diciembre de 2011 con 25,9 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 0,19 m³/s se presentó en agosto de 2004.

Tabla 53 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación río Salazar – Los Pomarrosos (1988 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	5,43	5,36	6,22	8,84	9,26	6,23	5,57	5,88	6,91	8,53	10,68	8,69	7,30
MÁXIMOS	8,56	9,33	15,56	22,67	17,63	11,00	8,85	11,30	18,42	14,55	19,35	25,87	25,87
MÍNIMOS	2,09	1,17	0,34	0,31	3,38	1,31	0,63	0,19	0,33	3,24	5,62	3,48	0,19

Figura 50 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Salazar – Los Pomarrosos (1988 - 2014)

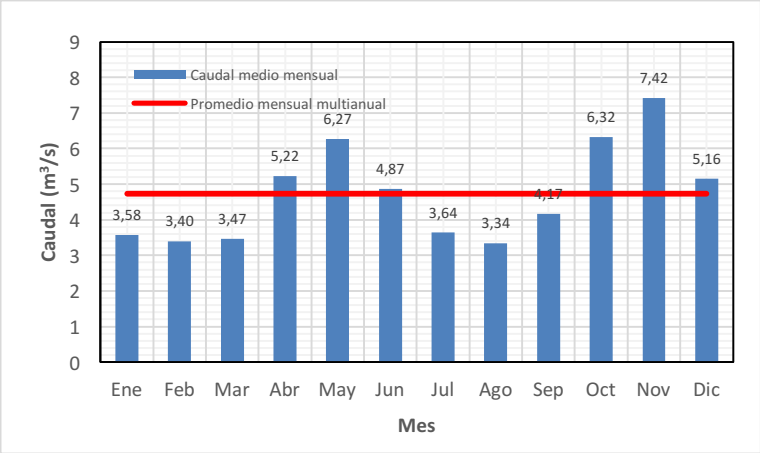


En la Tabla 54 y en la Figura 51 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Santa Cruz – Puente Sardinas cuyo caudal medio anual es 4,74 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a junio y octubre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a marzo y de julio a septiembre. El valor máximo de caudal medio se presentó en mayo de 1981 con 28,87 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 0,91 m^3/s se presentó en marzo de 1977.

Tabla 54 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río Santa Cruz – Puente Sardinas (1969 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	3,58	3,40	3,47	5,22	6,27	4,87	3,64	3,34	4,17	6,32	7,42	5,16	4,74
MÁXIMOS	7,06	8,07	7,60	17,48	28,87	20,99	14,04	6,33	8,29	12,61	19,08	12,31	28,87
MÍNIMOS	1,65	1,15	0,91	1,43	2,49	1,91	1,59	1,42	1,59	2,63	3,09	2,36	0,91

Figura 51 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Santa Cruz – Puente Sardinas (1969 - 2014)

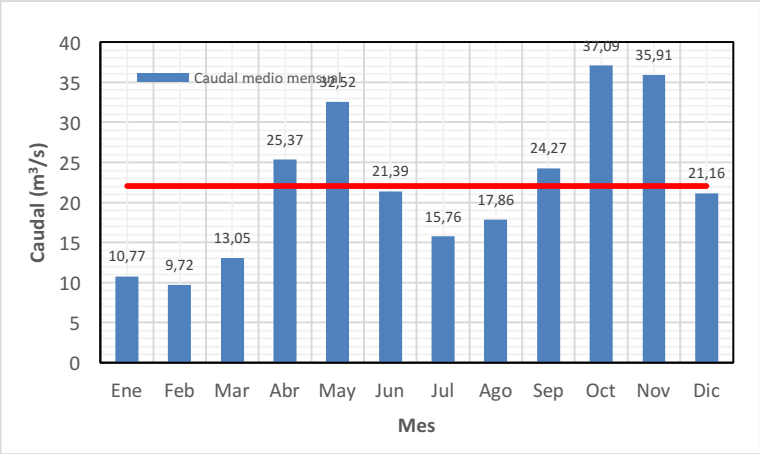


En la Tabla 55 y en la Figura 52 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río San Alberto – El Hoyo cuyo caudal medio anual es 22,07 m^3/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de abril a mayo y septiembre a noviembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de diciembre a marzo y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en noviembre de 1979 con 77,69 m^3/s y el menor, con un valor de caudal de 2,58 m^3/s se presentó en marzo de 1979.

Tabla 55 Resumen de valores de caudal medio mensual (m^3/s). Estación río San Alberto – El Hoyo (1974 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	10,77	9,72	13,05	25,37	32,52	21,39	15,76	17,86	24,27	37,09	35,91	21,16	22,07
MÁXIMOS	33,39	23,12	39,13	68,62	53,14	41,44	36,45	52,75	50,78	70,99	77,69	60,81	77,69
MÍNIMOS	3,72	2,83	2,58	6,49	11,86	9,36	5,37	5,05	5,74	19,32	19,39	6,68	2,58

Figura 52 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río San Alberto – El Hoyo (1974 - 2014)

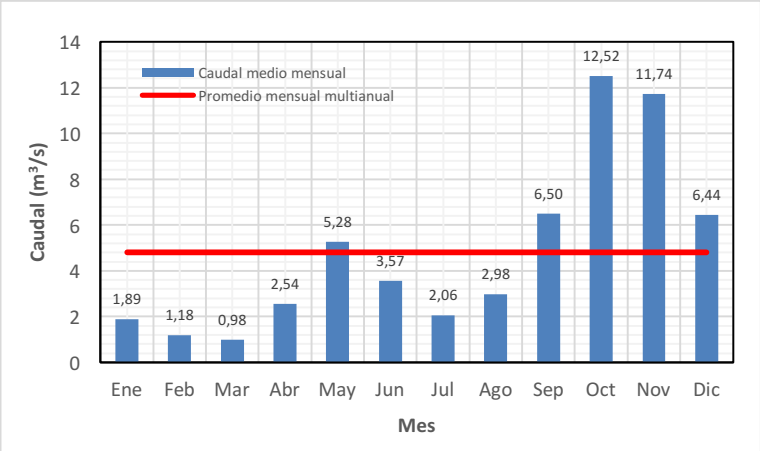


En la Tabla 56 y en la Figura 53 se presenta la variación temporal de los caudales medios en la estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios cuyo caudal medio anual es 4,81 m³/s. Se observa que los caudales medios en esta corriente obedecen a un régimen hidrológico bimodal, con caudales por encima del promedio en los meses de mayo y septiembre a diciembre, así como caudales por debajo del promedio en los meses de enero a abril y de junio a agosto. El valor máximo de caudal medio se presentó en octubre de 1995 con 73,81 m³/s y el menor, con un valor de caudal de 0,0 m³/s se presentó en agosto de 1997.

Tabla 56 Resumen de valores de caudal medio mensual (m³/s). Estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios (1976 - 2014)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
MEDIOS	1,89	1,18	0,98	2,54	5,28	3,57	2,06	2,98	6,50	12,52	11,74	6,44	4,81
MÁXIMOS	12,36	9,87	3,15	17,32	29,23	14,86	8,68	17,92	50,08	73,81	48,68	36,21	73,81
MÍNIMOS	0,04	0,02	0,05	0,08	0,15	0,15	0,06	0,00	0,52	0,46	0,61	0,49	0,00

Figura 53 Distribución temporal del caudal medio mensual. Estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios (1976 - 2014)



4.2. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS EN SITIOS DE CAPTACIÓN

La estimación de caudal medio en las fuentes de captación se realizó a partir de las series históricas de caudal diario analizadas en el numeral 4.1; sin embargo, como se aprecia en el ANEXO 1 ninguna de las estaciones con información disponible para estos análisis se encuentra localizada en el sitio en el que se encuentra las alternetivas de captación propuestas; razón por la cual se hace necesario estimar dichos caudales a partir de métodos indirectos que tengan en cuenta la información analizada en las estaciones hidrológicas disponibles.

Una de las metodologías más empledas en este tipo de análisis es la de transposición de caudales [3], la cual se basa en la relación área-caudal; dicha transposición de caudales se realiza cuando se dispone de registros de caudales en una estación hidrológica en el río, y se conoce el área de drenaje hasta la estación y el área de drenaje hasta el sitio de captación.

El procedimiento para obtener caudales medios, está basado en el cálculo del rendimiento anual a partir de siguiente expresión:

$$\frac{Q_X}{A_X} = \frac{Q_E}{A_E}$$

$$Q_X = \frac{A_X}{A_E} * Q_E$$

Donde:

Q_X: Caudal medio estimado en el sitio de interés, en m³/s.

A_X: Área de la cuenca hasta el sitio de interés, en km².

A_E: Área de drenaje de la estación hidrológica, en km².

Q_E: Caudal medio en la estación hidrológica, en m³/s.

A continuación, en la Tabla 57 se presenta el listado de las fuentes de captación y el área de drenaje correspondiente a cada una de ellas, obtenida de la delimitación de cuencas se presenta en el ANEXO 2.

Tabla 57 Área de drenaje hasta sitio de cada alternativa de captación

ID	Municipio	Corregimiento	Fuente	Tipo	Alternativa	ESTE	NORTE	Área (ha)
1	Teorama	El Aserrio		Existente	-	1,093,324	1,441,965	33.19
2	Teorama	El Aserrio	El diamante	Nueva	Alternativa 1	1,090,520	1,441,965	52.51
3	Teorama	El Aserrio	San Rafael	Nueva	Alternativa 2	1,093,324	1,441,965	33.19
4	Teorama	El Aserrio	San Isidro	Nueva	Alternativa 2	1,093,879	1,443,409	18.80
5	Teorama	San Pablo	Q. Vijagual	Existente	Alternativa 1 y 2	1,095,106	1,436,094	2,164.48
6	Teorama	San Pablo	Río Catatumbo	Nueva	Alternativa 3	1,092,310	1,437,620	142,385.45
7	Sardinata	Las Mercedes	Agua Lisa	Existente	Alternativa 1,2 y 3	1,128,456	1,409,519	2,735.11
8	Sardinata	Luis Vero	Guaduas	Nuevo	Alternativa 1,2 y 3	1,124,466	1,422,505	673.18
9	Sardinata	Luis Vero	Chiquinquira	Existente	-	1,126,829	1,423,600	59.76
10	La Playa	Aspasica	La Esperanza	Existente	Alternativa 2	1,095,917	1,410,746	53.18
11	La Playa	Aspasica	Río Borra	Nueva	Alternativa 1 y 3	1,099,312	1,407,351	12,157.53
12	La Playa	La Vega de San Antonio	Q. La Motilona	Existente	Alternativa 2	1,113,181	1,401,128	134.27

ID	Municipio	Corregimiento	Fuente	Tipo	Alternativa	ESTE	NORTE	Área (ha)
13	La Playa	La Vega de San Antonio	río El Tarra	Nueva	Alternativa 1 y 3	1,112,999	1,401,944	71,529.31
14	Ocaña	Aguas Claras	La Esperanza	Existente	Alternativa 1	1,080,914	1,414,852	1,849.36
15	Ocaña	Aguas Claras	Reservorio	Existente	Alternativa 2	1,077,859	1,413,155	96.12
16	Ocaña	Aguas Claras	Reservorio	Existente	Alternativa 2	1,077,982	1,413,201	105.29
17	Ocaña	Aguas Claras	Q El Limón	Nueva	Alternativa 3	1,079,086	1,412,316	4,358.41
18	Ocaña	Buenavista	Q El Nogal	Existente	Alternativa 1	1,082,499	1,391,759	22.96
19	Ocaña	Buenavista	Rio Tejo	Nueva	Alternativa 1	1,082,681	1,388,790	71.91
20	Ocaña	Buenavista	Rio Algodónal	Nueva	Alternativa 3	1,086,518	1,393,385	49,047.95
21	Cachira	La Carrera	Q. Santo Domingo	Existente	Alternativa 2 y 3	1,115,030	1,340,285	3,379.96
22	Cachira	La Carrera	Q. La Carrera	Nueva	Alternativa 1 y 3	1,118,435	1,341,143	864.23
23	Cachira	La Vega	Q. San Jorge	Existente	Alternativa 1 y 3	1,099,997	1,337,428	237.97
24	Cachira	La Vega	La Ahumada	Nueva	Alternativa 2 y 3	1,101,217	1,340,057	1,575.64
25	Río de Oro	El Márquez	Pozo Viejo	Existente	-	1,053,839	1,388,783	(*)
26	Río de Oro	El Márquez	Pozo Nuevo	Nueva	-	1,053,890	1,388,703	(*)
27	Río de Oro	Los Angeles	Tisquerama	Existente	-	1,069,684	1,385,359	5,938.78
28	Río de Oro	Los Angeles	Canal	Nueva	-	1,069,355	1,385,594	5,972.99
29	El Carmen	Culebritas	Culebritas	Existente	Alternativa 1 y 3	1,072,059	1,443,194	7.65
30	El Carmen	Culebritas		Existente	Alternativa 2	1,072,497	1,442,380	22.54
31	El Carmen	Santa Ines	Q. Santa Ines	Existente	Alternativa 1 y 3	1,079,553	1,454,453	146.66
32	Abrego	Campanario	Captación 1	Existente	Alternativa 2 y 3	1,092,172	1,374,747	77.12
33	Abrego	Campanario	Captación 2	Existente	Alternativa 2 y 3	1,092,085	1,375,470	29.93
34	Abrego	Campanario	Captación 3	Existente	Alternativa 2 y 3	1,091,938	1,374,669	15.44
35	Abrego	Tarrita	Turco	Existente	-	1,107,724	1,380,732	345.16
36	Abrego	Tarrita	Mula	Nueva	Alternativa 1	1,109,744	1,378,978	1,548.32
37	Abrego	Tarrita	río Tarra	Nueva	Alternativa 3	1,109,716	1,379,052	35,791.67
38	Abrego	Tarrita	LOS GUADUALES	Nueva	Alternativa 2	1,111,190	1,382,711	207.76
39	El Tarra	Filo El Gringo	Prima Carnea	Nueva	Alternativa 1	1,121,287	1,443,748	477.17
40	El Tarra	Filo El Gringo	Filo Gringo	Existente	-	1,121,431	1,447,987	44.68
41	El Tarra	Filo El Gringo	Q La Fria	Existente	-	1,121,157	1,446,705	27.51
42	El Tarra	Filo El Gringo	Pozo Azul	Nueva	Alternativa 2	1,123,366	1,448,552	2,530.04
43	El Tarra	Filo El Gringo	Río Catatumbo	Nueva	Alternativa 3	1,122,717	1,450,681	412,131.67
44	El Tarra	Oru	Oru	Exitente	Alternativa 1	1,126,648	1,446,711	624.84
45	El Tarra	Oru	Qb La Pesa	Nueva	Alternativa 2 y 3	1,126,725	1,446,859	631.05
46	La Esperanza	La Predregoza		Existente	-	1,081,703	1,351,027	80.98
47	La Esperanza	La Predregoza		Existente	-	1,081,532	1,350,658	159.19
48	La Esperanza	Pueblo Nuevo	La Ceiba	Existente	-	1,088,534	1,345,868	208.25
49	La Esperanza	Pueblo Nuevo	Rio San Pablo	Nueva	-	1,088,049	1,345,349	10,318.02
50	Convención	Honduras	Q. Caño de Las Minas	Existente	-	1,088,114	1,463,986	132.72
51	Convención	Honduras	Q. Sol y Paz	Nueva	Alternativa 1,2 y 3	1,088,110	1,463,988	132.72
52	Convención	Trinidad	Q. La Plata	Existente	-	1,088,817	1,450,672	22.69
53	Hacarí	Las Juntas	Los Mangos	Existente	-	1,110,958	1,417,502	30.87
54	Hacarí	Las Juntas	La Pacheca2	Nueva	Alternativa 1	1,110,953	1,417,511	30.91
55	Hacarí	Las Juntas	La Pacheca1	Nueva	Alternativa 2 y 3	1,112,022	1,417,208	86.75
56	San Calixto	Palmarito		Existente	Alternativa 1 y 3	1,091,620	1,424,700	22.91
57	San Calixto	Palmarito		Nueva	-	1,091,964	1,424,018	105.04
58	San Calixto	Palmarito	San Vicente	Nueva	Altenativa 1	1,091,330	1,423,751	83.51
59	San Calixto	Palmarito	San Vicente	Nueva	-	1,090,993	1,424,532	313.40
60	San Calixto	Palmarito	Guaranao	Nueva	Alternativa 2	1,090,747	1,426,725	6,970.52
61	San Calixto	Algarrobo		Existente	Alternativa 1 y 3	1,089,657	1,421,861	134.80
62	San Calixto	Algarrobo	El Porvenir	Nueva	Alternativa 1	1,090,891	1,420,799	730.91
63	San Calixto	Algarrobo	Río Catatumbo	Nueva	Alternativa 2	1,088,748	1,422,088	106,490.40

* Fuente de captación propuesta mediante agua subterránea

Como se mencionó anteriormente, esta metodología se basa en el supuesto de que las cuencas tienen el mismo rendimiento hídrico, por lo que la misma se sugiere para la obtención de caudales en los alternativas de captación que localicen en el mismo cauce de la estación hidrológica, o en cuencas con características similares a las cuencas instrumentadas.

Con el fin de disminuir la incertidumbre en la obtención del caudal medio por la variación de los rendimientos hídricos en las diferentes cuencas analizadas, se empleó la metodología presentada en [2], en la que se calcula el rendimiento en cada estación hidrológica expresado como escorrentía tal como se presenta en la Tabla 58, y posteriormente se realiza un mapa de iso-rendimientos expresados en l/s*km^2, o de iso-escorrentías expresadas en mm tanto a nivel mensual (véase ANEXO 3) como a nivel anual como el que se presenta en la Figura 55.

Para la elaboración de los mapas de escorrentías se utilizaron las herramientas y análsis de los Sistemas de Información Geografica.

Con los valores de escorrentía de cada estación se realizó una interpolación espacial utilizando el algoritmo de Vecino Natural (Natural Neighbor), donde se halla el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre éstas basándose en áreas proporcionales para interpolar un valor [4].

La selección del algoritmo Natural Neigbhor se baso en la naturaleza de la escorrentía, ya que no presenta picos ni depresiones fuertes y sus tendencias son suaves espacialmente distribuidas.

Con el procedimiento de interporlación se genero un modelo Ráster para representar la esocorrentia en la zona de estudio, obteniendo una malla, donde cada celda tiene un único valor que corresponde a la escorrentía.(Véase Figura 54).

Figura 54 Interpolación Raster de Escorrentia

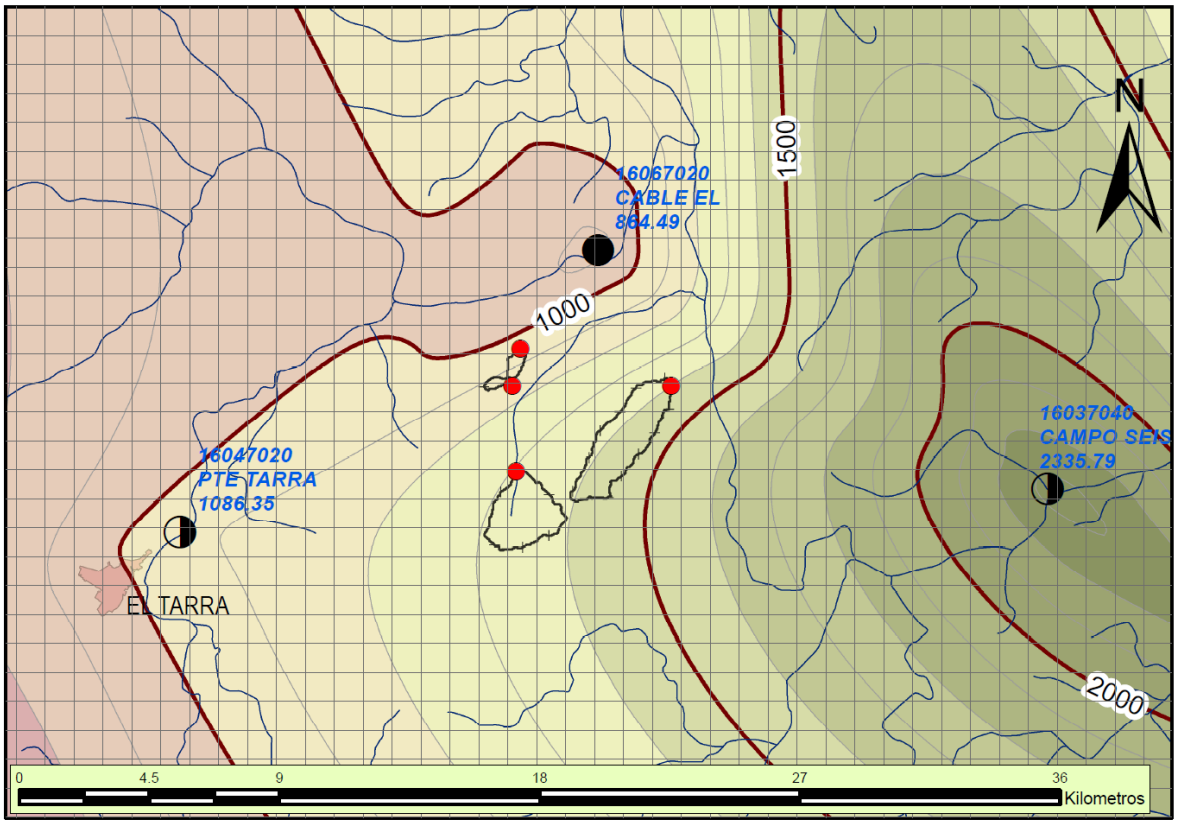


Tabla 58 Valores de isoescorrentía (mm). Estaciones hidrológicas analizadas

Código Estación	Nombre Estación	Corriente	Área de drenaje (km²)	Escorrentía (mm)												
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
16037010	Campo Tres	Nuevo Presidente	717,300	135,48	100,63	129,69	191,29	199,47	132,04	127,42	152,44	200,90	262,35	299,96	282,28	2.213,95
16037020	Campo Dos	Sardinata	1.873,840	73,55	51,81	60,05	107,68	126,74	62,08	48,74	56,27	87,42	146,15	179,10	146,42	1.146,00
16037030	Pte Sardinata	Sardinata	908,780	60,82	45,80	51,15	75,91	89,93	56,35	43,95	42,38	61,25	92,76	107,08	98,23	825,59
16037040	Campo Seis	Tibu	314,600	123,88	108,68	128,83	195,29	204,05	143,08	143,80	177,94	223,88	290,27	337,63	258,46	2.335,79
16037060	Tambores	Sardinata	367,050	50,16	40,87	45,79	97,99	105,76	57,12	38,02	41,09	72,80	108,45	122,73	102,89	883,66
16047010	Pte Abrego	Tarra	1.651,338	47,39	36,08	42,03	68,02	87,27	58,07	41,99	44,69	62,85	97,65	101,61	71,02	758,68
16047020	Pte Tarra	Tarra	721,733	81,44	59,64	59,91	75,39	103,27	80,24	69,06	70,52	93,50	130,52	142,32	120,53	1.086,35
16047030	Cincho El	Tarra	69,964	26,88	22,58	25,62	40,67	53,07	37,55	26,82	33,24	43,95	62,96	53,67	43,19	470,19
16057010	Vegas Las	Frio	105,805	51,06	39,03	43,38	67,10	92,49	77,00	61,25	64,86	95,75	127,81	110,90	81,43	912,04
16057020	Marcelita	Oroque	531,000	38,17	29,06	34,97	55,77	84,77	75,98	51,11	55,36	92,40	109,42	98,85	64,13	789,97
16057030	Cabaña La Automati	Algodonal	1.391,040	21,79	15,46	18,01	32,04	49,64	36,51	24,29	34,25	55,91	68,76	54,73	33,91	445,30
16057040	Quince Letras	Catatumbo	102,365	20,30	13,94	14,76	26,32	39,30	27,41	19,15	25,61	45,86	57,33	51,77	37,17	378,92
16057050	Soledad La	Qda La Soledad	67,294	4,22	4,45	2,87	6,04	9,79	8,41	5,13	6,62	10,70	11,98	5,69	3,46	79,37
16057060	Campanario El	Qda Campanario	24,000	7,03	6,38	7,66	9,89	12,98	8,77	7,63	11,07	13,02	13,95	10,17	9,58	118,13
16057070	Cabrera La	Qda El Molino	5.186,910	19,17	16,45	17,26	22,41	34,08	25,17	21,63	26,47	38,21	41,45	28,38	20,58	311,26
16067010	Pto Barco-Gabarra	Catatumbo	4.130,710	81,49	56,20	68,94	104,47	142,67	105,76	98,78	124,54	158,50	199,90	209,90	167,87	1.519,01
16067020	Cable El	Catatumbo	100,530	48,35	39,74	38,19	62,42	78,73	61,40	54,16	62,45	90,18	108,07	119,29	101,52	864,49
16027010	Pomarrosos Los	Salazar	126,120	144,71	129,09	165,67	227,96	246,68	160,51	148,29	156,61	178,11	227,21	275,49	231,46	2.291,82
23197130	Pte Sardinas	Santa Cruz	652,560	75,94	65,23	73,72	107,35	133,24	100,10	77,35	70,89	85,73	134,20	152,53	109,59	1.185,88
23197410	Hoyo El	San Alberto	367,050	44,19	36,02	53,57	100,76	133,47	84,95	64,68	73,32	96,41	152,22	142,64	86,86	1.069,08
25027080	Gracias A Dios Hda	Animito	322,790	15,72	8,82	8,16	20,43	43,81	28,63	17,11	24,75	52,17	103,90	94,24	53,43	471,19

1000000 980000 960000 940000 920000 900000 880000 860000 840000

-8100000 -8130000 -8160000 -8190000

VENEZUELA
COLOMBIA
NORTE DE SANTANDER
CESAR
SANTANDER

TIBU
EL ZULIA
SAN CAYETANO
CHINACOTA
DURANIA
BOCHALEMA
SANTIAGO
CUCUTILLA
ARBOLEDAS
GRAMALOTE
SALAZAR
SARDINATA
LOURDES
BUCARASICA
VILLA CARO
CACHIRA
EL TARRA
HACARI
SAN CALIXTO
LA PLAYA
TEORAMA
CONVENCION
OCA¥A
EL CARMEN
LA ESPERANZA

16037020 CAMPO DOS
16037010 CAMPO TRES
16037060 TAMBORES
16037040 CAMPO SEIS
16037030 PTE SARDINATA
16027010 POMARROSOS LOS
16067010 PTO BARCO-GABARRA
16067020 CABLE EL
16047020 PTE TARRA
16047030 CINCHO EL
16047010 PTE ABREGO
16057020 MARCELITA
16057060 CAMPANARIO EL
16057010 VEGAS LAS
16057050 SOLEDAD
16057070 CABRERA LA
16057040 QUINCE LETRAS
16057030 CABAÑA LA AUTOMATI
23197410 HOYO EL
23217070 YEGUERITA 2

1500 2000 1000 500

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 60 61 63

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community, Sources: Esri, DeLorme, USGS, NPS

CONVENCIONES

Estaciones de Caudal

Categoría

- Estación Limnigráfica
- Estación Limnimétrica
- Fuentes de Estudio

- Cuerpo de agua
- Intermitente
- Permanente
- Cienaga
- Laguna
- Manglar
- Cabeceras

Cuencas

- Cuencas

Curvas Escorrentía

Escorrentía (mm)

- Contorno Mayor
- Contorno Menor

Escorrentía (mm)

- 100 - 200
- 200 - 400
- 400 - 600
- 600 - 800
- 800 - 1,000
- 1,000 - 1,200
- 1,200 - 1,400
- 1,400 - 1,600
- 1,600 - 1,800
- 1,800 - 2,000
- 2,000 - 2,200
- 2,200 - 2,400

FONADE Proyectos que transforman vidas

DNP Departamento Nacional de Planeación

ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DE LOS PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, LA REGIÓN DEL CATATUMBO, PROVINCIA DE OCAÑA Y SUR DEL CESAR

0 4.5 9 18 27 36 45 Km

ESCORRENTÍA MEDIA ANUAL (mm) ZONA CATATUMBO
PLANO GENERAL

FIGURA 55
Hoja 1 de 1

REV 1
SEPTIEMBRE 2016

Una vez elaborado el mapa de isoescorrentías y a partir de la delimitación de cuencas en cada sitio de captación presentadas en el ANEXO 2, se estimó la escorrentía promedio para cada área de drenaje correspondiente a cada fuente de captación. En la Tabla 59 se presentan los valores de escorrentía promedio mensual y escorrentía total en los sitios de captación propuestos.

Tabla 59 Escorrentía promedio en sitios de captación propuestos

Cuenca	escorrentía (mm)												
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	anual
1	31,60	22,24	23,20	36,04	52,59	38,11	29,28	35,46	56,78	75,39	72,92	55,09	528,68
2	26,44	18,44	19,33	31,23	46,45	33,21	24,70	30,81	51,19	69,14	65,39	47,88	464,22
3	31,60	22,24	23,20	36,04	52,59	38,11	29,28	35,46	56,78	75,39	72,92	55,09	528,68
4	32,68	23,04	24,04	37,10	54,01	39,23	30,36	36,60	58,10	77,34	75,19	57,00	544,71
5	31,57	22,66	23,62	36,22	51,93	37,76	28,66	34,37	54,40	70,98	67,88	52,13	512,20
6	21,86	16,57	19,09	31,02	44,79	32,06	23,12	29,54	45,73	60,76	52,83	36,20	413,57
7	47,08	38,38	43,12	69,77	82,67	55,34	43,90	50,86	70,03	98,64	102,14	83,54	785,47
8	63,18	51,16	57,01	86,92	102,16	71,43	61,55	71,26	94,95	129,87	140,19	113,21	1042,89
9	66,99	54,62	61,54	95,22	109,58	75,61	65,89	76,80	102,51	139,64	152,72	123,36	1124,48
10	24,54	18,46	20,63	34,30	49,18	35,40	24,81	32,41	50,13	65,25	55,79	40,02	450,93
11	25,48	20,13	22,89	37,01	51,95	37,87	26,78	33,87	49,97	65,50	55,01	39,66	466,12
12	29,20	24,14	27,43	43,44	56,29	39,38	28,28	34,21	45,67	65,98	58,24	46,69	498,96
13	48,63	40,30	49,26	74,04	90,09	60,92	48,58	53,02	68,46	95,66	100,18	76,24	805,37
14	18,23	13,01	14,54	24,92	38,21	27,42	18,57	25,15	42,02	58,40	49,99	32,83	363,31
15	16,72	11,97	13,59	22,96	35,99	26,05	17,40	23,71	39,16	57,56	48,70	30,65	344,48
16	16,75	11,99	13,61	23,00	36,04	26,09	17,43	23,75	39,23	57,59	48,73	30,67	344,87
17	16,39	11,71	13,10	22,04	34,40	24,70	16,61	22,40	37,45	55,91	48,17	30,91	333,79
18	21,15	16,02	19,10	32,23	48,29	34,58	24,61	32,55	50,17	64,79	52,38	32,93	428,80
19	20,96	16,13	19,45	32,59	48,20	34,18	24,76	32,27	48,81	63,41	51,56	32,65	424,97
20	24,78	20,21	24,38	37,64	51,01	36,28	27,92	33,59	47,28	60,31	53,35	37,71	454,47
21	105,75	93,28	117,48	165,27	185,51	124,09	109,42	113,38	131,55	176,51	207,46	166,92	1696,62
22	106,78	94,24	118,90	167,03	186,98	124,74	110,37	114,65	132,88	177,58	209,05	168,76	1711,97
23	74,56	64,71	81,60	121,37	143,83	97,49	81,29	84,12	101,01	144,47	159,60	119,34	1273,41
24	71,60	62,20	79,09	117,32	138,13	92,64	78,00	81,76	98,04	138,42	152,80	115,34	1225,33
27	21,19	16,46	20,92	35,96	52,06	35,96	26,04	32,85	48,26	69,67	59,24	36,63	455,25
28	21,19	16,47	20,94	35,99	52,10	35,98	26,06	32,87	48,26	69,73	59,30	36,67	455,57
29	14,47	9,90	10,49	18,09	30,60	21,16	14,05	18,59	33,43	60,56	55,00	34,52	320,84
30	14,59	10,00	10,61	18,29	30,70	21,24	14,13	18,70	33,61	59,95	54,42	34,33	320,57
31	22,62	15,44	16,38	27,27	43,55	30,72	22,45	28,64	47,94	76,67	72,16	48,78	452,62
32	17,69	15,11	19,43	30,02	38,87	25,76	21,02	25,53	32,52	42,98	38,73	28,10	335,77
33	15,73	13,46	17,15	26,29	34,52	23,02	18,79	23,21	29,75	38,59	33,74	24,56	298,81
34	17,23	14,72	18,89	29,14	37,85	25,11	20,49	24,98	31,87	41,95	37,56	27,26	327,05
35	43,37	34,14	40,57	63,20	79,39	53,28	40,21	43,38	58,92	86,84	90,85	65,71	699,86
36	55,37	44,16	52,89	80,86	98,60	65,05	50,64	53,74	71,14	104,82	113,35	84,88	875,51
37	60,50	51,69	65,08	95,03	110,56	72,84	61,76	66,22	80,53	110,76	123,01	95,79	993,76
38	49,03	37,73	44,06	70,16	88,82	58,93	43,36	46,07	64,02	98,22	103,00	74,26	777,65
39	82,30	66,30	71,67	103,12	122,26	90,58	83,54	95,68	125,41	164,98	185,22	149,43	1340,49
40	66,59	53,20	54,52	80,54	99,62	75,89	68,28	77,21	105,41	134,36	149,60	124,06	1089,29
41	69,24	55,00	56,62	82,49	102,19	77,74	69,97	78,71	106,79	137,31	152,90	126,58	1115,54
42	77,72	62,46	66,52	96,31	115,51	86,33	79,16	90,32	119,74	156,01	174,91	142,22	1267,20
43	35,50	27,35	30,71	46,72	62,71	44,78	34,99	41,07	58,87	80,81	78,66	59,30	601,47
44	82,73	68,19	74,53	110,21	127,24	93,67	87,88	102,81	134,93	174,59	197,67	158,34	1412,80
45	82,69	68,17	74,50	110,19	127,20	93,65	87,86	102,79	134,92	174,56	197,63	158,32	1412,49
46	41,61	35,16	47,90	80,12	101,52	66,27	52,71	58,45	73,91	110,37	108,90	73,30	850,23
47	41,93	35,44	48,24	80,63	102,12	66,68	53,05	58,77	74,28	110,94	109,59	73,80	855,46
48	54,92	47,08	61,52	96,75	118,45	78,69	64,13	68,71	84,69	123,89	129,28	91,94	1020,06

Cuenca	escorrentía (mm)												
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	anual
49	53,84	46,39	60,18	92,05	110,54	73,06	60,74	65,48	79,86	113,69	120,71	88,82	965,37
50	32,49	22,39	24,22	39,07	59,24	42,57	33,64	42,13	65,40	95,94	93,48	67,12	617,69
51	32,49	22,39	24,22	39,07	59,24	42,57	33,64	42,13	65,40	95,94	93,48	67,12	617,69
52	29,88	20,85	22,05	35,00	52,40	37,74	29,08	35,88	57,14	81,36	78,58	57,20	537,16
53	44,03	34,69	37,69	55,79	71,73	51,93	41,69	48,29	65,45	90,36	89,62	72,23	703,51
54	44,03	34,69	37,69	55,79	71,73	51,93	41,69	48,29	65,45	90,36	89,62	72,23	703,51
55	45,07	35,64	38,81	57,63	73,47	53,01	42,76	49,50	66,87	92,41	92,26	74,42	721,84
56	23,60	16,97	18,35	30,53	44,74	32,01	22,77	29,43	48,29	62,86	56,15	40,44	426,14
57	23,88	17,24	18,67	30,98	45,30	32,46	23,10	29,82	48,61	63,32	56,45	40,69	430,50
58	23,36	16,86	18,33	30,57	44,82	32,09	22,72	29,50	48,19	62,85	55,73	39,91	424,93
59	23,47	16,92	18,34	30,56	44,79	32,06	22,75	29,47	48,23	62,86	55,93	40,16	425,54
60	27,58	20,14	21,60	34,47	49,50	35,74	26,14	32,62	51,43	67,26	61,33	45,71	473,51
61	22,08	15,91	17,41	29,44	43,47	31,07	21,74	28,60	47,09	61,65	54,06	38,09	410,62
62	23,76	17,27	18,85	31,34	45,77	32,84	23,25	30,16	48,73	63,57	56,09	40,19	431,81
63	22,14	17,11	20,11	32,49	46,48	33,33	24,17	30,78	46,53	61,16	52,50	35,60	422,39

A partir de los valores de escorrentía presentados en la Tabla 59, se estimó el caudal medio en los sitios de captación, teniendo en cuenta el área de drenaje hasta cada sitio. En la Tabla 60 se presenta el valor de caudale medio en cada sitio de captación.

Tabla 60 Caudal medio estimado en los sitios de captación propuesto (l/s)

ID	caudal (l/s)												
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	anual
1	3.92	3.05	2.87	4.61	6.52	4.88	3.63	4.39	7.27	9.34	9.34	6.83	5.55
2	5.18	4.00	3.79	6.33	9.11	6.73	4.84	6.04	10.37	13.55	13.25	9.39	7.71
3	3.92	3.05	2.87	4.61	6.52	4.88	3.63	4.39	7.27	9.34	9.34	6.83	5.55
4	2.29	1.79	1.69	2.69	3.79	2.85	2.13	2.57	4.21	5.43	5.45	4.00	3.24
5	255.11	202.76	190.88	302.49	419.66	315.35	231.64	277.71	454.28	573.64	566.86	421.27	350.97
6	11,621.91	9,752.60	10,148.05	17,038.64	23,809.54	17,613.30	12,291.69	15,704.30	25,118.01	32,301.55	29,019.50	19,243.50	18,638.55
7	480.78	433.92	440.29	736.19	844.23	583.97	448.31	519.38	738.99	1,007.27	1,077.76	853.08	680.35
8	158.80	142.37	143.29	225.76	256.76	185.51	154.70	179.10	246.61	326.40	364.10	284.54	222.33
9	14.95	13.49	13.73	21.95	24.45	17.43	14.70	17.13	23.64	31.16	35.21	27.52	21.28
10	4.87	4.06	4.10	7.04	9.77	7.26	4.93	6.43	10.28	12.96	11.45	7.95	7.59
11	1,156.53	1,011.87	1,039.10	1,735.94	2,357.95	1,776.24	1,215.68	1,537.20	2,343.73	2,973.05	2,580.11	1,800.37	1,793.98
12	14.64	13.40	13.75	22.51	28.22	20.40	14.18	17.15	23.66	33.08	30.17	23.40	21.21
13	12,985.86	11,916.63	13,154.85	20,430.37	24,058.36	16,811.09	12,972.96	14,159.18	18,890.91	25,546.17	27,646.04	20,359.07	18,244.29
14	125.91	99.44	100.38	177.79	263.86	195.65	128.21	173.67	299.83	403.23	356.70	226.70	212.62
15	6.03	4.78	4.90	8.55	12.98	9.71	6.28	8.55	14.59	20.75	18.15	11.05	10.53
16	6.61	5.24	5.37	9.38	14.23	10.64	6.88	9.38	16.00	22.74	19.88	12.11	11.54
17	266.78	210.88	213.21	370.63	559.77	415.37	270.32	364.50	629.74	909.80	809.93	502.92	460.32
18	1.81	1.52	1.64	2.86	4.14	3.06	2.11	2.79	4.44	5.55	4.64	2.82	3.12
19	5.68	4.84	5.27	9.12	13.05	9.56	6.70	8.74	13.66	17.17	14.43	8.84	9.75
20	4,537.70	4,097.53	4,464.56	7,121.91	9,341.90	6,865.95	5,112.30	6,151.89	8,946.20	11,043.95	10,095.95	6,906.33	7,057.18
21	1,334.54	1,303.30	1,482.46	2,155.07	2,340.96	1,618.19	1,380.77	1,430.78	1,715.37	2,227.49	2,705.31	2,106.44	1,816.72
22	344.56	336.67	383.64	556.90	603.33	415.92	356.13	369.93	443.06	573.01	697.04	544.55	468.73
23	66.24	63.66	72.50	111.43	127.79	89.51	72.22	74.74	92.73	128.35	146.53	106.03	95.98
24	421.21	405.11	465.24	713.19	812.59	563.12	458.86	480.95	595.96	814.28	928.87	678.50	611.49
27	469.76	404.13	463.83	823.84	1,154.36	823.98	577.38	728.47	1,105.71	1,544.88	1,357.28	812.30	855.49
28	472.61	406.64	466.90	829.41	1,161.93	829.20	581.09	732.92	1,112.14	1,555.02	1,366.62	817.78	861.02
29	0.41	0.31	0.30	0.53	0.87	0.62	0.40	0.53	0.99	1.73	1.62	0.99	0.78
30	1.22	0.93	0.89	1.58	2.56	1.83	1.18	1.56	2.90	5.01	4.70	2.87	2.27
31	12.38	9.36	8.97	15.43	23.85	17.38	12.29	15.68	27.13	41.98	40.83	26.71	21.00
32	5.09	4.82	5.60	8.93	11.19	7.66	6.05	7.35	9.68	12.38	11.52	8.09	8.20
33	1.76	1.67	1.92	3.04	3.86	2.66	2.10	2.59	3.44	4.31	3.90	2.75	2.83
34	0.99	0.94	1.09	1.74	2.18	1.50	1.18	1.44	1.90	2.42	2.24	1.57	1.60
35	55.89	48.70	52.28	84.16	102.30	70.95	51.82	55.90	78.46	111.91	120.98	84.68	76.50
36	320.08	282.65	305.75	483.04	570.01	388.60	292.75	310.65	424.98	605.92	677.09	490.66	429.35

ID	caudal (l/s)												
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	anual
37	8,084.09	7,647.55	8,695.83	13,122.10	14,773.57	10,058.30	8,252.03	8,848.60	11,118.93	14,800.68	16,984.44	12,799.38	11,265.46
38	38.03	32.40	34.18	56.24	68.90	47.24	33.63	35.73	51.31	76.19	82.56	57.61	51.17
39	146.62	130.77	127.69	189.84	217.81	166.76	148.82	170.47	230.88	293.91	340.97	266.22	202.56
40	11.11	9.83	9.10	13.88	16.62	13.08	11.39	12.88	18.17	22.41	25.79	20.70	15.41
41	7.11	6.25	5.82	8.75	10.50	8.25	7.19	8.08	11.33	14.10	16.23	13.00	9.72
42	733.99	653.03	628.18	939.87	1,090.88	842.42	747.52	852.95	1,168.46	1,473.27	1,706.84	1,343.07	1,015.04
43	54,622.94	46,596.77	47,259.41	74,277.56	96,486.43	71,206.57	53,838.04	63,195.74	93,599.99	124,346.40	125,070.70	91,247.91	78,479.04
44	192.80	175.95	173.68	265.40	296.53	225.58	204.81	239.59	324.93	406.89	476.02	369.01	279.27
45	194.62	177.63	175.34	267.98	299.39	227.76	206.80	241.94	328.14	410.85	480.66	372.62	281.98
46	12.58	11.77	14.48	25.03	30.70	20.71	15.94	17.67	23.09	33.37	34.02	22.16	21.79
47	24.92	23.32	28.67	49.52	60.69	40.96	31.53	34.93	45.62	65.94	67.31	43.87	43.11
48	42.70	40.53	47.83	77.73	92.10	63.23	49.86	53.42	68.04	96.33	103.87	71.48	67.26
49	2,073.85	1,977.98	2,317.91	3,663.48	4,257.37	2,907.95	2,339.57	2,522.16	3,178.50	4,379.02	4,804.20	3,420.89	3,153.57
50	16.10	12.28	12.00	20.01	29.35	21.80	16.67	20.87	33.49	47.54	47.86	33.26	25.94
51	16.10	12.28	12.00	20.01	29.35	21.80	16.67	20.87	33.49	47.54	47.86	33.26	25.94
52	2.53	1.95	1.87	3.06	4.44	3.30	2.46	3.04	5.00	6.89	6.88	4.85	3.86
53	5.08	4.43	4.34	6.65	8.27	6.19	4.81	5.57	7.80	10.42	10.68	8.33	6.88
54	5.08	4.43	4.34	6.65	8.27	6.19	4.81	5.57	7.80	10.42	10.68	8.33	6.88
55	14.60	12.78	12.57	19.29	23.79	17.74	13.85	16.03	22.38	29.93	30.88	24.10	19.83
56	2.02	1.61	1.57	2.70	3.83	2.83	1.95	2.52	4.27	5.38	4.96	3.46	3.09
57	9.36	7.48	7.32	12.55	17.77	13.15	9.06	11.69	19.70	24.83	22.87	15.96	14.31
58	7.28	5.82	5.71	9.85	13.97	10.34	7.08	9.20	15.53	19.60	17.96	12.45	11.23
59	27.47	21.92	21.46	36.95	52.41	38.76	26.62	34.48	58.32	73.55	67.62	46.99	42.21
60	717.69	580.33	562.18	926.87	1,288.16	961.25	680.32	848.96	1,383.21	1,750.31	1,649.22	1,189.53	1,044.84
61	11.10	8.85	8.75	15.29	21.85	16.14	10.93	14.38	24.46	30.98	28.08	19.14	17.50
62	64.83	52.18	51.45	88.38	124.91	92.61	63.44	82.30	137.41	173.46	158.16	109.68	99.90
63	8,802.38	7,532.12	7,995.37	13,347.58	18,479.97	13,693.66	9,608.17	12,239.61	19,117.25	24,314.72	21,567.91	14,152.47	14,237.60

4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO CON ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

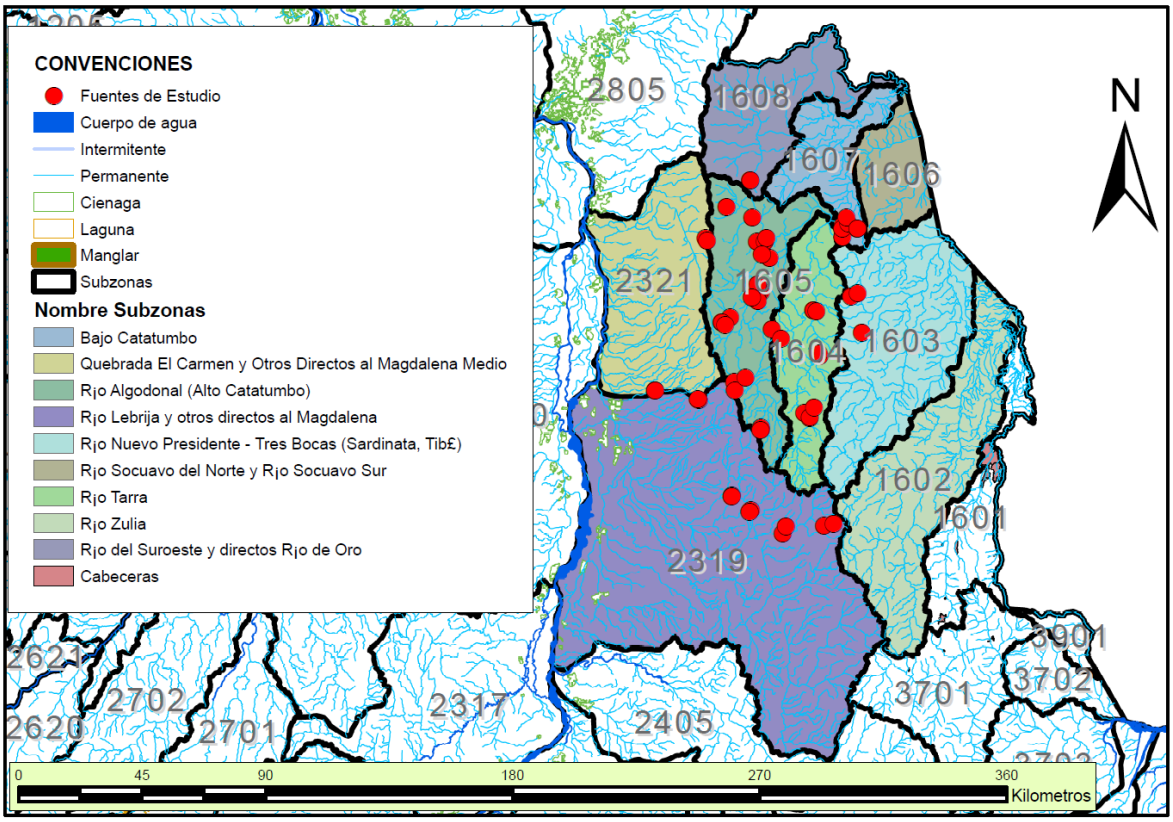
Como complementación del análisis de estimación de caudales medios, se compararon los resultados obtenidos con el Estudio Nacional de Agua versión 2014 [2].

El Estudio Nacional de Agua definió las unidades básicas de análisis y las delimitó por la zonificación hidrográfica e hidrogeológica del país consignada en la publicación del IDEAM (2013).

En particular las unidades de análisis espaciales consideran los niveles de la zonificación hidrográfica del país en el orden nacional: 5 áreas hidrográficas, 41 zonas y 316 subzonas [2, p. 45].

En la Figura 56 se presenta las subzonas del IDEAM que hacen parte de la zona de estudio.

Figura 56 Zonas de estudio con subzonas del IDEAM



Se estudiaron 9 subzonas, de las cuales 7 subzonas (Río Zulia, Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú), Río Tarra, Río Algodonal (Alto Catatumbo), Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur, Bajo Catatumbo, Río del Suroeste y directos Río de Oro) pertenencen a la zona hidrográfica del Catatumbo y 2 subzonas (Río Lebrija y otros directos al Magdalena, Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio) pertenecen a la zona hidrográfica del Medio Magdalena.

Las características de la variabilidad hidroclimática evaluadas (redimiento, escorrentía, oferta, entre otros) se presentan en la Tabla 61, y fueron base para el análisis comparativo.

Tabla 61 Valores por subzona incluidos en la zona de estudio

SZH	ZONA HIDROGRÁFICA	SUBZONA	Área (km^2)	Oferta total (Mm^3)	Caudal (m^3/s)	Rendimiento ($l/s/Km^2$)	Escorrentía (mm)
1602	Zona hidrográfica Catatumbo	Río Zulia	3,428	2,956	93.70	27	862
1603		Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	3,442	4,954	157.10	46	1,439
1604		Río Tarra	1,764	1,903	60.30	34	1,079
1605		Río Algodonal (Alto Catatumbo)	2,340	1,392	44.10	19	595
1606		Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur	966	2,272	72.00	75	2,351
1607		Bajo Catatumbo	1,250	4,847	153.70	123	3,877
1608		Río del Suroeste y directos Río de Oro	1,877	2,442	77.40	41	1,301
2319	Zona hidrográfica Medio Magdalena	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	9,592	8,742	277.20	29	911
2321		Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio	2,974	1,458	46.20	16	490

Fuente: Estudio Nacional de Agua versión 2014 [2, p. ANEXO 1]

En la Tabla 62 se presentan los caudales medios anual en los sitios propuestos asignadon los rendimientos cáculados en el Estudio Nacional de Agua versión 2014 [2],

Tabla 62 Escorrentia y caudal medio anual en los sitios propuestos según redimientos del IDEAM

CUENCA	Área	ENA 2014		ESTUDIO ACTUAL	
	km²	Escorrentía (mm)	Caudal (l/s)	Escorrentía (mm)	Caudal (l/s)
1	0.33	595.00	6.26	528.68	5.55
2	21.64	595.00	408.38	512.39	351.11
3	0.32	595.00	6.07	484.83	4.93
4	27.35	1,435.18	1,244.73	785.92	680.73
5	6.73	1,435.64	306.46	1,042.82	222.31
6	0.60	1,439.00	27.27	1,124.48	21.28
7	0.53	623.63	10.52	450.60	7.58
8	18.49	595.00	348.93	363.17	212.53
9	0.74	595.00	14.00	343.82	8.07
10	0.06	595.00	1.13	363.09	0.69
11	0.23	595.00	4.33	428.90	3.12
12	0.23	595.00	4.32	430.07	3.12
13	33.80	910.65	976.02	1,696.25	1,816.32
14	8.64	910.78	249.60	1,711.76	468.67
15	2.69	911.00	77.83	1,271.05	108.46
16	15.76	911.00	455.16	1,224.96	611.30
19	59.39	906.03	1,706.22	455.24	855.48
20	59.73	906.06	1,716.10	455.56	861.01
21	0.08	490.00	1.17	321.97	0.77
22	1.47	595.00	27.67	452.62	21.00
23	0.76	595.00	14.35	336.26	8.09
24	0.43	595.00	8.09	304.38	4.13
25	3.45	1,079.00	118.10	699.92	76.51
26	15.48	1,079.48	529.99	875.51	429.35
27	4.77	3,768.97	570.29	1,339.75	202.45
28	0.45	3,877.00	54.93	1,084.98	15.35
29	0.28	3,877.00	33.82	1,115.54	9.72
30	6.25	3,877.00	768.18	1,411.55	279.31
31	0.81	911.00	23.39	849.75	21.78
32	1.59	911.00	45.99	855.09	43.09
33	2.08	911.00	60.16	1,020.06	67.26
34	103.18	910.23	2,978.10	965.31	3,153.97
35	0.44	1,301.00	17.99	656.29	9.05
36	0.23	595.00	4.28	537.16	3.86
37	0.31	1,079.00	10.56	704.29	6.89
38	0.31	1,079.00	10.58	703.51	6.89
39	0.87	1,079.00	29.68	721.84	19.83
40	0.23	595.00	4.32	425.39	3.09
41	1.05	595.00	19.82	430.50	14.31
42	0.84	595.00	15.76	424.93	11.23
43	3.13	595.00	59.13	425.47	42.21
44	1.35	595.00	25.43	410.62	17.52
45	7.31	595.00	137.90	431.81	99.90

Comparando los caudales medios estimados presentados en la Tabla 60, frente a los caudales obtenidos a partir de los redimientos del [2], se puede concluir:

- De las 43 cuencas estudidas, según ENA 2014, sólo 6 cuencas podrían presentar caudales medios anuales menores (Cuencas ID: 13, 14, 15, 16, 33 y 34) en comparación con los estimados en el estudio. Revisando estas cuencas se observa que la Estación El Hoyo, perteneciente a la Quebrada Caño de

Hoyo, presenta redimientos mayores a los presentados en la subzona Río Lebrija y otros directos al Magdalena.

- Las diferencias más altas se presentan en las cuencas pertenecientes a la subzona Bajo Catatumbo , donde la escorrentía según el estudio ENA 2014 es de 3,877 mm. Sin embargo la estación más cercana El Cable, corriente Río Catatumbo, de acuerdo con los registros de toda la serie tiene un redimiento de 864 mm.
- De acuerdo con el estudio ENA 2014 se asigna un rendimiento promedio en cada subzona; sin embargo, revisando los isorrendimientos se encontraron variaciones (rangos de rendimiento) dentro de cada subzona, que deben ser tenidos en cuenta para la estimación de cuencas pequeñas.

5. ANÁLISIS DE CAUDALES MÍNIMOS

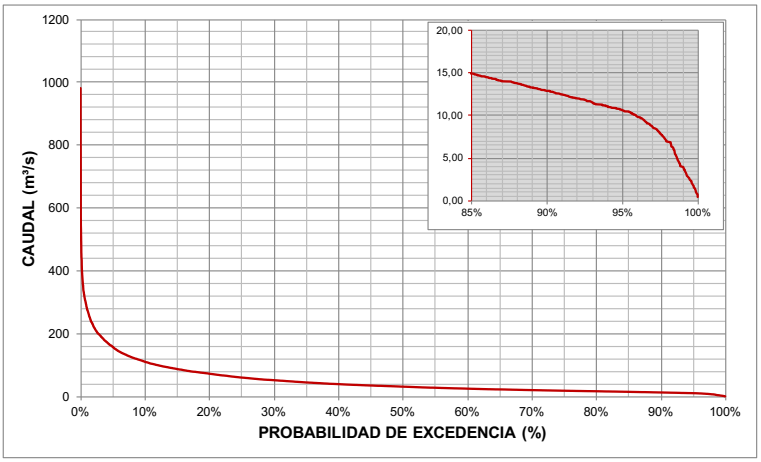
En el presente capítulo se estimarán los caudales mínimos en los sitios propuestos para captación, con base en el análisis de caudales característicos obtenidos de las series de caudal diario disponibles en las estaciones hidrológicas analizadas, mediante una regionalización del rendimiento requerido para la obtención de dicho caudal característico, que para el caso del presente análisis se realizará para Q_{90} y Q_{95}, correspondientes a los caudales que son igualados o superados el 90% y 95% del tiempo respectivamente.

5.1. ANÁLISIS DE SERIES HISTÓRICAS

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este numeral es la estimación de los caudales característicos Q_{90} y Q_{95} a partir de la elaboración de la Curvas de Duración de Caudales (CDQ) y teniendo en cuenta las series históricas de caudal diario disponibles en las estaciones hidrológicas analizadas y presentadas en el ANEXO 1. A continuación se realiza una descripción general de las CDQ de acuerdo con [5]

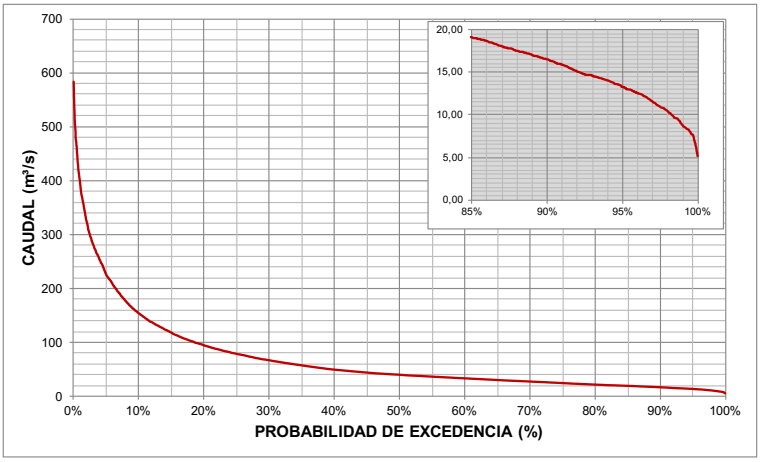
En la Figura 57 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Presidente – Campo Tres, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 12,9 m^3/s y Q_{95} igual a 10,6 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 57 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Presidente – Campo Tres (1972 - 2014)



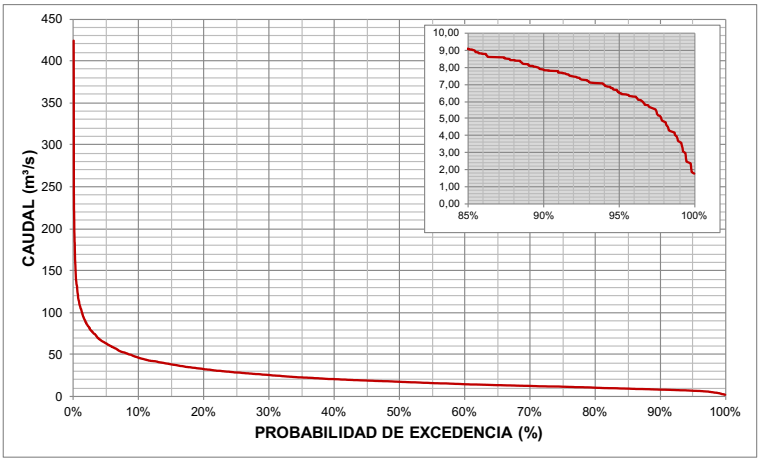
En la Figura 58 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Sardinata – Campo Dos, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 16,5 m^3/s y Q_{95} igual a 13,3 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 58 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Sardinata – Campo Dos (1972 - 2014)



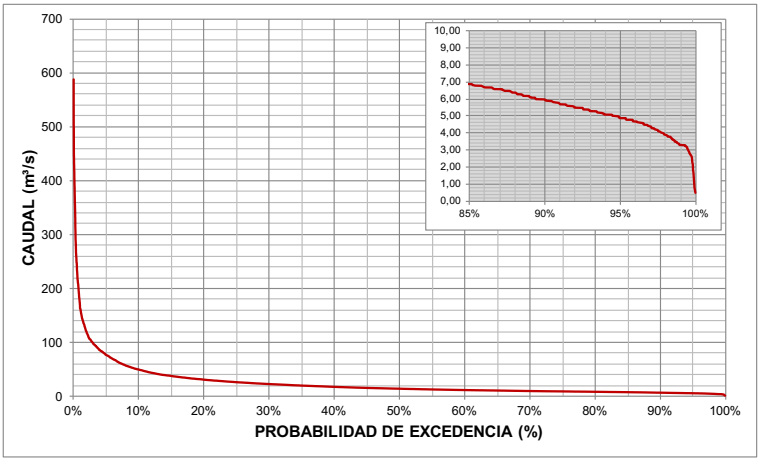
En la Figura 59 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Sardinata – Puente Sadinata, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 7,86 m^3/s y Q_{95} igual a 10,6 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un pequeño aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 59 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Sardinata – Puente Sardinata (1973 - 2014)



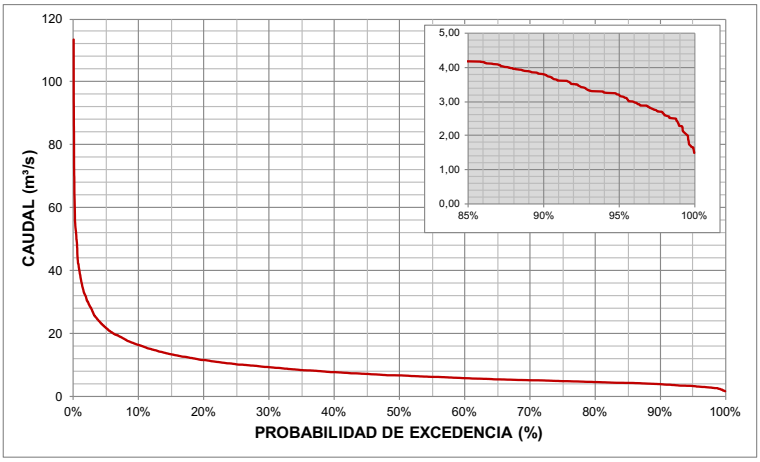
En la Figura 60 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Tibú – Campo Seis, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 5,99 m^3/s y Q_{95} igual a 4,00 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 60 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tibú – Campo Seis (1973 - 2014)



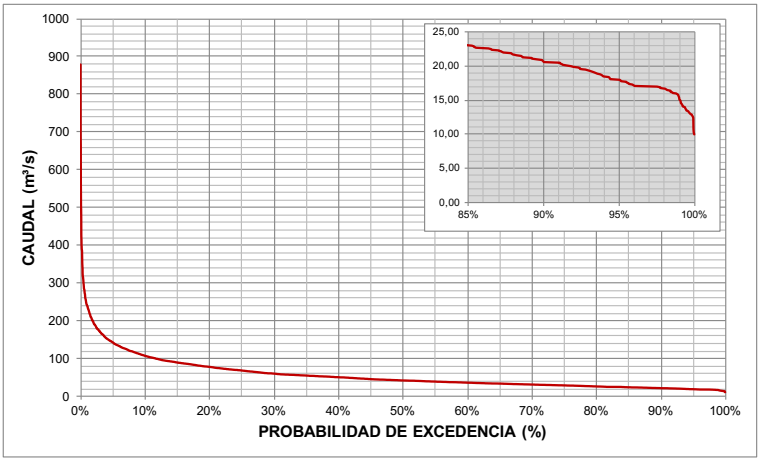
En la Figura 61 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Tarra – Puente Ábrego, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 3,79 m^3/s y Q_{95} igual a 3,19 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un pequeño aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 61 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tarra – Puente Ábrego (1971 - 2014)



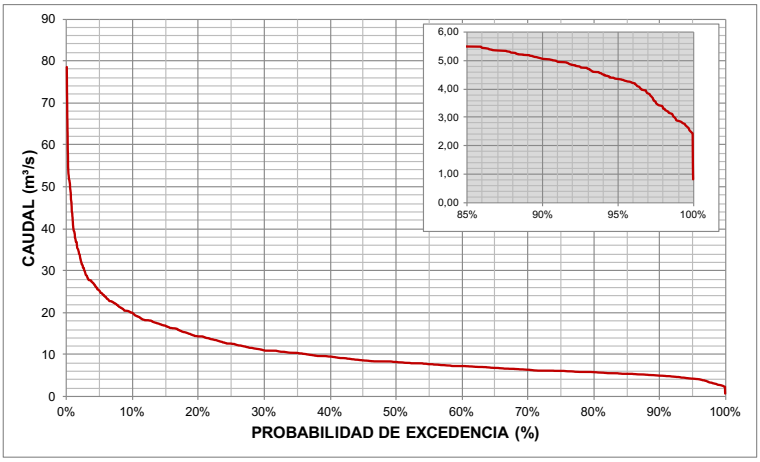
En la Figura 62 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Tarra – Puente Tarra, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 20,60 m^3/s y Q_{95} igual a 18,00 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 62 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tarra – Puente Tarra (1971 - 2011)



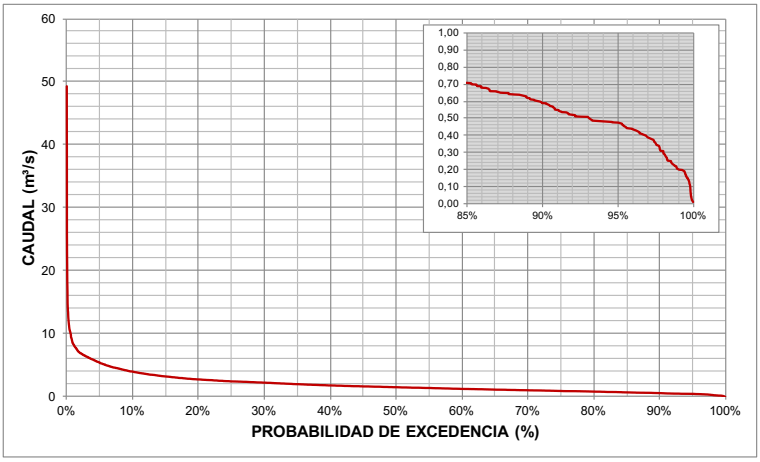
En la Figura 63 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Tarra – El Chincho, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 5,07 m^3/s y Q_{95} igual a 4,34 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un pequeño aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 63 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Tarra – El Chincho (1981 - 1999)



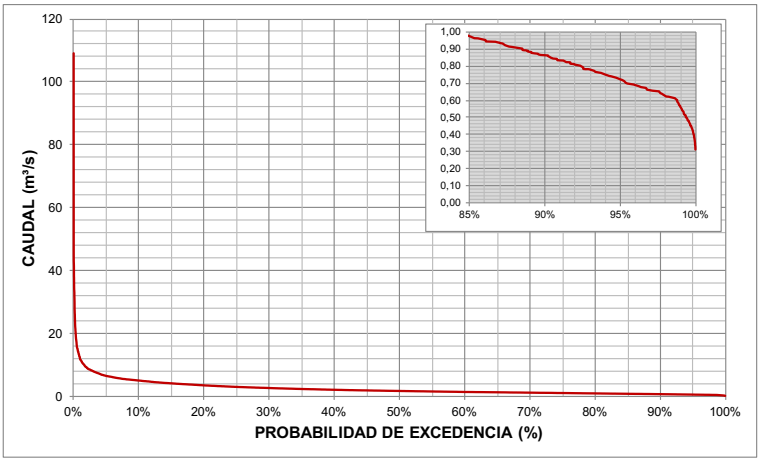
En la Figura 64 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Frio – Las Vegas, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 0,59 m^3/s y Q_{95} igual a 0,48 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 64 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Frío – Las Vegas (1972 - 2014)



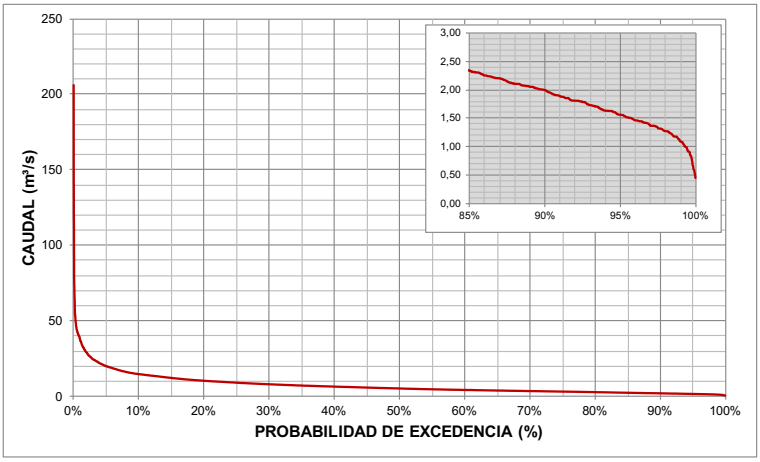
En la Figura 65 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Oroque – Marcelita, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 0,86 m^3/s y Q_{95} igual a 0,72 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 65 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Oroque – Marcelita (1972 - 2006)



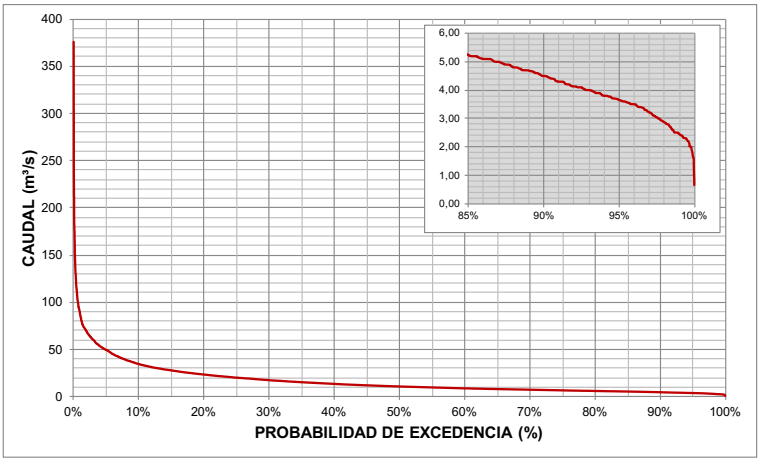
En la Figura 66 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Algodonal – La Cabaña Automática, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 1,99 m^3/s y Q_{95} igual a 1,55 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 66 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Algodonal – La Cabaña Automática (1971 - 2014)



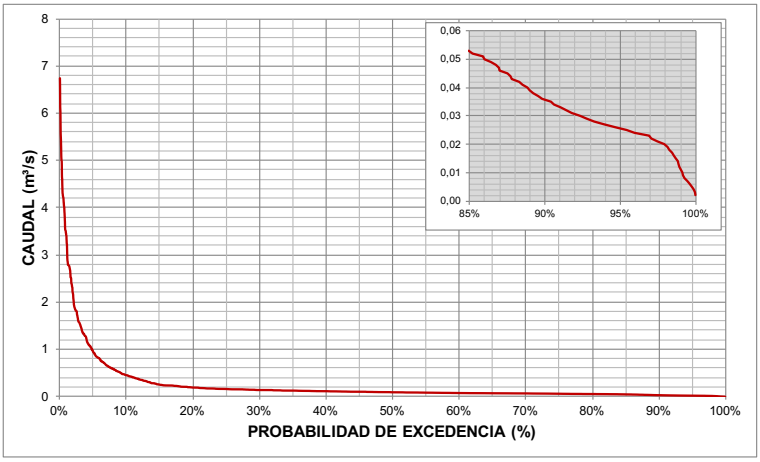
En la Figura 67 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Catatumbo – Quince Letras, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 4,50 m^3/s y Q_{95} igual a 3,65 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 67 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Catatumbo – Quince Letras (1971 - 2014)



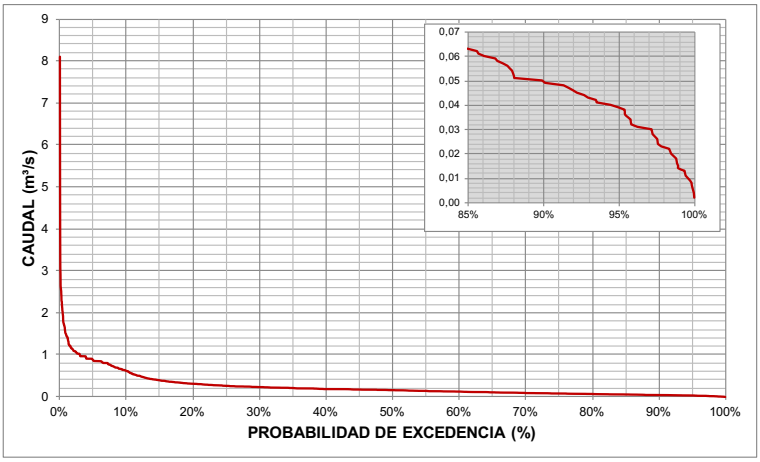
En la Figura 68 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación quebrada La Soledad – La Soledad, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 0,04 m^3/s y Q_{95} igual a 0,03 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 68 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación quebrada La Soledad – La Soledad (1979 - 2001)



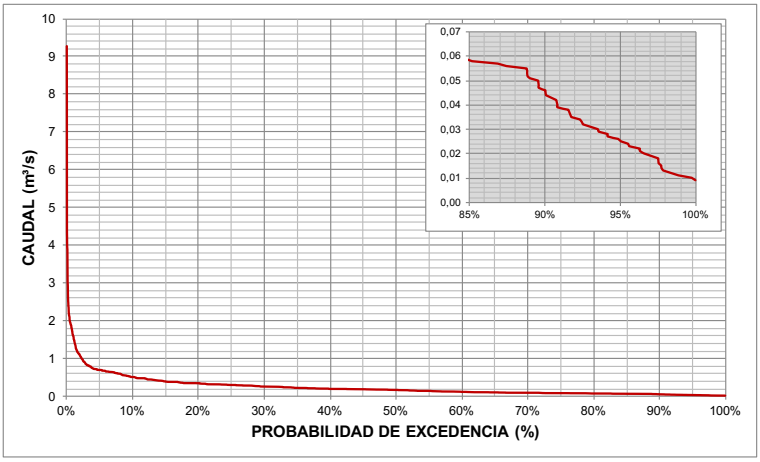
En la Figura 69 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación quebrada Campanario – El Campanario, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 0,05 m^3/s y Q_{95} igual a 0,04 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 69 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación quebrada Campanario – El Campanario (1979 - 2001)



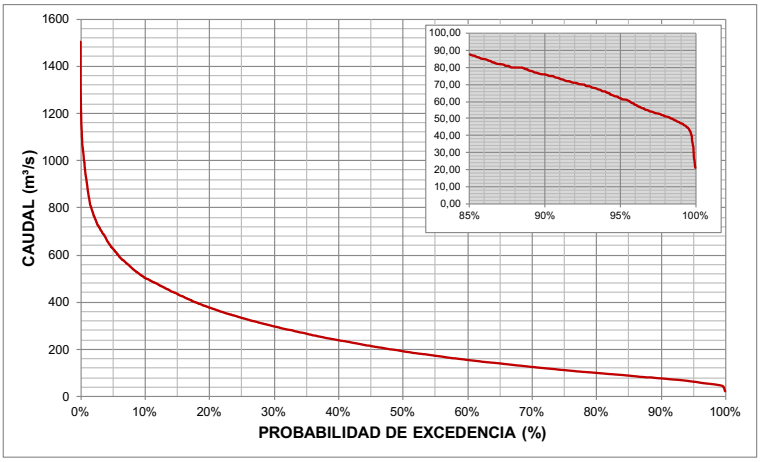
En la Figura 70 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación quebrada EL Molino – La Cabrera, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 0,05 m^3/s y Q_{95} igual a 0,03 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 70 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación quebrada El Molino – La Cabrera (1979 - 2001)



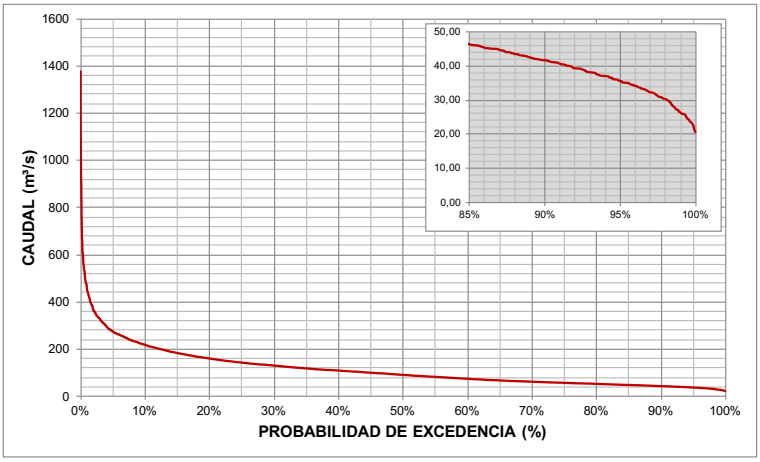
En la Figura 71 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 76,00 m^3/s y Q_{95} igual a 62,00 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 71 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Catatumbo – Puerto Barco Gabarra (1969 - 2014)



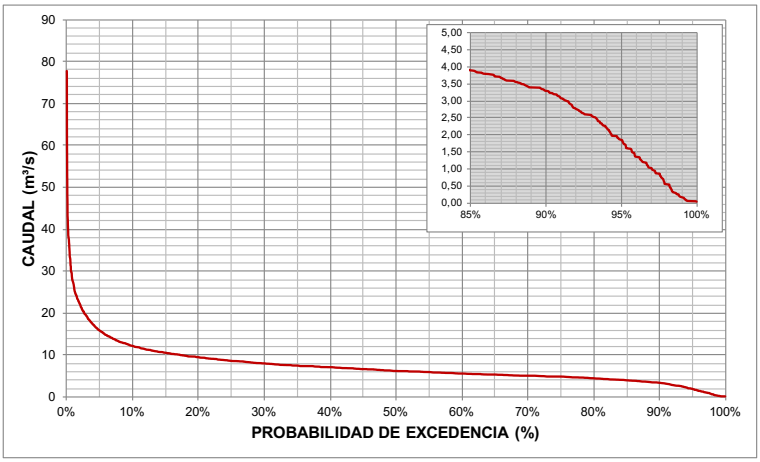
En la Figura 72 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Catatumbo – El Cable, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 41,60 m^3/s y Q_{95} igual a 35,50 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca se presenta un aporte de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 72 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Catatumbo – El Cable (1977 - 2000)



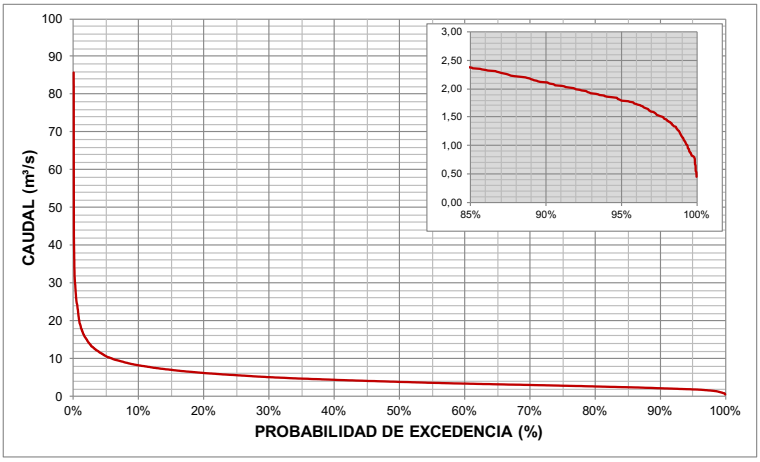
En la Figura 73 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Salazar – Los Pomarrosos, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 3,30 m^3/s y Q_{95} igual a 1,86 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que este cauce es intermitente o efímero y en general una permeabilidad alta.

Figura 73 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Salazar – Los Pomarrosos (1988 - 2014)



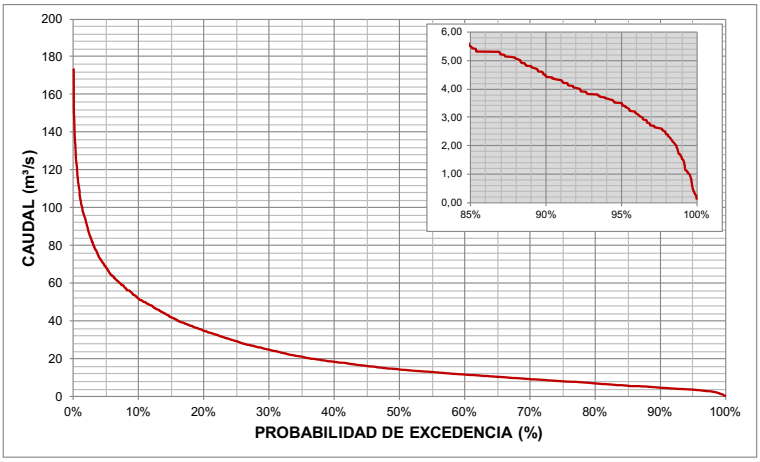
En la Figura 74 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Santa Cruz – Puente Sardinas, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 2,10 m^3/s y Q_{95} igual a 1,78 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 74 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Santa Cruz – Puente Sardinas (1969 - 2014)



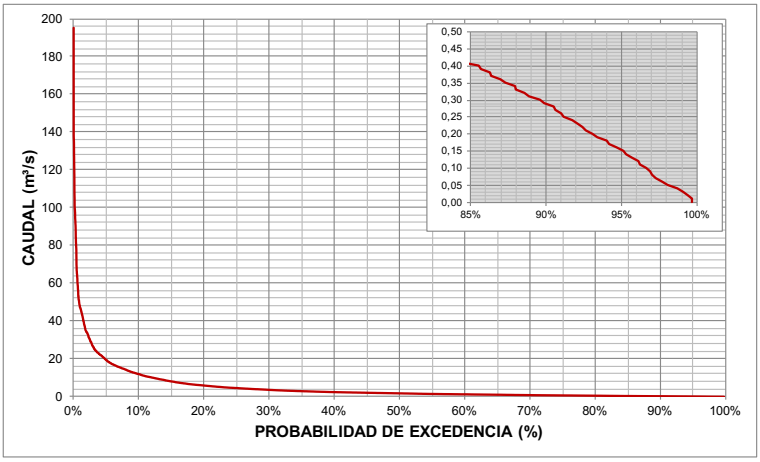
En la Figura 75 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río San Alberto – El Hoyo, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 4,43 m^3/s y Q_{95} igual a 3,50 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que en esta cuenca el aporte de caudales por agua subterránea es muy bajo, una baja retención o moderada permeabilidad.

Figura 75 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río San Alberto – El Hoyo (1974 - 2014)



En la Figura 76 se presenta la Curva de Duración de Caudales de la estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios, en la que se identifican los caudales característicos Q_{90} igual a 0,28 m^3/s y Q_{95} igual a 0,15 m^3/s. La parte baja de la CDQ indica que este cauce es intermitente o efímero y en general una permeabilidad alta.

Figura 76 Curva de duración de caudales (CDQ). Estación río Animito – Hacienda Gracias a Dios (1976 - 2014)



A continuación en la Tabla 63 se presenta el resumen de los caudales característicos que son igualados o superados el 90%, 95% y 100% del tiempo en las estaciones hidrológicas analizadas.

Tabla 63 Resumen caudales característicos mínimos. Estaciones analizadas

ESTACIÓN	ÁREA (km²)	CAUDAL (m³/s)		
		Q90	Q95	Q100
16037010 CAMPO TRES	717,300	12,90	10,60	0,50
16037020 CAMPO DOS	1.873,840	16,50	13,30	5,20
16037030 PTE SARDINATA	908,780	7,86	6,54	1,80
16037040 CAMPO SEIS	314,600	5,20	4,00	1,00
16037060 TAMBORES	1.298,315	5,99	4,90	0,50
16047010 PTE ÁBREGO	367,050	12,39	10,87	7,50
16047020 PTE TARRA	1.651,338	3,79	3,19	1,50
16047030 CINCHO EL	721,733	20,60	18,00	10,00
16057010 VEGAS LAS	69,964	5,07	4,34	0,81
16057020 MARCELITA	105,805	0,59	0,48	0,01
16057030 CABAÑA LA AUTOMÁTICA	531,000	0,86	0,72	0,31
16057040 QUINCE LETRAS	1.391,040	1,99	1,55	0,44
16057050 SOLEDAD LA	102,365	4,50	3,65	0,65
16057060 CAMPANARIO EL	67,294	0,04	0,03	0,00
16057070 CABRERA LA	24,000	0,05	0,04	0,00
16067010 PTO BARCO-GABARRA	5.186,910	0,05	0,03	0,01
16067020 CABLE EL	4.130,710	76,00	62,00	21,00
16027010 POMARROSOS LOS	100,530	41,60	35,50	20,50
23197130 PTE SARDINAS	126,120	3,30	1,86	0,06
23197410 HOYO EL	652,560	2,10	1,78	0,44
25027080 GRACIAS A DIOS HDA	322,790	0,14	0,14	0,12

5.2. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS EN LOS SITIOS DE CAPTACIÓN

En el presente numeral se estimarán los caudales mínimos en elos sitios de captación, partiendo de los análisis realizados mediante las Curvas de Duración de Caudales en las estaciones hidrológicas localizadas en la zona de estdio y cuyos resultados se presentaron en el numeral 5.1.

La estimación de los caudales mínimos en los sitios de captación se realizó de manera similar a la estimación de caudales medios planteada en el numeral 4.2, con la diferencia que en el caso de caudales mínimos se regionalizaron rendimientos asociados a los caudales característicos Q_{90} y Q_{95} como se presenta en el ANEXO 4. A continuación en la Tabla 64 se presenta el resumen rendimientos hídricos para los caudales Q_{90}, Q_{95} y Q_{100} en las estaciones hidrológicas analizadas.

Tabla 64 Rendimientos hídricos para caudales característicos Q_{90}, Q_{95} y Q_{100}. Estaciones hidrológicas analizadas

CÓDIGO EST.	NOMBRE ESTACIÓN	ÁREA (km²)	CAUDAL (m³/s)			Rendimiento (l/s/km²)		
			Q90	Q95	Q100	Q90	Q95	Q100
16037010	Campo Tres	717,300	12,9	10,6	0,5	17,98	14,78	0,70
16037020	Campo Dos	1.873,840	16,5	13,3	5,2	8,81	7,10	2,78
16037030	Pte Sardinata	908,780	7,86	6,54	1,8	8,65	7,20	1,98
16037040	Campo Seis	314,600	5,9924	4,9	0,5	19,05	15,58	1,59
16037060	Tambores	1.298,315	12,39	10,87	7,5	9,54	8,37	5,78
16047010	Pte Ábrego	367,050	3,787	3,19	1,5	10,32	8,69	4,09
16047020	Pte Tarra	1.651,338	20,6	18	10	12,47	10,90	6,06
16047030	Cincho El	721,733	5,07	4,34	0,806	7,02	6,01	1,12
16057010	Vegas Las	69,964	0,59	0,476	0,01	8,43	6,80	0,14
16057020	Marcelita	105,805	0,86	0,72	0,31	8,13	6,80	2,93
16057030	Cabaña La Automática	531,000	1,99	1,55	0,44	3,75	2,92	0,83
16057040	Quince Letras	1.391,040	4,5	3,65	0,65	3,23	2,62	0,47
16057050	Soledad La	102,365	0,035	0,025	0,002	0,34	0,24	0,02
16057060	Campanario El	67,294	0,049	0,038	0,002	0,73	0,56	0,03
16057070	Cabrera La	24,000	0,046	0,025	0,009	1,92	1,04	0,38
16067010	Pto Barco-Gabarra	5.186,910	76	62	21	14,65	11,95	4,05
16067020	Cable El	4.130,710	41,6	35,5	20,5	10,07	8,59	4,96
16027010	Pomarrosos Los	100,530	3,3	1,86	0,06	32,83	18,50	0,60
23197130	Pte Sardinas	126,120	2,1	1,78	0,44	16,65	14,11	3,49
23197410	Hoyo El	652,560	4,43	3,5	0,14	6,79	5,36	0,21
25027080	Gracias a Dios Hda	322,790	0,28	0,15	0	0,87	0,46	0,00

Para la elaboración de los mapas de iso-rendimientos se utilizaron las herramientas y análsis de los Sistemas de Información Geografica, y se generaron los mapas a partir de una interpolación espacial de las escorrentías características presentadas en la Tabla 64, utilizando el algoritmo de Vecino natural (Natural Neighbor) [4].

Una vez elaborado el mapa de isoescorrentías para los caudales mínimos carácterísticos, se cruzó esta información con la delimitación de cuencas y con la ayuda de un Sistema de Información Geográfico se determinó la escorrentía característica para cada sitio de captación y a su vez el Q_{90} y $_{Q95}$. A continuación en la Tabla 65 se presenta el resumen de caudales mínimos estimados en los sitios de captación

Tabla 65 Caudal mínimo estimado en los sitios de captación

CUENCA	Área (km2)	Caudal característico (l/s)		
		Q90	Q95	Q100
1	0.332	1.637	1.368	0.488
2	0.525	2.173	1.805	0.582
3	0.332	1.637	1.368	0.488
4	0.188	0.960	0.803	0.294
5	21.645	111.792	94.080	32.666
6	1,423.855	5,537.445	4,356.379	1,218.458
7	27.351	249.293	212.832	68.781
8	6.732	74.484	63.416	21.340
9	0.598	6.903	5.859	1.913
10	0.532	2.597	2.148	0.511
11	121.575	662.681	546.373	134.867
12	1.343	9.748	8.324	1.766
13	715.293	7,527.397	5,474.117	1,415.610
14	18.494	60.936	50.189	15.976
15	0.961	2.990	2.483	0.967
16	1.053	3.277	2.720	1.057
17	43.584	131.897	110.465	42.213
18	0.230	0.766	0.584	0.164
19	0.719	2.335	1.766	0.466
20	490.479	2,135.997	1,561.822	369.423
21	33.800	795.447	496.412	46.402
22	8.642	205.597	127.268	11.425
23	2.380	37.468	25.885	3.353
24	15.756	237.861	159.851	18.885
27	59.388	204.410	161.001	44.719
28	59.730	205.698	162.050	45.009
29	0.077	0.182	0.155	0.067
30	0.225	0.539	0.460	0.194
31	1.467	5.043	4.183	1.597
32	0.771	2.092	1.481	0.162
33	0.299	0.681	0.486	0.050
34	0.154	0.403	0.286	0.031
35	3.452	32.215	25.596	10.508
36	15.483	183.696	140.015	51.120
37	357.917	4,643.224	3,065.609	555.594
38	2.078	21.781	18.007	7.852
39	4.772	63.960	54.250	20.743
40	0.447	5.257	4.489	2.208
41	0.275	3.298	2.819	1.369
42	25.300	327.162	278.028	115.671
43	4,121.317	27,055.132	21,714.513	7,214.824
44	6.248	85.549	72.049	25.434
45	6.310	86.381	72.747	25.685
46	0.810	6.011	4.375	0.370
47	1.592	11.931	8.684	0.741
48	2.083	22.505	15.871	1.781
49	103.180	1,119.216	757.528	85.255
50	1.327	6.674	5.484	2.040
51	1.327	6.674	5.484	2.040
52	0.227	1.059	0.881	0.327
53	0.309	2.602	2.227	0.719
54	0.309	2.602	2.227	0.719

CUENCA	Área (km2)	Caudal característico (l/s)		
		Q90	Q95	Q100
55	0.867	7.471	6.394	2.069
56	0.229	0.949	0.784	0.209
57	1.050	4.439	3.671	0.985
58	0.835	3.470	2.866	0.759
59	3.134	13.008	10.747	2.858
60	69.705	341.587	285.302	84.209
61	1.348	5.325	4.384	1.134
62	7.309	31.425	25.969	6.869
63	1,064.904	4,230.742	3,265.943	887.846

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el área de estudio se encuentran localizadas 14 estaciones climatológicas; sin embargo debido a la calidad de sus registros, unicamente se utlizaron las series históricas disponibles de seis estaciones para realizar los análisis climatológicos.
- Para estimar los caudales medios y mínimos en las alternativas de captación, se utilizaron 20 de las 23 estaciones hidrológicas localizadas en el área de estudio, teniendo en cuenta que las estaciones río Pamplonita – Aguas Claras, río Sardinata – Tambores y quebrada Buturama – Yeguerita 2 no poseen registros de caudal lo suficientemente extensos que permitan realizar un análsiis estadístico confiables de las series de caudal.
- De acuerdo con los análisis de precipitación total en las estaciones climatológicas seleccionadas, en la zona de estudio se presenta un régimen pluviométrico bimodal, con precipitaciones por encima del promedio mensual en los meses de abril a mayo y de agosto a noviembre, y precipitaciones totales por debajo del promedio mensual en los mese de diciembre a marzo y de junio a julio.
- De manera similar al régimen de precipitación, el régimen hidrológico en la zona de estudio es bimodal con caudales superiores al promedio mensual en los meses de abril a mayo y septiembre a noviembre, y caudales inferiores al promedio mensual en los meses de diciembre a marzo y junio a agosto, con algunas variaciones dependiendo de la estación hidrológica analizada.
- Teniendo en cuenta que las corrientes en las que se proponen las diferentes alternativas de captación no se encuentran instrumentadas, se estimaron los caudales medios a partir de iso-rendimientos obtenidos mediante el estimativo de los mismos en los sitios en los que hay series históricas disponibles, de manera similar a la metodología propuesta en el Estudio Nacional del Agua 2014.
- Los caudales medios recomendados para realizar el dimensionamiento de las diferenes obras de abastecimiento de agua potable se presentan a continuación en la Tabla 60
- De las 43 cuencas analizadas, según ENA 2014, 6 cuencas podrían presentar caudales medios anuales menores, en los corregimientos de La Carrera, La Vega y Pueblo Nuevo, en comparación con los estimados en el estudio. Revisando estas cuencas se observa que la Estación El Hoyo, perteneciente a la Quebrada Caño de Hoyo, presenta redimientos mayores a los presentados en la subzona Río Lebrija y otros directos al Magdalena.
- En general la parte baja de las Curvas de Duración de Caudal elaboradas a partir de las series de caudal diario disponibles en las estaciones hidrológicas localizadas en la zona de estudio, indican que en estas cuencas se presentan aporte bajos de caudales por agua subterránea, una baja retención o moderada permeabilidad.
- Los caudales mínimos característicos estimados en los sitios propuestos para captación se estimaron con base en los caudales característicos Q90 y Q95 obtenidos de las Curvas de Duración de Caudal de las estaciones hidrológicas analizadas, a continuación se presentan dichos caudales:

Tabla 66 Caudales mínimos característicos en sitios de captación

Municipio	Corregimiento	Existente / Nueva	Caudal característico (l/s)	
			Q_{90}	Q_{95}
Teorama	El Aserrio	Existente	1,64	1,37
Teorama	San Pablo	Existente	111,85	94,13
Teorama	San Pablo	Nuevo	1,48	1,23
Sardinata	Las Mercedez	Existente	249,39	212,91

Municipio	Corregimiento	Existente / Nueva	Caudal característico (l/s)	
			Q_{90}	Q_{95}
Sardinata	Luz Vero	Nuevo	74,48	63,42
Sardinata	Luz Vero	Existente	6,90	5,86
La Playa	Aspasica	Existente	2,59	2,14
Ocaña	Aguas Claras	Existente	60,91	50,17
Ocaña	Aguas Claras	Existente	2,29	1,91
Ocaña	Aguas Claras	Existente	0,19	0,16
Ocaña	Buenavista	Existente	0,77	0,58
Ocaña	Buenavista	Existente	0,77	0,58
Cachira	La Carrera	Existente	795,24	496,30
Cachira	La Carrera	Nuevo	205,57	127,25
Cachira	La Vega	Existente	42,30	29,22
Cachira	La Vega	Nuevo	237,74	159,79
Río de Oro	Los Angeles	Existente	204,42	161,02
Río de Oro	Los Angeles	Existente	205,71	162,06
El Carmen	Culebritas	Existente	0,18	0,15
El Carmen	Santa Ines	Existente	5,04	4,18
Abrego	Campanario	Existente	2,07	1,46
Abrego	Campanario	Existente	0,99	0,71
Abrego	Tarrita	Existente	32,22	25,61
Abrego	Tarrita	Nueva	183,70	140,01
El Tarra	Filo De Gringo	Nueva	63,94	54,24
El Tarra	Filo De Gringo	Existente	5,25	4,48
El Tarra	Filo De Gringo	Existente	3,30	2,82
El Tarra	Oru	Exitente	85,58	72,08
La Esperanza	La Predregoza	Existente	6,00	4,37
La Esperanza	La Predregoza	Existente	11,92	8,68
La Esperanza	Pueblo Nuevo	Existente	22,51	15,87
La Esperanza	Pueblo Nuevo	Nuevo	1.119,27	757,59
Convención	Honduras	Existente	2,40	1,97
Convención	Trinidad	Existente	1,06	0,88
Hacarí	Las Juntas	Existente	2,60	2,23
Hacarí	Las Juntas	Existente	2,60	2,23
Hacarí	Las Juntas	Nuevo	7,47	6,39
San Calixto	Palmarito	Existente	0,95	0,78
San Calixto	Palmarito	Nuevo	4,44	3,67
San Calixto	Palmarito	Nuevo	3,47	2,87
San Calixto	Palmarito	Nuevo	13,01	10,74
San Calixto	Algarrobo	Existente	5,33	4,39
San Calixto	Algarrobo	Nuevo	31,43	25,97

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] «Conoce El Catatumbo,» [En línea]. Available: http://conoceelcatatumbo.blogspot.com.co/. [Último acceso: 13 07 2016].

[2] IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014, Bogotá, 2014.

[3] V. T. Chow, D. Maidment y L. Mays, Hidrología Aplicada, 1ª edición ed., M. E. Suárez, Ed., McGraw-Hill Interamericana, 1988.

[4] R. Sibson, A brief description of natural neighbour interpolation, New York: Wiley, 1981.

[5] G. Monsalve, Hidrología en la ingeniería, 2ª edición ed., Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999, p. 382.

ANEXOS

ANEXO 1 INFORMACIÓN HIDROCLIMATOLÓGICA

(MEDIO MAGNÉTICO)

ANEXO 2 DELIMITACIÓN DE CUENCAS

ANEXO 3 ESCORRENTÍAS MEDIAS

ANEXO 4 ISO-RENDIMIENTOS MÍNIMOS