Ajuste Parcial al Plan de Ordenación y Manejo de la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá, Departamento del Tolima

Ibagué – Agosto 2022

AJUSTE

POMCA

RÍO AMOYÁ

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica

HIDROLOGÍA

Corporación de Autónoma Regional del Tolima
CORTOLIMA
NIT. 890.704.536 – 7
Av. Ferrocarril con 44 Esquina
Ibagué, Tolima
Tel: + 57 (8) 2653260 – 2657775

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA – CORTOLIMA

Directora General
Olga Lucia Alfonso Iannini.

Subdirector De Planificación Ambiental y Desarrollo Sostenible
José Alexander Grijalba Castro.

Líder del Grupo de Gestión Integral de Recurso Hídrico
Alexa Giovanna Botero Bernal.

ETAPA 1

EQUIPO TÉCNICO POMCA DEL RÍO AMOYÁ

Coordinador Técnico
Yazmin Zurelly Trujillo López.

Componente Físico-Biótico
John William Gómez Cortázar.
Oscar Giovanni Linares Triviño.
Luisa Fernanda Giraldo.
Luis Eduardo Peña Rojas.
Omar Enrique Peláez.
Arnulfo Alvarez Villalobos.
Ingrid Castaño Pomar.
Alicia Olaya Ospina.

Componente Socio-Económico
Claudia Segura.
Carolina Martínez Pérez.
Alejandra Jiménez Torres.

Consulta Previa
Reinel Ríos García.
Orfilia Mafla Vásquez.
María Romelia Leonel Cruz.

EQUIPO TÉCNICO DE APOYO CORTOLIMA

Ulises Guzmán Quimbayo. Líder Grupo Gestión del Riesgo.
Consuelo Carvajal. Líder del Grupo Ecosistemas Estratégicos.
María Romelia Leonel Cruz – Líder del Grupo de Gestión Integral de Recurso Hídrico.

ETAPA 2

EQUIPO TÉCNICO POMCA DEL RÍO AMOYÁ

Fase Prospectiva y Zonificación Ambiental / Formulación
Carlos Eduardo Mejía.
María Fernanda Lozano Ruiz.
Yazmin Zurelly Trujillo López.
Leidy Katherine Díaz.
Clara Inés Ospina.
Didier Orlando Lizcano Murcia.
Arnulfo Álvarez Villalobos.
Hernán Montealegre Monroy.

Consulta previa
María Alejandra Soto.
Astrid Lorena Reyes Chicué.
Yazmin Zurelly Trujillo López.
Paula Marcela Cortés.

EQUIPO TÉCNICO DE APOYO CORTOLIMA

Edwin Ferney Quintero – Profesional Universitario.

CONTENIDO

1 PRESENTACION 11

2 MORFOMETRÍA 12

3 HIDROCLIMATOLOGÍA 25

3.1 VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN 27

3.2 VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA 31

3.3 VARIABILIDAD DE LOS CAUDALES LÍQUIDOS 34

3.4 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL 36

3.5 PROPUESTA DE INSTRUMENTACIÓN 37

3.6 ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN TEMPERATURA 41

3.7 Análisis de tendencias en precipitaciones 44

3.8 Análisis de tendencias en caudal 47

4 MODELACIÓN HIDROLÓGICA 50

4.1 MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO 51

4.1.1 Modelo Río Saldaña 53

5 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA 56

5.1 CAUDALES MENSUALES 57

5.2 CAUDALES DIARIOS Y ANUALES 64

5.3 Curvas de duración de caudales 78

5.4 DEMANDA HÍDRICA 85

5.5 ANÁLISIS OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA 87

5.5.1 Oferta y demanda hídrica Río Amoyá 88

5.5.2 Oferta y demanda hídrica quebrada La Rivera 91

5.5.3 Oferta y demanda hídrica quebrada Alemania 92

5.5.4 Oferta y demanda hídrica quebrada San José 93

5.5.5 Oferta y demanda hídrica quebrada Tequendama 94

5.5.6 Oferta y demanda hídrica Río El Davis 94

5.5.7 Oferta y demanda hídrica Río Negro 95

5.5.8 Oferta y demanda hídrica quebrada San Pablo 96
5.5.9 Oferta y demanda hídrica quebrada San Jorge 97
5.5.10 Oferta y demanda hídrica quebrada El Cedral 98
5.5.11 Oferta y demanda hídrica quebrada Grande 99
5.5.12 Oferta y demanda hídrica Río Ambeima 100
5.5.13 Oferta y demanda hídrica quebrada Irco 101
5.5.14 Oferta y demanda hídrica quebrada Tuluni 102
5.5.15 Oferta y demanda hídrica quebrada El Neme 103
5.5.16 Oferta y demanda hídrica quebrada Guani 104
5.5.17 Oferta y demanda hídrica Amoyá Parques 105
5.5.18 Oferta y demanda hídrica Amoyá 02 106
5.5.19 Oferta y demanda hídrica Amoyá 03 107
5.5.20 Oferta y demanda hídrica Amoyá 04 108
5.5.21 Oferta y demanda hídrica Amoyá 05 109
6 INDICADORES HÍDRICOS 111
6.1 ÍNDICE DE USO DEL AGUA – IUA 111
6.2 ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA – IRH 112
6.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO – IVH 112
7 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES 122
7.1 CAUDALES MÁXIMOS, MEDIOS Y MÍNIMOS 122
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 129
9 BIBLIOGRAFÍA 131

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de cierre subcuencas analizadas en la cuenca del Río Amoyá 14
Tabla 2. Morfometría Amoyá y subcuencas Amoyá Parques, Alemania y Cedral 16
Tabla 3. Morfometría Guaní, Irco, La Rivera y San Jorge 16
Tabla 4. Morfometría Tequendama, Tuluní, Ambeima, El Davis 17
Tabla 5. Morfometría El Neme, Grande, San José, San Pablo, Río Negro 17
Tabla 6. Tiempo de concentración en horas Río Amoyá, Amoyá Parques, El Cedral, Neme y Grande 20
Tabla 7. Tiempo de concentración en subcuencas Guaní, Irco, La Rivera, San Jorge, San José y San Pablo 20
Tabla 8. Tiempo de concentración en subcuencas Tequendama, Tuluní, Ambeima, El Davis y Río Negro 21
Tabla 9. Estaciones seleccionadas para el análisis 25
Tabla 10. Caudales estación Puente Colache Río Saldaña 36
Tabla 11. Estaciones existentes en la cuenca del río Amoyá 38
Tabla 12. Análisis de tendencias temperatura zona de estudio (1987-2015) 42
Tabla 13. Análisis de tendencias precipitaciones zona de estudio (1987-2015) 45
Tabla 14. Análisis de tendencias caudales Río Saldaña (1987-2015) 48
Tabla 15. Áreas relacionadas con la modelación de la cuenca del Río Amoyá 50
Tabla 16. Factores correctores calibración modelo Saldaña – Est. Puente Colache 53
Tabla 17. Caudales mensuales ($m^3\ s^{-1}$) multianuales periodo 1987-2014 subcuencas de Amoyá 57
Tabla 18. Caudales anuales ($m^3 s^{-1}$) 1987-2014 cuenca Amoyá y subcuencas: Rivera, Alemania, San José, Tequendama, Davis, San Pablo y San Jorge 64
Tabla 19. Caudales anuales ($m^3 s^{-1}$) 1987-2015 cuenca Amoyá y subcuencas: Cedral, Grande, Ambeima, Irco, Tuluni, Neme, Guani, Amoyá Parques 66
Tabla 20. Permanencia de caudales por subcuencas de la cuenca del Río Amoyá ($m^3\ s^{-1}$) 83
Tabla 21. Principales concesiones hídricas otorgadas en la cuenca del Río Amoyá 85
Tabla 22. Principales concesiones hídricas otorgadas en la cuenca del Río Amoyá 88
Tabla 23. Caudales disponibles y concesionados en Río Amoyá ($m^3\ s^{-1}$) 89
Tabla 24. Caudales disponibles y concesionados en La Rivera ($m^3\ s^{-1}$) 91
Tabla 25. Caudales disponibles y concesionados en subcuenca Alemania ($m^3\ s^{-1}$) 92
Tabla 26. Caudales disponibles y concesionados en San José ($m^3\ s^{-1}$) 93
Tabla 27. Caudales disponibles y concesionados en Tequendama ($m^3\ s^{-1}$) 94
Tabla 28. Caudales disponibles y concesionados en El Davis ($m^3\ s^{-1}$) 95
Tabla 29. Caudales disponibles y concesionados en Río Negro ($m^3\ s^{-1}$) 96
Tabla 30. Caudales disponibles y concesionados en San Pablo ($m^3\ s^{-1}$) 97
Tabla 31. Caudales disponibles y concesionados en San Jorge ($m^3\ s^{-1}$) 98
Tabla 32. Caudales disponibles y concesionados en El Cedral ($m^3\ s^{-1}$) 99
Tabla 33. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Grande ($m^3\ s^{-1}$) 100
Tabla 34. Caudales disponibles y concesionados en Río Ambeima ($m^3\ s^{-1}$) 101
Tabla 35. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Irco ($m^3\ s^{-1}$) 102
Tabla 36. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Tuluni ($m^3\ s^{-1}$) 103
Tabla 37. Caudales disponibles y concesionados en quebrada El Neme ($m^3\ s^{-1}$) 104
Tabla 38. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Guani ($m^3\ s^{-1}$) 105
Tabla 39. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá Parques ($m^3\ s^{-1}$) 106

Tabla 40. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 02 (m^3 s^{-1}) 107
Tabla 41. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 03 (m^3 s^{-1}) 108
Tabla 42. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 04 (m^3 s^{-1}) 109
Tabla 43. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 05 (m^3 s^{-1}) 110
Tabla 44. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá para caudales medios..... 113
Tabla 45. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá para caudales mínimos..... 113
Tabla 46. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 01 113
Tabla 47. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 02 114
Tabla 48. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 03 114
Tabla 49. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 04 114
Tabla 50. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 05 114
Tabla 51. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá Parques..... 115
Tabla 52. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Alemana 115
Tabla 53. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada El Cedral..... 115
Tabla 54. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada El Neme..... 115
Tabla 55. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Grande..... 116
Tabla 56. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Guaní..... 116
Tabla 57. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Irco 116
Tabla 58. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Rivera 116
Tabla 59. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada San Jorge 117
Tabla 60. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada San José..... 117
Tabla 61. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada San Pablo 117
Tabla 62. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Tequendama..... 117
Tabla 63. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Tuluni..... 118
Tabla 64. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Rio Ambeima..... 118
Tabla 65. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Rio El Davis..... 118
Tabla 66. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Rio Negro 118
Tabla 67. Indicadores hídricos subcuencas Río Amoyá 119
Tabla 68. Frecuencia de caudales Amoyá, Amoyá 02, Amoyá 03 y Amoyá 04 122
Tabla 69. Frecuencia de caudales Amoyá 05, Amoyá Parques, Alemania, Ambeima ... 124
Tabla 70. Frecuencia de caudales Cedral, Davis, Grande, Guani 125
Tabla 71. Frecuencia de caudales Irco, Negro, Neme, Rivera..... 126
Tabla 72. Frecuencia de caudales San Jorge, San José, San Pablo, Tequendama, Tuluni.
..... 127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización cuenca del Río Amoyá 12
Figura 2. Superposición de mapas para definición de áreas de drenaje dentro de la cuenca del Río Amoyá. 13
Figura 3. Subcuencas definidas para el análisis de oferta y demanda hídrica en la cuenca de Amoyá 14
Figura 4. Localización puntos de cierre áreas de drenaje subcuencas del Río Amoyá.... 15
Figura 5. Delimitación zonas de Parques Nacionales y páramos en la cuenca del Río Amoyá 19
Figura 6. Tiempo de concentración cuenca Río Amoyá 22
Figura 7. Tiempo de concentración subcuencas Río Negro, Amoyá Parques, Alemania, Cedral, Ambeima, El Davis, Guaní, Irco..... 23
Figura 8. Tiempo de concentración subcuencas La Rivera, San Jorge, Tequendama, Tuluni, San Pablo, San José, Grande y El Neme. 24
Figura 9. Red hidroclimatológica en la zona de estudio 26
Figura10. Distribución espacial de la precipitación en zona de estudio 29
Figura11. Precipitación en zona de estudio..... 31
Figura12. Comportamiento de la temperatura en la zona de estudio 32
Figura13. Distribución espacial de la temperatura en zona de estudio..... 33
Figura14. Comportamiento caudales líquidos Río Saldaña Estación Puente Colache 35
Figura15. Comportamiento de la evapotranspiración en la zona de estudio..... 37
Figura 16. Distribución de estaciones de precipitación y temperatura respecto de la elevación en cuenca Río Saldaña..... 38
Figura 17. Distribución en elevación estaciones de precipitación y temperatura en cuenca Amoyá 39
Figura 18. Precipitación media anual estaciones cuenca Amoyá 39
Figura19. Precipitación en función de la elevación por estaciones cuenca Amoyá 40
Figura 20. Localización de nuevas estaciones hidroclimatológicas propuestas en cuenca Río Amoyá..... 41
Figura 21. Tendencias en la temperatura dentro de la zona de estudio 44
Figura 22. Tendencias en la precipitación dentro de la zona de estudio 47
Figura 23. Tendencias en series de caudal Río Saldaña 49
Figura 24. Descripción conceptual del modelo agregado de tanques..... 52
Figura 25. Calibración modelo cuenca del río Saldaña – Est. Puente Colache 54
Figura26. Mapas input para la implementación del modelo hidrológico distribuido..... 55
Figura 27. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá..... 68
Figura 28. Caudales diarios y anuales simulados La Rivera 68
Figura 29. Caudales diarios y anuales simulados Alemania..... 69
Figura 30. Caudales diarios y anuales simulados San José..... 69
Figura 31. Caudales diarios y anuales simulados Tequendama..... 70
Figura 32. Caudales diarios y anuales simulados Davis..... 70
Figura33. Caudales diarios y anuales simulados Negro..... 71
Figura34. Caudales diarios y anuales simulados San Pablo 71
Figura 35. Caudales diarios y anuales simulados San Jorge 72
Figura 36. Caudales diarios y anuales simulados El Cedral..... 72
Figura 37. Caudales diarios y anuales simulados quebrada Grande..... 73
Figura 38. Caudales diarios y anuales simulados Ambeima 73

Figura 39. Caudales diarios y anuales simulados Irco 74
Figura 40. Caudales diarios y anuales simulados Tuluni 74
Figura 41. Caudales diarios y anuales simulados El Neme 75
Figura 42. Caudales diarios y anuales simulados Guani 75
Figura 43. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá Parques 76
Figura 44. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_05 76
Figura 45. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_04 77
Figura 46. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_03 77
Figura 47. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_02 78
Figura 48. Curva de duración de caudales Río Amoyá 78
Figura 49. Curva de duración de caudales Río Amoyá en Amoyá Parques y quebradas: La Rivera, Alemania y San José 79
Figura 50. Curva de duración de caudales Tequendama, El Davis, Río Negro y San Pablo 79
Figura 51. Curva de duración de caudales San Jorge, El Cedral, Grande y Ambeima 81
Figura 52. Curva de duración de caudales Irco, Tuluni, Neme y Guani 82
Figura 53. Permanencia de caudales por subcuencas de la cuenca del Río Amoyá 84
Figura 54. Localización principales concesiones hídricas otorgadas por Cortolima 87
Figura 55. Oferta y demanda hídrica en Río Amoyá 89
Figura 56. Oferta y demanda hídrica en La Rivera 91
Figura 57. Oferta y demanda hídrica en subcuenca Alemania 92
Figura58. Oferta y demanda hídrica en San José 93
Figura 59. Oferta y demanda hídrica en Tequendama 94
Figura 60. Oferta y demanda hídrica en El Davis 95
Figura61. Oferta y demanda hídrica en Río Negro 96
Figura 62. Oferta y demanda hídrica en San Pablo 97
Figura 63. Oferta y demanda hídrica en San Jorge 98
Figura 64. Oferta y demanda hídrica en El Cedral 99
Figura 65. Oferta y demanda hídrica en quebrada Grande 100
Figura 66. Oferta y demanda hídrica en Río Ambeima 101
Figura 67. Oferta y demanda hídrica en quebrada Irco 102
Figura 68. Oferta y demanda hídrica en quebrada Tuluni 103
Figura 69. Oferta y demanda hídrica en quebrada El Neme 104
Figura 70. Oferta y demanda hídrica en quebrada Guani 105
Figura 71. Oferta y demanda hídrica en Amoyá Parques 106
Figura 72. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 02 107
Figura 73. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 03 108
Figura 74. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 04 109
Figura 75. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 05 110
Figura 76. Categorías Índice de Uso de Agua -IUA 111
Figura 77. Categorías IRH. 112
Figura78. Categorías IVH 112
Figura79. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Amoyá, Amoyá 02, Amoyá 03 y Amoyá 04 123
Figura80. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Amoyá 05, Amoyá Parques, Alemania, Ambeima 124
Figura 81. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Cedral, Davis, Grande, Guani 125

Figura82. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Irco, Negro, Neme, Rivera 126
Figura 83. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos San Jorge, San José, San Pablo, Tequendama, Tuluni. 128

1 PRESENTACION

Reportes sobre el comportamiento del clima indican que la magnitud y frecuencia de las precipitaciones podrían aumentar o disminuir en algunas regiones, lo cual se relaciona con los efectos del Cambio y la Variabilidad Climática, lo cual podría influir en la producción de alimentos y abastecimiento de agua para diferentes usos, además de interacciones asociadas a cambios de uso del suelo, que en muchos casos se realizan en el contexto de una inadecuada planificación ambiental y un débil ordenamiento territorial (IPCC, 2007; Beyene et al., 2010). Lo anterior se suma al hecho de que en América Latina la población urbana corresponde a más del 80% de la población total y dicha tasa es paralela a la de la pobreza y la demanda por el agua (ONU, 1995, 2007, Naciones Unidas/CEPAL, 2016) . Por lo tanto, es importante evaluar la disponibilidad hídrica superficial con fines de planificación, conservación y administración de los recursos de hídricos.

Este documento presenta los resultados del componente de hidrología, en el cual se desarrolla el diagnóstico de la oferta hídrica en la cuenca del Río Amoyá. Para tal fin, se utilizó el modelo hidrológico distribuido TETIS (Francés et al., 2007) con el que se modeló la cuenca del Río Saldaña partir de los resultados obtenidos por Trujillo (2018), debido a que en la cuenca de Amoyá no se encontraron registros históricos de caudales en la corriente principal provenientes de una estación hidrométrica. Por lo tanto, la modelación hidrológica distribuida permitió estimar los caudales disponibles en los puntos no aforados definidos para el análisis de la cuenca del Río Amoyá en este proyecto.

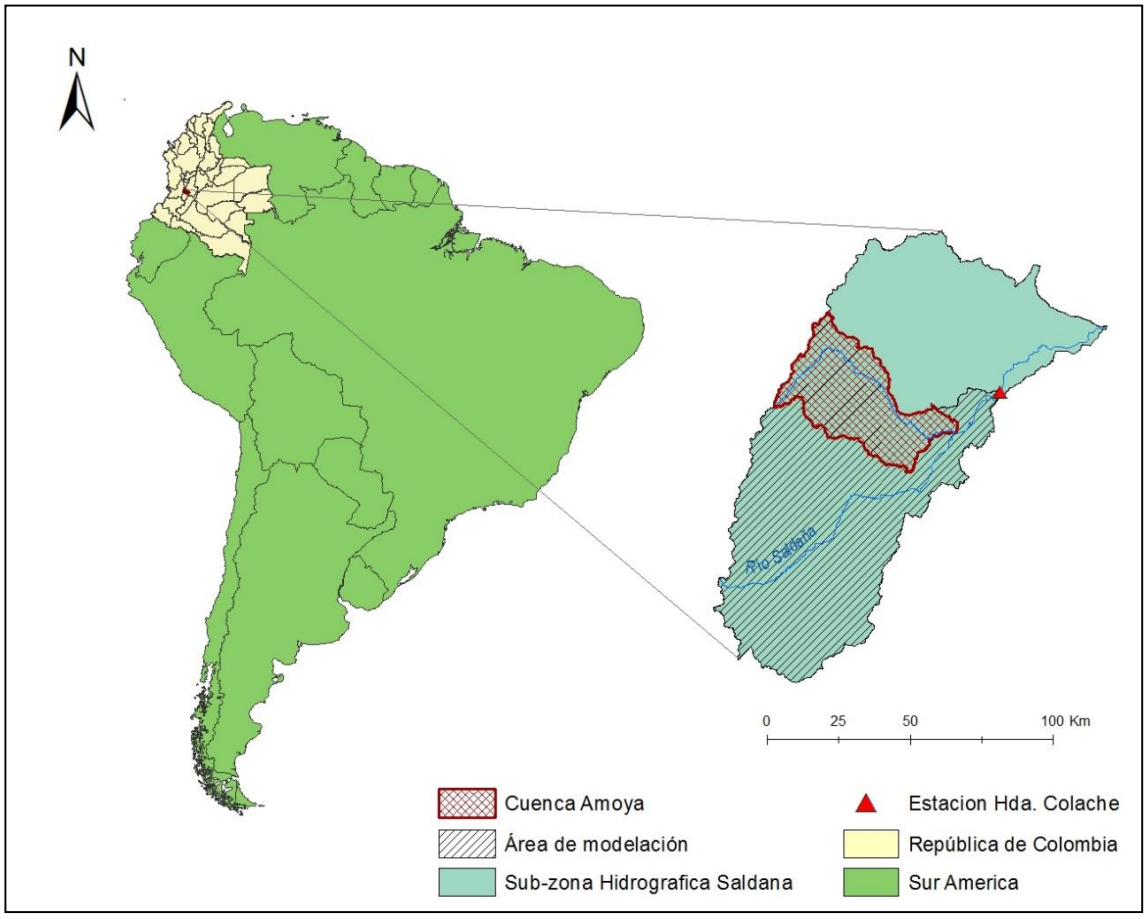
Los resultados obtenidos corresponden a: características morfométricas de las subcuencas definidas para el análisis hidrológico de la cuenca del Río Amoyá en el departamento de Tolima; características hidroclimatológicas, análisis de caudales medios, máximos y mínimos; caudales correspondientes a Q10, Q50, Q90; distribución temporal de caudales a escala mensual y anual; análisis de frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos; evaluación de escenarios de oferta y demanda hídrica superficial a partir de las concesiones que se encuentran especializadas en la cuenca; estimación del Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH; Índice del Uso del Agua IAU, y el Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH

Finalmente, los resultados y análisis se presentan de forma gráfica y numérica para facilitar su interpretación, de manera que posteriormente se analiza el estado de la oferta y demanda hídrica en la zona de estudio a partir de la información especializada de concesiones hídricas disponible al interior de la Corporación Autónoma Regional del Tolima.

2 MORFOMETRÍA

La zona de estudio definida en este análisis corresponde a la cuenca del Río Amoyá en el departamento del Tolima, la cual hace parte de la cuenca del Río Saldaña (Figura1).

Figura 1. Localización cuenca del Río Amoyá



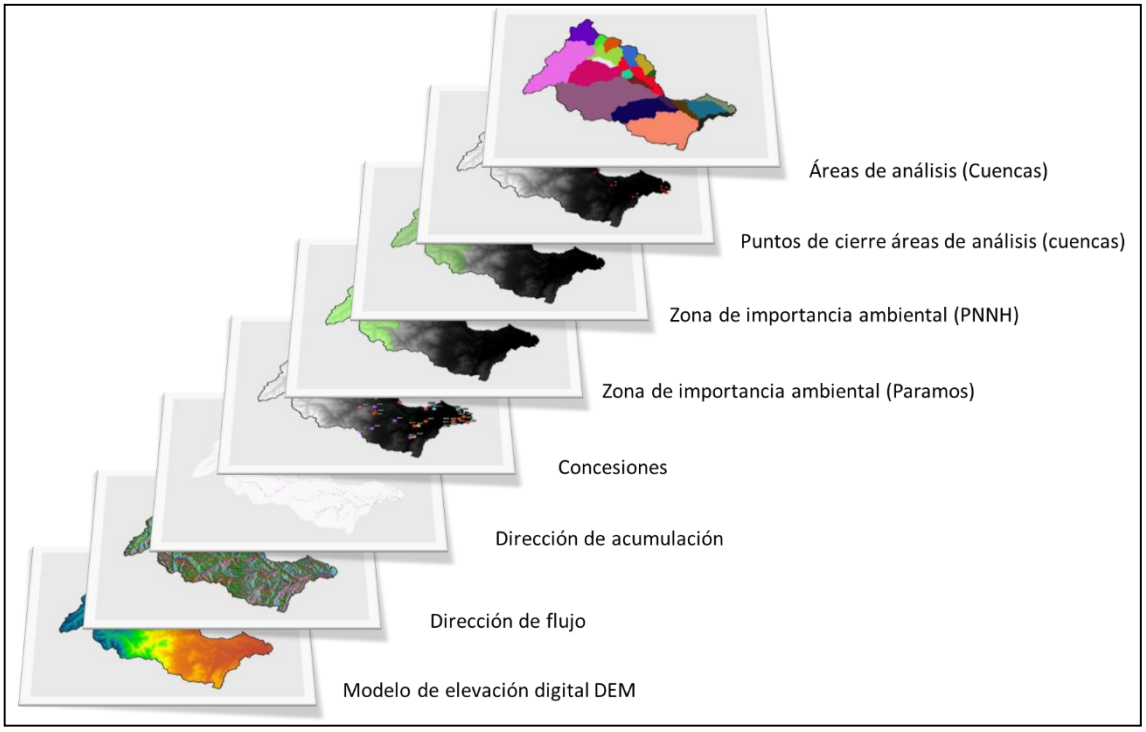
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Dentro de este análisis de definieron subcuencas dentro de la cuenca del Río Amoyá para facilitar el análisis del estado de la oferta y demanda hídrica, según la distribución espacial de concesiones hídricas otorgadas en la zona, lo cual condujo a definir 21 cuencas (Figura3). En este sentido los criterios para la definición de estas áreas de drenaje se presentan en el siguiente proceso (Figura2):

i. Generación de direcciones de flujo en el área de la cuenca a partir del modelo de elevación digital
ii. Generación de la dirección de acumulación del flujo en el área de la cuenca
iii. Localización concesiones hídricas otorgadas en el área de la cuenca del Río Amoyá

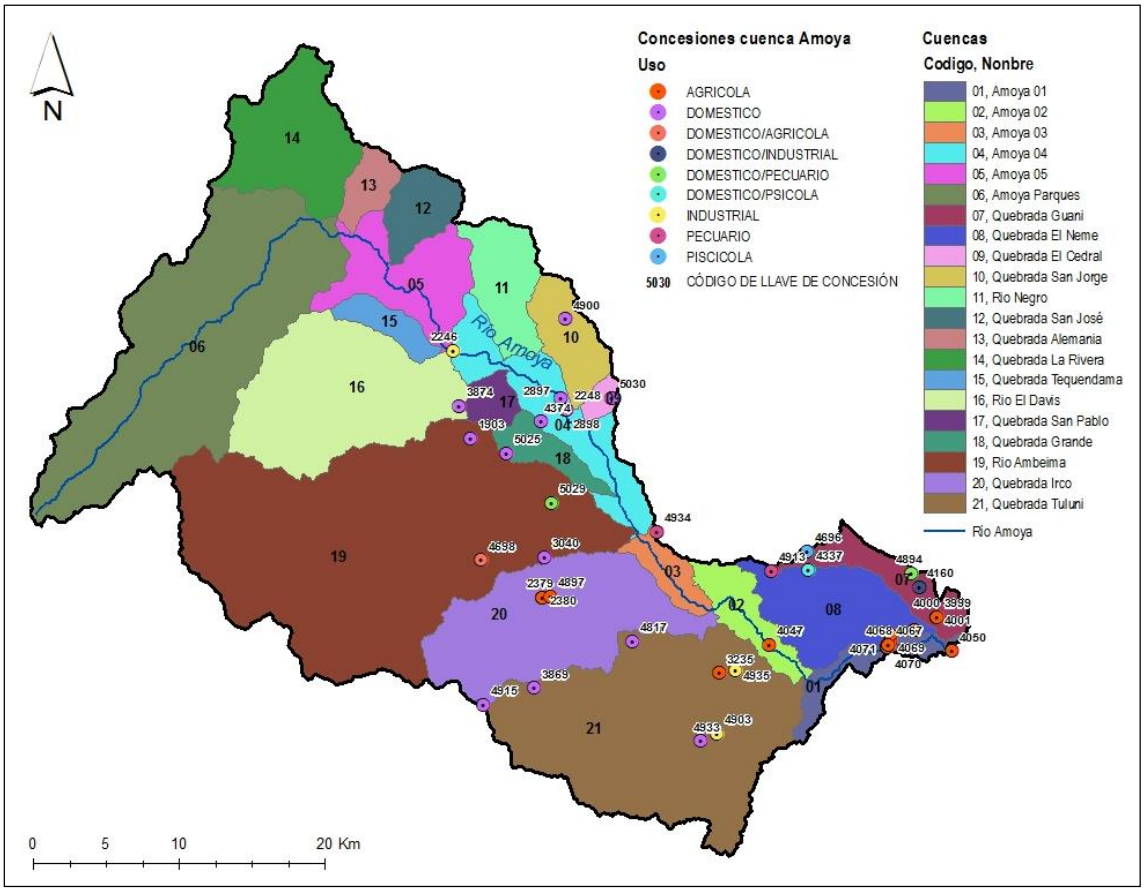
iv. Localización de zonas de protegidas en la cuenca. Ej. Parques Nacionales y zonas de páramo.
v. Definición de puntos de cierre en subcuencas de interés del Río Amoyá, según localización concesiones.
vi. Definición de áreas de drenaje

Figura 2. Superposición de mapas para definición de áreas de drenaje dentro de la cuenca del Río Amoyá.



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 3. Subcuencas definidas para el análisis de oferta y demanda hídrica en la cuenca de Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

En este sentido, a partir del modelo de elevación digital de la cuenca proveniente de la NASA a una resolución de 90mx90m, el mapa de cubierta vegetal y el de tipos de suelo, se estimaron los parámetros morfométricos de las subcuencas definidas para los análisis hidrológicos de este capítulo (Figura3), de manera que en este apartado se resumen las principales características morfométricas de dichas cuencas. En este punto, se aclara que los puntos de cierre de las subcuencas Amoyá Parques, Amoyá 01, 02, 03, 04 y 05 corresponden a las áreas aferentes de la cuenca del Río Amoyá sobre el cauce principal. Por lo tanto, los análisis corresponden a las áreas tributarias definidas al cierre de las microcuencas según las coordenadas presentadas en la Tabla 1 y Figura 4.

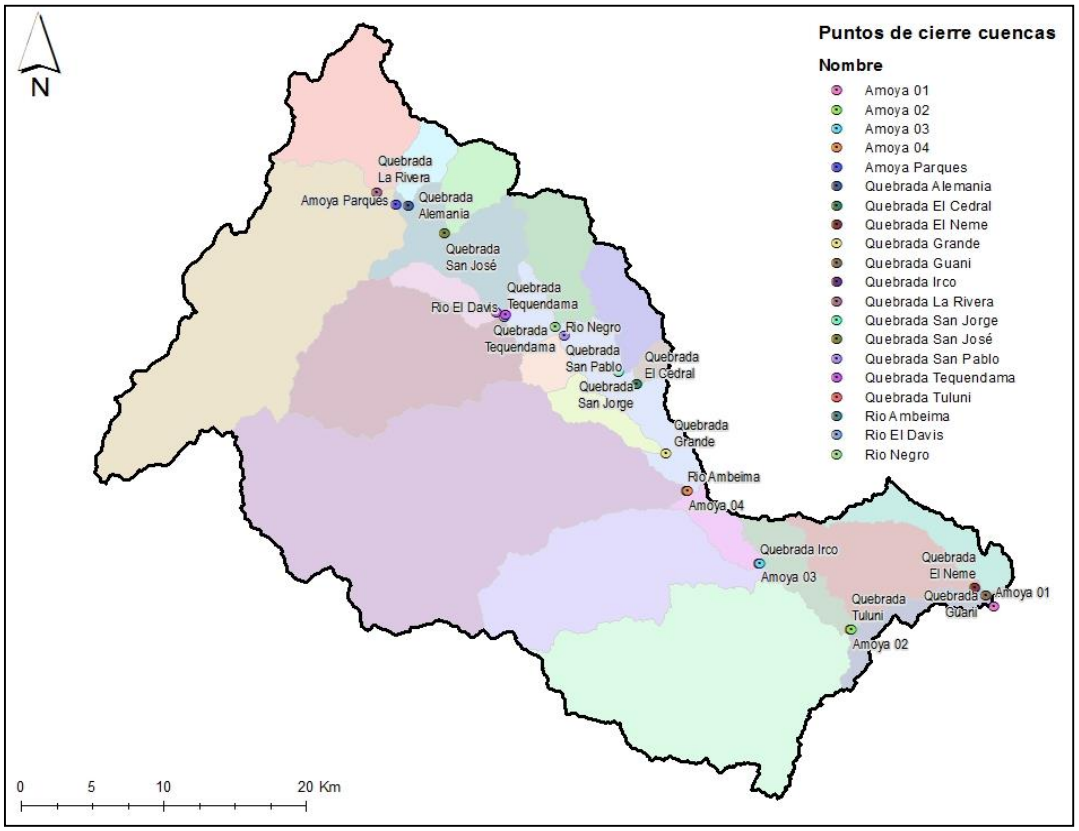
Tabla 1. Puntos de cierre subcuencas analizadas en la cuenca del Río Amoyá

Código	Nombre	Coordenada X	Coordenada Y
1	Amoyá 01	858892.96	896724.10
2	Amoyá 02	848869.53	895067.84
3	Amoyá 03	842449.74	899893.92

Código	Nombre	Coordenada X	Coordenada Y
4	Amoyá 04	837340.11	905057.49
5	Amoyá 05	824574.00	917755.80
6	Amoyá Parques	816855.86	925751.01
13	Quebrada Alemania	817759.37	925664.03
9	Quebrada El Cedral	833775.95	912757.40
8	Quebrada El Neme	857539.95	898083.65
18	Quebrada Grande	835852.80	907765.28
7	Quebrada Guani	858307.56	897523.75
20	Quebrada Irco	842382.53	899835.02
14	Quebrada La Rivera	815513.91	926640.92
10	Quebrada San Jorge	832491.50	913697.18
12	Quebrada San José	820247.52	923628.82
17	Quebrada San Pablo	828673.64	916309.27
15	Quebrada Tequendama	823938.60	917971.45
21	Quebrada Tuluni	848779.39	895097.52
19	Rio Ambeima	837249.80	905120.72
16	Rio El Davis	824518.91	917663.79
11	Rio Negro	828026.26	916926.02

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 4. Localización puntos de cierre áreas de drenaje subcuencas del Río Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

De acuerdo con la orientación de las subcuencas, se espera una mayor evapotranspiración en las cuencas con orientación oriente – occidente (E-W),

mientras que las orientaciones norte-sur (N-S) presentan una distribución de la insolación distribuida entre la mañana y la noche, lo cual implica que se presentan menores pérdidas de agua por concepto de evapotranspiración. En general la cuenca del Río Amoyá presenta una alta exposición a la insolación, de manera que la estimación de la evapotranspiración es importante en términos de cuantificar su magnitud y relación con la disponibilidad hídrica superficial. En este caso, se utilizó la ecuación de Turc, debido a que presento una apropiada representación del comportamiento de la evapotranspiración en la zona andina colombiana (Barco et al., 2000; Poveda et al., 2007b).

Por otra parte, se estimaron las características morfométricas de las subcuencas definidas en este estudio, de manera que los resultados se presentan en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

Tabla 2. Morfometría Amoyá y subcuencas Amoyá Parques, Alemania y Cedral

Parámetro	Símbolo	Río Amoyá	Amoyá Parques	Quebrada Alemania	Quebrada El Cedral	Unidades
Área	A	1312.42	221.70	14.50	5.43	Km^2
Orientación		NW-SE	SW-NE	NE-S	NE-SW	
Coeficiente de Forma	Kf	0.362	0.265	0.384	0.376	Adimensional
Coeficiente Compacidad	Kc	1.795	1.599	1.271	1.190	Adimensional
Índice de Alargamiento	IA	1.935	2.815	1.867	1.787	Adimensional
Índice asimétrico	Iasim	0.459	0.915	0.806	0.535	Adimensional
Elevación media	Em	2292.0	3178.5	2941.5	1598.0	m.s.n.m.
Pendiente media cuenca	Pm	45.95	29.00	51.78	29.00	%
Coeficiente masividad	km	1.570	14.337	202.870	294.156	m/Km^2
Orden Cauce Ppal	Orden	6	4	3	4	Adimensional
Densidad de drenaje	Da	1.240	1.118	1.059	1.039	Km/Km^2
Longitud cauce Ppal	Lc	101.735	34.191	6.468	3.868	Km
Sinuosidad	Sm	1.604	1.206	1.218	1.156	Km/Km
Pendientete del cauce Ppal	Pc	9.97	9.01	15.97	24.01	%
Coeficiente Torrencialidad	Ct	0.869	0.825	0.966	0.736	$Cauces/Km^2$

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 3. Morfometría Guaní, Irco, La Rivera y San Jorge

Parámetro	Símbolo	Quebrada Guani	Quebrada Irco	Quebrada La Rivera	Quebrada San Jorge	Unidades
Área	A	28.15	114.43	68.84	28.25	Km^2
Orientación		NW-SE	W-E	N-S	N-S	
Coeficiente de Forma	Kf	0.230	0.348	0.478	0.326	Adimensional
Coeficiente Compacidad	Kc	2.138	1.564	1.445	1.385	Adimensional
Índice de Alargamiento	IA	3.678	2.062	1.272	1.910	Adimensional
Índice asimétrico	Iasim	0.476	0.648	0.778	0.669	Adimensional

Parámetro	Símbolo	Quebrada Guani	Quebrada Irco	Quebrada La Rivera	Quebrada San Jorge	Unidades
Elevación media	Em	660.5	1764.0	3162.5	2102.0	m.s.n.m.
Pendiente media cuenca	Pm	18.31	29.00	48.31	29.00	%
Coeficiente masividad	km	23.461	15.416	45.937	74.396	m/Km^2
Orden Cauce Ppal	Orden	3	4	3	4	Adimensional
Densidad de drenaje	Da	1.440	1.334	1.111	1.192	Km/Km^2
Longitud cauce Ppal	Lc	16.489	24.370	18.525	10.280	Km
Sinuosidad	Sm	1.362	1.389	1.739	1.166	Km/Km
Pendientete del cauce Ppal	Pc	3.16	7.40	14.22	16.85	%
Coeficiente Torrencialidad	Ct	0.781	0.988	0.784	0.814	$Cauces/Km^2$

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 4. Morfometría Tequendama, Tuluní, Ambeima, El Davis

Parámetro	Símbolo	Quebrada Tequendama	Quebrada Tuluni	Río Ambeima	Río El Davis	Unidades
Área	A	14.03	207.37	327.67	119.79	Km^2
Orientación		W-E	W-E	W-E	W-E	
Coeficiente de Forma	Kf	0.210	0.502	0.313	0.421	Adimensional
Coeficiente Compacidad	Kc	1.479	1.517	1.517	1.341	Adimensional
Índice de Alargamiento	IA	3.314	1.181	1.636	1.452	Adimensional
Índice asimétrico	Iasim	0.920	0.768	0.681	0.826	Adimensional
Elevación media	Em	2579.0	1452.0	2471.0	2820.5	m.s.n.m.
Pendiente media cuenca	Pm	57.25	29.00	54.26	29.00	%
Coeficiente masividad	km	183.874	7.002	7.541	23.546	m/Km^2
Orden Cauce Ppal	Orden	2	4	5	4	Adimensional
Densidad de drenaje	Da	1.069	1.311	1.263	1.273	Km/Km^2
Longitud cauce Ppal	Lc	8.270	31.401	49.872	20.044	Km
Sinuosidad	Sm	1.163	1.545	1.644	1.269	Km/Km
Pendientete del cauce Ppal	Pc	13.58	7.40	12.24	12.00	%
Coeficiente Torrencialidad	Ct	0.856	0.940	0.858	0.818	$Cauces/Km^2$

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 5. Morfometría El Neme, Grande, San José, San Pablo, Río Negro

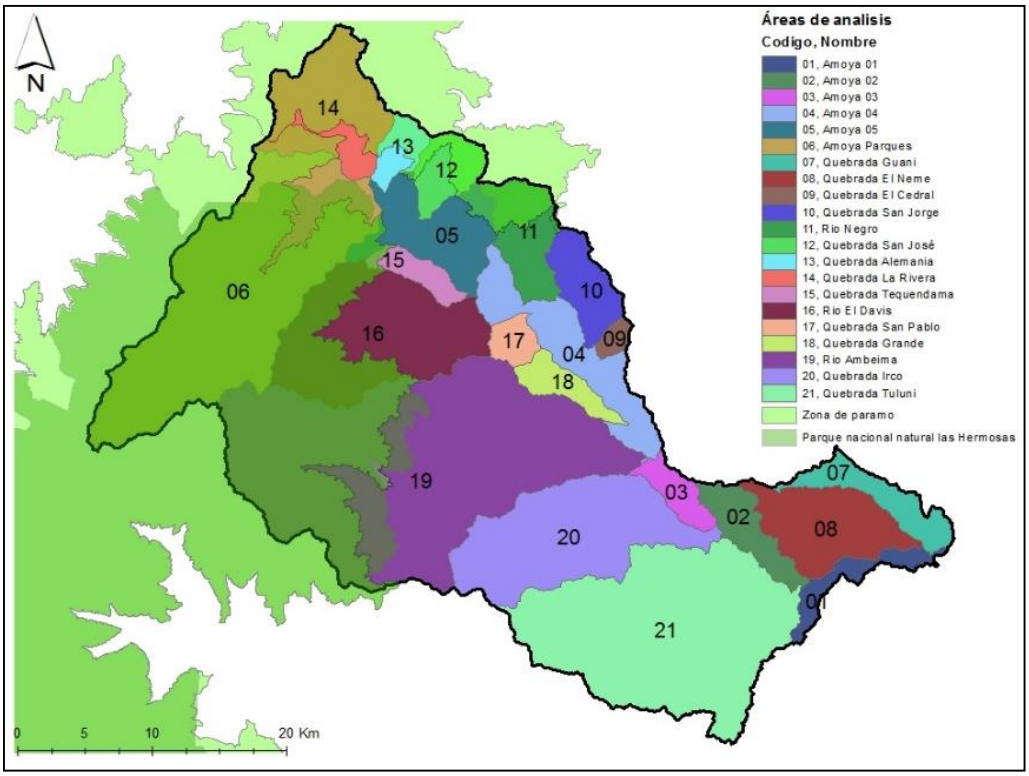
Parámetro	Símbolo	Quebrada El Neme	Quebrada Grande	Quebrada San José	Quebrada San Pablo	Río Negro	Unidades
Área	A	56.71	16.68	23.44	11.18	36.22	Km^2
Orientación		NW-SE	NW-SE	NE-SW	W-NE	N-S	
Coeficiente de Forma	Kf	0.270	0.177	0.416	0.581	0.373	Adimensional
Coeficiente Compacidad	Kc	1.546	1.594	1.205	1.197	1.455	Adimensional
Índice de Alargamiento	IA	1.905	2.898	1.609	1.068	1.890	Adimensional
Índice asimétrico	Iasim	0.401	0.793	0.926	0.390	7353.068	Adimensional
Elevación media	Em	639.5	1728.0	2932.5	2056.5	2633.0	m.s.n.m.
Pendiente media cuenca	Pm	14.90	29.00	56.50	29.00	53.65	%
Coeficiente masividad	km	11.276	103.578	125.102	184.015	72.693	m/Km^2
Orden Cauce Ppal	Orden	2	4	3	4	4	Adimensional
Densidad de drenaje	Da	1.394	1.098	1.200	1.211	1.309	Km/Km^2
Longitud cauce Ppal	Lc	19.488	10.214	11.890	4.580	12.630	Km
Sinuosidad	Sm	1.441	1.200	2.217	1.269	1.352	Km/Km
Pendientete del cauce Ppal	Pc	2.66	11.37	12.27	14.87	18.41	%
Coeficiente Torrencialidad	Ct	0.935	1.019	0.981	1.074	0.828	$Cauces/Km^2$

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Con base en las variables morfométricas la cuenca del Río Amoyá presenta una orientación NW-SE, de manera que sus laderas presentan exposición a la insolación durante medio día, lo cual contribuye a que las pérdidas por evapotranspiración sean menores que en el caso de una cuenca sometida a insolación durante todo el día. El área de drenaje presenta una red bien irrigada de manera que presenta una tendencia media moderada en la ocurrencia de eventos torrenciales. Así mismo, es posible que la presencia de escurrimiento superficial en el cauce principal este mayormente influenciada por la variación en la ocurrencia y cantidad de la precipitación, no obstante, hay presencia de escurrimiento superficial durante todo el año en sus principales subcuencas y cauce principal.

Por otra parte, se identifica que la mayor cantidad de precipitaciones se localiza en la parte alta y representa la zona de recarga de la cuenca. Por lo tanto, es importante considerar potenciales efectos sobre el comportamiento de la disponibilidad hídrica y el régimen de crecidas ante escenarios de cambios de uso del suelo y el cambio climático. De manera que se identifica la necesidad de conservar la zona alta de la cuenca, particularmente las zonas definidas dentro de la zona de Parques Nacionales y Páramos, las cuales corresponden a las áreas de drenaje: Amoyá Parques; quebradas las San José, Alemania, La Rivera, Río Negro; parque alta de las subcuencas: Davis, Tequedama y Ambeima (Figura 5).

Figura 5. Delimitación zonas de Parques Nacionales y páramos en la cuenca del Río Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

En general la cuenca del Río Amoyá y sus subcuencas corresponden a zonas predominantemente de montaña con tendencia media a eventos torrenciales. Por otra parte se calculó el tiempo de concentración para cada una de las subcuencas definidas en este estudio mediante la aplicación de 24 metodologías, de manera que los valores adoptados corresponden al proceso de descartar los valores extremos que distan del promedio de las metodologías aplicadas, tal como proponen Vélez & Botero (2010). Al final, se realiza el promedio de los valores obtenidos sin incluir los out-layers, cuyos resultados se presentan en las Tablas 6 a 8 y Gráficos 6 a 8. Dichos valores en relación con las áreas de drenaje, confirmar la tendencia modera a la ocurrencia de eventos torrenciales, mientras que para las áreas de drenaje más pequeña, dicha tendencia es más alta, Ej: Quebradas El Cedral, San Pablo, San Jorge, Grande y Tequedama.

Tabla 6. Tiempo de concentración en horas Río Amoyá, Amoyá Parques, El Cedral, Neme y Grande

Método	Río Amoyá	Amoyá Parques	Quebrada Alemania	Quebrada El Cedral	Quebrada El Neme	Quebrada Grande
Kirpich	0.314	5.509	0.314	1.046	0.314	2.177
Guaire	4.912	9.779	4.912	2.963	4.912	5.119
Bureau EEUU	4.025	3.038	4.025	0.307	4.025	0.785
Benham	4.118	2.502	4.118	0.301	4.118	0.740
Temez	8.602	20.726	8.602	4.509	8.602	9.066
Passini	0.256	1.940	0.256	1.131	0.256	1.181
Pizarro	0.183	0.116	0.183	0.008	0.183	0.024
Branby-Williams	9.330	9.915	9.330	1.906	9.330	4.320
California Culvert Practice	4.091	2.486	4.091	0.299	4.091	0.735
ASC modificada	0.005	0.099	0.005	0.018	0.005	0.038
Clark	3.323	6.273	3.323	1.517	3.323	2.320
SCS	42.973	15.776	42.973	2.819	42.973	6.017
Federal Aviation Agency	3.929	3.471	3.929	1.277	3.929	2.016
George Rivero	17.933	8.484	17.933	1.133	17.933	3.009
Giandotti	0.641	2.902	0.641	1.075	0.641	1.687
Henderson y Wooding	1.997	17.834	1.997	4.886	1.997	8.652
Izzard	0.002	0.132	0.002	0.065	0.002	0.088
Johnstone Cross	45.031	0.882	45.031	0.300	45.031	0.483
Método Racional Generalizado	0.211	0.133	0.211	0.021	0.211	0.046
Morgali y Linsley	1.982	17.701	1.982	4.850	1.982	8.587
Pérez	0.060	0.032	0.060	0.002	0.060	0.006
Pilgrim y McDermott	6.414	5.918	6.414	1.446	6.414	2.215
Snyder	11.285	8.860	11.285	4.821	11.285	6.388
Tiempo de Concentración	**7.462**	**5.514**	**4.336**	**2.053**	**4.336**	**3.518**

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 7. Tiempo de concentración en subcuencas Guaní, Irco, La Rivera, San Jorge, San José y San Pablo

Método	Quebrada Guani	Quebrada Irco	Quebrada La Rivera	Quebrada San Jorge	Quebrada San José	Quebrada San Pablo
Kirpich	0.314	4.020	0.314	2.212	0.314	1.149
Guaire	4.912	7.107	4.912	5.033	4.912	3.137
Bureau EEUU	4.025	1.958	4.025	0.768	4.025	0.332
Benham	4.118	1.392	4.118	0.685	4.118	0.316
Temez	8.602	13.789	8.602	8.872	8.602	4.851

Método	Quebrada Guani	Quebrada Irco	Quebrada La Rivera	Quebrada San Jorge	Quebrada San José	Quebrada San Pablo
Passini	0.256	1.693	0.256	1.449	0.256	1.309
Pizarro	0.183	0.052	0.183	0.021	0.183	0.008
Branby-Williams	9.330	6.464	9.330	3.949	9.330	2.009
California Culvert Practice	4.091	1.383	4.091	0.680	4.091	0.314
ASC modificada	0.005	0.072	0.005	0.038	0.005	0.019
Clark	3.323	4.733	3.323	2.857	3.323	1.967
SCS	42.973	11.212	42.973	6.135	42.973	3.080
Federal Aviation Agency	3.929	2.624	3.929	1.992	3.929	1.330
George Rivero	17.933	5.708	17.933	2.724	17.933	1.257
Giandotti	0.641	2.143	0.641	1.675	0.641	1.102
Henderson y Wooding	1.997	13.951	1.997	8.760	1.997	5.257
Izzard	0.002	0.112	0.002	0.089	0.002	0.066
Johnstone Cross	45.031	0.719	45.031	0.488	45.031	0.319
Método Racional Generalizado	0.211	0.081	0.211	0.043	0.211	0.022
Morgali y Linsley	1.982	13.847	1.982	8.695	1.982	5.218
Pérez	0.060	0.014	0.060	0.005	0.060	0.002
Pilgrim y McDermott	6.414	4.603	6.414	2.705	6.414	1.902
Snyder	11.285	7.705	11.285	6.306	11.285	5.033
Promedio	**4.336**	**5.533**	**4.336**	**3.563**	**4.336**	**2.236**

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

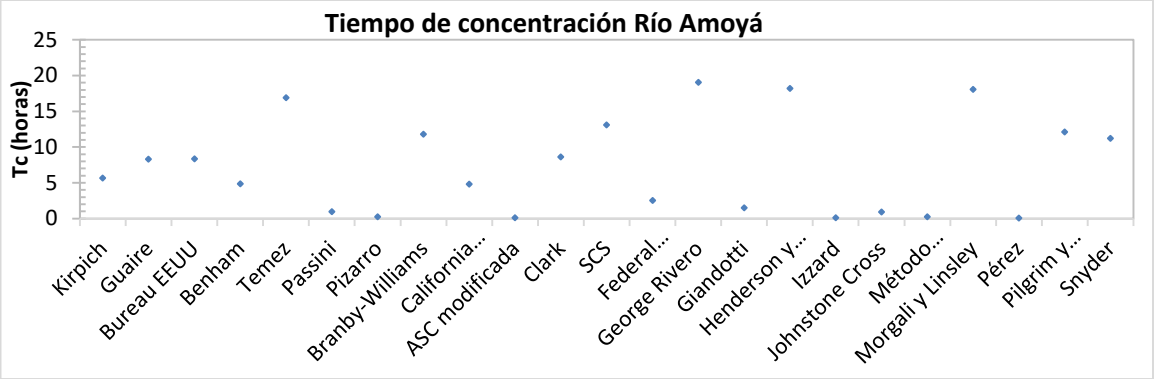
Tabla 8. Tiempo de concentración en subcuencas Tequendama, Tuluní, Ambeima, El Davis y Río Negro

Método	Quebrada Tequendama	Quebrada Tuluni	Río Ambeima	Río El Davis	Río Negro
Kirpich	0.314	4.690	0.314	3.581	0.314
Guaire	4.912	7.368	4.912	6.993	4.912
Bureau EEUU	4.025	2.830	4.025	1.468	4.025
Benham	4.118	1.712	4.118	1.204	4.118
Temez	8.602	14.437	8.602	13.505	8.602
Passini	0.256	1.885	0.256	1.843	0.256
Pizarro	0.183	0.071	0.183	0.041	0.183
Branby-Williams	9.330	6.681	9.330	6.094	9.330
California Culvert Practice	4.091	1.701	4.091	1.195	4.091
ASC modificada	0.005	0.084	0.005	0.063	0.005
Clark	3.323	5.830	3.323	4.901	3.323
SCS	42.973	13.022	42.973	10.033	42.973

Método	Quebrada Tequendama	Quebrada Tuluni	Río Ambeima	Río El Davis	Río Negro
Federal Aviation Agency	3.929	2.681	3.929	2.608	3.929
George Rivero	17.933	6.403	17.933	5.002	17.933
Giandotti	0.641	2.151	0.641	2.162	0.641
Henderson y Wooding	1.997	15.733	1.997	12.749	1.997
Izzard	0.002	0.118	0.002	0.108	0.002
Johnstone Cross	45.031	0.795	45.031	0.667	45.031
Método Racional Generalizado	0.211	0.096	0.211	0.072	0.211
Morgali y Linsley	1.982	15.616	1.982	12.654	1.982
Pérez	0.060	0.019	0.060	0.011	0.060
Pilgrim y McDermott	6.414	5.770	6.414	4.684	6.414
Snyder	11.285	7.972	11.285	7.539	11.285
Promedio	**4.336**	**6.210**	**4.336**	**5.218**	**4.336**

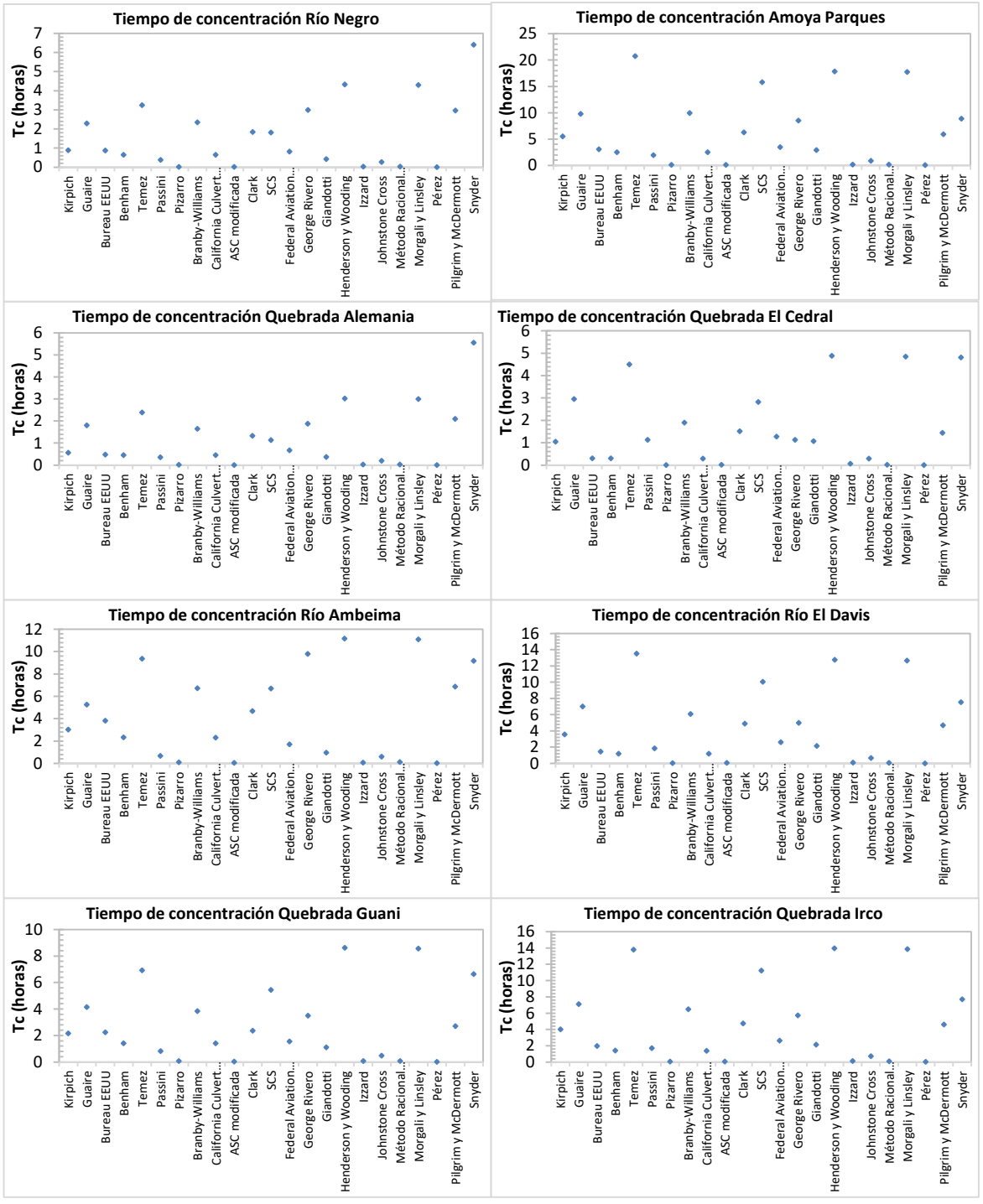
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 6. Tiempo de concentración cuenca Río Amoyá



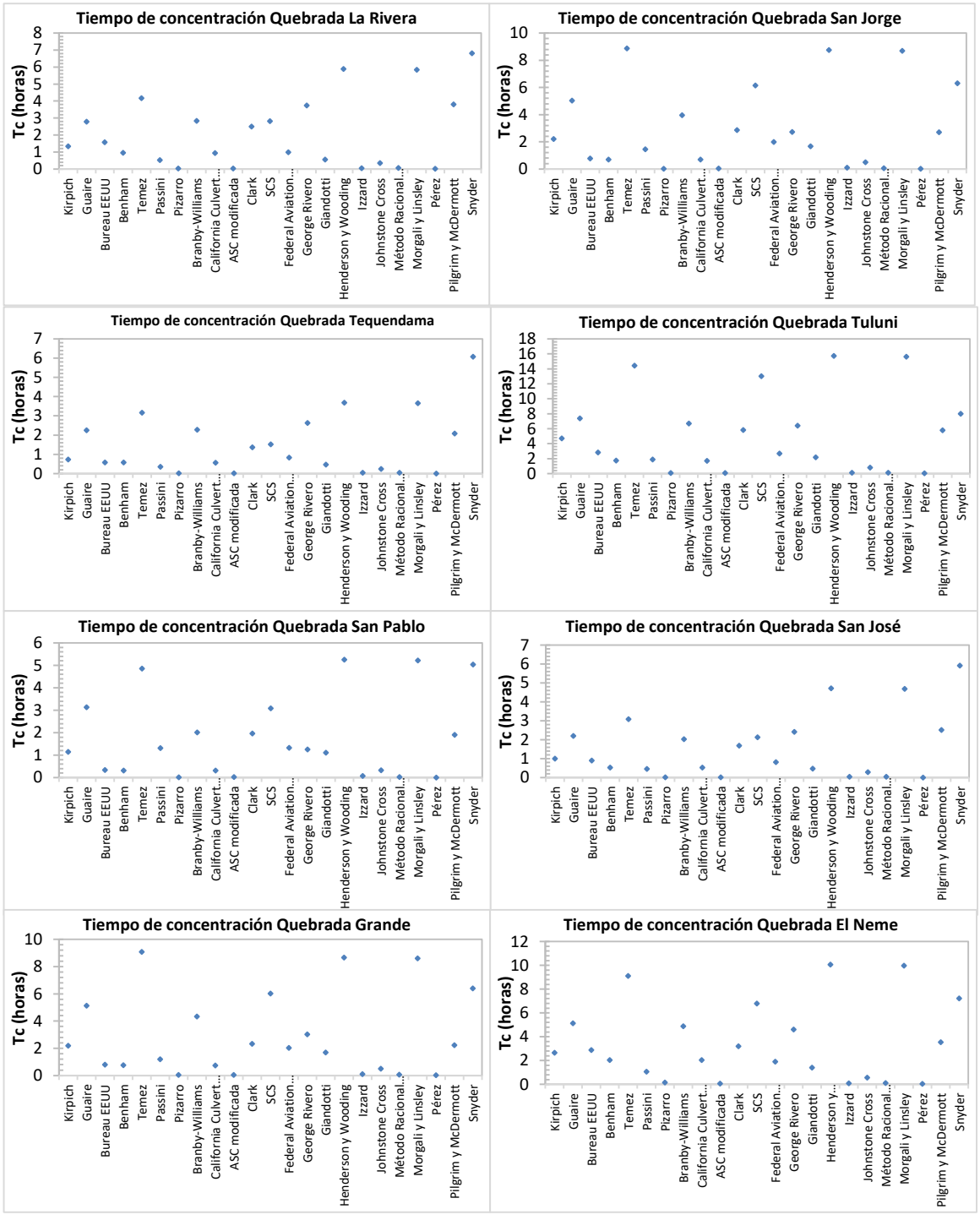
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 7. Tiempo de concentración subcuencas Río Negro, Amoyá Parques, Alemania, Cedral, Ambeima, El Davis, Guaní, Irco



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 8. Tiempo de concentración subcuencas La Rivera, San Jorge, Tequendama, Tuluni, San Pablo, San José, Grande y El Neme.



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

3 HIDROCLIMATOLOGÍA

Para conocer el comportamiento espacial y temporal de las variables y hidroclimatológicas dentro de la cuenca del Río Amoyá y su relación con la oferta y demanda hídrica de las subcuencas definidas para el análisis hidrológico en este proyecto se dispuso de la información hidroclimatológica proveniente de 44 estaciones administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (Tabla 9, Figura9). Sin embargo, para efectos de la modelación hidrológica se seleccionaron las estaciones que disponían de series con un periodo de registro de mínimo 20 años y la menor cantidad de datos faltantes (Figura9). Así mismo, se contó con el modelo de elevación digital con una resolución de 0.9m x 0.9m proveniente de la NASA (2005), mapa de cobertura vegetal y usos del suelo a escala 1:25.000 correspondiente al año 2017 disponible en Cortolima y el estudio de suelos del departamento del Tolima (IGAC, 2008). Dicha información fue útil para la estimación de las propiedades hidráulicas del suelo en relación con la cobertura vegetal mediante la aplicación de las funciones las funciones de pedotransferencia propuestas por Saxton & Rawls (2006), lo cual junto con la información climatológica permitió la implementación del modelo hidrológico conceptual TETIS de forma distribuida (Francés et al., 2007). En este sentido es preciso aclarar que debido a las limitaciones de información de suelos en la zona de estudio, los parámetros de suelos para el modelo hidrológico corresponden a valores modales (Universitat Politècnica de València, 2011).

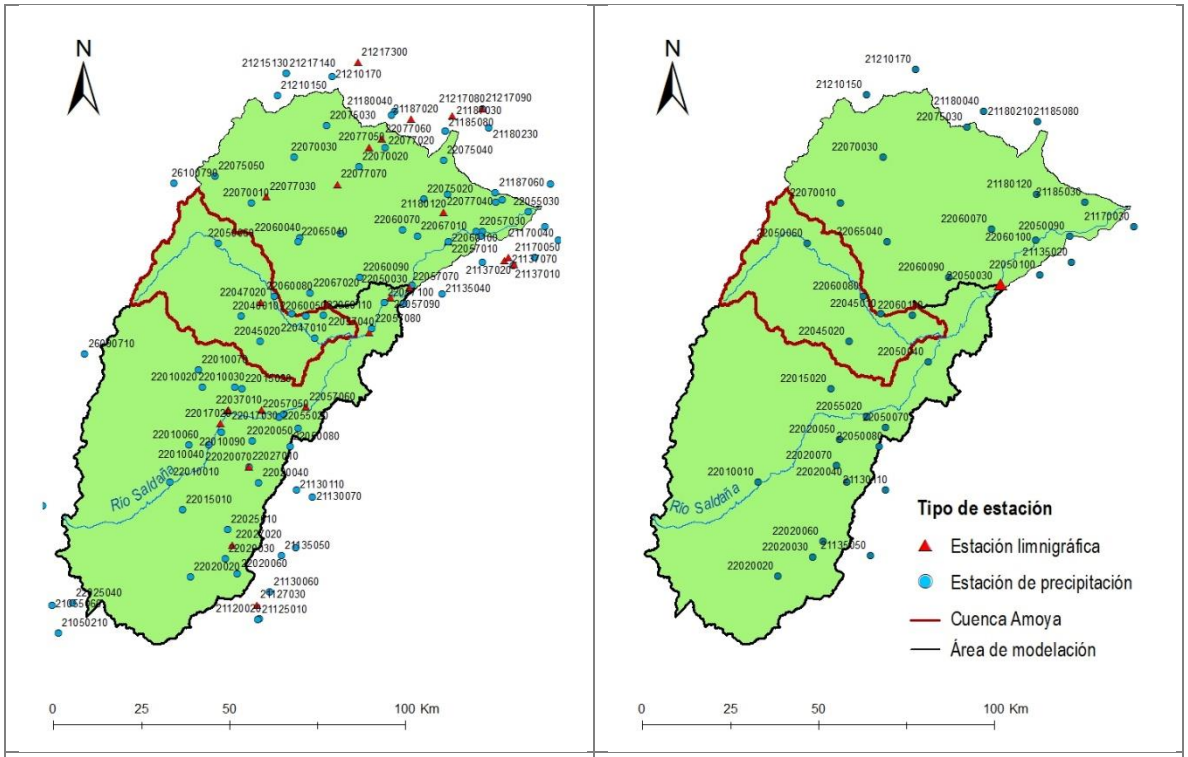
Tabla 9. Estaciones seleccionadas para el análisis

Código	Tipo	Estación	Latitud	Longitud	Elevación M S.N.M.	Periodo De Registro
21050170	PM	Yarumal	785167,43	813303,73	1950	1975- Actual
21125010	CO	Santamaría	775231,43	857975,7	1300	1971 - Actual
22045010	PM	El Carmen	823980,13	860334,57	2250	1969 - Actual
21130110	PG	Praga	853324,23	842725,46	1085	1973 - Actual
21135020	CO	Jabalcón	918554,81	896088,75	425	1963 - Actual
21135030	CP	Anchique	885390	887010	415	1963 - Actual
21135050	CO	Julia La	834485,86	838280,45	1691	1987 - Actual
21170030	PM	Maporita La Dc Hda	928991,46	913980,14	280	1979 - Actual
21180040	PM	Rovira 2	960851,11	870877,18	950	1971 - Actual
21180120	PM	Lorena La Hda	937191,68	886024,84	450	1978 - Actual
21180210	PM	Valle De San Juan	958734,44	886117,21	1000	1971 - Actual
21185030	CP	Guamo	935327,99	899816,12	360	1953 - Actual
21185080	CO	Valle De San Juan	958437,71	885652,1	650	1986 - Actual
21210150	PM	Cascada La	966265,19	837568,99	3080	1983 - Actual
21210170	PM	Palogrande Hda	973719,94	850987,53	2200	1986 - Actual

Código	Tipo	Estación	Latitud	Longitud	Elevación M S.N.M.	Periodo De Registro
22010010	PM	Herrera	855864,24	806742,05	2000	1973 - Actual
22010070	PM	Gaitán	815346	883017	1990	1980 - Actual
22015020	CO	Relator	881899,29	827485,43	1200	1986 - Actual
22020020	PM	Pena Rica	828982,52	812245,39	1780	1973 - Actual
22020030	PM	Gaitania	834274,19	821770,41	1500	1973 - Actual
22020040	PM	Casa De Zinc	855652,57	831718,77	1700	1973 - Actual
22020050	PM	Santiago Pérez	867505,93	829602,1	1200	1975 - Actual
22020060	PM	Rioclaro	838930,87	824945,42	2230	1986 - Actual
22020070	PM	Cóndor El	860520,91	829178,76	770	1979 - Actual
22045010	CO	Demostración Gja	902814,64	841627,43	1040	1964 - Actual
22045020	CO	Limón El	895817,84	831977,93	1000	1986 - Actual
22050030	PM	Colache Hda	912218,28	875588,19	370	1959 - Actual
22050040	PG	Ataco	889854,04	855460,38	486	1963 - Actual
22050060	PG	San José D Hermosa	924145,87	820050,33	040	1973 - Actual
22050070	PM	San Pedro	872056,77	842619,62	1630	1973 - Actual
22050080	PM	Pan De Azúcar	865812,59	841032,12	1600	1975 - Actual
22050090	PM	Molino Murra	925264,09	895716,01	410	1980 - Actual
22050100	PM	Guayabos Los	915200,18	887143,05	780	1986 - Actual
22055020	CO	Mesa De Pole	874067,61	837433,78	500	1968 - Actual
22060070	PM	Ortega	927500,51	872606,3	495	1971 - Actual
22060080	PM	Pando El	908490,91	836450,78	900	1973 - Actual
22060090	PM	Olaya Herrera	913709,23	861424,18	475	1973 - Actual
22060100	PM	Piedras De Cobre	924145,87	885279,36	316	1979 - Actual
22060110	PM	Guaini	902154,37	850614,79	780	1986 - Actual
22065040	CO	San Antonio Quinta	923400,4	842787,31	1500	1971 - Actual
22070010	PM	Roncesvalles	935327,99	830114,24	2468	1962 - Actual
22070030	PM	Sta. Helena	948373,8	842041,84	2700	1975 - Actual
22075030	CO	Riomanso	956946,76	865897,02	2020	1973 - Actual
22057070	LG	Pte. Colache	910946,48	875026,56	372	1974-- Actual

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 9. Red hidroclimatológica en la zona de estudio



a) Estaciones hidroclimatológicas en cuenca del río Saldaña administradas por IDEAM

b) Estaciones hidroclimatológicas utilizadas para la modelación hidrológica del Río Saldaña

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Por otra parte, se definieron subcuencas, según la distribución espacial de las concesiones hídricas que a la fecha se han espacializado en Cortolima en la cuenca del Río Amoyá, de manera que fuera posible realizar análisis de sobre el estado de la oferta y demanda hídrica en la zona.

3.1 VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN

La descripción del comportamiento de la lluvia en la zona de estudio fue posible mediante obtención de series diarias del periodo comprendido entre el año 1987 y 2014 de las estaciones administradas por el IDEAM y que se indican en la Tabla 9 y Figura9b. Para describir la distribución espacial y temporal de la precipitación se determinaron las medias por cada estación y se aplicó el método de la distancia inversa al cuadrado, tal como indican Guerrero *et al*., 2008; Peña *et al*., 2014;(HEC, 2017):

$$W_x = \frac{\frac{1}{d_x^2}}{\frac{1}{d_x^2} + \frac{1}{d_y^2} + \frac{1}{d_z^2}}$$

Donde W_x: indica el peso de la estación *x.* A su vez, d_x, d_y, d_z: corresponden a la distancia de las estaciones *x, y, z* respecto del centroide. Posteriormente, se estimó la precipitación en el nodo *Pn*, respecto del tiempo como se indica a continuación:

$$P_n(t) = W_x P_x(t) + W_x P_y(t) + W_z P_z(t)$$

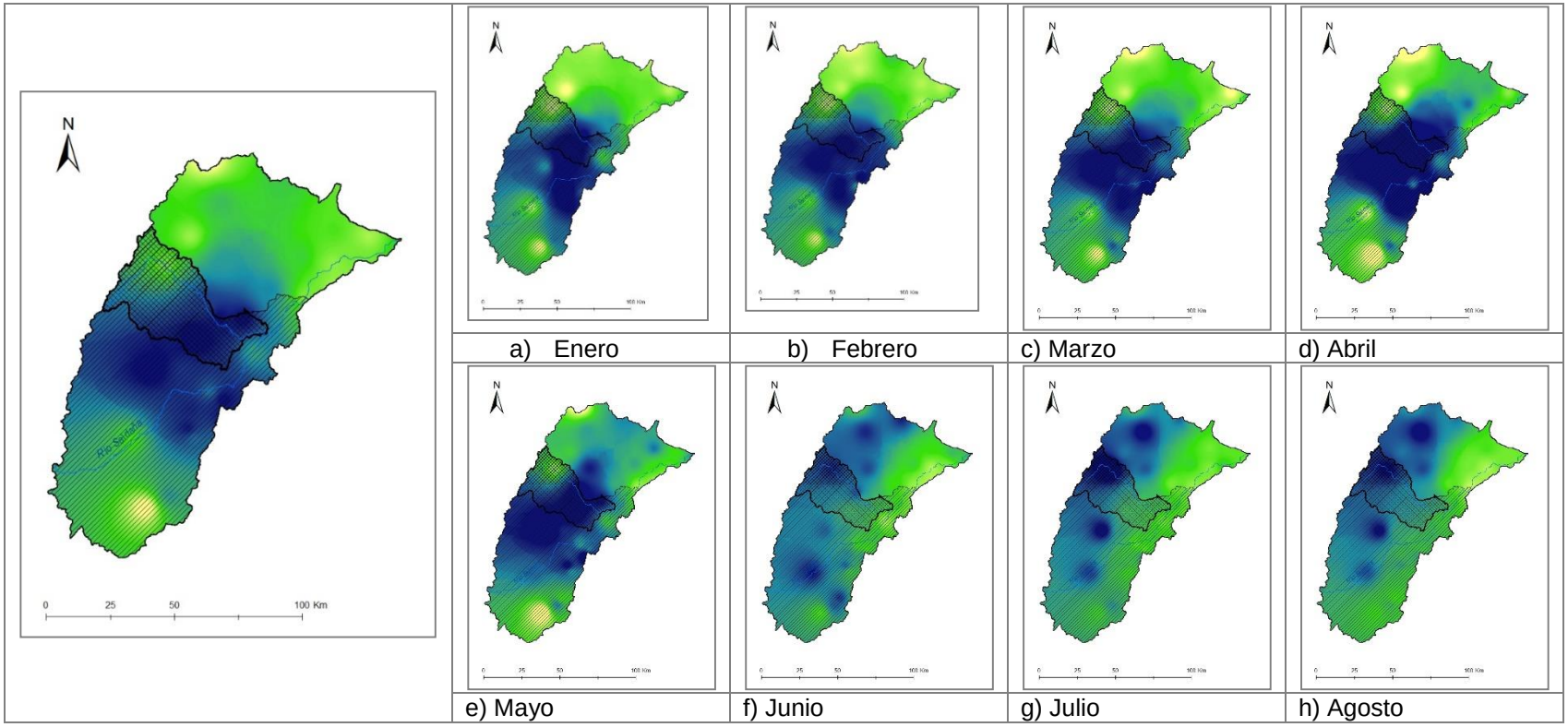
Finalmente, se trazaron las isoyetas en la zona de estudio considerando la aplicación de la siguiente expresión:

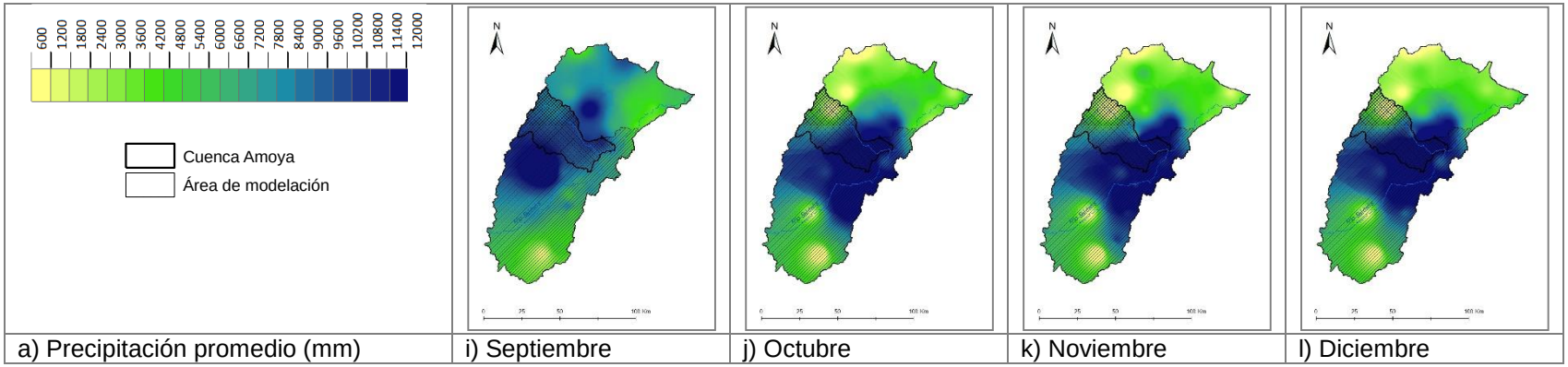
$$Pm = \frac{\sum W_n P_n(t)}{\sum W_n}$$

Pm: precipitación media de la cuenca
W_n : peso asignado al nodo
P_n: precipitación en el nodo.

Con base en lo anterior, se trazaron las isoyetas en la zona de estudio para describir la lluvia mensual multianual del periodo 1987 – 2014, cuyos resultados se presentan en el Figura 10.

Figura10. Distribución espacial de la precipitación en zona de estudio



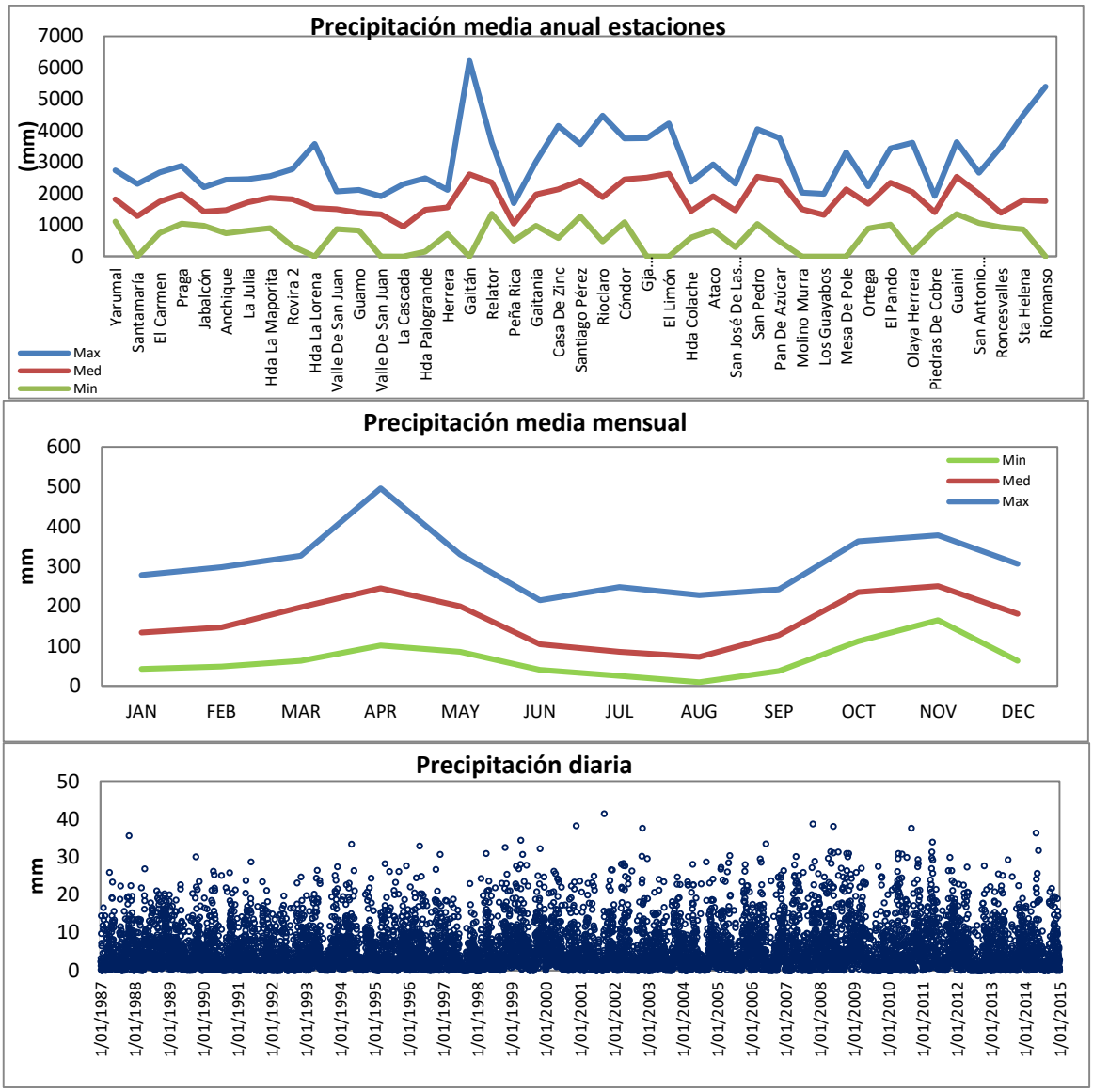


a) Precipitación promedio (mm)	i) Septiembre	j) Octubre	k) Noviembre	l) Diciembre

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Por otra parte, se presenta la distribución de la lluvia a escala anual, mensual y diaria (Figura11), de manera que se encontró comportamiento bimodal. En este caso, se identifican dos periodos húmedos localizados en los meses de marzo, abril y mayo, mientras que los periodos con menor cantidad de lluvias se presentan durante los meses de enero, febrero y junio a septiembre.

Figura11. Precipitación en zona de estudio



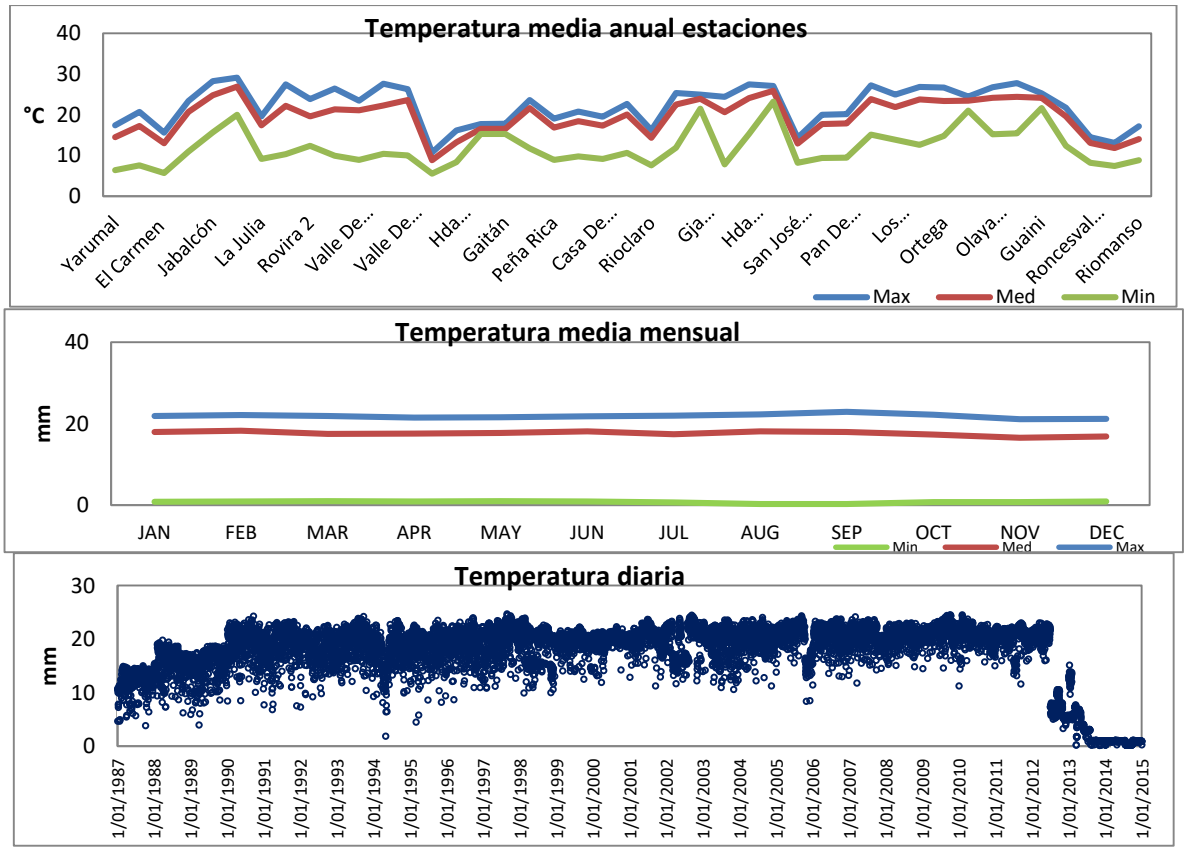
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

3.2 VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA

En la zona de estudio se presenta una temperatura media anual 20.0 °C, de manera que en la cuenca se registran elevaciones entre los 4166 y 418 m.s.n.m. En este caso, dado que la cuenca solo se encuentra 11 estaciones que miden la temperatura, se aplicó la ecuación de escalamiento de la temperatura por elevación para la zona andina propuesta por Poveda et al. (2007a). Con dicha relación fue posible determinar la temperatura en los puntos pluviométricos en donde no se

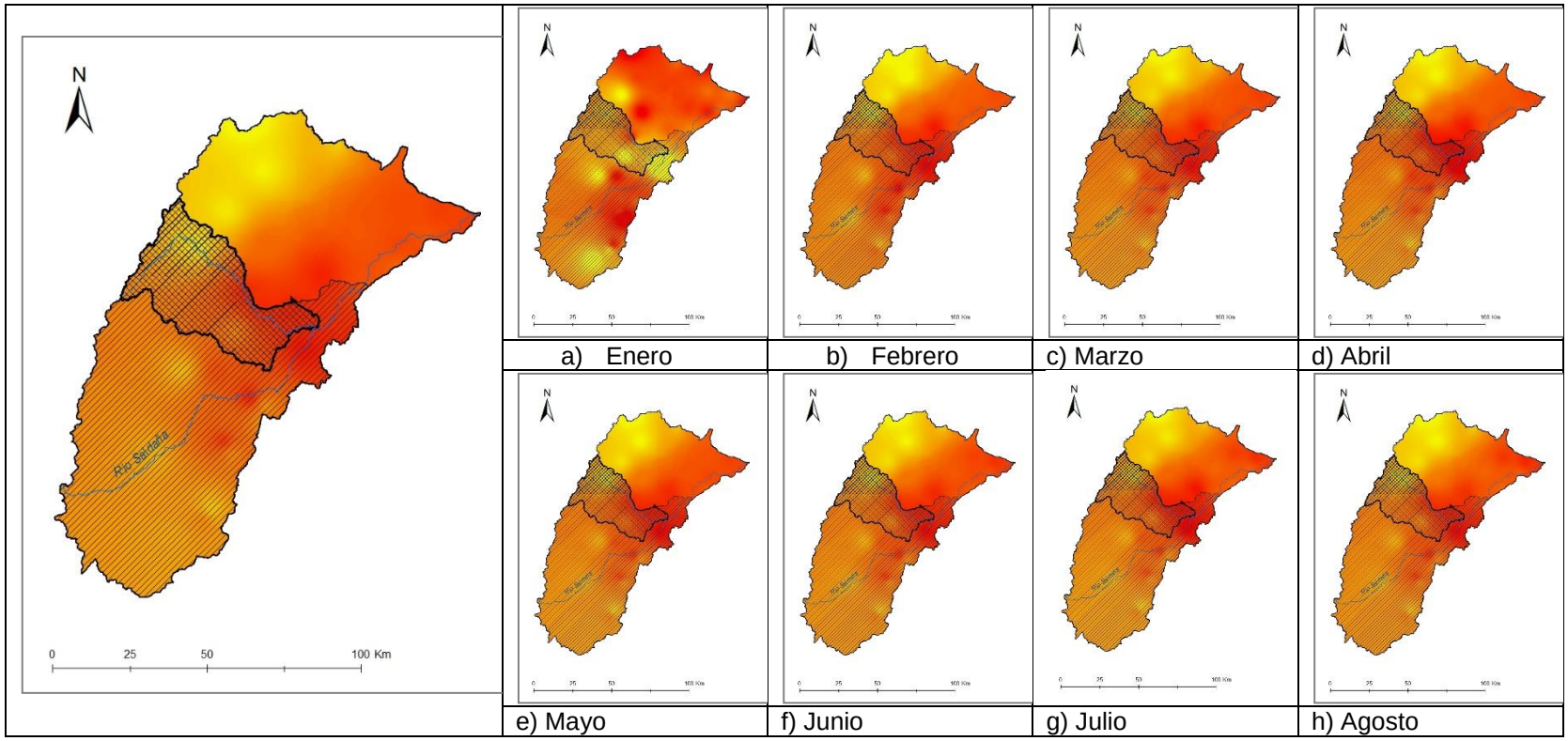
disponía de series de temperatura y posteriormente, estas series fueron insumo para estimar la evapotranspiración potencial en la zona de estudio. De la misma manera que en el caso de la precipitación, se presenta la descripción de la distribución espacial y temporal de la temperatura en la zona de estudio (Gráficos 12 y 13).

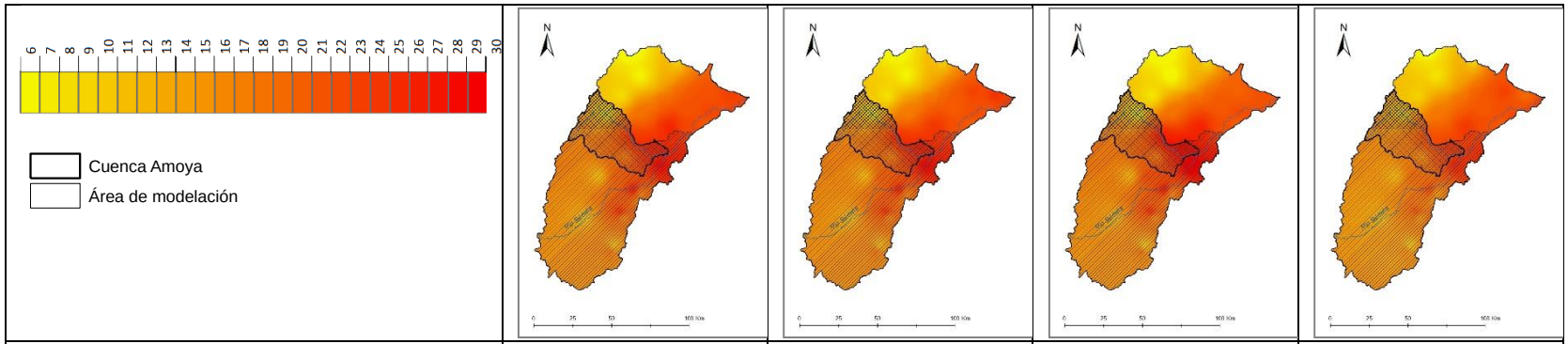
Figura12. Comportamiento de la temperatura en la zona de estudio



Fuente: Grupo de Gestión Integral de Recurso Hídrico. GIRH. CORTOLIMA, 2019.

Figura13. Distribución espacial de la temperatura en zona de estudio





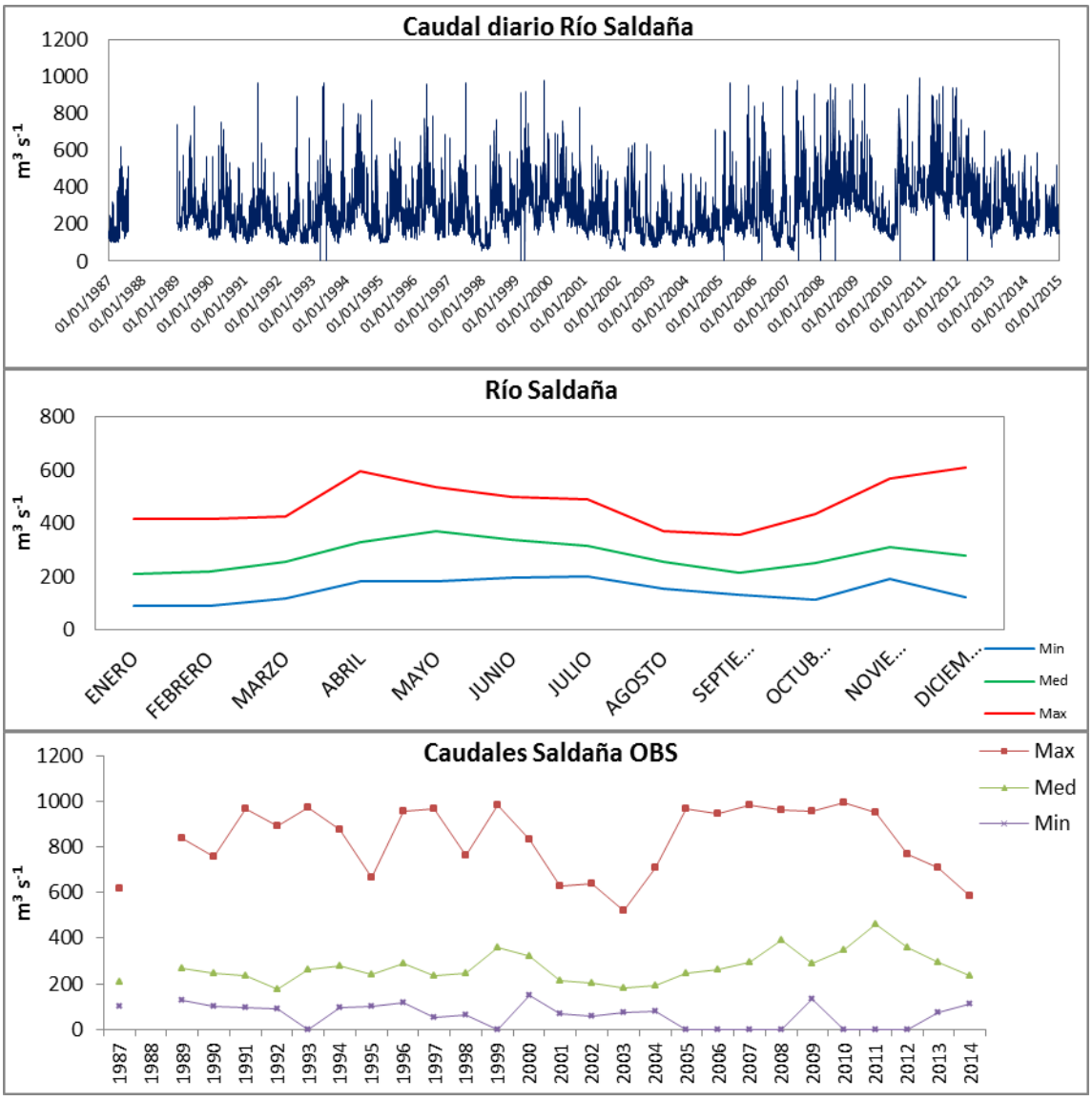
a) Temperatura promedio (°C)	i) Septiembre	j) Octubre	k) Noviembre	l) Diciembre

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

3.3 VARIABILIDAD DE LOS CAUDALES LÍQUIDOS

De acuerdo con los registros del IDEAM, no se dispone de estación hidrométrica sobre el Río Amoyá, lo cual condujo a generar las series de esta cuenca mediante modelación hidrológica distribuida. Por lo tanto, se encontró registro de caudales diarios del Río Saldaña en la estación Puente Colache identificada con código 22057070. El Figura14 y Tabla 10 se presenta el comportamiento diario, mensual y anual de los caudales en el Río Saldaña. De manera que dicha serie temporal fue útil en el proceso de calibración del modelo hidrológica de la cuenca del Río Saldaña y posteriormente la estimación de las series de caudales en los puntos no aforados de la cuenca del Río Amoyá.

Figura14. Comportamientos caudales líquidos Río Saldaña Estación Puente Colache



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Con base en los registros de caudales reportados en la estación Puente Colache se identifica que el caudal medio mensual se distribuye de forma bimodal siguiendo el patrón de distribución de la lluvia mensual (Figura14). Lo cual es una referencia aproximada del tiempo de residencia promedio del agua en este sistema hidrológico.

Tabla 10. Caudales estación Puente Colache Río Saldaña

Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Min	89.5	89.6	117.4	180.6	181.1	194.5	199.6	153.4	133.0	113.3	191.9	120.3	184.0
Med □	207.6	217.9	257.3	330.6	371.8	338.4	317.5	254.5	213.3	249.2	310.1	276.9	278.0
Max	417.1	418.5	425.7	597.1	534.1	500.5	492.1	370.9	357.4	434.1	566.2	608.4	467.3
Varianza □	7112.7	8540.4	8157.0	10644.9	6908.8	5693.2	6069.4	3352.7	3939.8	6531.5	9958.1	10204.0	4341.6
Dsv Std	85.9	94.2	92.0	105.1	84.7	76.9	79.4	59.0	64.0	82.4	101.8	103.1	67.2
Coef. Desv.	2.4	2.3	2.8	3.1	4.4	4.4	4.0	4.3	3.3	3.0	3.0	2.7	4.1
Kurtosis	0.1	-0.6	-1.0	-0.2	-0.4	-0.2	0.0	-0.8	0.2	-0.3	0.9	3.3	1.2

4 **Fuente**: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

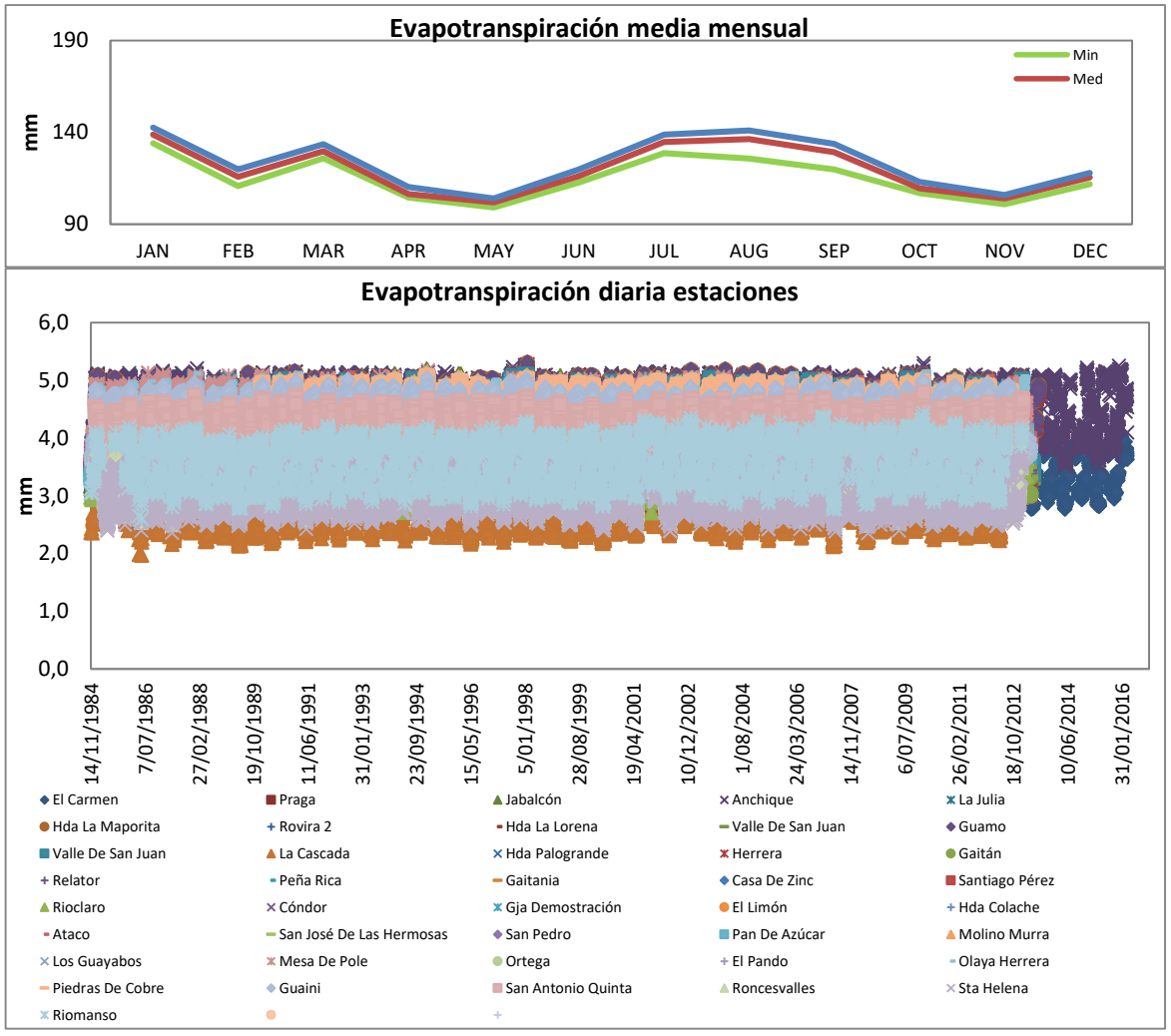
3.4 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración según Peña L.E. y Guerrero J.G. (2008), es la combinación del intercambio de agua entre el suelo y la atmósfera por concepto de la combinación de la evaporación del agua y la transpiración de las plantas mientras que otros autores como Thorntthwaite (1948) la definen como la cantidad de agua que se podría evaporar de la superficie del suelo y la que transpira las plantas si el suelo estuviera en capacidad de campo (contenido máximo óptimo de humedad)[1]. Más tarde Blaney y Criddle (1952) definieron “uso consumo o evapotranspiración” en términos muy similares a los anteriores como “la suma de los volúmenes de agua usados por el crecimiento vegetativo de una cierta área por conceptos de transpiración y formación de tejidos vegetales y evaporada desde el suelo adyacente[2]. Para el cálculo de la evapotranspiración en la zona de estudio, se aplicó el método de Turc, dado que es uno de los métodos que mejor describe la evapotranspiración en la zona andina de Colombia (Poveda et al., 2007a). Los resultados obtenidos se presentan en el Figura15 en donde se puede observar durante los meses de enero, marzo, julio, agosto y septiembre, tienen lugar las mayores pérdidas por evapotranspiración en la zona de estudio con valores de 140, 135, 142, 143 y 130 mm respectivamente. De manera que en general a escala diaria se pierden entre 2 y 5mm por concepto de evapotranspiración en la zona de estudio (Figura15).

[1] Hilda. J. Instituto colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT); Clasificaciones climáticas. Bogota Colombia. 1991; p. 51

[2] Blaney, H.F., Rich, L.R., Criddle, W.D., and others, Consumptive use of water: Transactions of the American Society of Civil Engineers, no. 117, 1952; p. 948-967.

Figura15. Comportamiento de la evapotranspiración en la zona de estudio



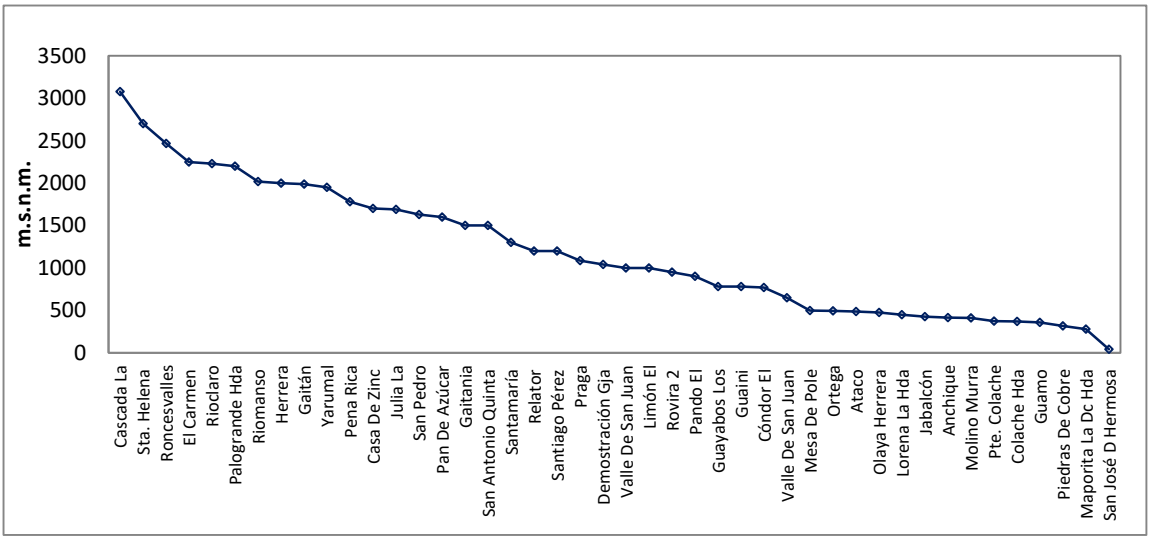
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

3.5 PROPUESTA DE INSTRUMENTACIÓN

En la cuenca del Río Saldaña se localizan 44 estaciones que miden precipitación y temperatura, variables importantes para los análisis hidrológicos de cuencas (Figura9). En este sentido, se encuentran estaciones registrando la precipitación en distancias verticales promedio de 50 m en un rango que va de los 480 hasta los 3200 m.s.n.m. (Figura16), lo cual corresponde a una densidad de monitoreo apropiada para la cuenca del Río Saldaña. Sin embargo, dentro de la cuenca del Río Amoyá solo se cuenta con 8 estaciones que monitorean la precipitación y temperara, de las cuales 6 presentan registros con un periodo mayor de 20 años para cubrir un área de drenaje de 1460.22 Km^2 (Tabla 11), de manera que dichas

estaciones podrían ser insuficientes para describir el comportamiento mínimamente de la precipitación y la temperatura en la cuenca del Río Amoyá.

Figura 16. Distribución de estaciones de precipitación y temperatura respecto de la elevación en cuenca Río Saldaña



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 11. Estaciones existentes en la cuenca del río Amoyá

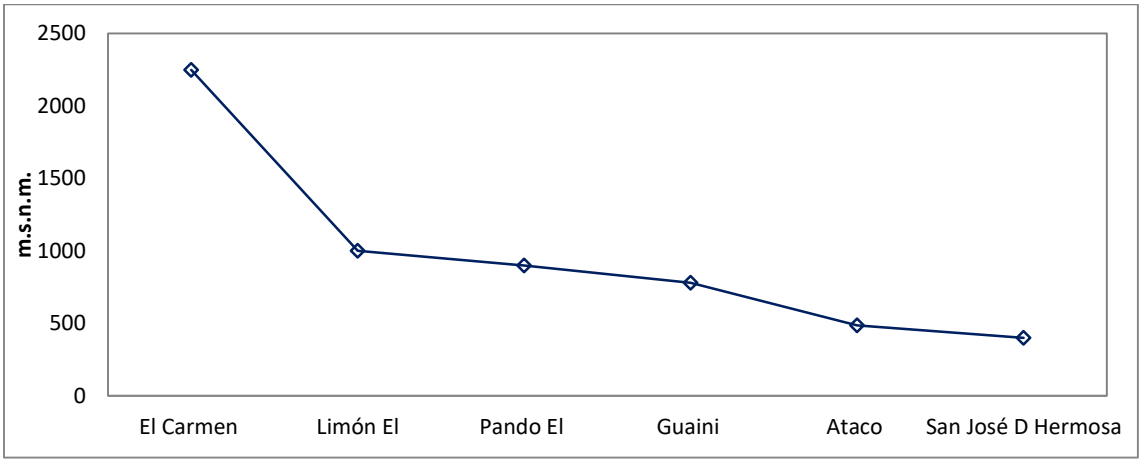
Código	Tipo	Estación	Latitud	Longitud	Elevación m s.n.m.	Periodo de Registro
22045010	PM	El Carmen	823980,13	860334,57	2250	1969 - Actual
22045020	CO	Limón El	895817,84	831977,93	1000	1986 - Actual
22060080	PM	Pando El	908490,91	836450,78	900	1973 - Actual
22060110	PM	Guaini	902154,37	850614,79	780	1986 - Actual
22050040	PG	Ataco	889854,04	855460,38	486	1963 - Actual
22050060	PG	San José D Hermosa	924145,87	820050,33	400	1973 - Actual

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Con base en lo anteriormente expuesto, fue necesario analizar la ubicación de las estaciones dentro de la cuenca del Río Amoyá en relación con su elevación (Figura17), de manera que se encontró que se encuentra una estación en promedio cada 200m de altura. Adicionalmente, no se localizan estaciones hidrométricas directamente sobre el Río Amoyá, lo cual implica que las series de caudales deben ser obtenidas de forma sintética o en este caso mediante modelación hidrológica. Por lo tanto, se consideraron los aspectos de instrumentación en precipitación y

caudal recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization, 2008).

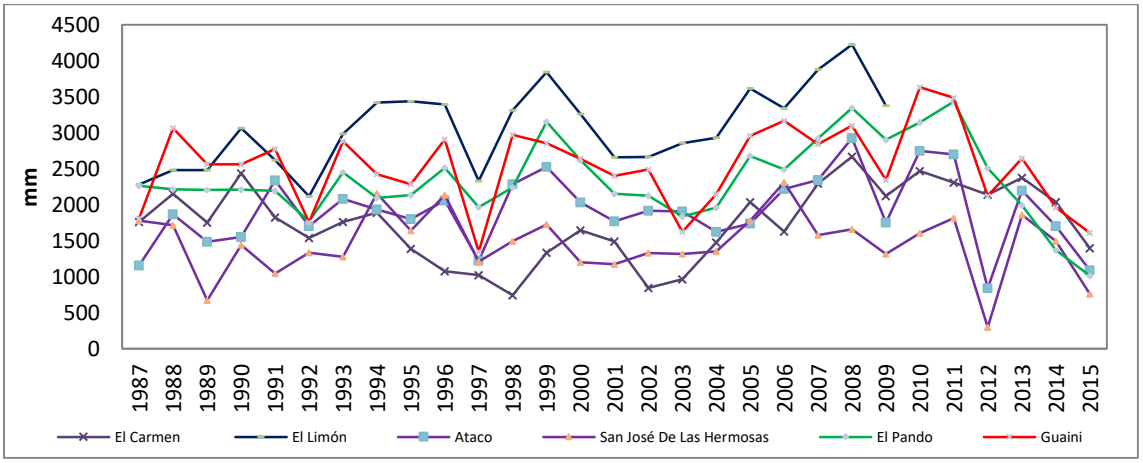
Figura 17. Distribución en elevación estaciones de precipitación y temperatura en cuenca Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Indudablemente, por efectos orográficos la ocurrencia de precipitación esta relacionada con la elevación, entre otros factores, de manera que es posible encontrar grandes diferencias en la magnitud de la precipitación en intervalos de 200m de altura, tal como se presenta en la cuenca del Río Amoyá (Figura18).

Figura 18. Precipitación media anual estaciones cuenca Amoyá



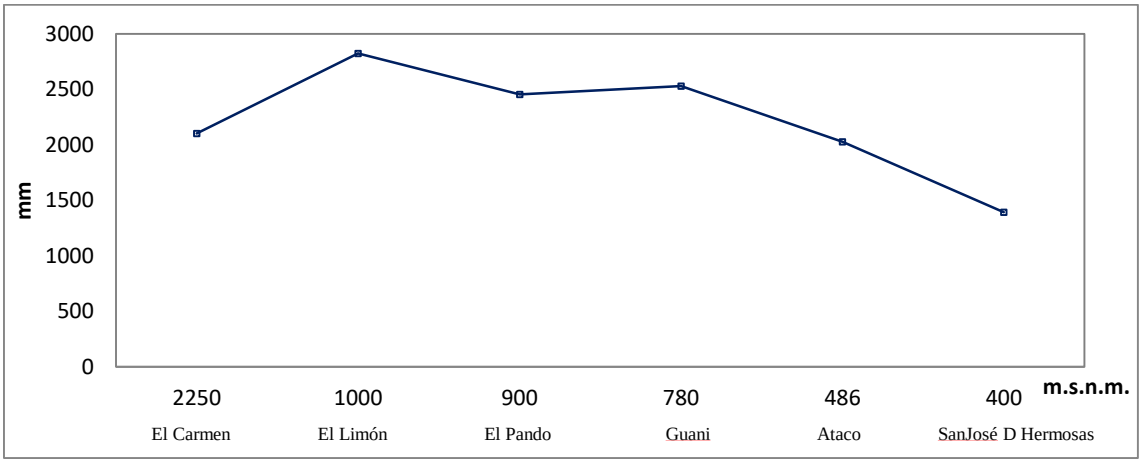
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Por lo tanto, es conveniente contar con registros de temperatura y precipitación como mínimo en intervalos de 100m de altura. No obstante, es importante involucrar

aspectos relacionados con la ubicación y facilidad de acceso a la estación climatológica, ya que dichas variables son influyentes en los costos del monitoreo.

En este caso, se analizó el comportamiento de la precipitación en relación con la elevación, con el propósito de identificar el óptimo pluvioFiguray de esta forma definir una franja en la que resulta importante el registro de la precipitación con propósito de facilitar futuros análisis hidrológicos (Figura19).

Figura19. Precipitación en función de la elevación por estaciones cuenca Amoyá

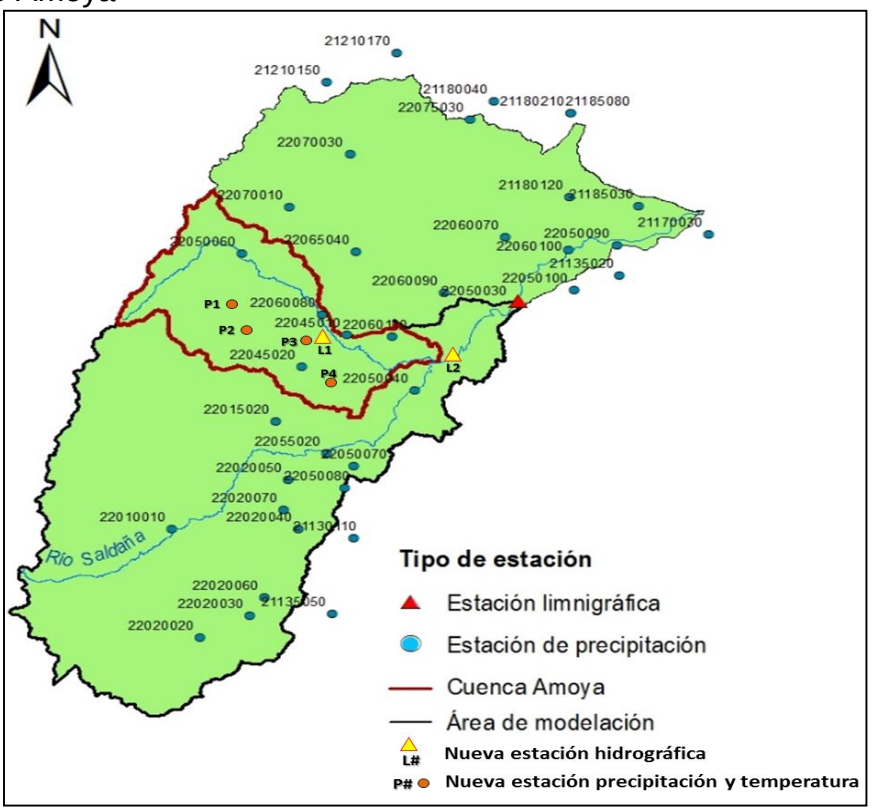


Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

De acuerdo con los resultados presentados en el Figura19, se identifica que la mayor cantidad de precipitación tiene lugar en elevaciones superiores a los 2000 m.s.n.m., lo cual indica que predominantemente las precipitaciones son de tipo orográfico. Por lo tanto, considerando la localización de las estaciones existentes en la cuenca del Río Amoyá (Tabla 11) y aspectos relacionados con el comportamiento de las precipitaciones se propone la instalación de por lo menos cuatro nuevas estaciones climatológicas ordinarias en elevaciones de 2000, 1500 y 800 m.s.n.m., lo cual contribuiría a mejorar la descripción del comportamiento de la lluvia en la cuenca.

Por otra parte, se recomienda la instalación de dos estaciones hidrométricas. Una cerca al punto de desembocadura del Río Amoyá hacia el Río Saldaña y una estación adicional aguas arriba del sitio de captación de la concesión con código 2246, de manera que sea posible registrar el caudal superficial en régimen natural y facilitar el monitoreo de la concesión. Así mismo, en el mismo sitio, es conveniente instalar una estación climatológica ordinaria. Por lo tanto, la propuesta de instrumentación consta de la instalación de cuatro nuevas estaciones climatológicas ordinarias para registrar la precipitación y tempertura, y por otra parte, la instalación de dos estaciones hidrométricas. Dicha localización se presenta en el Figura20.

Figura 20. Localización de nuevas estaciones hidroclimatológicas propuestas en cuenca Río Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

3.6 ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN TEMPERATURA

Para identificar la existencia de tendencias monotónicas crecientes o decrecientes en las series anuales de precipitación, caudal y temperatura se aplicó el test de Mann-Kendall (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1968. En este caso, la hipótesis alterna de test se basa en la estimación del estadístico *S*, con una media cero y varianza calculada de la siguiente manera:

$$S = \sum_{i=2}^{n} \sum_{j=1}^{i-1} sing(x_i - x_j) \quad ; \quad sing(x_j - x_{jk}) = \begin{cases} +1 \ si \ (x_i - x_j)S > 0 \\ 0 \ si \ (x_i - x_j)S = 0 \\ -1 \ si \ (x_i - x_j)S < 0 \end{cases}$$

donde x_j corresponde a la serie temporal y *n* es el tamaño de la serie. Por lo tanto, si el valor de *S* es positivo, la serie presenta tendencia creciente. De lo contrario la tendencia es decreciente. En este caso, las series temporales presentan registros mayores de diez años, lo que implica que la media $E[S] = 0$ y la varianza $V[S]$ del

estadístico *S*, se calcula como se presenta a continuación indicada por (Ramesh, 2013):

$$Var[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18}$$

en donde *n* es el número de datos con el mismo valor y t_p es el número de grupos con valor *p*, siendo *t* la cantidad de datos con el mismo valor. Por lo tanto, la estandarización del test (ZMK) para series mayores de diez años, es estimada mediante la siguiente expresión:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} ; & si\ S > 0 \\ 0 ; & si\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} ; & si\ S < 0 \end{cases}$$

En este apartado se evaluaron las series de temperatura (Tabla 12 Figura21) de las estaciones seleccionadas dentro de la zona de estudio. De manera que se encontraron tendencias positivas en la temperatura, las cuales no se precisan en la Tercera Comunicación de Cambio Climática para el departamento del Tolima (IDEAM et al., 2017). Por lo tanto, es posible que se presenten incrementos de temperatura en la cuenca del Río Amoyá, lo cual puede influir en la disponibilidad hídrica superficial debido a efectos relacionados con la evapotranspiración en la zona.

Tabla 12. Análisis de tendencias temperatura zona de estudio (1987-2015)

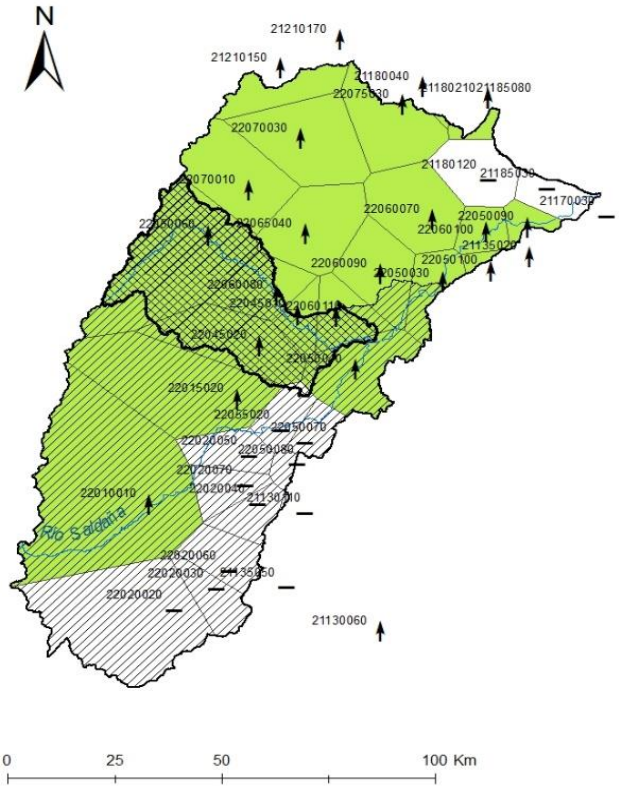
Time series	N	Test Z	T	Tmin99	Tmax99	Tmin95	Tmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
Yarumal	37	2.80	0.13	0.01	0.25	0.06	0.22	12.26	14.36	9.91	13.76	10.52
Santamaría	37	2.80	0.16	0.02	0.29	0.07	0.26	14.57	17.06	11.77	16.35	12.49
El Carmen	37	2.80	0.12	0.01	0.22	0.05	0.20	10.98	12.86	8.87	12.33	9.42
Praga	35	-0.06	0.00	-0.09	0.10	-0.07	0.08	21.68	22.73	19.44	22.40	19.80
Jabalcón	23	2.38	0.22	-0.03	0.41	0.04	0.36	20.39	26.45	16.07	24.90	17.16
Anchique	37	-0.30	-0.01	-0.06	0.05	-0.05	0.04	27.54	28.59	26.27	28.35	26.57
La Julia	35	-0.06	0.00	-0.07	0.08	-0.05	0.06	18.17	19.05	16.29	18.77	16.59
Hda La Maporita	35	-0.33	-0.01	-0.23	0.35	-0.18	0.23	23.89	27.53	15.99	27.02	18.45
Rovira 2	35	1.85	0.12	-0.09	0.36	-0.02	0.30	16.96	20.14	12.19	19.26	13.81
Hda La Lorena	35	-0.33	-0.01	-0.22	0.34	-0.18	0.23	23.00	26.50	15.39	26.01	17.76
Valle De San Juan	26	1.94	0.06	-0.02	0.19	0.00	0.15	21.38	23.28	18.42	22.76	19.30
Guamo	35	-0.33	-0.01	-0.23	0.35	-0.19	0.24	24.03	27.69	16.08	27.18	18.56
Valle De San Juan	26	1.94	0.07	-0.02	0.21	0.00	0.16	23.99	26.11	20.67	25.53	21.65

Time series	N	Test Z	T	Tmin99	Tmax99	Tmin95	Tmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
La Cascada	35	1.85	0.06	-0.04	0.16	-0.01	0.13	7.63	9.06	5.49	8.67	6.21
Hda Palogrande	35	1.85	0.08	-0.06	0.24	-0.01	0.20	11.49	13.64	8.26	13.04	9.35
Herrera	26	1.45	0.04	-0.05	0.09	-0.01	0.08	15.86	17.40	14.87	16.51	15.06
Gaitán	26	1.45	0.04	-0.05	0.09	-0.01	0.08	15.92	17.46	14.93	16.57	15.12
Relator	26	1.45	0.05	-0.07	0.11	-0.02	0.10	21.17	23.21	19.85	22.04	20.10
Peña Rica	35	-0.06	0.00	-0.07	0.08	-0.05	0.06	17.65	18.51	15.82	18.23	16.12
Gaitania	35	-0.06	0.00	-0.08	0.08	-0.06	0.07	19.28	20.21	17.28	19.91	17.61
Casa De Zinc	35	-0.06	0.00	-0.07	0.08	-0.05	0.06	18.12	18.99	16.24	18.71	16.55
Santiago Pérez	35	-0.06	0.00	-0.09	0.09	-0.06	0.07	21.02	22.04	18.84	21.71	19.19
Rioclaro	35	-0.06	0.00	-0.06	0.07	-0.05	0.05	15.04	15.77	13.48	15.54	13.74
Cóndor	35	-0.06	0.00	-0.10	0.10	-0.07	0.08	23.51	24.65	21.07	24.28	21.47
Gja Demostración	35	0.97	0.01	-0.03	0.05	-0.02	0.04	23.84	24.25	23.01	24.14	23.18
El Limón	26	1.06	0.11	-0.37	0.33	-0.17	0.25	19.90	27.69	15.43	24.72	17.09
Hda Colache	23	2.38	0.21	-0.03	0.39	0.04	0.35	19.83	25.73	15.63	24.22	16.69
Ataco	35	0.97	0.01	-0.03	0.05	-0.02	0.04	25.82	26.27	24.92	26.15	25.11
San José Hermosas	31	2.89	0.08	0.02	0.14	0.04	0.12	11.42	12.97	10.42	12.40	10.89
San Pedro	35	-0.06	0.00	-0.08	0.08	-0.06	0.07	18.52	19.42	16.60	19.13	16.92
Pan De Azúcar	35	-0.06	0.00	-0.08	0.08	-0.06	0.07	18.70	19.60	16.76	19.31	17.08
Molino Murra	23	2.38	0.21	-0.03	0.39	0.04	0.35	19.65	25.49	15.49	24.00	16.54
Los Guayabos	23	2.38	0.19	-0.02	0.36	0.03	0.32	18.00	23.36	14.19	21.99	15.15
Mesa De Pole	35	-0.06	0.00	-0.10	0.11	-0.07	0.09	24.86	26.07	22.29	25.68	22.71
Ortega	23	2.38	0.21	-0.03	0.38	0.04	0.34	19.27	25.00	15.19	23.54	16.22
El Pando	35	0.97	0.01	-0.02	0.05	-0.02	0.04	23.36	23.76	22.54	23.66	22.71
Olaya Herrera	31	2.89	0.16	0.04	0.26	0.08	0.22	21.29	24.17	19.43	23.10	20.29
Piedras De Cobre	23	2.38	0.22	-0.03	0.40	0.04	0.35	20.07	26.04	15.82	24.51	16.89
Guaini	35	0.97	0.01	-0.03	0.05	-0.02	0.04	24.07	24.49	23.23	24.38	23.40
San Antonio Quinta	32	3.23	0.14	0.05	0.24	0.07	0.21	16.88	18.84	15.04	18.46	15.76
Roncesvalles	32	3.23	0.09	0.04	0.16	0.05	0.14	11.28	12.59	10.05	12.34	10.53
Sta Helena	32	3.23	0.08	0.03	0.15	0.04	0.13	10.17	11.35	9.06	11.12	9.50
Riomanso	35	1.85	0.09	-0.07	0.26	-0.02	0.22	12.19	14.47	8.76	13.83	9.92

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Según proyecciones climáticas de cambio climático (IDEAM et al., 2017) en el algunas zonas del departamento del Tolima no se precisan tendencias en la temperatura. Sin embargo, las estimaciones de tendencias en la temperatura realizadas en este estudio indican que es necesario analizar particularmente las proyecciones de escenarios de cambio climático, de manera que se pueda establecer la magnitud del incremento de temperatura en función del tiempo y posteriormente sea posible evaluar el efecto de esta tendencia sobre la disponibilidad hídrica superficial en la cuenca del Río Amoyá.

Figura 21. Tendencias en la temperatura dentro de la zona de estudio



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH – CORTOLIMA 2019.

3.7 Análisis de tendencias en precipitaciones

Aplicando la metodología presentada en el numeral 3.6 se realizó el análisis para la identificación de tendencias en las series de precipitación de las estaciones seleccionadas para la realización de este estudio (Tabla 1, Figura9b).

En este caso, se identifican tendencias crecientes en la precipitación, específicamente en la zona alta y baja de la cuenca del Río Amoyá, mientras que en la parte media se identifican tendencia decrecientes y crecientes (Figura22 y Tabla 13). Dicho comportamiento indica influencia de cambio climático en la cuenca, de manera que en futuros estudios será necesario estimar el efecto de dichas tendencias sobre la disponibilidad hídrica superficial en la cuenca del Río Amoyá.

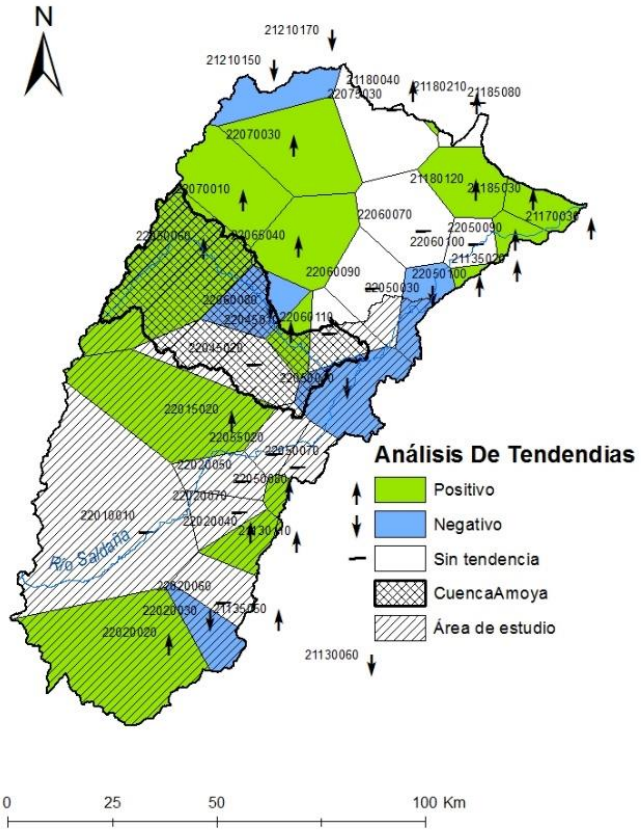
Tabla 13. Análisis de tendencias precipitaciones zona de estudio (1987-2015)

Serie	n	Test Z	P	Pmin99	Pmax99	Pmin95	Pmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
Yarumal	41	1.28	6.78	-7.42	23.39	-3.63	19.23	1511.67	2066.41	799.75	1941.18	1005.82
Santamaría	45	0.51	3.00	-13.12	18.35	-8.29	14.59	1301.35	1919.07	608.39	1738.92	721.29
El Carmen	47	-3.30	-26.66	-49.80	-6.69	-43.84	-13.47	3050.62	3945.94	2385.04	3714.73	2622.62
Praga	41	1.38	6.30	-6.69	23.04	-3.26	19.35	1623.82	2187.77	1021.20	2033.46	1171.64
Jabalcón	53	2.59	9.45	0.00	21.72	2.78	19.42	993.33	1338.20	520.75	1205.53	594.34
Anchique	53	2.12	10.89	-1.87	24.43	0.99	21.69	996.55	1463.80	469.20	1368.40	568.62
La Julia	30	2.46	22.73	-1.75	49.33	5.11	40.92	615.95	1863.53	-726.58	1513.67	-301.03
Hda La Maporita	33	1.58	22.45	-9.87	58.97	-2.98	50.13	662.46	2256.04	-1000.44	1897.05	-612.03
Rovira 2	45	0.97	5.07	-10.48	21.22	-7.22	16.75	1673.36	2227.99	1022.06	2111.09	1149.75
Hda La Lorena	38	1.33	9.74	-10.08	27.78	-4.42	23.33	1067.90	1918.65	259.91	1682.33	487.71
Valle De San Juan	41	-0.62	-3.46	-15.55	7.34	-12.82	5.37	1673.51	2227.28	1223.51	2092.58	1303.36
Guamo	63	3.50	9.18	1.93	17.38	3.68	14.69	968.80	1204.39	717.75	1168.15	798.17
Valle De San Juan	29	2.16	19.12	-5.74	41.15	2.59	34.07	433.61	1741.88	-591.69	1251.90	-216.56
La Cascada	33	-1.11	-10.95	-57.10	17.34	-47.49	8.05	1537.87	3320.62	360.03	2993.95	788.77
Hda Palogrande	30	-1.39	-9.49	-40.39	13.98	-29.78	5.15	1919.85	3398.41	829.48	2916.56	1231.38
Herrera	43	0.02	0.17	-10.30	9.82	-7.10	7.68	1569.16	2003.08	1140.69	1858.35	1228.14
Gaitán	35	-3.04	-78.93	-130.51	-14.19	-111.01	-28.20	6280.87	8589.77	2922.90	7717.31	3637.61
Relator	29	1.07	12.02	-21.63	48.18	-13.61	38.90	1665.40	3314.36	131.54	2921.28	475.01
Peña Rica	43	0.85	4.33	-9.10	20.48	-5.21	17.68	878.00	1374.97	135.45	1244.24	278.50
Gaitania	43	-1.32	-9.71	-25.98	9.52	-22.12	4.08	2371.39	3123.10	1749.09	2939.03	1925.88
Casa De Zinc	43	1.28	17.18	-14.46	51.89	-8.30	42.74	1304.61	2593.01	-179.90	2382.90	268.18
Santiago Pérez	41	-0.53	-3.96	-24.19	16.25	-19.13	11.50	2594.56	3418.02	1822.13	3230.69	2038.88
Rioclaro	29	0.36	8.21	-31.47	71.30	-20.63	49.31	1525.66	3311.34	-1332.42	2836.95	-389.25
Cóndor	37	0.00	-0.06	-29.17	32.10	-22.99	24.51	2576.41	3783.98	1031.97	3546.71	1384.67
Gja Demostración	52	0.84	5.23	-10.83	21.25	-7.34	17.84	2405.43	2951.18	1829.03	2813.34	1958.15
El Limón	29	-0.19	-4.73	-89.15	63.23	-58.39	43.04	3090.60	7069.75	130.40	5524.43	965.39
Hda Colache	57	-0.81	-2.87	-11.39	4.96	-9.80	2.79	1634.30	1896.86	1382.72	1856.33	1419.33
Ataco	53	-1.32	-7.26	-20.26	8.14	-17.98	3.62	2250.08	2836.95	1691.76	2794.79	1863.72
San José Hermosas	39	2.49	20.71	-0.10	48.52	3.48	43.34	449.60	1355.78	-974.51	1198.60	-723.07

Serie	n	Test Z	P	Pmin99	Pmax99	Pmin95	Pmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
San Pedro	43	0.76	7.67	-14.53	30.11	-9.20	23.96	2207.46	3089.00	1204.27	2886.11	1523.32
Pan De Azúcar	41	1.56	21.09	-11.33	58.86	-3.79	49.25	1381.43	2748.98	27.46	2402.18	354.08
Molino Murra	36	1.19	5.47	-7.92	19.93	-4.21	16.22	1274.61	1858.24	597.35	1685.75	759.87
Los Guayabos	28	1.40	8.88	-14.30	28.63	-7.33	23.46	988.05	2009.28	-4.62	1701.88	249.57
Mesa De Pole	48	-0.72	-4.39	-23.92	10.91	-17.76	7.18	2394.84	3090.81	1810.98	2924.43	1984.02
Ortega	45	0.69	4.50	-9.85	19.35	-6.85	15.29	1408.53	1973.40	845.55	1873.90	973.79
El Pando	43	-0.92	-7.79	-28.97	15.69	-23.62	9.32	2594.36	3546.39	1667.29	3287.58	1946.00
Olaya Herrera	43	-0.32	-1.65	-27.93	20.77	-19.09	13.63	2235.00	3271.66	1291.69	2906.21	1534.65
Piedras Cobre	37	0.48	2.93	-12.97	17.44	-9.48	13.27	1259.90	2060.28	618.90	1872.28	777.15
Guaini	29	0.13	3.60	-36.26	44.48	-26.41	32.59	2429.83	4267.78	546.43	3785.11	1087.58
San Antonio Quinta	34	1.79	13.45	-8.12	43.27	-1.61	35.17	1272.90	2294.89	-66.20	1955.93	313.98
Roncesvalles	54	1.63	4.90	-2.41	12.96	-1.19	11.46	1030.70	1283.66	710.14	1243.40	763.94
Sta Helena	41	2.50	13.69	-0.39	31.37	2.32	26.25	999.05	1463.32	290.02	1364.00	486.43
Riomanso	43	0.50	3.17	-10.03	20.94	-6.33	15.84	1443.53	1954.49	751.25	1806.49	919.75

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 22. Tendencias en la precipitación dentro de la zona de estudio



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

3.8 ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN CAUDAL

La detección de tendencias en las series de caudales máximos, medios y mínimos se realizó en las series de la estación Puente Colache del IDEAM, dado que en la cuenca del Río Amoyá no se localizan estaciones hidrométricas. Por lo tanto, los resultados presentados en la Tabla 14 y Figura23 corresponden al Río Saldaña.

Para poder identificar tendencias específicas sobre el Río Amoyá, es necesario contar con registros del monitoreo de la corriente, lo cual podrá realizarse una vez se instalen las estaciones hidrométricas propuestas en este estudio, indicada en el numeral 3.5 de este documento.

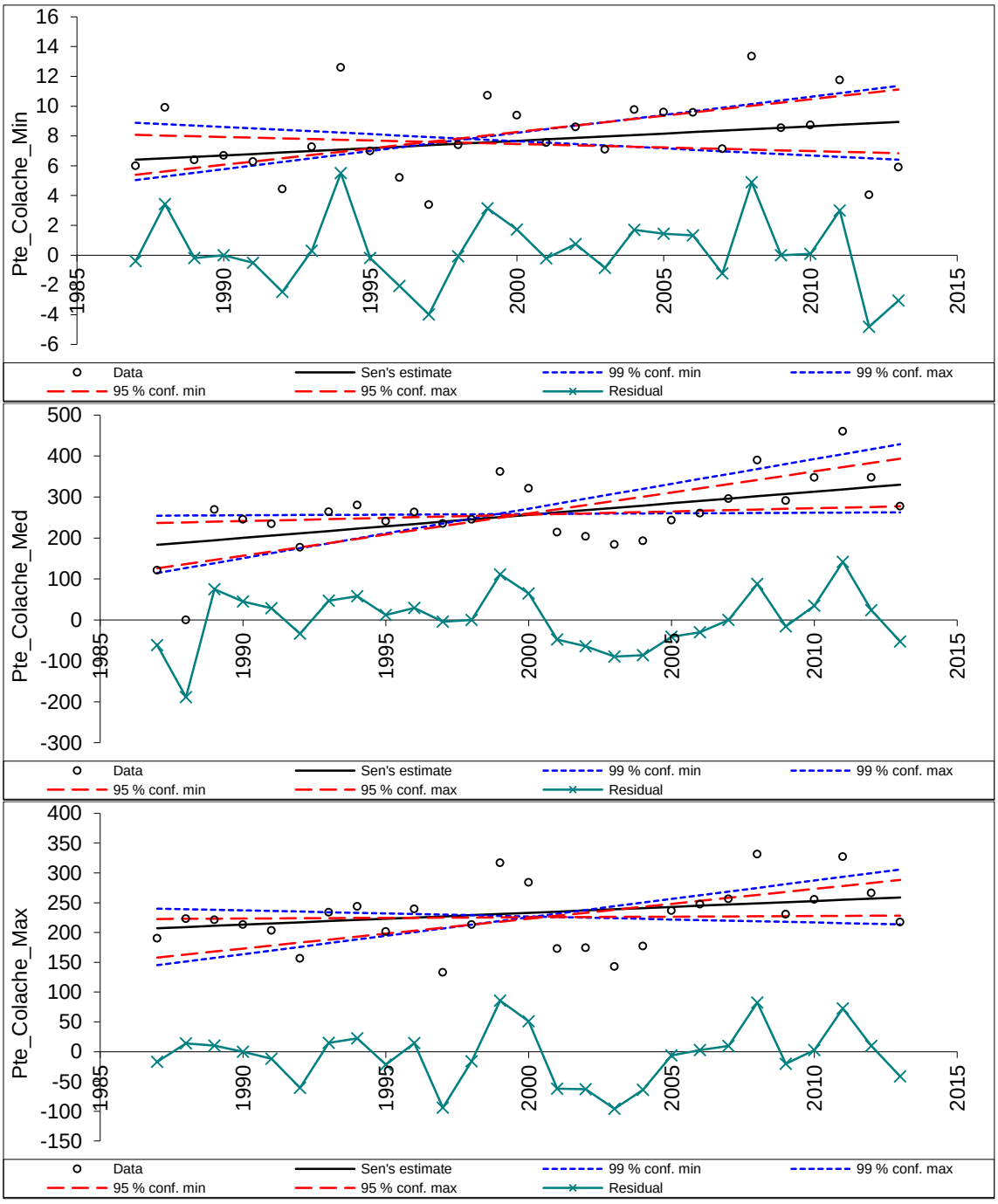
Tabla 14. Análisis de tendencias caudales Río Saldaña (1987-2015)

Time series	n	Test Z	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
Pte_Colache_Min	27	1.38	0.098	-0.096	0.243	-0.047	0.220	6.40	8.89	5.04	8.08	5.40
Pte_Colache_Med	27	2.75	5.649	0.317	12.093	1.571	10.277	183.12	254.37	114.35	236.46	126.03
Pte_Colache_Max	27	2.00	1.983	-1.018	6.186	0.209	5.002	207.23	240.15	144.99	222.80	158.02

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Con base en los resultados presentados en el Figura23 y Tabla 14, idéntica tendencia creciente en el comportamiento de los caudales medios y máximos y no se observa tendencia significativa en los caudales mínimos.

Figura 23. Tendencias en series de caudal Río Saldaña



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

.

4 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Para la modelación hidrológica de la zona estudio se utilizaron los registros hidroclimatológicos de las estaciones localizadas en la zona de estudio a cargo del IDEAM. Inicialmente se realizó un proceso de evaluación y selección de la información a utilizar en el marco del proyecto definiendo criterios de extensión de las series temporales, resolución temporal de las variables observadas y cantidad de datos faltantes.

Por otra parte, al no disponerse de información hidrométrica del Río Amoyá, fue necesario considerar la modelación de la cuenca del Río Saldaña y a partir de dicho modelo, generar series de caudales para los puntos no aforados dentro de la cuenca del Río Amoyá (Tabla 15). Para tal fin, se implementó el modelo hidrológico distribuido TETIS (Francés et al., 2007) el cual ha sido implementado en cuencas en ordenes de magnitud correspondientes a la micro, meso y macroescala (Bussi et al., 2013). La modelación hidrológica se basó en la información disponible sobre los tipos de suelo en la cuenca del Río Saldaña y mapa de usos del suelo y coberturas vegetales provenientes del IGAC, la información hidroclimatológica suministrada por el IDEAM, el modelo digital proveniente de la NASA (2005) en la zona de estudio y mapa de geología proveniente del Servicio Geológico Nacional. En general, la cantidad de información disponible dificultó el proceso de modelación hidrológica distribuida, no obstante se logró contar con un modelo que describe apropiadamente el comportamiento de los caudales en la zona.

En este estudio se implementó el modelo hidrológico TETIS (Francés et al., 2007) y se tomó como base la implementación realizada por Trujillo (2018) para la cuenca del río Saldaña. En este sentido, el propósito de la modelación hidrológica en este estudio se define en la descripción del comportamiento de la producción hídrica de las cuencas para realizar análisis de disponibilidad y evaluación de la oferta y demanda para satisfacer diferentes usos en la cuenca del Río Amoyá en el departamento del Tolima. Por lo tanto, los resultados obtenidos con el modelo hidrológico distribuido satisfacen el objetivo principal de la modelación para este estudio.

Tabla 15. Áreas relacionadas con la modelación de la cuenca del Río Amoyá

Nombre	Área km^2	Porcentaje respecto al depto. %	Porcentaje respecto cuenca Saldaña%
Departamento del Tolima	23 562.00	100	-
Cuenca Río Saldaña	9 965.19	42.49	100
Área aferente a estación Puente Colache (Río Saldaña)	6 466.62	27.44	64.89
Cuenca Río Amoyá	1 312.42	5.57	13.17

Fuente: modificado de Trujillo (2018)

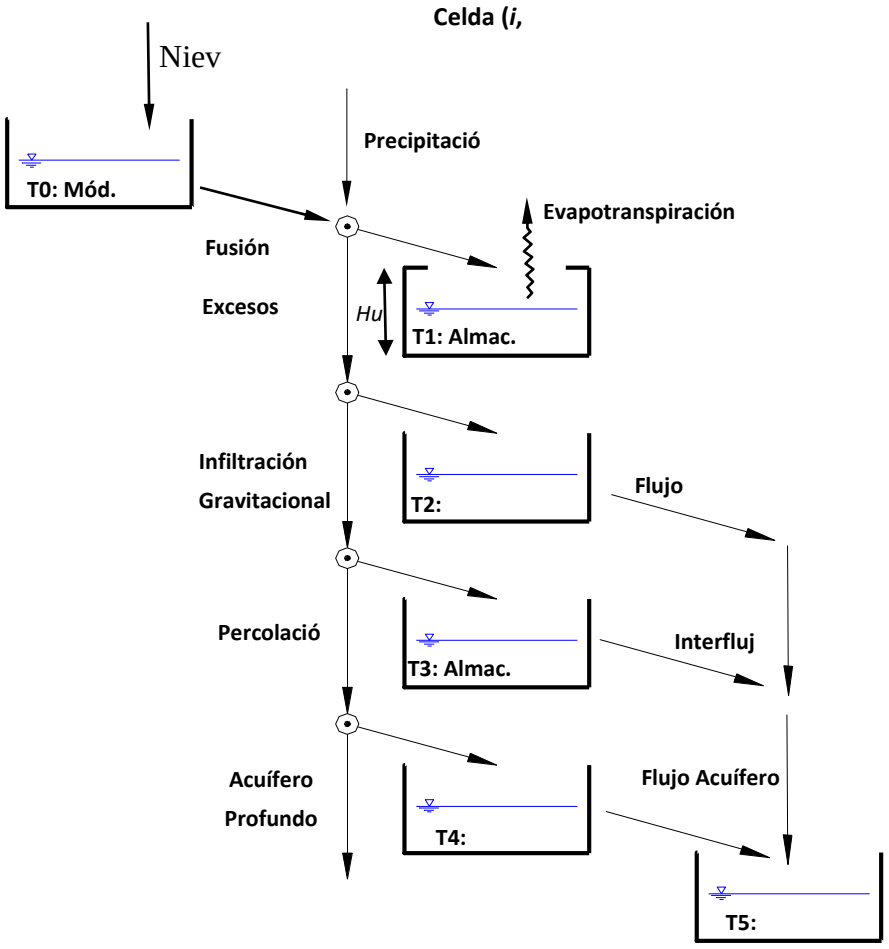
4.1 MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO

Para describir el ciclo del agua en las cuencas que hacen parte de este estudio, se implementó el modelo hidrológico distribuido TETIS, el cual permite realizar modelaciones en cuencas hidrográficas (Francés et al., 2007).

TETIS conceptualmente corresponde a un modelo de tanques está físicamente basado en parámetros agregados en el espacio y con estructura separada de parámetros. Por lo tanto, cada uno de los cinco tanques describe un proceso específico, los cuales son descritos por reservorios lineales en los que se establecen niveles para definir el flujo. El Tanque 2 (T2), representa el almacenamiento superficial de agua, T3 el almacenamiento en la parte superior de suelo, T4 el almacenamiento en el acuífero, T1 el almacenamiento estático *Hu* que representa la humedad del suelo bajo la capacidad de campo, la intercepción y el almacenamiento en depresiones. Para el caso de la evapotranspiración, solo corresponde a una salida del T1 (Peña, 2017).

La escorrentía superficial y el interflujo llegan a T2 y T3 en las celdas ubicadas aguas abajo. Estos flujos se dirigen hacia el tanque T5 cuando el nivel es mayor que el límite de ladera (cuando se encuentra un cauce), lo cual es definido por el usuario, según su conocimiento del área en la que se vaya a realizar la implementación del modelo. Seguidamente, el flujo en el acuífero llega al tanque T4 hasta un segundo nivel para los canales. Finalmente, estos flujos son conducidos en el T5 que se denomina flujo base (Peña, 2017)(Figura24).

Figura 24. Descripción conceptual del modelo agregado de tanques



Fuente:(Peña, 2017)

La calibración del modelo hidrológico se basó en la evaluación del índice de eficiencia NSE (Nash & Sutclieffe, 1970) como función objetivo. En este caso, el proceso de calibración y validación tuvo lugar en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2011, ya que este periodo es el más cercano con información hidroclimatológica completa al año que representa el mapa de uso del suelo suministrado por Cortolima. Posteriormente, para la validación del modelo se mantuvieron los parámetros de calibración que en TETIS equivalen a los factores correctores (Francés et al., 2007).

En el modelo de la cuenca del Río Saldaña se obtuvo un Índice de Nash con un valor de 0,63 en calibración y 0,60. Por lo tanto, según Moriasi et al (2007) se considera que un índice de Nash - Sutcliffe superior a 0.5 a una validación aceptable, siendo muy buenas las calibraciones por encima de 0,7.

Indudablemente es posible obtener una mejor calibración del modelo hidrológico. Sin embargo, esto dependerá de la cantidad y calidad de la información disponible para describir la variabilidad espacial de las precipitaciones, especialmente en la parte alta de la cuenca. Además, es importante contar con información específica de las características hidráulicas del suelo y sustrato de suelo en la cuenca del Río Saldaña y el Río Amoyá provenientes de mediciones de campo, lo cual podrá ser objeto de futuros proyectos en el departamento del Tolima, liderados por Cortolima. En este sentido, al disponer de mejor información será posible implementar modelo hidrológicos con una mayor capacidad descriptiva de la escorrentía superficial (Beven et al., 1988 ; Franchini & Pacciani, 1991 ; Sieber & Uhlenbrook, 2005).

4.1.1 Modelo Río Saldaña

En este caso se realizó la modelación de la cuenca del Río Saldaña con punto de cierre en la estación limnigrafica Puente Colache operada por el IDEAM, utilizando las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca con una resolución temporal diaria, tal como se presenta en el Figura25. Así mismo, a partir del modelo de elevación digital, mapas de direcciones de flujo, geología, celdas acumuladas, tipos de suelos, pendientes y cobertura vegetal, se estimaron los mapas de parámetros que representan el almacenamiento estático (Hu), la conductividad hidráulica vertical (Ks), conductividad hidráulica horizontal (Kss), y la percolación (Figura26).

El modelo representa de forma aceptable el comportamiento de los caudales del Río Saldaña y por lo tanto, el modelo hidrológico distribuido permite disponer de series temporales de caudal para conocer el comportamiento de la disponibilidad de agua superficial en cualquier punto no aforado dentro de la cuenca del Río Saldaña y por lo tanto, facilitar el análisis de oferta y demanda hídrica en la cuenca del Río Amoyá. En la Tabla 16 se presentan los factores correctores obtenidos en el proceso de calibración del modelo hidrológico del Río Saldaña, obtenidos a partir del modelo inicialmente implementado por Trujillo (2018).

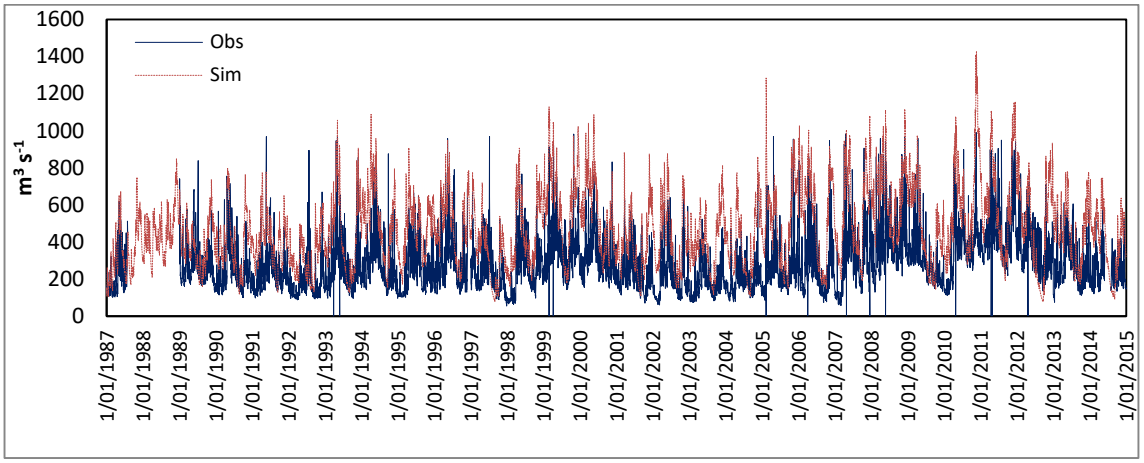
Tabla 16. Factores correctores calibración modelo Saldaña – Est. Puente Colache

Parámetros	Descripción	Unidades	Descomposición	Rango de valores de los FC		
				Min.	Max.	Calibración
Hu*	Máximun static storage / Water content	mm h^{-1}	H_u*=FC_1 H_u	0.0	1.0	FC_1=0.00997
λ(m)*	Vegetation cover index for mont m	Ø	λ(m)*=FC_2 l(m)	0.0	1.0	FC_2=0.93100
K_s*	Infiltration capacity	mm h^{-1}	K_s*=FC3 K_s	0.05	1	FC_3=2.00036
u*	Surface runoff velocity	m s^{-1}	u*=FC4 u	1.5	1.5	FC_4=0.00010
K_p*	Percolation capacity	mm h^{-1}	K_p*=FC5 K_p	0.0001	0.1	FC_5=0.00090
K_{ss}*	Interflow velocity	mm h^{-1}	K_{ss}*=FC6 K_{ss}	1.0	10.0	FC_6=28.0000
K_{pp}*	Groundwater outflow capacity	mm h^{-1}	K_p*=FC7 K_p	0.0	5.0	FC_7=0.00090
K_{b*}	Base flow velocity		K_b*=FC8 K_b	0.01	1.0	FC_8=2.00000
v*	Channel velocity at day t	m s^{-1}	v*=FC9 v	1.0	1.0	FC_9=1.00000

Fuente:(Peña, 2017)

El Figura25 presenta el comportamiento de los caudales superficiales en el Río Saldaña como resultado del proceso de modelación continúa realizada en el periodo 1987 a 2014. De manera que se puede observar que el modelo representa apropiadamente los caudales medios diarios y, por lo tanto, se cuenta con una herramienta que permite describir el comportamiento del caudal superficial de la cuenca del Río Amoyá en sus puntos no aforados.

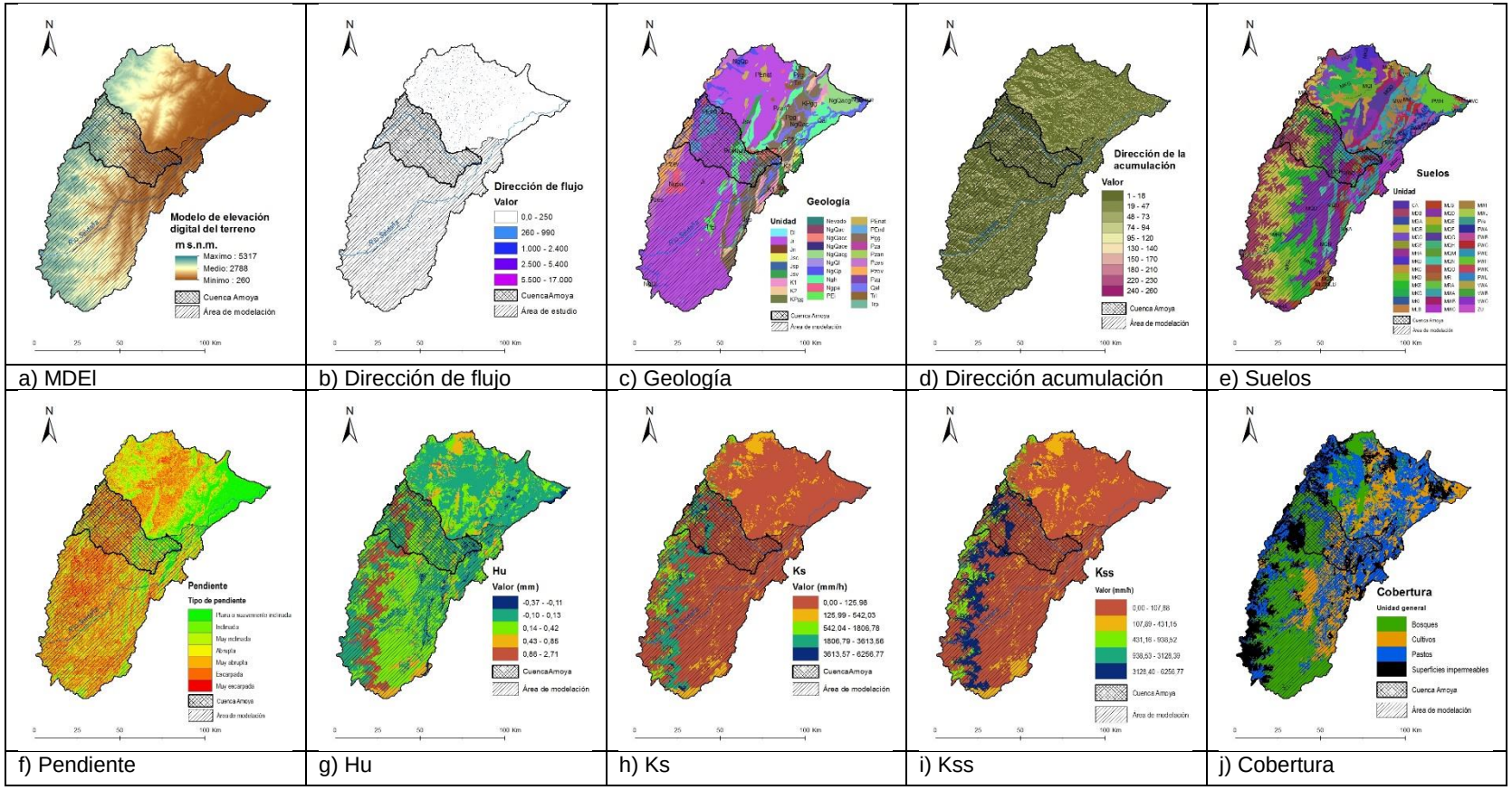
Figura 25. Calibración modelo cuenca del río Saldaña – Est. Puente Colache



Fuente:(Peña, 2017)

Con base en este modelo hidrológico, se realizó la simulación de la oferta hídrica en los puntos de cierre presentados en la Tabla 1, los cuales corresponden a las subcuencas de interés para el análisis hidrológico en la cuenca del Río Amoyá (Figura3).

Figura26. Mapas input para la implementación del modelo hidrológico distribuido



a) MDEl | b) Dirección de flujo | c) Geología | d) Dirección acumulación | e) Suelos

f) Pendiente | g) Hu | h) Ks | i) Kss | j) Cobertura

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

La estimación de la oferta hídrica implicó la modelación del periodo 1987-2014 de la cuenca del Río Amoyá y de las subcuencas definidas para este estudio las cuales son: Amoyá 01 (total cuenca Amoyá), Amoyá 02, Amoyá 03, Amoyá 04, Amoyá 05, Amoyá Parques, Quebrada Guaní, Quebrada El Neme, Quebrada El Cedral, Quebrada San Jorge, Río Negro, Quebrada San José, Quebrada Alemania, Quebrada La Rivera, Quebrada Tequendama, Río El Davis, Quebrada San Pablo, Quebrada Grande, Río Ambeima, Quebrada Irco y Quebrada Tuluní (Figura3 y Tabla 1). La modelación, permitió obtener de las series de caudales diarios, cuyo resumen se presenta en los numerales 5.1 a 5.3 de este documento (Tablas 17, 18 y 19; Gráficos 27 al 47).

5.1 CAUDALES MENSUALES

Tabla 17. Caudales mensuales ($m^3\ s^{-1}$) multianuales periodos 1987-2014 subcuencas de Amoyá

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
La_Rivera	Min	0.890	0.946	1.155	1.290	1.510	1.513	1.368	1.245	1.373	1.516	1.667	1.471	1.543
	Med	2.350	2.209	2.385	2.904	3.446	3.501	3.467	3.282	3.019	3.104	3.140	2.886	2.933
	Max	4.890	4.386	4.626	5.440	6.684	6.990	8.394	9.974	7.513	5.158	5.387	6.084	5.605
	Varianza s	0.958	1.018	1.072	1.026	1.229	1.397	1.584	2.361	1.393	0.792	0.812	0.993	0.695
	Dsv Std	0.997	1.028	1.054	1.031	1.129	1.204	1.282	1.565	1.202	0.906	0.918	1.015	0.849
	Coef. Desv.	2.358	2.150	2.263	2.815	3.052	2.909	2.705	2.098	2.512	3.425	3.421	2.843	3.455
	Kurtosis k	0.322	-0.452	-0.246	-0.094	1.227	2.945	7.709	12.425	6.227	-0.463	-0.331	2.254	2.183
Alemania	Min	0.130	0.077	0.172	0.180	0.350	0.277	0.175	0.171	0.292	0.286	0.187	0.178	0.255
	Med	0.404	0.426	0.567	0.819	0.938	0.841	0.843	0.691	0.675	0.738	0.718	0.547	0.670
	Max	1.214	1.107	1.289	1.428	2.160	2.052	3.101	2.553	1.205	1.268	1.784	1.427	1.315
	Varianza s	0.069	0.083	0.101	0.103	0.142	0.128	0.256	0.202	0.079	0.071	0.106	0.084	0.053
	Dsv Std	0.268	0.293	0.323	0.327	0.383	0.364	0.515	0.457	0.285	0.270	0.331	0.295	0.235
	Coef. Desv.	1.507	1.450	1.753	2.507	2.446	2.312	1.637	1.510	2.367	2.729	2.167	1.854	2.849
	Kurtosis k	2.037	-0.137	-0.191	-0.293	2.929	3.394	13.981	9.732	-0.820	-1.028	2.687	1.423	0.838
San_José	Min	0.854	0.744	0.795	1.151	1.600	1.317	0.995	0.752	1.102	1.266	1.286	1.140	1.328
	Med	1.916	1.869	2.239	2.979	3.339	2.886	2.598	2.148	2.103	2.503	2.750	2.442	2.444
	Max	4.225	4.138	4.278	5.713	6.504	6.306	7.838	6.707	3.476	3.704	5.619	5.347	4.540
	Varianza s	0.757	0.808	0.908	1.035	1.218	1.042	1.469	1.382	0.566	0.540	0.857	0.849	0.486
	Dsv Std	0.886	0.915	0.971	1.036	1.124	1.039	1.234	1.197	0.766	0.748	0.943	0.938	0.710

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Coef. Desv.	2.163	2.042	2.307	2.875	2.970	2.777	2.105	1.795	2.746	3.345	2.917	2.603	3.442
	Kurtosis k	0.666	-0.204	-0.572	0.526	2.815	3.544	12.003	6.940	-0.913	-1.201	1.751	1.827	1.384
Tequendama	Min	0.349	0.237	0.364	0.394	0.515	0.469	0.387	0.349	0.419	0.488	0.456	0.449	0.473
	Med	0.811	0.781	0.912	1.188	1.405	1.327	1.275	1.147	1.037	1.132	1.174	1.038	1.084
	Max	1.888	1.869	2.088	2.704	3.431	3.119	3.967	4.273	2.571	1.806	2.555	2.785	2.415
	Varianza s	0.196	0.204	0.232	0.237	0.327	0.320	0.381	0.493	0.191	0.136	0.227	0.262	0.147
	Dsv Std	0.451	0.460	0.491	0.496	0.582	0.577	0.628	0.715	0.445	0.376	0.485	0.522	0.391
	Coef. Desv.	1.799	1.698	1.857	2.394	2.412	2.302	2.029	1.605	2.327	3.013	2.422	1.990	2.774
	Kurtosis k	0.801	0.136	-0.059	1.817	4.511	4.543	12.626	13.795	3.852	-1.308	1.502	3.683	3.649
Davis	Min	2.142	1.859	1.928	2.853	3.902	3.176	2.411	1.825	2.700	3.246	3.387	2.796	3.276
	Med	4.845	4.697	5.599	7.432	8.271	7.057	6.307	5.239	5.144	6.229	6.907	6.161	6.066
	Max	10.561	10.400	11.078	14.980	17.058	15.547	19.188	16.561	8.809	9.199	13.809	13.386	11.607
	Varianza s	4.891	5.105	5.745	6.740	8.062	6.546	8.826	8.424	3.374	3.331	5.272	5.381	3.094
	Dsv Std	2.252	2.301	2.441	2.644	2.892	2.606	3.025	2.956	1.871	1.859	2.338	2.362	1.791
	Coef. Desv.	2.151	2.041	2.294	2.811	2.860	2.708	2.085	1.773	2.750	3.351	2.954	2.608	3.386
	Kurtosis k	0.588	-0.181	-0.486	1.173	3.288	3.633	12.169	7.163	-0.816	-1.213	1.355	1.631	1.931
Negro	Min	1.300	1.128	1.164	1.743	2.416	1.954	1.469	1.116	1.650	1.997	2.026	1.698	1.998
	Med	2.937	2.852	3.407	4.531	5.052	4.311	3.844	3.193	3.141	3.804	4.204	3.740	3.696
	Max	6.416	6.370	6.731	9.108	10.423	9.538	11.612	10.039	5.360	5.624	8.448	8.184	7.034
	Varianza s	1.833	1.909	2.146	2.505	3.009	2.452	3.235	3.102	1.260	1.245	1.979	2.025	1.151
	Dsv Std	1.379	1.407	1.492	1.612	1.767	1.595	1.832	1.794	1.143	1.136	1.433	1.449	1.092
	Coef. Desv.	2.131	2.027	2.284	2.812	2.860	2.703	2.099	1.780	2.749	3.347	2.935	2.581	3.383
	Kurtosis k	0.588	-0.149	-0.501	1.104	3.269	3.714	11.945	7.032	-0.808	-1.225	1.410	1.677	1.757
San_Pablo	Min	0.270	0.287	0.267	0.653	0.502	0.370	0.316	0.140	0.248	0.389	0.457	0.354	0.564

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Med	0.701	0.703	0.862	1.162	1.189	0.848	0.607	0.482	0.585	0.891	0.986	0.864	0.816
	Max	1.554	1.577	1.685	2.030	2.444	1.783	1.362	1.281	1.106	1.355	1.668	1.620	1.129
	Varianza s	0.138	0.114	0.121	0.111	0.164	0.093	0.062	0.079	0.056	0.072	0.104	0.113	0.029
	Dsv Std	0.378	0.344	0.354	0.339	0.412	0.311	0.254	0.287	0.241	0.273	0.328	0.342	0.174
	Coef. Desv.	1.853	2.043	2.434	3.423	2.882	2.732	2.392	1.680	2.426	3.264	3.008	2.524	4.691
	Kurtosis k	-0.128	-0.042	-0.273	0.517	1.842	1.646	2.430	1.151	-0.039	-0.925	-0.436	-0.284	-1.085
San_Jorge	Min	0.298	0.264	0.262	0.417	0.569	0.450	0.338	0.242	0.363	0.463	0.473	0.378	0.462
	Med	0.656	0.638	0.759	1.006	1.115	0.942	0.826	0.686	0.681	0.839	0.931	0.831	0.814
	Max	1.389	1.406	1.467	1.976	2.270	2.053	2.415	2.074	1.138	1.242	1.815	1.765	1.503
	Varianza s	0.088	0.090	0.101	0.116	0.138	0.111	0.139	0.135	0.057	0.057	0.089	0.093	0.051
	Dsv Std	0.302	0.306	0.323	0.346	0.378	0.340	0.379	0.375	0.242	0.243	0.304	0.311	0.231
	Coef. Desv.	2.173	2.082	2.350	2.905	2.951	2.770	2.178	1.830	2.813	3.451	3.067	2.671	3.525
	Kurtosis k	0.376	-0.200	-0.570	0.938	3.137	3.618	11.210	6.036	-0.802	-1.206	1.239	1.415	1.417
Cedral	Min	0.174	0.097	0.168	0.186	0.267	0.265	0.225	0.206	0.258	0.248	0.233	0.226	0.252
	Med	0.383	0.382	0.465	0.621	0.746	0.713	0.700	0.638	0.564	0.603	0.606	0.517	0.568
	Max	0.881	0.912	1.086	1.263	1.538	1.649	2.042	2.354	1.343	0.977	1.265	1.334	1.162
	Varianza s	0.044	0.055	0.060	0.054	0.073	0.079	0.098	0.151	0.053	0.035	0.051	0.055	0.031
	Dsv Std	0.213	0.239	0.250	0.237	0.274	0.286	0.320	0.395	0.234	0.189	0.230	0.240	0.181
	Coef. Desv.	1.802	1.600	1.862	2.616	2.717	2.491	2.192	1.615	2.408	3.183	2.630	2.156	3.145
	Kurtosis k	0.675	-0.115	0.655	0.911	1.632	4.107	11.470	13.318	3.047	-1.039	1.214	3.976	3.030
Grande	Min	0.608	0.545	0.567	1.051	0.819	0.630	0.452	0.338	0.481	0.890	1.004	0.786	1.027
	Med	1.476	1.417	1.608	2.023	2.002	1.453	0.993	0.810	0.957	1.544	1.887	1.794	1.487
	Max	2.897	2.900	3.344	3.464	3.382	2.370	2.227	1.883	1.775	2.226	2.988	2.768	1.995
	Varianza s	0.389	0.340	0.362	0.274	0.323	0.198	0.130	0.162	0.134	0.130	0.172	0.246	0.068

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Dsv Std	0.635	0.594	0.613	0.533	0.578	0.454	0.367	0.410	0.373	0.367	0.423	0.505	0.265
	Coef. Desv.	2.324	2.387	2.622	3.794	3.461	3.205	2.708	1.973	2.564	4.205	4.464	3.552	5.606
	Kurtosis k	-0.347	0.083	1.051	0.861	0.175	-0.895	3.439	0.804	0.418	-0.872	0.857	-0.302	-0.919
Ambeima	Min	7.272	6.952	5.585	9.902	12.162	9.678	7.580	4.134	6.377	9.309	10.763	8.473	10.991
	Med	14.848	14.191	16.034	20.461	21.678	17.165	13.728	11.164	11.633	16.003	19.423	18.492	16.037
	Max	26.128	27.454	27.618	36.125	39.638	33.395	32.716	26.601	20.475	23.234	32.193	32.484	25.624
	Varianza s	30.598	31.094	32.774	36.521	38.401	28.256	26.411	27.816	13.993	15.509	22.933	28.459	13.003
	Dsv Std	5.633	5.679	5.830	6.154	6.311	5.413	5.233	5.371	3.809	4.010	4.877	5.433	3.672
	Coef. Desv.	2.636	2.499	2.750	3.325	3.435	3.171	2.623	2.079	3.054	3.990	3.983	3.404	4.367
	Kurtosis k	-0.760	-0.756	-0.547	0.327	1.678	1.843	5.465	1.486	-0.184	-0.892	0.480	0.249	0.021
Irco	Min	1.332	1.496	1.461	1.932	2.259	1.546	1.321	0.858	0.878	1.647	2.433	2.194	2.190
	Med	3.620	3.398	3.479	4.093	4.181	3.186	2.243	1.743	1.836	2.809	4.027	4.355	3.211
	Max	5.572	5.385	5.905	6.037	6.011	4.883	4.102	3.507	3.627	4.228	5.953	6.065	4.550
	Varianza s	1.002	1.094	1.179	1.210	1.082	0.768	0.476	0.456	0.419	0.471	0.635	0.902	0.321
	Dsv Std	1.019	1.065	1.106	1.120	1.059	0.893	0.702	0.688	0.659	0.699	0.812	0.967	0.577
	Coef. Desv.	3.552	3.190	3.147	3.653	3.947	3.569	3.194	2.535	2.784	4.022	4.960	4.502	5.562
	Kurtosis k	-0.492	-0.905	-0.476	-0.791	-0.658	-0.658	0.462	1.337	1.014	-0.533	0.367	-0.652	-0.405
Tuluni	Min	0.128	0.296	0.385	0.430	0.624	0.509	0.384	0.298	0.249	0.358	0.499	0.596	0.468
	Med	0.923	0.870	0.895	0.940	0.983	0.863	0.682	0.550	0.510	0.638	0.913	1.040	0.804
	Max	1.343	1.206	1.306	1.437	1.469	1.219	1.074	0.870	0.873	1.092	1.199	1.463	1.114
	Varianza s	0.063	0.044	0.048	0.058	0.050	0.044	0.031	0.021	0.021	0.023	0.032	0.040	0.024
	Dsv Std	0.256	0.215	0.224	0.245	0.229	0.213	0.178	0.148	0.147	0.155	0.182	0.204	0.158
	Coef. Desv.	3.609	4.054	4.003	3.839	4.299	4.046	3.835	3.716	3.463	4.131	5.009	5.108	5.106
	Kurtosis k	2.267	0.384	-0.657	-0.427	-0.654	-1.106	-0.678	-0.541	0.207	1.453	-0.485	-0.121	-0.281

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Neme	Min	0.151	0.160	0.133	0.207	0.256	0.211	0.165	0.087	0.121	0.190	0.232	0.195	0.231
	Med	0.329	0.312	0.342	0.423	0.446	0.351	0.272	0.219	0.227	0.320	0.411	0.407	0.334
	Max	0.538	0.544	0.568	0.686	0.728	0.633	0.556	0.441	0.408	0.465	0.627	0.653	0.485
	Varianza s	0.011	0.011	0.012	0.014	0.013	0.010	0.008	0.009	0.005	0.005	0.008	0.011	0.005
	Dsv Std	0.109	0.109	0.113	0.119	0.117	0.101	0.092	0.094	0.073	0.076	0.092	0.106	0.069
	Coef. Desv.	3.018	2.858	3.039	3.568	3.820	3.465	2.966	2.323	3.120	4.240	4.449	3.860	4.832
	Kurtosis k	-0.987	-1.048	-0.642	-0.211	0.422	0.650	2.198	0.419	0.302	-0.691	0.113	-0.114	-0.829
Guani	Min	0.172	0.209	0.139	0.196	0.205	0.179	0.094	0.059	0.084	0.236	0.337	0.309	0.236
	Med	0.398	0.398	0.464	0.531	0.540	0.354	0.219	0.171	0.217	0.421	0.706	0.647	0.414
	Max	0.667	0.609	0.856	0.964	0.942	0.642	0.429	0.307	0.446	0.712	1.004	1.208	0.593
	Varianza s	0.016	0.015	0.030	0.047	0.030	0.018	0.006	0.005	0.009	0.018	0.031	0.042	0.009
	Dsv Std	0.127	0.125	0.176	0.220	0.178	0.137	0.080	0.074	0.096	0.138	0.180	0.208	0.095
	Coef. Desv.	3.129	3.172	2.631	2.410	3.036	2.591	2.723	2.313	2.263	3.054	3.919	3.103	4.348
	Kurtosis k	-0.534	-1.306	-0.389	-0.896	-0.443	-0.730	0.083	-1.072	0.471	-0.211	-0.582	0.669	-0.309
Amoyá Parques	Min	10.077	8.800	10.116	10.213	11.355	11.493	10.865	10.516	11.187	11.355	11.973	11.406	11.476
	Med	14.725	14.300	15.388	17.901	20.259	20.220	20.080	19.185	17.866	18.303	18.425	17.163	17.628
	Max	24.955	23.743	26.000	29.867	35.213	36.347	43.381	50.361	36.240	25.342	29.240	31.819	29.840
	Varianza s	16.292	18.593	20.937	19.556	24.284	27.221	32.237	49.678	23.806	13.242	16.376	19.681	12.820
	Dsv Std	4.110	4.391	4.660	4.503	5.018	5.313	5.782	7.178	4.969	3.706	4.121	4.518	3.646
	Coef. Desv.	3.582	3.257	3.302	3.975	4.037	3.806	3.473	2.673	3.596	4.939	4.471	3.799	4.835
	Kurtosis k	0.489	-0.244	0.008	0.484	1.776	3.464	9.539	13.380	5.850	-0.949	0.249	2.836	3.324
Cuenca Amoyá	Min	22.334	26.066	29.010	36.250	43.166	31.545	25.881	16.640	15.384	28.233	45.842	32.111	36.933
	Med	49.708	48.790	53.841	63.340	64.296	50.399	38.080	29.857	32.078	49.289	66.607	63.111	50.365
	Max	82.108	82.010	89.260	93.524	87.490	67.299	65.150	52.568	51.504	67.136	123.158	103.747	69.201

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Varianza s	236.769	236.232	230.459	249.266	165.873	108.750	85.623	82.107	74.915	99.147	276.415	329.756	78.369
	Dsv Std	15.670	15.652	15.459	16.078	13.116	10.620	9.423	9.228	8.814	10.140	16.931	18.492	9.015
	Coef. Desv.	3.172	3.117	3.483	3.940	4.902	4.746	4.041	3.236	3.639	4.861	3.934	3.413	5.587
	Kurtosis k	-0.313	-0.565	-0.128	-1.122	-0.924	-1.420	1.232	0.349	-0.111	-0.525	3.365	-0.187	-0.494
Amoyá_02	Min	26.383	25.430	23.860	32.698	39.373	33.580	28.129	22.104	26.994	34.400	35.947	30.567	35.900
	Med	47.232	45.582	50.904	63.108	68.473	59.202	52.153	45.367	44.819	53.988	60.877	57.289	53.444
	Max	81.106	83.895	85.004	108.913	122.739	112.680	122.445	113.700	71.320	74.627	101.191	103.448	87.100
	Varianza s	235.848	245.508	261.927	294.979	326.161	276.080	304.199	340.063	153.186	139.808	206.597	239.519	130.997
	Dsv Std	15.639	15.956	16.481	17.490	18.391	16.921	17.761	18.779	12.604	12.041	14.637	15.760	11.655
	Coef. Desv.	3.020	2.857	3.089	3.608	3.723	3.499	2.936	2.416	3.556	4.484	4.159	3.635	4.585
	Kurtosis k	-0.270	-0.553	-0.670	0.485	2.154	3.044	8.527	5.489	-0.579	-1.082	0.719	1.239	0.945
Amoyá_03	Min	23.924	22.384	21.733	29.469	35.834	30.634	25.731	20.948	25.797	31.919	33.015	27.777	32.298
	Med	42.689	41.314	46.529	58.075	63.310	55.153	49.227	43.073	42.474	50.540	55.937	51.894	49.429
	Max	74.967	78.055	79.757	102.428	116.627	106.974	119.459	111.831	69.790	69.888	95.336	96.740	82.673
	Varianza s	209.408	219.005	234.390	262.350	298.600	254.877	290.413	325.000	141.932	128.177	190.313	216.005	120.070
	Dsv Std	14.736	15.070	15.591	16.494	17.597	16.258	17.354	18.359	12.132	11.529	14.049	14.967	11.159
	Coef. Desv.	2.897	2.741	2.984	3.521	3.598	3.392	2.837	2.346	3.501	4.384	3.982	3.467	4.430
	Kurtosis k	-0.121	-0.424	-0.612	0.638	2.498	3.330	9.529	6.383	-0.466	-1.141	0.862	1.470	1.339
Amoyá_04	Min	23.924	22.384	21.733	29.469	35.834	30.634	25.731	20.948	25.797	31.919	33.015	27.777	32.298
	Med	42.689	41.314	46.529	58.075	63.310	55.153	49.227	43.073	42.474	50.540	55.937	51.894	49.429
	Max	74.967	78.055	79.757	102.428	116.627	106.974	119.459	111.831	69.790	69.888	95.336	96.740	82.673
	Varianza s	209.408	219.005	234.390	262.350	298.600	254.877	290.413	325.000	141.932	128.177	190.313	216.005	120.070
	Dsv Std	14.736	15.070	15.591	16.494	17.597	16.258	17.354	18.359	12.132	11.529	14.049	14.967	11.159
	Coef. Desv.	2.897	2.741	2.984	3.521	3.598	3.392	2.837	2.346	3.501	4.384	3.982	3.467	4.430

Subcuenca	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Kurtosis k	-0.121	-0.424	-0.612	0.638	2.498	3.330	9.529	6.383	-0.466	-1.141	0.862	1.470	1.339
Amoyá_05	Min	9.279	8.702	9.332	9.561	10.327	10.162	9.679	9.462	9.938	10.116	10.367	10.019	10.168
	Med	11.922	11.717	12.398	13.920	15.129	14.832	14.611	13.931	13.383	13.814	13.997	13.247	13.473
	Max	17.224	17.144	18.008	20.591	23.438	23.820	27.995	29.844	21.942	17.454	20.482	21.276	19.898
	Varianza s	4.996	5.614	6.209	6.126	7.619	7.975	10.116	13.435	6.169	3.923	5.243	5.913	3.815
	Dsv Std	2.276	2.413	2.537	2.521	2.811	2.876	3.239	3.733	2.529	2.017	2.332	2.476	1.989
	Coef. Desv.	5.238	4.856	4.886	5.523	5.382	5.158	4.511	3.732	5.291	6.849	6.003	5.350	6.773
	Kurtosis k	0.367	-0.281	-0.180	0.444	1.918	3.584	10.663	12.224	3.441	-1.194	0.699	2.731	2.629

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.2 CAUDALES DIARIOS Y ANUALES

Tabla 18. Caudales anuales (m^3s^{-1}) 1987-2014 cuenca Amoyá y subcuencas: Rivera, Alemania, San José, Tequendama, Davis, San Pablo y San Jorge

Cuenca	Caudal	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Amoyá	Max	70.20	82.86	74.12	76.20	81.01	59.53	106.08	106.70	94.82	90.68	71.75	87.97	112.87	106.22
	Med	30.94	43.53	37.52	34.79	37.30	29.94	42.24	45.56	43.11	44.17	32.31	41.77	57.50	50.90
	Min	9.12	18.73	14.47	10.03	11.53	11.92	10.95	10.36	14.49	14.42	6.93	13.74	15.36	19.69
Rivera	Max	4.80	4.50	2.50	4.20	3.00	4.00	3.20	11.20	5.10	5.10	4.00	3.80	5.00	7.40
	Med	2.66	3.03	1.54	2.37	1.99	2.19	2.23	5.62	3.29	3.66	2.50	2.55	3.93	4.20
	Min	0.30	1.60	1.20	1.00	1.10	1.00	1.40	2.10	1.50	2.20	1.30	0.07	2.80	2.50
Alemania	Max	2.65	2.53	1.22	3.40	1.65	2.55	1.52	5.30	2.31	2.63	1.72	2.05	2.65	3.88
	Med	0.66	0.73	0.26	0.55	0.39	0.49	0.46	1.32	0.77	0.88	0.50	0.67	1.05	1.06
	Min	0.24	0.18	0.11	0.10	0.10	0.10	0.13	0.25	0.12	0.28	0.15	0.10	0.42	0.37
San José	Max	5.91	5.74	3.14	7.84	4.39	6.15	4.59	12.10	5.95	5.66	4.91	4.78	6.71	9.75
	Med	2.22	2.41	1.33	2.08	1.66	1.74	1.88	4.55	2.81	2.98	1.93	2.32	3.55	3.52
	Min	0.49	1.00	0.73	0.85	0.78	0.62	0.90	1.55	0.93	1.44	0.54	0.68	1.42	1.51
Tequendama	Max	2.24	1.93	0.90	2.32	1.42	2.12	1.52	5.81	2.41	2.24	1.73	1.59	2.30	3.64
	Med	1.03	1.07	0.47	0.87	0.67	0.78	0.77	2.42	1.38	1.37	0.84	0.90	1.41	1.54
	Min	0.21	0.45	0.31	0.28	0.28	0.24	0.37	0.62	0.64	0.69	0.31	0.26	0.79	0.73
Davis	Max	14.55	13.75	7.51	18.71	10.77	14.91	11.70	29.17	14.51	14.45	12.65	11.37	16.23	23.34
	Med	5.50	5.88	3.28	5.16	4.13	4.26	4.66	11.63	7.12	7.38	4.78	5.61	8.64	8.64
	Min	1.27	2.41	1.73	2.03	1.89	1.50	2.19	3.81	2.52	3.54	1.30	1.66	3.40	3.75
Negro	Max	8.81	8.38	4.58	11.24	6.53	9.00	7.11	17.59	8.81	8.82	7.63	6.92	9.74	14.29
	Med	3.34	3.59	2.00	3.13	2.51	2.59	2.84	7.05	4.33	4.48	2.91	3.43	5.29	5.29
	Min	0.79	1.46	1.05	1.22	1.14	0.91	1.32	2.32	1.52	2.14	0.79	1.01	2.09	2.27
San Pablo	Max	2.10	1.72	1.40	2.70	1.99	2.27	2.41	3.44	2.22	2.47	2.17	1.74	2.44	2.80
	Med	0.74	0.76	0.65	0.69	0.65	0.56	0.78	1.13	0.88	0.86	0.66	0.71	1.07	1.03
	Min	0.17	0.22	0.24	0.14	0.16	0.15	0.18	0.28	0.21	0.26	0.08	0.21	0.27	0.31
San Jorge	Max	1.89	1.78	1.00	2.35	1.43	1.95	1.59	3.61	1.88	1.94	1.68	1.48	2.08	3.05

Cuenca	Caudal	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	Med	0.73	0.79	0.46	0.69	0.56	0.57	0.64	1.51	0.95	0.97	0.64	0.75	1.16	1.15
	Min	0.17	0.32	0.24	0.28	0.26	0.20	0.30	0.53	0.33	0.48	0.17	0.23	0.45	0.50
Amoyá	Max	93.26	90.27	84.67	87.16	137.90	108.03	111.52	115.44	95.79	150.93	119.13	85.72	99.02	78.95
	Med	37.65	39.40	38.17	37.08	48.61	51.98	51.17	62.22	44.60	59.28	59.43	40.45	45.63	38.66
	Min	9.68	13.12	10.13	8.93	13.20	11.16	16.54	29.79	11.87	20.19	17.44	6.20	8.25	7.86
Rivera	Max	3.30	3.90	3.00	4.00	4.00	5.50	4.00	4.50	3.70	6.30	5.60	4.80	5.90	5.20
	Med	2.22	2.27	2.26	2.37	2.96	3.83	2.97	3.03	2.58	3.72	3.65	3.40	4.13	2.51
	Min	1.40	0.80	1.20	1.20	1.80	2.30	1.60	1.80	1.50	1.30	2.30	1.70	2.20	1.20
Alemania	Max	1.60	2.16	1.55	1.94	1.63	2.43	1.69	2.18	1.55	2.75	1.88	1.67	2.43	3.07
	Med	0.44	0.51	0.50	0.53	0.70	0.96	0.65	0.72	0.52	0.97	0.84	0.66	0.92	0.53
	Min	0.16	0.06	0.13	0.12	0.21	0.30	0.17	0.22	0.15	0.12	0.32	0.17	0.29	0.09
San José	Max	4.32	5.63	4.17	5.02	4.26	6.65	5.13	5.83	4.91	7.80	5.41	4.93	6.16	7.30
	Med	1.71	1.96	1.86	1.94	2.55	3.18	2.56	2.86	2.26	3.28	2.97	2.46	3.06	2.11
	Min	0.73	0.58	0.93	0.78	1.27	1.42	0.81	1.34	1.04	0.93	1.18	0.62	1.13	0.75
Tequendama	Max	1.47	1.89	1.36	1.73	1.59	2.47	1.78	2.03	1.61	3.19	2.36	2.27	2.58	2.66
	Med	0.76	0.81	0.79	0.83	1.07	1.45	1.06	1.10	0.91	1.53	1.34	1.35	1.66	0.86
	Min	0.39	0.19	0.34	0.31	0.51	0.69	0.41	0.54	0.46	0.39	0.67	0.48	0.66	0.34
Davis	Max	10.67	13.40	10.35	12.36	10.74	16.49	12.75	14.00	12.18	19.40	13.07	12.38	14.91	17.46
	Med	4.26	4.84	4.59	4.80	6.33	7.86	6.39	7.09	5.68	8.04	7.37	6.29	7.68	5.23
	Min	1.80	1.39	2.27	1.87	3.06	3.49	2.00	3.25	2.57	2.30	2.85	1.61	2.74	1.82
Negro	Max	6.49	8.17	6.30	7.46	6.55	10.00	7.79	8.51	7.43	11.86	8.01	7.56	9.12	10.68
	Med	2.60	2.95	2.80	2.92	3.85	4.77	3.89	4.32	3.45	4.92	4.52	3.86	4.70	3.18
	Min	1.10	0.84	1.37	1.14	1.85	2.12	1.21	1.96	1.58	1.39	1.74	1.00	1.65	1.12
San Pablo	Max	1.88	2.00	1.83	1.60	2.24	2.14	2.42	2.07	2.58	2.63	2.60	1.98	2.56	2.32
	Med	0.65	0.70	0.61	0.64	0.86	0.89	0.91	1.04	0.87	1.11	1.10	0.90	0.97	0.73
	Min	0.12	0.17	0.14	0.14	0.20	0.22	0.18	0.38	0.22	0.30	0.26	0.14	0.19	0.12
San Jorge	Max	1.41	1.76	1.39	1.59	1.47	2.16	1.73	1.84	1.64	2.54	1.79	1.66	1.97	2.26
	Med	0.58	0.65	0.62	0.65	0.85	1.04	0.86	0.96	0.77	1.08	1.01	0.85	1.02	0.71
	Min	0.24	0.19	0.31	0.25	0.41	0.45	0.27	0.44	0.35	0.31	0.38	0.22	0.36	0.24

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 19. Caudales anuales (m^3s^{-1}) 1987-2015 cuenca Amoyá y subcuencas: Cedral, Grande, Ambeima, Irco, Tuluni, Neme, Guani, Amoyá Parques

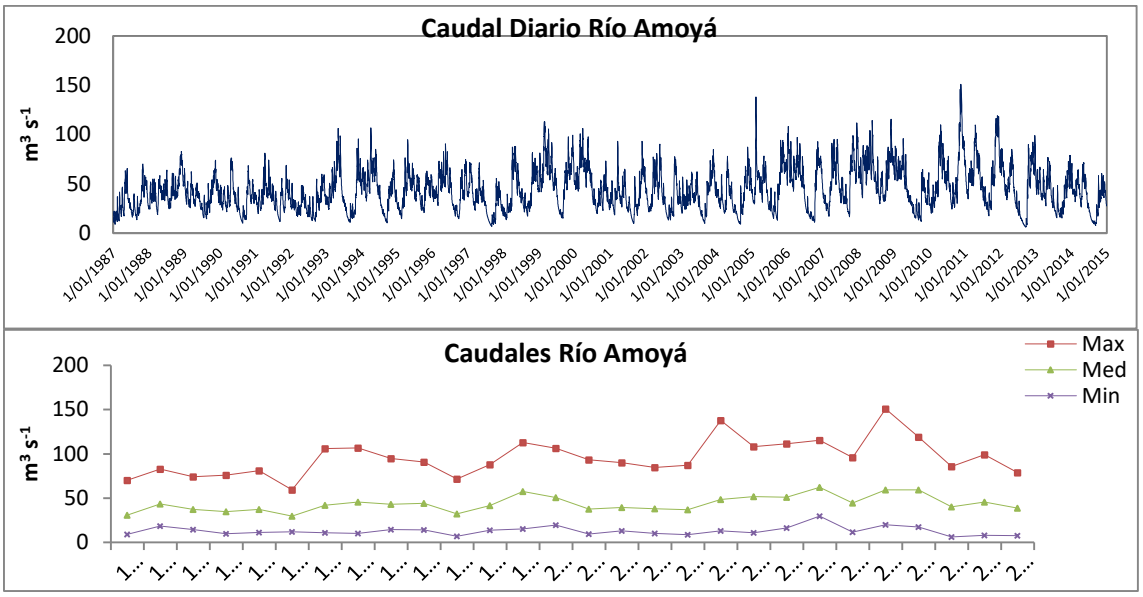
Cuenca	Caudal	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Cedral	Max	1.22	1.10	0.48	1.12	0.74	1.08	0.80	3.04	1.28	1.14	0.84	0.90	1.12	1.86
	Med	0.58	0.59	0.25	0.48	0.37	0.44	0.42	1.16	0.65	0.73	0.44	0.50	0.74	0.80
	Min	0.10	0.20	0.12	0.14	0.12	0.12	0.18	0.32	0.16	0.32	0.14	0.12	0.42	0.36
Grande	Max	3.28	2.86	2.50	4.15	3.40	2.85	3.78	4.54	2.72	4.05	3.83	3.01	4.44	3.52
	Med	1.28	1.28	1.34	1.31	1.30	1.03	1.39	1.82	1.49	1.56	1.27	1.32	1.87	1.75
	Min	0.24	0.41	0.54	0.29	0.40	0.25	0.32	0.35	0.54	0.39	0.24	0.40	0.51	0.67
Ambeima	Max	30.90	26.14	21.22	36.25	27.77	32.20	34.15	49.93	31.01	39.84	33.95	29.02	39.32	50.18
	Med	13.55	14.77	10.99	14.12	12.25	11.03	13.67	25.66	18.02	18.58	12.95	14.87	21.71	21.04
	Min	2.76	7.07	5.15	4.88	4.92	4.18	4.85	11.52	6.65	7.65	2.87	5.70	7.13	9.83
Irco	Max	4.48	5.07	4.88	6.05	5.16	4.51	7.03	6.55	6.54	7.23	5.70	6.78	7.52	7.24
	Med	2.19	2.77	2.73	3.04	2.83	2.21	3.05	3.62	3.39	3.70	2.65	3.16	4.02	3.79
	Min	0.35	1.13	1.21	0.86	1.01	0.83	0.94	0.72	1.55	0.99	0.62	1.34	1.14	1.45
Tuluni	Max	1.00	1.35	1.40	1.14	1.23	1.03	1.18	1.09	1.13	1.21	0.93	1.28	1.36	1.42
	Med	0.47	0.76	0.86	0.74	0.88	0.62	0.82	0.80	0.74	0.93	0.57	0.80	0.98	0.97
	Min	0.04	0.49	0.44	0.36	0.44	0.29	0.38	0.32	0.53	0.48	0.22	0.41	0.50	0.58
Neme	Max	0.56	0.54	0.46	0.68	0.56	0.57	0.68	0.87	0.60	0.75	0.64	0.62	0.77	0.95
	Med	0.26	0.31	0.25	0.30	0.27	0.23	0.30	0.49	0.36	0.39	0.27	0.32	0.44	0.43
	Min	0.05	0.17	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.20	0.15	0.15	0.06	0.14	0.15	0.19
Guani	Max	0.89	1.25	0.99	1.20	1.00	0.96	1.12	0.88	0.91	0.83	0.61	1.11	1.37	1.02
	Med	0.30	0.38	0.40	0.40	0.47	0.31	0.44	0.41	0.36	0.47	0.24	0.48	0.51	0.45
	Min	0.08	0.13	0.12	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.14	0.12	0.05	0.10	0.11	0.13
Amoyá Parques	Max	21.60	19.60	8.80	18.80	12.80	18.40	14.00	52.40	22.80	21.60	16.40	16.00	20.80	32.80
	Med	11.23	12.00	5.48	9.52	7.67	8.83	8.74	23.91	14.17	14.77	9.39	9.99	15.07	16.27
	Min	7.810	21.202	15.584	19.287	17.521	13.563	18.943	33.681	20.548	31.536	11.050	15.781	26.542	31.425

Cuenca	Caudal	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Cedral	Max	0.78	1.04	0.68	0.96	0.88	1.28	0.92	1.06	0.84	1.60	1.10	1.04	1.34	1.52
	Med	0.41	0.44	0.44	0.46	0.59	0.77	0.55	0.58	0.47	0.79	0.67	0.63	0.84	0.47

Cuenca	Caudal	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	Min	0.18	0.08	0.16	0.14	0.26	0.34	0.16	0.26	0.20	0.16	0.36	0.20	0.36	0.14
Grande	Max	2.69	3.38	2.80	2.74	3.70	3.28	3.79	3.63	4.44	3.22	4.44	3.07	3.60	4.16
	Med	1.19	1.30	1.15	1.21	1.60	1.58	1.76	1.98	1.73	1.76	1.99	1.45	1.58	1.60
	Min	0.29	0.38	0.29	0.28	0.40	0.48	0.51	0.89	0.41	0.69	0.54	0.31	0.54	0.28
Ambeima	Max	26.52	30.37	25.43	28.92	33.37	38.67	35.25	33.82	35.79	44.28	35.59	31.84	35.67	35.71
	Med	12.02	13.55	12.72	13.22	17.44	19.34	18.17	20.44	16.68	20.00	19.52	15.69	18.08	15.31
	Min	4.00	5.29	4.86	4.84	7.30	7.23	5.68	10.30	6.02	7.42	6.72	3.57	6.68	3.76
Irco	Max	5.71	5.31	4.70	5.97	7.53	7.05	7.39	7.49	6.87	6.00	6.88	5.42	4.90	6.59
	Med	2.58	2.92	2.84	2.97	3.77	3.64	3.98	4.55	3.63	3.72	3.84	2.75	2.85	3.50
	Min	0.75	0.98	0.91	0.79	1.01	0.99	1.49	2.17	0.96	1.94	1.45	0.64	1.00	0.71
Tuluni	Max	1.06	1.23	0.98	1.08	1.26	1.40	1.36	1.45	1.20	1.47	1.65	1.43	1.07	1.18
	Med	0.68	0.81	0.65	0.67	0.81	0.94	0.98	1.07	0.83	1.03	1.11	0.85	0.80	0.72
	Min	0.34	0.48	0.31	0.33	0.31	0.38	0.53	0.74	0.41	0.63	0.56	0.29	0.32	0.30
Neme	Max	0.51	0.60	0.47	0.56	0.69	0.74	0.72	0.68	0.71	0.82	0.73	0.64	0.65	0.65
	Med	0.26	0.29	0.27	0.28	0.37	0.40	0.39	0.44	0.35	0.41	0.41	0.32	0.36	0.33
	Min	0.08	0.12	0.10	0.10	0.14	0.15	0.14	0.25	0.13	0.18	0.15	0.07	0.14	0.08
Guani	Max	0.86	0.98	0.91	0.89	1.22	1.33	1.25	1.23	0.83	1.36	1.40	0.82	1.03	0.91
	Med	0.36	0.43	0.34	0.34	0.42	0.51	0.53	0.58	0.40	0.58	0.59	0.33	0.41	0.32
	Min	0.08	0.12	0.07	0.08	0.07	0.11	0.15	0.20	0.11	0.18	0.15	0.07	0.12	0.06
Amoyá Parques	Max	14.40	17.60	12.40	17.60	16.80	23.60	16.80	18.80	15.20	28.00	22.80	20.00	24.80	24.80
	Med	8.53	9.00	8.92	9.43	11.88	15.46	11.51	11.81	9.77	15.38	13.97	13.35	16.90	9.67
	Min	15.069	13.908	19.084	17.424	27.081	27.369	17.861	28.870	20.733	20.939	24.156	13.778	23.593	15.140

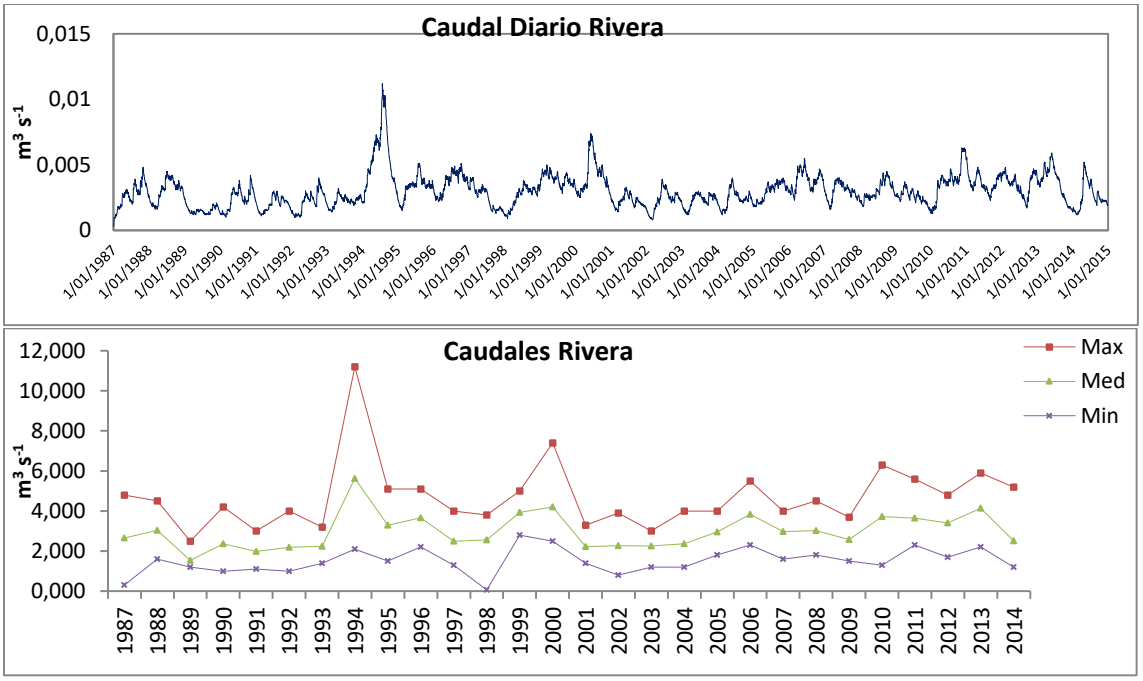
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 27. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá



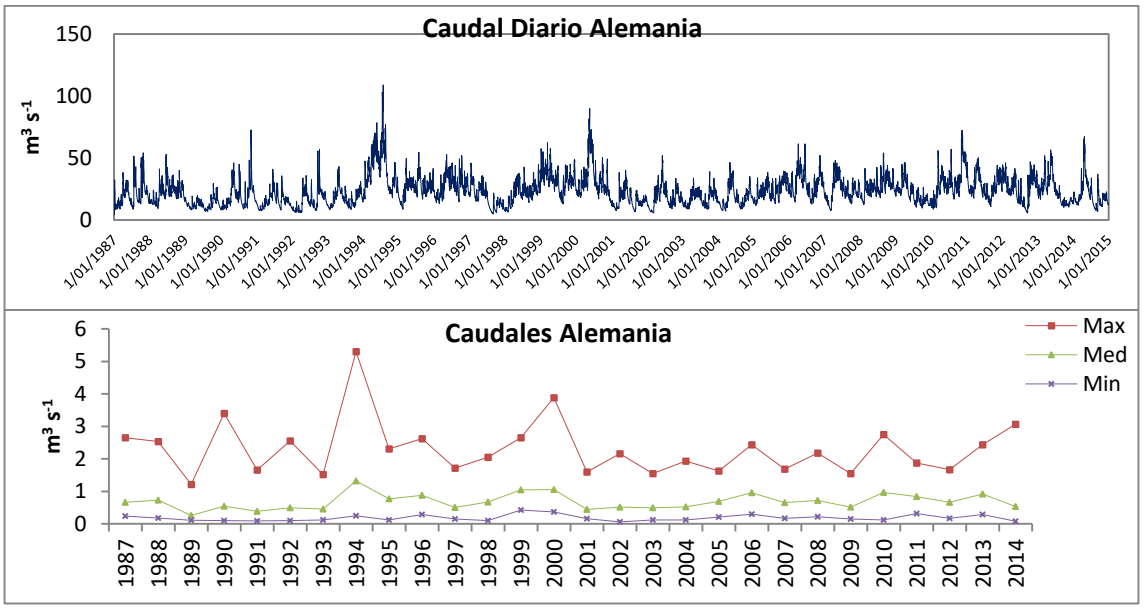
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 28. Caudales diarios y anuales simulados La Rivera



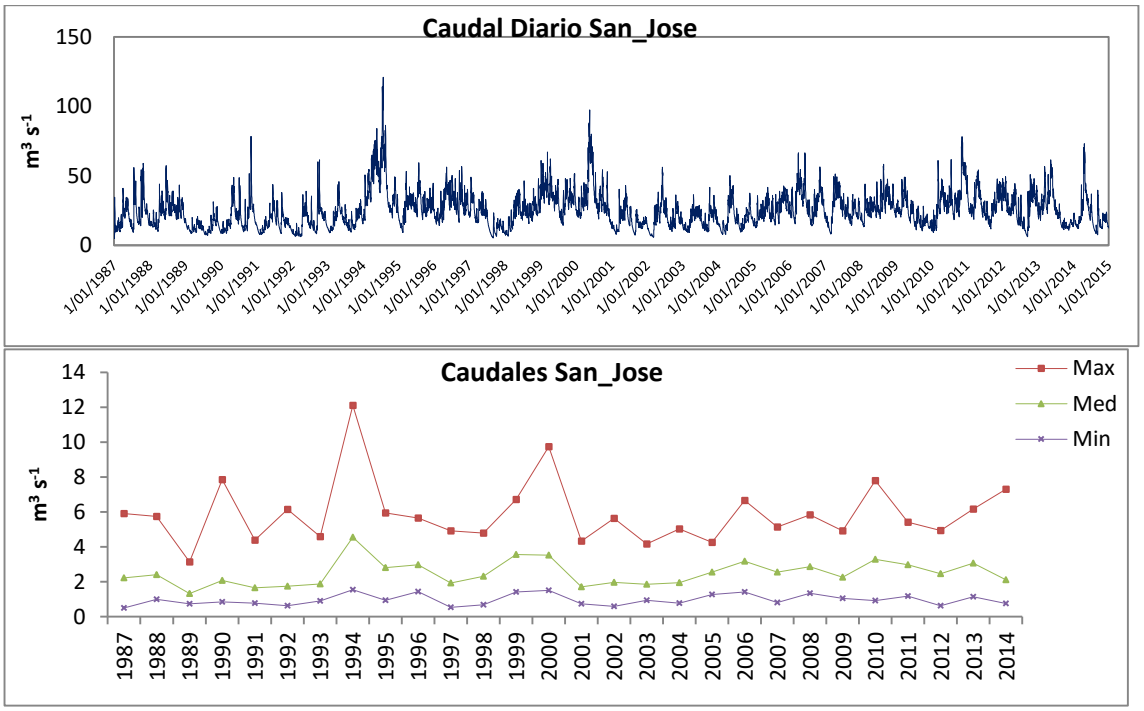
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 29. Caudales diarios y anuales simulados Alemania



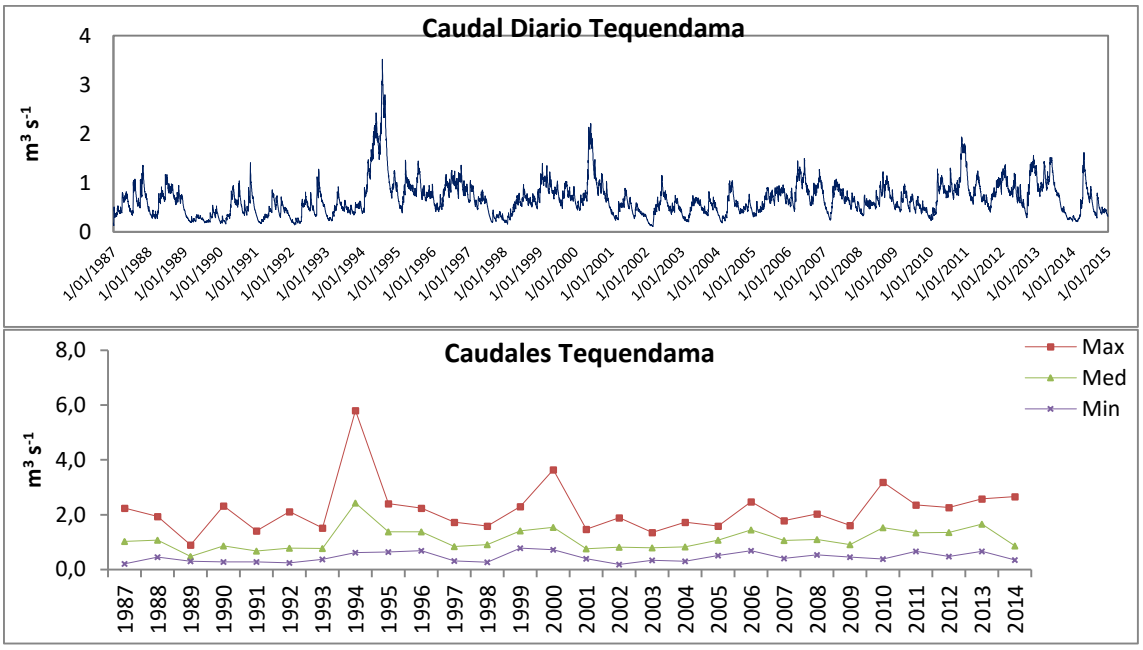
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 30. Caudales diarios y anuales simulados San José



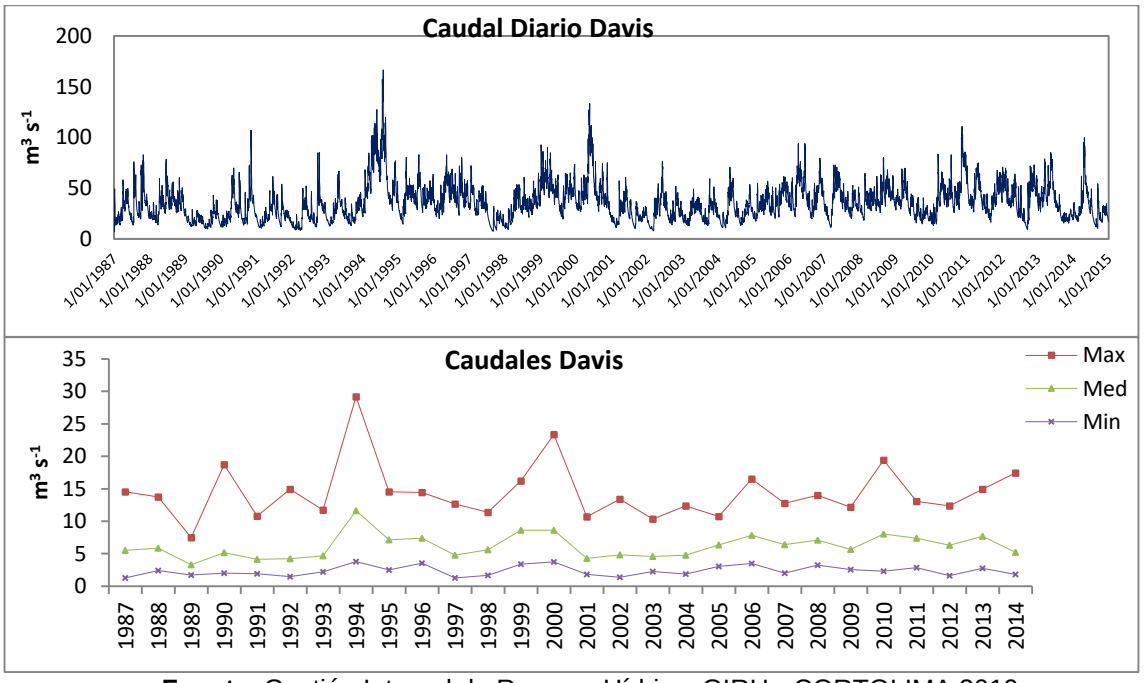
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 31. Caudales diarios y anuales simulados Tequendama



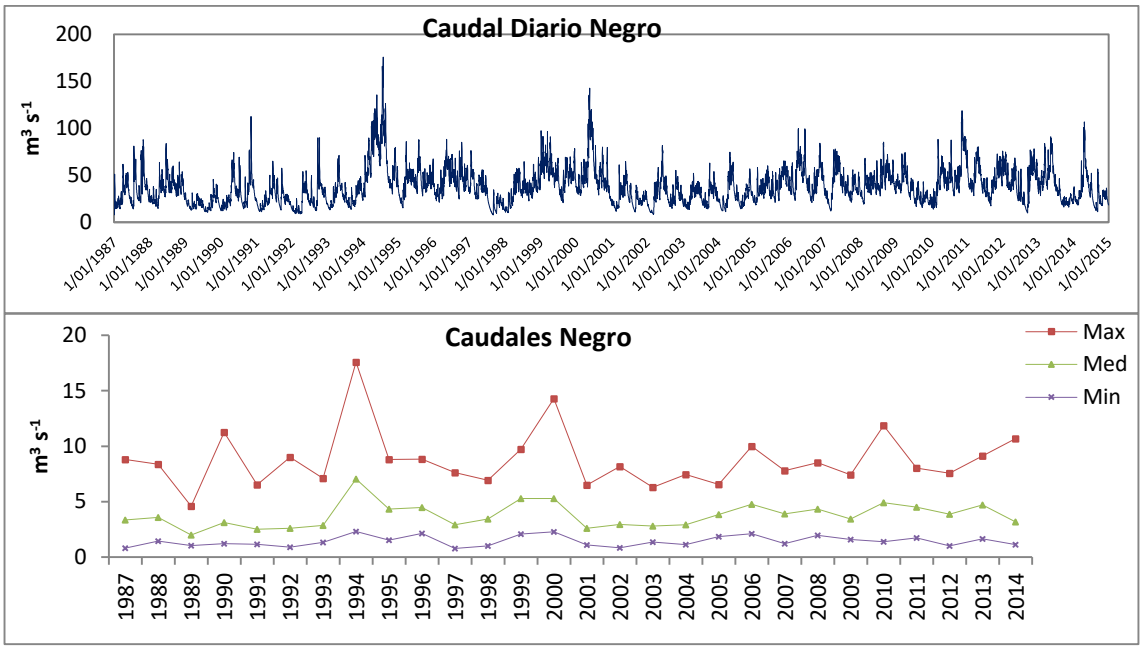
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 32. Caudales diarios y anuales simulados Davis



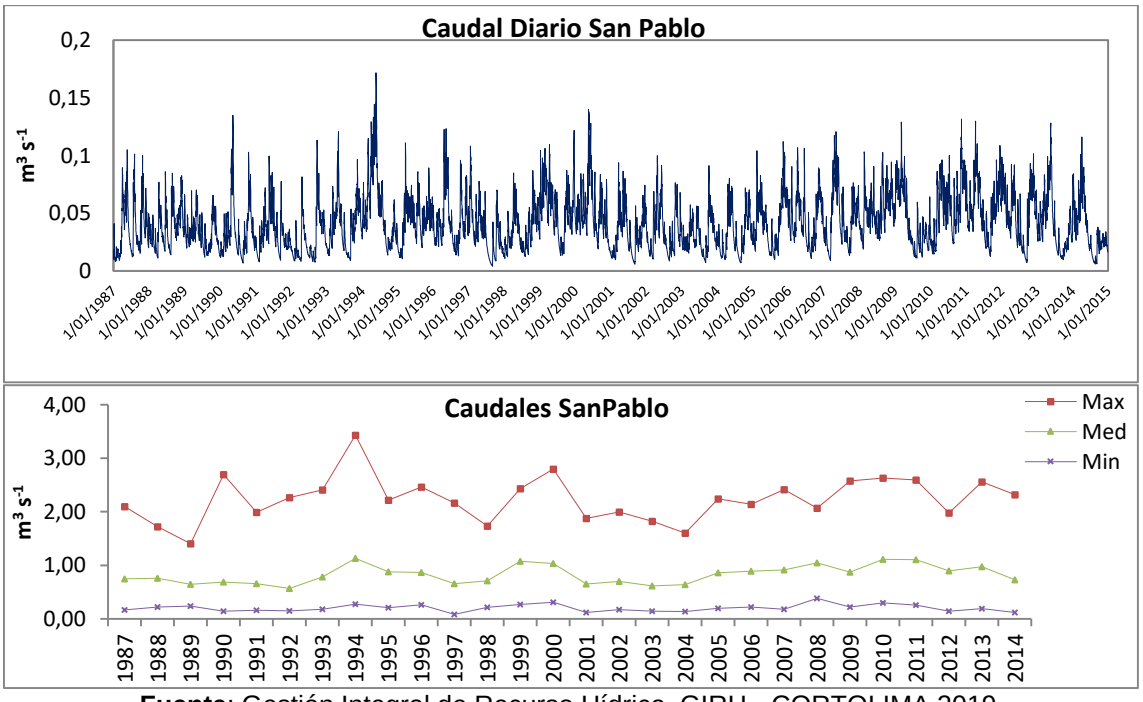
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura33. Caudales diarios y anuales simulados Negro



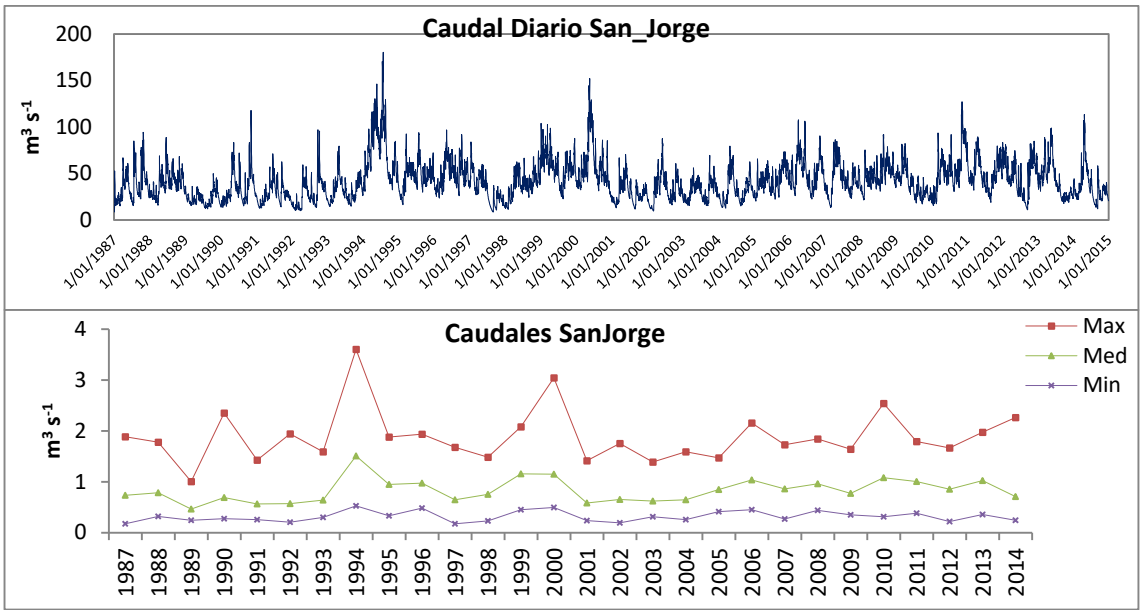
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura34. Caudales diarios y anuales simulados San Pablo



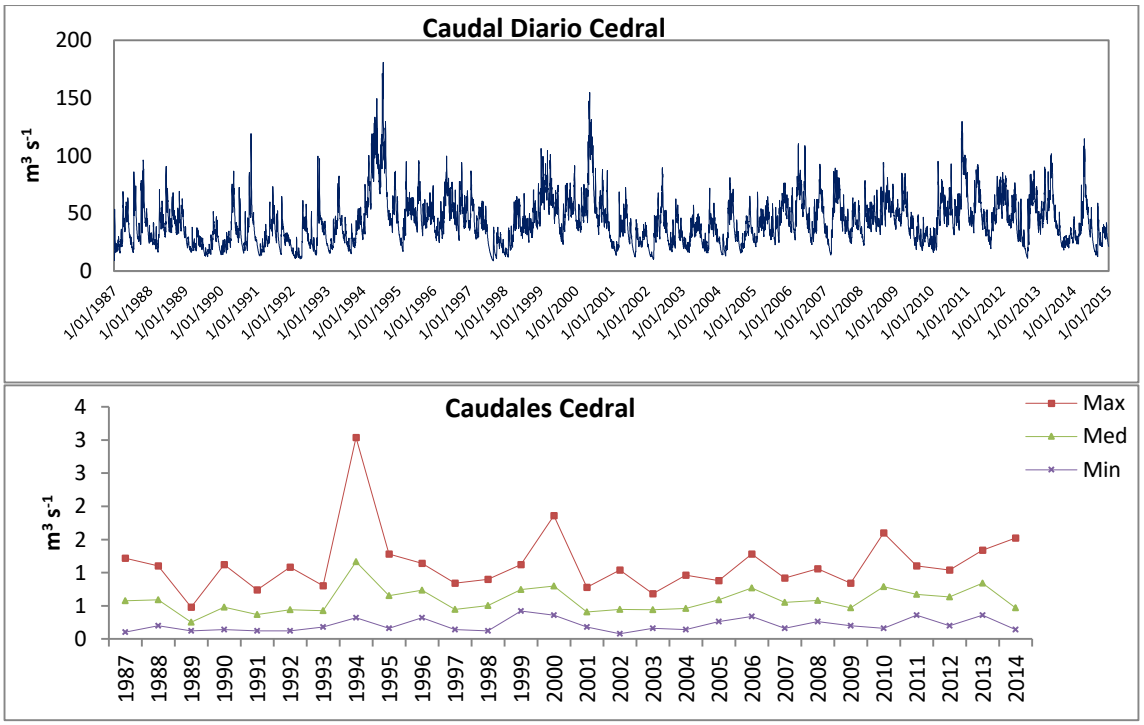
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 35. Caudales diarios y anuales simulados San Jorge



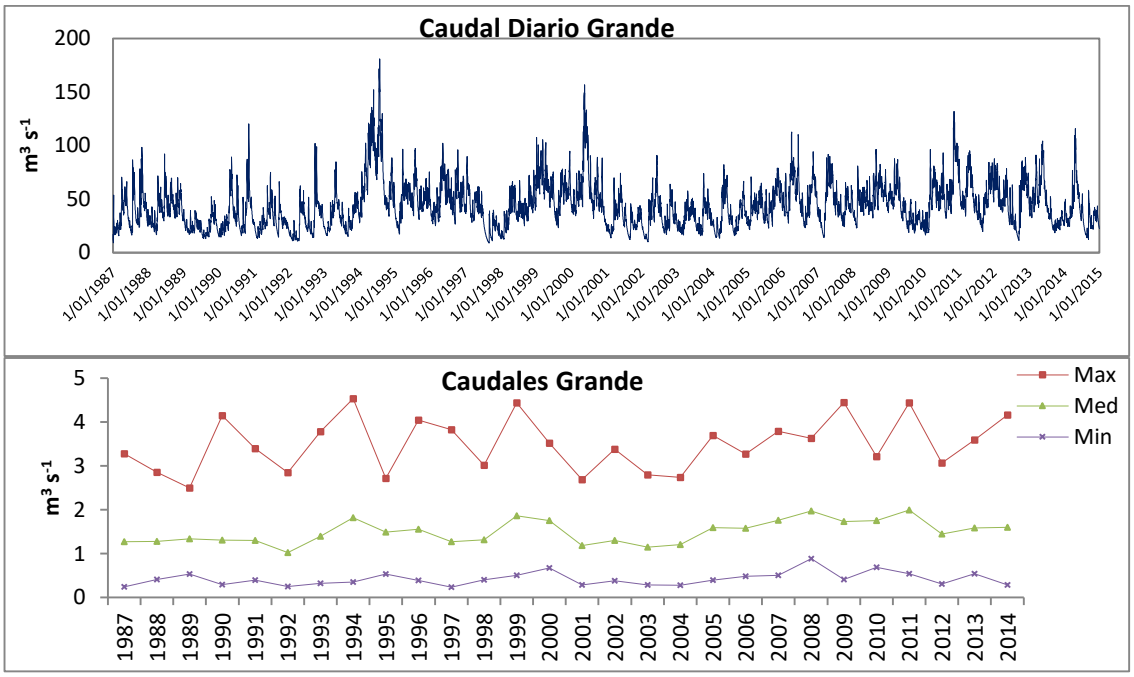
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 36. Caudales diarios y anuales simulados El Cedral



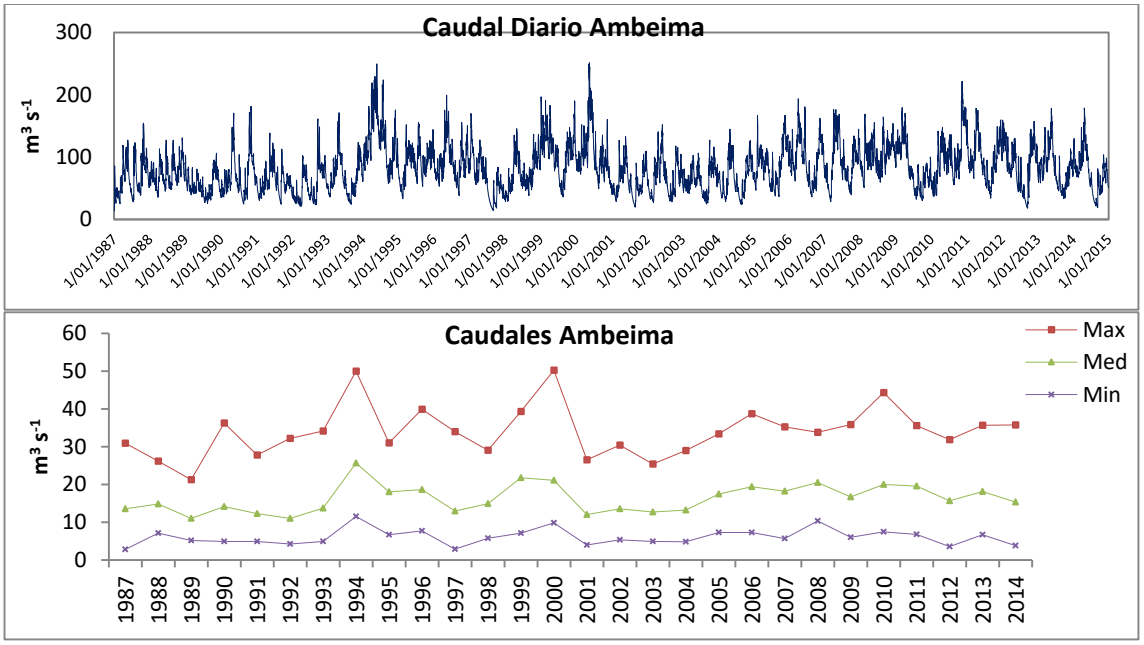
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 37. Caudales diarios y anuales simulados quebrada Grande



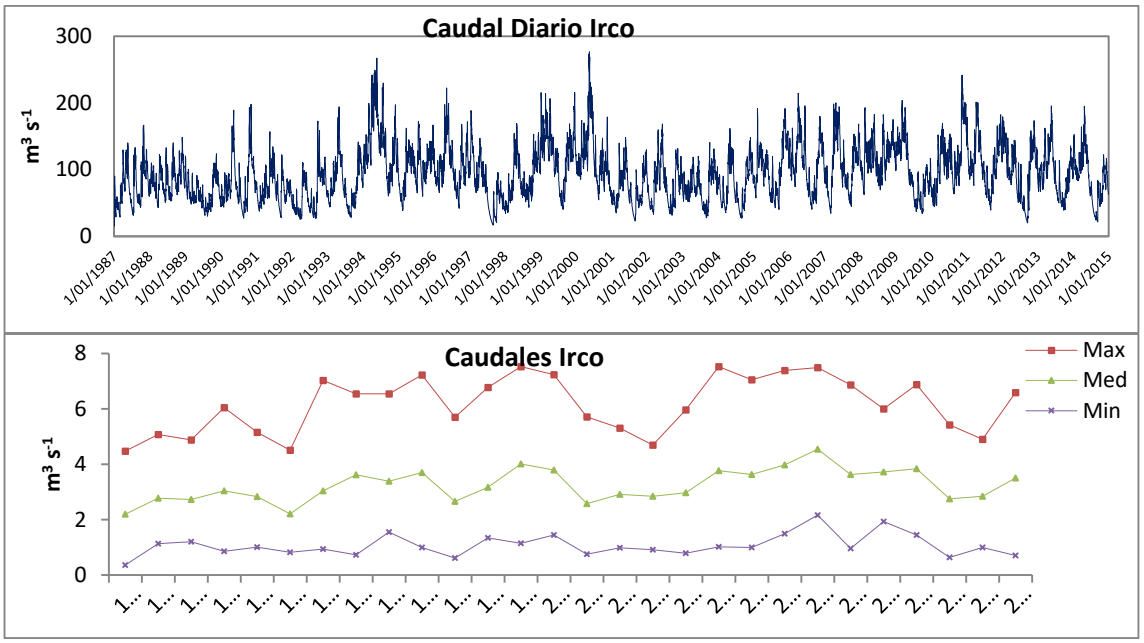
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 38. Caudales diarios y anuales simulados Ambeima



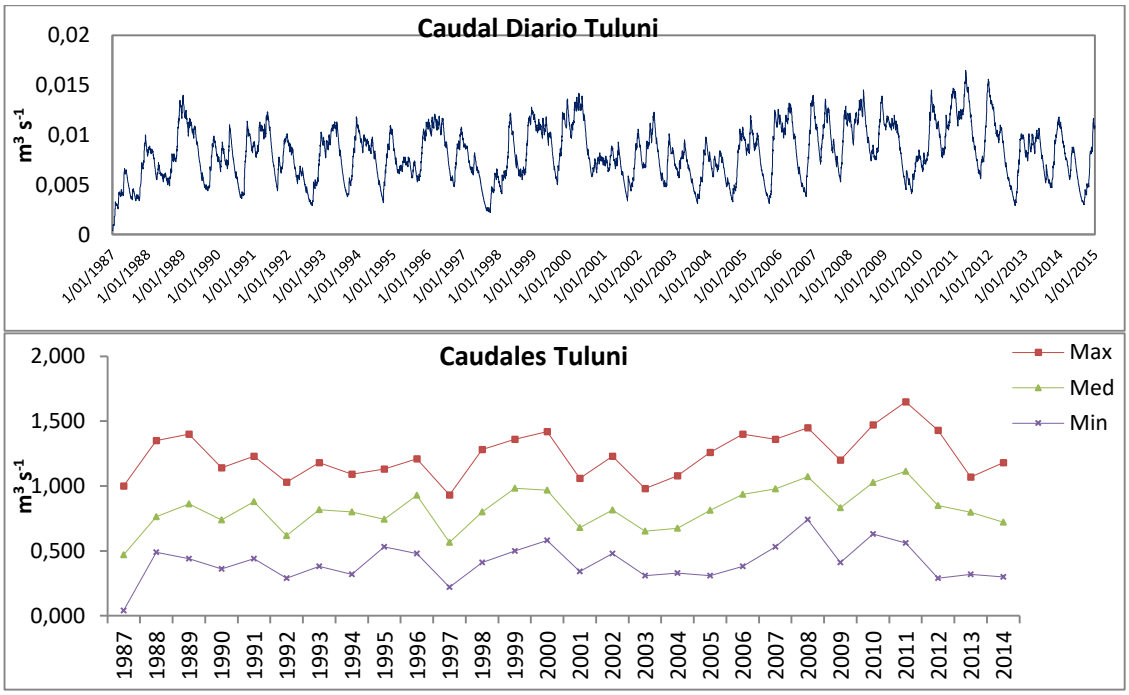
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 39. Caudales diarios y anuales simulados Irco



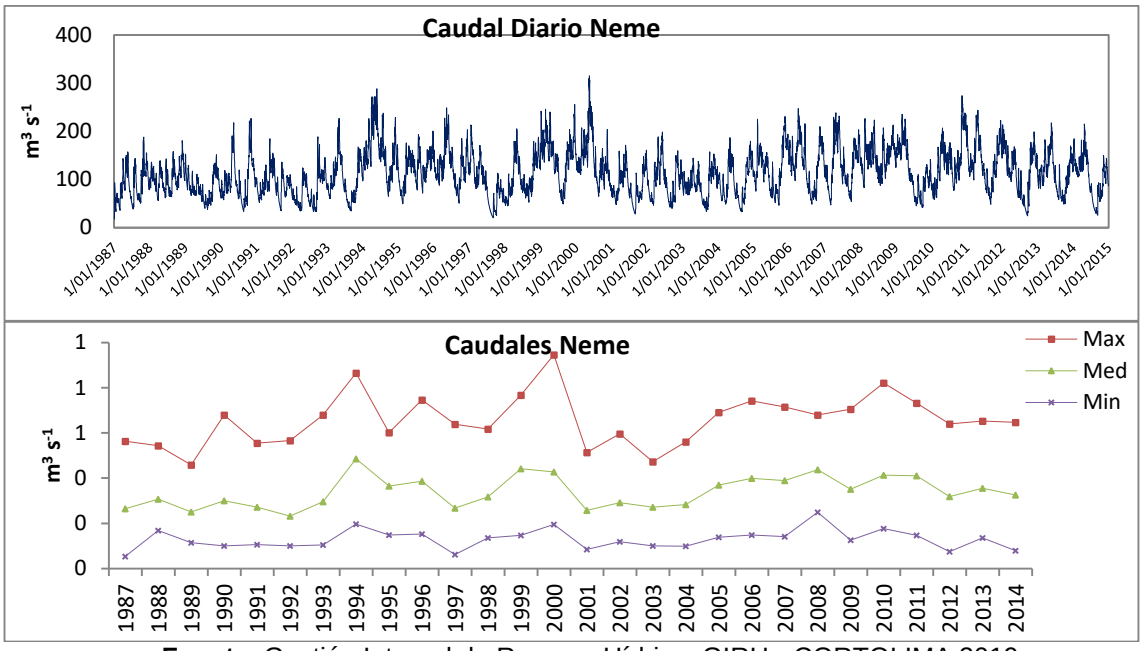
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 40. Caudales diarios y anuales simulados Tuluni



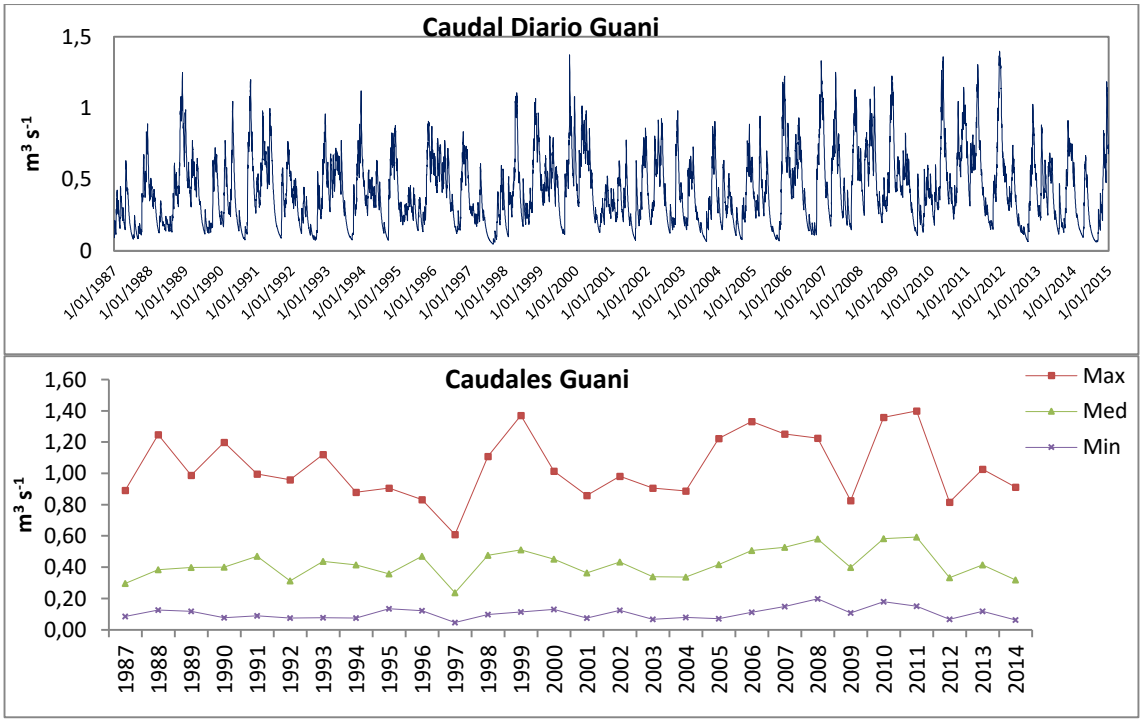
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 41. Caudales diarios y anuales simulados El Neme



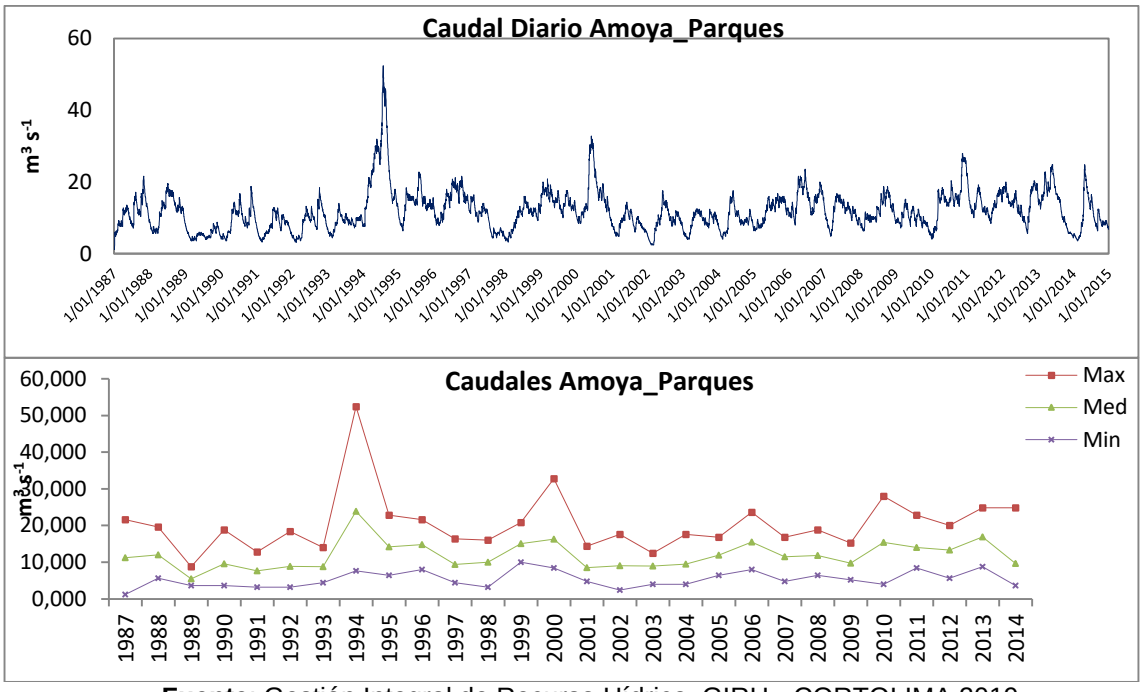
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 42. Caudales diarios y anuales simulados Guani



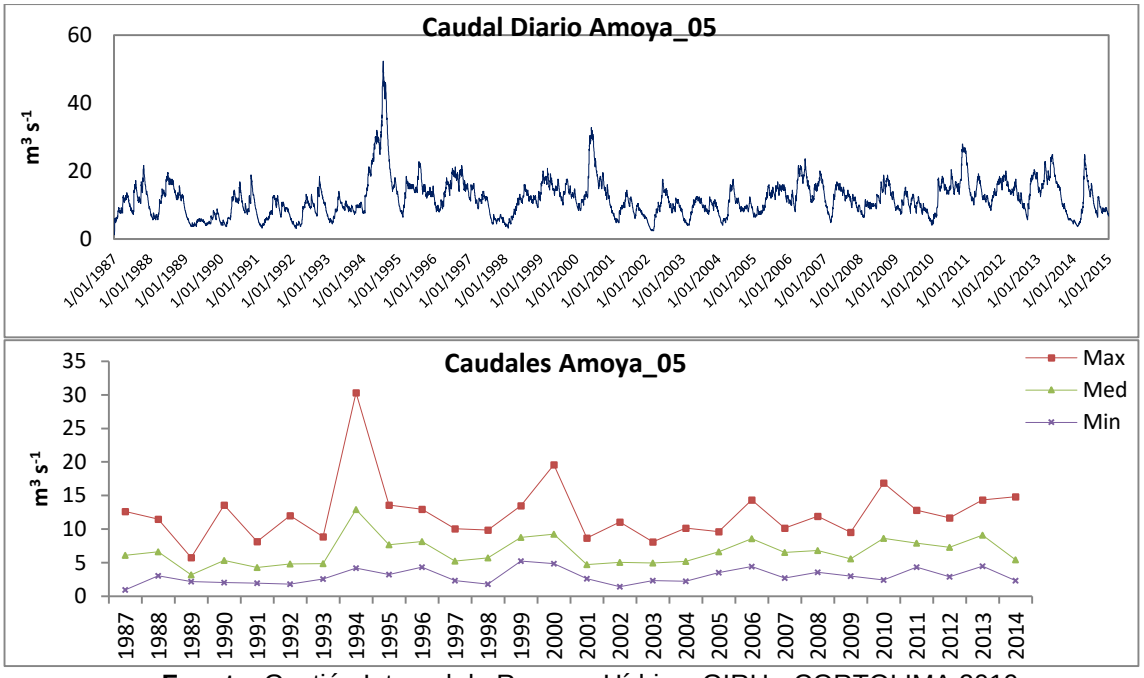
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 43. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá Parques



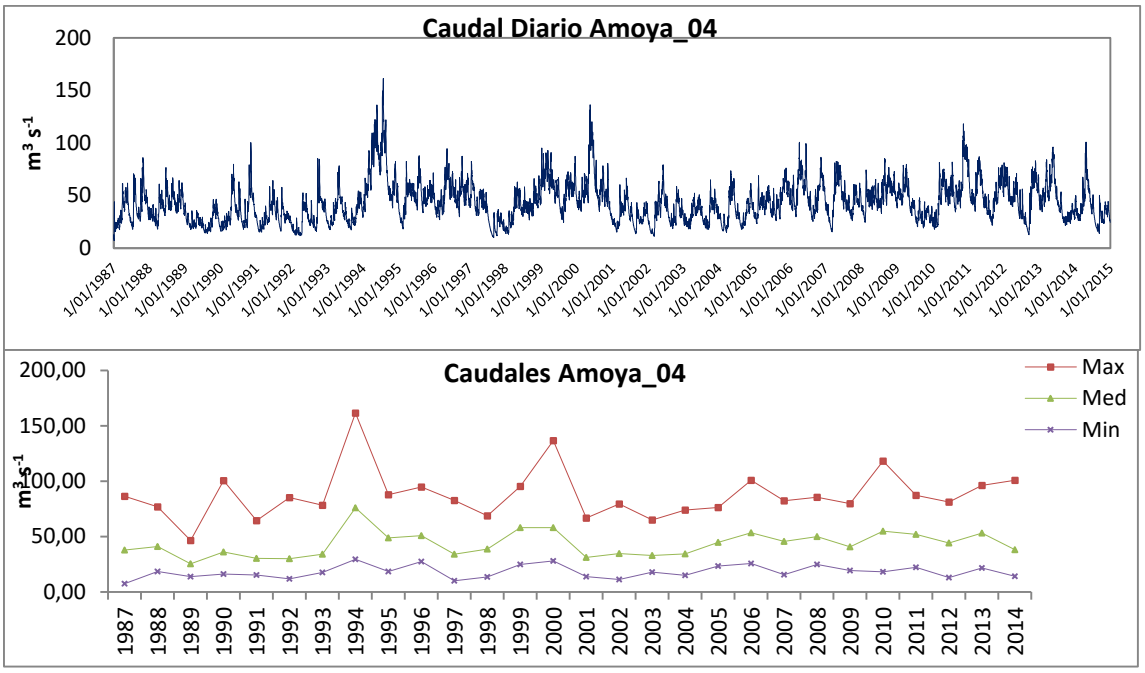
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 44. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_05



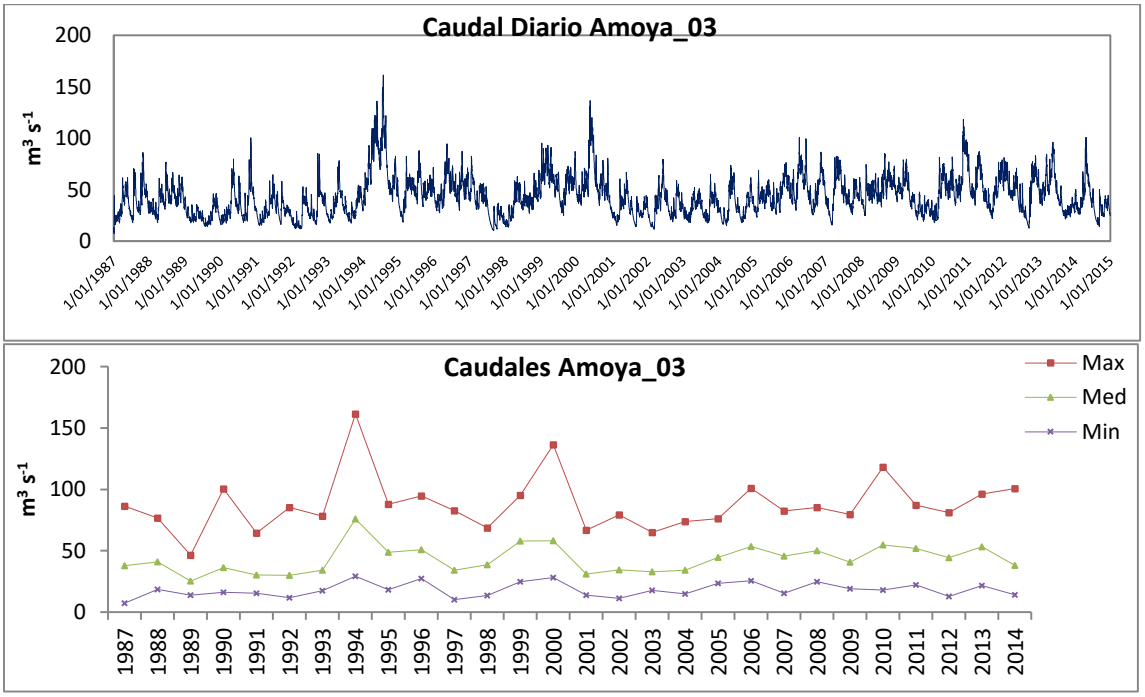
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 45. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_04



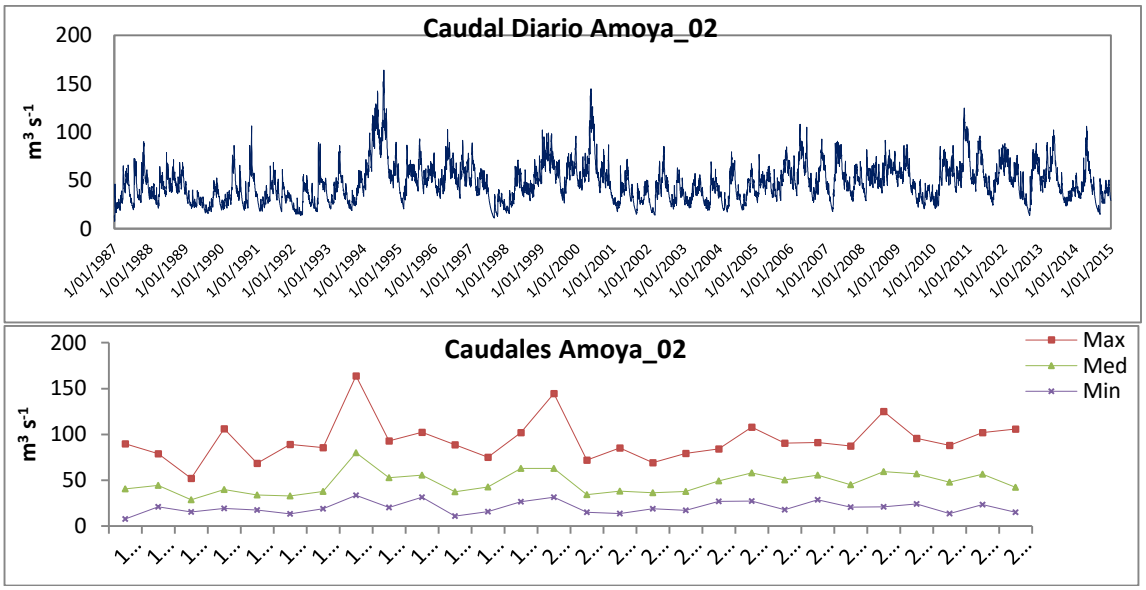
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 46. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_03



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 47. Caudales diarios y anuales simulados Río Amoyá_02

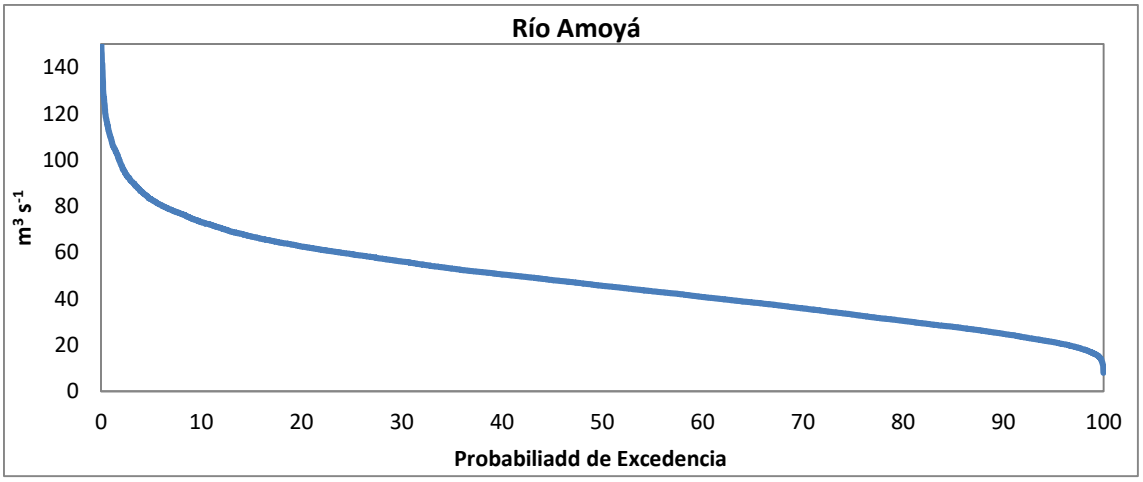


Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.3 Curvas de duración de caudales

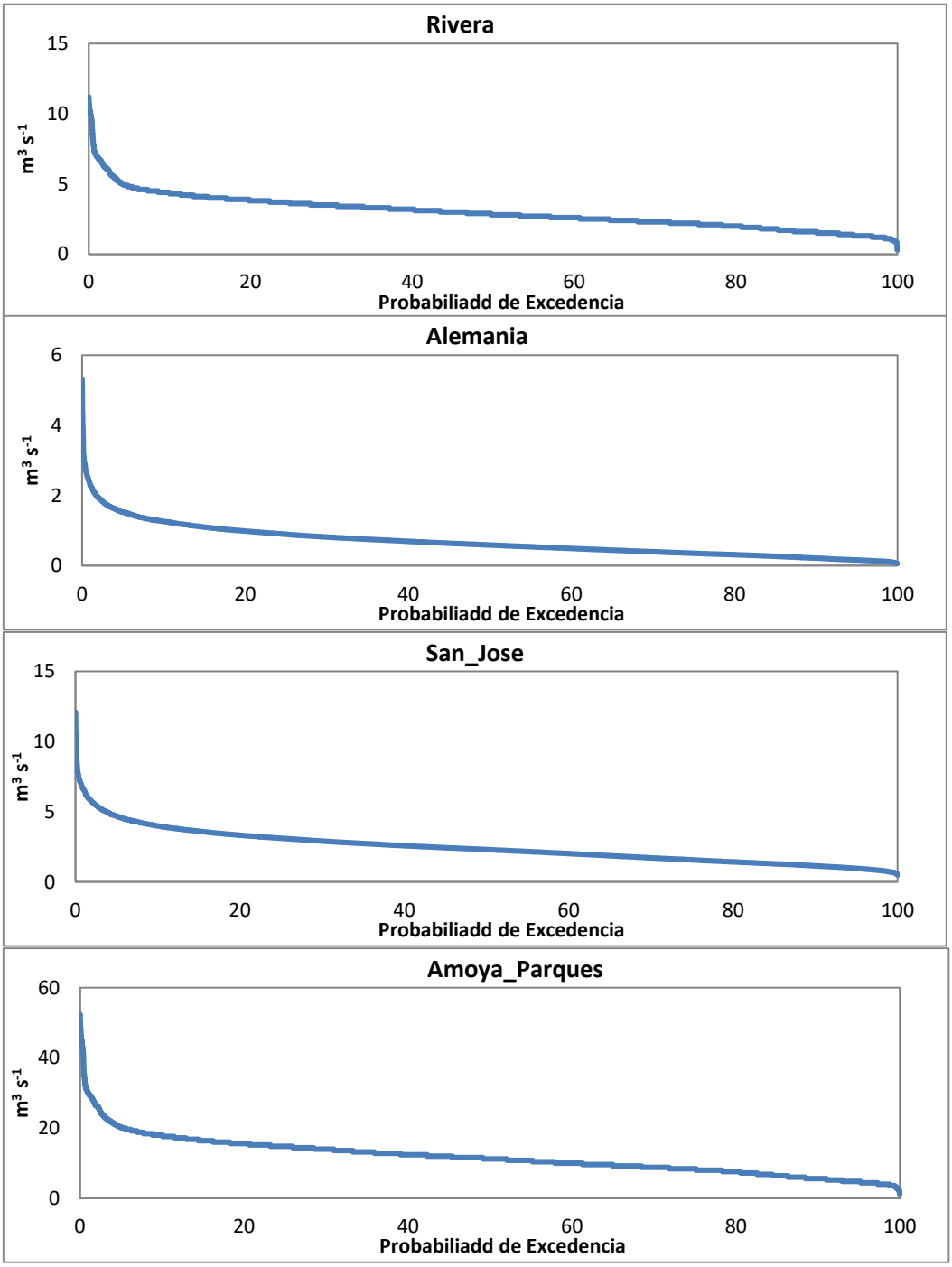
A partir de las series simuladas de los puntos no aforados en la cuenca del Río Amoyá indicados en la Tabla 1 se estimaron las curvas de duración de caudales, las cuales fueron útiles estimar la oferta hídrica en las subcuencas de la cuenca del Río Amoyá (Gráficos 48 al 52).

Figura 48. Curva de duración de caudales Río Amoyá



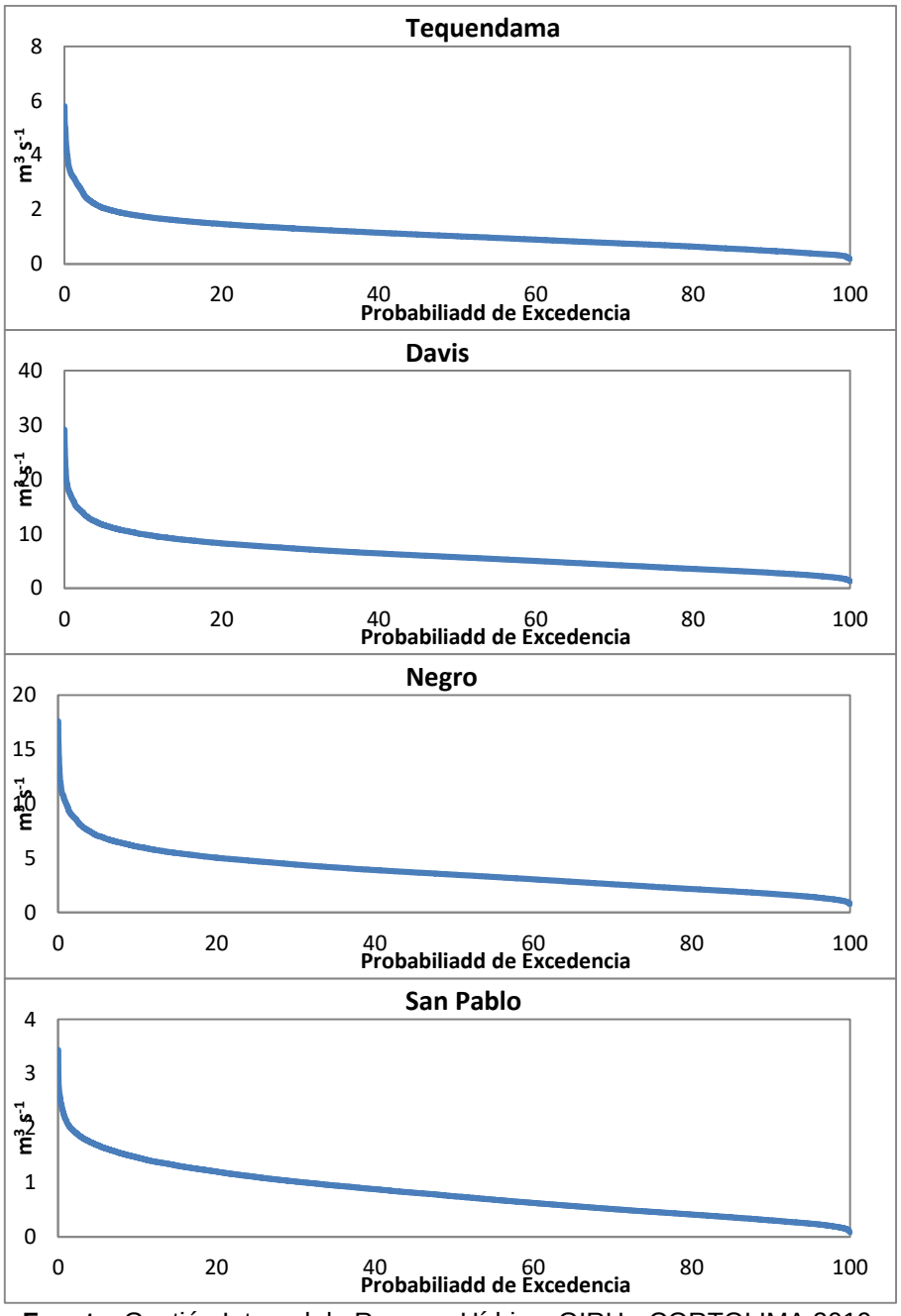
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 49. Curva de duración de caudales Río Amoyá en Amoyá Parques y quebradas: La Rivera, Alemania y San José



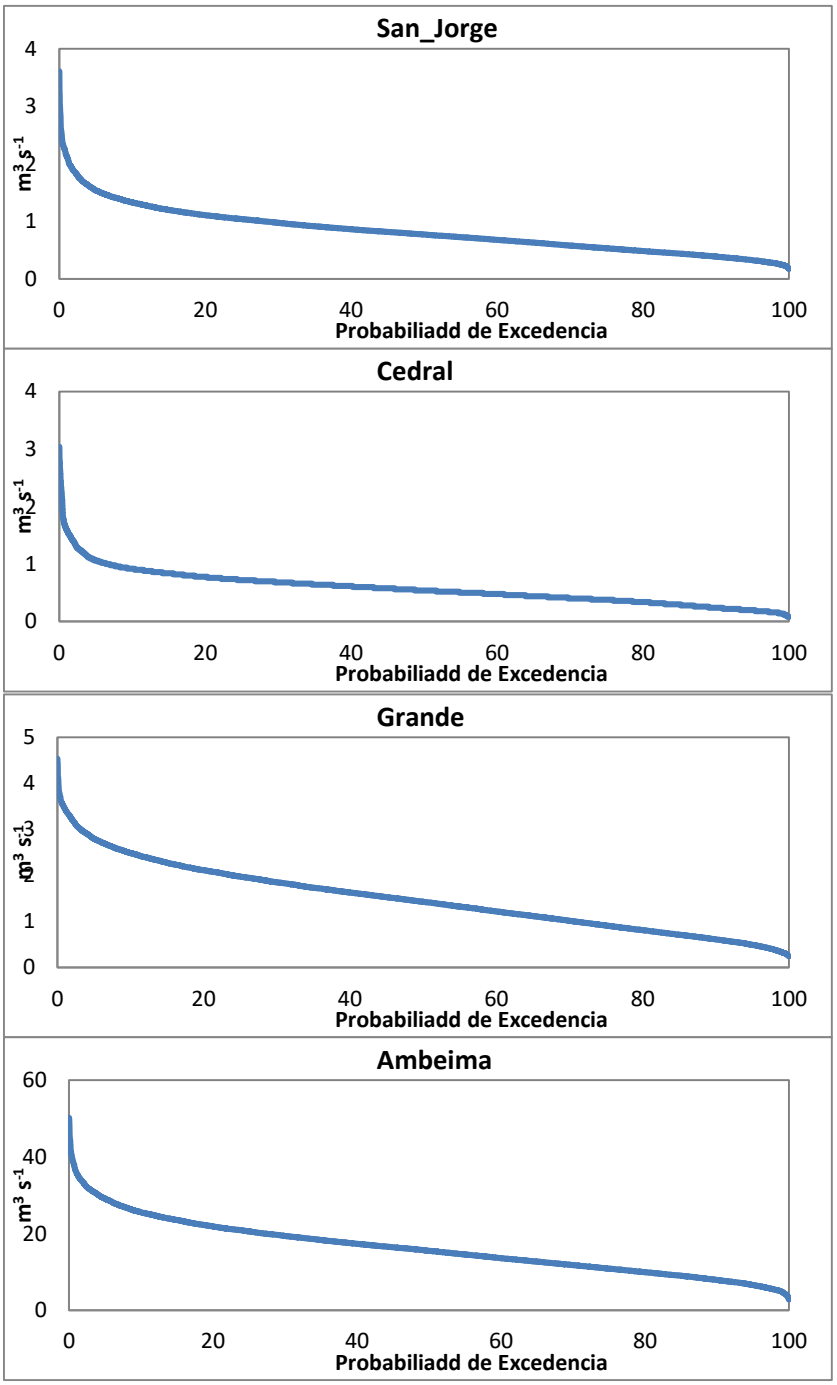
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 50. Curva de duración de caudales Tequendama, El Davis, Río Negro y San Pablo



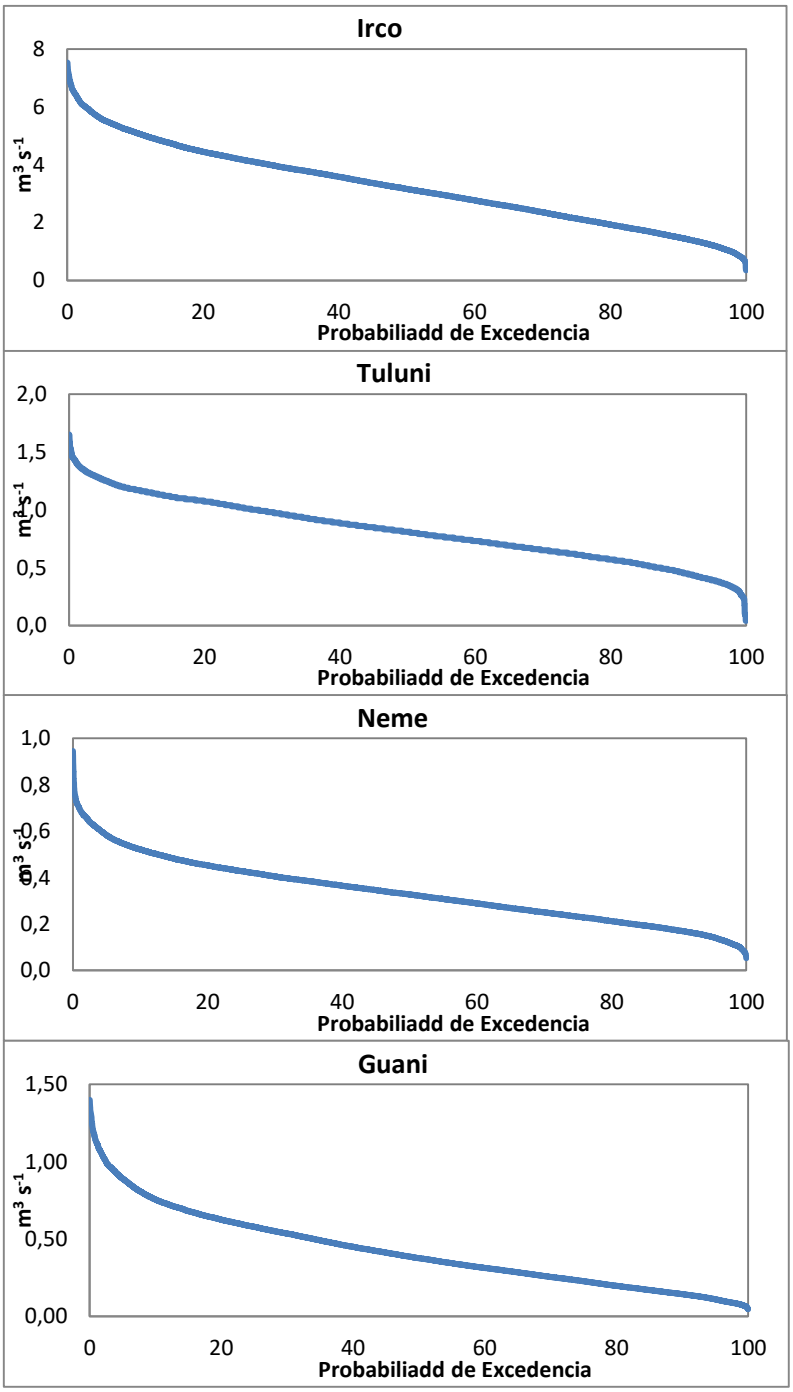
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 51. Curva de duración de caudales San Jorge, El Cedral, Grande y Ambeima



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 52. Curva de duración de caudales Irco, Tuluni, Neme y Guani



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

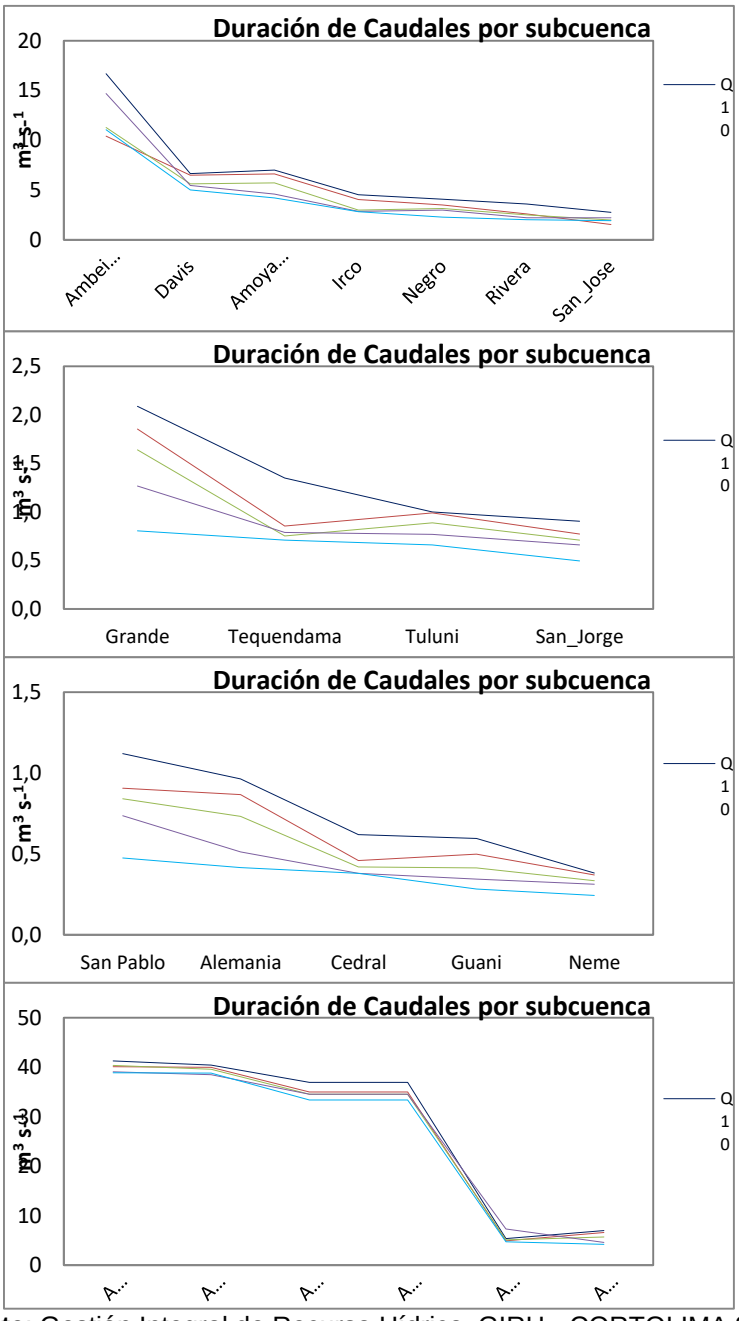
A partir las series con las que se generaron las curvas de duración de caudales en la cuenca del Río Amoyá, se determinó la permanencia de algunos caudales de interés de administración y gestión ambiental, los cuales se presentan en la Tabla 20 y Figura53.

Tabla 20. Permanencia de caudales por subcuencas de la cuenca del Río Amoyá ($m^3\ s^{-1}$)

Cuenca	Q10	Q50	Q80	Q90	Q97.5
Ambeima	16.692	10.397	11.289	14.680	11.061
Davis	6.654	6.498	5.603	5.464	4.992
Amoya_Parques	7.000	6.600	5.700	4.600	4.200
Irco	4.532	4.050	2.965	2.844	2.805
Negro	4.078	3.478	3.147	2.983	2.275
Rivera	3.600	2.600	2.500	2.200	2.000
San_Jose	2.759	1.514	1.984	2.201	1.922
Grande	2.0903	1.8534	1.6413	1.2693	0.8075
Tequendama	1.351	0.854	0.753	0.790	0.712
Tuluni	1.000	0.990	0.890	0.770	0.660
San_Jorge	0.905	0.772	0.711	0.661	0.496
San Pablo	1.120	0.906	0.840	0.736	0.474
Alemania	0.963	0.866	0.733	0.513	0.415
Cedral	0.620	0.460	0.420	0.380	0.380
Guani	0.595	0.499	0.414	0.344	0.282
Neme	0.381	0.371	0.335	0.313	0.243

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 53. Permanencia de caudales por subcuencas de la cuenca del Río Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.4 DEMANDA HÍDRICA

Para realizar el análisis de la oferta y demanda hídrica en la cuenca del Río Amoyá, se dispuso de la información espacializada de concesiones hídricas otorgadas por parte de la Corporación Autónoma Regional del Tolima, las cuales se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Principales concesiones hídricas otorgadas en la cuenca del Río Amoyá

Orden	X	Y	Expediente	Código	Cuenca	Concesión (LPS)	Nom_Nss	Uso
1	825958.644	911603.604	1499 T5	1903	**Ambeima**	4.24	Q. San Pablo	Domestico
2	831043.481	903430.290	S-019-04	3040	**Ambeima**	0.10	R. Ambeima	Domestico
3	826653.000	903254.000	S-30008	4698	**Ambeima**	1.00	Q. Los Andes	Domestico /Agrícola
4	831491.000	907192.000	S-283-12	5029	**Ambeima**	0.23	R. Ambeima	Domestico /Pecuario
5	854619.958	897425.814	1425 T4	1928	**Amoyá_01**	12.00	R. Amoyá	Agrícola
6	854619.958	897425.814	1425 T3	1929	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
7	854619.958	897425.814	1425 T6	1930	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
8	854619.958	897425.814	1425 T5	1931	**Amoyá_01**	10.00	R. Amoyá	Agrícola
9	854619.958	897425.814	1425 T1	1932	**Amoyá_01**	14.00	R. Amoyá	Agrícola
10	854619.958	897425.814	1425 T2	1933	**Amoyá_01**	21.00	R. Amoyá	Agrícola
11	854619.958	897425.814	1425 T7	1934	**Amoyá_01**	22.00	R. Amoyá	Agrícola
12	854619.958	897425.814	1425 T8	1935	**Amoyá_01**	17.00	R. Amoyá	Agrícola
13	854619.958	897425.814	1425 T1	1936	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
14	854623.022	897410.448	S-067-07	3888	**Amoyá_01**	58.00	R. Amoyá	Agrícola
15	854623.022	897410.448	S-067-07	3889	**Amoyá_01**	10.00	R. Amoyá	Agrícola
16	854623.031	897416.592	S-016-09	4067	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
17	854623.031	897416.592	S-016-09	4068	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
18	854497.000	897275.000	S-015-09	4070	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
20	854497.000	897275.000	S-015-09	4071	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
21	854783.846	897625.283	S - 014-09	4072	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
22	854497.000	897275.000	S - 014-09	4074	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola
23	854619.958	897425.814	S-098-08	4233	**Amoyá_01**	3.40	R. Amoyá	Agrícola
24	846384.425	897413.608	2691 T 8	4047	**Amoyá_02**	160.00	R. Amoyá	Agrícola
25	824770.610	917663.821	12366	2246	**Amoyá_04**	18000	R. Amoyá	Industrial
26	832551.391	913606.059	12366	2248	**Amoyá_04**	0.85	Q. San Jorge	Domestico
27	832136.718	914394.938	2436 T7	2897	**Amoyá_04**	130.00	R. Amoyá	Domestico
28	832450.163	913610.845	2436 T7	2898	**Amoyá_04**	130.00	Q. San Jorge	Domestico
29	830763.482	912787.247	S-078-09	4374	**Amoyá_04**	1.23	R. Amoyá	Domestico

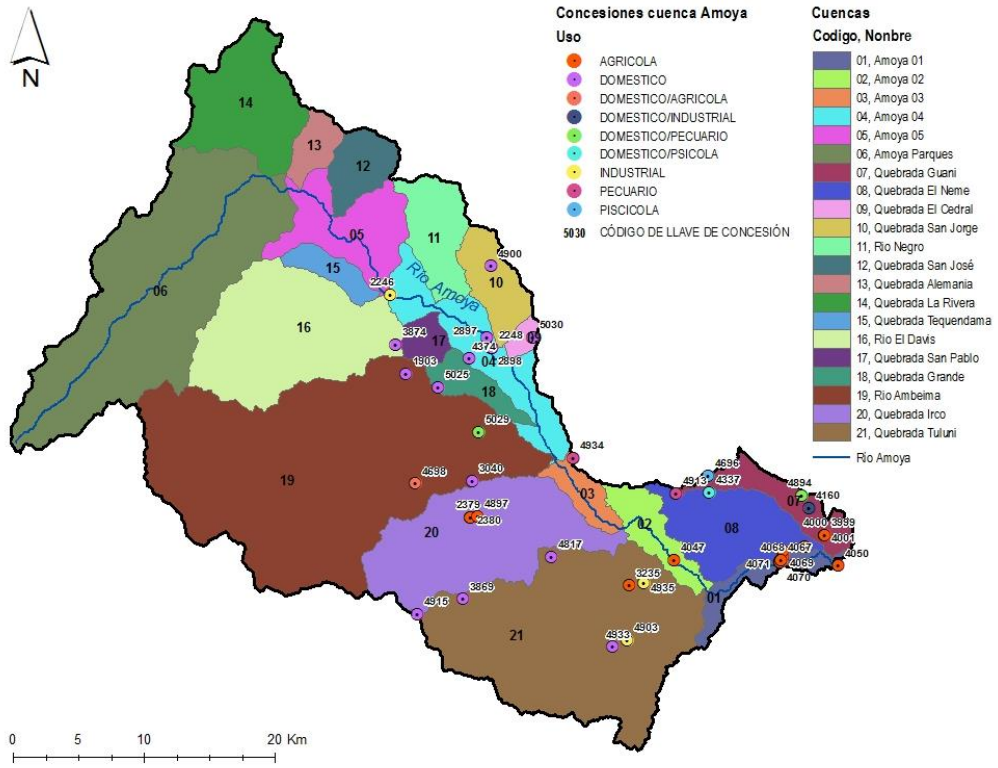
Orden	X	Y	Expediente	Código	Cuenca	Concesión (LPS)	Nom_Nss	Uso
30	835664.000	914391.000	061 - 12	5030	**Cedral**	0.73	Q. El Cedral	Domestico
31	825157.124	913848.210	S-1980-6	3874	**Davis**	1.50	Q. Janeiro	Domestico
32	828382.898	910579.087	SUP-30069	5025	**Grande**	1.11	Q. Grande	Domestico
33	857950.136	899316.678	S-049-08	3995	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
34	857950.136	899316.678	S-050-08	3996	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
35	857950.136	899316.678	S-053-08	3997	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
37	857950.136	899316.678	S-052-08	3998	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
38	857931.616	899316.704	S-051-08	3999	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
39	857931.616	899316.704	S-043-08	4000	**Guani**	6.00	Q. Guani	Agrícola
40	857931.616	899316.704	S-048-08	4001	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
41	857931.616	899316.704	S-047-08	4002	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola
42	857931.616	899316.704	S-046-08	4003	**Guani**	7.00	Q. Guani	Agrícola
43	857931.616	899316.704	S-045-08	4004	**Guani**	6.00	Q. Guani	Agrícola
44	857931.616	899316.704	S-044-08	4005	**Guani**	6.00	Q. Guani	Agrícola
45	856724.629	901367.747	S-010-10	4160	**Guani**	2.50	Q. Guani	Domestico/ Industrial
46	849027.291	903834.173	S-004-13	4696	**Guani**	1.00	Q. La Palmita	Piscícola
47	856204.000	902332.000	S-30050	4894	**Guani**	0.22	Q. Guani	Domestico/ Pecuario
48	830844.273	900674.396	1769 T5	2379	**Irco**	3.00	Q. Linday	Agrícola
49	830844.273	900674.396	1769 T5	2380	**Irco**	3.00	Q. Linday	Domestico
50	831412.427	900769.600	S-30028-15	4897	**Irco**	0.80	Q. Linday	Agrícola
51	854732.108	898129.239	S-015-09	4069	**Neme**	20.00	Q. El Neme	Agrícola
52	856439.500	898440.143	S - 014-09	4073	**Neme**	20.00	Q. El Neme	Agrícola
53	849084.003	902577.430	S-184-10	4337	**Neme**	1.70	Q. Madroñal	Domestico/ Piscícola
54	846549.729	902489.180	S-152-12BIS	4913	**Neme**	0.13	Q. Chicona	Pecuario
55	832448.822	919848.465	30029-15	4900	**San Jorge**	0.05	Q. San Jorge	Domestico
56	843004.356	895467.800	S-168-06	3235	**Tuluni**	45.00	Q. Tuluni	Agrícola
57	830278.007	894450.010	S-165-06	3869	**Tuluni**	5.14	Q. Tuluni	Domestico
58	837077.000	897655.000	S-247-10	4817	**Tuluni**	0.26	Q. Los Angeles	Domestico
60	842834.253	891313.947	S-30045-16	4903	**Tuluni**	0.50	Q. El Totumo	Industrial
61	826799.907	893300.596	S-30047-16	4915	**Tuluni**	0.75	Q. Icarco	Domestico
62	841740.595	890777.952	S-30020-15	4933	**Tuluni**	0.05	Q. El Totumo	Domestico
63	844137.550	895662.671	S-30044-16	4935	**Tuluni**	0.50	Q. Tuluni	Industrial

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

La localización de las concesiones en función de la definición de las subcuencas definidas para la cuenca del Río Amoyá se presenta en el Figura54, de manera que

esta información fue útil para realizar el análisis de la oferta y demanda hídrica en las subcuencas de la cuenca de Amoyá definidas para este estudio.

Figura 54. Localización principales concesiones hídricas otorgadas por Cortolima



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5 ANÁLISIS OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

Para definir la oferta hídrica de las subcuencas de la cuenca del Río Amoyá, se descontó el caudal ambiental al disponible superficialmente (Q85) para el caso de los caudales medios. En el régimen de mínimos, Se definió el 20% del caudal mínimo, de manera que en la Tabla 22, se presentan los caudales que corresponden a la oferta hídrica, su correspondiente demanda proveniente de las concesiones indicadas en la Tabla 22.

Tabla 22. Principales concesiones hídricas otorgadas en la cuenca del Río Amoyá

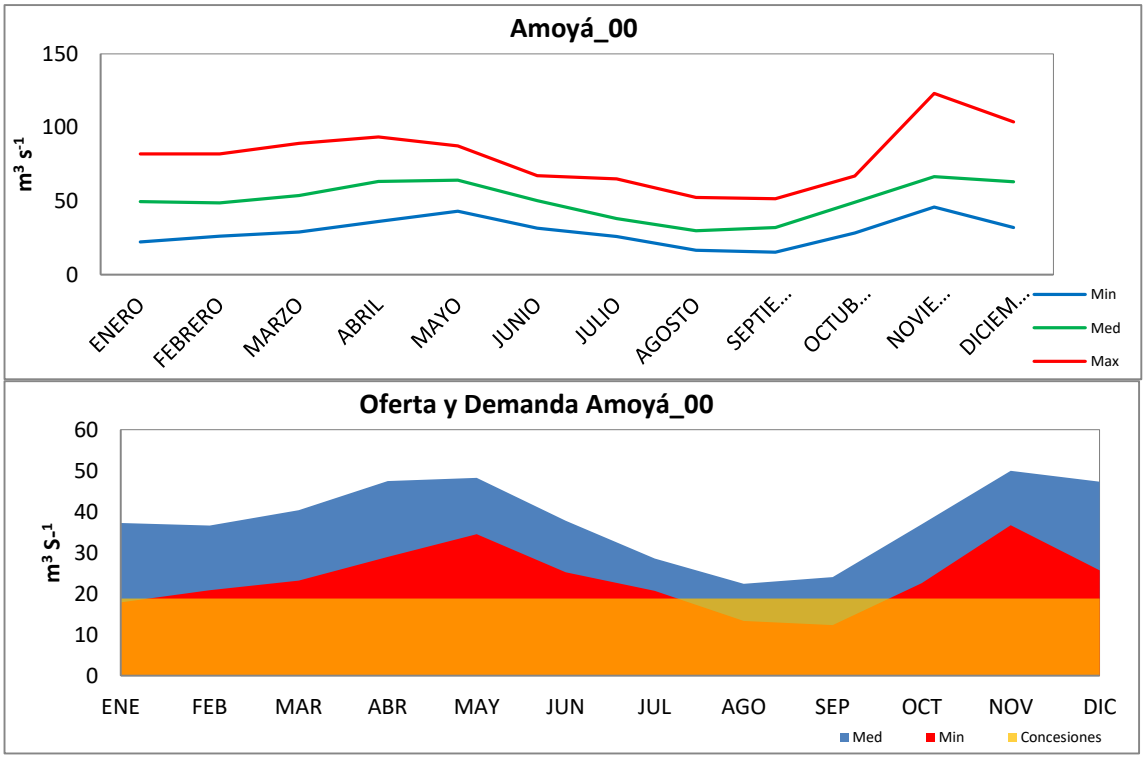
Cuenca	Subcuenca	Tributarios	Oferta ($m^3 s^{-1}$)	Demanda $m^3 s^{-1}$	Subcuenca Oferta ($m^3 s^{-1}$)	Subcuenca Demanda ($m^3 s^{-1}$)
Amoyá	Amoyá Parques		5.94		10.83	0.000
	Amoyá 5	Q. La Rivera	2.978		18.08	0.000
		Q. Alemania	0.685			
		Q. San José	2.483			
		Q. Tequendama	1.104			
	Amoyá 4	R. Davis	6.163	0.002	47.964	0.009
		R. Negro	3.755			
		Q. San Pablo	0.823			
		Q. San Jorge	0.827	0.000		
		Q. Cedral	0.579	0.001		
		Q. Grande	1.497	0.001		
		R. Ambeima	16.24	0.006		
	Amoyá 3			18.000	47.964	18.000
	Amoyá 2	Q. Irco	3.246	0.007	52.027	0.060
		Q. Tuluni	0.817	0.053		
	Amoyá 1	Q. Neme	0.338	0.042	52.785	0.758
		Q. Guani	0.42	0.135		
	Cuenca Amoyá				**52.785**	**18.827**

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.1 Oferta y demanda hídrica Río Amoyá

A partir de las series diarias de caudales en la cuenca del Río Amoyá, se estimó el comportamiento de la oferta y demanda hídrica mensual, con el propósito de evaluar la capacidad de la fuente para suplir los requerimientos de agua para diferentes usos en la zona de estudio. En este caso, los caudales presentados en la Tabla 23 y Figura55 corresponde a la disponibilidad de agua en el punto desembocadura del Río Amoyá al Río Saldaña, considerando las extracciones aguas arriba correspondientes a las concesiones registradas en la Tabla 22.

Figura 55. Oferta y demanda hídrica en Río Amoyá



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 23. Caudales disponibles y concesionados en Río Amoyá (m^3 s^{-1})

Cuenca Amoyá	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Qmed	49.708	48.790	53.841	63.340	64.296	50.399	38.080	29.857	32.078	49.289	66.607	63.111
Qmin	22.334	26.066	29.010	36.250	43.166	31.545	25.881	16.640	15.384	28.233	45.842	32.111
Q85	12.427	12.197	13.460	15.835	16.074	12.600	9.520	7.464	8.020	12.322	16.652	15.778
Disponible MED	37.281	36.592	40.380	47.505	48.222	37.799	28.560	22.393	24.059	36.967	49.955	47.333
Disponible MIN	17.867	20.853	23.208	29.000	34.533	25.236	20.705	13.312	12.308	22.587	36.673	25.688
Demanda Concesiones	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827	18.827
Cambio MED	18.454	17.765	21.553	28.678	29.395	18.972	9.733	3.566	5.232	18.140	31.128	28.506
Cambio MIN	-0.960	2.026	4.381	10.173	15.706	6.409	1.878	-5.515	-6.519	3.760	17.846	6.861

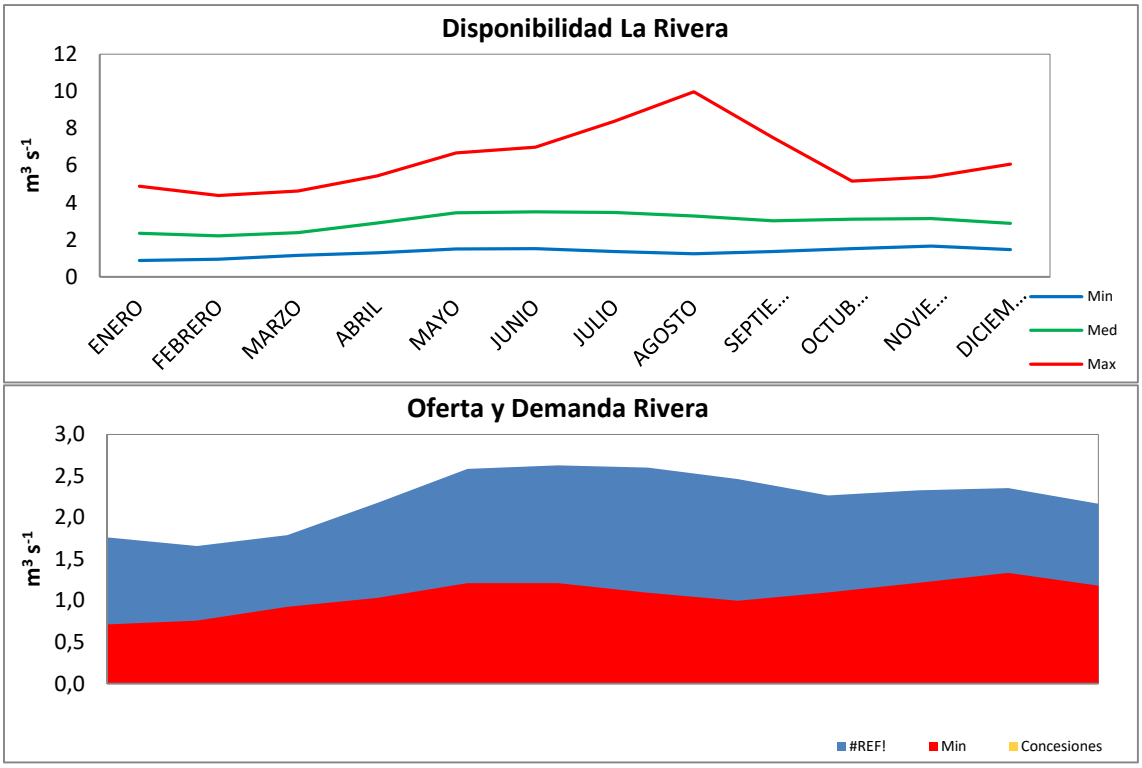
Fuente: **Fuente**: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Es este caso, se puede observar que en el régimen de caudales medios el Río Amoyá tiene capacidad para atender el total de la demanda hídrica concesionada en la cuenca y conservando el caudal ambiental. Por otra parte, en el régimen de mínimos se podrían presentar déficit en la oferta hídrica para atender la demanda durante los meses de enero, agosto y septiembre. Esto no implica que el Río no cuente con presencia de escurrimiento superficial, pues se ha descontado el caudal ambiental y por lo tanto, la atención de la demanda hídrica no debería disponer de dicho caudal ambiental (Tabla 23 y Figura55). Dicha situación podría presentarse en años con periodos secos prolongados, lo cual podría relacionarse con la ocurrencia de eventos como el Niño.

5.5.2 Oferta y demanda hídrica quebrada La Rivera

Según la información suministrada por Cortolima, en el caso de la cuenca de la quebrada La Rivera no se registran concesiones hídricas y por lo tanto, no se identifican déficit para atender la demanda de agua en la zona (Tabla 24 y Figura56).

Figura 56. Oferta y demanda hídrica en La Rivera



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 24. Caudales disponibles y concesionados en La Rivera (m^3 s^{-1})

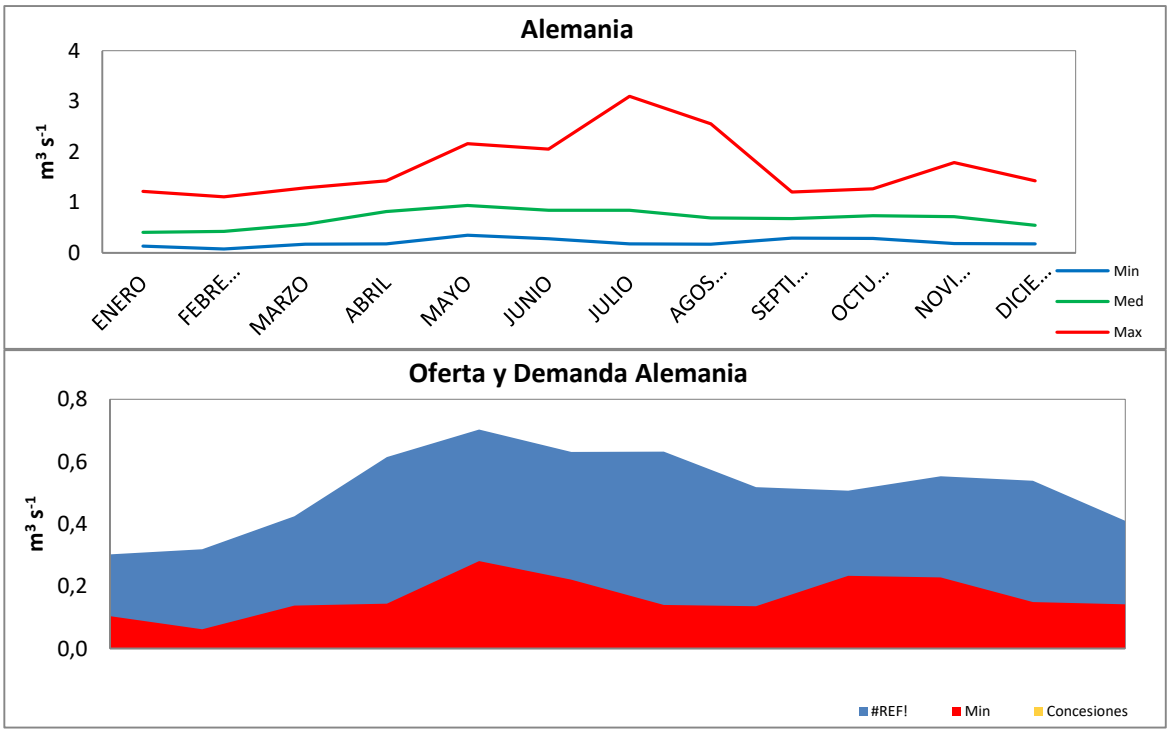
La Rivera	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	2.350	2.209	2.385	2.904	3.446	3.501	3.467	3.282	3.019	3.104	3.140	2.886
Qmin	0.890	0.946	1.155	1.290	1.510	1.513	1.368	1.245	1.373	1.516	1.667	1.471
Q85	0.587	0.552	0.596	0.726	0.862	0.875	0.867	0.821	0.755	0.776	0.785	0.721
Disponible MED	1.762	1.657	1.789	2.178	2.585	2.626	2.600	2.462	2.264	2.328	2.355	2.164
Disponible MIN	0.712	0.757	0.924	1.032	1.208	1.211	1.094	0.996	1.099	1.213	1.333	1.177
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.3 Oferta y demanda hídrica quebrada Alemania

En la cuenca de la quebrada Alemania, no se registran concesiones hídricas, de manera que no se identifican potenciales desabastecimientos debidos a relaciones entre la oferta y demanda de agua en la cuenca (Tabla 25 y Figura57).

Figura 57. Oferta y demanda hídrica en subcuenca Alemania



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 25. Caudales disponibles y concesionados en subcuenca Alemania ($m^3\ s^{-1}$)

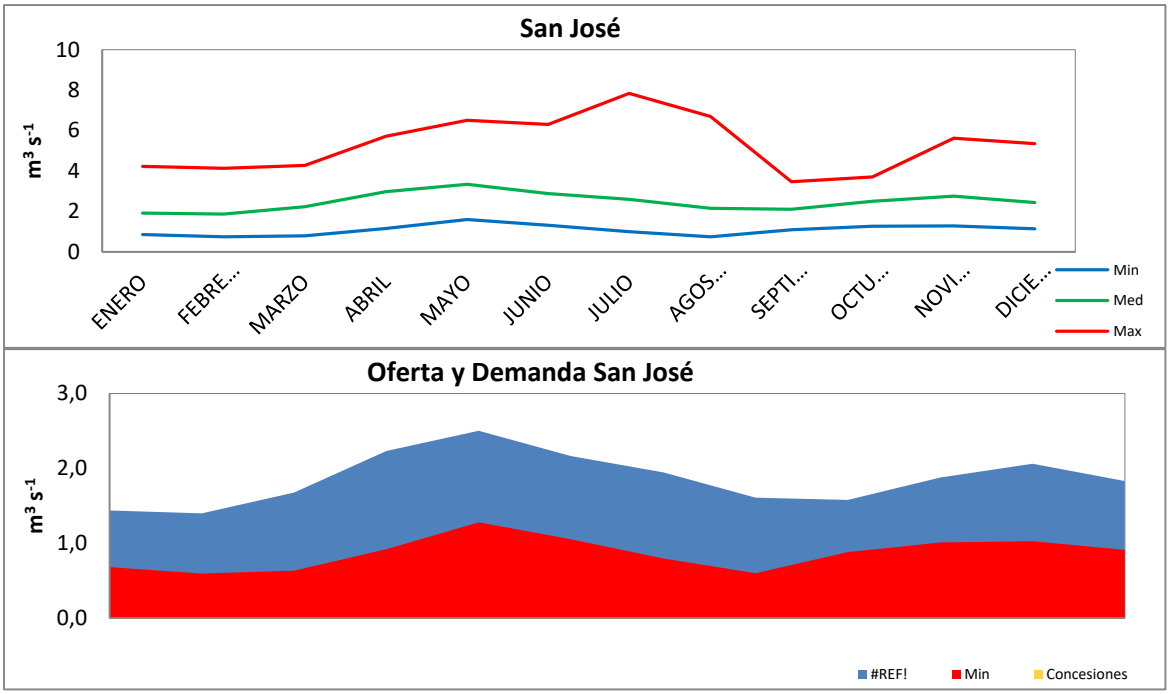
Alemania	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.404	0.426	0.567	0.819	0.938	0.841	0.843	0.691	0.675	0.738	0.718	0.547
Qmin	0.130	0.077	0.172	0.180	0.350	0.277	0.175	0.171	0.292	0.286	0.187	0.178
Q85	0.101	0.106	0.142	0.205	0.234	0.210	0.211	0.173	0.169	0.185	0.180	0.137
Disponible MED	0.303	0.319	0.425	0.614	0.703	0.631	0.632	0.518	0.507	0.554	0.539	0.410
Disponible MIN	0.104	0.062	0.138	0.144	0.280	0.221	0.140	0.136	0.233	0.229	0.150	0.142
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.4 Oferta y demanda hídrica quebrada San José

Debido a que no se encontraron concesiones hídricas otorgadas en la cuenca de la quebrada San José, no se identifican déficit para suplir la demanda hídrica en la zona (Tabla 26 y Figura25).

Figura58. Oferta y demanda hídrica en San José



Fuente: Grupo de Gestión Integral de Recurso Hídrico. GIRH. CORTOLIMA, 2019.

Tabla 26. Caudales disponibles y concesionados en San José (m^3 s^{-1})

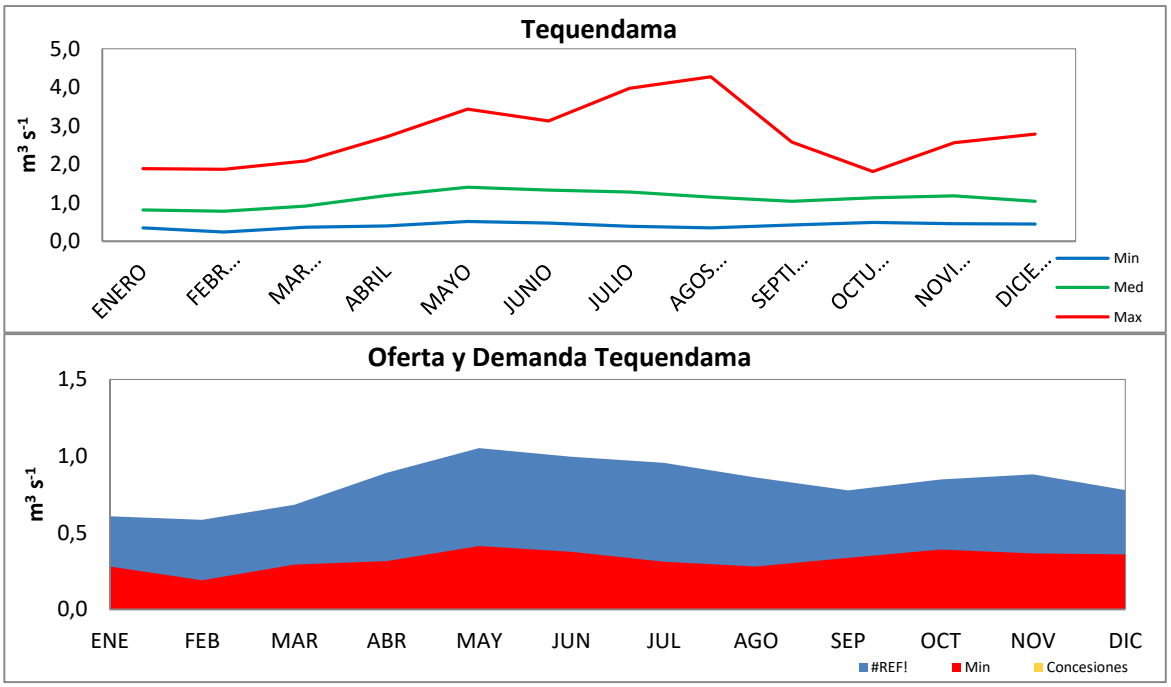
San José	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	1.916	1.869	2.239	2.979	3.339	2.886	2.598	2.148	2.103	2.503	2.750	2.442
Qmin	0.854	0.744	0.795	1.151	1.600	1.317	0.995	0.752	1.102	1.266	1.286	1.140
Q85	0.479	0.467	0.560	0.745	0.835	0.721	0.649	0.537	0.526	0.626	0.687	0.611
Disponible MED	1.437	1.402	1.679	2.234	2.504	2.164	1.948	1.611	1.577	1.877	2.062	1.832
Disponible MIN	0.683	0.595	0.636	0.921	1.280	1.054	0.796	0.602	0.881	1.013	1.029	0.912
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.5 Oferta y demanda hídrica quebrada Tequendama

De acuerdo con los resultados del análisis de oferta y demanda hídrica realizado en la cuenca de la quebrada Tequendama, no se registran déficit para suplir usos del agua debido a que no se encontraron concesiones en la zona (Tabla 27 y Figura59).

Figura 59. Oferta y demanda hídrica en Tequendama



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 27. Caudales disponibles y concesionados en Tequendama (m^3 s^{-1})

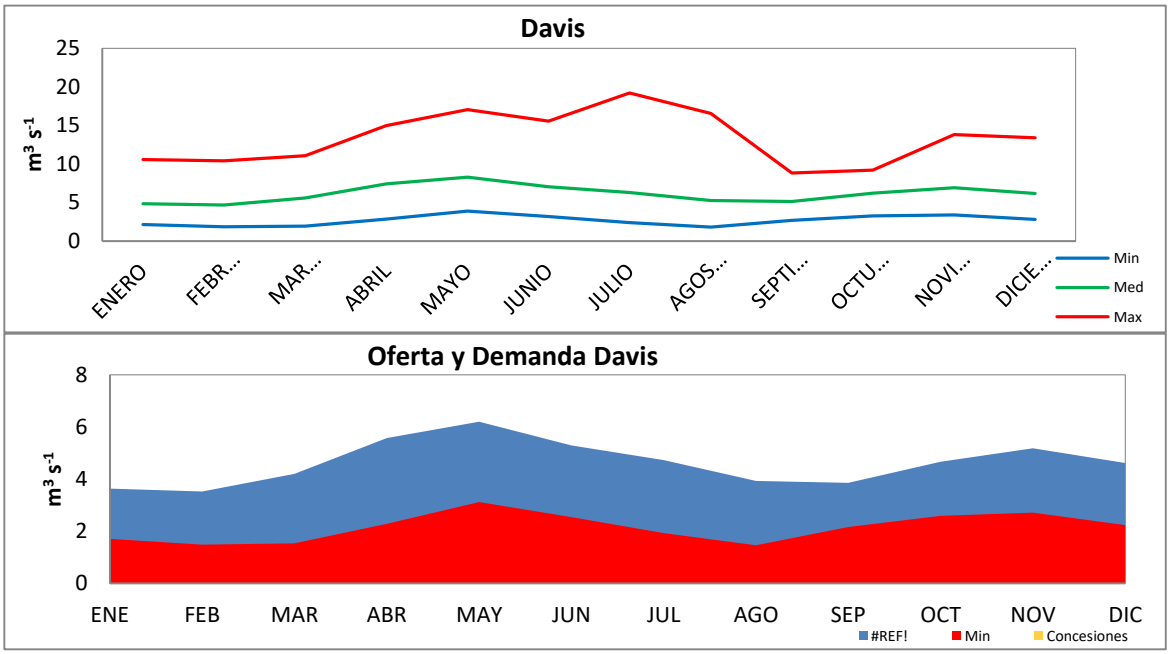
San José	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	1.916	1.869	2.239	2.979	3.339	2.886	2.598	2.148	2.103	2.503	2.750	2.442
Qmin	0.854	0.744	0.795	1.151	1.600	1.317	0.995	0.752	1.102	1.266	1.286	1.140
Q85	0.479	0.467	0.560	0.745	0.835	0.721	0.649	0.537	0.526	0.626	0.687	0.611
Disponible MED	1.437	1.402	1.679	2.234	2.504	2.164	1.948	1.611	1.577	1.877	2.062	1.832
Disponible MIN	0.683	0.595	0.636	0.921	1.280	1.054	0.796	0.602	0.881	1.013	1.029	0.912
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.6 Oferta y demanda hídrica Río El Davis

En la cuenca del Río Davis se presenta una extracción de 1.5 LPS, lo cual corresponde al 0.03% de la oferta media de la corriente principal y, por lo tanto, la oferta hídrica puede suplir ampliamente la demanda (Tabla 28 y Figura60).

Figura 60. Oferta y demanda hídrica en El Davis



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 28. Caudales disponibles y concesionados en El Davis (m^3 s^{-1})

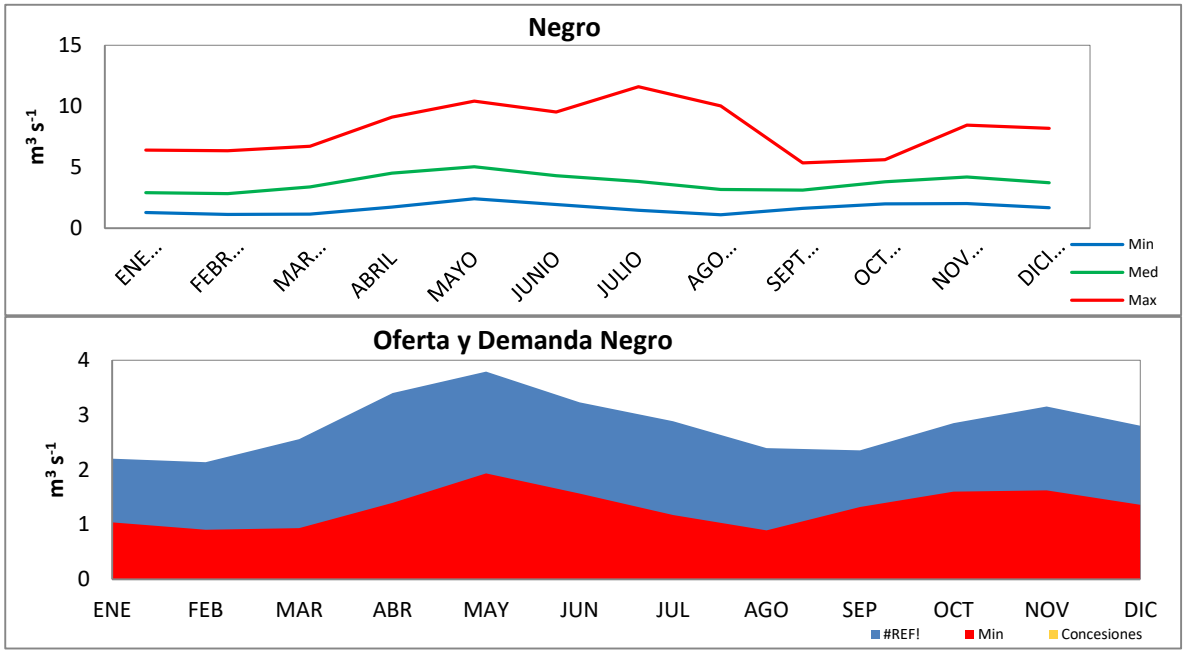
Davis	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	4.845	4.697	5.599	7.432	8.271	7.057	6.307	5.239	5.144	6.229	6.907	6.161
Qmin	2.142	1.859	1.928	2.853	3.902	3.176	2.411	1.825	2.700	3.246	3.387	2.796
Q85	1.211	1.174	1.400	1.858	2.068	1.764	1.577	1.310	1.286	1.557	1.727	1.540
Disponible MED	3.634	3.522	4.199	5.574	6.203	5.293	4.730	3.930	3.858	4.671	5.180	4.620
Disponible MIN	1.714	1.487	1.542	2.283	3.122	2.541	1.929	1.460	2.160	2.597	2.710	2.237
Demanda Concesiones	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Cambio MED	3.632	3.521	4.198	5.573	6.202	5.291	4.728	3.928	3.857	4.670	5.179	4.619
Cambio MIN	1.712	1.486	1.541	2.281	3.120	2.540	1.927	1.458	2.159	2.595	2.708	2.236

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.7 Oferta y demanda hídrica Río Negro

En la cuenca del Río Negro no se encontraron concesiones otorgadas, de manera que no se identifican déficit de agua para atender demandas por usos del agua en la zona (Tabla 29 y Figura61).

Figura61. Oferta y demanda hídrica en Río Negro



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 29. Caudales disponibles y concesionados en Río Negro (m^3 s^{-1})

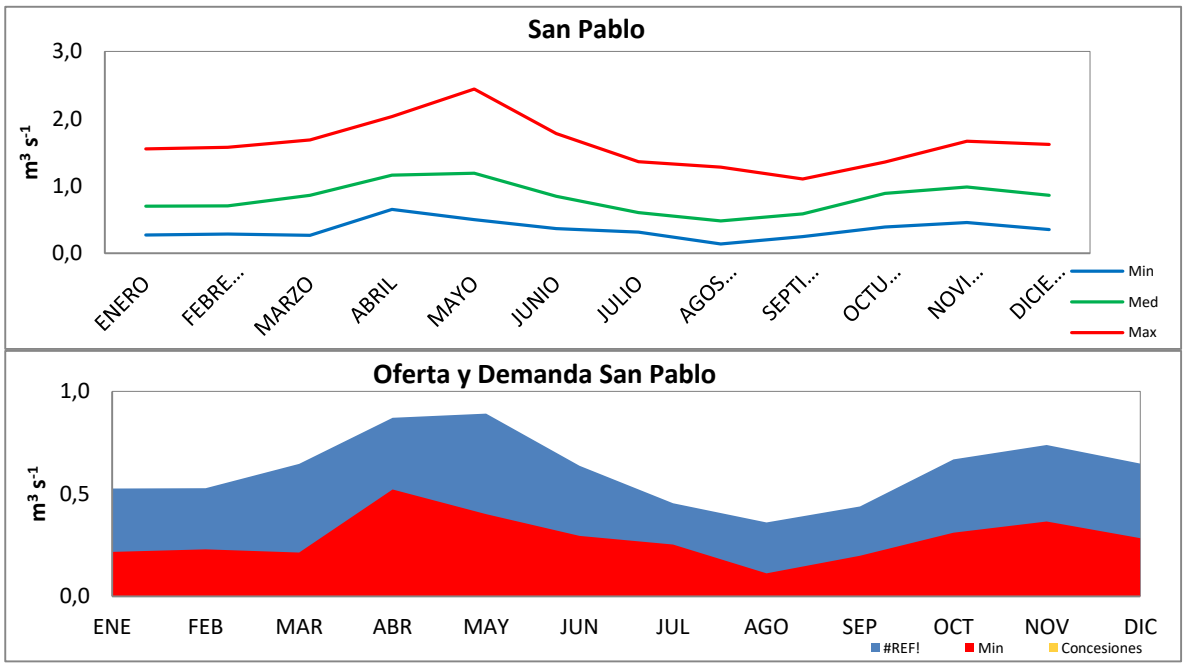
Río Negro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	2.937	2.852	3.407	4.531	5.052	4.311	3.844	3.193	3.141	3.804	4.204	3.740
Qmin	1.300	1.128	1.164	1.743	2.416	1.954	1.469	1.116	1.650	1.997	2.026	1.698
Q85	0.734	0.713	0.852	1.133	1.263	1.078	0.961	0.798	0.785	0.951	1.051	0.935
Disponible MED	2.203	2.139	2.555	3.398	3.789	3.233	2.883	2.395	2.356	2.853	3.153	2.805
Disponible MIN	1.040	0.902	0.931	1.395	1.933	1.564	1.175	0.892	1.320	1.598	1.621	1.358
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.8 Oferta y demanda hídrica quebrada San Pablo

En los expedientes de concesiones hídricas otorgadas en la cuenca de la quebrada San Pablo suministrados por Cortolima no se encontraron demandas hídricas, lo cual conduce a que no se presenten problemas en la oferta para atender usos del agua en la zona (Tabla 30 y Figura62).

Figura 62. Oferta y demanda hídrica en San Pablo



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 30. Caudales disponibles y concesionados en San Pablo (m^3 s^{-1})

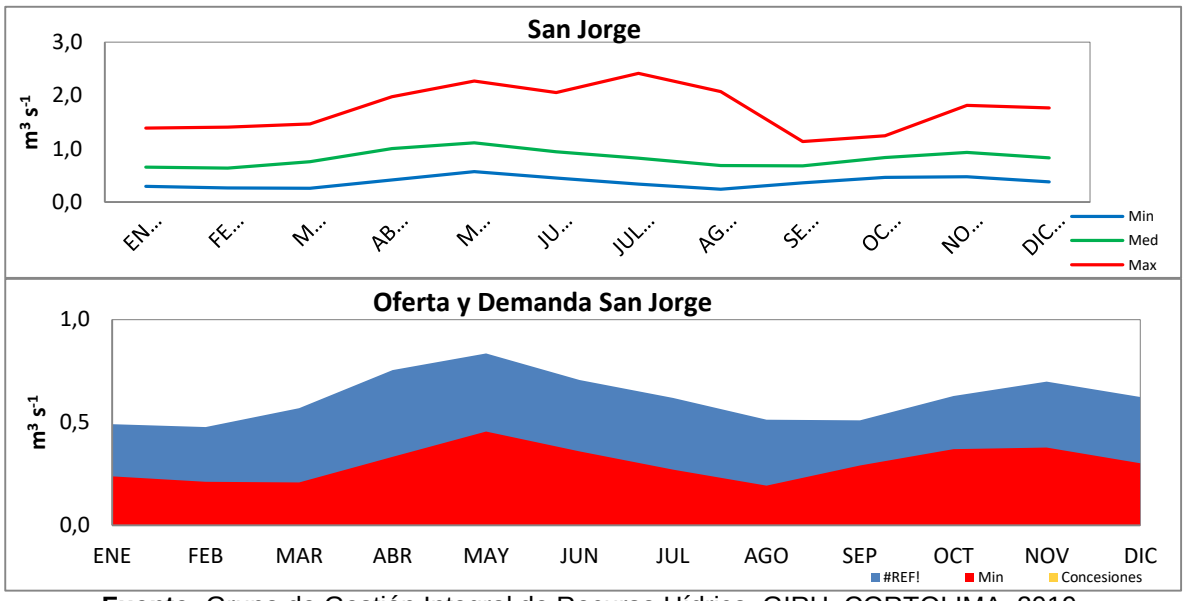
San Pablo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.701	0.703	0.862	1.162	1.189	0.848	0.607	0.482	0.585	0.891	0.986	0.864
Qmin	0.270	0.287	0.267	0.653	0.502	0.370	0.316	0.140	0.248	0.389	0.457	0.354
Q85	0.175	0.176	0.215	0.290	0.297	0.212	0.152	0.120	0.146	0.223	0.246	0.216
Disponible MED	0.526	0.527	0.646	0.871	0.892	0.636	0.455	0.361	0.439	0.668	0.739	0.648
Disponible MIN	0.216	0.229	0.214	0.522	0.402	0.296	0.253	0.112	0.198	0.311	0.366	0.283
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.9 Oferta y demanda hídrica quebrada San Jorge

En la cuenca de la quebrada San Jorge se encontró una concesión por 0.85 LPS, la cual corresponde al 0.13% de la oferta media disponible en la corriente principal. Por lo tanto, la oferta hídrica puede suplir ampliamente la demanda en esta cuenca (Tabla 31 y Figura63).

Figura 63. Oferta y demanda hídrica en San Jorge



Fuente: Grupo de Gestión Integral de Recurso Hídrico. GIRH. CORTOLIMA, 2019.

Tabla 31. Caudales disponibles y concesionados en San Jorge (m^3 s^{-1})

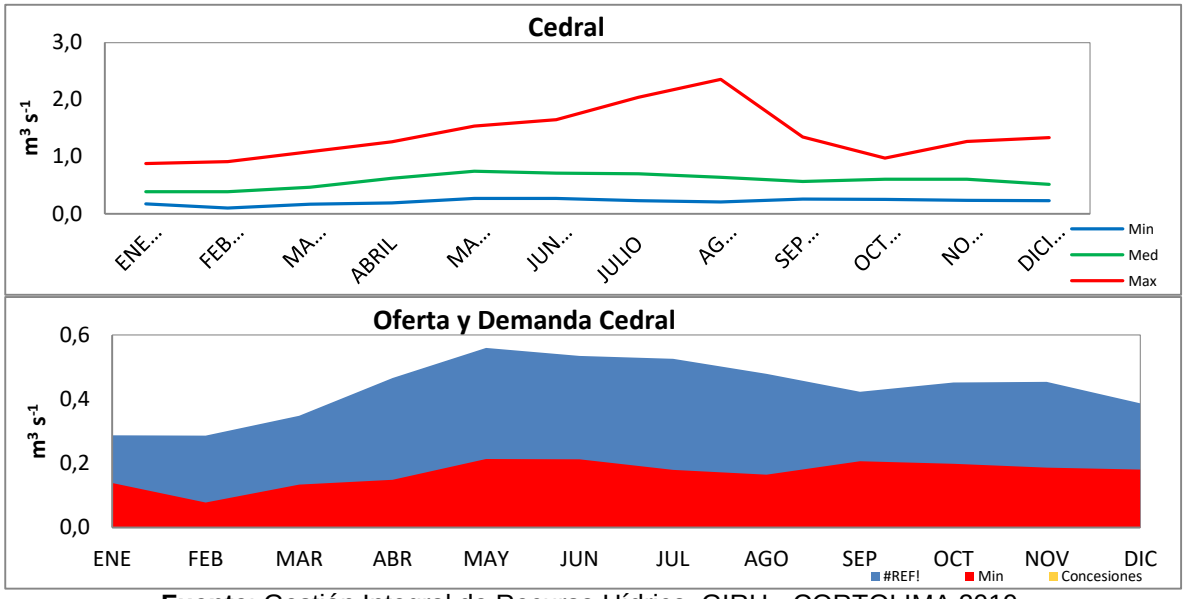
San Jorge	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.656	0.638	0.759	1.006	1.115	0.942	0.826	0.686	0.681	0.839	0.931	0.831
Qmin	0.298	0.264	0.262	0.417	0.569	0.450	0.338	0.242	0.363	0.463	0.473	0.378
Q85	0.164	0.159	0.190	0.251	0.279	0.235	0.207	0.171	0.170	0.210	0.233	0.208
Disponible MED	0.492	0.478	0.569	0.754	0.836	0.706	0.620	0.514	0.511	0.629	0.698	0.623
Disponible MIN	0.238	0.211	0.209	0.334	0.455	0.360	0.270	0.194	0.290	0.370	0.378	0.303
Demanda Concesiones	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85	0.000 85
Cambio MED	0.492	0.478	0.569	0.754	0.836	0.706	0.620	0.514	0.511	0.629	0.698	0.623
Cambio MIN	0.238	0.211	0.209	0.334	0.455	0.360	0.270	0.194	0.290	0.370	0.378	0.303

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.10 Oferta y demanda hídrica quebrada El Cedral

En la cuenca de la quebrada El Cedral se encontró una concesión por 0.73 LPS, la cual representa 0.19% de la oferta media del caudal disponible. Por lo tanto, no se identifican dificultades para suplir la demanda de agua en la cuenca (Tabla 32 y Figura64).

Figura 64. Oferta y demanda hídrica en El Cedral



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 32. Caudales disponibles y concesionados en El Cedral (m^3 s^{-1})

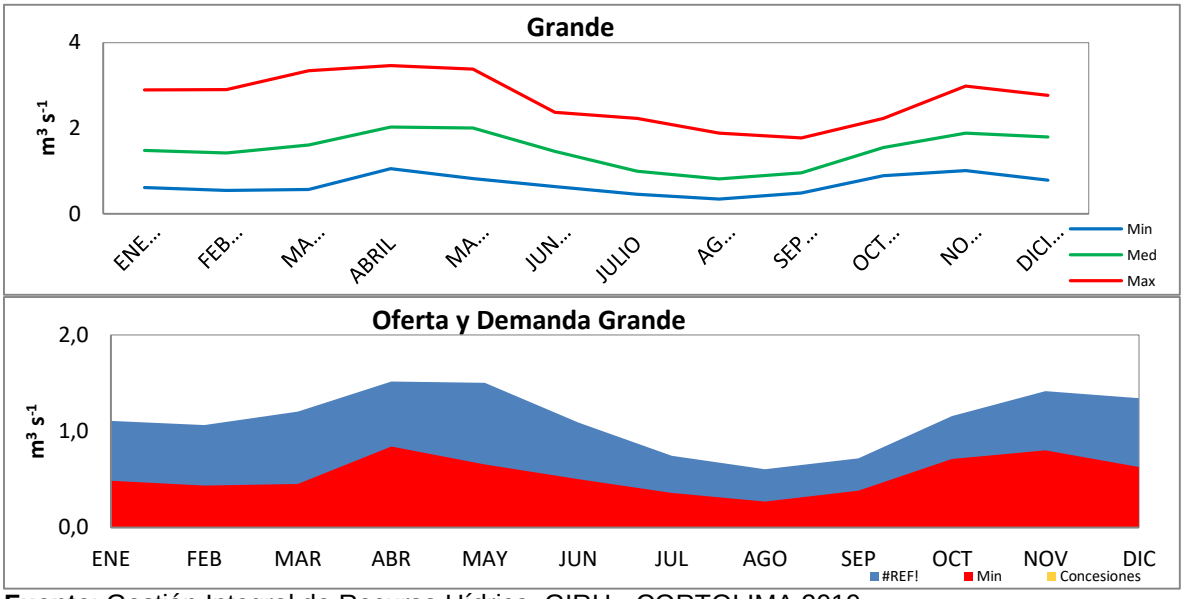
El Cedral	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.383	0.382	0.465	0.621	0.746	0.713	0.700	0.638	0.564	0.603	0.606	0.517
Qmin	0.174	0.097	0.168	0.186	0.267	0.265	0.225	0.206	0.258	0.248	0.233	0.226
Q85	0.096	0.096	0.116	0.155	0.186	0.178	0.175	0.160	0.141	0.151	0.151	0.129
Disponible MED	0.288	0.287	0.349	0.466	0.559	0.535	0.525	0.479	0.423	0.452	0.454	0.388
Disponible MIN	0.139	0.078	0.134	0.149	0.214	0.212	0.180	0.165	0.206	0.199	0.187	0.181
Demanda Concesiones	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73	0.000 73
Cambio MED	0.287	0.286	0.348	0.465	0.559	0.534	0.525	0.478	0.423	0.451	0.453	0.387
Cambio MIN	0.138	0.077	0.133	0.148	0.213	0.212	0.179	0.164	0.206	0.198	0.186	0.180

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.11 Oferta y demanda hídrica quebrada Grande

La quebrada grande registra una concesión por 1.11 LPS. Dicha demanda representa el 0.075% de la oferta hídrica media mensual de la corriente principal y por lo tanto, no se identifican déficit en la oferta para suplir el caudal concesionado (Tabla 33 y Figura65).

Figura 65. Oferta y demanda hídrica en quebrada Grande



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 33. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Grande (m^3 s^{-1})

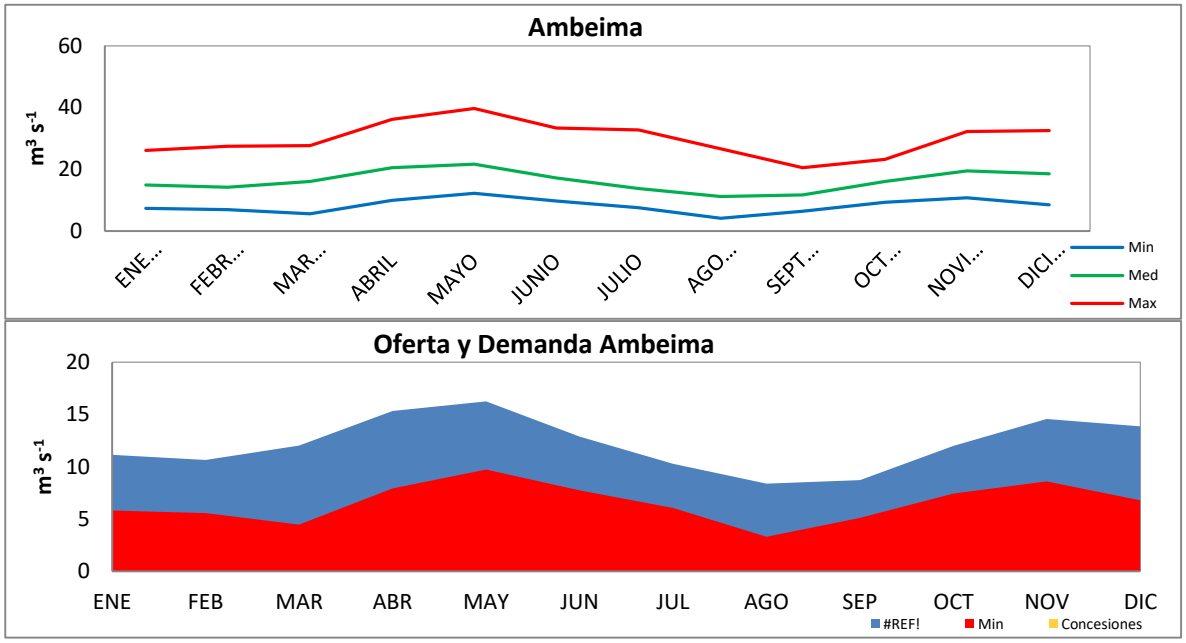
Grande	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	1.476	1.417	1.608	2.023	2.002	1.453	0.993	0.810	0.957	1.544	1.887	1.794
Qmin	0.608	0.545	0.567	1.051	0.819	0.630	0.452	0.338	0.481	0.890	1.004	0.786
Q85	0.369	0.354	0.402	0.506	0.501	0.363	0.248	0.202	0.239	0.386	0.472	0.448
Disponible MED	1.107	1.063	1.206	1.517	1.502	1.090	0.745	0.607	0.717	1.158	1.415	1.345
Disponible MIN	0.487	0.436	0.453	0.840	0.655	0.504	0.361	0.270	0.385	0.712	0.803	0.629
Demanda Concesiones	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11	0.001 11
Cambio MED	1.106	1.062	1.205	1.516	1.501	1.089	0.744	0.606	0.716	1.157	1.414	1.344
Cambio MIN	0.486	0.435	0.452	0.839	0.654	0.503	0.360	0.269	0.384	0.711	0.802	0.628

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.12 Oferta y demanda hídrica Río Ambeima

En el Río Ambeima se registran concesiones otorgadas por 5.57 LPS que corresponden al 0.0375 % de la oferta hídrica de la corriente principal, de manera que probablemente no presenten déficit para atender la demanda hídrica actual en la cuenca (Tabla 34 y Figura66).

Figura 66. Oferta y demanda hídrica en Río Ambeima



Fuente: Grupo de Gestión Integral de Recurso Hídrico. GIRH. CORTOLIMA, 2019.

Tabla 34. Caudales disponibles y concesionados en Río Ambeima (m^3 s^{-1})

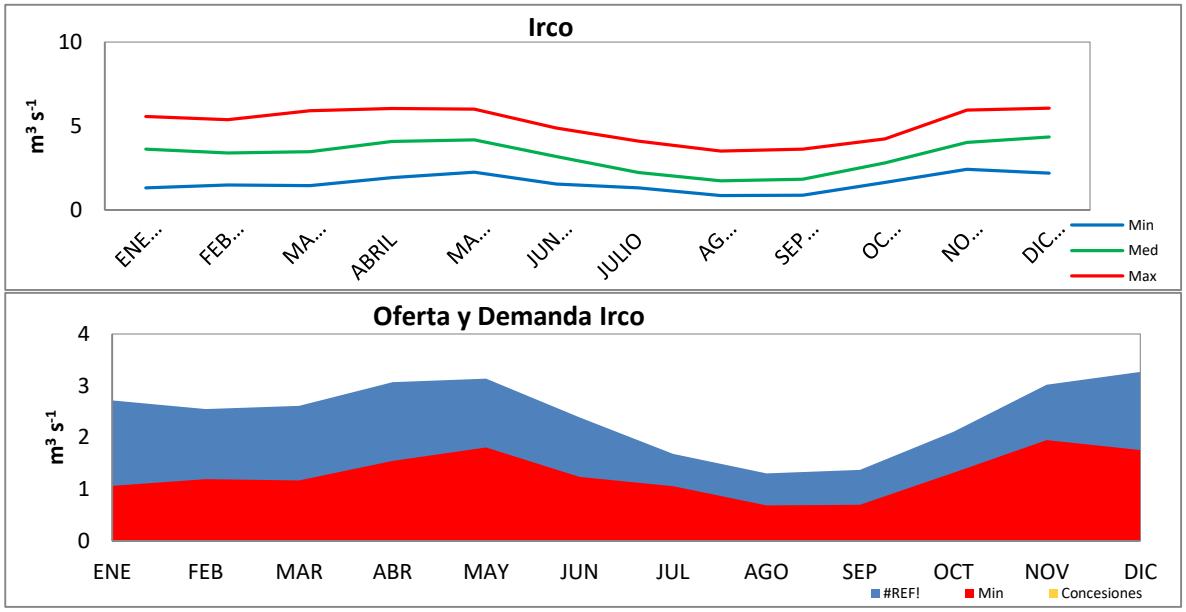
Ambeima	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	14.848	14.191	16.034	20.461	21.678	17.165	13.728	11.164	11.633	16.003	19.423	18.492
Qmin	7.272	6.952	5.585	9.902	12.162	9.678	7.580	4.134	6.377	9.309	10.763	8.473
Q85	3.712	3.548	4.008	5.115	5.419	4.291	3.432	2.791	2.908	4.001	4.856	4.623
Disponible MED	11.136	10.643	12.025	15.346	16.258	12.874	10.296	8.373	8.725	12.002	14.567	13.869
Disponible MIN	5.817	5.562	4.468	7.922	9.730	7.742	6.064	3.307	5.102	7.447	8.610	6.779
Demanda Concesiones	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557	0.00557
Cambio MED	11.131	10.637	12.020	15.340	16.253	12.868	10.290	8.368	8.720	11.996	14.561	13.864
Cambio MIN	5.812	5.556	4.462	7.916	9.724	7.737	6.059	3.302	5.096	7.441	8.605	6.773

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.13 Oferta y demanda hídrica quebrada Irco

En la cuenca de la quebrada Irco localizan concesiones por 6.8 LPS equivalentes al 0. 19% de la oferta hídrica media en la corriente, de manera que no se identifican déficit para atender la actual demanda de agua en la cuenca (Tabla 35y Figura67).

Figura 67. Oferta y demanda hídrica en quebrada Irco



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 35. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Irco (m^3 s^{-1})

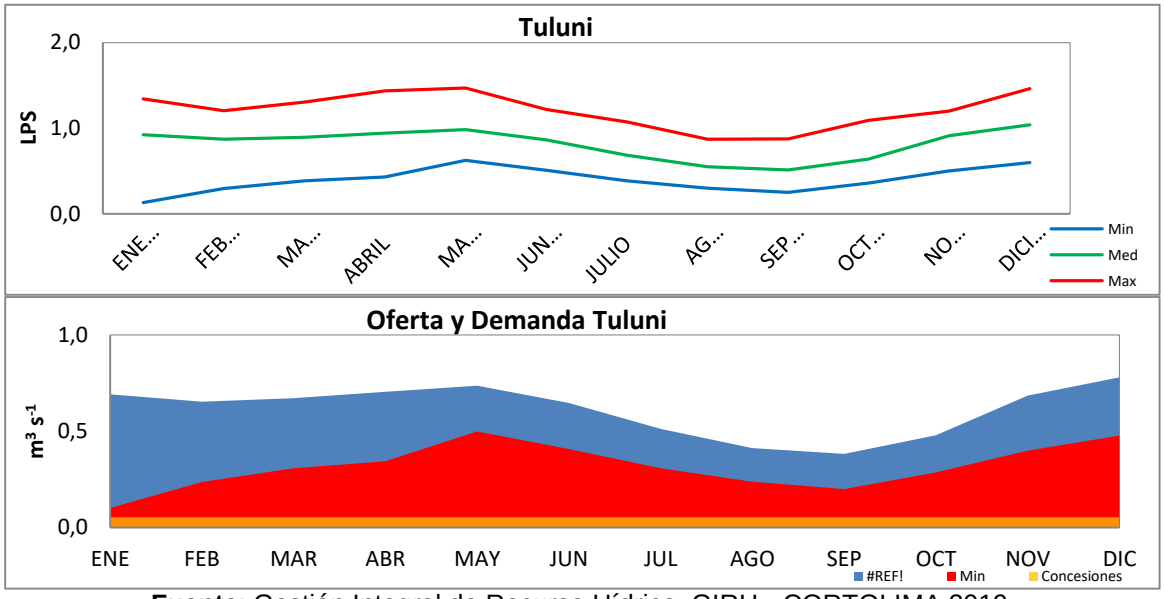
Irco	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	3.620	3.398	3.479	4.093	4.181	3.186	2.243	1.743	1.836	2.809	4.027	4.355
Qmin	1.332	1.496	1.461	1.932	2.259	1.546	1.321	0.858	0.878	1.647	2.433	2.194
Q85	0.905	0.849	0.870	1.023	1.045	0.797	0.561	0.436	0.459	0.702	1.007	1.089
Disponible MED	2.715	2.548	2.610	3.069	3.136	2.390	1.682	1.308	1.377	2.107	3.020	3.266
Disponible MIN	1.066	1.196	1.169	1.546	1.807	1.237	1.057	0.686	0.703	1.318	1.946	1.756
Demanda Concesiones	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068
Cambio MED	2.708	2.542	2.603	3.063	3.129	2.383	1.676	1.301	1.370	2.100	3.013	3.260
Cambio MIN	1.059	1.190	1.162	1.539	1.800	1.230	1.050	0.680	0.696	1.311	1.940	1.749

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.14 Oferta y demanda hídrica quebrada Tuluni

En la quebrada Tuluni se registran concesiones por un total de 53 LPS que equivalen al 5.74% de la oferta hídrica media de la corriente principal. Por lo tanto, es probable que en la cuenca no se presenten déficit para atender la actual demanda hídrica (Tabla 36 y Figura68).

Figura 68. Oferta y demanda hídrica en quebrada Tuluni



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 36. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Tuluni (m^3 s^{-1})

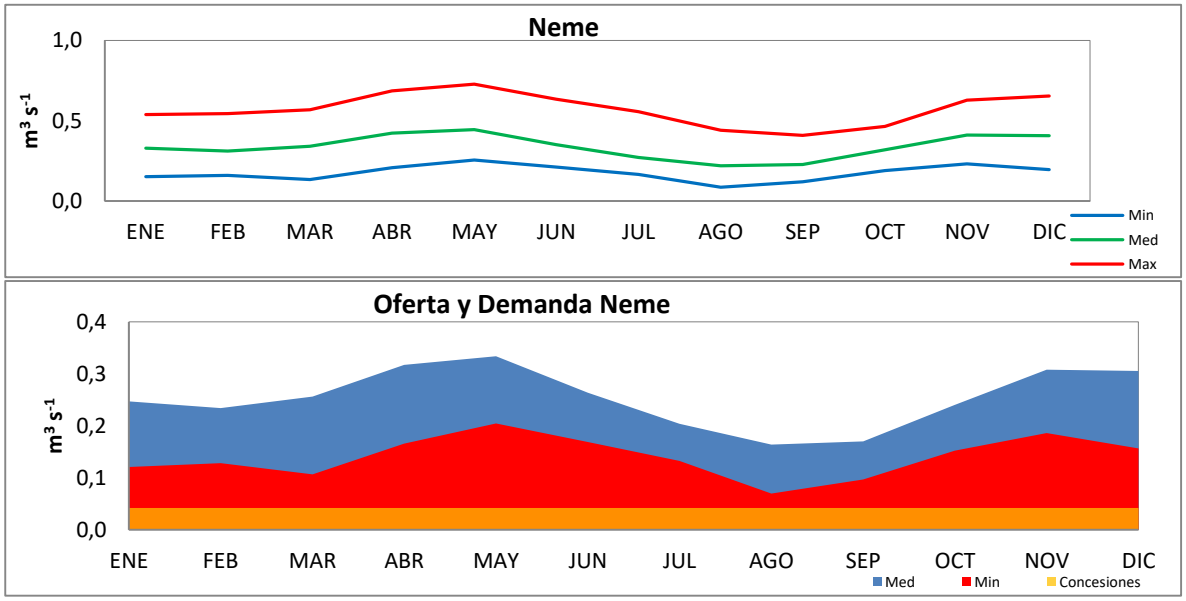
Tuluni	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.923	0.870	0.895	0.940	0.983	0.863	0.682	0.550	0.510	0.638	0.913	1.040
Qmin	0.128	0.296	0.385	0.430	0.624	0.509	0.384	0.298	0.249	0.358	0.499	0.596
Q85	0.231	0.218	0.224	0.235	0.246	0.216	0.171	0.137	0.127	0.160	0.228	0.260
Disponible MED	0.692	0.653	0.671	0.705	0.737	0.647	0.512	0.412	0.382	0.479	0.685	0.780
Disponible MIN	0.102	0.237	0.308	0.344	0.499	0.407	0.307	0.238	0.199	0.286	0.399	0.477
Demanda Concesiones	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053
Cambio MED	0.639	0.600	0.618	0.652	0.684	0.594	0.459	0.359	0.329	0.426	0.632	0.727
Cambio MIN	0.049	0.184	0.255	0.291	0.446	0.354	0.254	0.185	0.146	0.233	0.346	0.424

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.15 Oferta y demanda hídrica quebrada El Neme

La oferta hídrica de la quebrada El Neme es ampliamente mayor que el total de las concesiones registradas, las cuales representan el 12.8% del caudal medio disponible en la corriente principal y por lo tanto, no se identifican potenciales déficit en la oferta para atender la actual demanda de agua en la cuenca, tanto en el régimen de caudales medios, como en caudales mínimos (Tabla 37 y Figura69)

Figura 69. Oferta y demanda hídrica en quebrada El Neme



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 37. Caudales disponibles y concesionados en quebrada El Neme (m^3 s^{-1})

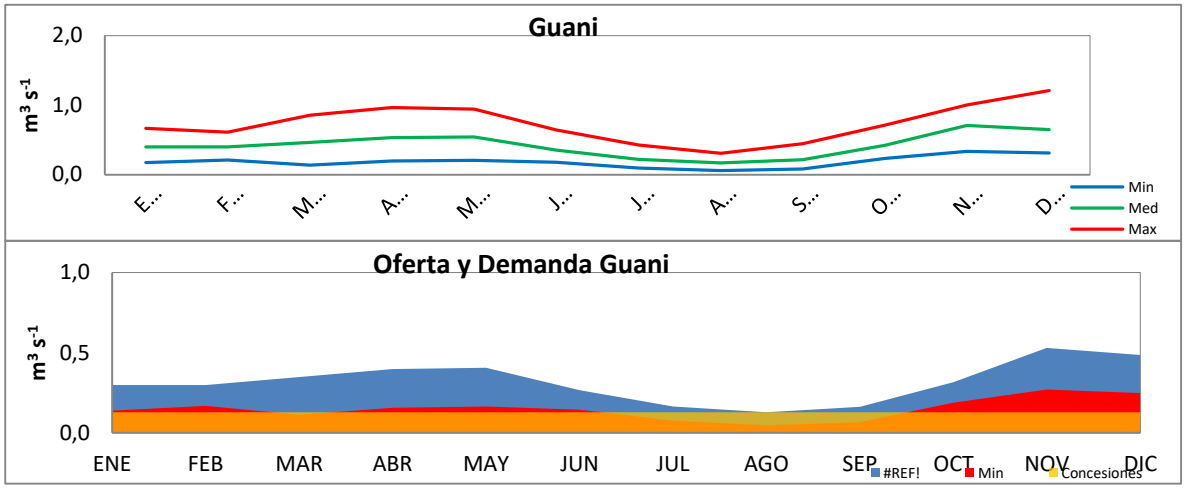
Neme	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.329	0.312	0.342	0.423	0.446	0.351	0.272	0.219	0.227	0.320	0.411	0.407
Qmin	0.151	0.160	0.133	0.207	0.256	0.211	0.165	0.087	0.121	0.190	0.232	0.195
Q85	0.082	0.078	0.086	0.106	0.111	0.088	0.068	0.055	0.057	0.080	0.103	0.102
Disponible MED	0.247	0.234	0.257	0.317	0.334	0.263	0.204	0.164	0.170	0.240	0.308	0.305
Disponible MIN	0.121	0.128	0.107	0.166	0.205	0.169	0.132	0.070	0.097	0.152	0.186	0.156
Demanda Concesiones	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Cambio MED	0.205	0.192	0.215	0.275	0.292	0.222	0.162	0.122	0.128	0.198	0.266	0.264
Cambio MIN	0.079	0.086	0.065	0.124	0.163	0.127	0.091	0.028	0.055	0.110	0.144	0.114

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.16 Oferta y demanda hídrica quebrada Guani

Al considerar la oferta hídrica como el caudal disponible superficialmente, se realizó el análisis de la oferta y demanda hídrica en la cuenca de la quebrada Guani. En este caso, no se identifican potenciales déficit en el régimen de caudales medios para suplir el caudal concesionado en la cuenca. Sin embargo, es probable que durante la ocurrencia de evento con escasas lluvias durante periodos prolongados se presenten dificultades para suplir la demanda hídrica durante los meses de marzo, julio, agosto y septiembre en el régimen de caudales mínimos. En este caso, la menor oferta podría presentarse durante el mes de agosto con un déficit del 47.4% (Tabla 38 y Figura70).

Figura 70. Oferta y demanda hídrica en quebrada Guani



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 38. Caudales disponibles y concesionados en quebrada Guani (m^3 s^{-1})

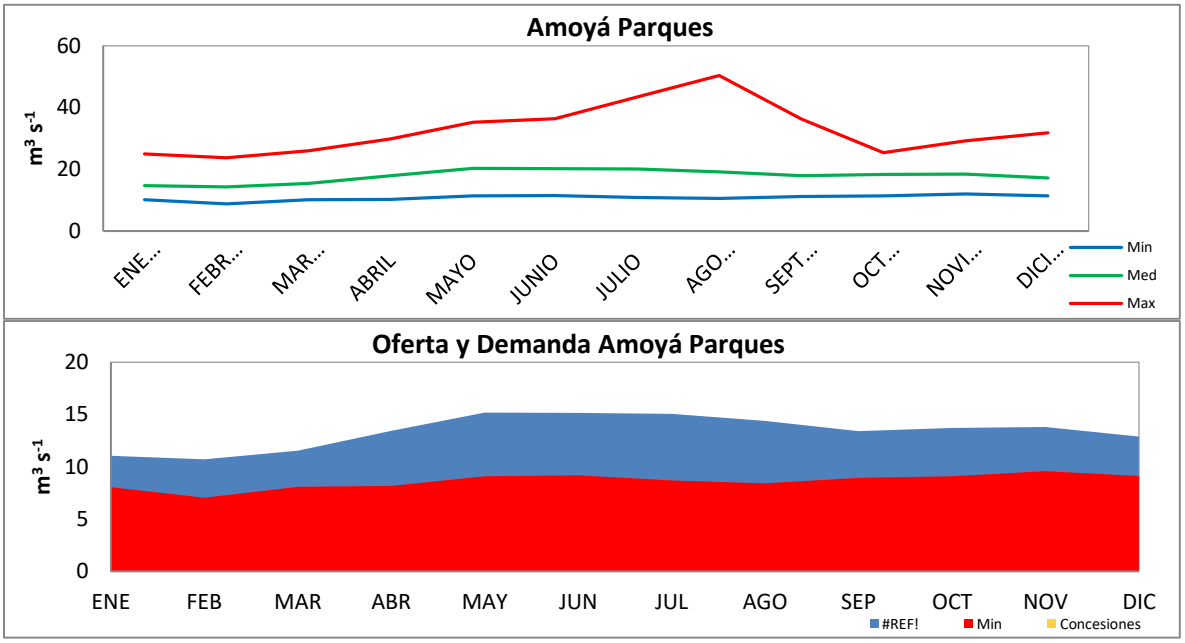
Guani	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	0.398	0.398	0.464	0.531	0.540	0.354	0.219	0.171	0.217	0.421	0.706	0.647
Qmin	0.172	0.209	0.139	0.196	0.205	0.179	0.094	0.059	0.084	0.236	0.337	0.309
Q85	0.099	0.099	0.116	0.133	0.135	0.088	0.055	0.043	0.054	0.105	0.177	0.162
Disponible MED	0.298	0.298	0.348	0.398	0.405	0.265	0.164	0.128	0.163	0.316	0.530	0.485
Disponible MIN	0.137	0.168	0.111	0.156	0.164	0.143	0.076	0.047	0.067	0.189	0.269	0.248
Demanda Concesiones	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128
Cambio MED	0.170	0.170	0.220	0.270	0.277	0.137	0.036	0.000	0.035	0.188	0.402	0.357
Cambio MIN	0.009	0.040	-0.017	0.028	0.036	0.015	-0.052	-0.081	-0.061	0.061	0.141	0.120

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.17 Oferta y demanda hídrica Amoyá Parques

En la cuenca de Amoyá Parques no se registran concesiones, de manera que no se identifican déficit en la oferta hídrica. No obstante, la mayor parte de la cuenca se encuentra en zona de Parques Naturales y páramos, de manera que no se esperan potenciales demandas hídricas en esta zona (Tabla 39 y Figura71).

Figura 71. Oferta y demanda hídrica en Amoyá Parques



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 39. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá Parques (m^3 s^{-1})

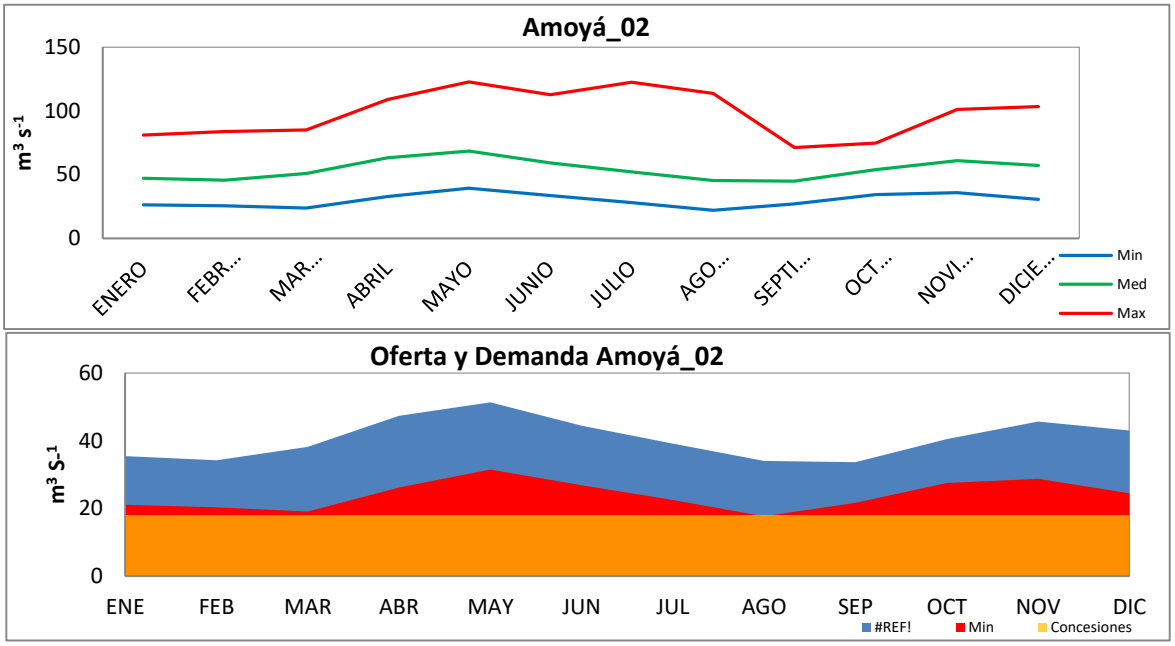
Amoyá Parques	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	14.725	14.300	15.388	17.901	20.259	20.220	20.080	19.185	17.866	18.303	18.425	17.163
Qmin	10.077	8.800	10.116	10.213	11.355	11.493	10.865	10.516	11.187	11.355	11.973	11.406
Q85	3.681	3.575	3.847	4.475	5.065	5.055	5.020	4.796	4.466	4.576	4.606	4.291
Disponible MED	11.044	10.725	11.541	13.426	15.194	15.165	15.060	14.389	13.399	13.727	13.819	12.872
Disponible MIN	8.062	7.040	8.093	8.171	9.084	9.195	8.692	8.413	8.949	9.084	9.579	9.125
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.18 Oferta y demanda hídrica Amoyá 02

En la cuenca del Río Amoyá con punto de cierre en la referencia Amoyá_02, no se identifican déficit para atender la demanda hídrica en el régimen de caudales medios. Sin embargo, en el régimen de caudales mínimos es probable que se presente un leve déficit durante el mes de agosto que corresponde al 0.82% de la oferta hídrica (Tabla 40 y Figura72).

Figura 72. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 02



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 40. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 02 (m^3 s^{-1})

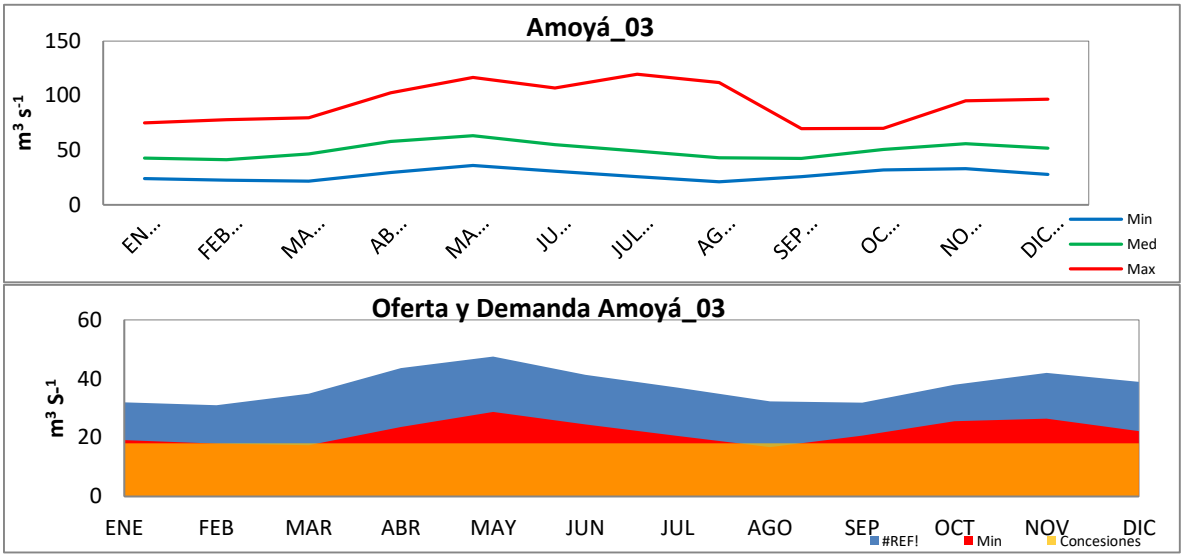
Amoyá_02	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	47.232	45.582	50.904	63.108	68.473	59.202	52.153	45.367	44.819	53.988	60.877	57.289
Qmin	26.383	25.430	23.860	32.698	39.373	33.580	28.129	22.104	26.994	34.400	35.947	30.567
Q85	11.808	11.396	12.726	15.777	17.118	14.801	13.038	11.342	11.205	13.497	15.219	14.322
Disponible MED	35.424	34.187	38.178	47.331	51.355	44.402	39.114	34.025	33.614	40.491	45.658	42.967
Disponible MIN	21.107	20.344	19.088	26.158	31.498	26.864	22.503	17.684	21.595	27.520	28.757	24.453
Demanda Concesiones	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060
Cambio MED	17.364	16.127	20.118	29.271	33.295	26.342	21.054	15.965	15.554	22.431	27.598	24.907
Cambio MIN	3.047	2.284	1.028	8.098	13.438	8.804	4.443	-0.376	3.535	9.460	10.697	6.393

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA, 2019.

5.5.19 Oferta y demanda hídrica Amoyá 03

Sobre el Río Amoyá en el punto de cierre identificado como Amoyá_03 no se identifican déficit en la oferta para suplir la demanda hídrica en el régimen de caudales medios. No obstante, durante la ocurrencia de periodos con escasez prolongada de lluvias en la zona, podrían presentarse algunos leves déficits durante los meses de febrero, marzo y agosto, los cuales equivalen al 0.37%, 1.45% y 3.02% respectivamente (Tabla 41 y Figura73).

Figura 73. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 03



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019..

Tabla 41. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 03 (m^3 s^{-1})

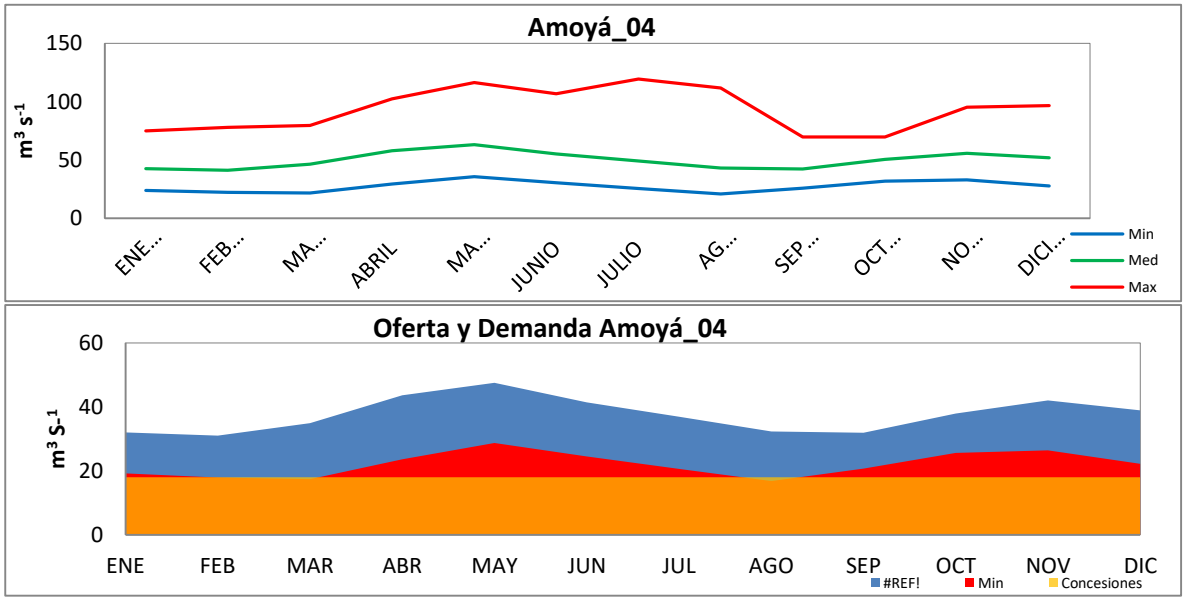
Amoyá_03	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	42.689	41.314	46.529	58.075	63.310	55.153	49.227	43.073	42.474	50.540	55.937	51.894
Qmin	23.924	22.384	21.733	29.469	35.834	30.634	25.731	20.948	25.797	31.919	33.015	27.777
Q85	10.672	10.329	11.632	14.519	15.827	13.788	12.307	10.768	10.618	12.635	13.984	12.973
Disponible MED	32.017	30.986	34.897	43.557	47.482	41.365	36.921	32.305	31.855	37.905	41.953	38.920
Disponible MIN	19.139	17.907	17.387	23.576	28.667	24.507	20.585	16.759	20.638	25.535	26.412	22.221
Demanda Concesiones	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060
Cambio MED	13.957	12.926	16.837	25.497	29.422	23.305	18.861	14.245	13.795	19.845	23.893	20.860
Cambio MIN	1.079	-0.153	-0.673	5.516	10.607	6.447	2.525	-1.301	2.578	7.475	8.352	4.161

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.20 Oferta y demanda hídrica Amoyá 04

En el punto de cierre denominado Amoyá 04 sobre el Río Amoyá, no se identifican déficit de agua para atender la demanda hídrica en el régimen de caudales medios. Sin embargo, para el régimen de mínimos podrían presentarse leve déficit durante los meses de febrero, marzo y agosto equivalentes al 0.24%; 1.34% y 2.90% respectivamente (Tabla 42 y Figura74).

Figura 74. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 04



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019

Tabla 42. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 04 (m^3 s^{-1})

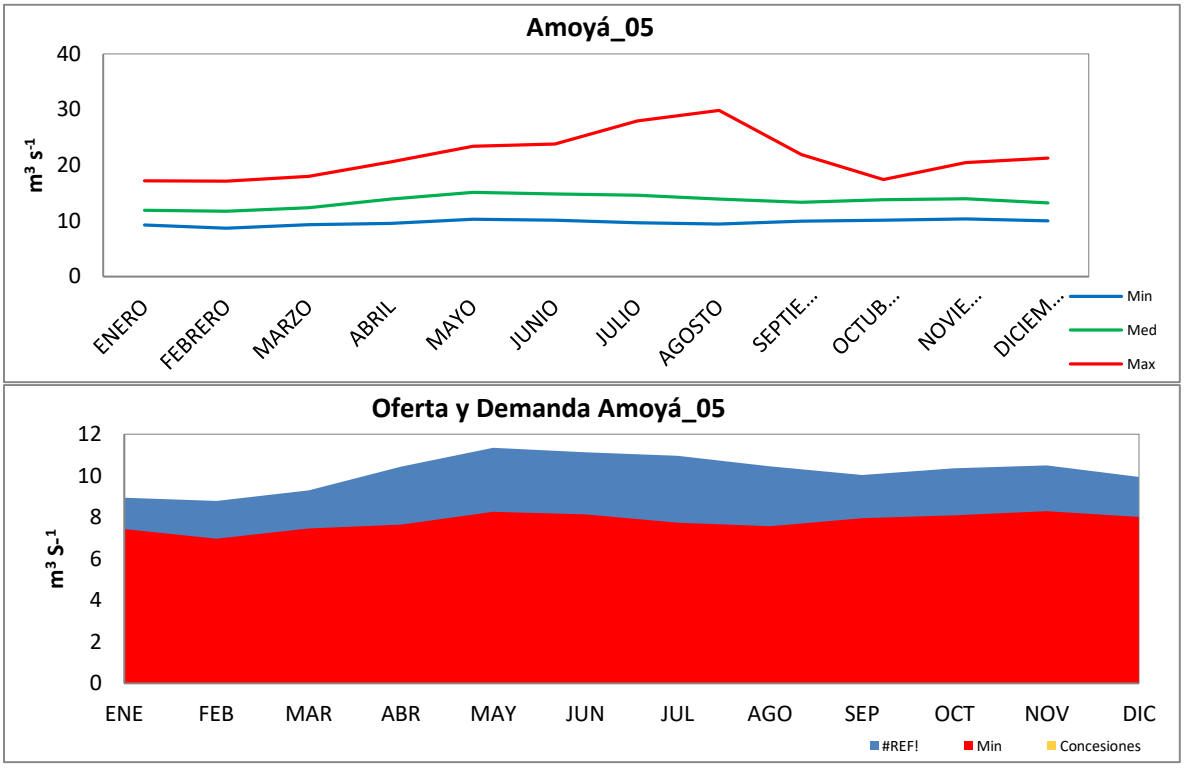
Amoyá_04	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	42.689	41.314	46.529	58.075	63.310	55.153	49.227	43.073	42.474	50.540	55.937	51.894
Qmin	23.924	22.384	21.733	29.469	35.834	30.634	25.731	20.948	25.797	31.919	33.015	27.777
Q85	10.672	10.329	11.632	14.519	15.827	13.788	12.307	10.768	10.618	12.635	13.984	12.973
Disponible MED	32.017	30.986	34.897	43.557	47.482	41.365	36.921	32.305	31.855	37.905	41.953	38.920
Disponible MIN	19.139	17.907	17.387	23.576	28.667	24.507	20.585	16.759	20.638	25.535	26.412	22.221
Demanda Concesiones	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009	18.009
Cambio MED	14.008	12.977	16.888	25.548	29.473	23.356	18.912	14.296	13.846	19.896	23.944	20.911
Cambio MIN	1.130	-0.102	-0.622	5.567	10.658	6.498	2.576	-1.250	2.629	7.526	8.403	4.212

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

5.5.21 Oferta y demanda hídrica Amoyá 05

En la cuenca del Río Amoyá punto de cierre Amoyá_05, no se registran concesiones y por lo tanto, no se esperan déficit de agua (Tabla 43 y Figura75).

Figura 75. Oferta y demanda hídrica en Amoyá 05



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 43. Caudales disponibles y concesionados en Amoyá 05 (m^3 s^{-1})

Amoyá_05	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmed	11.922	11.717	12.398	13.920	15.129	14.832	14.611	13.931	13.383	13.814	13.997	13.247
Qmin	9.279	8.702	9.332	9.561	10.327	10.162	9.679	9.462	9.938	10.116	10.367	10.019
Q85	2.980	2.929	3.100	3.480	3.782	3.708	3.653	3.483	3.346	3.454	3.499	3.312
Disponible MED	8.941	8.788	9.299	10.440	11.346	11.124	10.958	10.448	10.038	10.361	10.498	9.936
Disponible MIN	7.423	6.962	7.465	7.649	8.261	8.129	7.743	7.569	7.950	8.093	8.293	8.015
Demanda Concesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

6 INDICADORES HÍDRICOS

En este apartado se describe el proceso de cálculo de los índice hídricos para la cuenca y subcuencas del Río Amoyá, según la metodología indicada por el IDEAM (2013). En este caso se estimaron los siguientes índices:

- Índice de Uso del Agua – IUA
- Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH
- Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico – IRH

6.1 ÍNDICE DE USO DEL AGUA – IUA

Este índice representa la presión sobre la oferta hídrica superficial (IDEAM, 2013) y su estimación corresponde a la aplicación de la siguiente expresión:

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

Donde IUA corresponde al índice de uso del agua, Dh es la sumatoria de las extracciones de agua en el periodo de análisis y el término OHRD indica la oferta hídrica superficial disponible (IDEAM, 2013). Los valores obtenidos definen las categorías presentadas en el Figura76.

Figura 76. Categorías Índice de Uso de Agua –IUA

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: (IDEAM, 2013)

6.2 ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA – IRH

Mide la capacidad de retención de humedad de una cuenca considerando el comportamiento de los caudales diarios (IDEAM, 2013). Sus valores oscilan entre 0 y 1, de manera que puede ser estimado mediante la siguiente expresión:

$$IRH = Vp/Vt$$

Donde IRH es el índice de retención y regulación hídrica, Vp corresponde al volumen del área por debajo de la línea del caudal medio de la curva de duración de caudales y el término Vt es el volumen total de la curva de duración de caudales diarios. Los valores obtenidos definen las categorías presentadas en el Figura77.

Figura 77. Categorías IRH.

Rango de valores del indicador	Calificación	Descripción
>8.50	Muy alto	Muy alta retención y regulación de humedad
0.75 – 0.85	Alto	Alta retención y regulación de humedad
0.65 – 0.75	Moderado	Media retención y regulación de humedad media
0.50 – 0.65	Bajo	Baja retención y regulación de humedad
≤ 1	Muy bajo	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: (IDEAM, 2013)

6.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO – IVH

Indica el grado de vulnerabilidad de una cuenca para suplir la demanda hídrica para el abastecimiento de agua en eventos como periodos de estiaje o relacionados con el fenómeno del Niño y que en consecuencia, podrían producir desabastecimiento (IDEAM, 2013). El índice puede ser estimado mediante la metodología presentada en el Figura78

Figura78. Categorías IVH

Categorías índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico		
Índice de uso de agua	**Índice de regulación**	**Categoría de vulnerabilidad**
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio

Categorías índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico		
Índice de uso de agua	**Índice de regulación**	**Categoría de vulnerabilidad**
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: (IDEAM, 2013)

En las Tablas 44 y 45 se presenta la estimación de éstos índices para la cuenca del Río Amoyá en el régimen de caudales medios y mínimos. Así mismo, en las Tablas 46 a la 67 se presentan los índices calculados para las subcuencas del Río Amoyá definidas para este proyecto. La metodología de cálculo se presenta en los apartados 6.1. al 6.3.

Tabla 44. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá para caudales medios

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	50.500	51.451	46.624	39.632	39.043	49.808	65.920	84.076	78.254	50.930	37.688	39.776	MUY ALTO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

Tabla 45. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá para caudales mínimos

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	84.299	72.229	64.898	51.937	43.615	59.682	72.744	113.141	122.377	66.684	41.069	58.632	MUY ALTO
IRH	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	ALTA
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

Tabla 46. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 01

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen	
IUA	84.299	72.229	64.898	51.937	43.615	59.682	72.744	113.141	122.377	66.684	41.069	58.632	MUY ALTO	70.942
IRH	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	ALTA	
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO	
IV	-0.5	MUY BAJA												

Tabla 47. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 02

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen	
IUA	50.982	52.827	47.305	38.157	35.167	40.674	46.172	53.079	53.727	44.603	39.555	42.032	ALTO	45.357
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA	
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO	
IV	-04	MUY BAJA												

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 48. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 03

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	56.408	58.285	51.752	41.463	38.035	43.660	48.916	55.905	56.694	47.645	43.048	46.403	ALTO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
IV	-0.4	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 49. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 04

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
IUA	56.248	58.121	51.606	41.346	37.928	43.537	48.778	55.747	56.533	47.511	42.927	46.272	ALTO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
IV	-0.4	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 50. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá 05

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 51. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Amoyá Parques

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 52. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Alemana

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.7	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 53. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada El Cedral

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.254	0.255	0.209	0.157	0.131	0.137	0.139	0.152	0.172	0.162	0.161	0.188	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 54. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada El Neme

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	16.935	17.881	16.304	13.185	12.517	15.875	20.496	25.504	24.582	17.424	13.583	13.693	MODERADO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
IV	-0.4	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 55. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Grande

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.100	0.104	0.092	0.073	0.074	0.102	0.149	0.183	0.155	0.096	0.078	0.083	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 56. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Guaní

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	42.907	42.924	36.790	32.139	31.606	48.233	77.876	99.663	78.689	40.495	24.162	26.383	ALTO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	MEDIO
IV	-0.6	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 57. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Irco

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.250	0.267	0.261	0.222	0.217	0.285	0.404	0.520	0.494	0.323	0.225	0.208	MUY BAJO
IRH	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 58. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Rivera

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.4	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 59. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada San Jorge

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.010	0.010	0.009	0.007	0.006	0.007	0.008	0.010	0.010	0.008	0.007	0.008	MUY BAJO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 60. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada San José

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 61. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada San Pablo

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.6	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 62. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Tequendama

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 63. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Quebrada Tuluni

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	7.655	8.119	7.897	7.518	7.190	8.190	10.360	12.852	13.869	11.068	7.740	6.792	BAJO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	BAJO
IV	-0.3	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 64. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Rio Ambeima

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.050	0.052	0.046	0.036	0.034	0.043	0.054	0.067	0.064	0.046	0.038	0.040	MUY BAJO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.4	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 65. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Rio El Davis

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.041	0.043	0.036	0.027	0.024	0.028	0.032	0.038	0.039	0.032	0.029	0.032	MUY BAJO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 66. Indicadores hídricos cuenca del Río Amoyá - Rio Negro

Índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Resumen
IUA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MUY BAJO
IRH	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	ALTA
IVH	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
IV	-0.5	MUY BAJA											

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 67. Indicadores hídricos subcuencas Río Amoyá

Código	Cuenca	Concesión (LPS)	NOM_NSS	Uso	Demanda Cuenca LPS	Oferta LPS	Índice Uso del Agua IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH	Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento IVH
1903	**Ambeima**	4.24	Q. San Pablo	Domestico	**5.57**	**16240**	**MUY BAJO**	**ALTA**	**MUY BAJO**
3040	**Ambeima**	0.10	R. Ambeima	Domestico					
4698	**Ambeima**	1.00	Q. Los Andes	Domestico/ Agrícola					
5029	**Ambeima**	0.23	R. Ambeima	Domestico/ Pecuario					
1928	**Amoyá_01**	12.00	R. Amoyá	Agrícola	**18827.00**	**52808**	**MUY ALTO**	**ALTA**	**MEDIO**
1929	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
1930	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
1931	**Amoyá_01**	10.00	R. Amoyá	Agrícola					
1932	**Amoyá_01**	14.00	R. Amoyá	Agrícola					
1933	**Amoyá_01**	21.00	R. Amoyá	Agrícola					
1934	**Amoyá_01**	22.00	R. Amoyá	Agrícola					
1935	**Amoyá_01**	17.00	R. Amoyá	Agrícola					
1936	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
3888	**Amoyá_01**	58.00	R. Amoyá	Agrícola					
3889	**Amoyá_01**	10.00	R. Amoyá	Agrícola					
4067	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
4068	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
4070	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
4071	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
4072	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
4074	**Amoyá_01**	20.00	R. Amoyá	Agrícola					
4233	**Amoyá_01**	3.40	R. Amoyá	Agrícola					
4047	**Amoyá_02**	160.00	R. Amoyá	Agrícola	**18060.00**	**54100**	**ALTO**	**ALTA**	**MEDIO**

Código	Cuenca	Concesión (LPS)	NOM_NSS	Uso	Demanda Cuenca LPS	Oferta LPS	Índice Uso del Agua IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH	Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento IVH
2246	**Amoyá_04**	18000	R. Amoyá	Industrial	**18262.08**	**43053**	**ALTO**	**ALTA**	**MEDIO**
2248	**Amoyá_04**	0.85	Q. San Jorge	Domestico					
2897	**Amoyá_04**	130.00	R. Amoyá	Domestico					
2898	**Amoyá_04**	130.00	Q. San Jorge	Domestico					
4374	**Amoyá_04**	1.23	R. Amoyá	Domestico					
5030	**Cedral**	0.73	Q. El Cedral	Domestico	**0.73**	**579**	**MUY BAJO**	**ALTA**	**MUY BAJO**
3874	**Davis**	1.50	Q. Janeiro	Domestico	**1.50**	**6163**	**MUY BAJO**	**ALTA**	**MUY BAJO**
5025	**Grande**	1.11	Q. Grande	Domestico	**1.11**	**1497**	**MUY BAJO**	**ALTA**	**MUY BAJO**
3995	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola	**134.72**	**420**	**ALTO**	**ALTA**	**MEDIO**
3996	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola					
3997	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola					
3998	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola					
3999	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola					
4000	**Guani**	6.00	Q. Guani	Agrícola					
4001	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola					
4002	**Guani**	8.00	Q. Guani	Agrícola					
4003	**Guani**	7.00	Q. Guani	Agrícola					
4004	**Guani**	6.00	Q. Guani	Agrícola					
4005	**Guani**	6.00	Q. Guani	Agrícola					
4160	**Guani**	2.50	Q. Guani	Domestico/ Industrial					
4696	**Guani**	1.00	Q. La Palmita	Piscícola					
4894	**Guani**	0.22	Q. Guani	Domestico/ Pecuario					
2379	**Irco**	3.00	Q. Linday	Agrícola	**6.80**	**3246**	**MUY BAJO**	**ALTA**	**MUY BAJO**
2380	**Irco**	3.00	Q. Linday	Domestico					

Código	Cuenca	Concesión (LPS)	NOM_NSS	Uso	Demanda Cuenca LPS	Oferta LPS	Índice Uso del Agua IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH	Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento IVH
4897	**Irco**	0.80	Q. Linday	Agrícola					
4069	**Neme**	20.00	Q. El Neme	Agrícola	**41.83**	**338**	**MODERADO**	**ALTA**	**MEDIO**
4073	**Neme**	20.00	Q. El Neme	Agrícola					
4337	**Neme**	1.70	Q. Madroñal	Domestico/ Piscícola					
4913	**Neme**	0.13	Q. Chicona	Pecuario					
4900	**San Jorge**	0.05	Q. San Jorge	Domestico	**0.05**	**827**	**MUY BAJO**	**ALTA**	**MUY BAJO**
3235	**Tuluni**	45.00	Q. Tuluni	Agrícola	**52.96**	**817**	**BAJO**	**ALTA**	**BAJO**
3869	**Tuluni**	5.14	Q. Tuluni	Domestico					
4817	**Tuluni**	0.26	Q. Los Angeles	Domestico					
4903	**Tuluni**	0.50	Q. El Totumo	Industrial					
4915	**Tuluni**	0.75	Q. Icarco	Domestico					
4933	**Tuluni**	0.05	Q. El Totumo	Domestico					
4935	**Tuluni**	0.50	Q. Tuluni	Industrial					

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

7 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES

A partir de las series de caudales simuladas en las subcuencas de la cuenca del Río Amoyá, se obtuvieron las series de caudales máximos, medios y mínimos anuales, de manera que fue posible realizar el análisis de frecuencia de duchos flujos. En este caso, para los caudales máximos se evaluaron las funciones General Extreme Values GEV, Gumbel y LogNormal2, de manera fueron evaluadas mediante el criterio de Máxima Verosimilitud y por lo tanto, se encontró que la función GEV permite obtener mejores predicciones del caudal en la zona de estudio. Para el caso de caudales medios y mínimos, se aplicó la función Log Normal de dos parámetros. En el numeral 7.1 se presentan los resultados obtenidos del análisis de frecuencia.

7.1 CAUDALES MÁXIMOS, MEDIOS Y MÍNIMOS

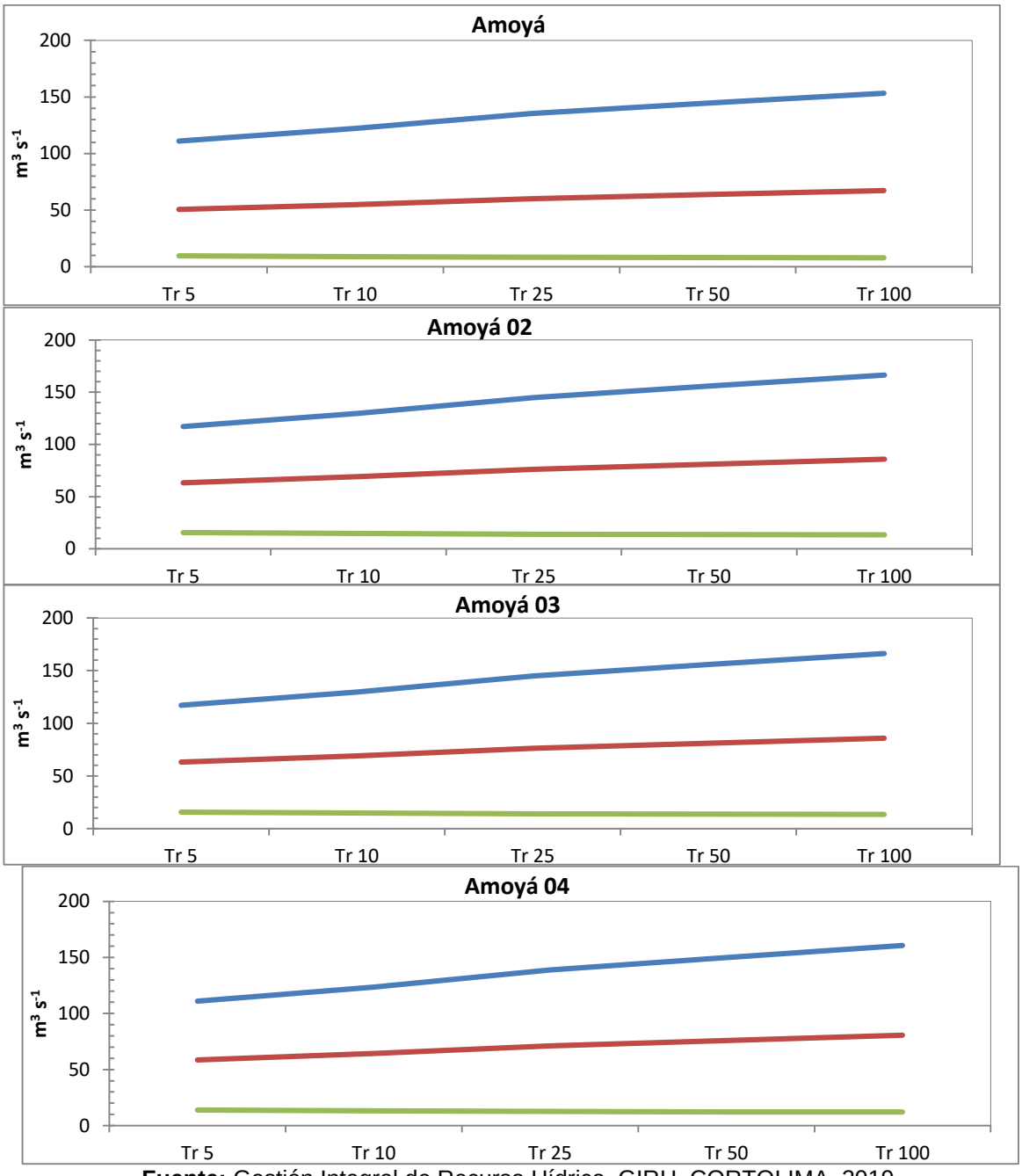
En este apartado se presentan los resultados de los análisis de frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos en las subcuencas del Río Amoyá (Tablas 68 a la 72 y Gráficos 79 al 83.

Tabla 68. Frecuencia de caudales Amoyá, Amoyá 02, Amoyá 03 y Amoyá 04

Estadísticos	Amoyá			Amoyá 02			Amoyá 03			Amoyá 04		
	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min
Media	95.672	43.781	13.076	100.754	54.221	27.339	100.754	54.221	25.112	94.794	50.163	25.112
Varianza	417.510	75.711	24.698	509.592	138.092	42.883	509.592	138.092	33.477	509.754	127.175	33.477
Desv.Estándar	20.433	8.701	4.970	22.574	11.751	6.549	22.574	11.751	5.786	22.578	11.277	5.786
Coef. Asimetría	0.799	0.565	1.483	1.338	0.764	0.364	1.338	0.764	0.334	1.491	0.842	0.334
Coef. Variación	0.214	0.199	0.380	0.224	0.217	0.240	0.224	0.217	0.230	0.238	0.225	0.230
Kurtosis	3.314	2.343	5.268	4.940	3.070	2.224	4.940	3.070	2.042	5.470	3.332	2.042
Cuantiles												
Tr 5	111.043	50.506	9.499	117.218	63.134	15.626	117.218	63.134	15.626	111.011	58.657	13.948
Tr 10	122.149	54.952	8.812	129.640	69.140	14.721	129.640	69.140	14.721	123.437	64.430	13.148
Tr 25	135.358	60.126	8.299	144.836	76.176	14.044	144.836	76.176	14.044	138.770	71.213	12.550
Tr 50	144.598	63.725	8.054	155.759	81.097	13.721	155.759	81.097	13.721	149.885	75.970	12.265
Tr 100	153.322	67.145	7.878	166.316	85.795	13.489	166.316	85.795	13.489	160.703	80.520	12.060

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura79. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Amoyá, Amoyá 02, Amoyá 03 y Amoyá 04



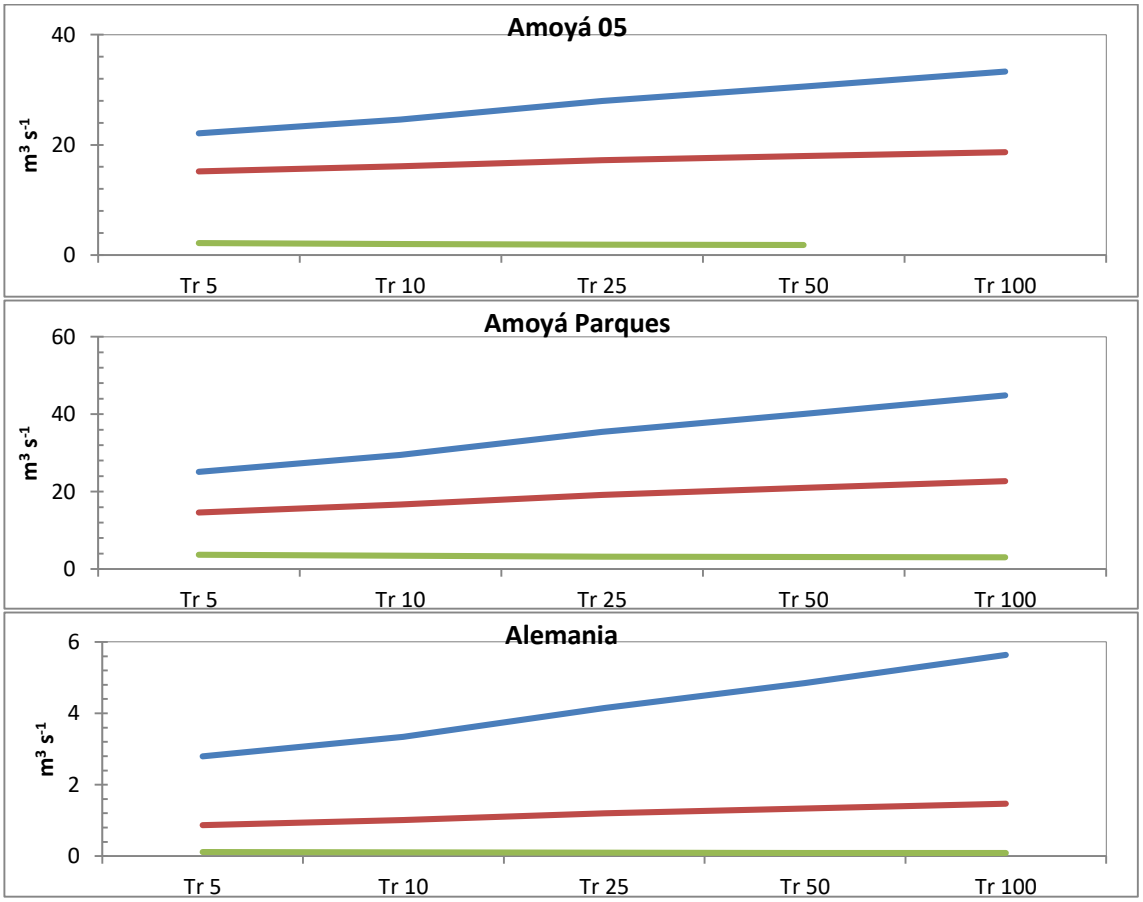
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico. GIRH. CORTOLIMA, 2019.

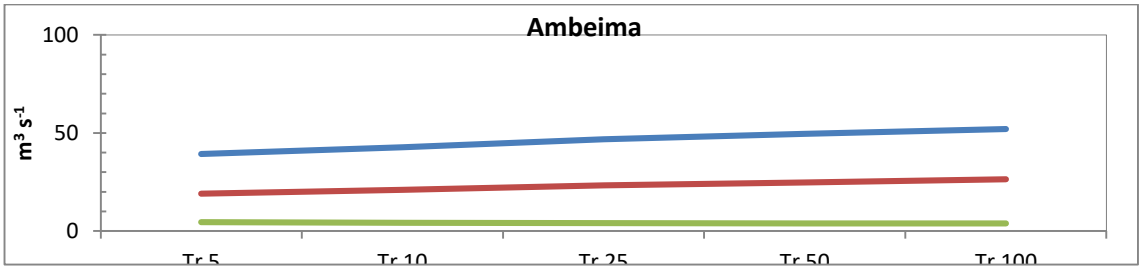
Tabla 69. Frecuencia de caudales Amoyá 05, Amoyá Parques, Alemania, Ambeima

Estadísticos	Amoyá 05			Amoyá Parques			Alemania			Ambeima		
	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min
Media	19.366	13.608	9.948	20.371	11.880	5.329	2.307	0.687	0.184	34.040	16.264	6.030
Varianza	20.717	4.175	1.233	64.675	14.142	4.872	0.734	0.058	0.009	44.723	13.430	4.508
Desv.Estándar	4.552	2.043	1.110	8.042	3.761	2.207	0.857	0.241	0.093	6.688	3.665	2.123
Coef. Asimetría	2.384	1.065	0.424	2.459	1.176	0.395	1.800	0.694	0.995	0.730	0.572	0.814
Coef. Variación	0.235	0.150	0.112	0.395	0.317	0.414	0.371	0.351	0.505	0.196	0.225	0.352
Kurtosis	9.144	4.054	2.087	9.482	4.478	2.100	6.116	2.835	2.817	3.355	2.495	3.134
Cuantiles												
Tr 5	22.092	15.167	2.149	25.123	14.592	3.740	2.791	0.870	0.117	39.268	19.073	4.502
Tr 10	24.591	16.138	1.996	29.508	16.634	3.435	3.339	1.015	0.104	42.784	20.991	4.208
Tr 25	27.940	17.241	1.881	35.397	19.126	3.207	4.149	1.196	0.094	46.828	23.248	3.989
Tr 50	30.571	17.994	1.826	40.033	20.931	3.098	4.849	1.331	0.090	49.564	24.834	3.884
Tr 100	33.311	18.699	1.787	44.871	22.700	3.020	5.641	1.464	0.087	52.077	26.353	3.809

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura80. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Amoyá 05, Amoyá Parques, Alemania, Ambeima





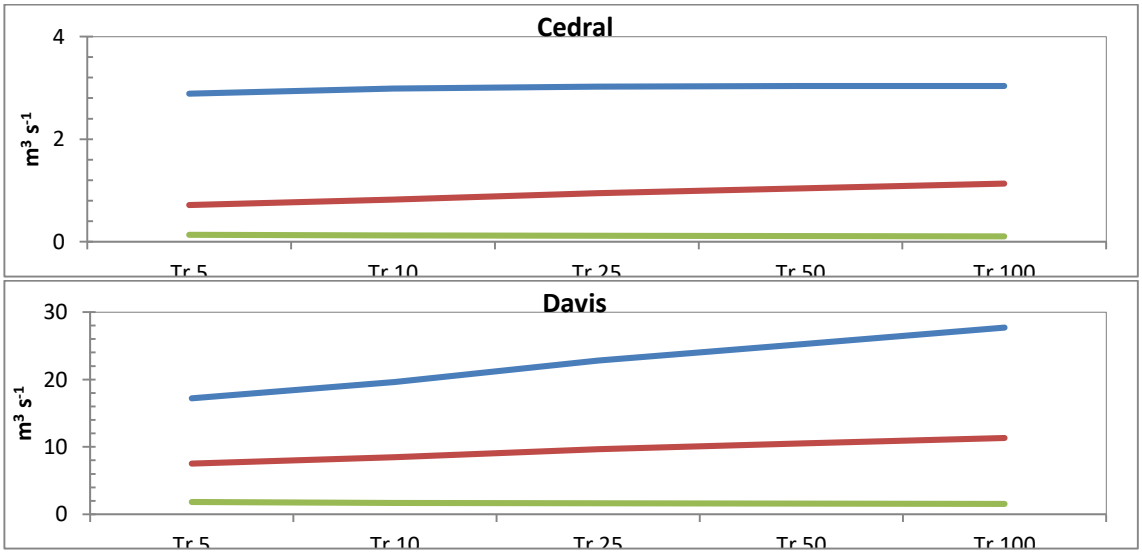
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

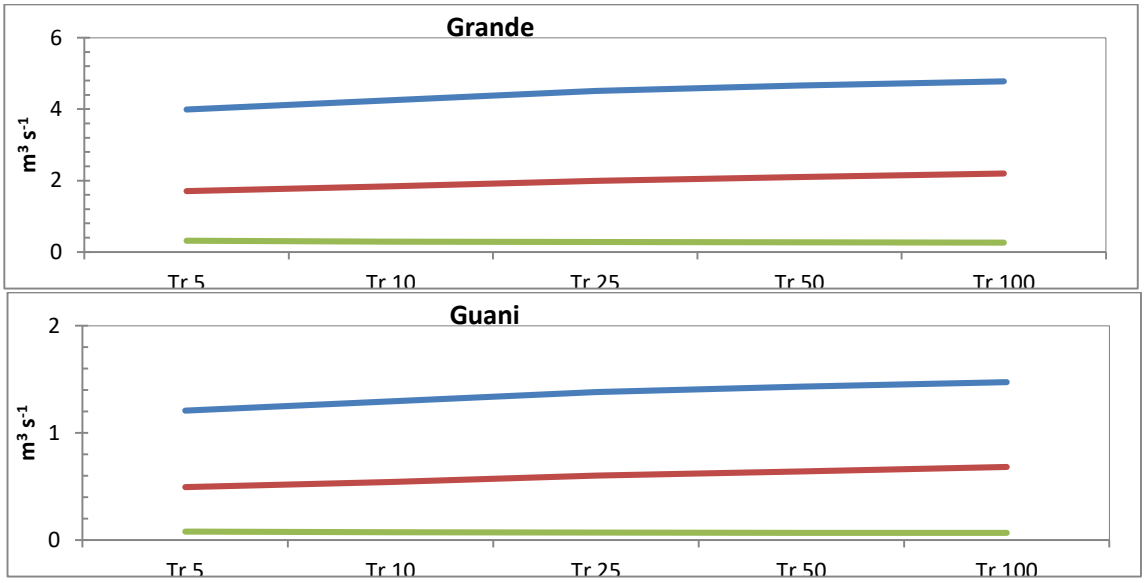
Tabla 70. Frecuencia de caudales Cedral, Davis, Grande, Guani

Estadísticos	Cedral			Davis			Grande			Guani		
	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min
Media	1.134	0.581	0.208	14.421	6.182	2.358	3.494	1.496	0.424	1.040	0.420	0.104
Varianza	0.224	0.035	0.009	18.614	3.279	0.604	0.372	0.069	0.024	0.041	0.008	0.001
Desv.Estándar	0.473	0.187	0.096	4.314	1.811	0.777	0.610	0.263	0.154	0.203	0.091	0.037
Coef. Asimetría	2.586	1.092	0.791	1.750	0.978	0.469	0.175	0.283	1.198	0.187	0.219	0.747
Coef. Variación	0.417	0.322	0.464	0.299	0.293	0.330	0.175	0.176	0.365	0.195	0.216	0.352
Kurtosis	9.874	4.232	2.079	5.988	3.742	1.858	1.771	1.898	3.894	2.051	2.309	2.780
Cuantiles												
Tr 5	2.886	0.718	0.139	17.202	7.509	1.799	3.993	1.704	0.312	1.208	0.493	0.078
Tr 10	2.988	0.822	0.125	19.628	8.483	1.691	4.251	1.838	0.291	1.294	0.542	0.073
Tr 25	3.027	0.949	0.115	22.799	9.661	1.611	4.508	1.993	0.275	1.380	0.600	0.069
Tr 50	3.035	1.041	0.110	25.231	10.508	1.573	4.659	2.100	0.268	1.431	0.641	0.067
Tr 100	3.038	1.132	0.107	27.714	11.333	1.545	4.782	2.201	0.262	1.472	0.680	0.066

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 81. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Cedral, Davis, Grande, Guani





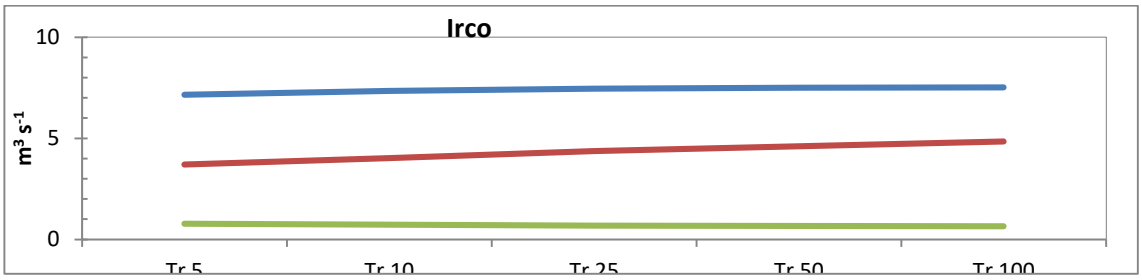
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

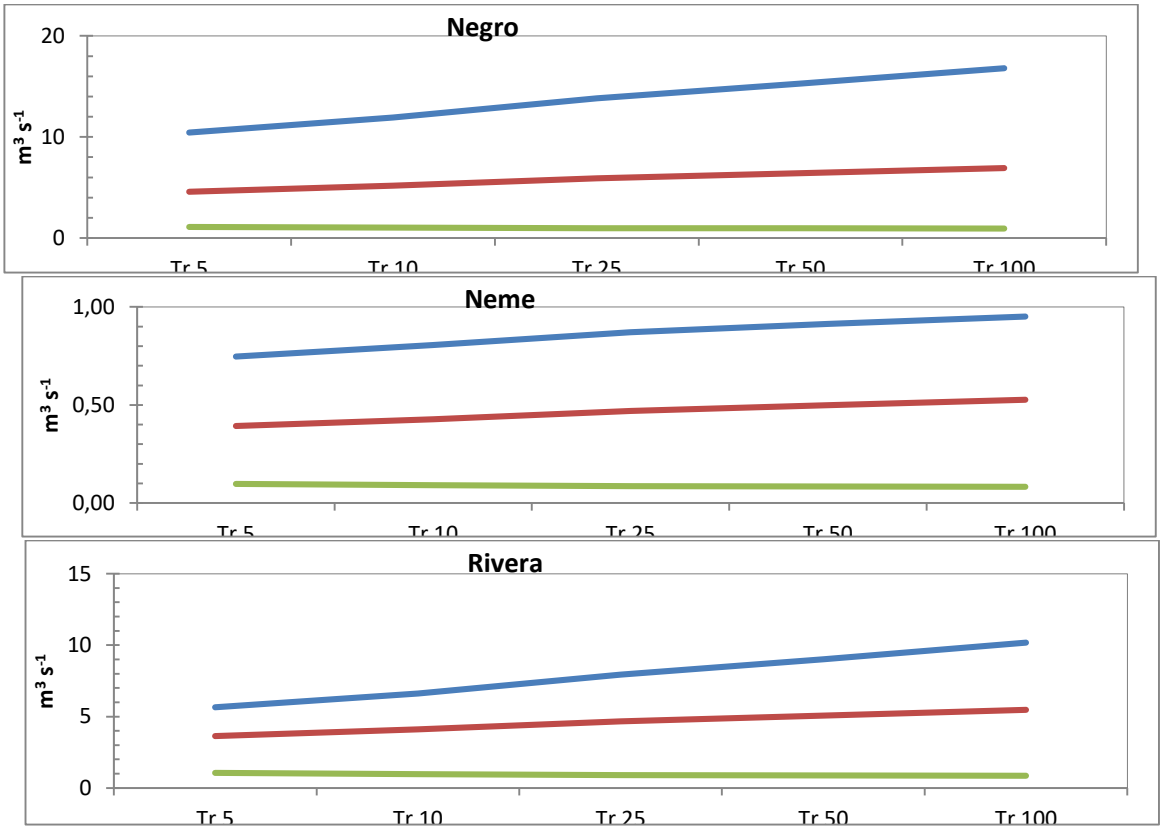
Tabla 71. Frecuencia de caudales Irco, Negro, Neme, Rivera

Estadísticos	Irco			Negro			Neme			Rivera		
	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min
Media	6.163	3.240	1.068	8.764	3.767	1.433	0.657	0.338	0.128	4.696	2.989	1.513
Varianza	1.023	0.340	0.158	6.797	1.219	0.222	0.013	0.005	0.002	2.805	0.764	0.394
Desv.Estándar	1.011	0.583	0.398	2.607	1.104	0.471	0.114	0.069	0.044	1.675	0.874	0.628
Coef. Asimetría	-0.226	0.149	1.003	1.729	0.949	0.494	0.503	0.357	0.635	2.308	1.011	-0.106
Coef. Variación	0.164	0.180	0.373	0.297	0.293	0.329	0.173	0.203	0.341	0.357	0.292	0.415
Kurtosis	1.555	2.153	3.616	5.870	3.621	1.869	2.907	1.884	3.220	8.645	3.746	2.759
Cuantiles												
Tr 5	7.161	3.710	0.782	10.447	4.577	1.094	0.747	0.392	0.097	5.651	3.627	1.062
Tr 10	7.347	4.015	0.727	11.913	5.172	1.029	0.805	0.428	0.091	6.604	4.094	0.975
Tr 25	7.462	4.368	0.686	13.827	5.892	0.980	0.870	0.470	0.086	7.930	4.659	0.910
Tr 50	7.504	4.612	0.666	15.294	6.409	0.957	0.913	0.499	0.084	9.009	5.065	0.879
Tr 100	7.526	4.844	0.652	16.790	6.914	0.940	0.952	0.527	0.083	10.169	5.461	0.857

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura82. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos Irco, Negro, Neme, Rivera





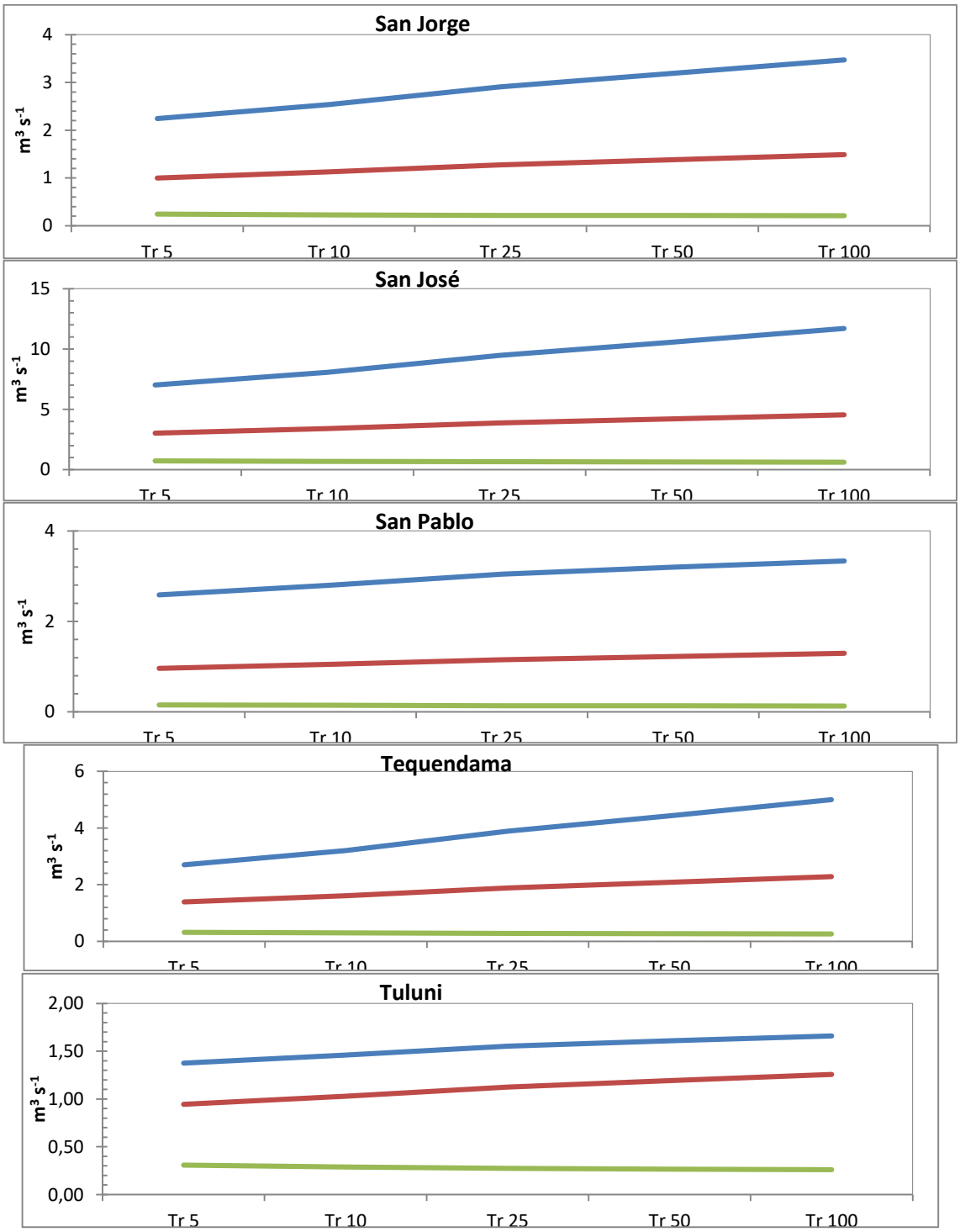
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Tabla 72. Frecuencia de caudales San Jorge, San José, San Pablo, Tequendama, Tuluni.

Estadísticos	San Jorge			San José			San Pablo			Tequendama			Tuluni		
	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min
Media	1.891	0.829	0.317	5.899	2.490	0.963	2.239	0.827	0.202	2.184	1.110	0.448	1.235	0.818	0.408
Varianza	0.275	0.054	0.011	3.317	0.516	0.102	0.178	0.029	0.004	0.834	0.161	0.031	0.031	0.023	0.020
Desv.Estándar	0.524	0.233	0.103	1.821	0.718	0.319	0.422	0.171	0.067	0.913	0.401	0.176	0.176	0.152	0.140
Coef. Asimetría	1.607	0.890	0.510	1.766	0.877	0.461	0.490	0.359	0.626	2.471	1.304	0.404	0.279	-0.136	-0.037
Coef. Variación	0.277	0.281	0.324	0.309	0.288	0.331	0.188	0.207	0.330	0.418	0.361	0.392	0.142	0.185	0.344
Kurtosis	5.502	3.400	1.965	5.910	3.335	1.834	3.521	1.751	2.884	9.370	4.763	1.729	2.258	2.569	3.448
Cuantiles															
Tr 5	2.244	1.001	0.243	7.028	3.021	0.734	2.586	0.960	0.154	2.707	1.390	0.322	1.376	0.945	0.307
Tr 10	2.537	1.126	0.229	8.070	3.409	0.690	2.802	1.049	0.145	3.206	1.611	0.297	1.461	1.028	0.287
Tr 25	2.910	1.276	0.218	9.467	3.878	0.657	3.041	1.154	0.138	3.886	1.885	0.279	1.552	1.125	0.273
Tr 50	3.189	1.384	0.213	10.564	4.215	0.641	3.197	1.226	0.134	4.429	2.087	0.271	1.610	1.193	0.266
Tr 100	3.468	1.488	0.210	11.708	4.542	0.630	3.336	1.296	0.132	5.002	2.287	0.264	1.660	1.257	0.261

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

Figura 83. Frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos San Jorge, San José, San Pablo, Tequendama, Tuluni.



Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA 2019.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio la estimación de la oferta hídrica de las subcuencas de la cuenca Amoyá en el departamento del Tolima implicó disponer de la información proveniente de la Corporación Autónoma Regional del Tolima, el Instituto Colombiano de Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, El Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Agencia Aeroespacial de los Estados Unidos NASA, la cual fue útil para describir las características morfométricas, hidroclimatológicas e hidrológicas de las cuencas de las quebradas y ríos: La Rivera, Alemania, San José, Tequendama, El Davis, Negro, San Pablo, San Jorge, El Cedral, Grande, Ambeima, Irco, Tuluni, El Neme, Guani y puntos de cierre de la cuenca del Río Amoyá sobre su cauce principal denominados: Amoyá_02, 03, 04, 05 y el total de la cuenca del Río Amoyá. En este sentido, a partir de los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Las cuencas analizadas son predominantemente de montaña y presentan tendencia moderada a la ocurrencia de eventos torrenciales.

A partir del modelo hidrológico distribuido implementado en la cuenca del Río Saldaña, fue posible obtener las series de caudales diarios en la cuenca del Río Amoyá, lo cual condujo a la estimación de la oferta hídrica de cada una de las subcuencas definidas en este estudio para el análisis de la oferta y demanda hídrica. Dicho modelo, describe de forma aceptable la hidrología de la cuenca del Río Saldaña y dado que Amoyá hace parte de la cuenca del Saldaña y la capacidad descriptiva del modelo hidrológico utilizado es aceptable, pueden considerarse aceptablemente aproximados los caudales estimados dentro de la cuenca del Río Amoyá.

El análisis de la oferta y demanda hídrica permitió identificar déficit para atender la demanda hídrica en la cuenca de la quebrada Guani equivalente al 47.4% de la oferta hídrica mensual en el régimen de caudales mínimos y podría presentarse durante el mes de agosto. Este caso, representa el déficit más alto en toda la cuenca del Río Amoyá y es probable que esta condición se manifieste durante la ocurrencia de eventos con escasa presencia de precipitaciones durante periodos prolongados, asociados al Niño u otros.

Sobre el Río Amoyá se definieron puntos de cierre para facilitar el análisis espacial de la oferta y demanda hídrica. De manera que ante la ocurrencia de los caudales mínimos se esperan déficit para suplir la demanda sobre el cauce principal durante los meses de febrero, marzo y agosto. No obstante, dichos déficit de agua son leves y presentan porcentajes respecto de la oferta hídrica entre 0.37 y 2.9%. No obstante, aunque dichos déficits son leves, no se podría afirmar que se produzca un desabastecimiento sobre la corriente principal, ya que los análisis fueron realizados considerando la sumatoria de las concesiones en cada área de drenaje.

Por lo tanto, análisis específicos para la evaluación de la disponibilidad de agua en el punto de captación de cada concesión tendrán que ser realizados de manera específica y para tal fin, será necesario localizar espacialmente el total de las concesiones hídricas otorgadas en la zona de estudio.

Se generaron curvas de duración de caudales para las cuencas analizadas en este estudio, de manera que esta información podrá contribuir a procesos de planificación del recurso hídrico en el área de la cuenca del Río Amoyá, así como los resultados obtenidos del análisis de frecuencia de caudales máximos, medios y mínimos.

Se realizó la estimación de indicadores hídricos para evaluar la vulnerabilidad de la disponibilidad y producción hídrica de la cuenca en relación con la demanda de agua para diferentes usos. Los resultados indican una baja presión sobre los recursos hídricos de la cuenca del Río Amoyá, sin embargo, es importante considerar la ocurrencia de eventos con bajas precipitaciones, en donde se puede ver estrechamente satisfecha la demanda hídrica en la cuenca, principalmente en la zona baja.

Finalmente, se presenta una propuesta de instrumentación para mejorar la descripción de la hidroclimatología en la cuenca y de esta forma, mejorar las estimaciones hidrológicas de la zona estudiada.

9 BIBLIOGRAFÍA

Barco, J., Cuartas, A., Mesa, O., Poveda, G., Vélez, J. ., Mantilla, R., … Montoya, M. (2000). Estimación de la evaporación en Colombia. *Avances En Recursos Hidráulicos*. Medellín, Colombia. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/German_Poveda/publication/233971410_Estimacion_de_la_evaporacion_en_Colombia_Avances_en_Recursos_Hidraulicos/links/02bfe50eec4545254d000000/Estimacion-de-la-evaporacion-en-Colombia-Avances-en-Recursos-Hidraulicos.pdf?o

Beven, K., Wood, E., & Sivapalan, M. (1988). On hydrological heterogeneity - catchment morphology and catchmente response. *Journal of Hydrology*, *100*, 353–375. https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90192-8

Beyene, T., Lettenmaier, D. P., & Kabat, P. (2010). Hydrologic impacts of climate change on the Nile River Basin: Implications of the 2007 IPCC scenarios. *Climatic Change*, *100*(3), 433–461. https://doi.org/10.1007/s10584-009-9693-0

Bussi, G., Rodríguez-Lloveras, X., Francéss, F., Benito, G., Sánnchez-Moya, Y., & Sopeáa, A. (2013). Sediment yield model implementation based on check dam infill stratigraphy in a semiarid Mediterranean catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, *17*(8), 3339–3354. https://doi.org/10.5194/hess-17-3339-2013

Francés, F., Vélez, J. I., & Vélez, J. J. (2007). Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, *332*(1–2), 226–240. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.06.032

Franchini, M., & Pacciani, M. (1991). Comparative analysis of several conceptual rainfall-Runoff models. *Journal of Hydrology*, *122*, 161–219. https://doi.org/10.1016/0022-1694(91)90178-K

HEC, U. A. C. of E. (2017). Hydrologic Modeling System Release Notes. Davis. CA, USA: Hydrologic Enginnering Center. Retrieved from http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_ReleaseNotes421.pdf

IDEAM, Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2013). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua – ERAS*. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM. Retrieved from http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022653/DocumentoMARCOCONCEPTUAL.pdf

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCILLERÍA. (2017). *Resumen ejecutivo Tercera*

Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. (Andrés Bar). Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023732/RESUMEN_EJECUTIVO_TCNCC_COLOMBIA.pdf

IGAC (2008). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Tolima. Instituto GeoFiguraAgustín Codazzi, IGAC, Bogotá, Colombia.

Kendall M.G., Stuart A. (1968). T*he Advanced Theory of Statistics.* Volume 3. Design and analysis, and time series, Charles Griffin & Co., London, p. 736.

Mann H. B. (1945). *Nonparametric tests against trend,* Econometrica, 13: 245-259.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Binger, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, *50*(3), 885–900. https://doi.org/10.13031/2013.23153

Naciones Unidas/CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. *Publicación de las Naciones Unidas* (Vol. Mayo). Santiago, Chile. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

NASA (2005). *Shuttle Radar Topography Mission*: The mission to map the world, available from Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology (http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/spanish.htm)

Nash J.E., Sutcliffe J.V. (2003). R*iver flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles*. Journal of hydrology 2003(10), 282-290. Doi 10.1016/0022-1694(70)90255-6

Peña, L. E. (2017). *Escalamiento de propiedades hidráulicas del suelo en el régimen de crecidas a escala de cuenca aplicación en la cuenca del Río Combeima (Suramérica)*. Universitat Politècnica de València / Universidad del Tolima. https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/90390

Poveda, G., Vélez, J. I., Mesa, O. J., Cuartas, A., Barco, J., Mantilla, R. I., … Quevedo, D. I. (2007a). Linking Long-Term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering*, *12*(1), 4–13. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:1(4)

Poveda, G., Vélez, J. I., Mesa, O. J., Cuartas, A., Barco, J., Mantilla, R. I., … Quevedo, D. I. (2007b). Linking Long-Term Water Balances and Statistical

Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering*, *12*(1), 4–13. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:1(4)

Ramesh, A. (2013). *Response of Flood Events to land Use and Climate Change. Analysed by hydrological and statistical modeling in Barcelonnette, France.* (Springer D). New York: Springer Dordrecht Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5527-7

Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Science Society of America Journal*, *70*(5), 1569. https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0117

Sieber, A., & Uhlenbrook, S. (2005). Sensitivity analyses of a distributed catchment model to verify the model structure. *Journal of Hydrology*, *310*(1–4), 216–235. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.004

Strupczewski, W. G., Singh, V. P., & Feluch, W. (2001). Non-stationary approach to at-site flood frequency modelling I. Maximum likelihood estimation. *Journal of Hydrology*, *248*, 123–142. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00397-3

Trujillo, J. Z. (2018). *Evaluación del efecto de escenarios de cambio climático sobre la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Saldaña*. Universidad del Tolima.

Universitat Politècnica de València. (2011). *Informe de Modelación Hidrológica de las cuencas vertientes a la Comarca de la Marina Alta (Alicante)*.

Vélez, J. J., & Botero, A. (2010). Estimation of the time of concentration and the Lag time at San Luis Creek Basin, Manizalez. *Dyna*, *165*, 58–71. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000100006

Villarini, G. (2010). Analysis of the stationarity of flood peaks in the United States. In *Workshop on Nonstationarity, Hydrologic Frequency Analysis, and Water Management* (pp. 81–97). Retrieved from www.cwi.colostate.edu

Villarini, G., Smith, J. a., Serinaldi, F., & Ntelekos, A. a. (2011). Analyses of seasonal and annual maximum daily discharge records for central Europe. *Journal of Hydrology*, *399*(3–4), 299–312. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.007

World Meteorological Organization. (2008). *Guide to Hydrological Practices WMO-168*. *World Meteorological Organization* (Vol. I). Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. https://doi.org/10.1080/02626667.2011.546602