

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|---------|--|------------|
| 5. | ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO | 13 |
| 5.1 | Análisis de Información de Estaciones de Monitoreo | 17 |
| 5.1.1 | Estaciones Hidroclimatológicas..... | 17 |
| 5.1.2 | Estaciones Hidroclimatológicas Río Teusacá Y Embalse De Tominé | 20 |
| 5.1.3 | Análisis De Consistencia De La Información Climatológica..... | 24 |
| 5.1.4 | Análisis de consistencia y homogeneidad estaciones de precipitación | 33 |
| 5.2 | Evaluación Multi-Temporal | 51 |
| 5.2.1 | Río Teusacá | 51 |
| 5.2.1.1 | Precipitación. | 51 |
| 5.2.1.2 | Evaporación. | 67 |
| 5.2.1.3 | Brillo solar. | 70 |
| 5.2.1.4 | Humedad relativa. | 78 |
| 5.2.1.5 | Temperatura..... | 79 |
| 5.2.2 | Embalse Tominé..... | 87 |
| 5.2.2.1 | Precipitación..... | 87 |
| 5.2.2.2 | Evaporación. | 100 |
| 5.2.2.3 | Brillo solar. | 102 |
| 5.2.2.4 | Humedad relativa. | 107 |
| 5.2.2.5 | Temperatura..... | 109 |
| 5.2.3 | Relación de estaciones hidrometeorológicas | 118 |
| 5.3 | Variabilidad Climática Cuencas del Río Teusacá y Embalse de Tominé ... | 125 |
| 5.4 | Evaluación Espacial | 165 |
| 5.4.1 | Río Teusacá. | 167 |
| 5.4.1.1 | Precipitación media multianual río Teusacá (isoyetas). | 167 |
| 5.4.1.2 | Precipitación media mensual unidades hidrográficas río Teusacá (isoyetas). | 170 |
| 5.4.1.3 | Temperatura media anual río Teusacá (isotermas). | 175 |
| 5.4.1.4 | Temperatura media mensual unidades hidrográficas río Teusacá (isotermas). | 177 |
| 5.4.2 | Embalse Tominé..... | 181 |
| 5.4.2.1 | Precipitación media multianual embalse Tominé (isoyetas). | 181 |
| 5.4.2.2 | Precipitación media mensual por unidad hidrográfica embalse Tominé (isoyetas). | 183 |
| 5.4.2.3 | Temperatura media anual embalse Tominé (isotermas). | 188 |
| 5.4.2.4 | Temperatura media mensual unidades hidrográficas embalse Tominé (isotermas). | 190 |
| 5.5 | Evapotranspiración Potencial y Balance Hídrico | 193 |
| 5.5.1 | Río Teusacá | 197 |
| 5.5.2 | Embalse de Tominé..... | 213 |
| 5.6 | Zonificación Climática Caldas - Lang..... | 229 |
| 5.6.1 | Río Teusacá..... | 237 |

| | |
|--|------------|
| 5.6.2 Embalse Tominé..... | 240 |
| 5.7 Índice de Aridez (IA) | 243 |
| 5.7.1 Río Teusacá | 244 |
| 5.7.2 Embalse Tominé..... | 246 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.1. Estaciones hidroclimatológicas identificadas y consultadas..... | 17 |
| Tabla 5.2. Estaciones hidroclimáticas identificadas y consultadas cuenca río Teusacá. ... | 20 |
| Tabla 5.3. Estaciones hidroclimáticas identificadas y consultadas cuenca del embalse de Tominé | 22 |
| Tabla 5.4. Resumen del período de tiempo registro de información estaciones hidrometeorológicas (# de meses completos). | 25 |
| Tabla 5.5. Resumen del período de tiempo registro de información estaciones hidrometeorológicas (# de meses completos). | 26 |
| Tabla 5.6. Estaciones descartadas para el análisis aplicando el primer criterio. | 29 |
| Tabla 5.7. Estaciones descartadas para el análisis aplicando el segundo criterio. | 29 |
| Tabla 5.8. Estaciones descartadas para el análisis aplicando el tercer criterio. | 30 |
| Tabla 5.9. Estaciones pluviométricas seleccionadas. | 30 |
| Tabla 5.10. Estaciones Climatológicas seleccionadas..... | 31 |
| Tabla 5.11. Resumen de resultados estadísticas descriptivas Cuenca río Teusacá. | 38 |
| Tabla 5.12. Resultado Pruebas de normalidad Cuenca río Teusacá | 38 |
| Tabla 5.13. Resultado Pruebas de Wilcoxon Cuenca río Teusacá..... | 42 |
| Tabla 5.14. Resumen de resultados estadística descriptiva Cuenca Embalse de Tominé.43 | |
| Tabla 5.15. Resultado Pruebas de normalidad Cuenca Embalse de Tominé..... | 43 |
| Tabla 5.16. Resultado Pruebas de Wilcoxon-Cuenca Embalse de Tominé. | 46 |
| Tabla 5.17. Resultados parámetros estadísticos mensuales de temperatura Estación Planta Wiesner..... | 48 |
| Tabla 5.18. Estaciones utilizadas en generación de isolíneas..... | 165 |
| Tabla 5.19. Cálculo precipitación media multianual subcuenca río Teusacá. | 168 |
| Tabla 5.20. Precipitación media mensual por unidad hidrográfica río Teusacá..... | 172 |
| Tabla 5.21. Estaciones utilizadas en Isotermas. | 175 |
| Tabla 5.22. Cálculo temperatura media multianual por unidad hidrográfica río Teusacá. 177 | |
| Tabla 5.23. Cálculo precipitación media multianual por unidad hidrográfica embalse Tominé. | 185 |
| Tabla 5.24. Estaciones utilizadas en Isotermas. | 188 |
| Tabla 5.25. Cálculo temperatura media multianual por U. H., embalse Tominé..... | 193 |
| Tabla 5.26. Cálculo temperatura media mensual por unidad hidrográfica río Teusacá. .. | 197 |
| Tabla 5.27. Cálculo del índice de calor mensual río Teusacá. | 198 |
| Tabla 5.28. Cálculo del índice de calor anual y factor a. | 198 |
| Tabla 5.29. Cálculo evapotranspiración potencial por U. H. río Teusacá. | 199 |
| Tabla 5.30. Cálculo índice de iluminación por U. H. río Teusacá..... | 200 |
| Tabla 5.31. Cálculo ETP según Thornthwaite por U. H. río Teusacá. | 200 |
| Tabla 5.32. Factor Kc para cada Unidad Hidrográfica río Teusacá. | 203 |
| Tabla 5.33. Cálculo Evapotranspiración Real ETR río Teusacá..... | 205 |
| Tabla 5.34. Balance déficit-excedentes U. H. Río alto Teusacá. | 206 |
| Tabla 5.35. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada San Lorenzo. | 206 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.36. Balance déficit-excedentes U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 207 |
| Tabla 5.37. Balance déficit-excedentes U. H. Río Quebrada Aguas Claras. | 208 |
| Tabla 5.38. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada el Asilo. | 209 |
| Tabla 5.50. Balance déficit-excedentes U. H. Río medio Teusacá. | 210 |
| Tabla 5.40. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada Laureles. | 210 |
| Tabla 5.41. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada el Chuscal. | 211 |
| Tabla 5.42. Balance déficit-excedentes U. H. Río bajo Teusacá. | 212 |
| Tabla 5.43. Cálculo temperatura media mensual por Unidad Hidrográfica Embalse Tominé. | 213 |
| Tabla 5.44. Cálculo del índice de calor mensual Embalse Tominé. | 213 |
| Tabla 5.45. Cálculo del índice de calor anual y factor a. | 214 |
| Tabla 5.46. Cálculo evapotranspiración potencial por U. H. Embalse Tominé. | 214 |
| Tabla 5.47. Cálculo índice de iluminación por U. H. Embalse Tominé. | 215 |
| Tabla 5.48. Cálculo ETP según Thornthwaite por U. H. Embalse Tominé. | 215 |
| Tabla 5.49. Factor Kc para cada Unidad Hidrográfica Embalse Tominé. | 218 |
| Tabla 5.50. Cálculo Evapotranspiración Real ETR Embalse Tominé. | 220 |
| Tabla 5.51. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río Chiguanos. | 221 |
| Tabla 5.52. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río alto Siecha. | 222 |
| Tabla 5.53. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río Chipatá. | 222 |
| Tabla 5.54. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica quebrada Montoque. | 223 |
| Tabla 5.55. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río bajo Siecha. | 224 |
| Tabla 5.56. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río Chiquito. | 225 |
| Tabla 5.57. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica quebrada Corales. | 226 |
| Tabla 5.58. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río medio y bajo Aves. | 227 |
| Tabla 5.59. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río alto Aves. | 227 |
| Tabla 5.60. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica tributarios embalse Tominé. | 228 |
| Tabla 5.61. Modelo climatológico de Caldas. | 230 |
| Tabla 5.62. Clasificación climática de Lang. | 232 |
| Tabla 5.63. Tipos de clima de Caldas – Lang. | 234 |
| Tabla 5.64. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca río Teusacá. | 237 |
| Tabla 5.65. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca río Teusacá por U. H. | 237 |
| Tabla 5.66. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca Embalse Tominé. | 240 |
| Tabla 5.67. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca Embalse Tominé por U. H. | 240 |
| Tabla 5.68. Interpretación de la calificación del IA. | 243 |
| Tabla 5.69. Valores IA Por Unidad Hidrográfica subcuenca río Teusacá. | 244 |
| Tabla 5.70. Valores IA Por Unidad Hidrográfica Subcuenca Embalse Tominé. | 246 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 5.1. Estaciones de monitoreo hidroclimáticas consideradas Cuenca río Teusacá- Embalse de Tominé. | 19 |
| Figura 5.2. Estaciones de monitoreo hidroclimáticas consideradas Cuenca río Teusacá. | 21 |
| Figura 5.3. Estaciones de monitoreo hidroclimáticas subcuenca embalse de Tominé..... | 23 |
| Figura 5.4. Proceso para el tratamiento de datos. | 32 |
| Figura 5.5. Curvas de dobles masas cuenca río Teusacá. | 35 |
| Figura 5.6. Curvas de dobles masas –Cuenca Embalse de Tominé..... | 37 |
| Figura 5.7. Graficas de resultados de la estación El Verjón..... | 39 |
| Figura 5.8. Graficas de resultados de la estación El Consuelo. | 44 |
| Figura 5.9. Graficas de resultados de la estación Planta Wiesner-Temperatura mes de enero. | 49 |
| Figura 5.10. Histograma de precipitación mensual estación San Luis 1-2. | 52 |
| Figura 5.11. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Luis 1-2. | 52 |
| Figura 5.12. Histograma de precipitación multianual estación San Luis 1-2..... | 53 |
| Figura 5.13. Histograma de precipitación mensual estación El Verjón..... | 54 |
| Figura 5.14. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación El Verjón. | 54 |
| Figura 5.15. Histograma de precipitación multianual estación El Verjón. | 55 |
| Figura 5.16. Histograma de precipitación mensual estación Santa Teresa..... | 56 |
| Figura 5.17. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Santa Teresa..... | 56 |
| Figura 5.18. Histograma de precipitación multianual estación Santa Teresa..... | 57 |
| Figura 5.19. Histograma de precipitación mensual estación San Rafael. | 57 |
| Figura 5.20. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Rafael. Fuente: Unión Temporal Corpoguvavo 2015. | 58 |
| Figura 5.21. Histograma de precipitación multianual estación San Rafael..... | 58 |
| Figura 5.22. Histograma de precipitación mensual estación Planta Wiesner..... | 59 |
| Figura 5.23. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Planta Wiesner..... | 60 |
| Figura 5.24. Histograma de precipitación multianual estación Planta Wiesner. | 60 |
| Figura 5.25. Histograma de precipitación mensual estación Parque Sopó..... | 61 |
| Figura 5.26. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Parque Sopó. | 62 |
| Figura 5.27. Histograma de precipitación multianual estación Parque Sopó. | 62 |
| Figura 5.28. Histograma de precipitación mensual estación San Pedro. | 63 |
| Figura 5.29. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Pedro. | 64 |
| Figura 5.30. Histograma de precipitación multianual estación San Pedro..... | 64 |
| Figura 5.31. Histograma de precipitación mensual estación Suasuque..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.32. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Suasuque..... | 66 |
| Figura 5.33. Histograma de precipitación multianual estación Suasuque..... | 66 |
| Figura 5.34. Histograma de evaporación total mensual estación La Bolsa. | 67 |
| Figura 5.35. Histograma de evaporación total multianual estación la Bolsa. | 67 |
| Figura 5.36. Histograma de evaporación total mensual estación Planta Wiesner..... | 68 |
| Figura 5.37. Histograma de evaporación total multianual estación Planta Wiesner. | 69 |
| Figura 5.38. Histograma de evaporación total mensual estación Aeropuerto Guaimaral. . | 69 |
| Figura 5.39. Histograma de evaporación total multianual estación Aeropuerto Guaimaral. | 70 |
| Figura 5.40. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación la Bolsa. | 70 |
| Figura 5.41. Histograma de brillo solar total mensual estación la Bolsa. | 71 |
| Figura 5.42. Histograma de brillo solar total multianual estación la Bolsa..... | 71 |
| Figura 5.43. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación la Bolsa..... | 72 |
| Figura 5.44. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación las Bolsa..... | 72 |
| Figura 5.45. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación Planta Wiesner. | 73 |
| Figura 5.46. Histograma de brillo solar total mensual estación Planta Wiesner. | 73 |
| Figura 5.47. Histograma de brillo solar total multianual estación Planta Wiesner..... | 74 |
| Figura 5.48. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Planta Wiesner..... | 74 |
| Figura 5.49. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Planta Wiesner..... | 75 |
| Figura 5.50. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral. | 75 |
| Figura 5.51. Histograma de brillo solar total mensual estación Aeropuerto Guaimaral. | 76 |
| Figura 5.52. Histograma de brillo solar total multianual estación Aeropuerto Guaimaral.. | 76 |
| Figura 5.53. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral. | 77 |
| Figura 5.54. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral. | 77 |
| Figura 5.55. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación la Bolsa. | 78 |
| Figura 5.56. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral. | 79 |
| Figura 5.57. Histograma temperatura media mensual estación La Bolsa..... | 80 |
| Figura 5.58. Histograma temperatura media multianual estación la Bolsa..... | 80 |
| Figura 5.59. Histograma temperatura media mensual estación Planta Wiesner. | 81 |
| Figura 5.60. Histograma temperatura media multianual estación Planta Wiesner..... | 81 |
| Figura 5.61. Histograma temperatura media mensual estación Aeropuerto Guaimaral. | 82 |
| Figura 5.62. Histograma temperatura media multianual estación Aeropuerto Guaimaral.. | 82 |
| Figura 5.63. Histograma temperatura mínima estación la Bolsa..... | 83 |
| Figura 5.64. Histograma temperatura mínima multianual estación la Bolsa..... | 83 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.65. Histograma temperatura mínima estación Aeropuerto Guaimaral. | 84 |
| Figura 5.66. Histograma temperatura mínima multianual estación Aeropuerto Guaimaral. | 84 |
| Figura 5.67. Histograma temperatura máxima estación la Bolsa. | 85 |
| Figura 5.68. Histograma temperatura máxima multianual estación la Bolsa. | 85 |
| Figura 5.69. Histograma temperatura máxima estación Aeropuerto Guaimaral. | 86 |
| Figura 5.70. Histograma temperatura máxima multianual estación Aeropuerto Guaimaral. | 86 |
| Figura 5.71. Histograma de precipitación mensual estación Santa Cruz de Siecha. | 87 |
| Figura 5.72. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Santa Cruz de Siecha. | 88 |
| Figura 5.73. Histograma de precipitación multianual estación Santa Cruz de Siecha. | 88 |
| Figura 5.74. Histograma de precipitación mensual estación San José. | 89 |
| Figura 5.75. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San José. | 90 |
| Figura 5.76. Histograma de precipitación multianual estación San José. | 90 |
| Figura 5.77. Histograma de precipitación mensual estación San Isidro. | 91 |
| Figura 5.78. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Isidro. | 92 |
| Figura 5.79. Histograma de precipitación multianual estación San Isidro. | 92 |
| Figura 5.80. Histograma de precipitación mensual estación Guasca. | 93 |
| Figura 5.81. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Guasca. | 93 |
| Figura 5.82. Histograma de precipitación multianual estación Guasca. | 94 |
| Figura 5.83. Histograma de precipitación mensual estación Potrero Largo. | 95 |
| Figura 5.84. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Potrero Largo. | 95 |
| Figura 5.85. Histograma de precipitación multianual estación Potrero Largo. | 96 |
| Figura 5.86. Histograma de precipitación mensual estación Guatavita. | 96 |
| Figura 5.87. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Guatavita. | 97 |
| Figura 5.88. Histograma de precipitación multianual estación Guatavita. | 98 |
| Figura 5.89. Histograma de precipitación mensual estación El Consuelo. | 98 |
| Figura 5.90. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación El Consuelo. | 99 |
| Figura 5.91. Histograma de precipitación multianual estación El Consuelo. | 100 |
| Figura 5.92. Histograma de evaporación total mensual estación Guatavita. | 100 |
| Figura 5.93. Histograma de evaporación total multianual estación Guatavita. | 101 |
| Figura 5.94. Histograma de evaporación total mensual estación La Iberia. | 101 |
| Figura 5.95. Histograma de evaporación total multianual estación La Iberia. | 102 |
| Figura 5.96. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación Guatavita. | 102 |
| Figura 5.97. Histograma de brillo solar total mensual estación Guatavita. | 103 |
| Figura 5.98. Histograma de brillo solar total multianual estación Guatavita. | 103 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.99. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Guatavita..... | 104 |
| Figura 5.100. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Guatavita..... | 104 |
| Figura 5.101. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación La Iberia..... | 105 |
| Figura 5.102. Histograma de brillo solar total mensual estación La Iberia. | 105 |
| Figura 5.103. Histograma de brillo solar total multianual estación La Iberia. | 106 |
| Figura 5.104. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Planta Wiesner..... | 106 |
| Figura 5.105. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Planta Wiesner..... | 107 |
| Figura 5.106. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación Guasca... 107 | |
| Figura 5.107. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación Guatavita. | 108 |
| Figura 5.108. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación la Iberia. . | 109 |
| Figura 5.109. Histograma temperatura media mensual estación Guasca. | 109 |
| Figura 5.110. Histograma temperatura media multianual estación Guasca. | 110 |
| Figura 5.111. Histograma temperatura media mensual estación Guatavita..... | 110 |
| Figura 5.112. Histograma temperatura media multianual estación Guatavita..... | 111 |
| Figura 5.113. Histograma temperatura media mensual estación la Iberia..... | 111 |
| Figura 5.114. Histograma temperatura media multianual estación la Iberia..... | 112 |
| Figura 5.115. Histograma temperatura mínima estación Guasca. | 112 |
| Figura 5.116. Histograma temperatura mínima multianual estación Guasca..... | 113 |
| Figura 5.117. Histograma temperatura mínima estación Guatavita..... | 113 |
| Figura 5.118. Histograma temperatura mínima multianual estación Guatavita. | 114 |
| Figura 5.119. Histograma temperatura mínima estación la Iberia..... | 114 |
| Figura 5.120. Histograma temperatura mínima multianual estación la Iberia. | 115 |
| Figura 5.121. Histograma temperatura máxima estación Guasca. | 115 |
| Figura 5.122. Histograma temperatura máxima multianual estación Guasca..... | 116 |
| Figura 5.123. Histograma temperatura máxima estación Guatavita..... | 116 |
| Figura 5.124. Histograma temperatura máxima multianual estación Guatavita..... | 117 |
| Figura 5.125. Histograma temperatura máxima estación la Iberia..... | 117 |
| Figura 5.126. Histograma temperatura máxima multianual estación la Iberia. | 118 |
| Figura 5.127. Histograma comparativo de precipitación mensual..... | 119 |
| Figura 5.128. Histograma comparativo de precipitación multianual..... | 119 |
| Figura 5.129. Histograma comparativo de precipitación mensual..... | 120 |
| Figura 5.130. Histograma comparativo de precipitación multianual..... | 120 |
| Figura 5.131. Histograma comparativo de precipitación mensual..... | 121 |
| Figura 5.132. Histograma comparativo de precipitación multianual..... | 122 |
| Figura 5.133. Histograma comparativo de precipitación mensual..... | 123 |
| Figura 5.134. Histograma comparativo de precipitación multianual..... | 123 |
| Figura 5.135. Histograma comparativo de precipitación mensual..... | 124 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.136. Histograma comparativo de precipitación multianual..... | 124 |
| Figura 5.137. Índice Oceánico el Niño (ONI). | 128 |
| Figura 5.138. Variabilidad Interanual estación San Luis..... | 129 |
| Figura 5.139. Anomalías mensuales estación San Luis. | 130 |
| Figura 5.140. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Luis. | 130 |
| Figura 5.141. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Luis..... | 131 |
| Figura 5.142. Variabilidad Interanual estación el Verjón..... | 132 |
| Figura 5.143. Anomalías mensuales estación el Verjón. | 132 |
| Figura 5.144. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación el Verjón. | 133 |
| Figura 5.145. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación el Verjón. | 134 |
| Figura 5.146. Variabilidad Interanual estación Santa Teresa. | 135 |
| Figura 5.147. Anomalías mensuales estación Santa Teresa..... | 135 |
| Figura 5.148. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Santa Teresa. | 136 |
| Figura 5.149. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Santa Teresa | 136 |
| Figura 5.150. Variabilidad Interanual estación San Rafael..... | 137 |
| Figura 5.151. Anomalías mensuales estación San Rafael. | 137 |
| Figura 5.152. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Rafael. | 138 |
| Figura 5.153. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Rafael. .. | 139 |
| Figura 5.154. Variabilidad Interanual estación Planta Wiesner. | 139 |
| Figura 5.155. Anomalías mensuales estación Planta Wiesner..... | 140 |
| Figura 5.156. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Planta Wiesner. | 140 |
| Figura 5.157. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Planta Wiesner. | 141 |
| Figura 5.158. Variabilidad Interanual estación Parque Sopó. | 141 |
| Figura 5.159. Anomalías mensuales estación Parque Sopó. | 142 |
| Figura 5.160. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Parque Sopó. | 142 |
| Figura 5.161. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Parque Sopó. | 143 |
| Figura 5.162. Variabilidad Interanual estación San Pedro. | 144 |
| Figura 5.163. Anomalías mensuales estación San Pedro. | 144 |
| Figura 5.164. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Pedro. | 145 |
| Figura 5.165. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Pedro. ... | 145 |
| Figura 5.166. Variabilidad Interanual estación Suasuque. | 146 |
| Figura 5.167. Anomalías mensuales estación Suasuque..... | 146 |
| Figura 5.168. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Suasuque. | 147 |
| Figura 5.169. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Suasuque. | 148 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.170. Variabilidad Interanual estación San José..... | 148 |
| Figura 5.171. Anomalías mensuales estación San José. | 149 |
| Figura 5.172. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San José. | 149 |
| Figura 5.173. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San José..... | 150 |
| Figura 5.174. Variabilidad Interanual estación San Isidro. | 151 |
| Figura 5.175. Anomalías mensuales estación San Isidro..... | 151 |
| Figura 5.176. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Isidro. | 152 |
| Figura 5.177. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Isidro. | 152 |
| Figura 5.178. Variabilidad Interanual estación Santa Cruz de Siecha. | 153 |
| Figura 5.179. Anomalías mensuales estación Santa Cruz de Siecha. | 153 |
| Figura 5.180. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Santa Cruz de Siecha..... | 154 |
| Figura 5.181. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Santa Cruz de Siecha. | 155 |
| Figura 5.182. Variabilidad Interanual estación Guasca..... | 156 |
| Figura 5.183. Anomalías mensuales estación Guasca..... | 156 |
| Figura 5.184. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Guasca. | 157 |
| Figura 5.185. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Guasca. | 157 |
| Figura 5.186. Variabilidad Interanual estación El Consuelo..... | 158 |
| Figura 5.187. Anomalías mensuales estación El Consuelo. | 158 |
| Figura 5.188. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación El Consuelo..... | 159 |
| Figura 5.189. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación El Consuelo.. | 159 |
| Figura 5.190. Variabilidad Interanual estación Guatavita. | 160 |
| Figura 5.191. Anomalías mensuales estación Guatavita..... | 161 |
| Figura 5.192. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Guatavita. | 161 |
| Figura 5.193. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Guatavita. | 162 |
| Figura 5.194. Variabilidad Interanual estación Potrero Largo..... | 163 |
| Figura 5.195. Anomalías mensuales estación Potrero Largo. | 163 |
| Figura 5.196. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Potrero Largo. | 164 |
| Figura 5.197. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Potrero Largo. | 164 |
| Figura 5.198. Estaciones evaluación espacial de precipitación y temperatura..... | 166 |
| Figura 5.199. Isoyetas anuales río Teusacá..... | 169 |
| Figura 5.200. Unidades Hidrográficas río Teusacá. | 171 |
| Figura 5.201. Mapas de isoyetas mensuales (enero – junio), U. H. Río Alto Teusacá..... | 173 |
| Figura 5.202. Mapas de isoyetas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Alto Teusacá. | 174 |
| Figura 5.203. Isotermas anuales río Teusacá. | 176 |
| Figura 5.204. Mapas de isotermas mensuales (enero - junio), U. H. Río Alto Teusacá... | 179 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.205. Mapas de isotermas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Alto Teusacá. | 180 |
| Figura 5.206. Isoyetas anuales subcuenca embalse Tominé. | 182 |
| Figura 5.207. Unidades hidrográficas río embalse Tominé. | 184 |
| Figura 5.208. Mapas de isoyetas mensuales (enero - junio), U. H. Río Chigüanos. | 186 |
| Figura 5.209. Mapas de isoyetas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Chigüanos. | 187 |
| Figura 5.210. Isotermas anuales subcuenca embalse Tominé. | 189 |
| Figura 5.211. Mapas de isoyetas mensuales (enero - junio), U. H. Río Chigüanos. | 191 |
| Figura 5.212. Mapas de isoyetas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Chigüanos. | 192 |
| Figura 5.213. Mapa de coberturas y obtención Kc Subcuenca río Teusacá. | 202 |
| Figura 5.214. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río alto Teusacá. | 206 |
| Figura 5.215. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada San Lorenzo. | 207 |
| Figura 5.216. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 208 |
| Figura 5.217. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada Aguas Claras. | 208 |
| Figura 5.218. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada el Asilo. | 209 |
| Figura 5.219. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río medio Teusacá. | 210 |
| Figura 5.220. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada Laureles. | 211 |
| Figura 5.221. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada el Chuscal. | 212 |
| Figura 5.222. Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río bajo Teusacá. | 212 |
| Figura 5.223. Mapa de coberturas y obtención Kc Subcuenca Embalse Tominé. | 217 |
| Figura 5.224. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río Chiguanos. | 221 |
| Figura 5.225. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río alto Siecha. | 222 |
| Figura 5.226. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río Chipatá. | 223 |
| Figura 5.227. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica quebrada Montoque. | 224 |
| Figura 5.228. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río bajo Siecha. | 225 |
| Figura 5.229. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río Chiquito. | 225 |
| Figura 5.230. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica quebrada Corales. | 226 |
| Figura 5.231. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río medio y bajo Aves. | 227 |
| Figura 5.232. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río alto Aves. | 228 |
| Figura 5.233. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica tributarios embalse Tominé. | 228 |
| Figura 5.234. Modelo climático de Caldas cuencas Teusacá y Tominé. | 231 |
| Figura 5.235. Modelo climático de Lang cuencas Teusacá y Tominé. | 233 |
| Figura 5.236. Modelo climático de Caldas - Lang cuencas Teusacá y Tominé. | 236 |
| Figura 5.237. Zonificación climática Caldas-Lang subcuenca río Teusacá. | 239 |
| Figura 5.238. Zonificación climática Caldas-Lang subcuenca embalse Tominé. | 242 |
| Figura 5.239. Índice de aridez por Unidad Hidrográfica subcuenca río Teusacá. | 245 |
| Figura 5.240. Índice de aridez por Unidad Hidrográfica subcuenca Embalse Tominé. | 247 |

Anexos

- **Anexo 5-1.** Información estadística y hoja de cálculo de parámetros climatológicos subcuencas río Teusacá y embalse Tominé.
- **Anexo 5-2.** Cálculo precipitación anual y media mensual por U.H. Subcuenca Río Teusacá.
- **Anexo 5-3.** Calculo temperatura anual y media mensual por U.H. Subcuenca Río Teusacá.
- **Anexo 5-4.** Cálculo precipitación anual y media mensual por U.H. Subcuenca Embalse Tominé
- **Anexo 5-5.** Calculo temperatura anual y media mensual por U.H. Subcuenca Embalse Tominé.
- **Anexo 5-6.** Tabla horas luz día – FAO
- **Anexo 5-7.** ETP, ETR, Balance hídrico Río Teusacá.
- **Anexo 5-8.** ETP, ETR, Balance hídrico Embalse Tominé.
- **Anexo 5-9.** Caldas Lang, Río Teusacá.
- **Anexo 5-10.** Caldas Lang, Embalse Tominé.
- **Anexo 5-11.** I A Río Teusacá.
- **Anexo 5-12.** I A Embalse Tominé.

5. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

Tanto la posición astronómica como la posición Altitudinal de la Sabana de Bogotá, son las encargadas de determinar un régimen de temperaturas isotérmico, con una temperatura media que puede variar entre los 13 y los 15°C. El régimen climático de la Sabana se caracteriza por tener un régimen bimodal de precipitación, con dos períodos de máximos valores, alternados con dos periodos de valores mínimos, debidos a los desplazamientos de la zona de confluencia intertropical.

Esta Zona de Confluencia Intertropical, se caracteriza porque en ella confluyen dos masas de aire con baja presión relativa, se sitúa de forma paralela al Ecuador, entre dos núcleos de alta presión atmosférica. Esta zona tiene un desplazamiento con respecto al Ecuador, siguiendo aparentemente el movimiento del sol, con un retraso de entre cinco y seis semanas y una amplitud latitudinal media, de aproximadamente 15° en América del Sur.

La diferencia de presiones existentes, entre la Zona de Confluencia Intertropical y los núcleos de altas presiones, generan movimientos del aire desde los Trópicos hacia el Ecuador, los cuales son desviados por el movimiento rotacional de la tierra y soplan finalmente desde el noreste en el sector ubicado en el norte y desde el sureste en el sur. Las áreas que no están, en un período dado, bajo la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical, se condicionan a los efectos de masas de aire, relativamente secas, subsidentes y estables, disfrutando en términos generales de buen tiempo, relativamente seco y soleado. Por el contrario, si están bajo la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical, el cielo es nuboso y se presentan abundantes lluvias; algunas veces se originan turbulencias dinámicas y/o térmicas que ocasionan proceso de fuerte convección (ascenso de aire), condensación de vapor de agua (al enfriarse por el ascenso) y precipitación.

Para Colombia, la Zona de Confluencia Intertropical, fluctúa, aproximadamente entre el 0 ° de latitud, posición en la que se encuentra en enero-febrero y el 10 ° de latitud norte, posición extrema que se puede alcanzar en julio-agosto. Este desplazamiento, ocasiona que, en la mayor parte de Colombia, se presente, durante el año, un doble máximo y un doble mínimo de precipitaciones y, por supuesto, también de los demás elementos meteorológicos, es decir la Zona de Confluencia Intertropical, pasa por el centro de Colombia dos veces al año: La primera vez entre abril y mayo, cuando se desplaza hacia el norte, generando el primer periodo lluvioso que va acompañado de un pequeño descenso de las temperaturas medias, con una disminución de las temperaturas máximas y un aumento de las mínimas.

La segunda vez, se da entre los meses de septiembre y octubre, al regresar de su posición norte más extrema, alcanzada en julio y agosto, y se dirige al sur, originando el segundo período lluvioso que es el más fuerte, acompañado del mismo fenómeno de las temperaturas que en la primera vez.

Complementando los fenómenos climáticos descritos anteriormente, también se presentan movimientos del aire, tanto en sentido horizontal como en sentido vertical, debidos a causas locales y a las condiciones del relieve, la vegetación, y la relación tierra-agua, que generan estabilidad o inestabilidad de la atmósfera, lo cual ocasiona, a su vez, precipitaciones que pueden ser escasas o muy abundantes, dependiendo de las condiciones dadas.

Todo lo anterior, se ve complementado por efectos de circulación locales, como las brisas que se presentan de montaña-valle y valle-montaña, o pendiente-arriba y pendiente-abajo, como también se les denomina, que se encargan de reforzar la influencia de los otros procesos o sistemas meteorológicos actuantes, determinando los períodos del día con mayores precipitaciones y coadyuvan a su producción, en épocas en las que los otros procesos o sistemas meteorológicos, no son totalmente condicionantes.

Como es sabido, en gran parte del país y especialmente en la Región Andina, se presentan temporadas húmedas y secas, alternadas durante el año, definiendo a los meses de enero, febrero, marzo y diciembre como los más secos, en tanto que los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre; en los demás meses, se presentan variaciones entre días con sol y días con lluvia; sin embargo, la regularidad de estos períodos, se ve afectada por los efectos de cambios climáticos en la Cuenca del Pacífico, denominados El Niño y La Niña¹.

En las zonas más orientales del área de estudio, hacia la Región de la Orinoquía colombiana, climatológicamente se puede clasificar como una región monomodal con temporada de lluvias, entre abril y noviembre que coincide con la presencia y ausencia de la ZCIT en su recorrido intertropical. La temporada seca se presenta en los meses de diciembre a abril. Los valores de precipitación anual son del orden de los 2800 mm, presentándose los mayores valores por el costado Sur y suroeste y menores hacia el norte y el noreste. El incremento diurno de la nubosidad en las horas de la tarde por efecto del calentamiento es típico sobre la zona tropical de Sur América (Dvorak & Smigielski, 1993) y especialmente en esta región del país, dando lugar a una más alta frecuencia de lluvias en el periodo de la tarde. En el corredor anexo al piedemonte la precipitación está influenciada por el comportamiento de la misma sobre la región andina, dándole una característica de bimodal, con las temporadas lluviosas de abril a mayo y de septiembre a octubre².

Las variaciones que presentan los diferentes sistemas de la circulación atmosférica tropical, en el espacio y en el tiempo, se traducen en impactos de diferentes magnitudes en el estado del tiempo, particularmente las variaciones intraestacionales repercuten a nivel de la escala sinóptica y pueden representar en muchos casos periodos cortos de lluvia. La circulación atmosférica y los grandes sistemas sinópticos a nivel mundial se mueven dentro de un

¹ <https://institutedeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0116-clima/index.htm>.

² Pacheco, Y., & G. León. 2001: Clasificación climática de la Orinoquia Colombiana a partir de los patrones de circulación atmosférica. Meteorol. Colomb. 4:117-120. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.

esquema termodinámico en el cual se registra la propagación y difusión de las propiedades características de la atmósfera, tanto espacial como temporalmente, con la tendencia hacia un balance energético integrado a través de la atmósfera. En especial, como resultado de ello sobre nuestras latitudes, aparecen las circulaciones confluyentes frecuentemente concentradoras de masa de aire, las cuales de manera destacada se constituyen en reguladoras del tiempo y el clima en nuestro país. El reconocimiento de la influencia que tienen esos grandes sistemas atmosféricos, entre los cuales se destacan el definido por el flujo de los vientos Alisios y la Zona de Confluencia Intertropical, como consecuencia de su recorrido a través de nuestras regiones, pueden ser apreciados a través de sistemas manejadores y convertidores de información espacial y temporal procedente de diversas fuentes tal como ocurre con el uso de la aplicación CLSINOP implementada en el Servicio de Información Ambiental del IDEAM.

La CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA EN LOS TRÓPICOS: Entre los rasgos principales de la circulación general se evidencia que las ramas de la corriente de convección que van del Ecuador a las latitudes de 30 grados no siguen los meridianos. Cerca de la superficie del globo, en la zona tropical, se tienen vientos del Noreste y del Sureste, denominados Alisios, como consecuencia de la fuerza de Coriolis. La convergencia de estos vientos hacia el Ecuador obliga al aire cálido ecuatorial a elevarse

En la alta tropósfera, ese aire se aleja del Ecuador bajo la forma de una corriente de retorno y de nuevo la fuerza de Coriolis interviene provocando una desviación de esta corriente. En el hemisferio norte, la dirección de esa corriente se orienta progresivamente hacia el Noreste; en el hemisferio sur se orienta al Sureste. Estos vientos de retorno se denominan Contralisios.

En la circulación zonal sobre el trópico se destacan tres zonas de convección y lluvia localizadas, la primera sobre la región del Congo en África, la segunda sobre la Amazonía y la tercera sobre el Sudeste Asiático donde también se encuentran las aguas oceánicas más cálidas.

El aire seco desciende lentamente desde la alta tropósfera sobre las aguas frescas del Pacífico Oriental, fluye luego hacia el Oeste a lo largo del Ecuador como parte del sistema de vientos Alisios del sudeste, llevado por la acción de la alta presión subtropical en el Este y la baja en el Oeste.

Los VIENTOS ALISIOS soplan en casi todas las regiones tropicales que se extienden entre los cinturones de altas presiones subtropicales y las bajas presiones ecuatoriales. En el hemisferio norte, el aire que se dirige hacia el Ecuador es desviado hacia la derecha por la fuerza de Coriolis y forma los Alisios del Noreste.

De la misma manera, en el hemisferio sur, la desviación hacia la izquierda origina los Alisios del Sureste

Los vientos Alisios pueden variar de dirección por efectos locales de topografía y rozamiento. Sin embargo, los Alisios son conocidos por su persistencia y su regularidad. Sobre los océanos, se caracterizan por la presencia de cúmulus cuya base está alrededor de un kilómetro y su cima hacia los dos kilómetros de altura.

Cuando el aire se acerca al Ecuador, los vientos Alisios del Noreste y Sureste convergen sobre una estrecha zona a lo largo de él, esta zona es denominada Zona de Confluencia Intertropical, y en ella la inversión se debilita y el aire se eleva. El desarrollo vertical de las nubes aumenta y la inestabilidad se extiende a mayores altitudes. Las precipitaciones se hacen más fuertes y más frecuentes.

El esquema de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) está definido como una estrecha banda zonal de vigorosa convección, que se manifiesta por el desarrollo de cúmulus, ampliamente confirmado mediante el uso de las imágenes de satélite, y señala la convergencia entre el aire de los hemisferios norte y sur. En la ZCIT los vientos Alisios del Noreste que se originan como un flujo alrededor de las altas presiones del Atlántico Norte se reúnen con los vientos alisios del Sureste generados como un flujo alrededor de las altas del Pacífico Sur y Atlántico Sur. El flujo proveniente de las altas del Pacífico Sur rutinariamente cruza el ecuador y se curva hacia el Oriente, en tales casos se conocen como los suroestes u oestees ecuatoriales. La penetración de este aire depende de la época del año y de la localización de las altas del Pacífico Sur. Debido al flujo convergente, la ZCIT es la zona de máxima nubosidad y lluvia.

La Zona de Confluencia Intertropical se mueve latitudinalmente, siguiendo el desplazamiento aparente del sol con respecto a la Tierra, con un retraso aproximado de dos meses. Sobre Colombia y áreas vecinas, el segmento del océano Pacífico oriental alcanza su posición extrema meridional en los 2 grados de latitud norte entre enero y febrero, mientras que en diciembre está un poco más al norte, pero esta posición extrema puede alcanzar los 5 grados de latitud sur durante eventos El Niño-Oscilación del Sur; el segmento continental aparece fraccionado e independiente del anterior y se ubica entre los 5 y 10 grados de latitud sur.

Entre marzo y mayo el segmento del Pacífico se mueve hacia el norte y su posición cerca de la costa está entre 2 y 7 grados de latitud norte; la rama continental se conecta entre marzo y abril con el segmento del océano Atlántico formando un solo sistema que se ubica entre los 5 grados de latitud sur y 1 grado de latitud norte al Oriente del país; estos dos segmentos se unen a través de conglomerados convectivos no muy bien organizados sobre la región Andina. Entre junio y agosto el segmento del Pacífico, al inicio del período se localiza en los 8 grados de latitud norte y al final del período en los 10 grados de latitud norte, penetrando a la región Caribe; el segmento continental presenta una inclinación Suroeste-Noreste sobre el Oriente del territorio nacional, desplazándose también hacia el norte y pasando del Ecuador a los 8 grados de latitud norte. Entre septiembre y noviembre el segmento del Pacífico comienza su desplazamiento hacia el sur y se registran posiciones desde 11 a 7 grados de latitud norte; la rama continental también inicia su recorrido hacia el sur, moviéndose de los 8 grados de latitud norte al Ecuador sobre la Orinoquia y

Amazonía, perdiendo lentamente la inclinación hasta casi coincidir con las líneas de los paralelos; en este caso también los dos segmentos de la ZCIT se conectan por medio de conglomerados convectivos. A su paso por las distintas regiones la ZCIT va determinando las temporadas lluviosas en Colombia³.

5.1 Análisis de Información de Estaciones de Monitoreo

Dentro del marco de la fase de Diagnóstico, y con el fin de conocer la información de monitoreo existente, que permita caracterizar las cuencas del río Teusacá y del Embalse de Tominé, es necesario identificar las estaciones hidrometeorológicas existentes en la zona de estudio, por ello se realizó el levantamiento e inventario en las diferentes entidades que vienen realizando seguimiento, a partir de la operación de redes de monitoreo y medición de variables climatológicas,

5.1.1 Estaciones Hidroclimatológicas

En primera instancia, se consultó con CORPOGUAVIO y la CAR, quienes aportaron la información histórica, paso seguido, se requirió información en entidades públicas como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, la Empresa de Acueducto, Agua y Alcantarillado de Bogotá EEAB y la Empresa Generadora y Comercializadora de Energía EMGESA.

A continuación, en la Tabla 5.1 se relacionan las 41 estaciones existentes en las cuencas del río Teusacá, Embalse de Tominé y sus alrededores, de las cuales, producto de la evaluación de consistencia, confiabilidad y extensión de series, se seleccionaron aquellas que serán utilizadas en los análisis y evaluaciones propias del Diagnóstico, como se explicará más adelante. Ver Mapa 5 y 6 en carpeta de Cartografía, Figura 5.1, Localización de estaciones Hidrometeorológicas.

Tabla 5.1. Estaciones hidroclimatológicas identificadas y consultadas.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | Coordenada X | Coordenada Y | ALTURA | MUNICIPIO | CUENCA O |
|---------|-----------------|---------|------|--------------|--------------|--------|-----------|-------------|
| 2120186 | LA MARÍA | CAR | PG | 1027724,381 | 1031615,539 | 2828 | GUASCA | R. AVES |
| 2120195 | MONTECILLOS | CAR | PG | 1028105,098 | 1035160,495 | 2793 | GUATAVITA | R. AVES |
| 2120103 | SANTA TERESA | CAR | PG | 1016241,337 | 1016533,011 | 2992 | LA CALERA | R. TEUSACA |
| 2120134 | PARQUE SOPÓ | CAR | PG | 1010592,72 | 1037650,18 | 2576 | SOPÓ | R. TEUSACA |
| 2120187 | BOMBAS SESQUILÉ | CAR | PG | 1029694,55 | 1051112,839 | 2600 | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 2120112 | LA CASITA | CAR | PM | 1000749,843 | 1004434,889 | 3094 | LA CALERA | R. TEUSACA |
| 2120077 | TORCA | CAR | PM | 1002737,493 | 1014141,547 | 2572 | GUATAVITA | R. BOGOTÁ |
| 2120080 | SAN JOSÉ | CAR | PM | 1019181,443 | 1028052,705 | 2673 | GUASCA | EMB. TOMINÉ |
| 2120096 | EL CONSUELO | CAR | PM | 1032886,029 | 1043643,642 | 2934 | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | 1023554,741 | 1034544,56 | 2659 | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |

³ Leon G, J. Zea, J. Eslava. (2000): Circulación general del trópico y la Zona de Confluencia Intertropical en Colombia. Meteorol. Colomb. 1:31-38. ISSN 0124-6984. Santa Fe de Bogotá, D.C. – Colombia.



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA DEL EMBALSE DE TOMINÉ DEL CUAL HACEN PARTE LOS RÍOS SIECHA –
AVES Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS, Y DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEUSACÁ Y
PRINCIPALES TRIBUTARIOS EN LAS JURISDICCIONES DE LA CAR Y CORPOGUAVIO LAS
CUALES PERTENECEN A LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ



| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | Coordenada X | Coordenada Y | ALTURA | MUNICIPIO | CUENCA O |
|----------|-----------------------|---------|------|--------------|--------------|--------|-----------|-------------|
| 2120548 | LA IBERIA | CAR | CP | 1039167,726 | 1048752,076 | 2724 | CHOCONTÁ | EMB SISGA |
| 2120133 | EL OKAL | CAR | PG | 1038544,674 | 1044472,723 | 2853 | SESQUILÉ | EMB SISGA |
| 2120194 | EL CHOCHÉ | CAR | PM | 1027114,884 | 1034507,881 | 2730 | GUATAVITA | R AVES |
| 2120104 | TOCANCIPÁ | CAR | PM | 1017181,71 | 1041448,101 | 2580 | TOCANCIPÁ | R BOGOTÁ |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CAR | CP | 1002666,355 | 1021541,318 | 2573 | BOGOTÁ | R BOGOTÁ |
| 2120176 | SANTA ISABEL | CAR | PM | 1000968,181 | 1043178,556 | 2730 | TABIO | R FRIO |
| 2120690 | UNIV. NUEVA GRANADA | CAR | CP | 1005881,877 | 1041096,146 | 2585 | CAJICÁ | R MAGDALENA |
| 2120159 | ALCO | CAR | PG | 1007733,36 | 1041096,317 | 2593 | CAJICÁ | R BOGOTÁ |
| 35020330 | LA BOLSA | IDEAM | PM | 1010662,972 | 997702,4177 | 3195 | CHOACHÍ | |
| 35025060 | LA BOLSA | IDEAM | CO | 1010662,972 | 997702,4177 | 3195 | CHOACHÍ | |
| 35065010 | GACHETÁ | IDEAM | CO | 1047813,838 | 1025912,122 | 1752 | GACHETÁ | |
| 21200780 | POTRERO LARGO | IDEAM | PM | 1032944,532 | 1036833,533 | 2780 | GUATAVITA | R BOGOTÁ |
| 21201610 | SAN ISIDRO | IDEAM | PM | 1019956,96 | 1029116,42 | 2698 | GUASCA | R BOGOTÁ |
| 21201250 | SAN PEDRO | IDEAM | PM | 1012294,521 | 1030459,503 | 2560 | SOPÓ | R TEUSACA |
| 21201220 | STA CRUZ DE SIECHA | IDEAM | PM | 1022930,413 | 1020801,364 | 3100 | GUASCA | |
| 3506160 | POTRERITOS | IDEAM | PM | 1034191,212 | 1025729,63 | 2802 | GUATAVITA | |
| 35060200 | EL AMOLADERO | IDEAM | PM | 1036839,597 | 1028956,245 | 2963 | GUATAVITA | |
| 21201990 | TEUSACÁ | EAAB | PM | 1014147,719 | 1005950,514 | 2750 | LA CALERA | |
| 21202000 | SIMAYÁ | EAAB | PM | 1020731,191 | 1013036,779 | 2780 | LA CALERA | |
| 35060400 | BARAJAS | EAAB | PM | 1038186,498 | 1009644,657 | 3500 | JUNÍN | |
| 35060410 | LA CASCADA | EAAB | PM | 1032638,898 | 1009642,134 | 2220 | JUNÍN | |
| 35060420 | PEÑA CUADRADA | EAAB | PM | 1030786,027 | 1018856,639 | 2200 | JUNÍN | |
| 35060430 | SAN SALVADOR | EAAB | PM | 1036333,83 | 1017016,01 | 2200 | JUNÍN | |
| 35060440 | ARRAYANES | EAAB | PM | 1041881,924 | 1015175,766 | 2900 | JUNÍN | |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | EAAB | PG | 1004901,53 | 1004106,365 | 3000 | BOGOTÁ | |
| 21200240 | EL VERJÓN | EAAB | PM | 1006107,233 | 996199,652 | 3250 | BOGOTÁ | TEUSACÁ |
| 21200500 | LA CABAÑA | EAAB | PM | 1012296 | 1020694 | 2600 | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 20200110 | SAN RAFAEL 1 | EAAB | PM | 1010448,454 | 1011479,024 | 2750 | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205920 | SUASUQUE | IDEAM | MET | 1012603,574 | 1024841,353 | 2555 | SOPÓ | TEUSACÁ |
| 21205990 | EL LLANO | IDEAM | MET | 1014142,012 | 1036667,817 | 2560 | SOPÓ | TEUSACÁ |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | EAAB | CO | 1009007,096 | 1010510,237 | 2795 | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | 1023232,225 | 1031386,697 | 2750 | Guasca | |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA DEL EMBALSE DE TOMINÉ DEL CUAL HACEN PARTE LOS RÍOS SIECHA –
AVES Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS, Y DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEUSACÁ Y
PRINCIPALES TRIBUTARIOS EN LAS JURISDICCIONES DE LA CAR Y CORPOGUAVIO LAS
CUALES PERTENECEN A LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ

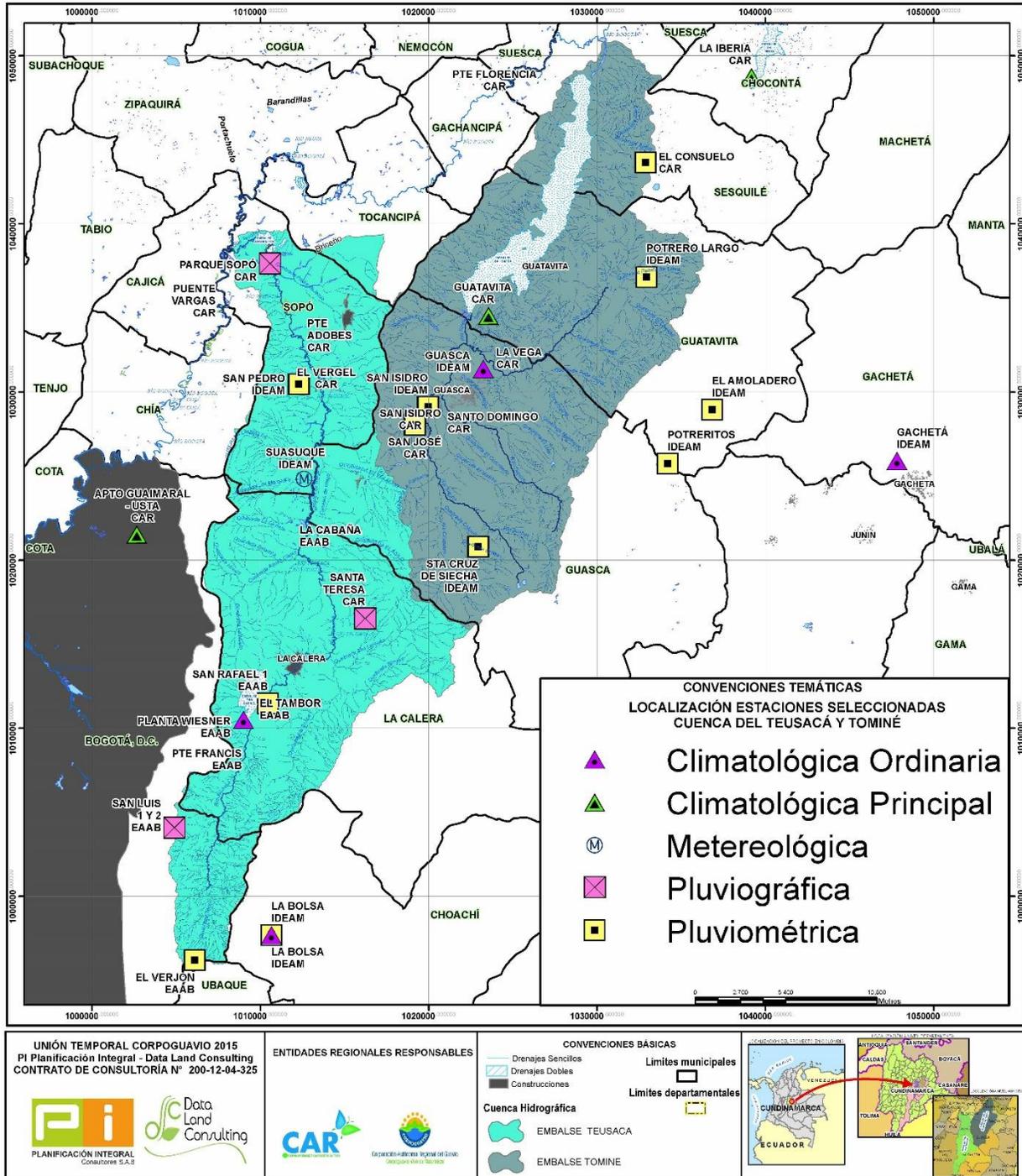


Figura 5.1. Estaciones de monitoreo hidroclimáticas consideradas Cuenca río Teusacá- Embalse de Tominé.

Fuente: Unión Temporal CorpoGUAVIO 2015.

5.1.2 Estaciones Hidroclimatológicas Río Teusacá Y Embalse De Tominé

A continuación, se presentan las estaciones localizadas en cada una de las cuencas, cuya información de series aparece en el Anexo 1.

- Río Teusacá

En la Figura 5.2 y Tabla 5.2 se presenta la localización y listado de las estaciones ubicadas en la cuenca del río Teusacá.

Tabla 5.2. Estaciones hidroclimáticas identificadas y consultadas cuenca río Teusacá.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | Coordenada X | Coordenada Y | ALTURA | MUNICIPIO | CUENCA O |
|----------|-----------------------|---------|------|--------------|--------------|--------|-----------|-------------|
| 2120103 | SANTA TERESA | CAR | PG | 1016241,337 | 1016533,011 | 2992 | LA CALERA | R. TEUSACA |
| 2120134 | PARQUE SOPÓ | CAR | PG | 1010592,72 | 1037650,18 | 2576 | SOPÓ | R. TEUSACA |
| 2120112 | LA CASITA | CAR | PM | 1000749,843 | 1004434,889 | 3094 | LA CALERA | R. TEUSACA |
| 2120077 | TORCA | CAR | PM | 1002737,493 | 1014141,547 | 2572 | GUATAVITA | R. BOGOTÁ |
| 2120104 | TOCANCIPÁ | CAR | PM | 1017181,71 | 1041448,101 | 2580 | TOCANCIPÁ | R BOGOTÁ |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CAR | CP | 1002666,355 | 1021541,318 | 2573 | BOGOTÁ | R BOGOTÁ |
| 2120690 | UNIV. NUEVA GRANADA | CAR | CP | 1005881,877 | 1041096,146 | 2585 | CAJICÁ | R MAGDALENA |
| 2120159 | ALCO | CAR | PG | 1007733,36 | 1041096,317 | 2593 | CAJICÁ | R BOGOTÁ |
| 35020330 | LA BOLSA | IDEAM | PM | 1010662,972 | 997702,4177 | 3195 | CHOACHÍ | |
| 35025060 | LA BOLSA | IDEAM | CO | 1010662,972 | 997702,4177 | 3195 | CHOACHÍ | |
| 21201250 | SAN PEDRO | IDEAM | PM | 1012294,521 | 1030459,503 | 2560 | SOPÓ | R TEUSACA |
| 21201990 | TEUSACÁ | EAAB | PM | 1014147,719 | 1005950,514 | 2750 | LA CALERA | |
| 21202000 | SIMAYÁ | EAAB | PM | 1020731,191 | 1013036,779 | 2780 | LA CALERA | |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | EAAB | PG | 1004901,53 | 1004106,365 | 3000 | BOGOTÁ | |
| 21200240 | EL VERJON | EAAB | PM | 1006107,233 | 996199,652 | 3250 | BOGOTÁ | TEUSACÁ |
| 21200500 | LA CABAÑA | EAAB | PM | 1012296 | 1020694 | 2600 | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 20200110 | SAN RAFAEL 1 | EAAB | PM | 1010448,454 | 1011479,024 | 2750 | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205920 | SUASUQUE | IDEAM | MET | 1012603,574 | 1024841,353 | 2555 | SOPÓ | TEUSACÁ |
| 21205990 | EL LLANO | IDEAM | MET | 1014142,012 | 1036667,817 | 2560 | SOPÓ | TEUSACÁ |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | EAAB | CO | 1009007,096 | 1010510,237 | 2795 | LA CALERA | TEUSACÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA DEL EMBALSE DE TOMINÉ DEL CUAL HACEN PARTE LOS RÍOS SIECHA –
AVES Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS, Y DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEUSACÁ Y
PRINCIPALES TRIBUTARIOS EN LAS JURISDICCIONES DE LA CAR Y CORPOGUAIVIO LAS
CUALES PERTENECEN A LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ

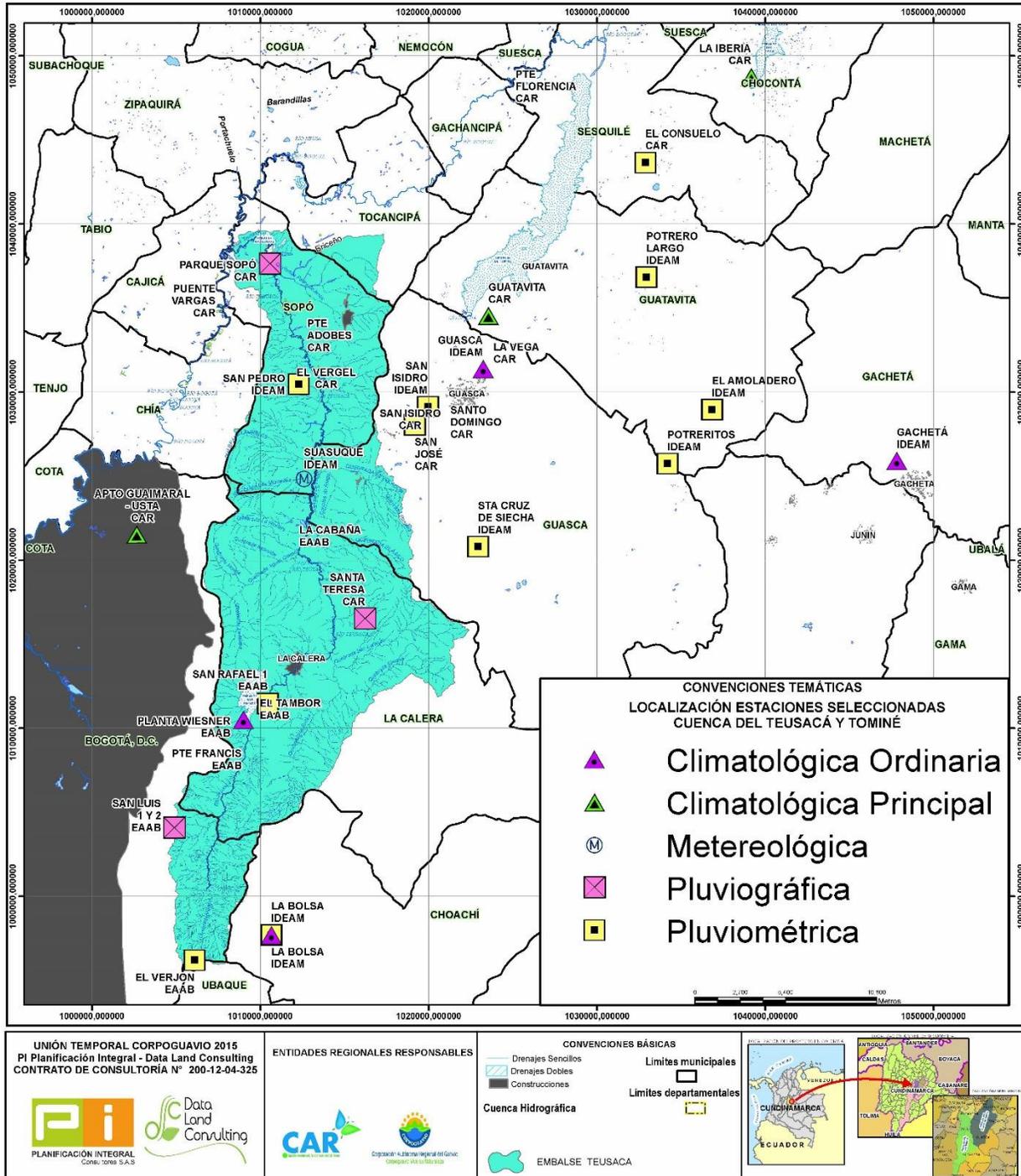


Figura 5.2. Estaciones de monitoreo hidroclimáticas consideradas Cuenca río Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Embalse de Tominé

En la Figura 5.3 y Tabla 5.3 se presenta la localización y listado de las estaciones ubicadas en la cuenca del Embalse de Tominé

Tabla 5.3. Estaciones hidroclimáticas identificadas y consultadas cuenca del embalse de Tominé

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | Coordenada X | Coordenada Y | ALTURA | MUNICIPIO | CUENCA |
|----------|--------------------|---------|------|--------------|--------------|--------|-----------|-------------|
| 2120186 | LA MARÍA | CAR | PG | 1027724,381 | 1031615,539 | 2828 | GUASCA | R. AVES |
| 2120195 | MONTECILLOS | CAR | PG | 1028105,098 | 1035160,495 | 2793 | GUATAVITA | R. AVES |
| 2120187 | BOMBAS SESQUILÉ | CAR | PG | 1029694,55 | 1051112,839 | 2600 | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 2120080 | SAN JOSÉ | CAR | PM | 1019181,443 | 1028052,705 | 2673 | GUASCA | EMB. TOMINÉ |
| 2120096 | EL CONSUELO | CAR | PM | 1032886,029 | 1043643,642 | 2934 | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | 1023554,741 | 1034544,56 | 2659 | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |
| 2120548 | LA IBERIA | CAR | CP | 1039167,726 | 1048752,076 | 2724 | CHOCONTÁ | EMB SISGA |
| 2120133 | EL OKAL | CAR | PG | 1038544,674 | 1044472,723 | 2853 | SESQUILÉ | EMB SISGA |
| 2120194 | EL CHOCHÉ | CAR | PM | 1027114,884 | 1034507,881 | 2730 | GUATAVITA | R AVES |
| 2120104 | TOCANCIPÁ | CAR | PM | 1017181,71 | 1041448,101 | 2580 | TOCANCIPÁ | R BOGOTÁ |
| 35065010 | GACHETÁ | IDEAM | CO | 1047813,838 | 1025912,122 | 1752 | GACHETÁ | |
| 21200780 | POTRERO LARGO | IDEAM | PM | 1032944,532 | 1036833,533 | 2780 | GUATAVITA | R BOGOTÁ |
| 21201610 | SAN ISIDRO | IDEAM | PM | 1019956,96 | 1029116,42 | 2698 | GUASCA | R BOGOTÁ |
| 21201220 | STA CRUZ DE SIECHA | IDEAM | PM | 1022930,413 | 1020801,364 | 3100 | GUASCA | |
| 3506160 | POTRERITOS | IDEAM | PM | 1034191,212 | 1025729,63 | 2802 | GUATAVITA | |
| 35060200 | EL AMOLADERO | IDEAM | PM | 1036839,597 | 1028956,245 | 2963 | GUATAVITA | |
| 35060400 | BARAJAS | EAAB | PM | 1038186,498 | 1009644,657 | 3500 | JUNÍN | |
| 35060410 | LA CASCADA | EAAB | PM | 1032638,898 | 1009642,134 | 2220 | JUNÍN | |
| 35060420 | PEÑA CUADRADA | EAAB | PM | 1030786,027 | 1018856,639 | 2200 | JUNÍN | |
| 35060430 | SAN SALVADOR | EAAB | PM | 1036333,83 | 1017016,01 | 2200 | JUNÍN | |
| 35060440 | ARAYANES | EAAB | PM | 1041881,924 | 1015175,766 | 2900 | JUNÍN | |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | 1023232,225 | 1031386,697 | 2750 | Guasca | |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

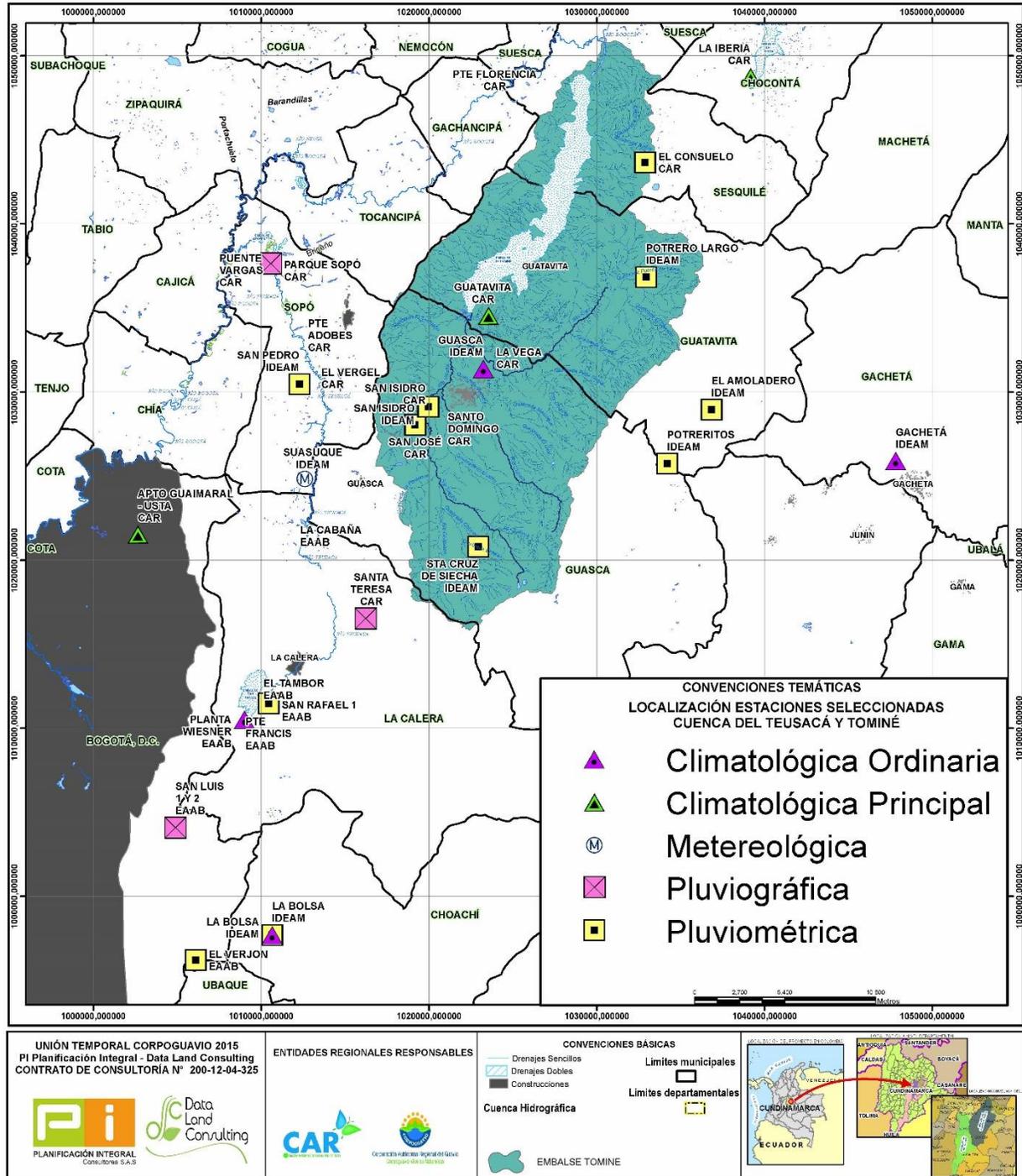


Figura 5.3. Estaciones de monitoreo hidroclimáticas subcuena embalse de Tominé.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.1.3 Análisis De Consistencia De La Información Climatológica

En el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico se pretende analizar las series hidrológicas, hidrométricas y climatológicas de datos obtenidas en estaciones hidrometeorológicas, que están distribuidas en el área de estudio y con un espacio temporal definido. La red hidrometeorológica del proyecto está determinada por la búsqueda y solicitud de información validada por entidades competentes que cuenten con un respaldo en la confiabilidad y en la calidad de información obtenida. En donde se pueda verificar los puntos de medición, la calidad instrumental, protocolos, estándar de la medición, frecuencia de muestreo, equipo técnico y administrativo en el tratamiento de datos, de esta forma, se garantiza la fiabilidad de los registros de la información hidrometeorológica.

En el desarrollo del inventario de información, se efectuó primero una pesquisa bibliográfica en estudios del recurso hídrico en las cuencas, en donde se recopila cada estación mencionada, con este resumen se realizó una serie de gestiones, para la selección y búsqueda de las estaciones hidrometeorológicas, las entidades que poseen estaciones en el área de estudio en su mayoría corresponden a: la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAAB, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM y Corporación Autónoma del Guavio-CORPOGUAVIO.

La información entregada cuenta con estaciones climatológicas actualizadas a la fecha, que garantizaría una descripción específica del recurso hídrico y de la zona de estudio, a partir de estaciones, pluviométricas, pluviográficas, climatológicas ordinarias, climatológicas principales.

En la Tabla 5.1 se presentan las estaciones hidroclimáticas encontradas en el área de estudio, en donde se indica: el tipo de estación, localización, corriente, entidad código y altitud.

En la Tabla 5.4 se presenta el periodo de registro de cada estación identificada, con información del número de meses completos que pueden garantizar que su utilización es confiable, siendo esto, unos de los principales criterios para incluir en la evaluación hidroclimatológico dicha información, como lo veremos más adelante.

Tabla 5.4. Resumen del período de tiempo registro de información estaciones hidrometeorológicas (# de meses completos).

| CÓDIGO | ESTACIÓN | TIPO | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | | |
|----------|-----------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2120186 | LA MARÍA | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120195 | MONTECILLOS | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120103 | SANTA TERESA | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 9 | 12 | x | x | x | x | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120134 | PARQUE SOPÓ | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 12 | 10 | x | x | x | x | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120187 | BOMBAS SESQUILÉ | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | | |
| 2120112 | LA CASITA | PM | | | | | | | | | | | | | | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | x | x | 12 | x | x | x | x | x | x | x | x | 12 | | |
| 2120077 | TORCA | PM | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | 12 | 12 | 11 | x | x | x | x | x | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120080 | SAN JOSÉ | PM | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | 12 | 11 | 10 | x | x | x | x | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120096 | EL CONSUELO | PM | | | | | | | | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | 12 | 12 | 12 | x | x | x | x | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120562 | GUATAVITA | CP | | | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120548 | LA IBERIA | CP | | | | | | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120133 | EL OKAL | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 11 | 12 | x | x | x | x | 12 | 12 | x | x | 12 | | |
| 2120194 | EL CHOCHÉ | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120104 | TOCANCIPÁ | PM | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | x | x | x | 12 | 12 | x | x | 5 | | |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CP | | | | | | 4 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | x | x | 12 | | | |
| 2120176 | SANTA ISABEL | PM | | | | | | | | | | 11 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 9 | 10 | x | 11 | 8 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 11 | | |
| 2120690 | UNIV. NUEVA GRANADA | CP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120159 | ALCO | PG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 3 | x | 11 | | |
| 35020330 | LA BOLSA | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35025060 | LA BOLSA | CO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 35065010 | GACHETÁ | CO | | | 12 | x | 11 | 12 | x | x | x | x | x | x | 4 | 12 | 12 | 12 | 12 | 2 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 11 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |
| 21200780 | POTRERO LARGO | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | | |
| 21201610 | SAN ISIDRO | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |
| 21201250 | SAN PEDRO | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |
| 21201220 | STA CRUZ DE SIECHA | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |
| 3506160 | POTRERITOS | PM | | | | | | | | | | | | | 4 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |

| CÓDIGO | ESTACIÓN | TIPO | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 |
|----------|----------------|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 35060200 | EL AMOLADERO | PM | | | | | | | | | | | | | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | |
| 21201990 | TEUSACÁ | PM | LA EAAB INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21202000 | SIMAYÁ | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35060400 | BARAJAS | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 12 | 10 | 12 | 9 | 12 | 12 | 8 | 7 | 10 | |
| 35060410 | LA CASCADA | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 12 | 11 | 10 | 1 | 1 | x | 9 | 11 | 8 | |
| 35060420 | PEÑA CUADRADA | PM | LA EAAB INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35060430 | SAN SALVADOR | PM | LA EAAB INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35060440 | ARAYANES | PM | LA EAAB INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | PG | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | 12 | 12 | 12 | |
| 21200240 | EL VERJON | PM | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | x | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 21200500 | LA CABAÑA | PM | LA EAAB INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20200110 | SAN RAFAEL 1 | PM | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 21205920 | SUASUQUE | MET | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 2 | 12 | 12 | |
| 21205990 | EL LLANO | MET | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | CO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 12 | 12 | 12 | 12 | |
| 21205700 | GUASCA | CO | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Tabla 5.5. Resumen del período de tiempo registro de información estaciones hidrometeorológicas (# de meses completos).

| CÓDIGO | ESTACIÓN | TIPO | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|-----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2120186 | MARIA LA | PG | | 8 | 11 | 11 | 2 | 12 | 10 | 12 | 6 | x | 3 | 10 | x | 5 | 7 | 9 | 10 | 4 | 12 | 11 | 11 | 7 | 6 | x |
| 2120195 | MONTECILLOS | PG | | | | | 3 | 4 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 10 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | |
| 2120103 | SANTA TERESA | PG | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | |
| 2120134 | PARQUE SOPÓ | PG | 11 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | x | x | 8 | 12 | 4 | 2 | 11 | 7 | 5 | 10 | 9 | x |
| 2120187 | BOMBAS SESQUILÉ | PG | 12 | 12 | 12 | 12 | 7 | 11 | 12 | 12 | 10 | 8 | 6 | 2 | x | x | 4 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 10 |
| 2120112 | CASITA LA | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | |
| 2120077 | TORCA | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 6 | x | 11 | 11 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | |

| CÓDIGO | ESTACIÓN | TIPO | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----------|-----------------------|------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2120080 | SAN JOSÉ | PM | 12 | 12 | 8 | 12 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 |
| 2120096 | CONSUELO EL | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 11 | 12 | 12 | 9 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| 2120562 | GUATAVITA | CP | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 9 | 6 | 12 | 9 | 8 | 11 | 7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| 2120133 | OKAL EL | PG | 12 | 10 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 |
| 2120194 | EL CHOCHÉ | PM | | | | | 9 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 3 | | | | | | | |
| 2120104 | TOCANCIPÁ | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CP | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 8 | 1 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| 2120176 | SANTA ISABEL | PM | 12 | 9 | 12 | 12 | 7 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 10 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 14 | 10 |
| 2120690 | UNIV. NUEVA GRANADA | CP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 4 | 11 | 12 | 11 | 12 |
| 2120159 | ALCO | PG | 12 | 12 | 12 | 12 | 7 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 11 | x | x | 12 | 8 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 | x | 6 |
| 35020330 | BOLSA LA | PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35025060 | BOLSA LA | CO | 11 | 3 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 8 | x | x |
| 35065010 | GACHETÁ | CO | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | x | 8 | 12 | x | |
| 21200780 | POTRERO LARGO | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 |
| 21201610 | SAN ISIDRO | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| 21201250 | SAN PEDRO | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 8 | 1 | 6 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 4 | x | x | x |
| 21201220 | STA CRUZ DE SIECHA | PM | 12 | 12 | 9 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 10 | 10 | 12 | 12 | 11 | 12 | 4 |
| 3506160 | POTRERITOS | PM | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 11 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 1 |
| 35060200 | AMOLADERO EL | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 8 |
| 21201990 | TEUSACÁ | PM | LA EAAB INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21202000 | SIMAYÁ | PM | | | | | | 10 | 11 | 10 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 9 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 9 | 12 | 10 |
| 35060400 | BARAJAS | PM | 12 | 12 | 9 | 11 | 5 | 3 | 10 | 11 | 5 | 4 | 8 | 7 | 7 | 12 | 5 | 7 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 5 | 11 |
| 35060410 | LA CASCADA | PM | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 5 | 9 | 7 | 5 | 10 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 9 | 12 | 12 | 12 |
| 35060420 | PEÑA CUADRADA | PM | LA EAAB NOS INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35060430 | SAN SALVADOR | PM | LA EAAB NOS INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35060440 | ARAYANES | PM | LA EAAB NOS INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | PG | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 |

| CÓDIGO | ESTACIÓN | TIPO | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----------|----------------|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 21200240 | EL VERJON | PM | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 21200500 | LA CABAÑA | PM | LA EAAB NOS INDICA QUE NO EXISTE INFORMACIÓN DE ESTA ESTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20200110 | SAN RAFAEL 1 | PM | 9 | 10 | 12 | 12 | 12 | 6 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 |
| 21205920 | SUASUQUE | MET | 9 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 6 | 6 | 12 | 7 | 10 | x |
| 21205990 | EL LLANO | MET | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | CO | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 21205700 | GUASCA | CO | 11 | 8 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 10 | 12 | 12 | 11 | 12 | 11 | 12 | 7 | 12 | 12 | 10 | 11 | 12 | 6 | 12 | 12 | 4 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Antes de iniciar el análisis hidroclimatológico de cada una de cuencas de ordenamiento, se ejecutó primero una evaluación inicial para precisar las estaciones definitivas, esta evaluación se resume utilizando tres criterios iniciales: primero es la cantidad de información, segundo es la clasificación según el parámetro, ya sea precipitación o temperatura, en el cual se evalúa la calidad y cantidad de años con información disponible, con este criterio de categorización se evaluó si era necesario utilizar estaciones que estuvieran por fuera del área de estudio o si bien se descartaban para la caracterización (temporal y espacial), el ultimo criterio en delimitar es el periodo de análisis, con este parámetro se descartan las estaciones con pobre, discontinua o corta información. De esta manera, quedan definidas las estaciones para el análisis de consistencia y homogeneidad.

En el primer criterio se eliminó diez estaciones, ya sea porque no se encontró información o su periodo de registro es muy corto, tal como se muestra en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Estaciones descartadas para el análisis aplicando el primer criterio.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|---------------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120194 | EL CHOCHÉ | CAR | PM | GUATAVITA | Q EL CHOCHÉ |
| 2120104 | TOCANCIPÁ | CAR | PM | TOCANCIPÁ | R. BOGOTÁ |
| 2120690 | UNIV. NUEVA GRANADA | CAR | CP | CAJICÁ | R. BOGOTÁ |
| 35020330 | LA BOLSA | IDEAM | PM | CHOACHÍ | NEGRO |
| 21201990 | TEUSACÁ | EAAB | PM | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 35060420 | PEÑA CUADRADA | EAAB | PM | JUNÍN | R SUEVA |
| 35060430 | SAN SALVADOR | EAAB | PM | JUNÍN | R SUEVA |
| 35060440 | ARAYANES | EAAB | PM | JUNÍN | R SUEVA |
| 21200500 | LA CABAÑA | EAAB | PM | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205990 | EL LLANO | IDEAM | MET | SOPÓ | TEUSACÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El segundo criterio se lleva a cabo cada cuenca de ordenamiento y se concluye que, para la variable de precipitación, se tiene la cantidad adecuada para la descripción y análisis hídrico total en el área de estudio, en cambio para al análisis climatológico, en especial la temperatura se debe utilizar estaciones por fuera de área de cuenca. Con este criterio se eliminó seis estaciones que están por fuera de la cuenca y no se contemplan para el estudio.

Tabla 5.7. Estaciones descartadas para el análisis aplicando el segundo criterio.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|---------|--------------|---------|------|-----------|-----------------|
| 2120077 | TORCA | CAR | PM | GUATAVITA | R. BOGOTÁ |
| 2120133 | EL OKAL | CAR | PG | SESQUILÉ | R SAN FRANCISCO |
| 2120176 | SANTA ISABEL | CAR | PM | TABIO | R FRIO |
| 2120159 | ALCO | CAR | PG | CAJICÁ | R. BOGOTÁ |

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|---------|------------|---------|------|-----------|-----------|
| 3506040 | BARAJAS | EAAB | PM | JUNÍN | R SUEVA |
| 3506041 | LA CASCADA | EAAB | PM | JUNÍN | R SUEVA |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Por el último, el tercer criterio correspondiente al periodo de registro de información, en el cual se analizó la totalidad de las estaciones y se observa que de las estaciones de la CAR en los años ochenta no registro información, adicionalmente, se debe tener que la Guía Técnica para La Formulación de Planes de Ordenamiento Del Recurso Hídrico-2014, se expresa que se debe considerar para el análisis hidroclimatológico series mayores a 15 años. De tal manera este criterio obliga a descartar estaciones que tengan periodos muy cortos o que la información sea muy incompleta, se elimina cuatro estaciones, ver Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Estaciones descartadas para el análisis aplicando el tercer criterio.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|---------|-----------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120186 | LA MARÍA | CAR | PG | GUASCA | R. AVES |
| 2120195 | MONTECILLOS | CAR | PG | GUATAVITA | R. AVES |
| 2120187 | BOMBAS SESQUILÉ | CAR | PG | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 20200 | SIMAYÁ | EAAB | PM | LA CALERA | TEUSACÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Concluyendo, después del análisis primario de los datos hidroclimáticos, se identificaron para toda el área de estudio (Ríos Teusacá, Sueva, Zaque y Salinero, y embalse de Tominé) 18 estaciones que harán parte del análisis de precipitación y 8 estaciones para la caracterización climatológicas.

Tabla 5.9. Estaciones pluviométricas seleccionadas.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|--------------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120103 | SANTA TERESA | CAR | PG | LA CALERA | R. TEUSACA |
| 2120134 | PARQUE SOPÓ | CAR | PG | SOPÓ | R. TEUSACA |
| 2120080 | SAN JOSÉ | CAR | PM | GUASCA | EMB. TOMINÉ |
| 2120096 | EL CONSUELO | CAR | PM | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |
| 35065010 | GACHETÁ | IDEAM | CO | GACHETÁ | GACHETÁ |
| 21200780 | POTRERO LARGO | IDEAM | PM | GUATAVITA | R. BOGOTÁ |
| 21201610 | SAN ISIDRO | IDEAM | PM | GUASCA | R. BOGOTÁ |
| 21201250 | SAN PEDRO | IDEAM | PM | SOPÓ | R TEUSACA |
| 21201220 | STA CRUZ DE SIECHA | IDEAM | PM | GUASCA | R SIECHA |
| 3506160 | POTRERITOS | IDEAM | PM | GUATAVITA | R SUEVA |

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|----------------|---------|------|-----------|-----------|
| 35060200 | AMOLADERO EL | IDEAM | PM | GUATAVITA | R SUEVA |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | EAAB | PG | BOGOTÁ | R TEUSACÁ |
| 20024 | EL VERJON | EAAB | PM | BOGOTÁ | TEUSACÁ |
| 20011 | SAN RAFAEL 1 | EAAB | PM | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205920 | SUASUQUE | IDEAM | MET | SOPÓ | TEUSACÁ |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | EAAB | CO | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | GUASCA | R CHIPATÁ |

Tabla 5.10. Estaciones Climatológicas seleccionadas.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|-----------------------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |
| 2120548 | LA IBERIA | CAR | CP | CHOCONTÁ | EMB SISGA |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CAR | CP | BOGOTÁ | R. BOGOTÁ |
| 35025060 | LA BOLSA | IDEAM | CO | CHOACHÍ | NEGRO |
| 35065010 | GACHETÁ | IDEAM | CO | GACHETÁ | GACHETÁ |
| 21205920 | SUASUQUE | IDEAM | MET | SOPÓ | TEUSACÁ |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | EAAB | CO | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | GUASCA | R CHIPATÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Paso seguido, para las estaciones seleccionadas anteriormente, se realizó el **Análisis de las series temporales, consistencia y homogeneidad**, para lo cual es necesario realizar primero un procesamiento de las series temporales, en donde se efectúa, la detección de datos anómalos por medio de pruebas de estadística descriptiva y gráficas, luego se implementa una herramienta para el llenado de datos y correlaciones de variables para completar las series, por último un análisis de homogeneidad y consistencia. De esta forma se puede generar la información fiable para caracterizar hídrica y climáticamente el área de estudio.

Para realizar este procesamiento se tuvo en cuenta la Guía de Prácticas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2008), Guía del IDEAM 2013, y la Guía TÉCNICA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO año 2014, entre otros documentos. Con el fin de facilitar la presentación de la metodología utilizada, se procedió a elaborar un esquema explicativo del proceso de tratamientos de Datos mediante la figura 3.4 donde se explica dicho tratamiento para registros de las siguientes variables: brillo, radiación solar, evaporación, humedad relativa, temperatura y precipitación.

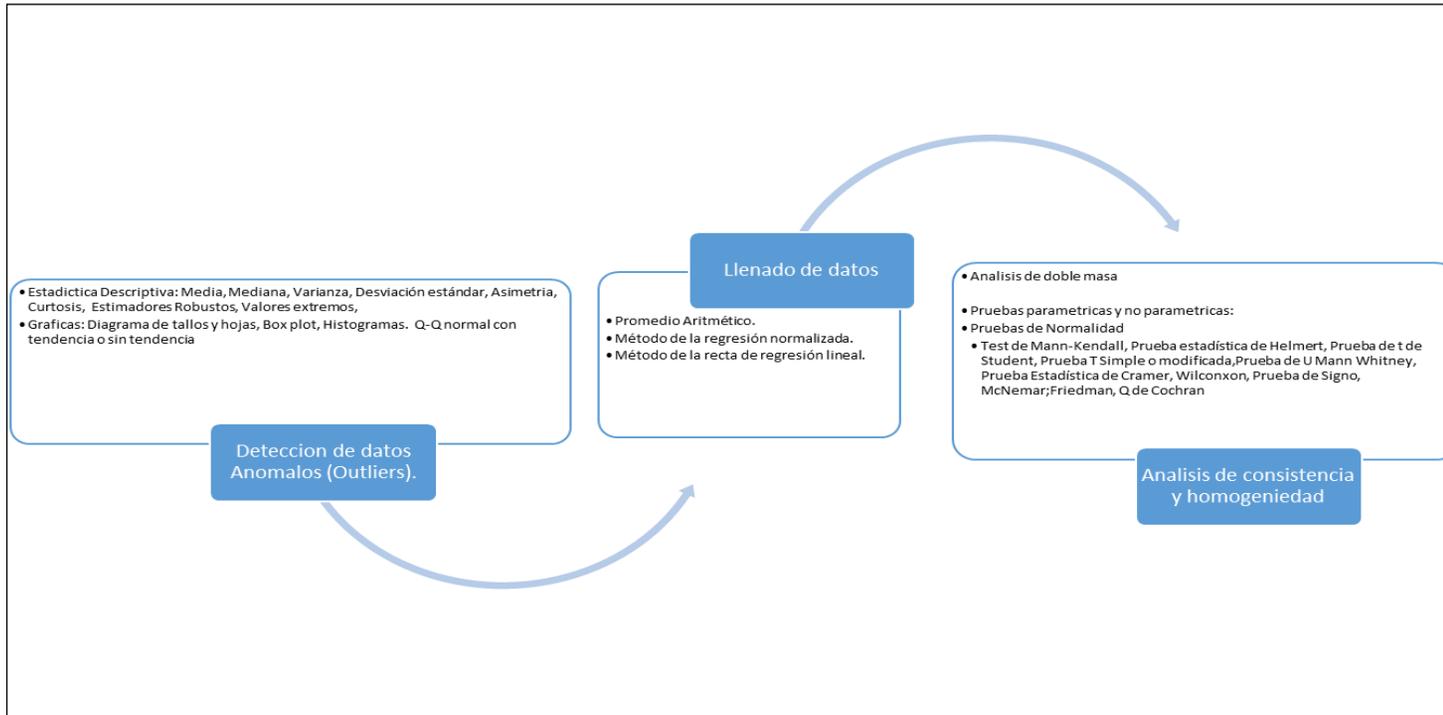


Figura 5.4. Proceso para el tratamiento de datos.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.1.4 Análisis de consistencia y homogeneidad estaciones de precipitación

Como parte de las evaluaciones de confiabilidad de la información de series de precipitación registradas en las cuencas del río Teusacá y del Embalse Tominé, se elaboraron curvas de dobles masas entre estaciones, con el fin de conocer la consistencia y evidenciar la existencia de datos errados y no con el fin de corregir.

Esas variaciones pueden ser por un cambio en la ubicación del instrumental, una variación en las condiciones periféricas del lugar de medición o un cambio del observador que efectúa las lecturas.

El método de doble masa considera que, en una zona meteorológica homogénea, los valores de precipitación que ocurren en diferentes puntos de esa zona en períodos anuales o estacionales guardan una relación de proporcionalidad que puede representarse gráficamente. Esa representación consiste en identificar la estación que queremos controlar, tomando los valores anuales de precipitación. Luego deben contarse con por lo menos tres (3) estaciones vecinas cuyos registros anuales sean confiables y que llamaremos estaciones base, cuya serie de datos anuales debe coincidir con el de la estación a controlar. En cada año, a partir del primero con registro, se promedian los valores de las estaciones base y se acumulan por años sucesivos, obteniéndose una precipitación media anual acumulada.

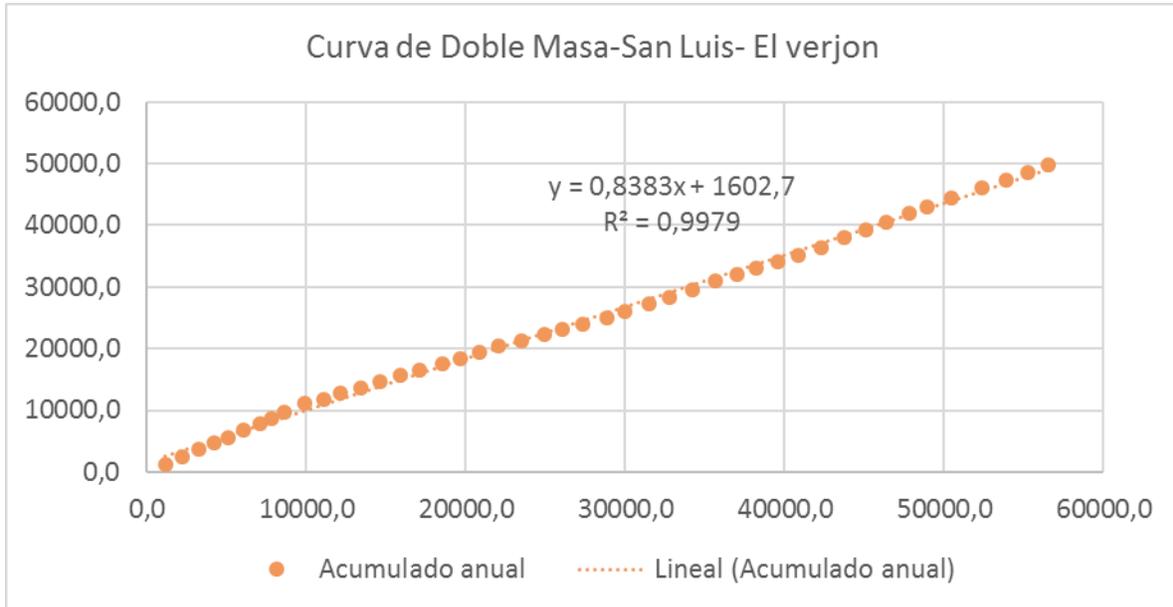
Luego, en un sistema de ejes ortogonales, se grafica en ordenadas los valores de precipitación anual acumulada de la estación a controlar y en abscisas los de precipitación media anual acumulada de las estaciones base. Si los registros no han sufrido variaciones, los puntos se alinean en una recta de pendiente única, por lo tanto, no será necesario efectuar correcciones. Si por el contrario hay variaciones en la pendiente de la recta, significa que parte de la serie contiene valores erróneos por lo cual el registro de datos debe ser corregido a partir del año en el que cambia la pendiente de la recta.

A continuación, se presentan las curvas de dobles masas de precipitación para las siguientes estaciones:

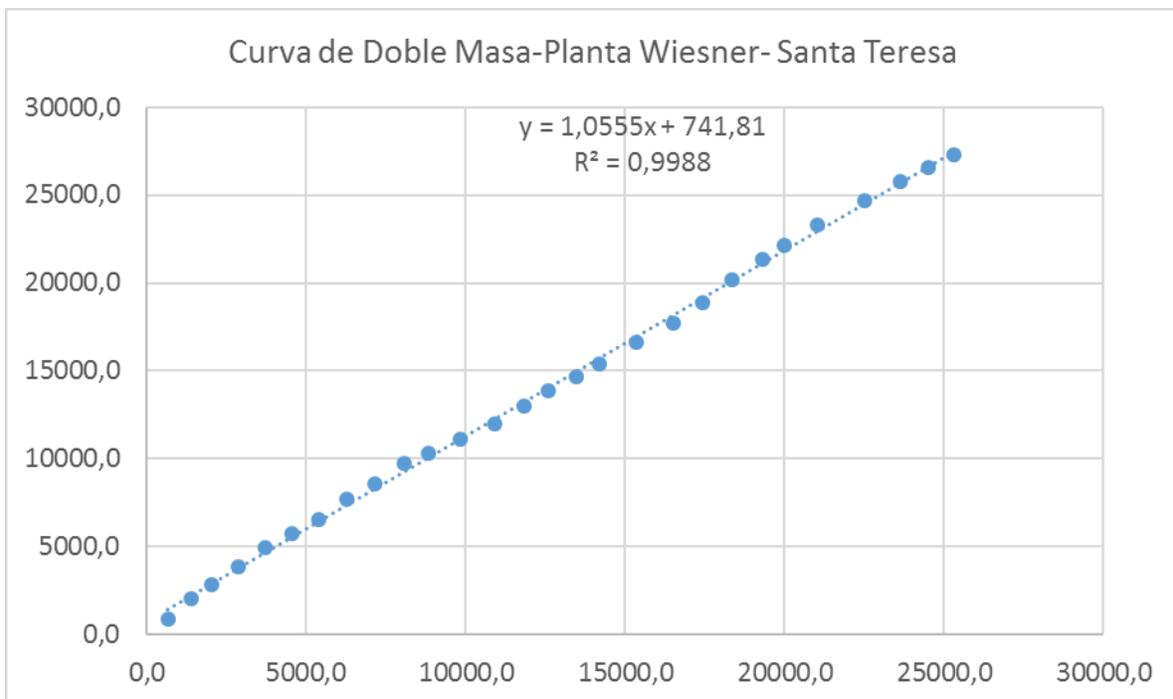
- San Luis 1 y 2, El Verjón, Santa Teresa, San Rafael 1, Planta Wiesner, Parque Sopó, Suasuque, San Pedro (cuenca Teusacá).
- El Consuelo, Guatavita, Potrero Largo, San José y San Isidro (Embalse de Tominé), Santa Cruz de Siecha (Río Siecha), Guasca (Río Chipatá)

Las curvas de doble masa se evaluaron en parejas de estaciones según ubicación geográfica y distancia entre ellas, de esta manera se organiza 5 regiones de grupos de estaciones evaluadas. Para el caso de la cuenca del río Teusacá: Grupo 1: San Luis 1- 2 y El Verjon. Grupo 2: San Teresa, San Rafael 1 y Planta Wiesner, Grupo 3: Parque Sopó, San Pedro y Suasuque. En la cuenca del Embalse del Tominé Grupo 1: San José, San Isidro, Santa Cruz de Siecha y Guasca. Grupo 2: El Consuelo, Guatavita y Potrero Largo.

Evaluadas las curvas, no se evidencia años con información dudosa o cambios significativos en las estaciones, ver las siguientes figuras.



Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.



Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

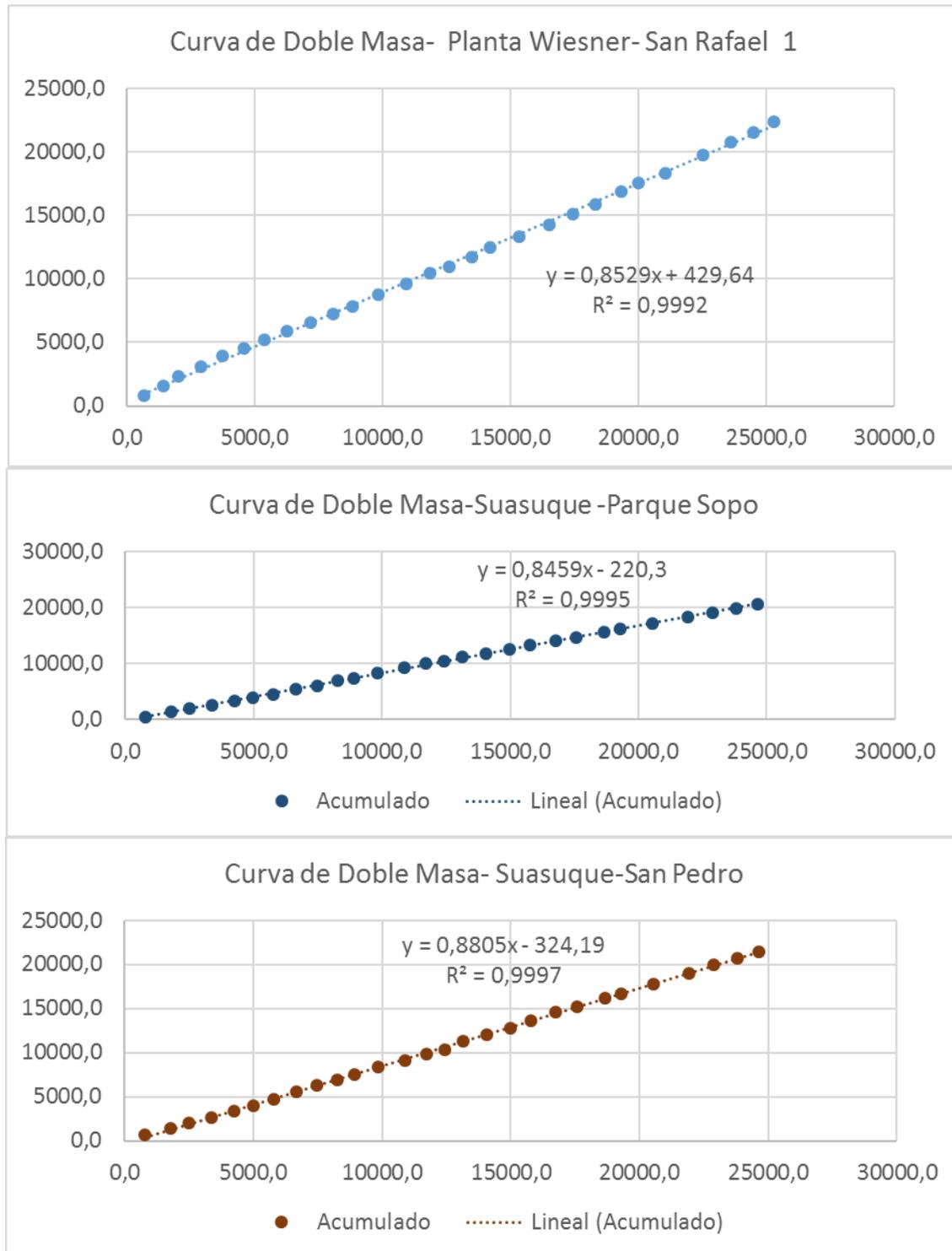
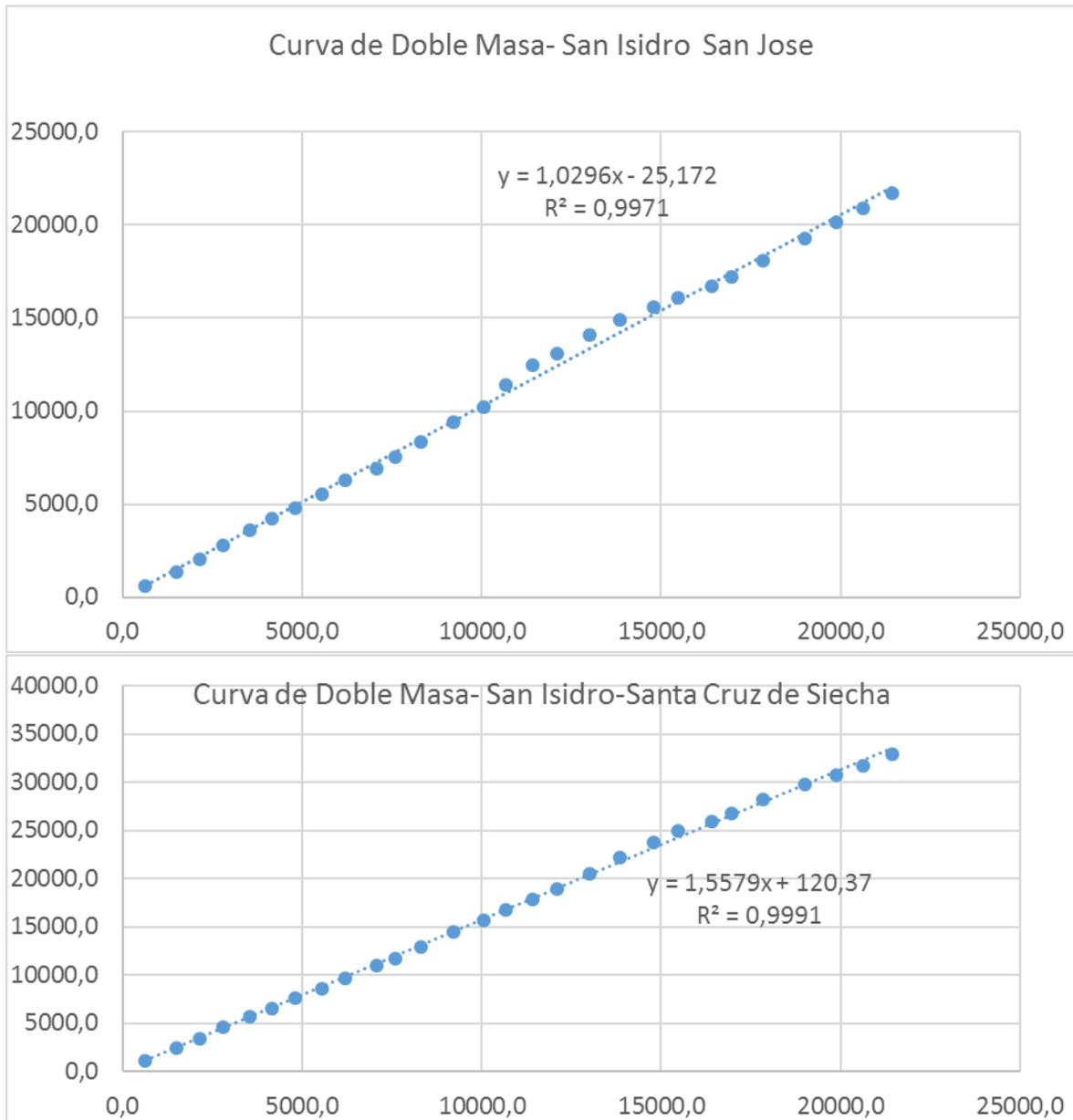


Figura 5.5. Curvas de dobles masas cuenca río Teusacá.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.



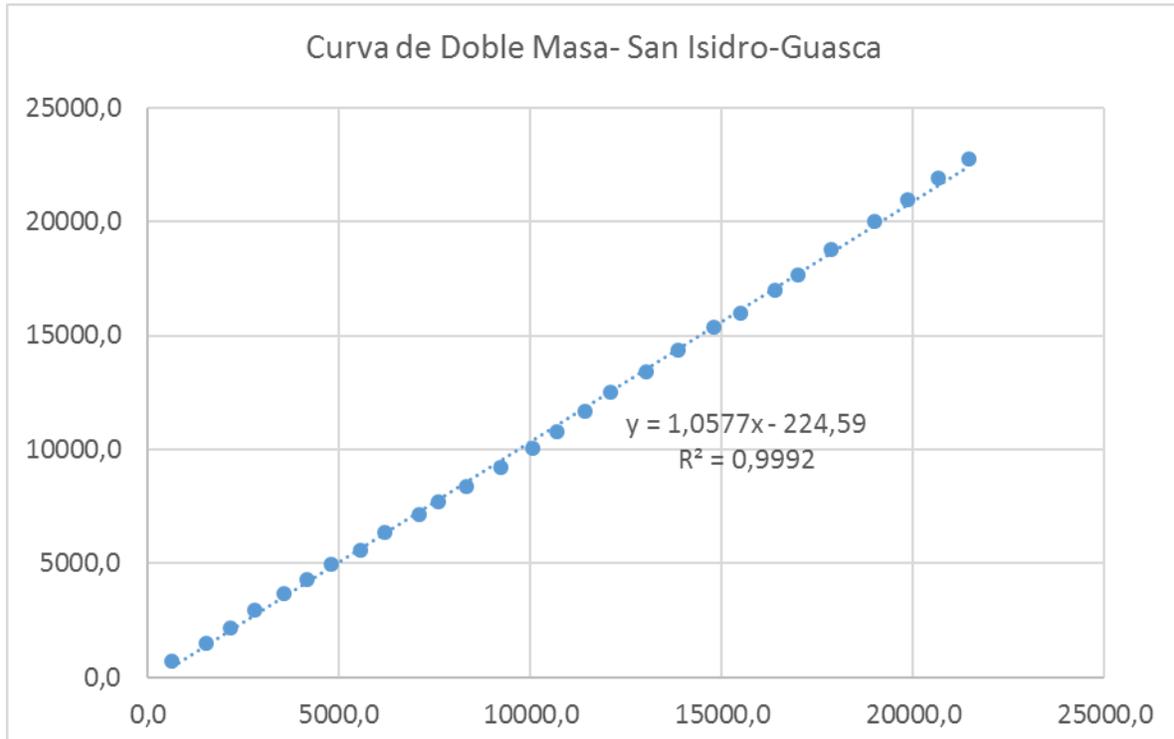


Figura 5.6. Curvas de dobles masas –Cuenca Embalse de Tominé.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

Adicionalmente, para las estaciones de precipitación localizadas en las cuencas de río Teusacá y Embalse Tominé se procedió a realizar los análisis estadísticos que permiten conocer el grado de consistencia y homogeneidad de las series evaluadas. En la siguiente sección se especifica cada cuenca y el análisis realizado:

Cuenca río Teusacá

Para el análisis de homogeneidad y consistencia de la cuenca del río Teusacá se evaluaron las estaciones y zonas geográficas que se mencionaron para el análisis de doble masa, estos grupos de estaciones tienen el mismo periodo de tiempo de evaluación y la distancia entre cada una de las estaciones no son significativas.

Definidos estos grupos de estaciones se procede a realizar el procesamiento que consiste, primero en realizar un análisis estadístico básico, en donde se evalúa los parámetros básicos como las medidas de tendencia central de datos, análisis de variabilidad, asimetría, curtosis, entre otros, en las siguientes tablas se resumen los resultados de los grupos de estaciones evaluadas.

Tabla 5.11. Resumen de resultados estadísticas descriptivas Cuenca río Teusacá.

| Grupo 1 | Media | Mediana | Varianza | Desviación estándar | Error estándar | Asimetría | Curtosis |
|----------------|---------|---------|----------|---------------------|----------------|-----------|----------|
| SAN LUIS 1 Y 2 | 1104,74 | 1039,70 | 41104,51 | 202,74 | 30,22 | 0,73 | -0,15 |
| EL VERJON | 1256,80 | 1247,90 | 48554,91 | 220,35 | 32,85 | -0,06 | 1,51 |

| Grupo 2 | Media | Mediana | Varianza | Desviación estándar | Error estándar | Asimetría | Curtosis |
|----------------|--------|---------|----------|---------------------|----------------|-----------|----------|
| SANTA TERESA | 975,78 | 943,10 | 40138,70 | 200,35 | 37,86 | 0,38 | -0,51 |
| SAN RAFAEL 1 | 798,10 | 775,70 | 27388,07 | 165,49 | 31,28 | 2,00 | 7,27 |
| PLANTA WIESNER | 904,19 | 874,80 | 32489,57 | 180,25 | 34,06 | 1,13 | 2,39 |

| Grupo 3 | Media | Mediana | Varianza | Desviación estándar | Error estándar | Asimetría | Curtosis |
|-------------|--------|---------|----------|---------------------|----------------|-----------|----------|
| PARQUE SOPÓ | 730,73 | 703,35 | 30676,20 | 175,15 | 33,10 | 0,42 | 0,39 |
| SAN PEDRO | 763,80 | 719,40 | 29541,77 | 171,88 | 32,48 | 1,26 | 2,27 |
| SUASUQUE | 877,19 | 862,80 | 28991,03 | 170,27 | 32,18 | 1,04 | 2,04 |

Software: IBM SPSS Statistics 22.

Tabla 5.12. Resultado Pruebas de normalidad Cuenca río Teusacá

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| San_Luis | ,156 | 45 | ,008 | ,938 | 45 | ,019 |
| El_Verjon | ,107 | 45 | ,200* | ,966 | 45 | ,200 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Santa_Teresa | ,143 | 28 | ,147 | ,963 | 28 | ,410 |
| San_Rafael | ,185 | 28 | ,015 | ,841 | 28 | ,001 |
| Planta_Wiesner | ,166 | 28 | ,047 | ,930 | 28 | ,061 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Parque_Sopo | ,121 | 28 | ,200* | ,969 | 28 | ,554 |
| San_Pedro | ,139 | 28 | ,180 | ,919 | 28 | ,033 |
| Suasoque | ,127 | 28 | ,200* | ,935 | 28 | ,082 |

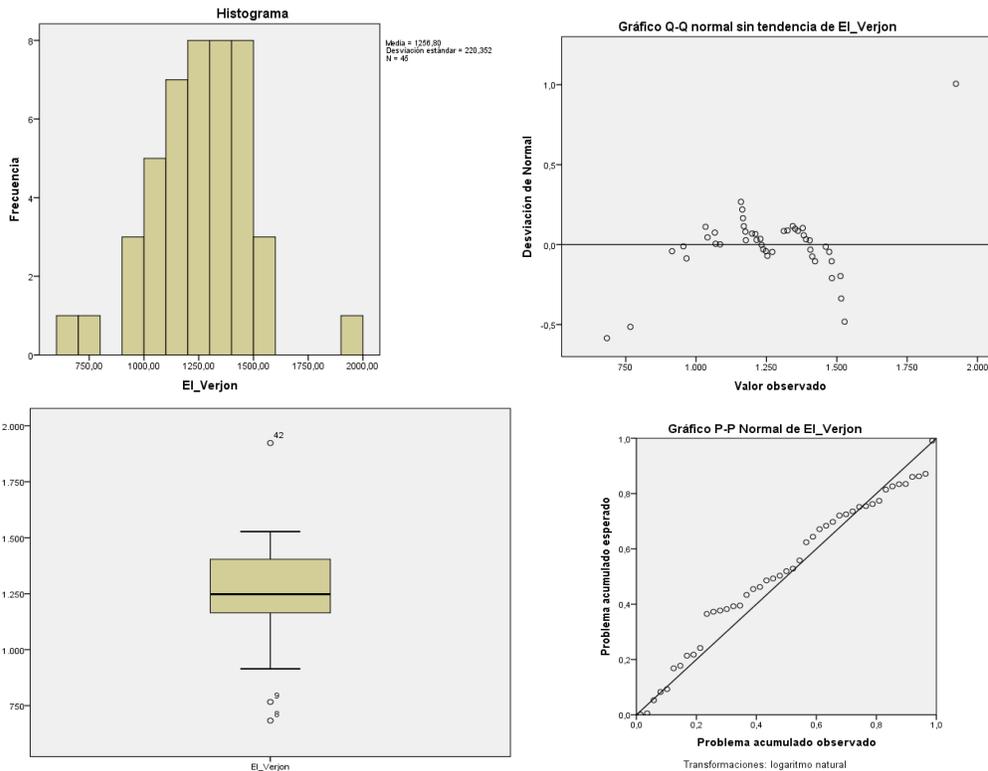
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Software: IBM SPSS Statistics 22.

De manera complementaria y con el fin de visualizar los resultados estadísticos, se generaron gráficos, tales como el diagrama de cajas, histogramas, diagramas Q-Q, P-P, con el fin de conocer la dispersión de los datos, e identificar los puntos atípicos, y el tipo de distribución, asimetría, concentración de los datos (curtosis), entre otros análisis.

A continuación, se presentan los gráficos estadísticos correspondientes a la estación de El Verjón como ejemplo. Vale la pena mencionar que la memoria de cálculos y gráficas para las demás estaciones se encuentra en el Anexo 2.



Software: IBM SPSS Statistics 22.

Figura 5.7. Graficas de resultados de la estación El Verjón

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Una vez realizados el proceso estadístico descrito anteriormente podemos realizar el siguiente análisis de resultados a en cada una de las estaciones de la cuenca del río Teusacá:

Grupo 1:

- La estación San Luis 1-2, muestra el menor valor anual promedio de precipitación con 1104.74 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 900 mm a 1100 mm, San Luis 1-2 tiene la menor variabilidad, con un sesgo a la derecha, se observa además que es la estación con mayor concentración de datos en torno al promedio del grupo 1 con un coeficiente de curtosis de -0.15.

Según las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad se descarta la distribución normal en esta estación. En San Luis 1-2 se presentan dos valores atípicos que están por fuera del comportamiento en los años 2005 y 2011 con valores de 1564.7 y 1569.8 mm, respectivamente.

La estación El Verjón registra un valor promedio anual de precipitación con 1256 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 1200 mm a 1500 mm, El Verjón que tiene la segunda menor variabilidad en este grupo, con un sesgo a la izquierda, se observa además que se aleja a un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de 1.51 y lo demostrado en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad descarta la distribución normal de esta estación. En El Verjón se presentan dos valores atípicos que están por fuera del comportamiento en los años 1977, 1978 con valores mínimos de precipitación anual de 683 y 766.3 mm respectivamente, en contraste en el 2011 se registra un máximo atípico de 1923.3 mm.

Grupo 2:

- La estación Santa Teresa se registra el mayor valor promedio anual de precipitación con 975.78 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 800 mm a 1000 mm, en Santa Teresa se registra la mayor dispersión en sus datos en el grupo 2, con un bajo sesgo a la derecha, se observa que es la estación con mayor concentración de datos en torno al valor promedio con un coeficiente de curtosis de -0.51. adicionalmente se interpreta en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad que se acerca a la distribución normal en de esta estación. En Santa Teresa no se presenta valores atípicos, el valor máximo fue de 1424 mm en el año 2011.
- La estación San Rafael 1 se registra el menor valor promedio anual de precipitación con 798.1 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 1000 mm, el San Rafael 1 registra la menor dispersión en sus datos, con un alto sesgo a la derecha, se observa que es la estación con menor concentración de datos en torno al valor promedio con un coeficiente de curtosis de 7.27, adicionalmente se interpreta en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad que no se cumple la distribución normal de esta estación. En San Rafael 1 se presentan

dos valores atípicos que están por fuera del comportamiento en los años 2001 y 2011 con unos valores de 517.8 mm y 1429.6.

- La estación Planta Wiesner s registra un valor promedio anual de precipitación con 904.19 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 800 mm a 900 mm, Planta Wiesner que tiene la segunda menor variabilidad en el grupo 2, con un sesgo a la derecha, se observa además que se aleja a un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de 2.39, las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad descarta la distribución normal de esta estación. En Planta Wiesner se presenta un valor atípico que está por fuera del comportamiento en el año 2011 con un valor de 1471.6 mm.

Grupo 3:

- La estación Parque Sopó registra el menor valor promedio anual de precipitación con 730.73 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 900 mm, Parque Sopó que tiene la mayor variabilidad en el grupo 3, con un sesgo muy pequeño a la derecha, se observa además que se acerca a un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de 0.39, en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad se aleja de la distribución normal de esta estación. En Parque Sopó se presenta un valor atípico que está por fuera del comportamiento en el año 2011 con un valor de 1171.3 mm.
- La estación San Pedro se registra el segundo mayor valor promedio anual de precipitación con 763.8 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 800 mm, San Pedro registra la segunda menor dispersión en sus datos, con un alto sesgo a la derecha, se observa que es la estación con menor concentración de datos en torno al valor promedio con un coeficiente de curtosis de 2.27. adicionalmente se interpreta en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad que se aleja a la distribución normal de esta estación. En San Pedro se presenta un valor atípico que está por fuera del comportamiento en el año 2011 con un valor de 1299 mm.
- La estación Suasuque se registra el mayor valor promedio anual de precipitación con 877.19 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 700 mm a 1000 mm, Suasuque registra la menor dispersión en sus datos en el grupo 3, con un sesgo a la derecha, se observa que es la estación con el segundo mayor valor de concentración de datos en torno al valor promedio con un coeficiente de curtosis de 2.04. adicionalmente se interpreta en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad que no se cumple la distribución normal de esta estación. En Suasuque se presenta un valor atípico que está por fuera del comportamiento en el año 2011 con un valor de 1378.5 mm.

Como se mencionó anteriormente, las tres estaciones no cumplen con una distribución normal, es decir, para evaluar la homogeneidad entre las estaciones se utiliza pruebas no

paramétricas, en este caso se utilizó la prueba de Wilcoxon de los rangos de signos, debido a que se puede cuantificar las diferencias en tendencia central en 2 muestras dependientes, que permitan evaluar la siguiente hipótesis: Las medianas de las dos estaciones son iguales. En la Tabla 5.13 se muestra el resultado de la prueba de Wilcoxon.

Tabla 5.13. Resultado Pruebas de Wilcoxon Cuenca río Teusacá.

| Estadísticos de prueba ^a | |
|-------------------------------------|----------------------|
| | El_Verjon - San_Luis |
| Z | -4,069 ^b |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,000 |

- a. Prueba de Wilcoxon de
b. Se basa en rangos

| Estadísticos de prueba ^a | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | San_Rafael - Santa_Teresa | Planta_Wiesner - Santa_Teresa | Planta_Wiesner - San_Rafael |
| Z | -4,084 ^b | -1,970 ^b | -3,556 ^c |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,000 | ,049 | ,000 |

- a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo
b. Se basa en rangos positivos.
c. Se basa en rangos negativos.

| Estadísticos de prueba ^a | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| | San_Pedro - Parque_Sopo | Suasuque - Parque_Sopo | Suasuque - San_Pedro |
| Z | -1,958 ^b | -4,440 ^b | -3,894 ^b |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,050 | ,000 | ,000 |

- a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo
b. Se basa en rangos negativos.

Software: IBM SPSS Statistics 22.

La interpretación de este resultado indica que solo se puede aceptar la hipótesis de la pareja de estaciones el San Pedro- Parque Sopó, dado que el nivel de significancia es igual a 0.05 mayor o igual a 0.05. Esto significa que la pareja San Pedro- Parque Sopó son homogéneas y que el nivel de precipitación es similar en ambas zonas espaciales. En las otras parejas de estaciones se puede concluir que se encuentran ubicadas en diferentes regiones de precipitación y por lo tanto no representa un parámetro homogéneo, también se puede afectar que el rango de tiempo que es limitado sobre todo en las estaciones de la CAR que en los años 80 no hay información registrada.

Cuenca Embalse de Tominé

Para el análisis de homogeneidad y consistencia de la cuenca del Embalse de Tominé se evaluaron las estaciones y zonas geográficas que se mencionaron para el análisis de doble masa, estos grupos de estaciones tienen el mismo periodo de tiempo de evaluación y la distancia entre cada una de las estaciones no son significativas.

Definidos estos grupos de estaciones se procede a realizar el procesamiento que consiste, primero en realizar un análisis estadístico básico, en donde se evalúa los parámetros básicos como las medidas de tendencia central de datos, análisis de variabilidad, asimetría,

curtosis, entre otros, en las siguientes tablas se resumen los resultados de los grupos de estaciones evaluadas.

Tabla 5.14. Resumen de resultados estadística descriptiva Cuenca Embalse de Tominé.

| Grupo 1 | Media | Mediana | Varianza | Desviación estándar | Error estándar | Asimetría | Curtosis |
|----------------------|---------|---------|----------|---------------------|----------------|-----------|----------|
| SAN JOSÉ | 774,14 | 739,70 | 32423,25 | 180,06 | 34,03 | 0,83 | 0,34 |
| SAN ISIDRO | 766,21 | 769,65 | 21049,77 | 145,09 | 27,42 | 0,49 | 0,37 |
| SANTA CRUZ DE SIECHA | 1176,36 | 1142,45 | 56211,12 | 237,09 | 44,81 | 0,61 | -0,38 |
| GUASCA | 813,61 | 767,65 | 24907,27 | 157,82 | 29,83 | 0,67 | 0,18 |

| Grupo 2 | Media | Mediana | Varianza | Desviación estándar | Error estándar | Asimetría | Curtosis |
|---------------|---------|---------|----------|---------------------|----------------|-----------|----------|
| EL CONSUELO | 945,22 | 952,50 | 52075,06 | 228,20 | 43,13 | 0,82 | 1,45 |
| GUATAVITA | 756,21 | 735,60 | 31314,35 | 176,96 | 33,44 | 1,48 | 4,10 |
| POTRERO LARGO | 1186,14 | 1187,90 | 31314,35 | 198,44 | 37,50 | 0,48 | -0,28 |

Software: IBM SPSS Statistics 22.

Tabla 5.15. Resultado Pruebas de normalidad Cuenca Embalse de Tominé.

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| San_Jose | ,128 | 28 | ,200* | ,939 | 28 | ,104 |
| San_Isidro | ,137 | 28 | ,192 | ,954 | 28 | ,244 |
| Santa_Cruz_Siecha | ,145 | 28 | ,135 | ,938 | 28 | ,098 |
| Guasca | ,146 | 28 | ,130 | ,959 | 28 | ,325 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| El_Consuelo | ,097 | 28 | ,200* | ,950 | 28 | ,198 |
| Guatavita | ,124 | 28 | ,200* | ,902 | 28 | ,013 |
| Potrrolargo | ,103 | 28 | ,200* | ,964 | 28 | ,430 |

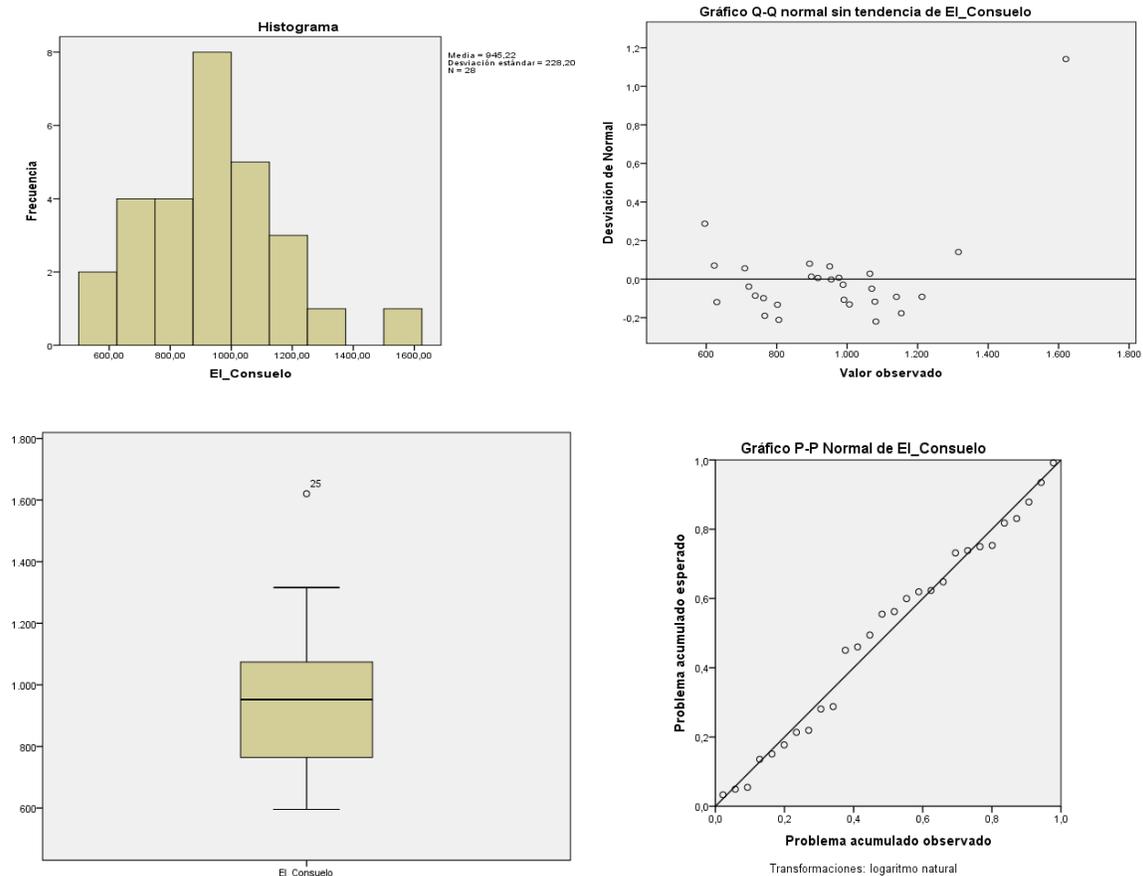
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Software: IBM SPSS Statistics 22.

De manera complementaria y con el fin de visualizar los resultados estadísticos, se generaron gráficos, tales como el diagrama de cajas, histogramas, diagramas Q-Q, P-P, con el fin de conocer la dispersión de los datos, e identificar los puntos atípicos, y el tipo de distribución, asimetría, concentración de los datos (curtosis), entre otros análisis. A

continuación, se presentan los gráficos estadísticos correspondientes a la estación de El Consuelo como ejemplo. Vale la pena mencionar que la memoria de cálculos y gráficas para las demás estaciones se encuentra en el Anexo 2.



Software: IBM SPSS Statistics 22.

Figura 5.8. Graficas de resultados de la estación El Consuelo.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Una vez realizados el proceso estadístico descrito anteriormente podemos realizar el siguiente análisis de resultados a en cada una de las estaciones de la cuenca del Embalse de Tominé.

Grupo 1:

- La estación San José, muestra el segundo menor valor anual promedio de precipitación con 774.14 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 900 mm, San José tiene la segunda mayor variabilidad, con un sesgo a la derecha, se observa además que es la estación con el segundo valor

mayor de concentración de datos en torno al promedio del grupo 1 con un coeficiente de curtosis de -0.34.

Según las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad se descarta la distribución normal en esta estación. En San José se presentan dos valores atípicos que están por fuera del comportamiento en los años 2001 y 2011 con valores de 1176.9 y 1196.3 mm, respectivamente.

- La estación San Isidro registra el menor valor promedio anual de precipitación con 766.21 mm del grupo 1, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 900 mm, San Isidro que tiene la menor variabilidad en este grupo, con un sesgo a la derecha, se observa además que se aleja a un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de 0.37 y lo demostrado en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad descarta la distribución normal de esta estación. San Isidro no se presenta valores atípicos que están por fuera del comportamiento el valor máximo de precipitación fue de 1160.4 mm en el año 2011.
- La estación Santa Cruz de Siecha registra un mayor valor promedio anual de precipitación con 1176.36 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 1000 mm a 1100 mm, Santa Cruz de Siecha que tiene la mayor variabilidad en este grupo 1, con un sesgo a la derecha, se observa además que se aleja de un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de -0.38 y sin embargo se contradice con lo demostrado en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad apuntan la distribución normal de esta estación. Santa Cruz de Siecha no presenta valores atípicos que están por fuera del comportamiento el valor máximo de precipitación fue de 1663.4 mm en el año 2005.
- La estación Guasca registra un valor promedio anual de precipitación con 813.6 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 1000 mm, Guasca que tiene la segunda menor variabilidad en este grupo, con un sesgo a la derecha, se observa además que se acerca a un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de 0.18 y se afirma con lo demostrado en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad descarta la distribución normal de esta estación. Guasca no se presenta valores atípicos que están por fuera del comportamiento el valor máximo de precipitación fue de 1224.4 mm en el año 2011.

Grupo 2:

- La estación El Consuelo se registra el segundo valor mayor promedio anual de precipitación con 945.22 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 900 mm a 1000 mm, en El Consuelo se registra la mayor dispersión en sus datos en el grupo 2, con un sesgo a la derecha, se observa que es la segunda estación con menor concentración de datos en torno al valor promedio con un coeficiente de curtosis de 1.45. adicionalmente se interpreta en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad que se aleja a la distribución normal en de esta estación.

En Consuelo se presenta un valor atípico que está por fuera del comportamiento en el año 2011 con un valor de 1620.6 mm.

- La estación Guatavita se registra el menor valor promedio anual de precipitación con 756.21 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 600 mm a 800 mm, el Guatavita registra la menor dispersión en sus datos en el grupo 2, con un alto sesgo a la derecha, se observa que es la estación con menor concentración de datos en torno al valor promedio con un coeficiente de curtosis de 4.10, adicionalmente se interpreta en las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad que no se cumple la distribución normal de esta estación. En Guatavita se presenta un valor atípico que está por fuera del comportamiento en el año 2011 con un valor de 1361.9 mm.
- La estación Potrero Largo registra el mayor valor promedio anual de precipitación con 1186.14 mm, en donde la mayor frecuencia de precipitación abarca desde 1100 mm a 1200 mm, Potrero Largo que tiene la segunda menor variabilidad en el grupo 2, con un pequeño sesgo a la derecha, se observa además que se acerca a un comportamiento de distribución normal según el valor de la curtosis de -0.28, las gráficas Q-Q y las pruebas de normalidad rechazan la distribución normal de esta estación. En Potrero Largo no se presenta valores atípicos que están por fuera del comportamiento el valor máximo de precipitación fue de 1659.5 mm en el año 2011.

Como se mencionó anteriormente, las tres estaciones no cumplen con una distribución normal, es decir, para evaluar la homogeneidad entre las estaciones se utiliza pruebas no paramétricas, en este caso se utilizó la prueba de Wilcoxon de los rangos de signos, debido a que se puede cuantificar las diferencias en tendencia central en 2 muestras dependientes, que permitan evaluar la siguiente hipótesis: Las medianas de las dos estaciones son iguales. En la Tabla 5.16 se muestra el resultado de la prueba de Wilcoxon.

Tabla 5.16. Resultado Pruebas de Wilcoxon-Cuenca Embalse de Tominé.

Estadísticos de prueba^a

| | San_Isidro - San_Jose | Santa_Cruz_Siecha - San_Jose | Guasca - San_Jose | Santa_Cruz_Siecha - San_Isidro | Guasca - San_Isidro | Guasca - Santa_Cruz_Siecha |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Z | -,250 ^b | -4,577 ^c | -1,435 ^c | -4,623 ^c | -2,345 ^c | -4,600 ^b |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,802 | ,000 | ,151 | ,000 | ,019 | ,000 |

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

c. Se basa en rangos negativos.

Estadísticos de prueba^a

| | Guatavita - El_Consuelo | Potreroslargo - El_Consuelo | Guatavita - Potreroslargo |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Z | -3,591 | -4,347 | -5,103 |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,000 | ,000 | ,000 |

a. Prueba de los signos

Software: IBM SPSS Statistics 22.

La interpretación de este resultado indica que solo se puede aceptar la hipótesis de dos parejas las estaciones San Isidro-San José y Guasca-San José, dado que el nivel de significancia es igual a 0.05 mayor o igual a 0.05. Esto significa que dichas son homogéneas y que el nivel de precipitación es similar en ambas zonas espaciales. En las otras parejas de estaciones se puede concluir que se encuentran ubicadas en diferentes regiones de precipitación y por lo tanto no representa un parámetro homogéneo, también se puede afectar que el rango de tiempo que es limitado sobre todo en las estaciones de la CAR que en los años 80 no hay información registrada.

5.1.1 Análisis de consistencia y homogeneidad estaciones climáticas.

Como parte de las evaluaciones de confiabilidad de la información de series de los demás parámetros climáticos en las cuencas del río Teusacá y del Embalse Tominé, se procedió a realizar los análisis estadísticos que permiten conocer el grado de consistencia y homogeneidad de las series evaluadas. Con el fin de corroborar la tendencia, datos atípicos, la dispersión. En la siguiente sección se especifica cada cuenca y el análisis realizado.

El procesamiento de los datos consiste, primero en realizar un análisis estadístico básico, en donde se evalúa los parámetros como las medidas de tendencia central, análisis de variabilidad, asimetría, curtosis, entre otros, en las siguientes tablas se resumen los resultados de las cuencas.

Río Teusacá

Se evaluaron las siguientes estaciones climatológicas correspondientes a la cuenca del río Teusacá:

- Parámetros Climatológicos: Estaciones Ordinarias La Bolsa y Planta Wiesner, estación climatológica principal Aeropuerto Guaimaral y Meteorológica Suasuque.

Embalse de Tominé

Se evaluaron las siguientes estaciones climatológicas correspondientes a la cuenca del embalse de Tominé:

- Parámetros Climatológicos: Estación Ordinaria Guasca y estaciones climatológicas principales Guatavita y La Iberia.

En el anexo 2 se encuentra el resultado del análisis estadístico de cada una de las estaciones y los parámetros evaluados. Este procesamiento estadístico se ejemplifica exponiendo el parámetro de temperatura estación climatológica ordinaria Planta Wiesner-EAAB.

- Estación Planta Wiesner

En la siguiente tabla se resumen algunos de los parámetros estadísticos descriptivos de cada mes de temperatura evaluado en la estación de la Planta Wiesner.

Tabla 5.17. Resultados parámetros estadísticos mensuales de temperatura Estación Planta Wiesner.

| Temperatura Planta Wiesner | Ene | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Media | 12,736 | 13,037 | 13,130 | 13,270 | 12,917 | 12,172 | 11,847 | 11,856 | 12,215 | 12,709 | 12,742 | 12,632 |
| Mediana | 12,736 | 12,900 | 13,065 | 13,270 | 12,917 | 12,250 | 11,940 | 12,055 | 12,145 | 12,655 | 12,736 | 12,560 |
| Varianza | ,377 | ,545 | ,395 | ,404 | ,401 | ,603 | ,905 | ,658 | ,272 | ,530 | ,288 | ,371 |
| Desviación estándar | ,614 | ,738 | ,629 | ,636 | ,633 | ,777 | ,951 | ,811 | ,521 | ,728 | ,537 | ,609 |
| Mínimo | 11,530 | 12,030 | 12,060 | 12,170 | 11,350 | 10,330 | 9,660 | 9,600 | 11,070 | 11,070 | 11,460 | 11,520 |
| Máximo | 14,090 | 15,120 | 14,540 | 14,990 | 14,100 | 13,150 | 14,020 | 13,330 | 13,640 | 14,470 | 14,030 | 14,090 |
| Asimetría | ,066 | 1,203 | ,344 | ,624 | -,219 | -,642 | -,310 | -1,045 | ,614 | ,283 | -,057 | ,524 |
| Curtosis | -,123 | 1,631 | -,641 | 1,163 | ,354 | -,082 | ,964 | 1,389 | 1,620 | ,514 | ,862 | -,007 |
| Error estándar | ,120 | ,145 | ,123 | ,125 | ,124 | ,152 | ,187 | ,159 | ,102 | ,143 | ,105 | ,119 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Algunas conclusiones del análisis estadístico para el parámetro de temperatura en la estación Planta Wiesner son las siguientes,

- El intervalo de temperaturas promedio que se registra en la estación es entre los 11.84°C hasta 13.2°C.
- El mes que menos fluctúa la temperatura es el mes de septiembre con una desviación estándar de 0.521 °C.
- El máximo valor de temperatura promedio registrado es en febrero de 1998 de con un valor de 15.12 °C.
- El mínimo valor de temperatura registrado es en agosto de 2014 de con un valor de 9.60 °C.

Cabe anotar que las afirmaciones se interpretan y se manipulan con mayor profundidad en el capítulo de climatología:

Adicionalmente se resumen como ejemplo en las siguientes gráficas los resultados estadísticos de la temperatura de mes de enero estación Planta Wiesner.

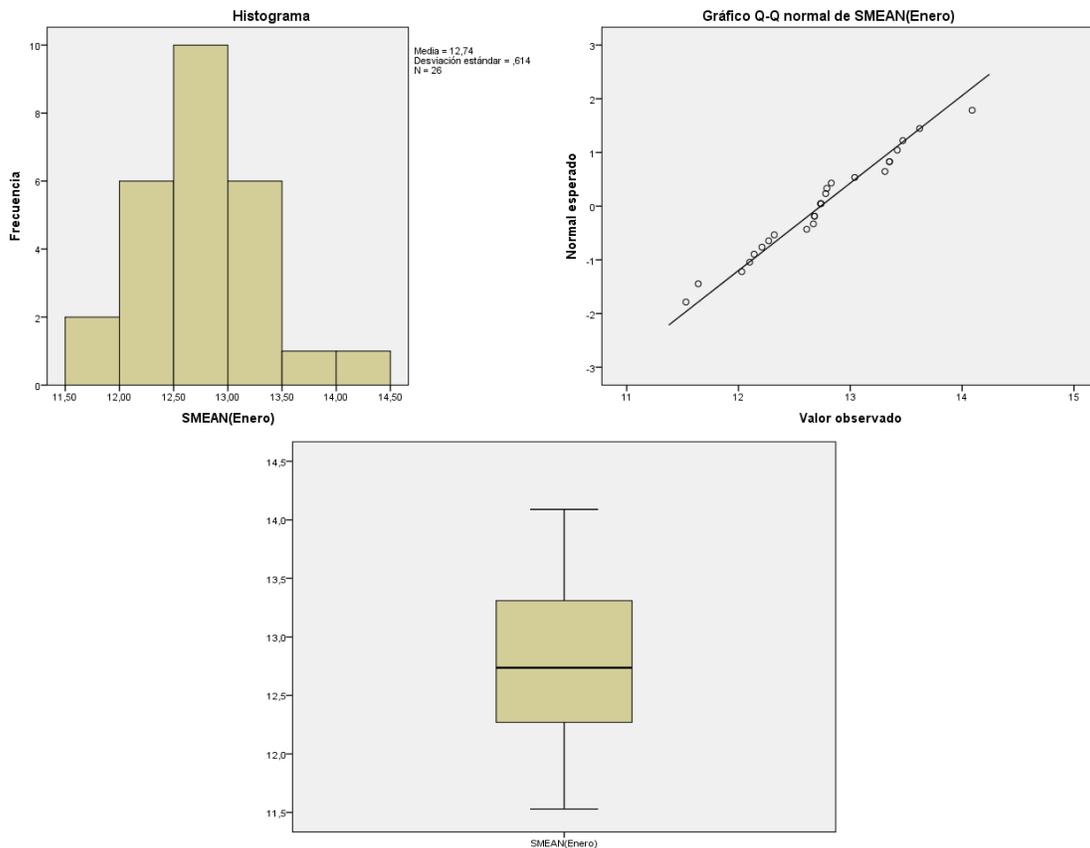


Figura 5.9. Graficas de resultados de la estación Planta Wiesner-Temperatura mes de enero.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con el fin de posicionar las cuencas del Río Teusacá y del Embalse de Tominé y sus afluentes dentro del marco regional, se presentó la zonificación y codificación respectiva, ya mencionada en el Capítulo 1 Unidades Hidrográficas.

Tanto el área hidrográfica como la zona hidrográfica definen las características y régimen que impera en la zona de estudio, como es sabido, Colombia recibe la influencia del Caribe y del Pacífico en gran parte del territorio, sin embargo, también recibe la influencia de la circulación atmosférica de la cuenca Amazónica, lo que marca entre otros parámetros, el régimen de lluvias monomodal de la Orinoquía y bimodal en la zona de la sabana de Bogotá, como se explicará más adelante.

Una vez posicionadas las subcuencas e identificadas las estaciones climatológicas existentes en las cuencas del Río Teusacá y Embalse Tominé (ver plano 3.1), para la jurisdicción de la CAR y CORPOGUAVIO, evaluada su consistencia, confiabilidad y extensión de series, se procederá a realizar la evaluación temporal y espacial, para las variables disponibles, se cuenta con las siguientes estaciones para dicho análisis:

Estaciones Cuenca Río Teusacá:

- Tres Estaciones pluviográficas, Santa Teresa, Parque Sopo y San Luis 1-2, las dos primeras operadas por el CAR y la restante por EAAB, registran información de precipitación.
- Tres Estaciones pluviométricas, San Pedro, Parque Sopo y San Luis 1-2, la primera operada por el IDEAM y las restantes operadas por EAAB, registran información de precipitación.
- Una estación Meteorológica, Suasque, operada por el IDEAM, registra información de precipitación, humedad relativa, temperatura media, mínima y máxima.
- Una estación climatológica ordinaria, Planta Wiesner, operada por el EAAB y la otra por el IDEAM, Planta Wiesner registra información de precipitación, Brillo Solar, Evaporación, temperatura media.

Adicionalmente se utilizaron para el análisis climatológico las estaciones por fuera del área de estudio: Río Bogotá, estación Aeropuerto Guaimaral, Climatológica principal operada por CAR, información de precipitación, temperatura media, mínima y máxima, brillo solar, evaporación, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. Río Negro, estación la Bolsa, operada por el IDEAM, la Bolsa registra información de precipitación, brillo solar, temperatura media, mínima y máxima, humedad relativa.

Estaciones Cuenca Embalse de Tominé:

- Cinco Estaciones pluviométricas, San José, El Consuelo, Potrero Largo, San Isidro y Santa Cruz de Siecha, las dos primeras operadas por la CAR y las restantes tres operadas por IDEAM, registran información de precipitación.
- Climatológica principal, estación Guatavita, operada por el IDEAM, información de precipitación, temperatura media, mínima y máxima, brillo solar, evaporación, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento.
- Una estación climatológica ordinaria, Guasca, operada por el IDEAM, Guasca registra información de precipitación, humedad relativa, temperatura media, mínima y máxima.

Adicionalmente se utilizaron para el análisis climatológico la estación por fuera del área de estudio: Embalse del Sisga, estación La Iberia, Climatológica principal operada por CAR, registra información de precipitación, temperatura media, mínima y máxima, brillo solar, evaporación, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento.

A continuación, se presentan las evaluaciones climatológicas por variable y subcuenca.

5.2 Evaluación Multi-Temporal

La evaluación multitemporal corresponde a la elaboración de histogramas de estaciones previamente seleccionadas y localizadas para el análisis climatológico de las cuencas del Río Teusacá y el Embalse de Tominé.

5.2.1 Río Teusacá

Para el estudio de la cuenca del río Teusacá se realiza describiendo cada una de las estaciones desde la cuenca alta en el nacimiento del Río Teusacá, el embalse San Rafael, la cuenca media y la cuenca baja desembocando al Río Bogotá, para describir el parámetro climático de precipitación se utilizaron sola las estaciones que estén por dentro de la cuenca, de esta manera, se realiza un preciso análisis multitemporal, sin embargo, para la evaluación espacial de los otros parámetros climáticos, se utilizaron la totalidad de estaciones identificadas, incluso, estaciones ubicadas en cuencas vecinas, como las estaciones localizadas en la cuenca del embalse de Tominé, Río Bogotá y Río Negro. En el siguiente bloque se describe cada parámetro climático en todas las estaciones mencionadas para la cuenca del Río Teusacá.

5.2.1.1 Precipitación.

Cuenca Alta

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación de San Luis 1-2, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1970 y 2014.

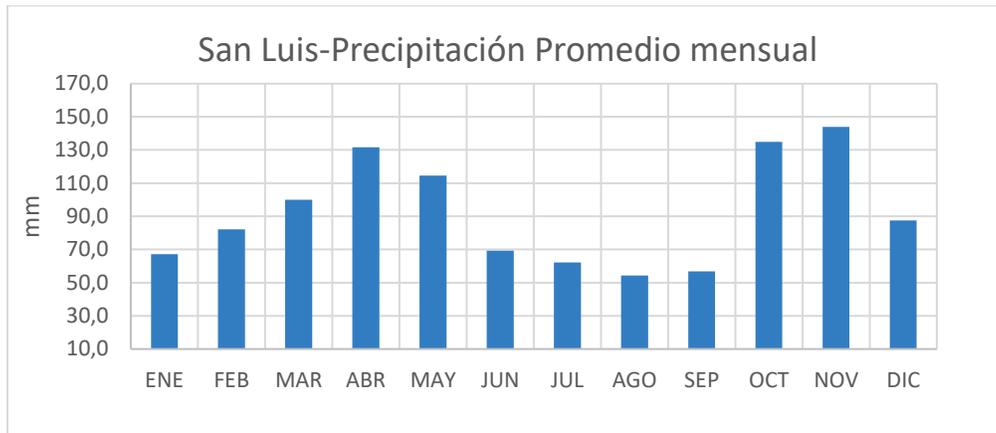


Figura 5.10. Histograma de precipitación mensual estación San Luis 1-2.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.10, se aprecia que corresponde a un régimen bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, con dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a mayo y de octubre a diciembre y dos temporadas secas de enero a febrero y junio a septiembre, los picos de precipitación se presentan en abril y noviembre, disminuyendo hacia la mitad del año, con una época de menores lluvias hacia agosto. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de agosto 54.4 mm, y un máximo de 143.9 mm en el mes de noviembre.

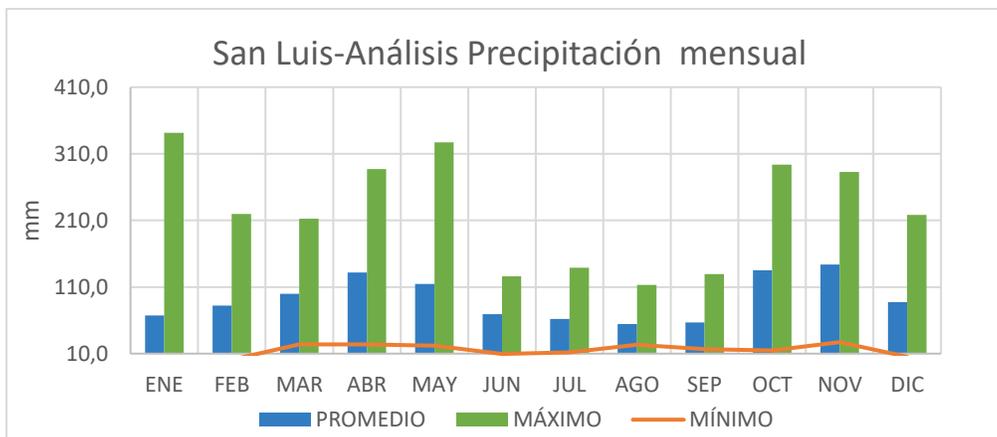


Figura 5.11. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Luis 1-2.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.11, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero para los años 1977 y 1978, y un valor máximo para el mes de enero de 1997 de 342 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 40 años.

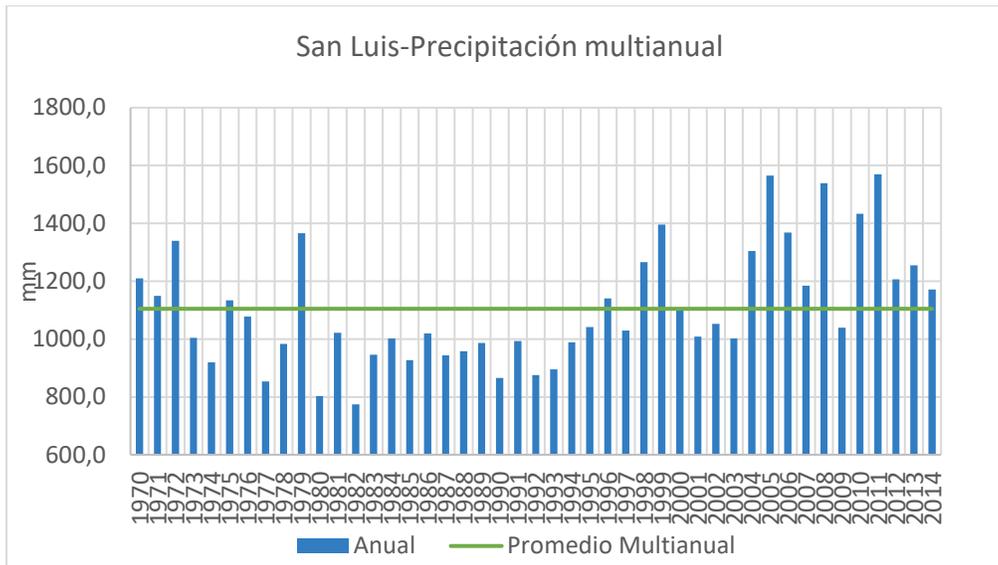


Figura 5.12. Histograma de precipitación multianual estación San Luis 1-2.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.12, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación de San Luis 1-2, se resalta el año 1982 como el de menor precipitación con un valor 774.0 mm, es decir, tan solo el 70% del promedio multianual, que corresponde a 1104.7 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1569.4 mm, superando a la media en un 42%.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación de El Verjón, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1970 y 2014.

En la Figura 5.13, se aprecia un régimen de transición entre unimodal y bimodal característico del zona entre la sabana de Bogotá y la Orinoquia que aumenta las precipitaciones en el segundo semestre, con dos temporada de lluvias muy marcadas de abril a agosto y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y de vientos alisios del sureste provenientes de la Orinoquia, ocasionando picos de precipitación en los meses julio y octubre, disminuyendo hacia el final y principio del año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 45.7 mm, y un máximo de 149.3 mm en el mes de julio.

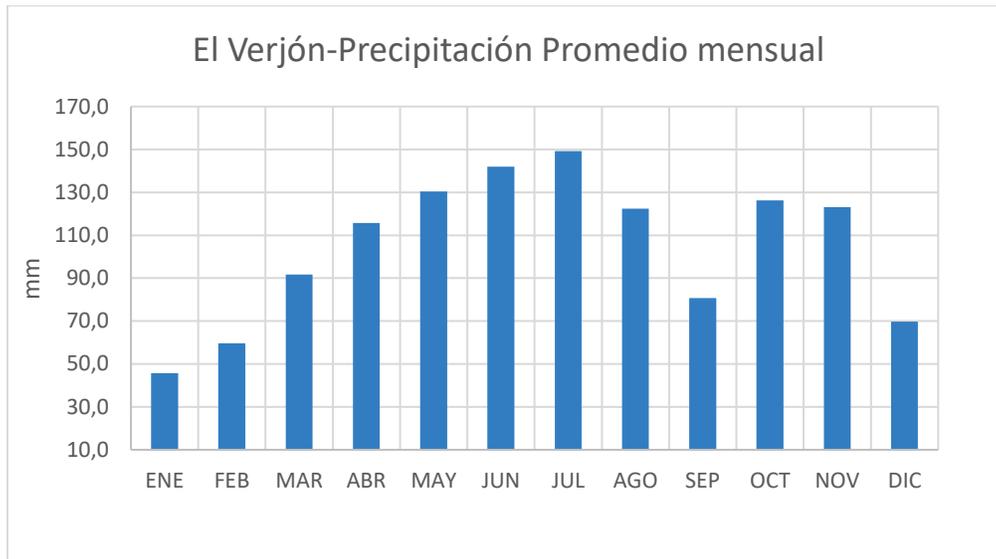


Figura 5.13. Histograma de precipitación mensual estación El Verjón.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

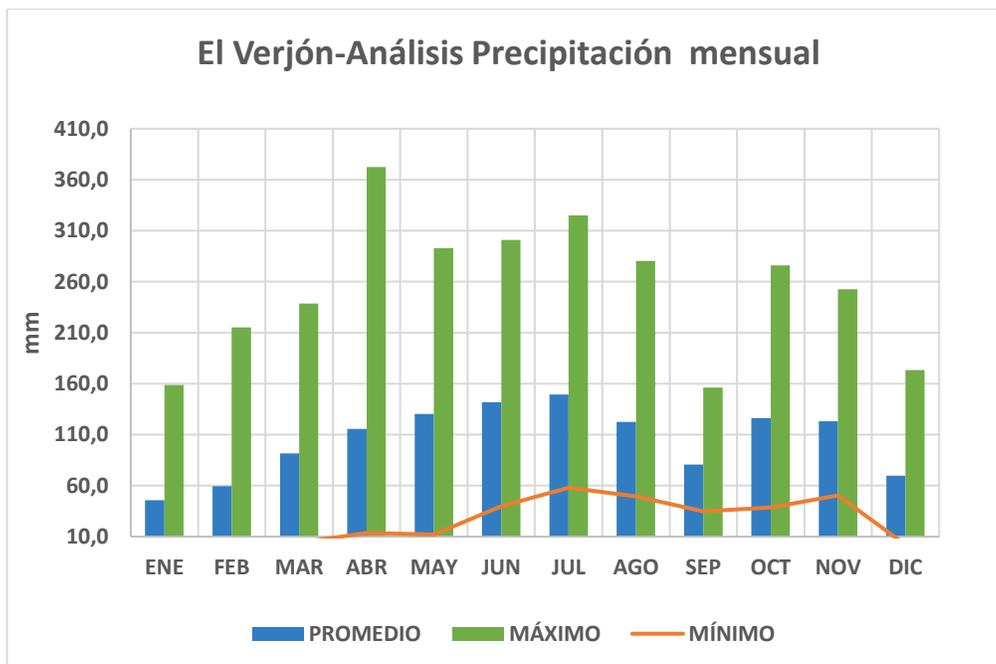


Figura 5.14. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación El Verjón.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.14, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero para los años 1977 y 2010 y 0 mm en el mes de febrero de 1973,

también se observa un valor máximo para el mes de abril de 2011 de 373 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 40 años.

Con respecto a la Figura 5.15, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación el Verjón, se resalta el año 1977 como el de menor precipitación con un valor 683 mm, es decir, tan solo el 54% del promedio multianual, que corresponde a 1256.8 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1923.3 mm, superando a la media en un 53%.

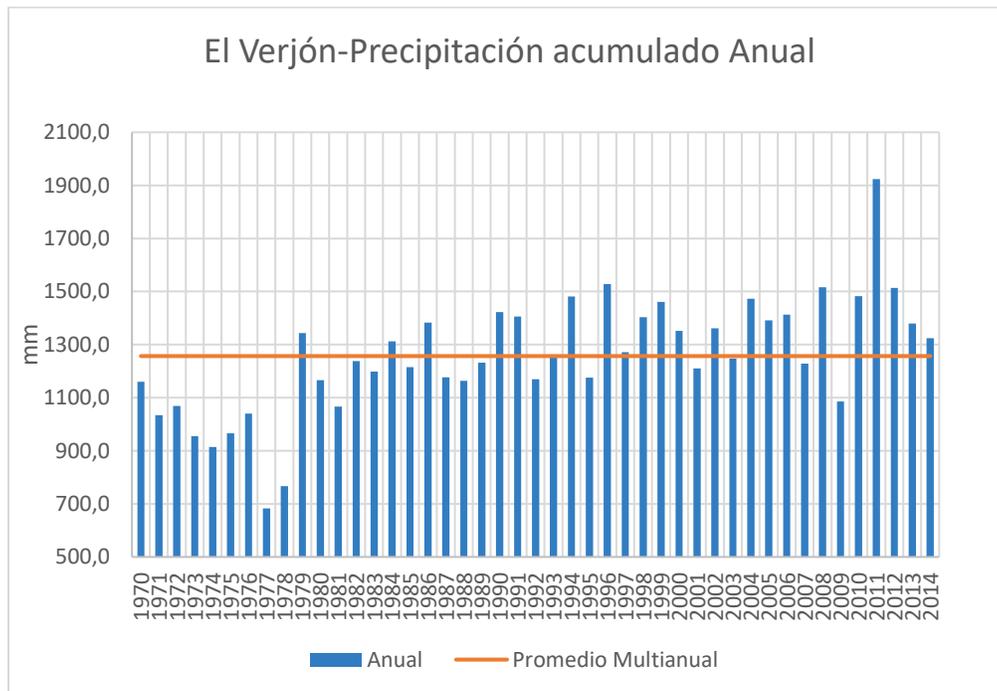


Figura 5.15. Histograma de precipitación multianual estación El Verjón.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Embalse San Rafael y cuenca media

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación Santa Teresa, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

En la Figura 5.16, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a agosto y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y de vientos alisios del sureste provenientes de la Orinoquia, ocasionando picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el final y principio del año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 32.2 mm, y un máximo de 118.7 mm en el mes de mayo.

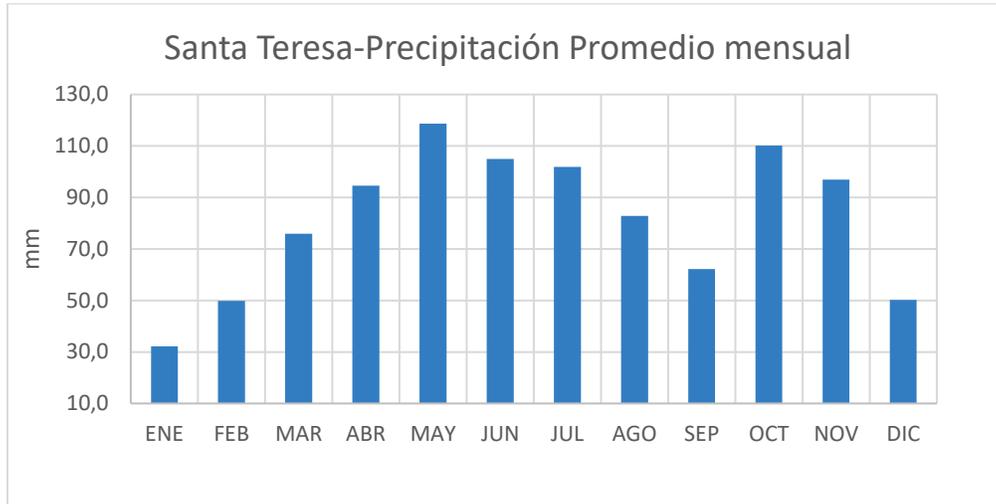


Figura 5.16. Histograma de precipitación mensual estación Santa Teresa.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

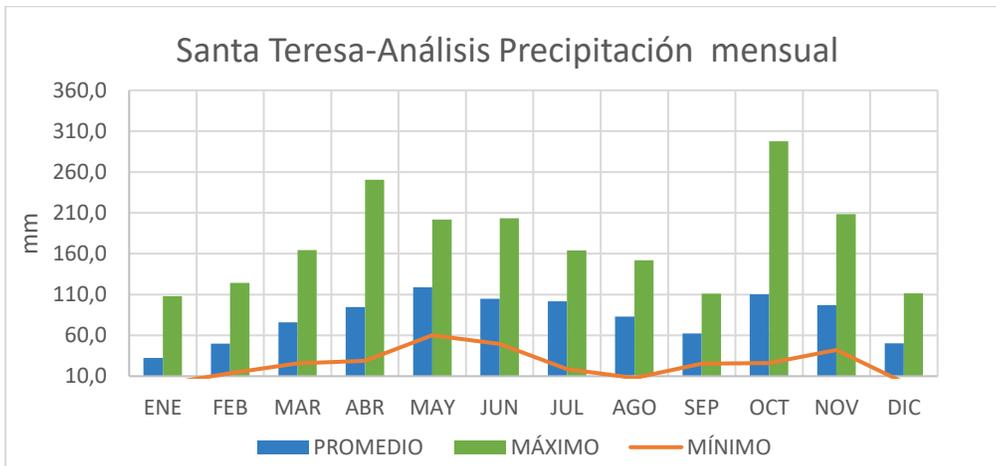


Figura 5.17. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Santa Teresa.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.17, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero para los años 1998, 2001 y 2007, también se observa un valor máximo para el mes de octubre de 1988 de 298 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

Con respecto a la Figura 5.18, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Santa Teresa, se resalta el año 1997 como el de menor precipitación con un valor 620.2 mm, es decir, tan solo el 63.5% del promedio multianual, que corresponde a

975.8 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1424 mm, superando a la media en un 45.9%.

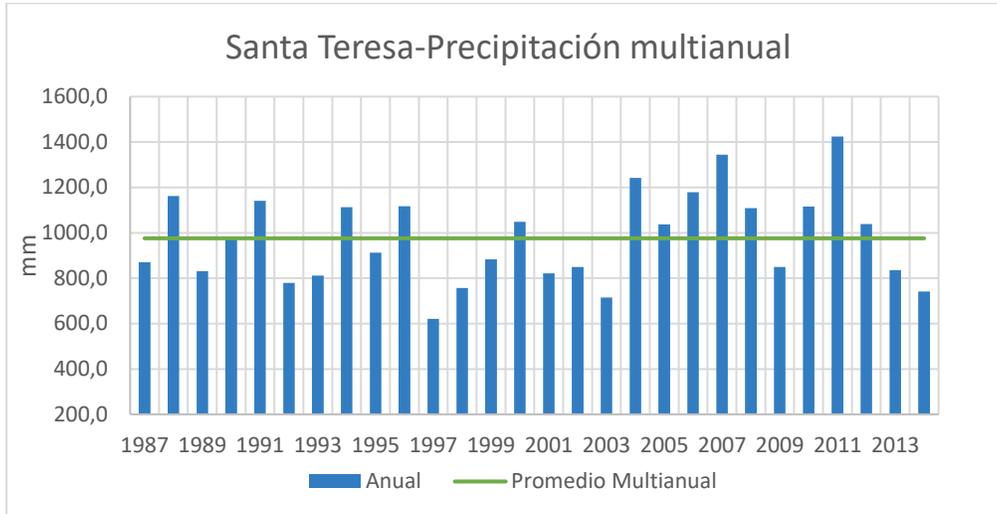


Figura 5.18. Histograma de precipitación multianual estación Santa Teresa.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación San Rafael 1, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1965 y 2014.

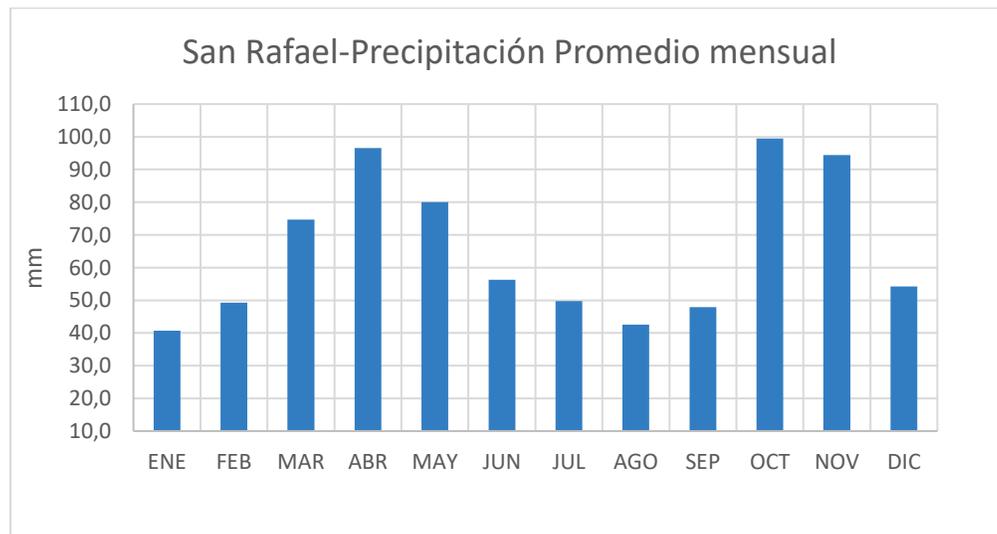


Figura 5.19. Histograma de precipitación mensual estación San Rafael.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.19, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a mayo y de

octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y de junio a
 septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical,
 ocasionando picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el
 final y principio del año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual
 de precipitación se presenta en el mes de enero 40.7 mm, y un máximo de 99.5 mm en el
 mes de octubre.

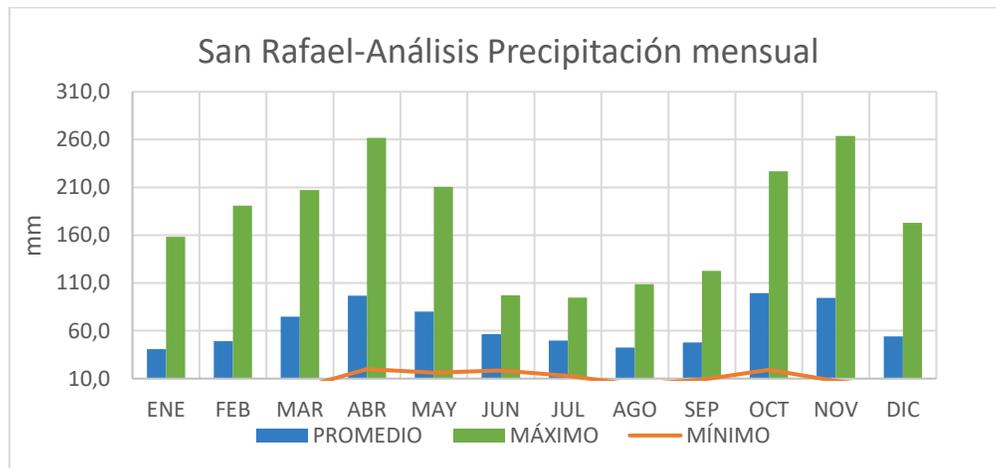


Figura 5.20. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Rafael. Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.20, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación
 mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando varios mínimos
 de 0 mm en el mes de enero 1968, febrero de 1973, marzo de 1969 y diciembre de 1968,
 también se observa un valor máximo para el mes de noviembre de 2011 de 264 mm, que
 corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 48 años.

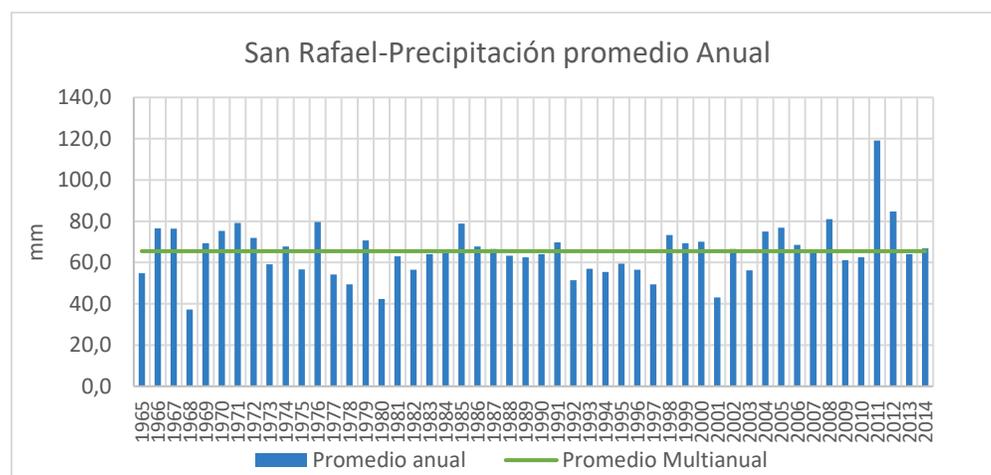


Figura 5.21. Histograma de precipitación multianual estación San Rafael. Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.21, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación San Rafael se resalta el año 1968 como el de menor precipitación con un valor 446.9 mm, es decir, el 63.5% menor que el promedio multianual, que corresponde a 786.6 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1429.6 mm, superando a la media en un 56.8%.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación Planta Wiesner, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

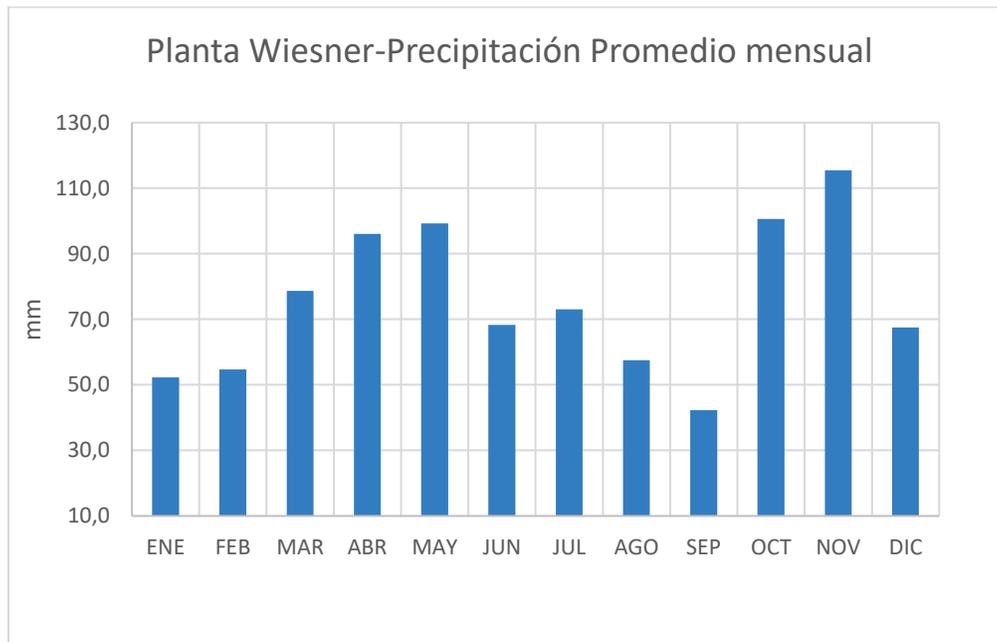


Figura 5.22. Histograma de precipitación mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.22, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a mayo y de octubre a diciembre y dos temporadas secas de enero a febrero y de junio a septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y por procesos convectivos de circulación de masas de aire creados por diferencias térmicas condicionados, por el relieve, la altitud y la presencia de agua, como es en este caso el embalse San Rafael que cambia la dinámica de las precipitaciones, todo esto ocasiona picos de precipitación en los meses mayo y noviembre, disminuyendo hacia el final y principio del año y mediados del año, con una época de menores lluvias hacia el mes de septiembre. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de septiembre 42.3 mm, y un máximo de 115.5 mm en el mes de noviembre.

En la Figura 5.23, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de

0 mm en el mes de diciembre 1989, también se observa un valor máximo para el mes de noviembre de 2011 de 296 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

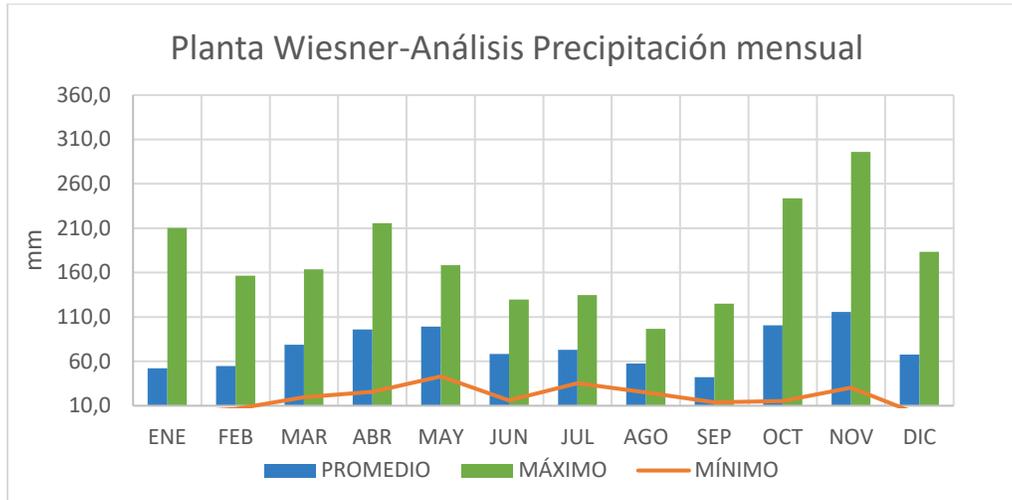


Figura 5.23. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

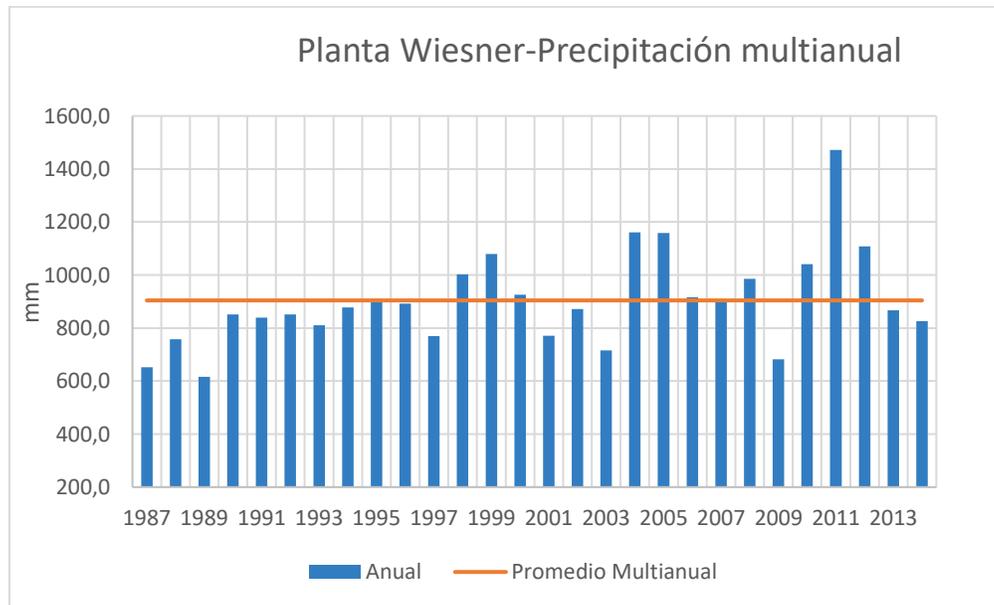


Figura 5.24. Histograma de precipitación multianual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

Con respecto a la Figura 5.24, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Planta Wiesner se resalta el año 1989 como el de menor precipitación con un

valor 616.5 mm, es decir, el 62.75% menor que el promedio multianual, que corresponde a 904.2 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1471.6 mm, superando a la media en un 68.18%.

Cuenca Baja y desembocadura Río Teusacá.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación Parque Sopó, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

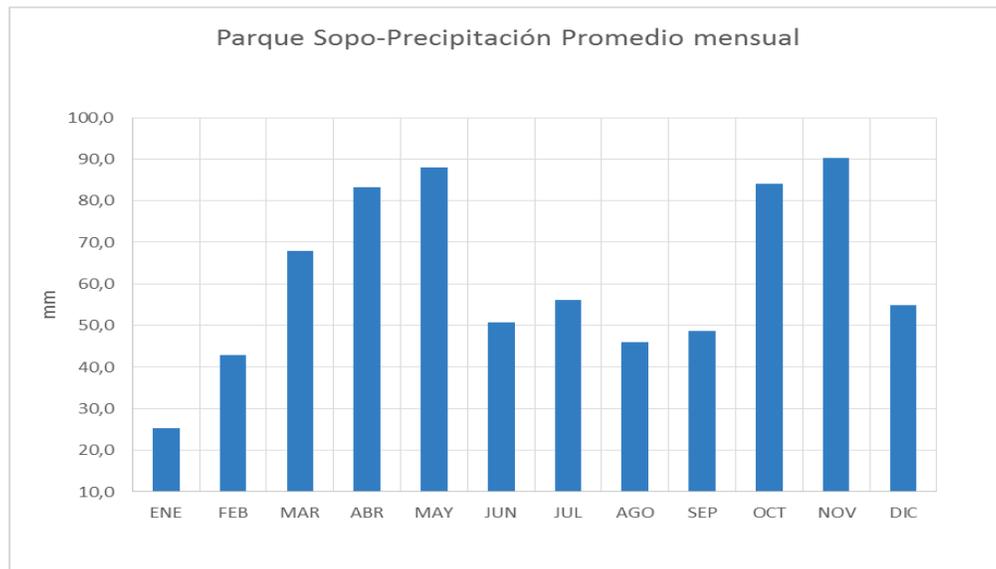


Figura 5.25. Histograma de precipitación mensual estación Parque Sopó.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

En la Figura 5.25, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a mayo y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y de junio a septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y por procesos convectivos de circulación de masas de aire creados por diferencias térmicas condicionados, por el relieve, la altitud y la presencia de agua, esto origina cambios de la dinámica de las precipitaciones, todo esto ocasiona picos de precipitación en los meses mayo y noviembre, disminuyendo hacia el final y principio del año y mediados del año, con una época de menores lluvias hacia el mes de enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de septiembre 25.3 mm, y un máximo de 90.4 mm en el mes de noviembre.

En la Figura 5.26, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero 2010, también se observa un valor máximo para el mes de

noviembre de 2011 de 243 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

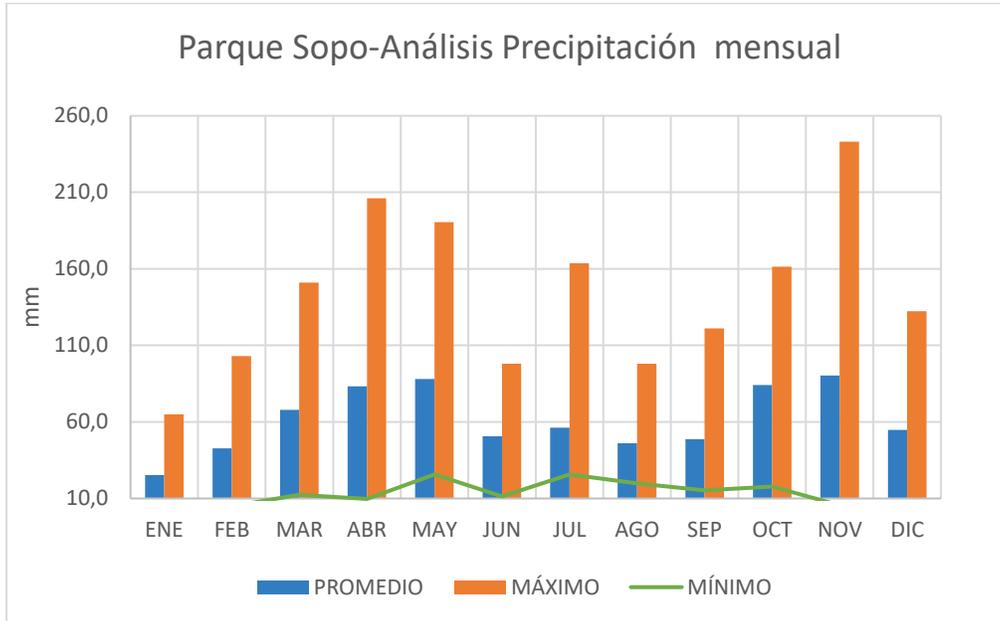


Figura 5.26. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Parque Sopo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

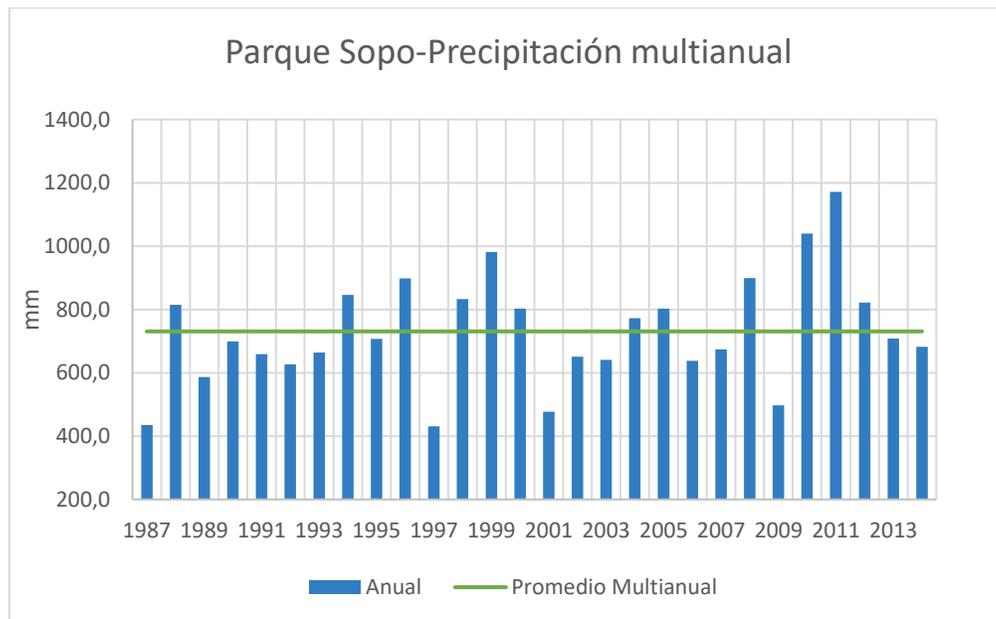


Figura 5.27. Histograma de precipitación multianual estación Parque Sopo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.27, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Parque Sopó se resalta el año 1997 como el de menor precipitación con un valor 431.3 mm, es decir, el 59.02% menor que el promedio multianual, que corresponde a 730.7 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1171.3 mm, superando a la media en un 60.29%.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación San Pedro, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

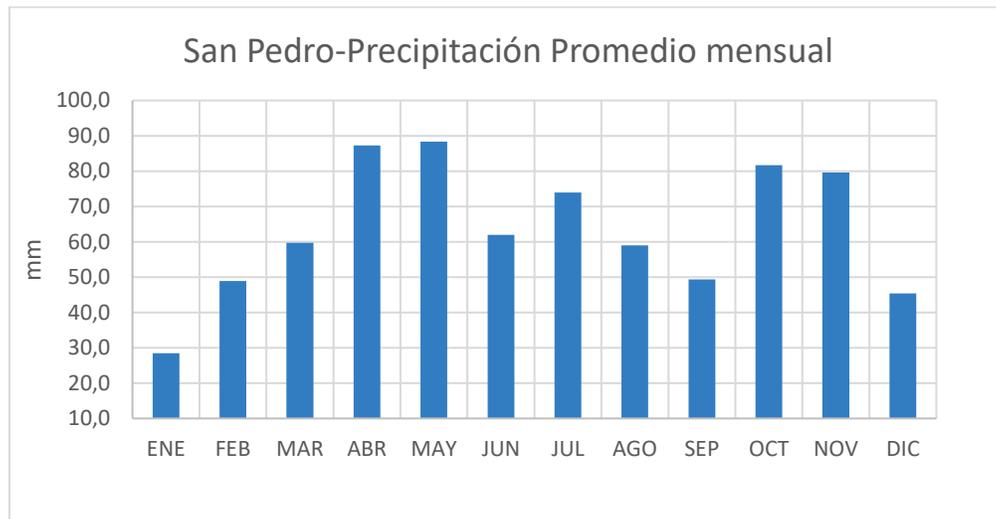


Figura 5.28. Histograma de precipitación mensual estación San Pedro.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.28, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de abril a mayo y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y de junio a septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y por procesos convectivos de circulación de masas de aire creados por diferencias térmicas condicionados, por el relieve, la altitud y la presencia de agua, esto origina cambios de la dinámica de las precipitaciones, todo esto ocasiona picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el final y principio del año y en el mes de septiembre, con una época de menores lluvias hacia el mes de enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 28.5 mm, y un máximo de 88.4 mm en el mes de mayo.

En la Figura 5.29, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero 2007, también se observa un valor máximo para el mes de noviembre de 2012 de 218 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

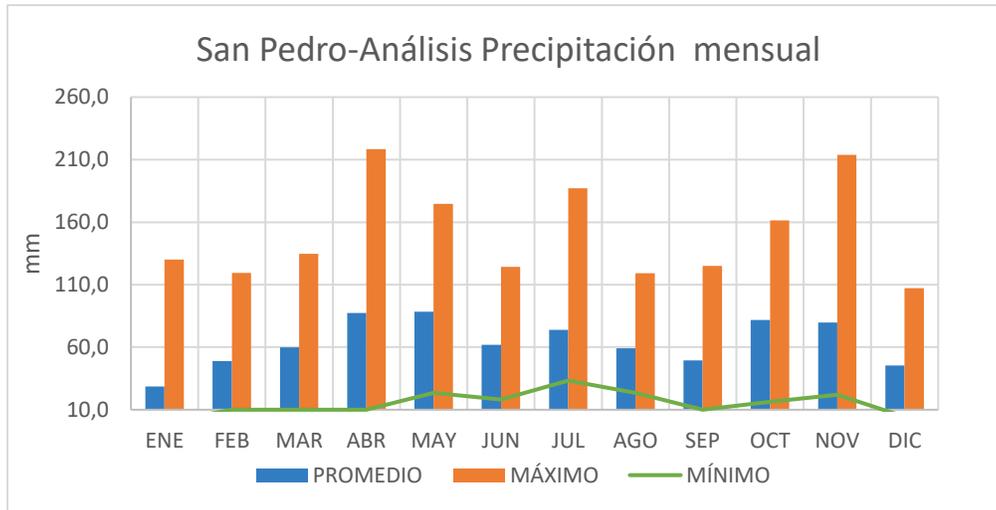


Figura 5.29. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Pedro.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.30, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación San Pedro se resalta el año 2009 como el de menor precipitación con un valor 501.3 mm, es decir, el 65.63% menor que el promedio multianual, que corresponde a 763.8 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1299.6 mm, superando a la media en un 70.15%.

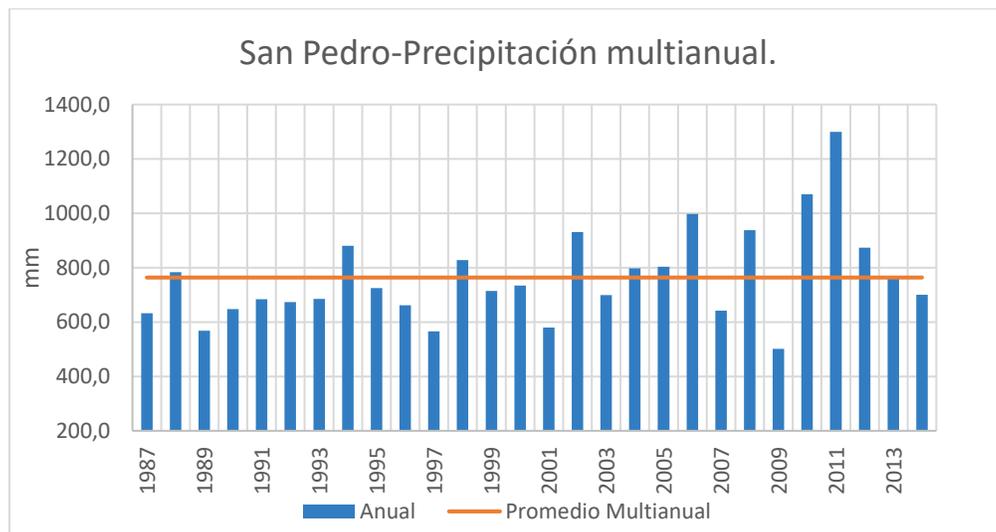


Figura 5.30. Histograma de precipitación multianual estación San Pedro.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación Suasuke, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

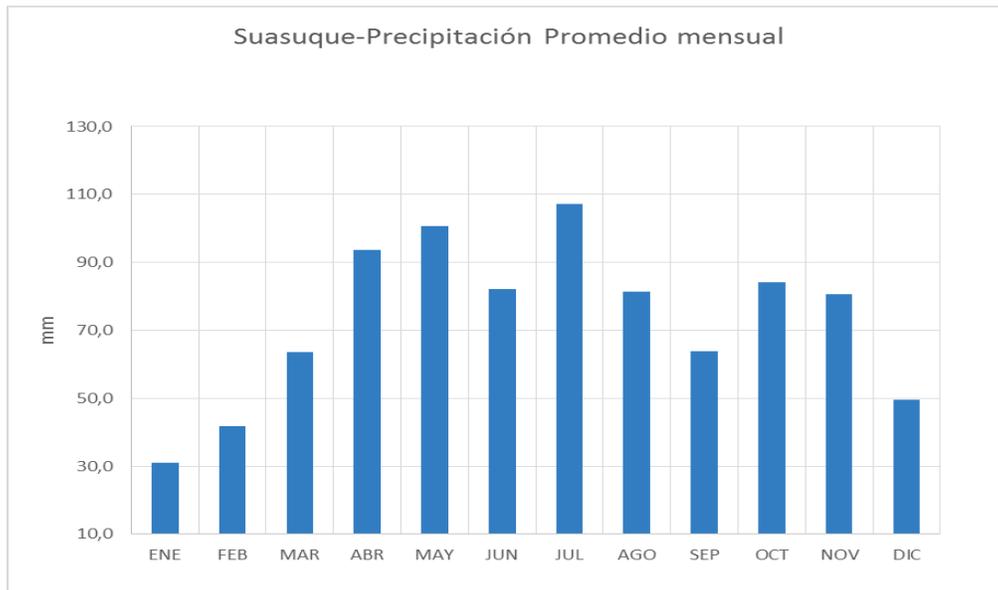


Figura 5.31. Histograma de precipitación mensual estación Suasuke.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

En la Figura 5.31, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias no muy marcadas de abril a julio y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y por procesos convectivos de circulación de masas de aire creados por diferencias térmicas condicionados, por el relieve, la altitud, vegetación y la presencia de agua, esto origina cambios de la dinámica de las precipitaciones, todo esto ocasiona picos de precipitación en los meses mayo y julio, cabe acotar que el mes de junio no cumple un comportamiento coherente con el régimen bimodal disminuyendo la precipitación, esto puede pasar por algún microclima en la zona de la estación, el tiempo seco mayor se propicia hacia el final y principio del año, con una época de menores lluvias hacia el mes de enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 31.7 mm, y un máximo de 107.2 mm en el mes de julio.

En la Figura 5.32, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 2 mm en el mes de enero 2007 y 2010, también se observa un valor máximo para el mes de noviembre de 2010 de 301 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

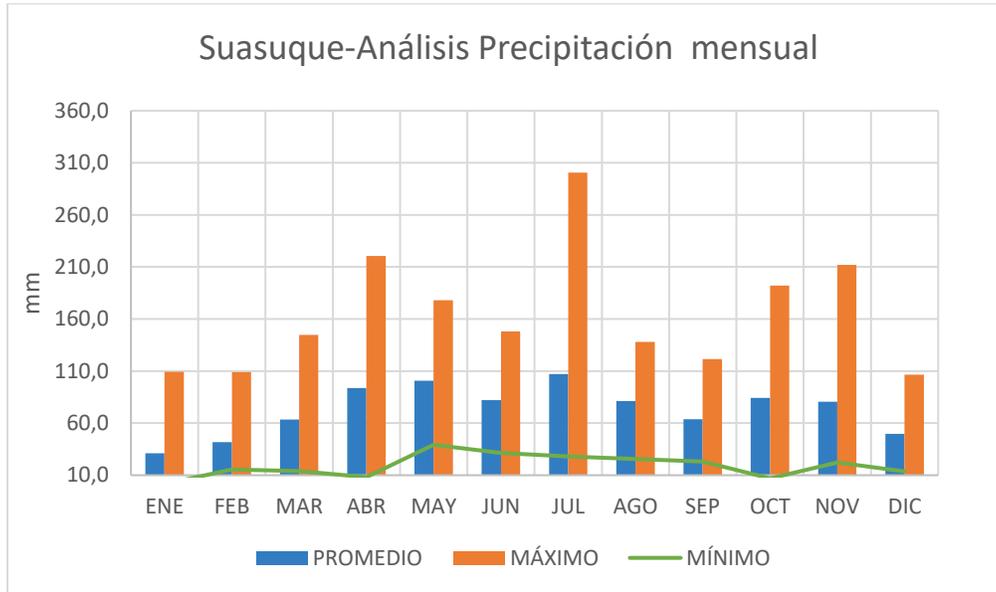


Figura 5.32. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Suasuke.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.33, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Suasuke se resalta el año 2009 como el de menor precipitación con un valor 632.3 mm, es decir, el 71.88% menor que el promedio multianual, que corresponde a 879.6 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1378.5 mm, superando a la media en un 71.88%.

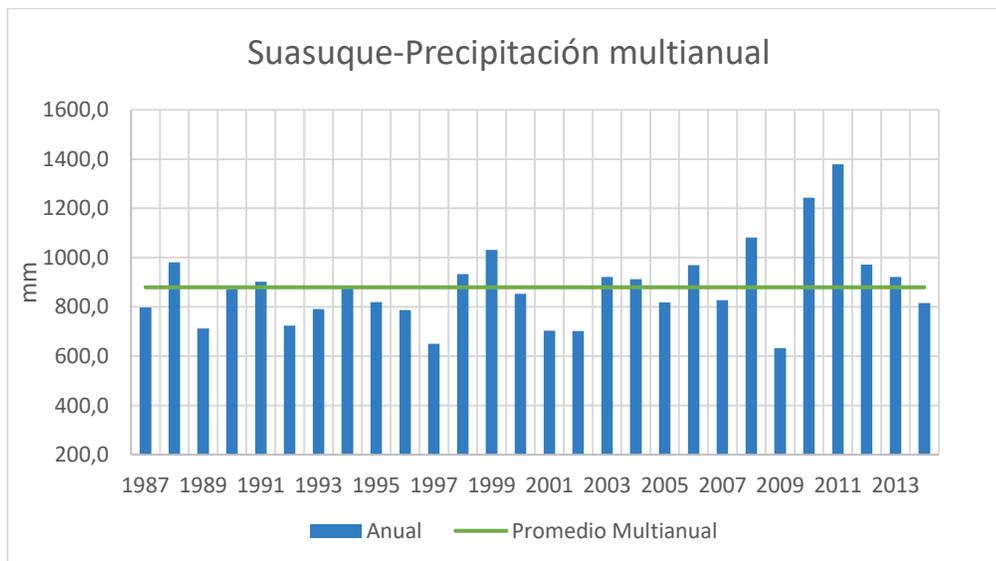


Figura 5.33. Histograma de precipitación multianual estación Suasuke.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

5.2.1.2 Evaporación.

Para el análisis del parámetro de evaporación en la cuenca del Río Teusacá se utilizaron las siguientes estaciones, La bolsa para la cuenca alta, Planta Wiesner para la zona del embalse San Rafael y Aeropuerto Guaimaral para la cuenca baja. A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de evaporación para las estaciones mencionadas.

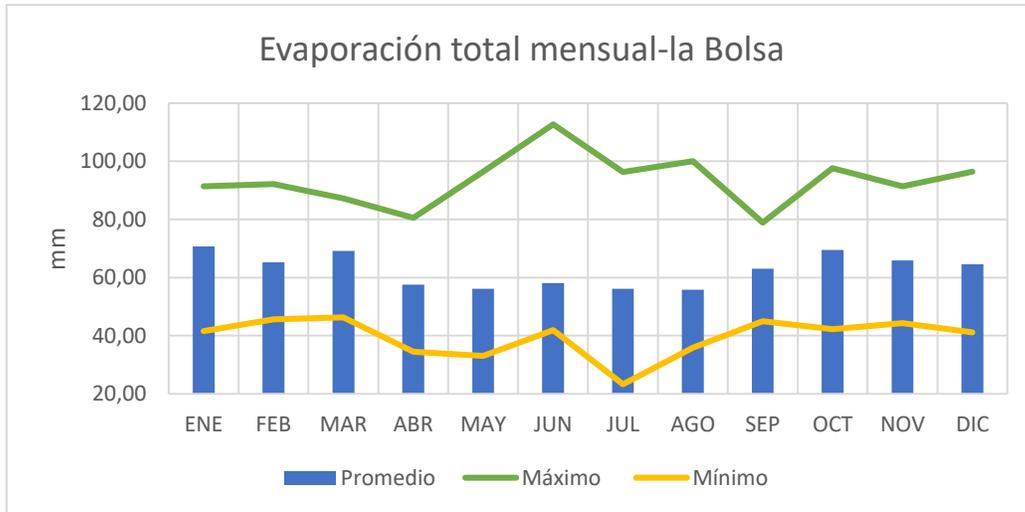


Figura 5.34. Histograma de evaporación total mensual estación La Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

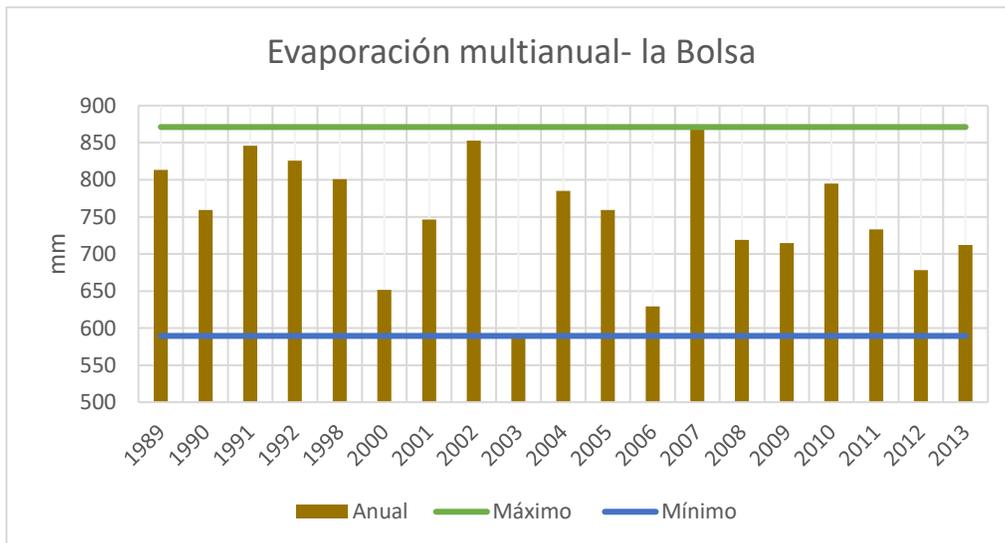


Figura 5.35. Histograma de evaporación total multianual estación la Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede apreciar en la Figura 5.34, el comportamiento de la evaporación es inverso a la precipitación, con los mayores valores se presentan en octubre, enero y marzo. El mayor valor total mensual corresponde al mes de junio del año 2004 con 112.7 mm, y el menor valor se presentó en julio del año 2008 con un valor de 41.9 mm.

Con respecto al comportamiento multianual, se resalta el año 2003, el cual registró la evaporación mínima con un valor de 589.4 mm, y el año con mayor evaporación, corresponde a 2007, con un valor de 871.12 mm.

Como se puede apreciar en la Figura 5.36, el comportamiento de la evaporación es inverso a la precipitación, con los mayores valores se presentan en diciembre, enero, febrero y marzo. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero del año 2003 con 127.6 mm, y el menor valor se presentó en febrero del año 1994 con un valor de 25.4 mm.

Con respecto al comportamiento multianual, se resalta el año 2008, el cual registró la evaporación mínima con un valor de 769.8 mm, y el año con mayor evaporación, corresponde a 2004, con un valor de 986.0 mm. Figura 5.37.

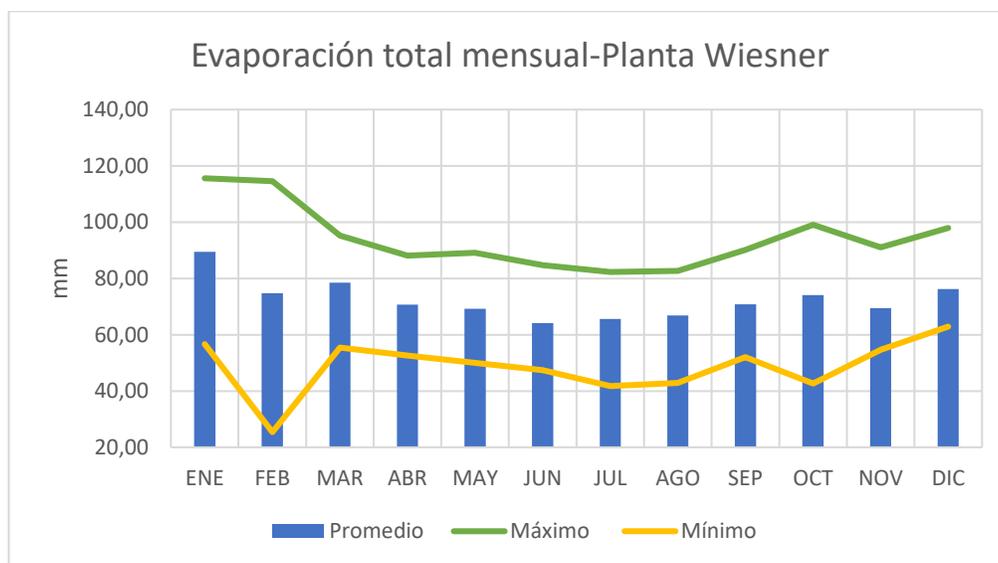


Figura 5.36. Histograma de evaporación total mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

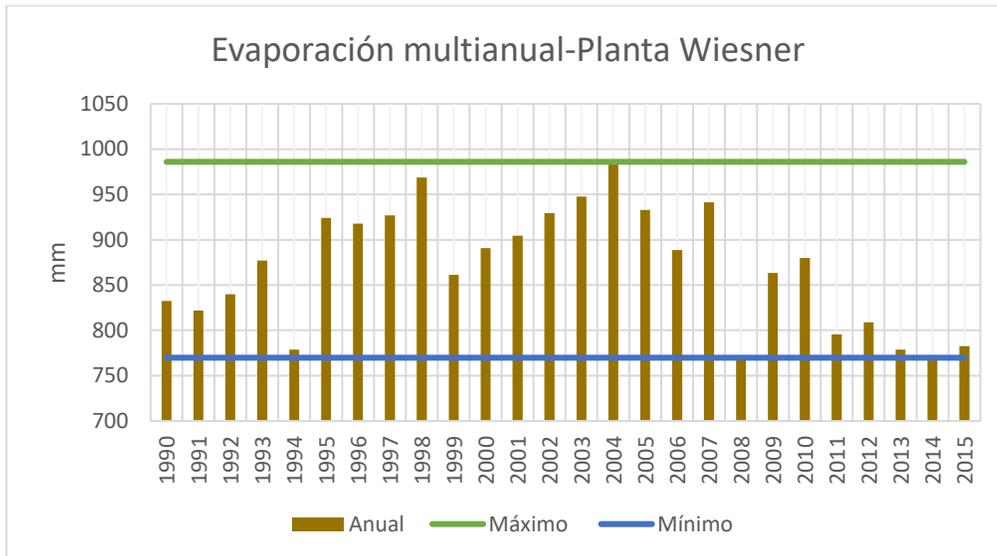


Figura 5.37. Histograma de evaporación total multianual estación Planta Wiesner.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

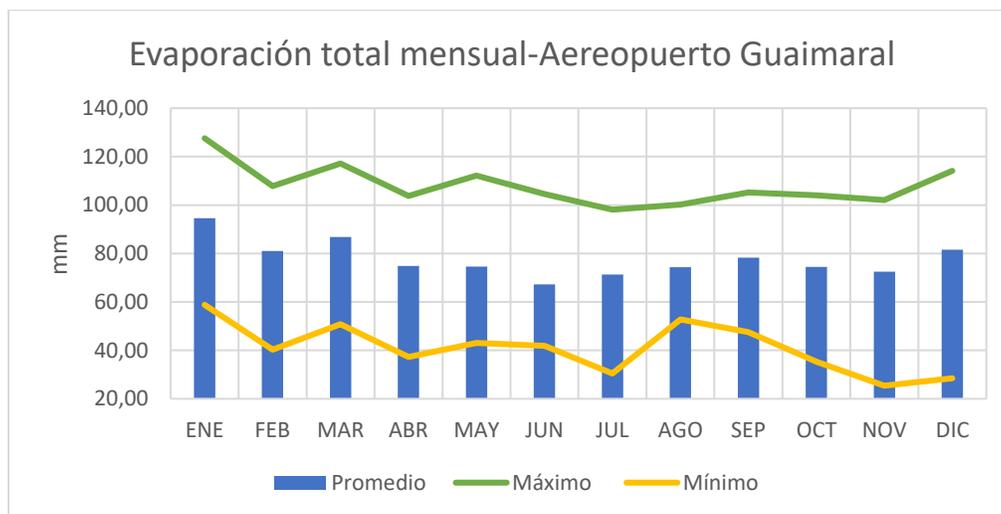


Figura 5.38. Histograma de evaporación total mensual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede apreciar en la **Figura 5.48**, el comportamiento de la evaporación es inverso a la precipitación, los mayores valores se presentan en diciembre, enero, febrero y marzo. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero del año 1977 con 127.6 mm, y el menor valor se presentó en diciembre del año 2014 con un valor de 28.4 mm.

Con respecto al comportamiento multianual, se resalta el año 1980, el cual registró la evaporación mínima con un valor de 751.0 mm, y el año con mayor evaporación, corresponde a 1969, con un valor de 1122.4 mm.

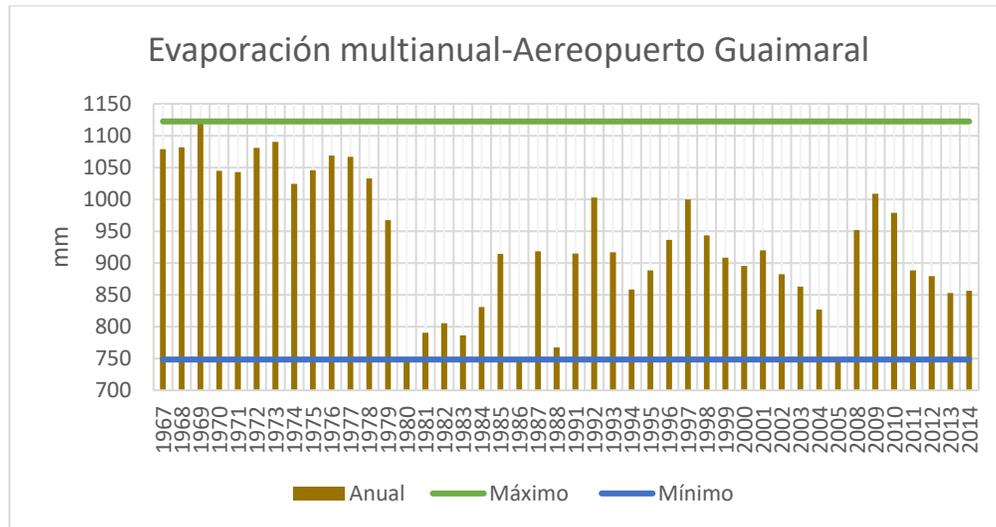


Figura 5.39. Histograma de evaporación total multianual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

5.2.1.3 Brillo solar.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de brillo solar para las estaciones de la Bolsa, Planta Wiesner y Aeropuerto Guaimaral.

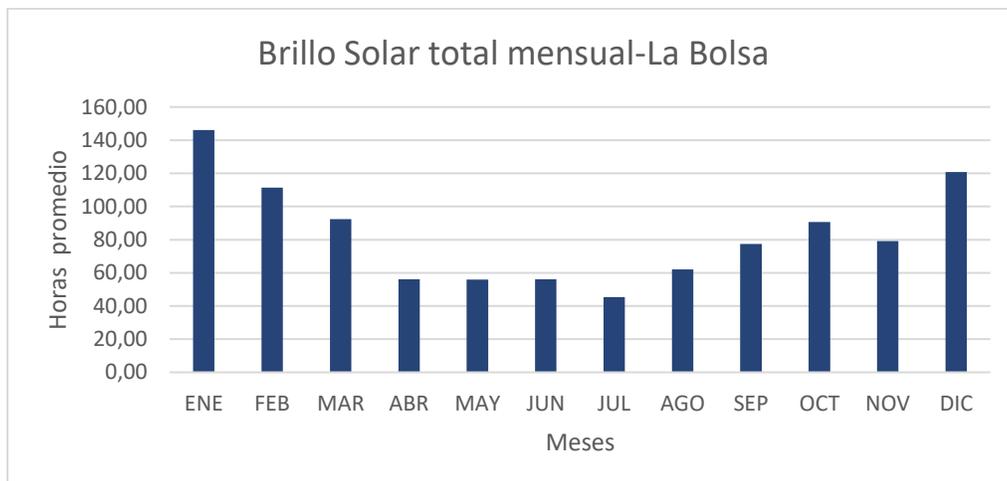


Figura 5.40. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación la Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Como se mencionó en la evaluación de la evaporación, el comportamiento del brillo solar es inverso a la precipitación y totalmente correlacionado con la evaporación, es como los mayores valores se presentan en diciembre, enero y febrero. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero con un valor de 146.16 horas sol, y el menor valor se presentó en el mes de julio con un valor de 45.29 horas sol. Figura 5.40.

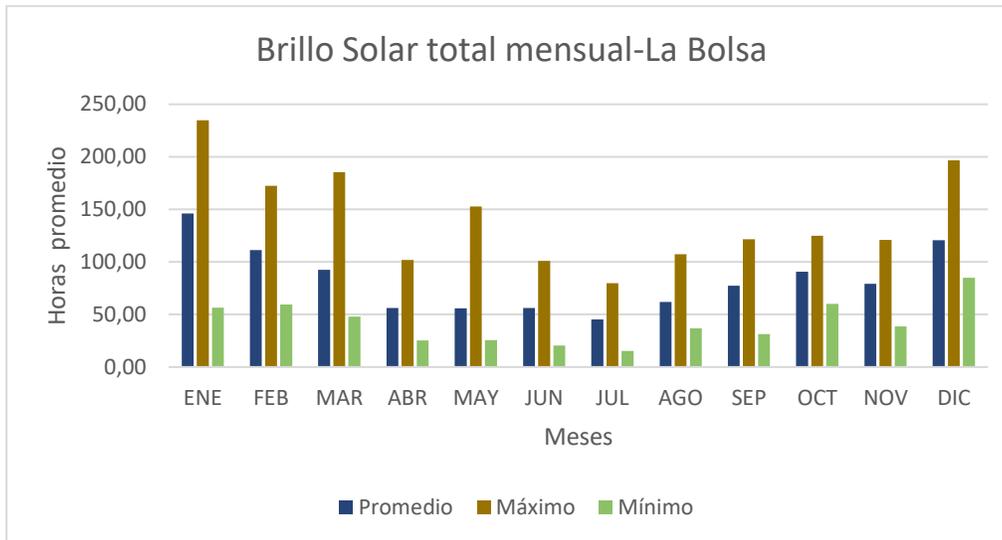


Figura 5.41. Histograma de brillo solar total mensual estación la Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con respecto a los valores totales mensuales promedio, máximo y mínimo de brillo solar, podemos apreciar en la Figura 5.41, que el menor valor total mensual presentado corresponde al mes de julio para el año 1991 con un valor de 15.2 horas sol, y el mayor valor se presentó en el mes enero de 2003 con un valor de 234.7.

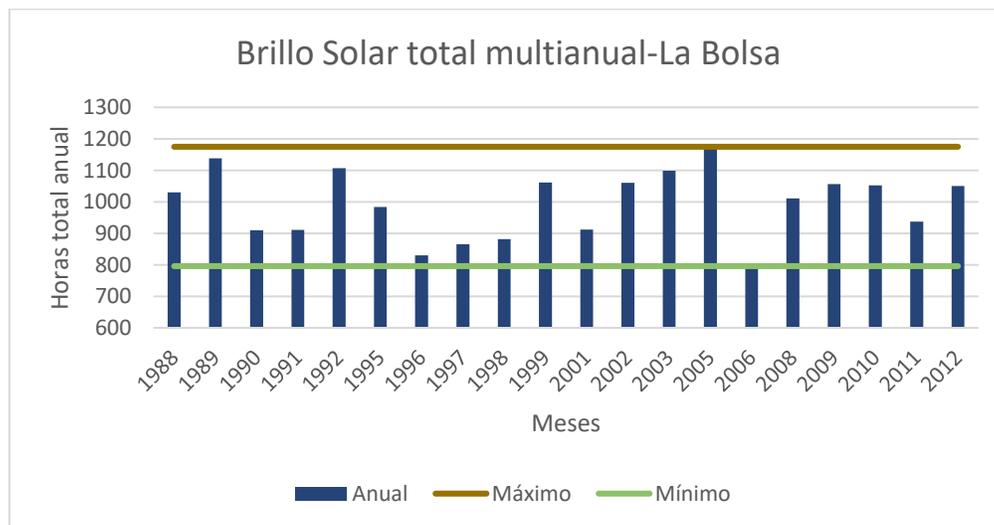


Figura 5.42. Histograma de brillo solar total multianual estación la Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

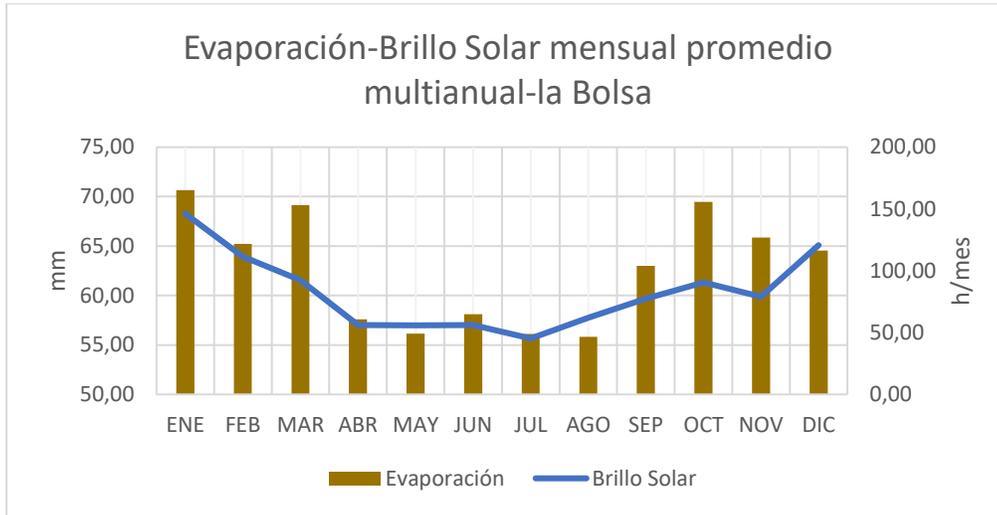


Figura 5.43. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación la Bolsa.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con el fin de conocer gráficamente la correlación existente entre la evaporación y el brillo solar en la estación la Bolsa y además ratificar la confiabilidad de los registros, se procedió a elaborar la Figura 5.43, donde se ve claramente la proporcionalidad entre los datos, caso diferente a la correlación entre la precipitación y la evaporación, que serían inversamente proporcional, aunque no se aprecia claramente la relación de las variables, debido a que no se presenta un cambio significativo de los valores de evaporación en la Figura 5.44.

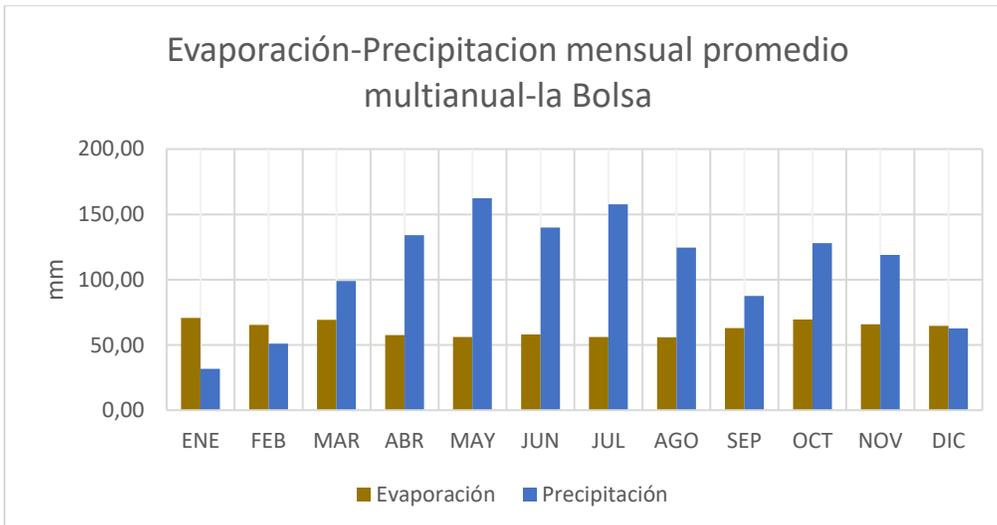


Figura 5.44. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación las Bolsa.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

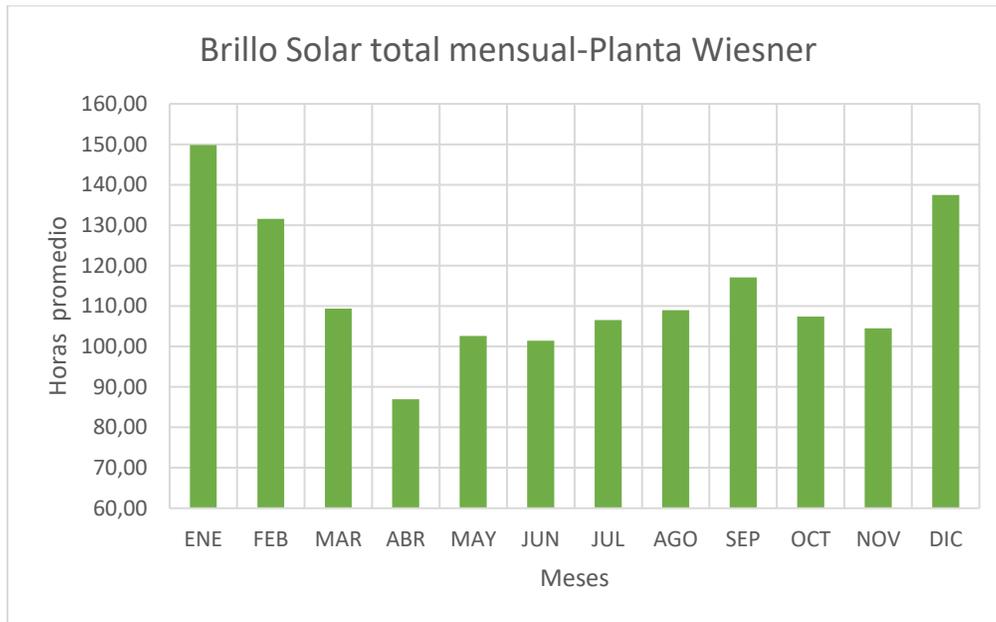


Figura 5.45. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a los valores totales mensuales promedio, máximo y mínimo de brillo solar,
 podemos apreciar en la Figura 5.46, que el menor valor total mensual presentado
 corresponde al mes de julio para el año 2011 con un valor de 28.6 horas sol, y el mayor
 valor se presentó en el mes enero de 2003 con un valor de 220.9.

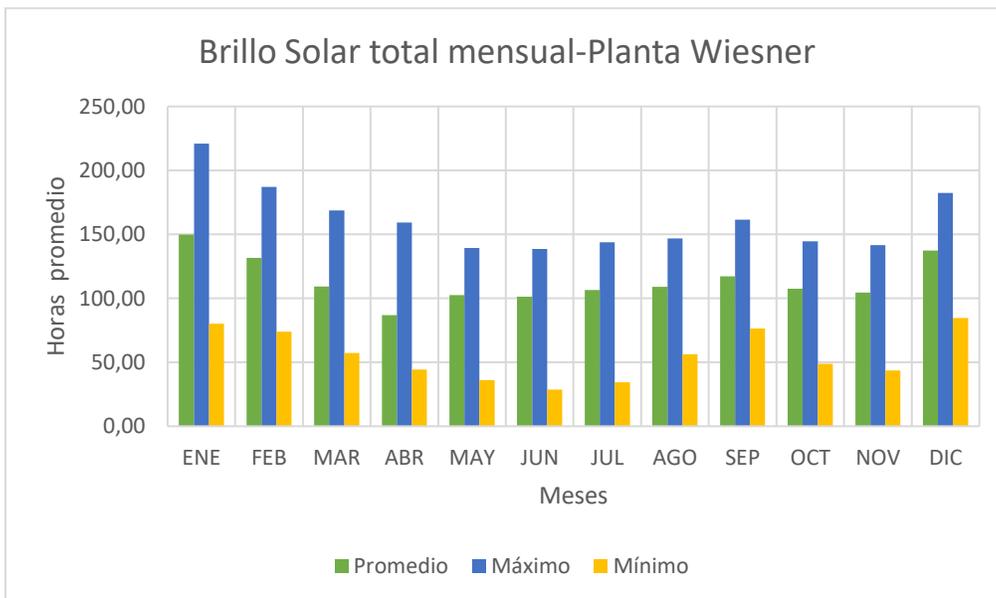


Figura 5.46. Histograma de brillo solar total mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

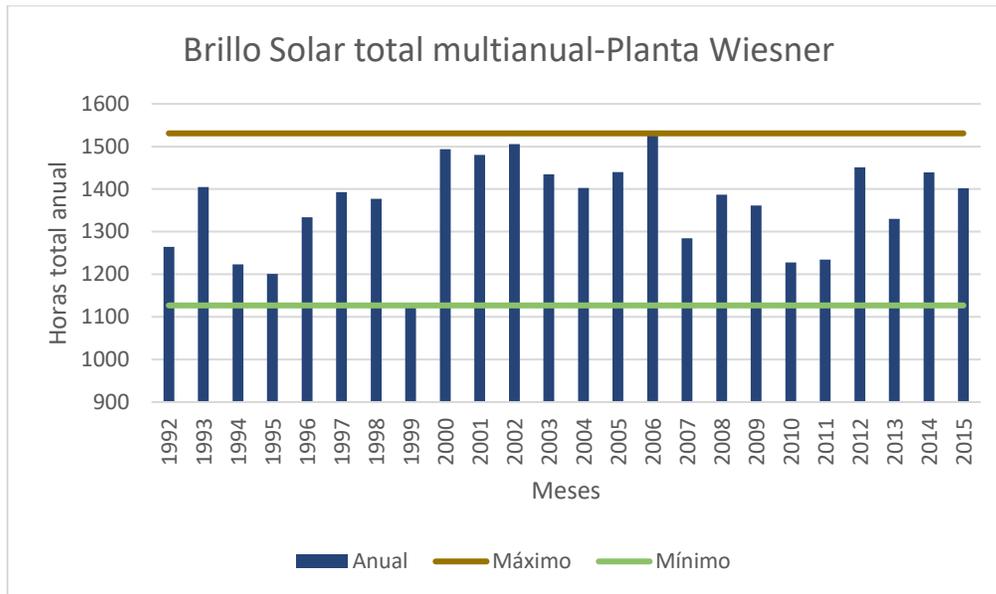


Figura 5.47. Histograma de brillo solar total multianual estación Planta Wiesner.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se mencionó en la evaluación de la evaporación, el comportamiento del brillo solar es inverso a la precipitación y totalmente correlacionado con la evaporación, es como los mayores valores se presentan en diciembre, enero y febrero. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero con un valor de 146.79 horas sol, y el menor valor se presentó en el mes de julio con un valor de 86.98 horas sol.

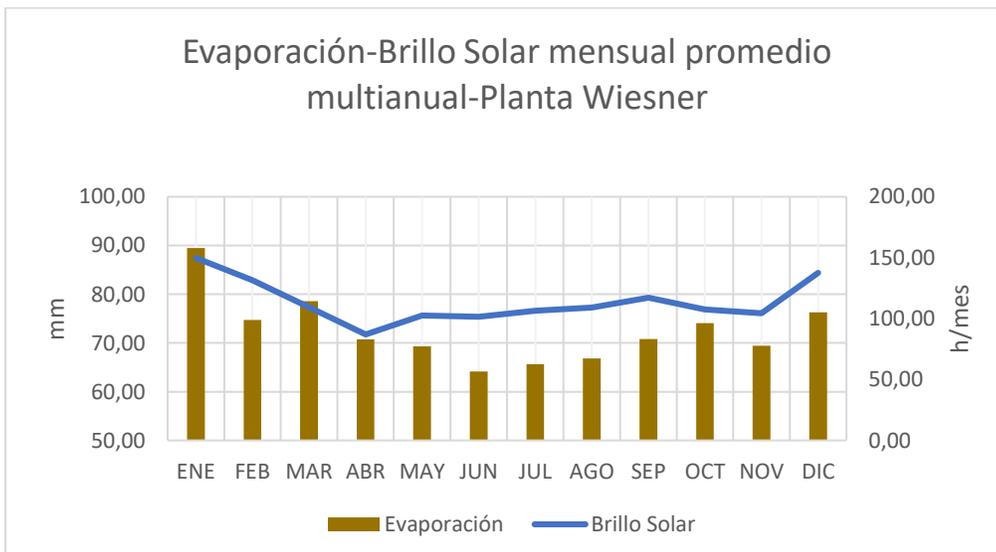


Figura 5.48. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

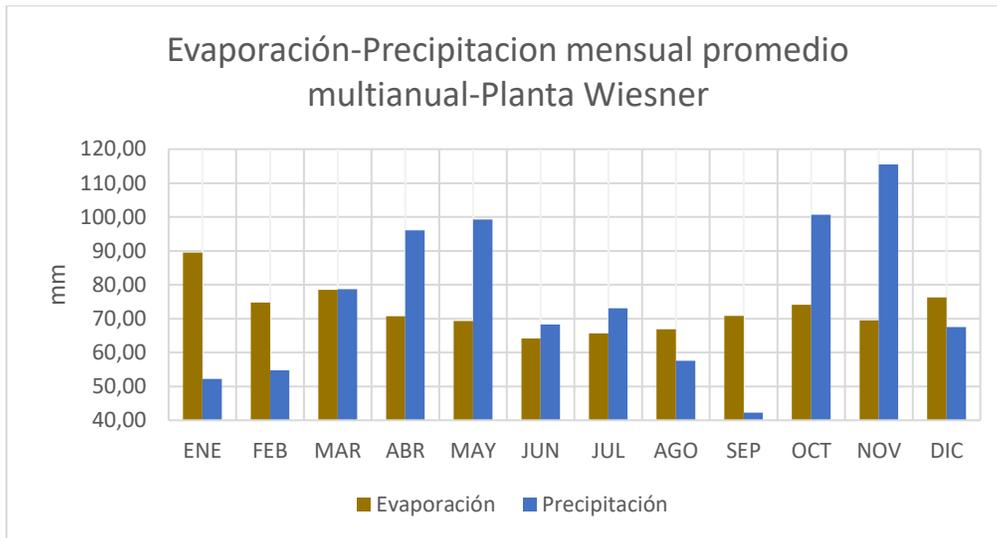


Figura 5.49. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con el fin de conocer gráficamente la correlación existente entre la evaporación y el brillo solar en la estación Planta Wiesner y además ratificar la confiabilidad de los registros, se procedió a elaborar la Figura 5.48, donde se ve claramente la proporcionalidad entre los datos, caso diferente a la correlación entre la precipitación y la evaporación, que serían inversamente proporcional, se aprecia claramente la relación de las variables, debido a que se presenta un cambio significativo de los valores de evaporación en los meses con menor precipitación, ver la Figura 5.49.

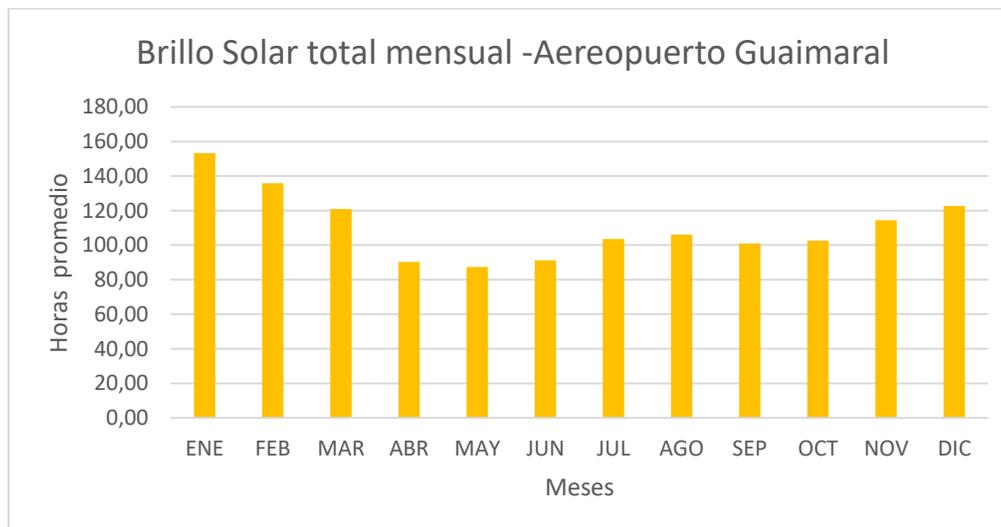


Figura 5.50. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

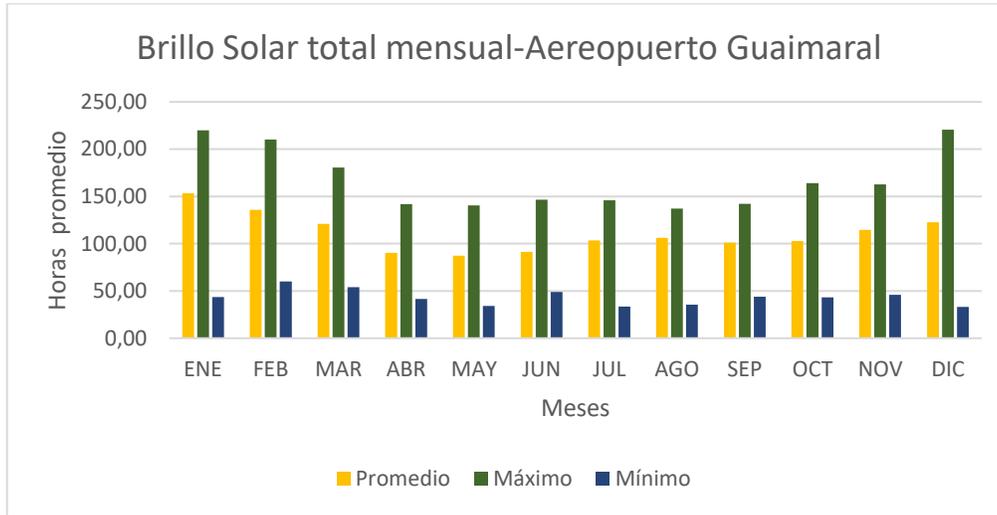


Figura 5.51. Histograma de brillo solar total mensual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con respecto a los valores totales mensuales promedio, máximo y mínimo de brillo solar, podemos apreciar en la Figura 5.51, que el menor valor total mensual presentado corresponde al mes de julio para el año 2005 con un valor de 33.2 horas sol, y el mayor valor se presentó en el mes enero de 1974 con un valor de 220.5.

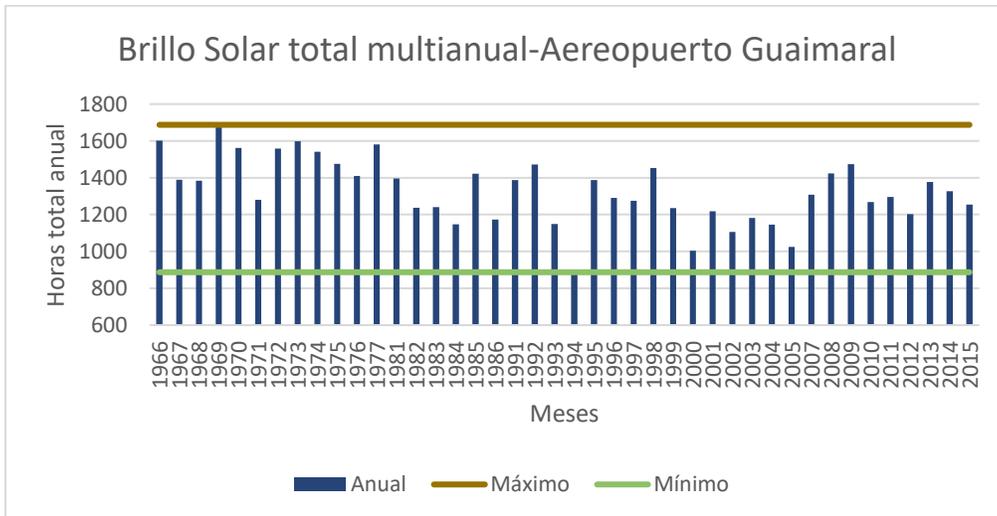


Figura 5.52. Histograma de brillo solar total multianual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Como se mencionó en la evaluación de la evaporación, el comportamiento del brillo solar es inverso a la precipitación y totalmente correlacionado con la evaporación, es como los mayores valores se presentan en diciembre, enero y febrero. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero con un valor de 153.22 horas sol, y el menor valor se presentó en el mes de julio con un valor de 87.35 horas sol. Figura 5.53.

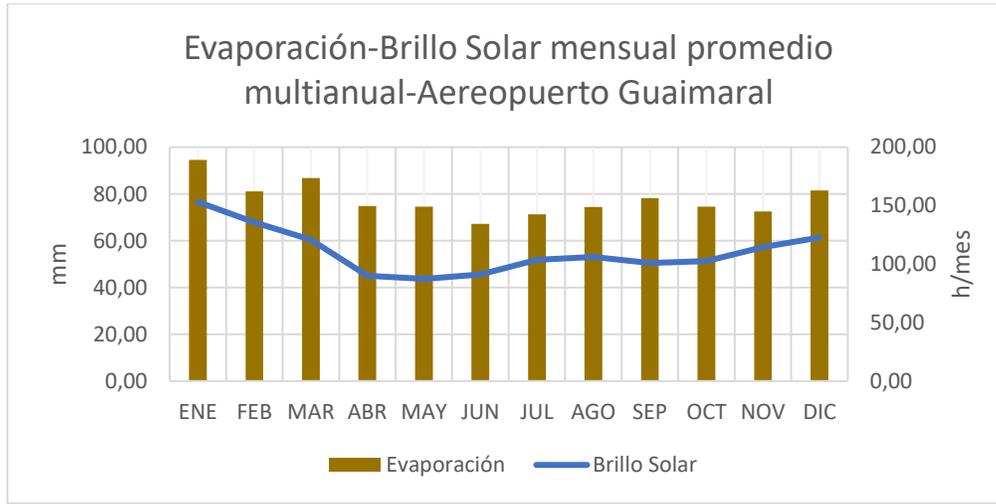


Figura 5.53. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con el fin de conocer gráficamente la correlación existente entre la evaporación y el brillo solar en la estación Aeropuerto Guaimaral y además ratificar la confiabilidad de los registros, se procedió a elaborar la Figura 5.53, donde se ve claramente la proporcionalidad entre los datos, caso diferente a la correlación entre la precipitación y la evaporación, que serían inversamente proporcional, se aprecia claramente la relación de las variables, debido a que se presenta un cambio significativo de los valores de evaporación en los meses con menor precipitación como enero y febrero ver la Figura 5.54.

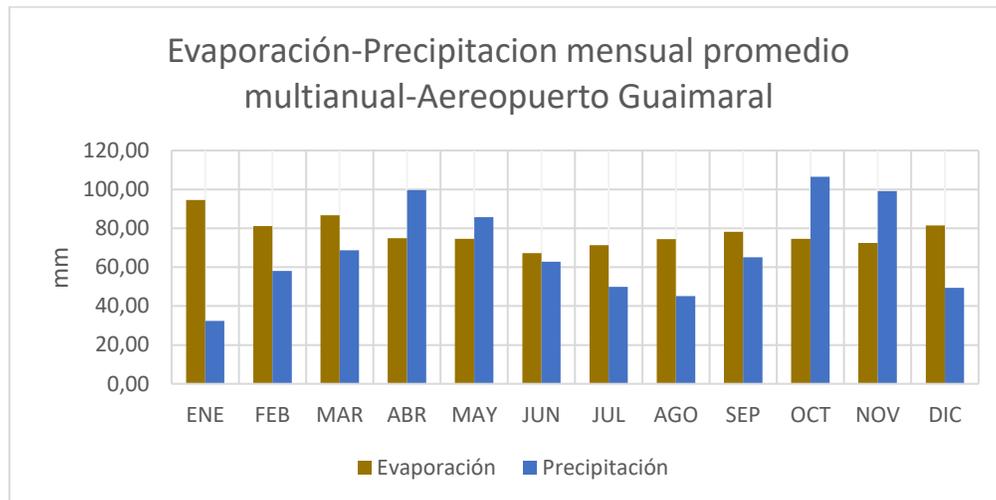


Figura 5.54. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

5.2.1.4 Humedad relativa.

Para el análisis de este parámetro climatológico se manejaron dos estaciones: la Bolsa para la cuenca alta del Río Teusacá, para la cuenca media y baja se utilizó la estación Aeropuerto Guaimaral. A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de humedad relativa de cada una de las estaciones

En la Figura 5.55, se aprecia el comportamiento de la humedad relativa, que es ligeramente parecido al comportamiento de la precipitación, con los mayores valores entre los meses de junio y agosto, y menor valor en el mes de enero.

El menor valor corresponde al mes de enero correspondiente a 73% y el mayor valor corresponde al mes de julio de 1988 con un valor de 99%, cabe anotar que esta zona donde se encuentra la estación la Bolsa es paramo, lo que implica un incremento considerable de esta variable en todo el año.

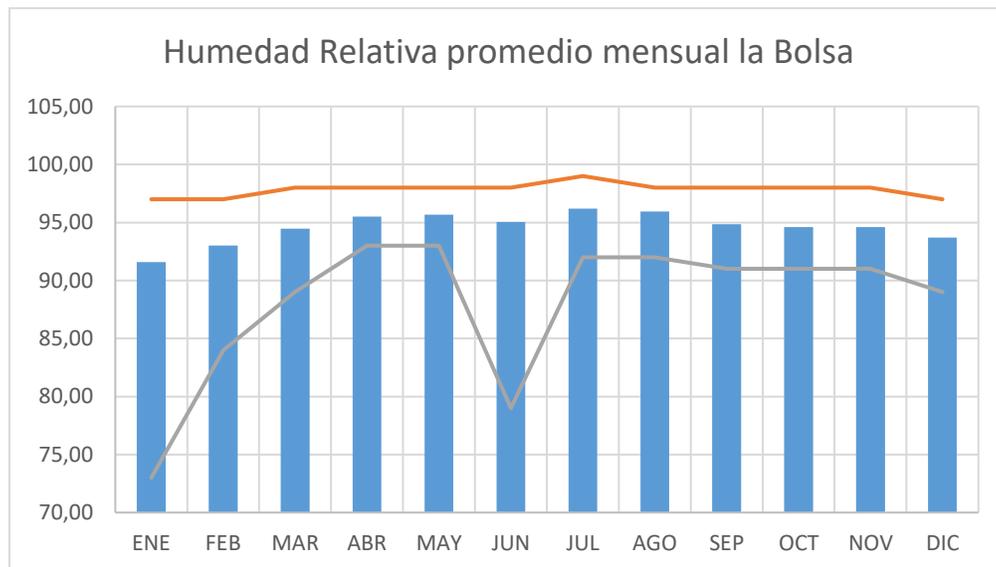


Figura 5.55. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación la Bolsa.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.56, se aprecia el comportamiento de la humedad relativa, que es ligeramente parecido al comportamiento de la precipitación, con los mayores valores entre los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, y menor valor en el mes de enero. Muy similar a régimen bimodal de la sabana de Bogotá.

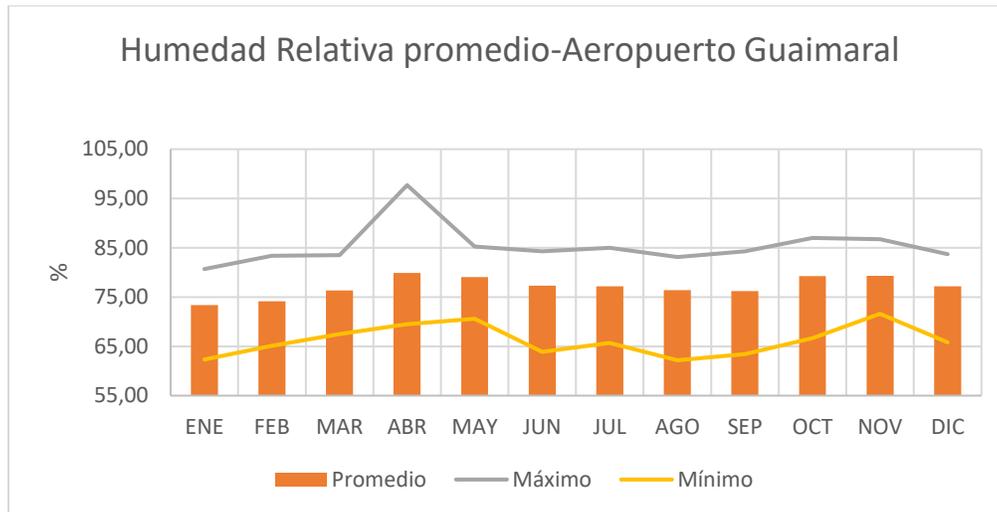


Figura 5.56. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación Aeropuerto Guaimaral.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El menor valor corresponde al mes de enero correspondiente a 62.36% y el mayor valor corresponde al mes de abril de 1975 con un valor de 97.7%, cabe anotar que esta zona donde se encuentra la estación Aeropuerto Guaimaral es la sabana de Bogotá donde la frecuencia de humedad se encuentra entre el 73-79% de humedad relativa, lo que implica una constante precipitación y humedad en el ambiente todo el año.

5.2.1.5 Temperatura

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de temperatura media, temperatura máxima (termómetro de máxima) y temperatura mínima (termómetros de mínima) para las estaciones de la Bolsa, Planta Wiesner y Aeropuerto Guaimaral que caracteriza desde la cuenca alta hasta la desembocadura del Río Teusacá.

- Temperatura media La Bolsa:

En la Figura 5.57, aparece el mes de julio con el menor valor promedio mensual 7.97 °C, y mínimo promedio mensual de 6.40 °C en febrero de 1989, con respecto al máximo de los promedios mensuales corresponde al mes de diciembre con un valor de 8.74 °C y el mes con mayor temperatura promedio es enero de 1991 con un valor de 10.2 °C.

En la Figura 5.58, aparece el histograma de valores medios multianuales, siendo el año 1992 como el de mayor temperatura con un valor de 9.00 °C.

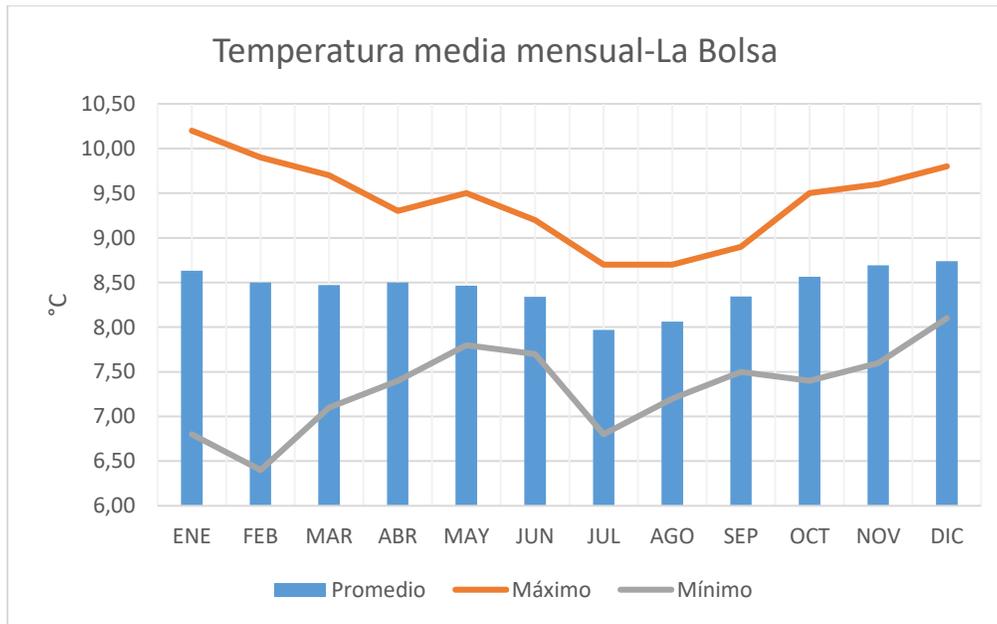


Figura 5.57. Histograma temperatura media mensual estación La Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

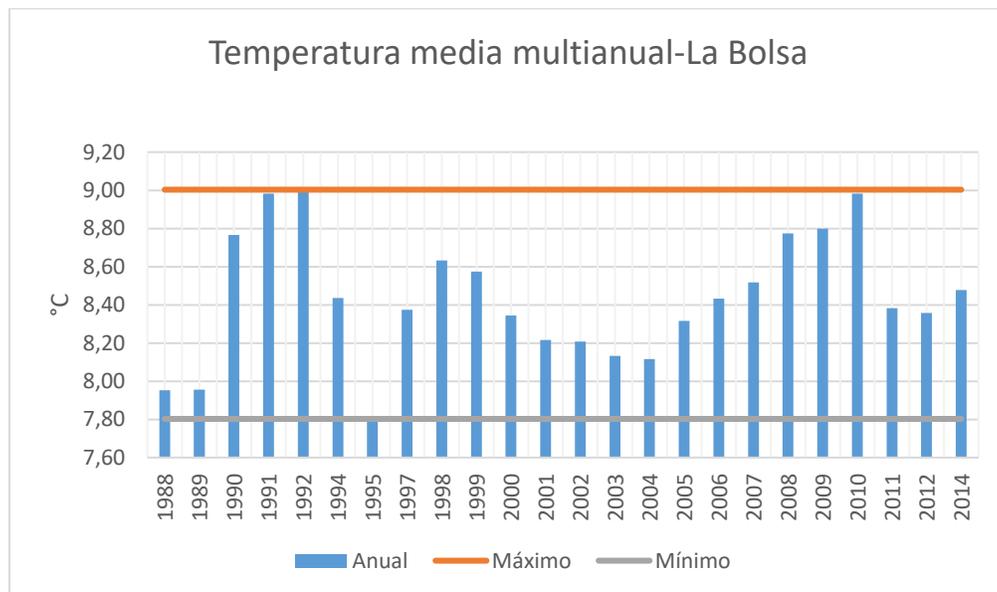


Figura 5.58. Histograma temperatura media multianual estación la Bolsa.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

- Temperatura media Planta Wiesner.

En la Figura 5.59, aparece el mes de julio con el menor valor promedio mensual 12.45 °C, y mínimo promedio mensual de 9.60 °C en agosto de 2014, con respecto al máximo de los

promedios mensuales corresponde al mes de diciembre con un valor de 13.27 °C y el mes con mayor temperatura promedio es febrero de 1998 con un valor de 15.1 °C.

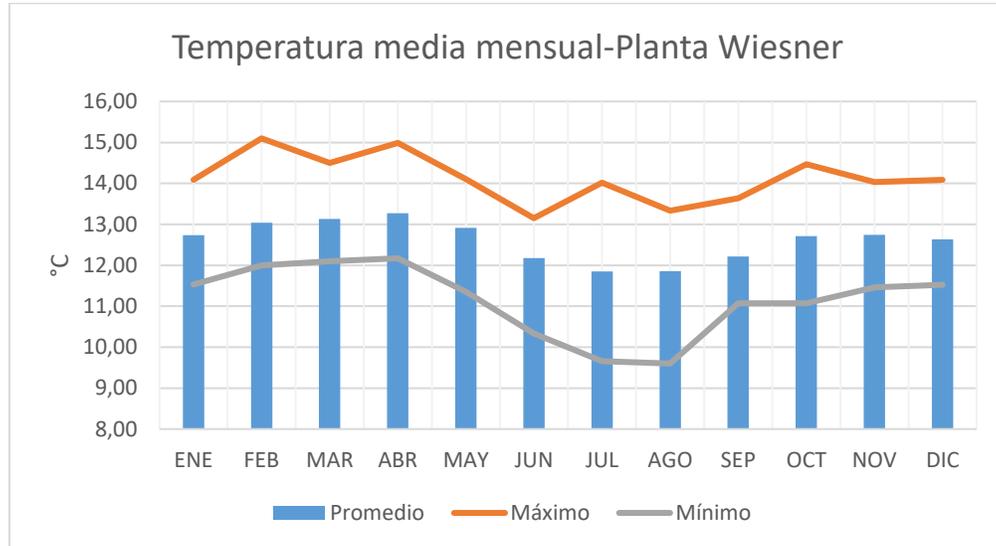


Figura 5.59. Histograma temperatura media mensual estación Planta Wiesner.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.60, aparece el histograma de valores medios multianuales, siendo el año 1998 como el de mayor temperatura con un valor de 13.53 °C.

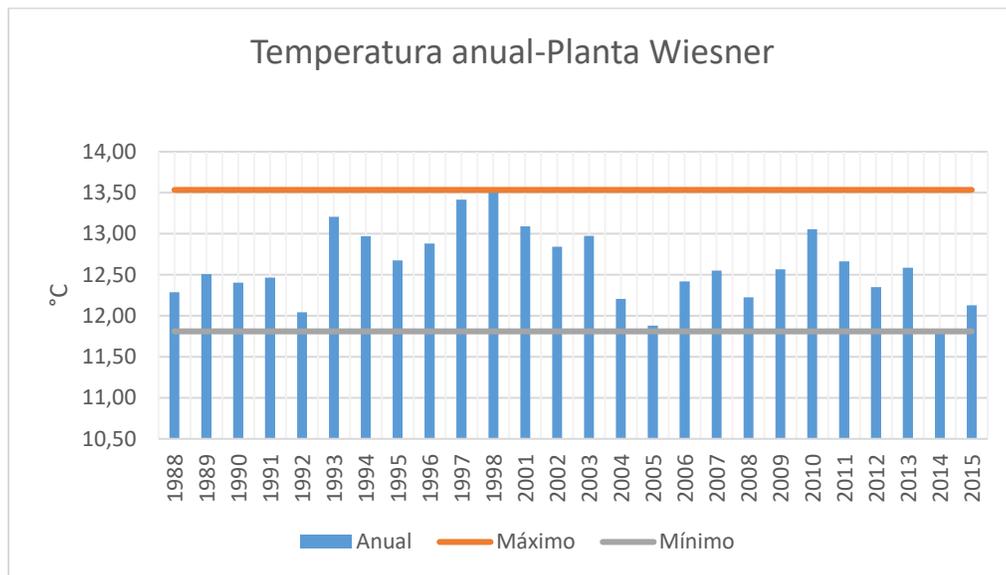


Figura 5.60. Histograma temperatura media multianual estación Planta Wiesner.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura media Aeropuerto Guaimaral.

En la Figura 5.61, aparece el mes de julio con el menor valor promedio mensual 11.85 °C, y mínimo promedio mensual de 7.15 °C en julio de 2003 y 2005, con respecto al máximo de los promedios mensuales corresponde al mes de abril con un valor de 13.88 °C y el mes con mayor temperatura promedio es septiembre de 2015 con un valor de 26.2 °C.

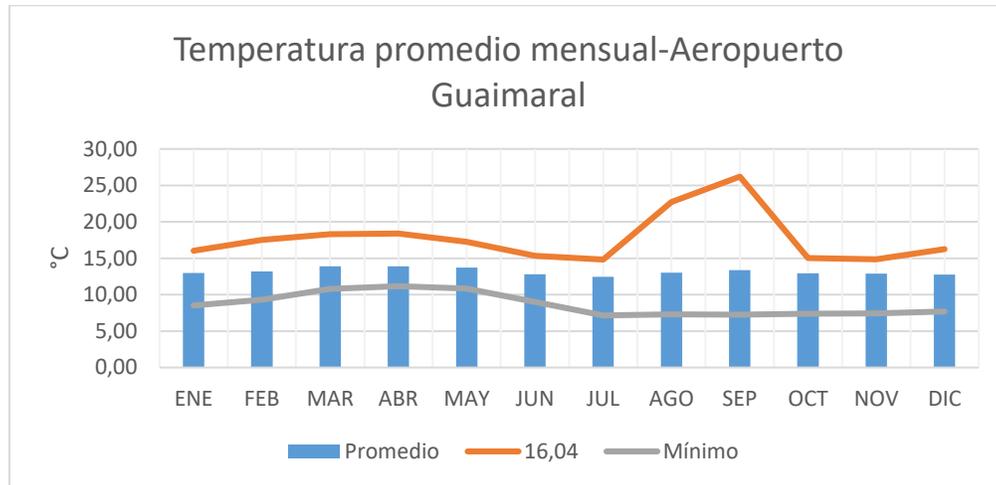


Figura 5.61. Histograma temperatura media mensual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.62, aparece el histograma de valores medios multianuales, siendo el año 2013 como el de mayor temperatura con un valor de 15.34°C.

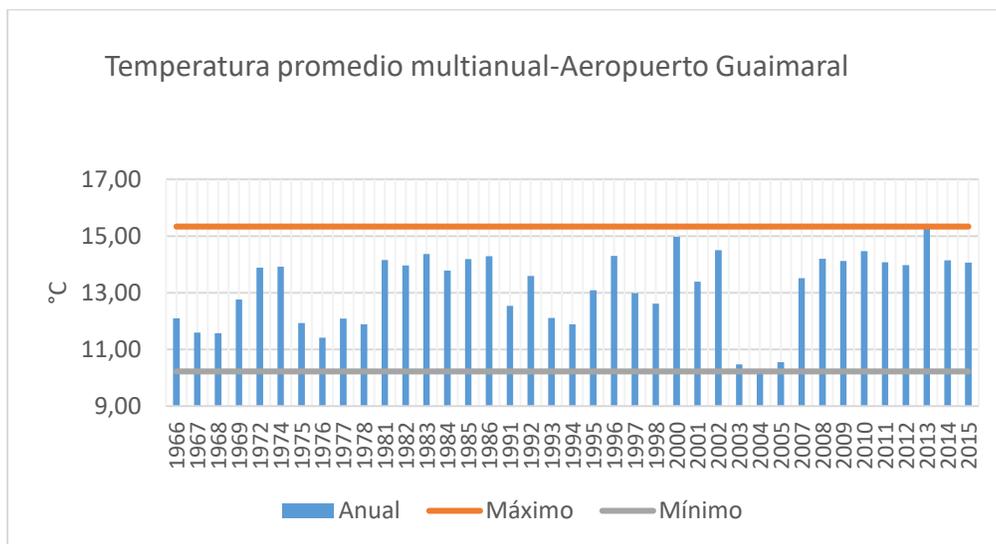


Figura 5.62. Histograma temperatura media multianual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura mínima La Bolsa

En la Figura 5.63, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de mínima, donde se aprecia muy poca diferencia a lo largo del año, siendo el mes de julio el de menor valor con 8.07 °C y el mes de diciembre, con el mayor valor de 8.74°C, con diferencia de apenas 0.64°C entre dichos extremos. Con respecto al mínimo de las temperaturas mínimas se presentó en febrero de 1989 con un valor de 6.4°C.

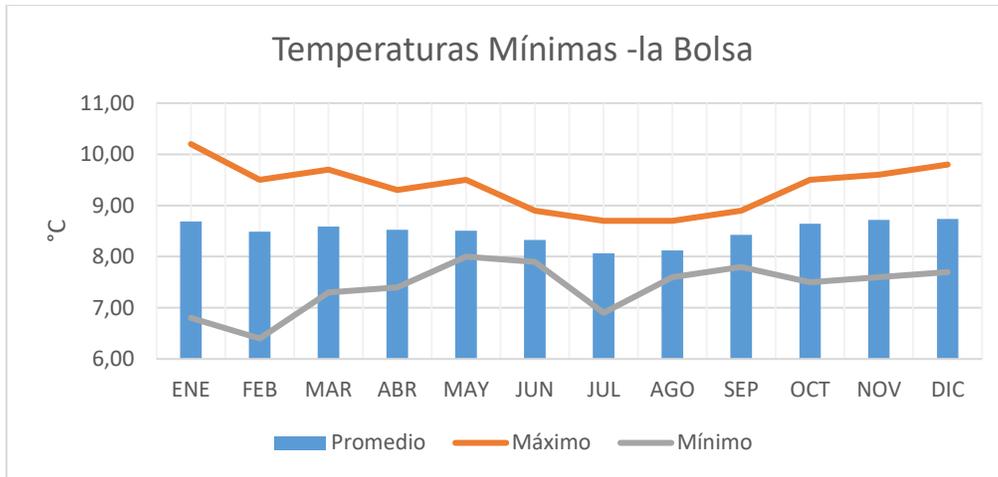


Figura 5.63. Histograma temperatura mínima estación la Bolsa.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.64, aparece el histograma de valores mínimos multianuales, siendo el año 2004 como el de menor temperatura con un valor de 8.12°C.

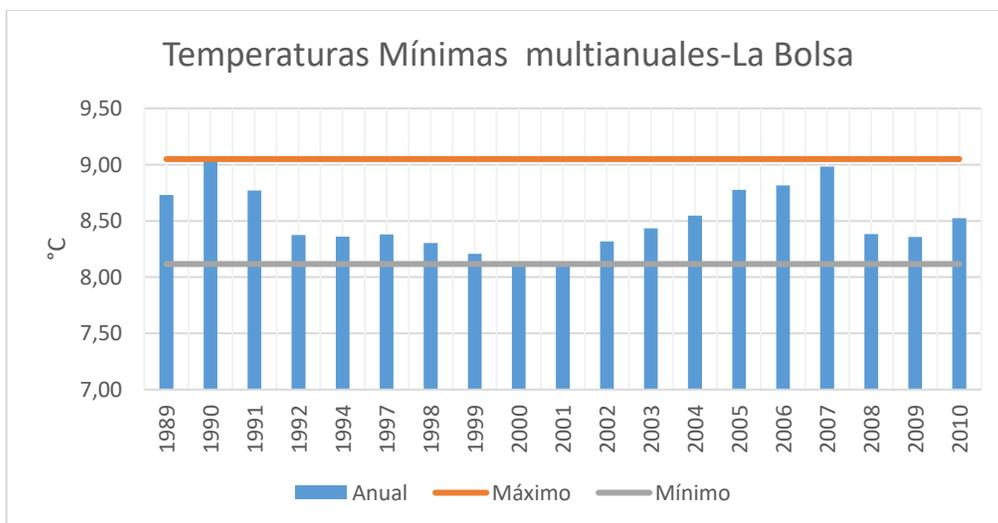


Figura 5.64. Histograma temperatura mínima multianual estación la Bolsa.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Temperatura mínima Aeropuerto Guaimaral.

En la Figura 5.65, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de mínima, donde se aprecia muy poca diferencia a lo largo del año y se cumple un comportamiento similar a las temperaturas medias, siendo el mes de enero el de menor valor con 6.0 °C y el mes de abril, con el mayor valor de 8.9°C, con diferencia de 2.9°C entre dichos extremos. Con respecto al mínimo de las temperaturas se presentó en febrero de 2007 con un valor de 1.5°C.

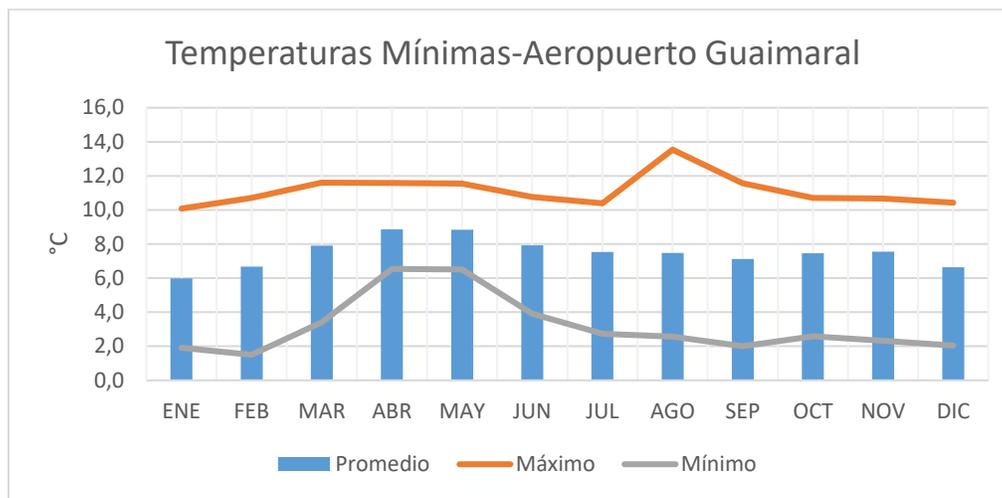


Figura 5.65. Histograma temperatura mínima estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.66, aparece el histograma de valores mínimos multianuales, siendo el año 2003 como el de menor temperatura con un valor de 4.66°C.

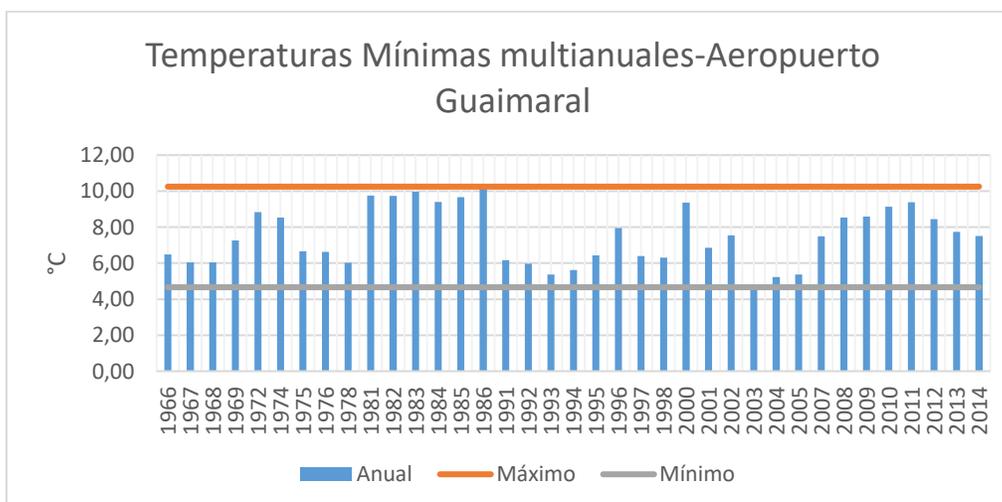


Figura 5.66. Histograma temperatura mínima multianual estación Aeropuerto Guaimaral.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Temperatura máxima la Bolsa

En la Figura 5.67, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de máxima, donde se aprecia muy poca diferencia a lo largo del año, siendo el mes de julio el de menor valor con 8.02 °C y el mes de diciembre, con el mayor valor de 8.88 °C, con diferencia de apenas 0.86°C entre dichos extremos. Con respecto al máximo presentado corresponde 12.23 °C en el mes de noviembre de 1995.

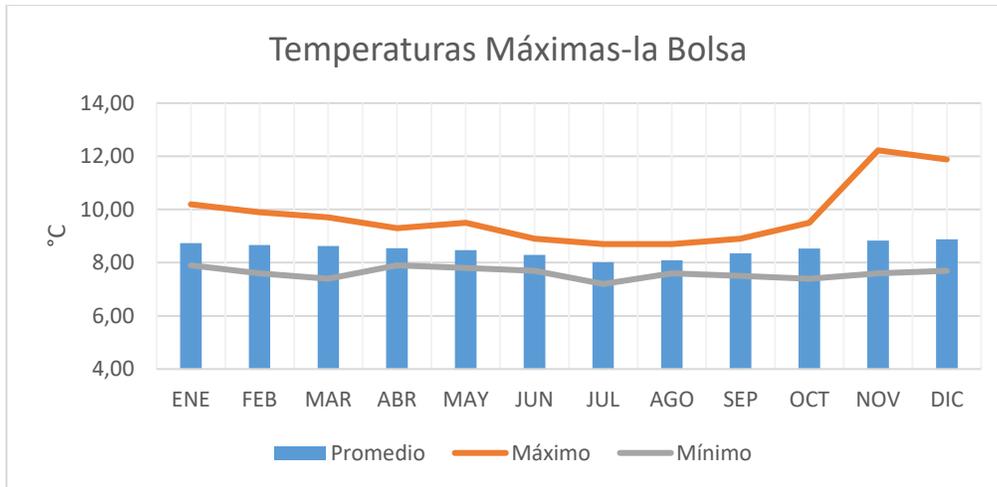


Figura 5.67. Histograma temperatura máxima estación la Bolsa.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.68, aparece el histograma de valores máximos multianuales, siendo el año 1998 como el de mayor temperatura con un valor de 4.66°C.

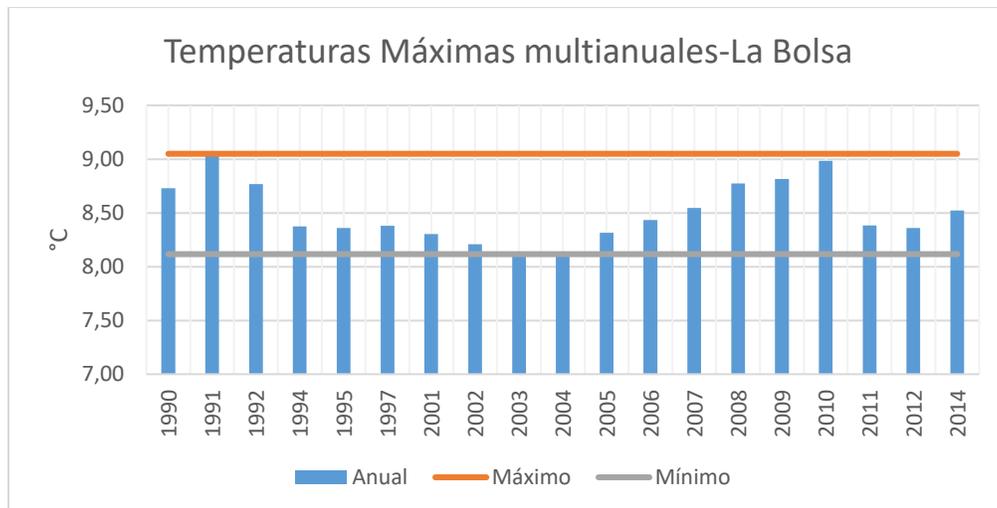


Figura 5.68. Histograma temperatura máxima multianual estación la Bolsa.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura máxima Aeropuerto Guaimaral

En la Figura 5.69, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de máxima, donde se aprecia muy poca diferencia a lo largo del año, siendo el mes de julio el de menor valor con 18.0 °C y el mes de abril, con el mayor valor de 20.8 °C, con diferencia de apenas 2.8 °C entre dichos extremos. Con respecto al máximo presentado corresponde 31.6 °C en el mes de septiembre de 2013.

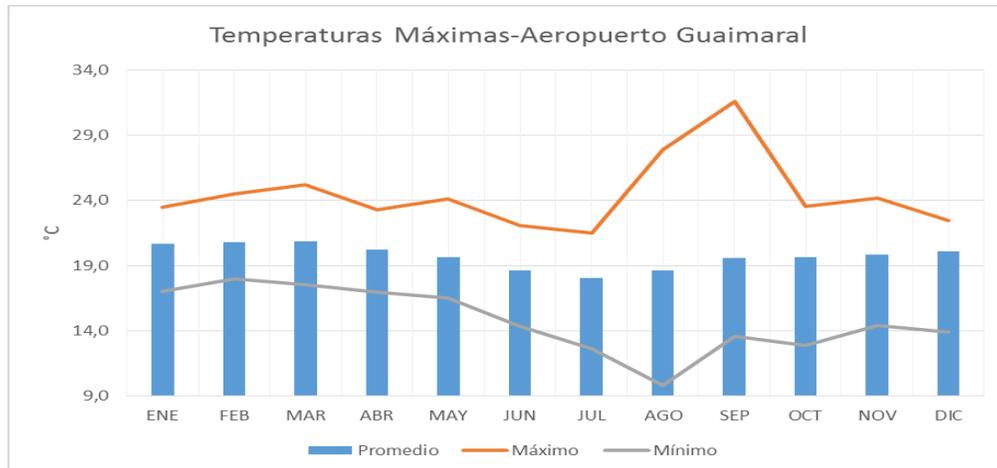


Figura 5.69. Histograma temperatura máxima estación Aeropuerto Guaimaral.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.70, aparece el histograma de valores máximos multianuales, siendo el año 2013 como el de mayor temperatura con un valor de 22.39°C.

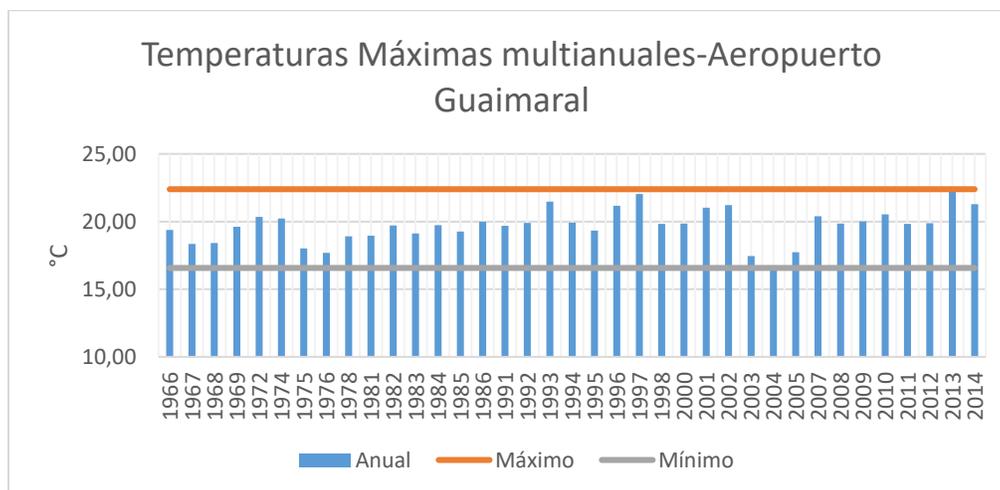


Figura 5.70. Histograma temperatura máxima multianual estación Aeropuerto Guaimaral.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.2.2 Embalse Tominé

Para el estudio de la cuenca del Embalse de Tominé se realiza describiendo cada una de las estaciones que se encuentran dentro de las subcuencas en esta caso Río Siecha y Río Aves y los tributarios que alimentan al Embalse de Tominé, inicialmente para describir el parámetro climático de precipitación se utilizaron sola las estaciones que estén por dentro de la cuenca, de esta manera, se realiza un preciso análisis multitemporal, sin embargo, para las evaluación espacial de las otros parámetros climáticos, se utilizaron la totalidad de estaciones identificadas, incluso, una estación ubicada en cuenca vecina, como la estación localizada en la cuenca del embalse del Sisga.. En el siguiente bloque se describe cada parámetro climático en todas las estaciones mencionadas para la cuenca del Embalse Tominé.

5.2.2.1 Precipitación.

Río Siecha

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación de Santa Cruz de Siecha, está ubicada en la parte alta de la Subcuenca del Río Siecha, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1979 y 2014.

En la Figura 5.71, se aprecia que corresponde a un régimen unimodal característico de la zona de la Orinoquia, con una temporada de lluvia muy marcadas desde de abril a noviembre y una temporada seca desde diciembre a marzo, los picos de precipitación se presentan en julio y junio, disminuyendo hacia la mitad del año, con una época de menores lluvias hacia agosto. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 28.8 mm, y un máximo de 155.9 mm en el mes de julio.

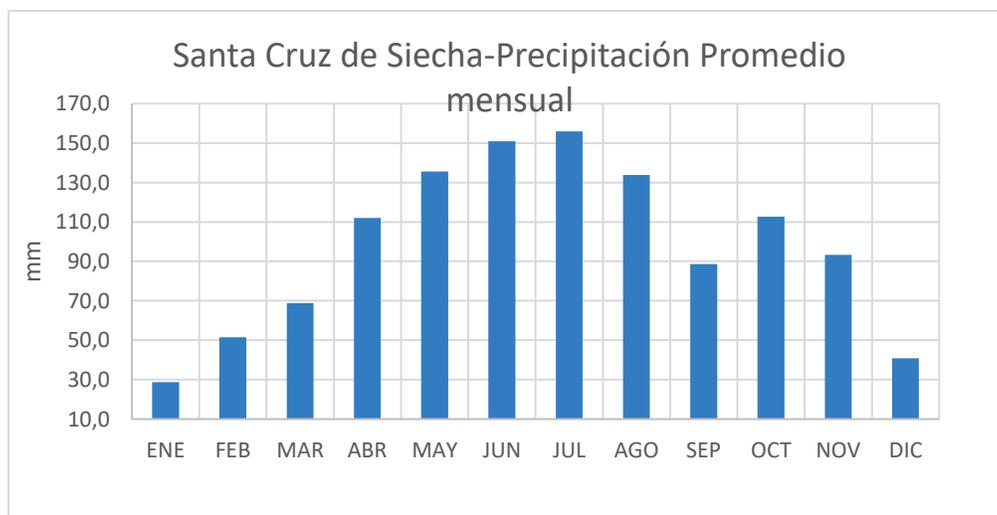


Figura 5.71. Histograma de precipitación mensual estación Santa Cruz de Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.72, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en los meses de enero para los años 1988 y 2010, diciembre en 1997 y un valor máximo para el mes de julio de 1997 de 360 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 35 años.

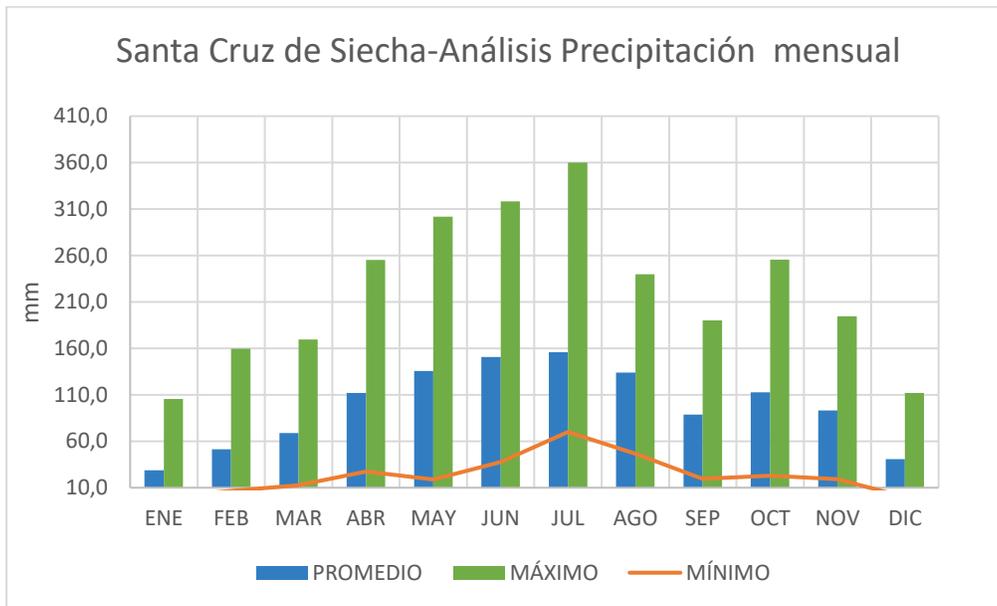


Figura 5.72. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Santa Cruz de Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

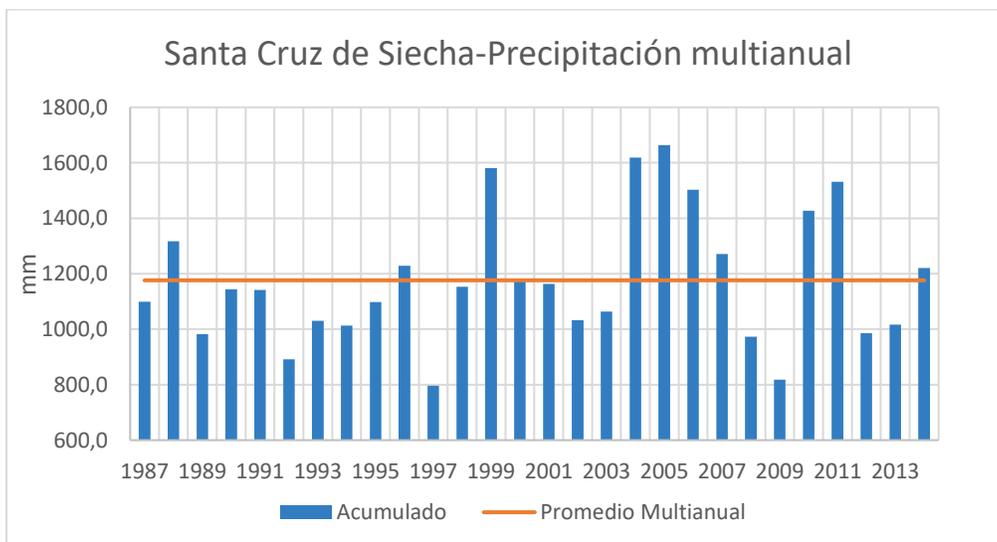


Figura 5.73. Histograma de precipitación multianual estación Santa Cruz de Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.73, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación de Santa Cruz de Siecha, se resalta el año 1997 como el de menor precipitación con un valor 796.4 mm, es decir, tan solo el 69.9% del promedio multianual, que corresponde a 1144.0 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1663.4 mm, superando a la media en un 45.4%.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación de San José, se encuentra ubicada en la subcuenca de Río Siecha cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

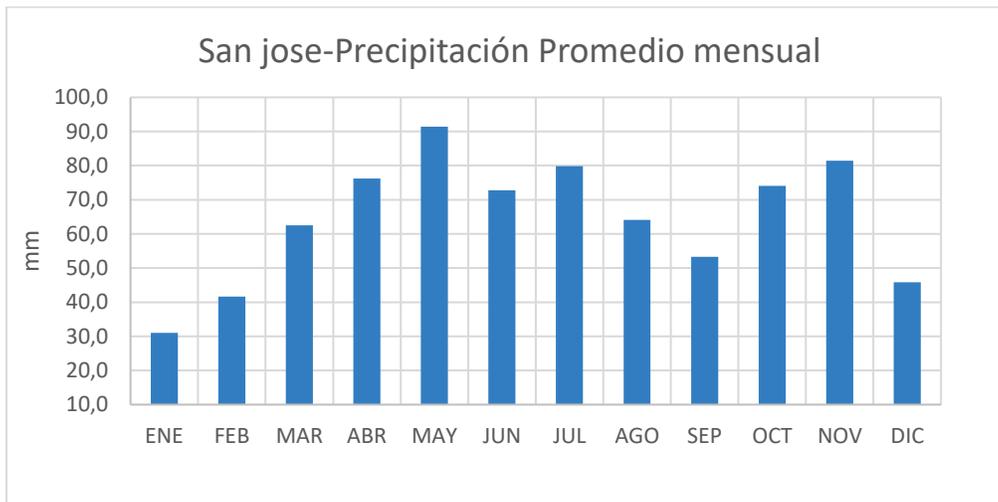


Figura 5.74. Histograma de precipitación mensual estación San José.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

En la Figura 5.74, se aprecia un régimen de transición entre unimodal y bimodal característico del zona entre la sabana de Bogotá y la Orinoquia que aumenta las precipitaciones en el segundo semestre, con dos temporadas de lluvias muy marcadas de abril a agosto y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y de vientos alisios del sureste provenientes de la Orinoquia, ocasionando picos de precipitación en los meses julio y noviembre, disminuyendo hacia el final y principio del año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 31.1 mm, y un máximo de 91.5 mm en el mes de mayo.

En la Figura 5.75, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero para los años 2001, 2007 y 2013, adicionalmente 0 mm en diciembre de 2009. También se observa un valor máximo para el mes de agosto de 2001 de 194 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 27 años.

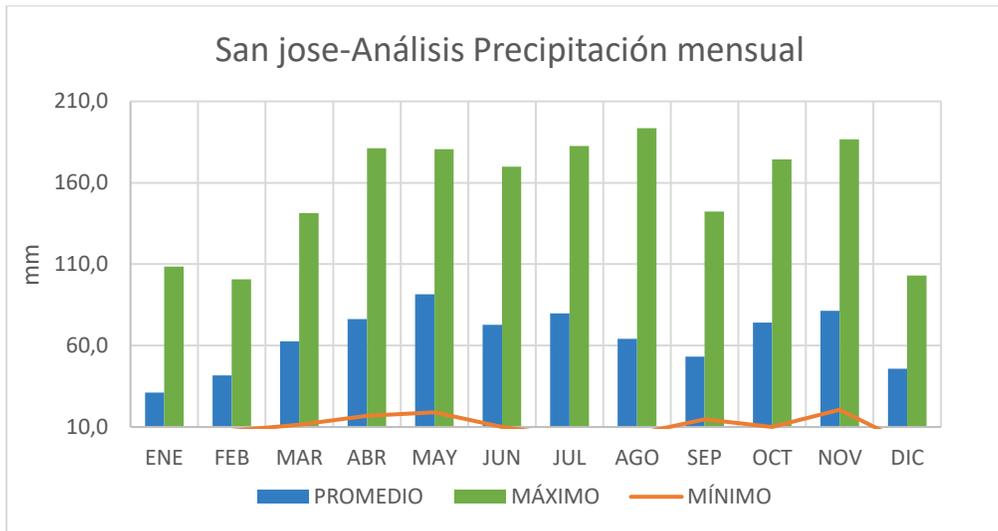


Figura 5.75. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San José.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.76, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación San José, se resalta el año 2009 como el de menor precipitación con un valor 493.7 mm, es decir, el 63% menor que del promedio multianual, que corresponde a 774.1 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1196.3 mm, superando a la media en un 54.5%.

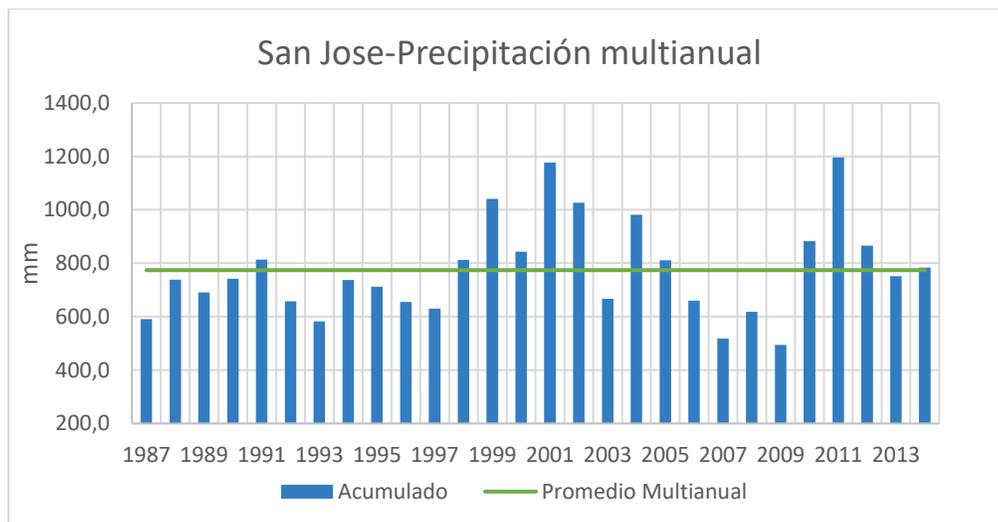


Figura 5.76. Histograma de precipitación multianual estación San José.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación de San Isidro, se encuentra ubicada en la subcuenca de Río Siecha cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

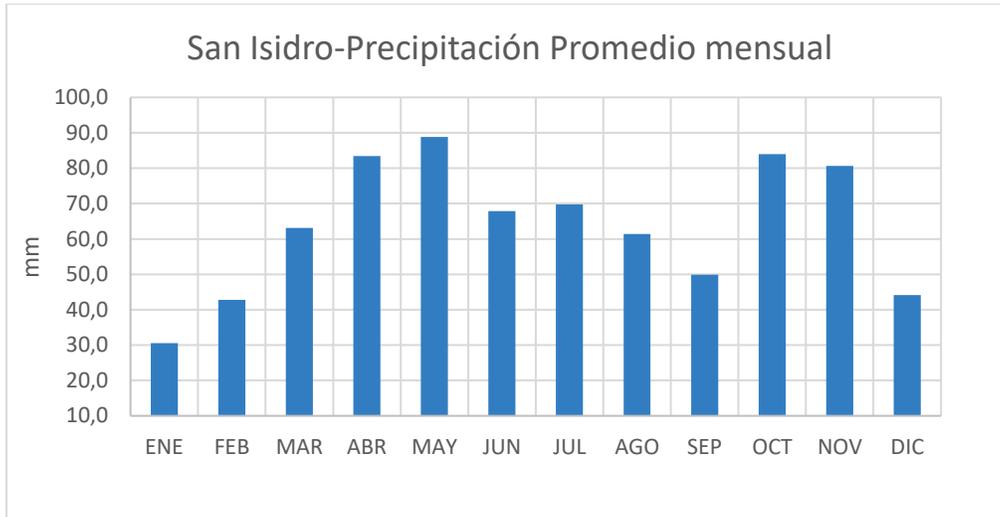


Figura 5.77. Histograma de precipitación mensual estación San Isidro.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

En la Figura 5.77 se aprecia un régimen bimodal característico del zona entre la sabana de Bogotá que aumenta las precipitaciones en el segundo semestre, con dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a mayo y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y junio a septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical, ocasionando picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el final, principio del año y en la mitad de año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 30.6 mm, y un máximo de 88.8 mm en el mes de mayo.

En la Figura 5.78, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero para los años 1989, 2007 y 2010, adicionalmente 0 mm se registra en febrero de 1988, también se observa un valor máximo para el mes de agosto de 2011 de 196 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 27 años.

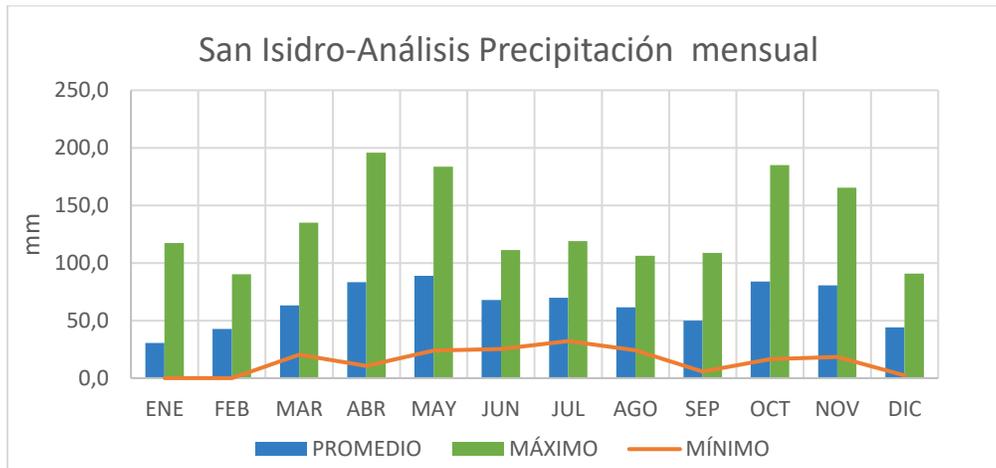


Figura 5.78. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación San Isidro.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

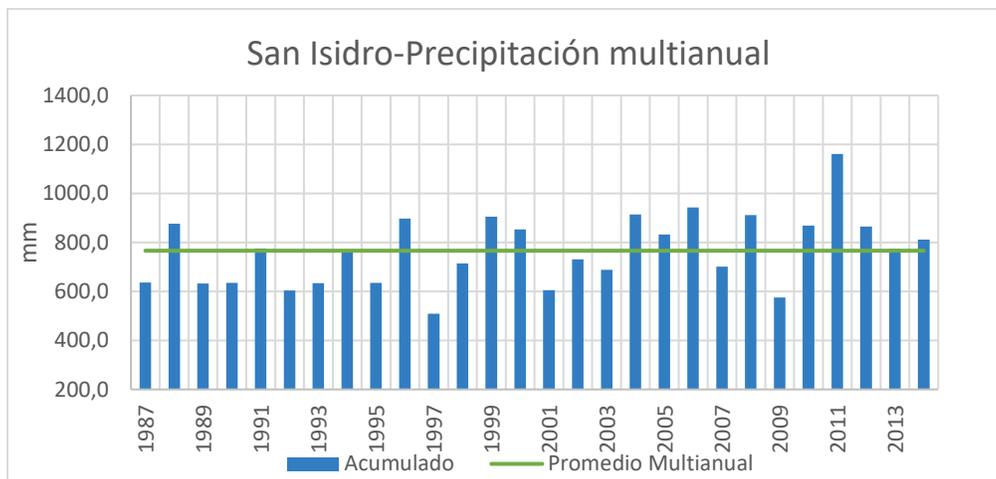


Figura 5.79. Histograma de precipitación multianual estación San Isidro

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.79, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación San Isidro, se resalta el año 1997 como el de menor precipitación con un valor 509.3 mm, es decir, el 66% menor que del promedio multianual, que corresponde a 776.2 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1160.4 mm, superando a la media en un 54.5%.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación climatológica ordinaria Guasca, se encuentra ubicada en la subcuenca de Río Siecha específicamente en el área del Río Chipatá cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1975 y 2014.

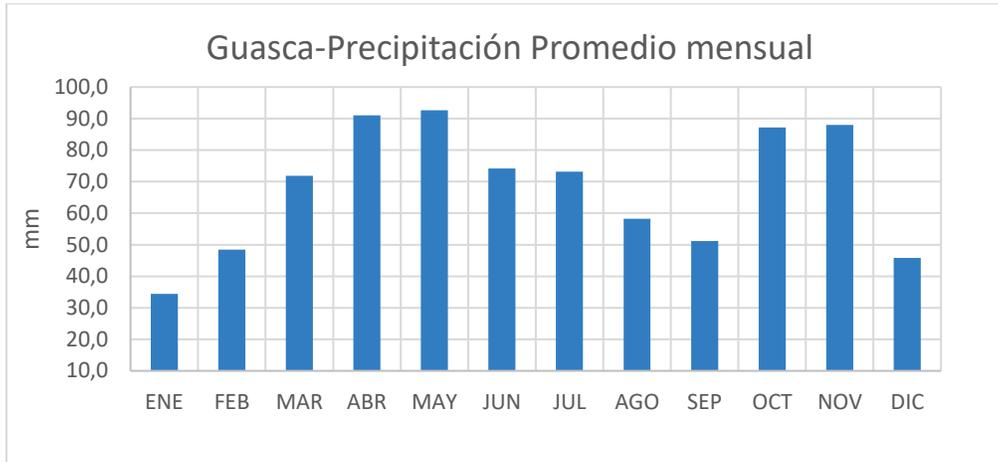


Figura 5.80. Histograma de precipitación mensual estación Guasca.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

En la Figura 5.80, se aprecia un régimen bimodal característico del zona entre la sabana de Bogotá que aumenta las precipitaciones en el segundo semestre, con dos temporadas de lluvias muy marcadas de abril a mayo y de octubre a noviembre y dos temporadas por zona de confluencia intertropical, ocasionando picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el final, principio del año y en la mitad de año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 34.4 mm, y un máximo de 92.7 mm en el mes de mayo.

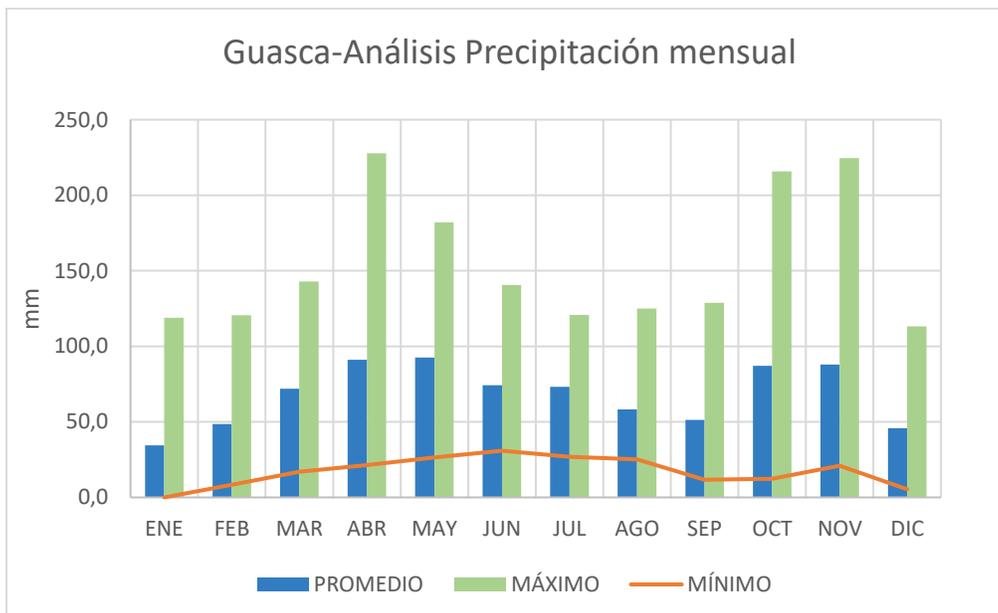


Figura 5.81. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Guasca.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

En la Figura 5.81, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 0 mm en el mes de enero para el año 2010, también se observa un valor máximo para el mes de abril de 2012 de 228 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 39 años.

Con respecto a la Figura 5.82, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Guasca, se resalta el año 1997 como el de menor precipitación con un valor 565.7 mm, es decir, el 69% menor que del promedio multianual, que corresponde a 813.6 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1224.4 mm, superando a la media en un 50.48%.

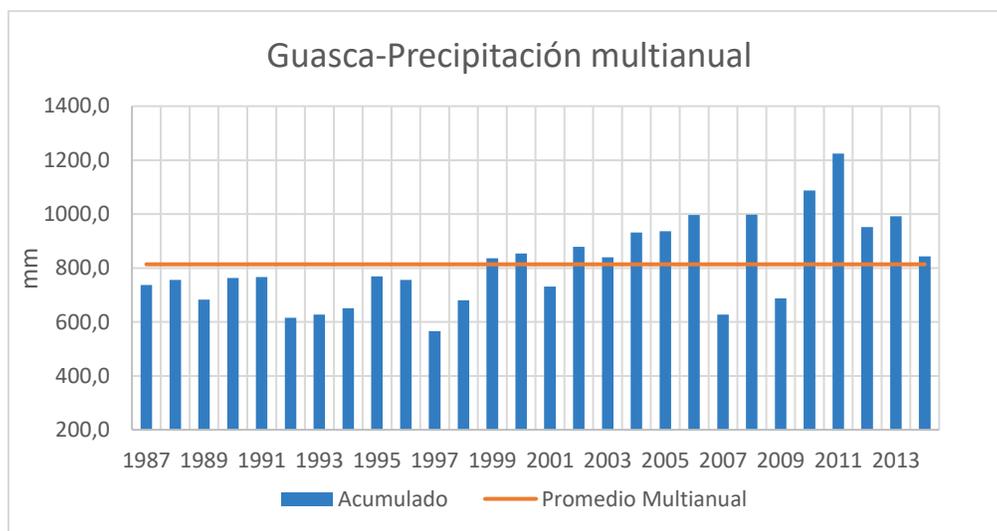


Figura 5.82. Histograma de precipitación multianual estación Guasca.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

Río Aves y tributarios al Embalse San Rafael.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación Potrero Largo, está ubicada en la subcuenca del Río Aves, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

En la Figura 5.83, se aprecia un régimen transición de unimodal a bimodal característico en la frontera de la zona de la Orinoquia y la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de mayo a agosto y una de menor intensidad de octubre y noviembre, además dos temporadas secas de diciembre a febrero y septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y de vientos alisios del sureste provenientes de la Orinoquia, ocasionando un pico de precipitación en el mes de julio, disminuyendo hacia el final y principio del año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 37.5 mm, y un máximo de 184.0 mm en el mes de julio.

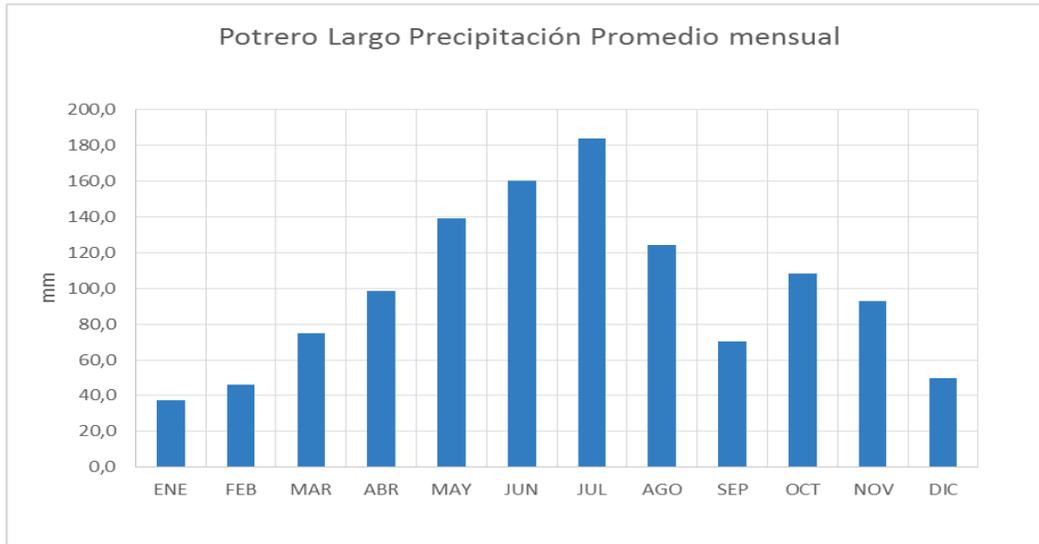


Figura 5.83. Histograma de precipitación mensual estación Potrero Largo.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.84, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando un mínimo de 1 mm en el mes de enero del año 2001, también se observa un valor máximo para el mes de junio de 2002 con un valor de 396 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

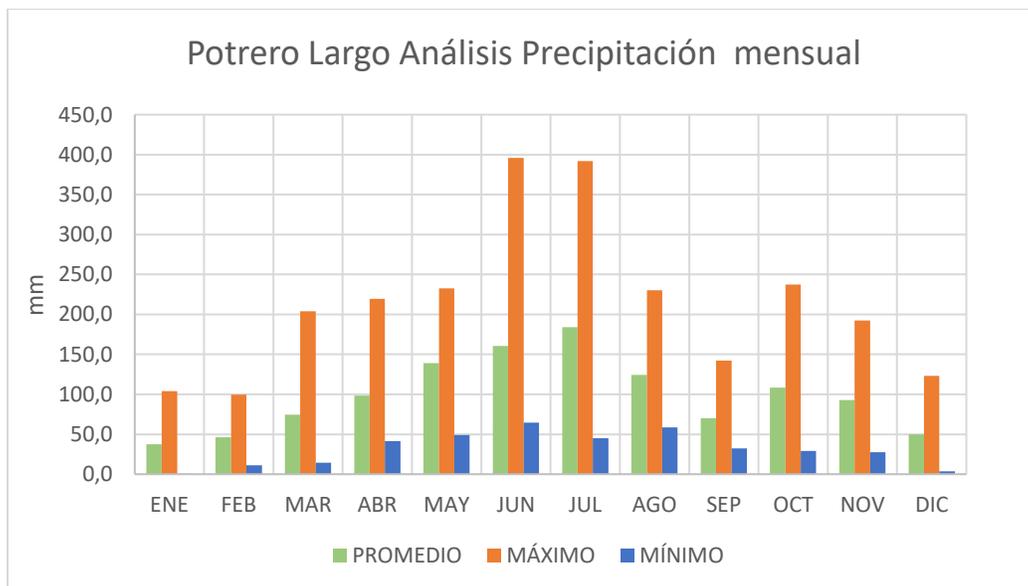


Figura 5.84. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Potrero Largo.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a la Figura 5.85, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Potrero Largo, se resalta el año 2009 como el de menor precipitación con un valor 893.1 mm, es decir, el 75.3% menor del promedio multianual, que corresponde a 1186.1 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1659.5 mm, superando a la media en un 39.9%.

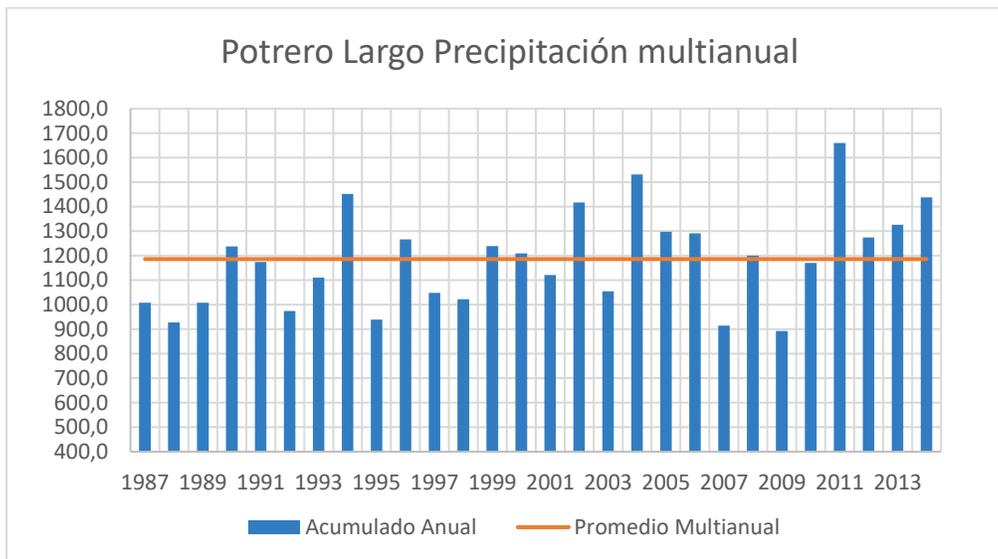


Figura 5.85. Histograma de precipitación multianual estación Potrero Largo.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación Guatavita, se encuentra ubicada cercana a la entrada del Embalse de Tominé, cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1968 y 2014.

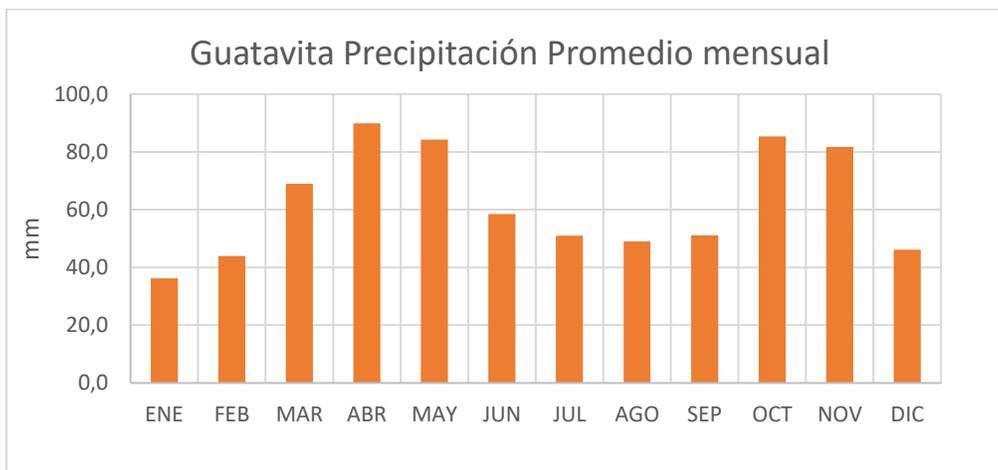


Figura 5.86. Histograma de precipitación mensual estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.86, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a mayo y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y de junio a septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical, ocasionando picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el final, mediados y principio del año, con una época de menores lluvias enero. El valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de enero 36.2 mm, y un máximo de 89.5 mm en el mes de abril.

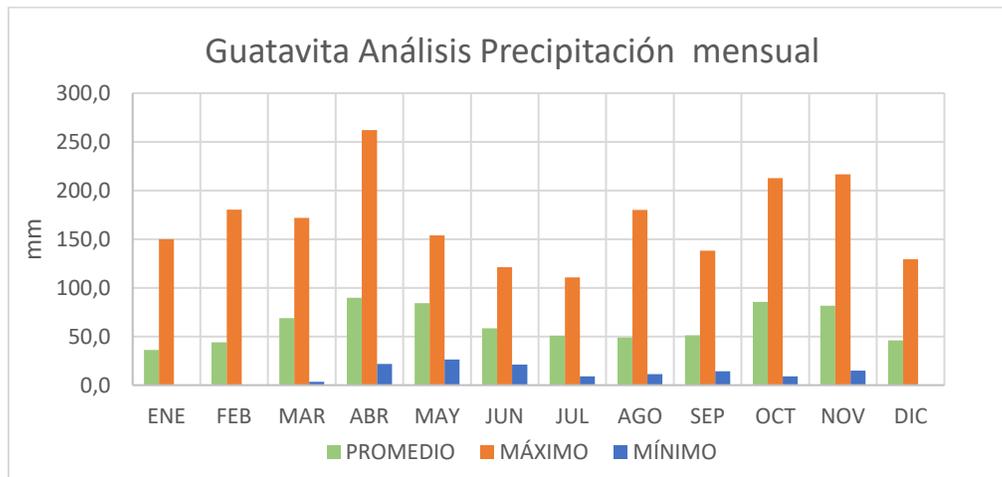


Figura 5.87. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación Guatavita.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.87, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando varios mínimos de 0 mm en los meses de enero de 2001 y 2007, febrero de 2004 y 2005, también se observa un valor máximo para el mes de noviembre de 2011 de 264 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 48 años.

Con respecto a la Figura 5.88, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación Guatavita se resalta el año 1997 como el de menor precipitación con un valor 448.8 mm, es decir, el 60.13% menor que el promedio multianual, que corresponde a 746.3 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1361.9 mm, superando a la media en un 82.48%.

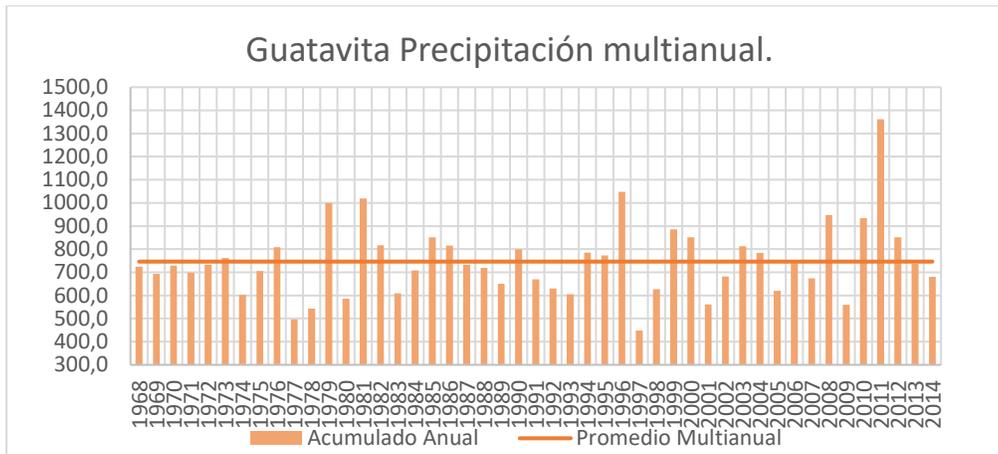


Figura 5.88. Histograma de precipitación multianual estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de precipitación para la estación El Consuelo, se encuentra ubicada en la zona de los afluentes de Embalse de Tominé cuyo periodo de registro se encuentra entre los años de 1987 y 2014.

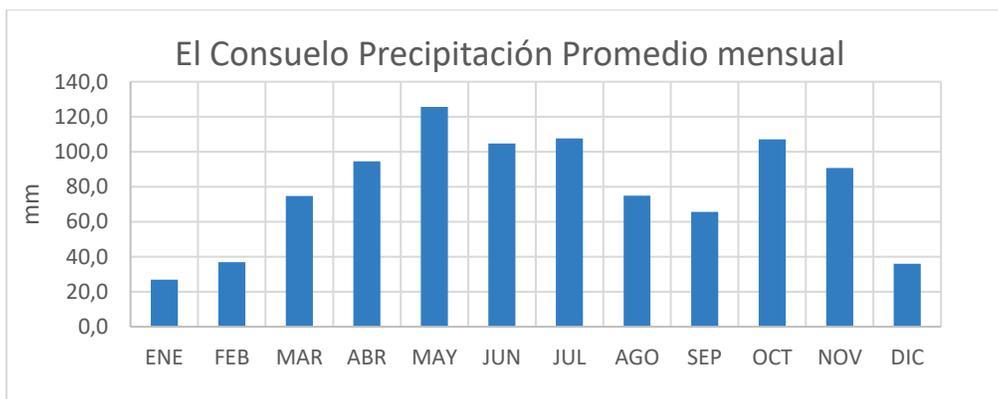


Figura 5.89. Histograma de precipitación mensual estación El Consuelo.
Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

En la Figura 5.89, se aprecia un régimen de bimodal característico de la zona de la sabana de Bogotá, aunque influenciado por la zona de Orinoquia que genera el aumento de llovía en el primer semestre, se observa dos temporadas de lluvias muy marcadas de marzo a julio y de octubre a noviembre y dos temporadas secas de diciembre a febrero y de agosto a septiembre, este comportamiento es influenciado por zona de confluencia intertropical y por procesos convectivos de circulación de masas de aire creados por diferencias térmicas condicionados, por el relieve, la altitud y la presencia de agua, como es en este caso el embalse de Tominé que cambia la dinámica de las precipitaciones, todo esto ocasiona picos de precipitación en los meses mayo y octubre, disminuyendo hacia el final y principio del año y en septiembre, con una época de menores lluvias hacia el mes de septiembre. El

valor menor mensual de precipitación se presenta en el mes de septiembre 26.8 mm, y un máximo de 125.6 mm en el mes de mayo.

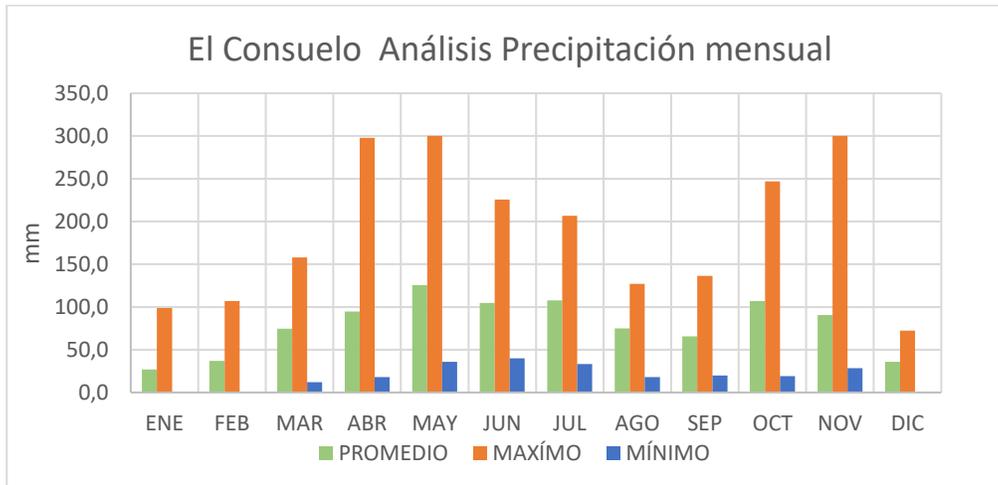


Figura 5.90. Histograma de precipitación media, máxima y mínima mensual estación El Consuelo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.90, aparecen los valores medios, máximos y mínimos de precipitación mensual que se presentaron a lo largo de la historia de registro, encontrando mínimos de 0 mm en los meses de enero de 1988, 2001, 2007 y 2010, febrero de 2006, también se observa unos valores máximos en los meses de mayo de 1998 y noviembre de 2011 con un valor de 300 mm, que corresponde al mes con mayor precipitación registrada en los últimos 29 años.

Con respecto a la Figura 5.91, donde aparece el histograma de precipitación multianual de la estación El Consuelo, se resalta el año 1995 como el de menor precipitación con un valor 595.8 mm, es decir, el 63% menor que el promedio multianual, que corresponde a 945.2 mm. El año con mayor precipitación corresponde al año 2011 con un valor de 1620.6 mm, superando a la media en un 71.45%.

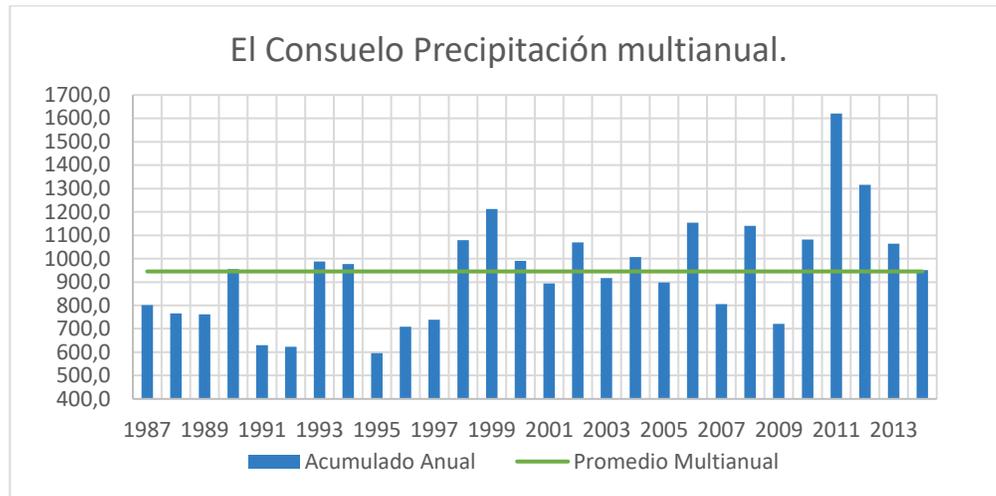


Figura 5.91. Histograma de precipitación multianual estación El Consuelo
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

5.2.2.2 Evaporación.

Para el análisis del parámetro de evaporación en la cuenca del Embalse de Tominé se utilizaron las siguientes estaciones, Guatavita para el área de la subcuenca del Río Siecha y del Río Aves y la Iberia para el embalse de Tominé y la descarga en el Río Bogotá. A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de evaporación para las estaciones mencionadas.

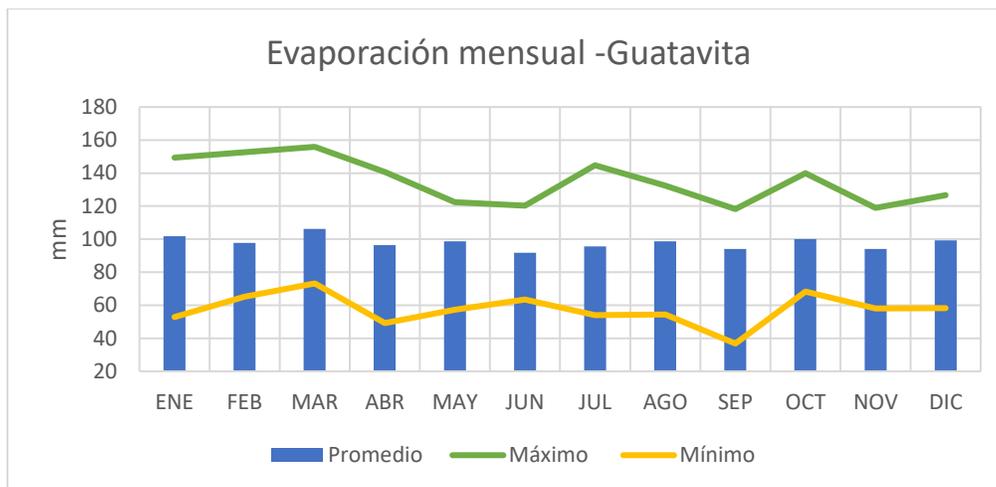


Figura 5.92. Histograma de evaporación total mensual estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede apreciar en la Figura 5.92, el comportamiento de la evaporación es inverso a la precipitación, con los mayores valores se presentan en marzo, enero y octubre. El mayor valor total mensual corresponde al mes de abril del año 1973 con 155.9 mm, y el

menor valor se presentó en abril del año 2002 con un valor de 49.1 mm. Con respecto al comportamiento multianual, se resalta el año 2008, el cual registró la evaporación mínima con un valor de 844.3 mm, y el año con mayor evaporación, corresponde a 1973, con un valor de 1440.2 mm.

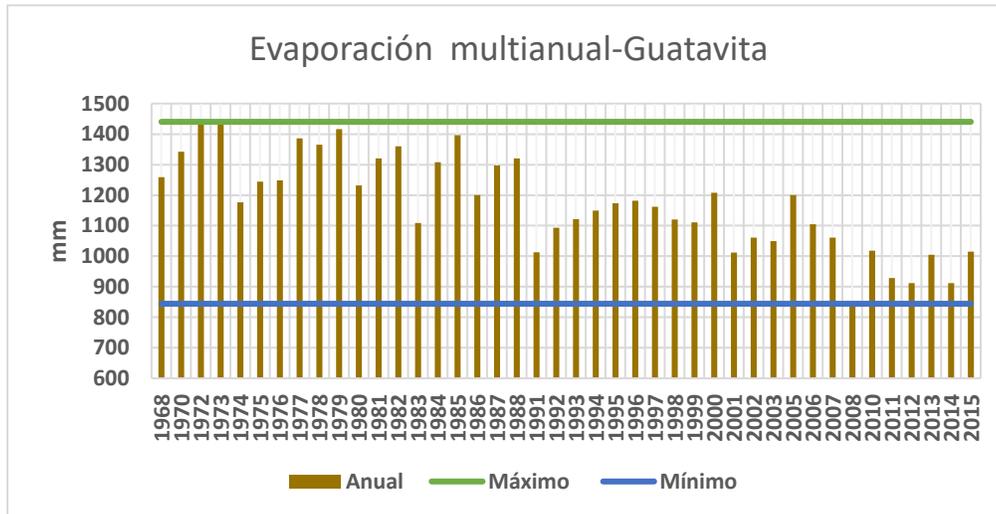


Figura 5.93. Histograma de evaporación total multianual estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

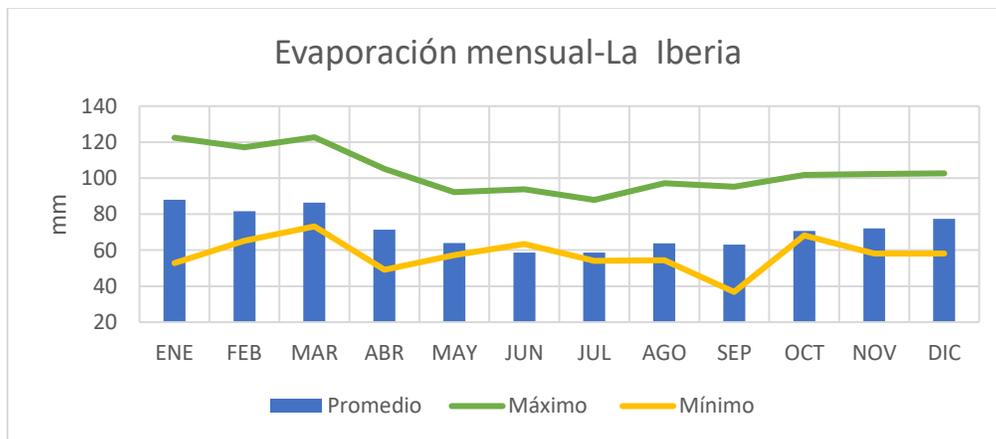


Figura 5.94. Histograma de evaporación total mensual estación La Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Como se puede apreciar en la Figura 5.94 el comportamiento de la evaporación es inverso a la precipitación, con los mayores valores se presentan en diciembre, enero, febrero y marzo. El mayor valor total mensual corresponde al mes de marzo del año 1973 con 122.7 mm, y el menor valor se presentó en agosto del año 2007 con un valor de 10.9 mm. Con respecto al comportamiento multianual, se resalta el año 2001, el cual registró la evaporación mínima con un valor de 628.1 mm, y el año con mayor evaporación, corresponde a 1968, con un valor de 1088.22 mm.

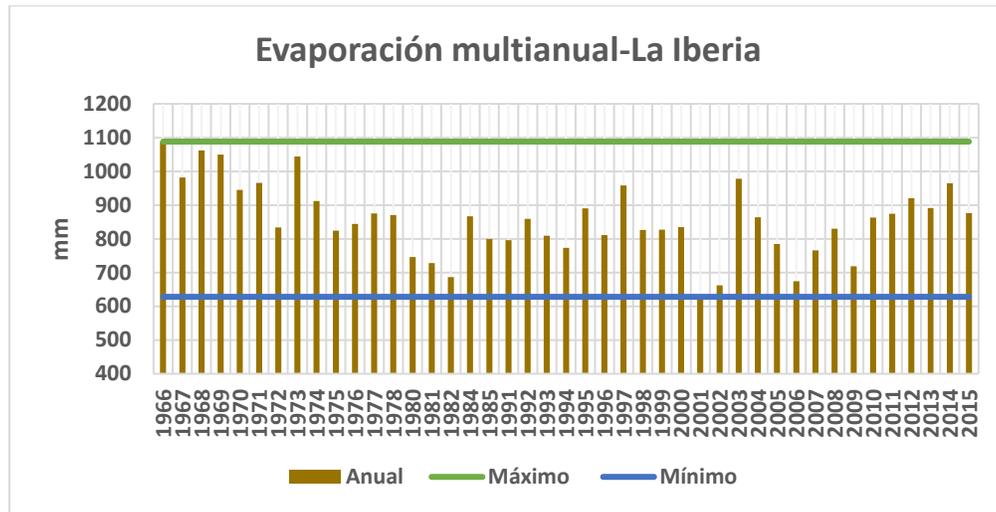


Figura 5.95. Histograma de evaporación total multianual estación La Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.2.2.3 Brillo solar.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de brillo solar para las estaciones de Guatavita y La Iberia.

Como se mencionó en la evaluación de la evaporación, el comportamiento del brillo solar es inverso a la precipitación y totalmente correlacionado con la evaporación, es como los mayores valores se presentan en diciembre, enero y febrero. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero con un valor de 181.4 horas sol, y el menor valor se presentó en el mes de abril con un valor de 102.6 horas sol.

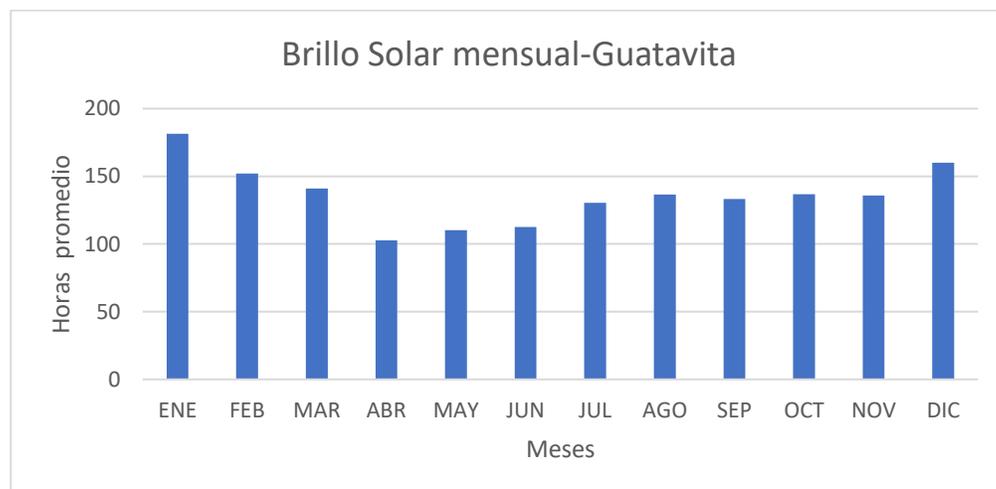


Figura 5.96. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

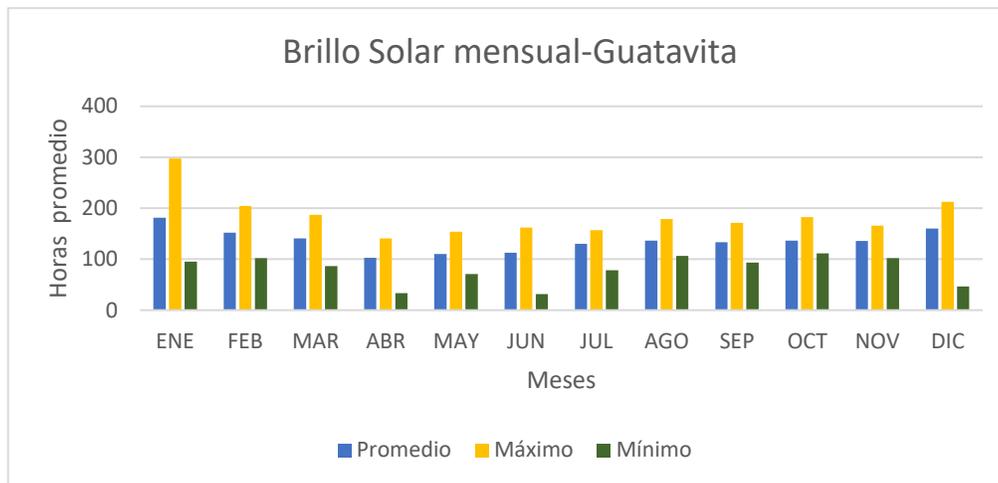


Figura 5.97. Histograma de brillo solar total mensual estación Quatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con respecto a los valores totales mensuales promedio, máximo y mínimo de brillo solar, podemos apreciar en la Figura 5.97, que el menor valor total mensual presentado corresponde al mes de julio para el año 1991 con un valor de 15.2 horas sol, y el mayor valor se presentó en el mes enero de 2003 con un valor de 234.7.

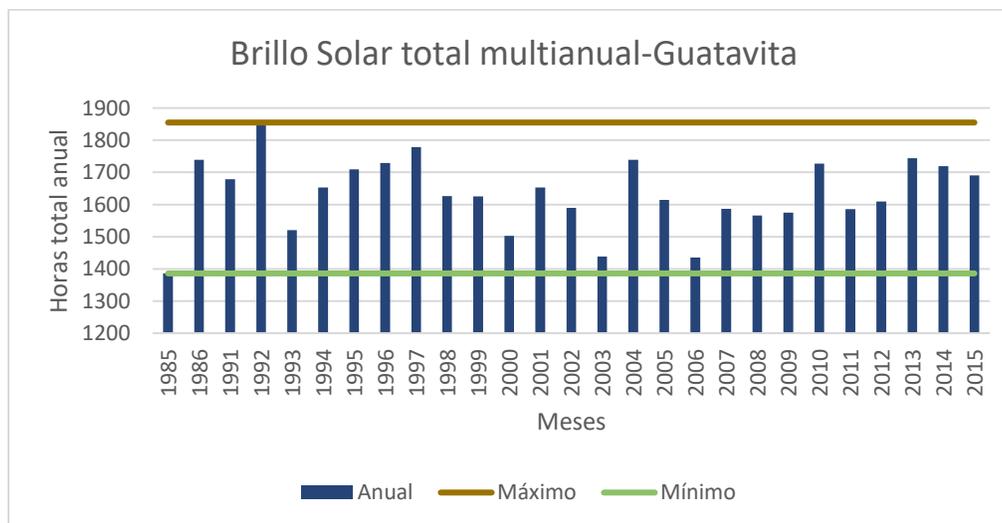


Figura 5.98. Histograma de brillo solar total multianual estación Quatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con el fin de conocer gráficamente la correlación existente entre la evaporación y el brillo solar en la estación Quatavita y además ratificar la confiabilidad de los registros, se procedió a elaborar la Figura 5.99 donde se ve claramente la proporcionalidad entre los datos, caso diferente a la correlación entre la precipitación y la evaporación, que serían inversamente

proporcional, aunque no se aprecia claramente la relación de las variables, debido a que no se presenta un cambio significativo de los valores de evaporación en la Figura 5.100.

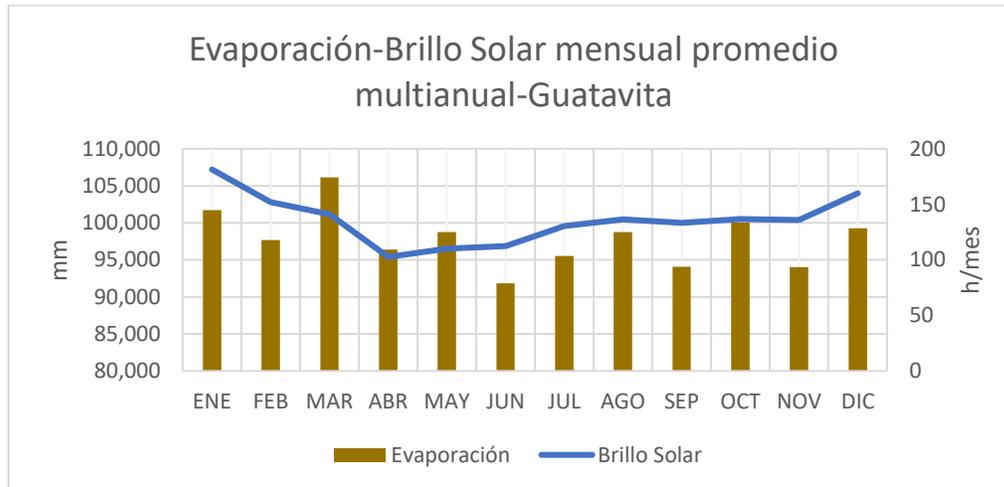


Figura 5.99. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación Guatavita.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

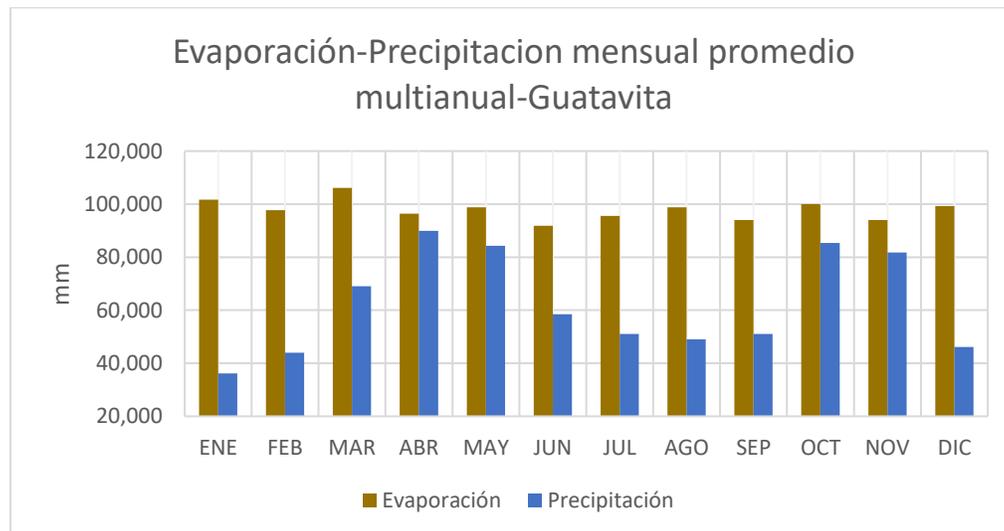


Figura 5.100. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Guatavita.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se mencionó en la evaluación de la evaporación, el comportamiento del brillo solar es inverso a la precipitación y totalmente correlacionado con la evaporación, es como los mayores valores se presentan en diciembre, enero y febrero. El mayor valor total mensual corresponde al mes de enero con un valor de 172.5 horas sol, y el menor valor se presentó en el mes de junio con un valor de 72.49 horas sol.

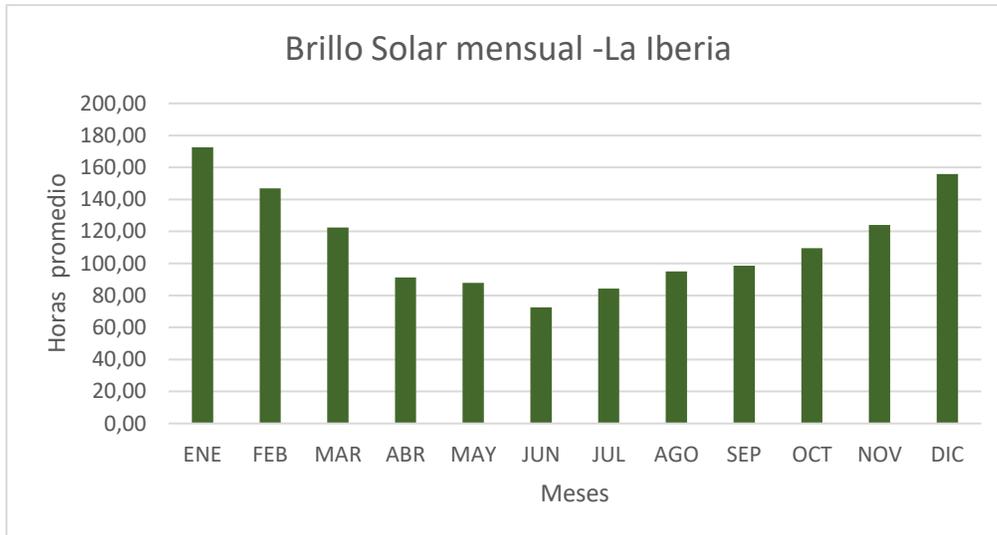


Figura 5.101. Histograma de brillo solar promedio total mensual estación La Iberia.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

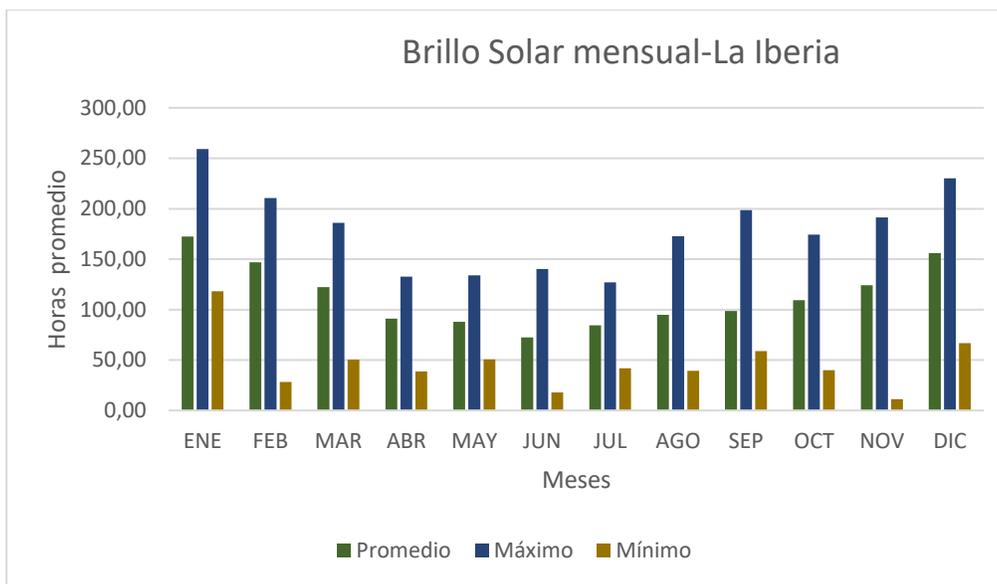


Figura 5.102. Histograma de brillo solar total mensual estación La Iberia.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con respecto a los valores totales mensuales promedio, máximo y mínimo de brillo solar, podemos apreciar en la Figura 5.102, que el menor valor total mensual presentado corresponde al mes de noviembre para el año 2006 con un valor de 11.4 horas sol, y el mayor valor se presentó en el mes enero de 1981 con un valor de 259.1.

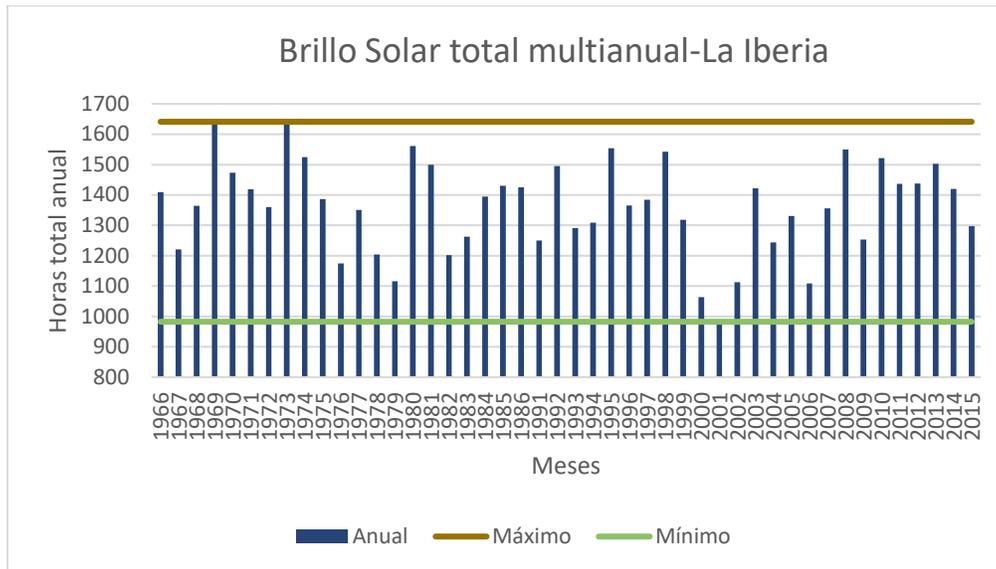


Figura 5.103. Histograma de brillo solar total multianual estación La Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

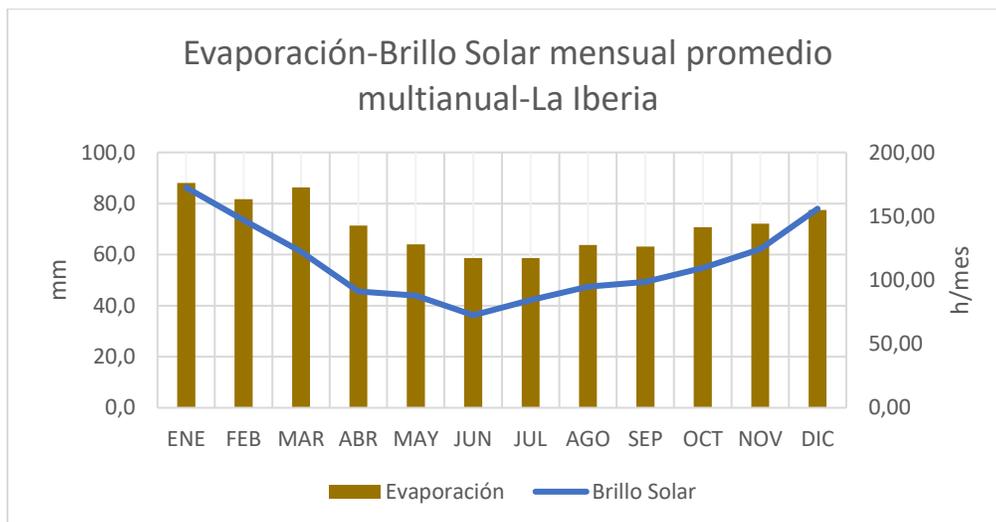


Figura 5.104. Histograma evaporación / brillo solar promedio total mensual estación
 Planta Wiesner.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Con el fin de conocer gráficamente la correlación existente entre la evaporación y el brillo solar en la estación la Iberia y además ratificar la confiabilidad de los registros, se procedió a elaborar la Figura 5.104, donde se ve claramente la proporcionalidad entre los datos, caso diferente a la correlación entre la precipitación y la evaporación, que serían inversamente proporcional, se aprecia claramente la relación de las variables, debido a que se presenta un cambio significativo de los valores de evaporación en los meses con menor precipitación ver la Figura 5.105.

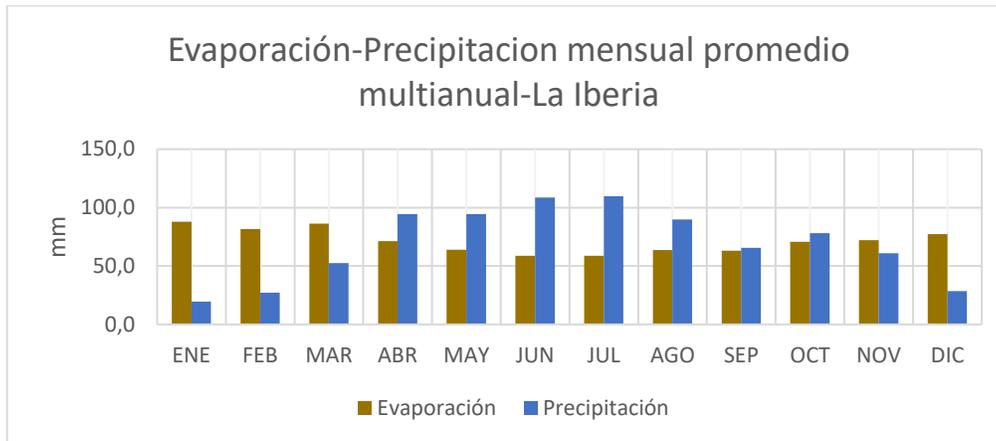


Figura 5.105. Histograma evaporación / precipitación promedio total mensual estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

5.2.2.4 Humedad relativa.

Para el análisis de este parámetro climatológico se manejaron tres estaciones: Guasca para las subcuencas de los Ríos Siecha, Aves en la parte alta y media, se utilizó la estación Guatavita para la parte baja de los Ríos Siecha y Aves y la entrada del Embalse, por último, se manejó la estación la Iberia para la salida del Embalse de Tominé y su descarga al Río Bogotá. A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de humedad relativa de cada una de las estaciones

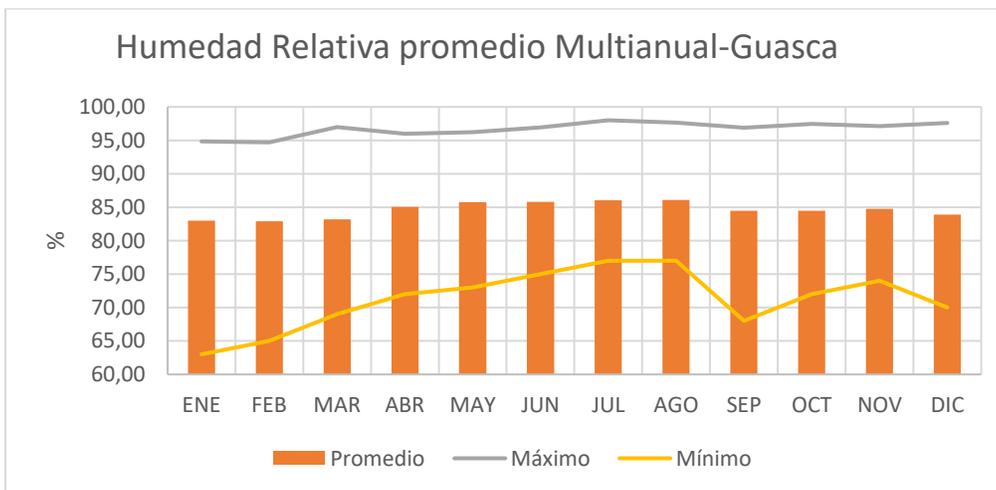


Figura 5.106. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación Guasca.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.106, se aprecia el comportamiento de la humedad relativa, no se evidencia cambio significativo en el promedio mensual, se encuentra el rango desde 80% al 86%, con

los mayores valores se registran entre los meses de abril y agosto, y menor valor en el mes de febrero. El menor valor corresponde al mes de marzo de 1998 con un valor 67.7% y el mayor valor corresponde al mes de julio de 2008 con un valor de 98%.

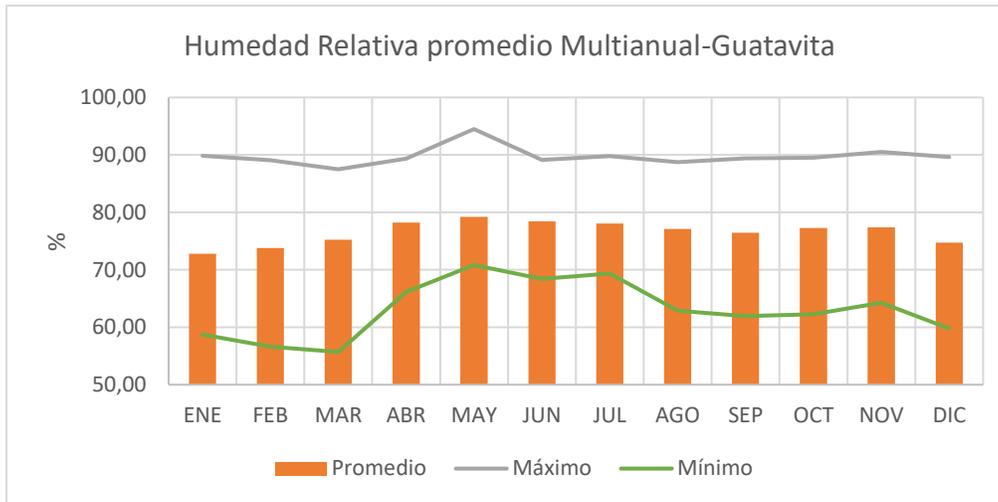


Figura 5.107. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

En la Figura 5.107, se aprecia el comportamiento de la humedad relativa, que es ligeramente parecido al comportamiento de la precipitación, con los mayores valores entre los meses de abril y junio, octubre y noviembre, y menor valor en el mes de enero. Muy similar a régimen bimodal de la sabana de Bogotá.

El menor valor corresponde al mes de marzo de 1997 con un valor de 55.7% y el mayor valor corresponde al mes de mayo de 2008 con un valor de 94.5%, cabe anotar que esta zona donde se encuentra la estación es influenciada por el embalse de Tominé, la frecuencia de humedad se encuentra entre el 72-79% de humedad relativa, lo que implica una constante precipitación y humedad en el ambiente todo el año.

En la Figura 5.108, se aprecia el comportamiento de la humedad relativa, que es ligeramente parecido al comportamiento de la precipitación, con los mayores valores entre los meses de mayo y agosto, se observa un menor valor en el mes de febrero. Muy similar a régimen bimodal de la del embalse del Sisga.

El menor valor corresponde al mes de enero de 1997 con un valor de 63% y los mayores valores corresponden a los meses de junio de 2010 y diciembre de 2000, con un valor de 95%, cabe anotar que esta zona donde se encuentra la estación es influenciada por el embalse del Sisga, la frecuencia de humedad se encuentra entre el 76-84% de humedad relativa, lo que implica una constante precipitación y humedad en el ambiente todo el año.

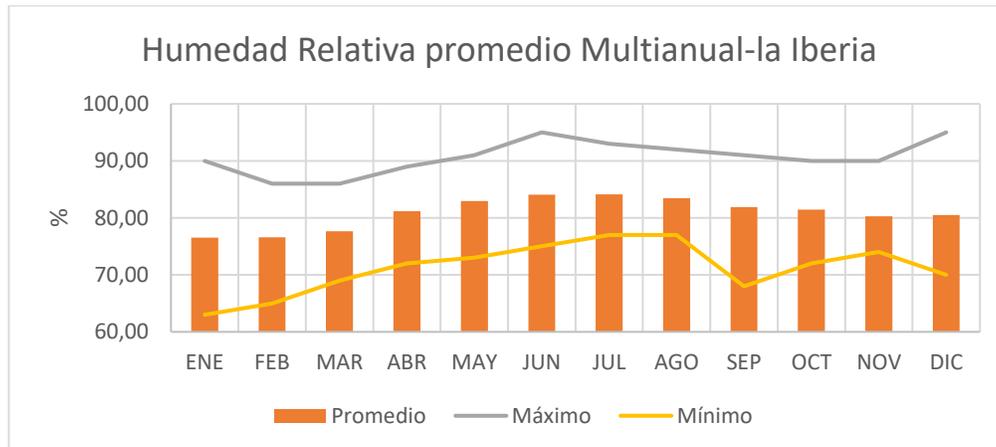


Figura 5.108. Histograma humedad relativa promedio total mensual estación la Iberia.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

5.2.2.5 Temperatura.

A continuación, se presentan los histogramas mensuales y multianuales de temperatura media, temperatura máxima (termómetro de máxima) y temperatura mínima (termómetros de mínima) para las estaciones de la Guasca, Guatavita y La Iberia Guaimaral que caracteriza desde la cuenca alta de los ríos Siecha y Aves hasta la desembocadura al embalse de Tominé y la descarga al Río Bogotá,

- Temperatura media Guasca

En la Figura 5.109, aparece el mes de julio con el menor valor promedio mensual 13.11°C, y mínimo promedio mensual de 11.37 °C en enero de 2001, con respecto al máximo de los promedios mensuales corresponde al mes de abril con un valor de 14.19 °C y el mes con mayor temperatura promedio es abril de 2007 con un valor de 18.1°C.

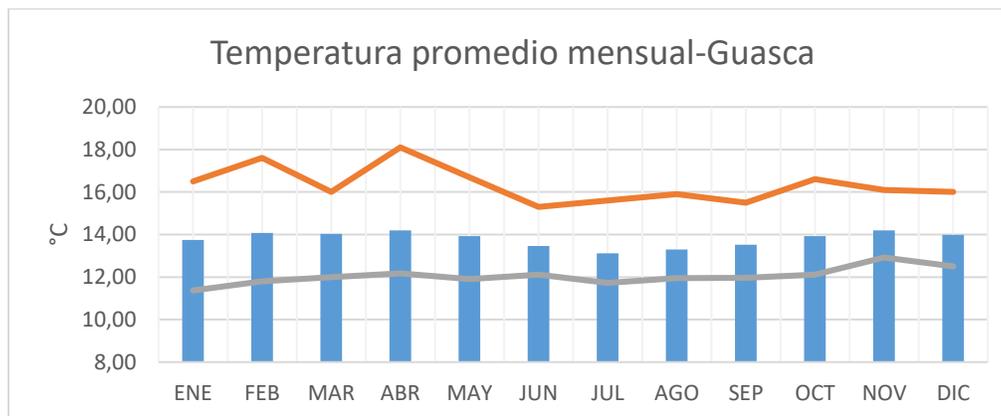


Figura 5.109. Histograma temperatura media mensual estación Guasca.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.110, aparece el histograma de valores medios multianuales, siendo el año 2007 como el de mayor temperatura con un valor de 15.93 °C.

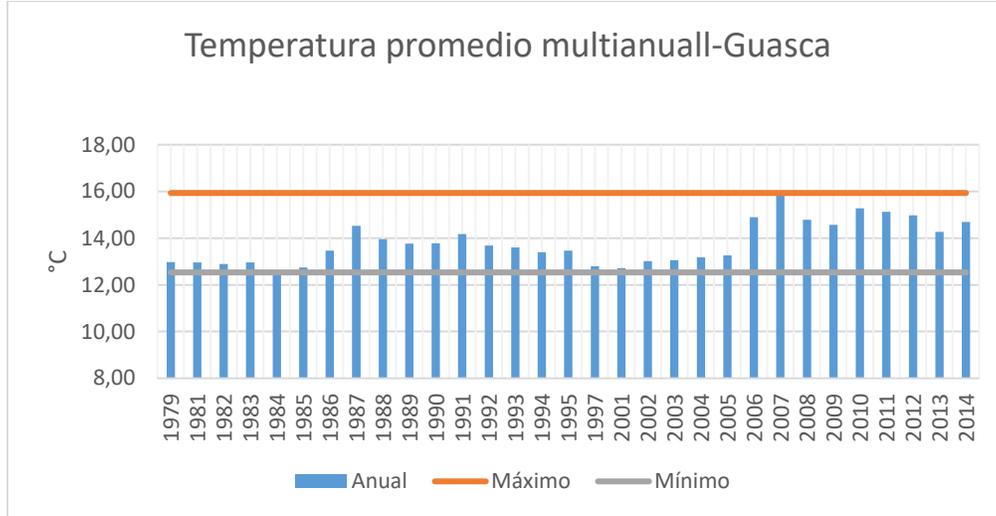


Figura 5.110. Histograma temperatura media multianual estación Guasca.
Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

- Temperatura media Guatavita

En la Figura 5.111, aparece el mes de julio con el menor valor promedio mensual 13.18 °C, y mínimo promedio mensual de 10.29°C en agosto de 1968, con respecto al máximo de los promedios mensuales corresponde al mes de abril con un valor de 14.73 °C y el mes con mayor temperatura promedio es febrero de 2014 con un valor de 17.5 °C.

En la Figura 5.112, aparece el histograma de valores medios multianuales, siendo el año 2014 como el de mayor temperatura con un valor de 15.37 °C.

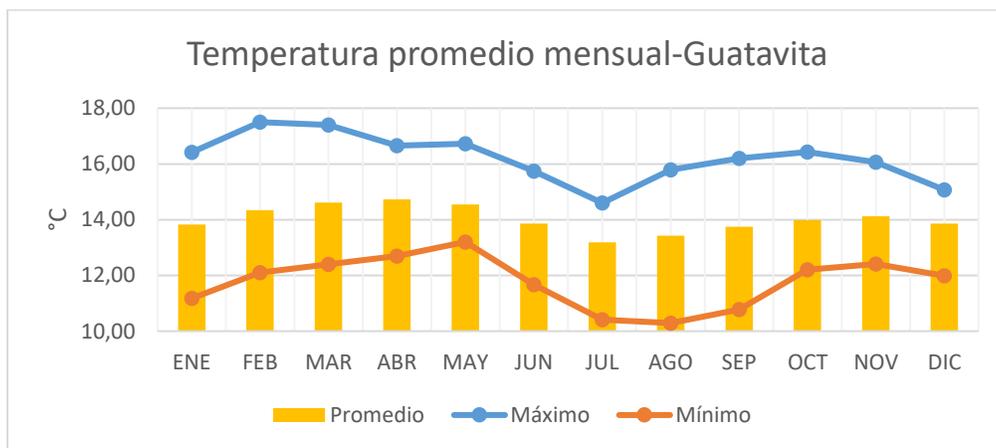


Figura 5.111. Histograma temperatura media mensual estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

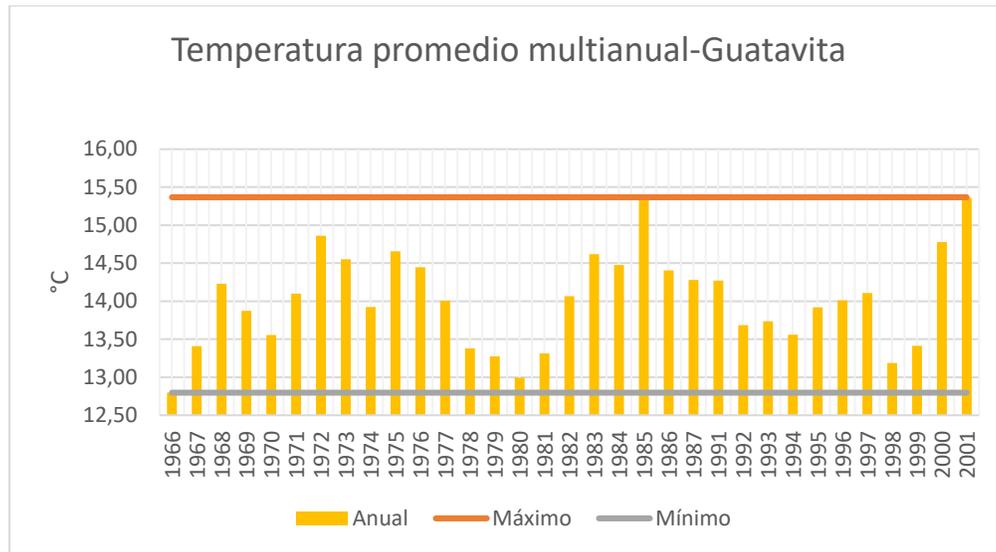


Figura 5.112. Histograma temperatura media multianual estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura media la Iberia.

En la Figura 5.113, aparecen los meses julio y agosto con el menor valor promedio mensual 11.77 °C, y mínimo promedio mensual de 8.30 °C en febrero de 2008, con respecto al máximo de los promedios mensuales corresponde al mes de abril con un valor de 12.74 °C y el mes con mayor temperatura promedio es diciembre de 2010 con un valor de 17.0 °C.

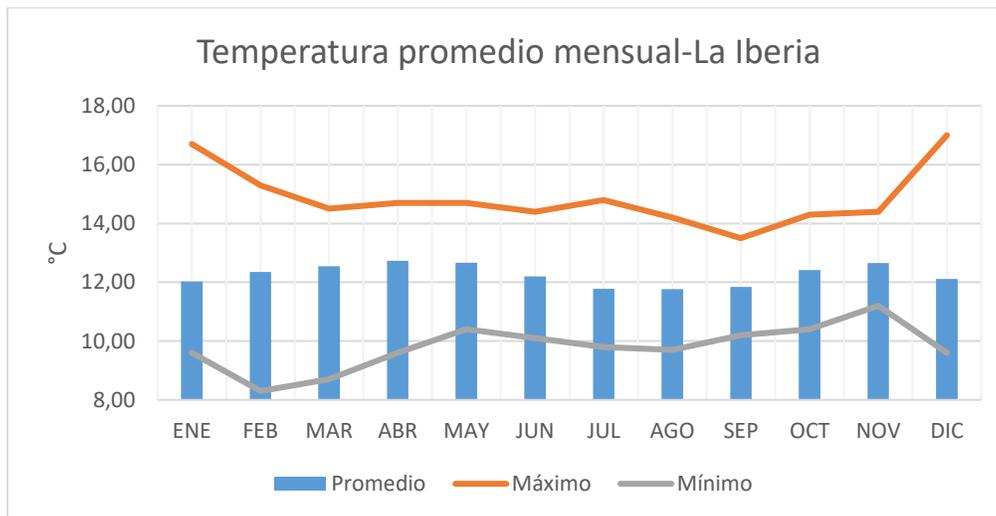


Figura 5.113. Histograma temperatura media mensual estación la Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.114, aparece el histograma de valores medios multianuales, siendo el año 2010 como el de mayor temperatura con un valor de 13.99°C.

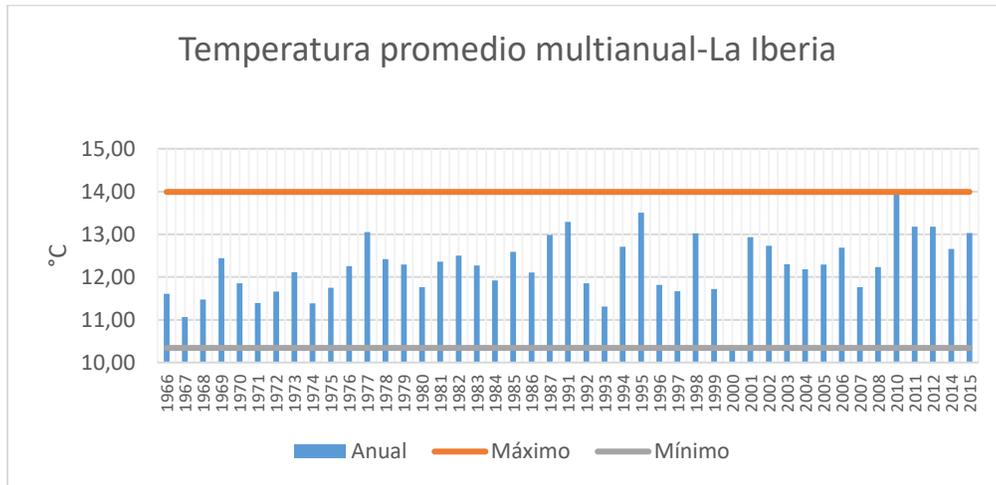


Figura 5.114. Histograma temperatura media multianual estación la Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura mínima Guasca.

En la Figura 5.115, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de mínima promedio, donde se aprecia diferencia a lo largo del año, siendo el mes de enero el de menor valor con 5.86 °C y el mes de mayo, con el mayor valor de 8.59°C, con diferencia de 2.73°C entre dichos extremos. Con respecto al mínimo de las temperaturas mínimas se presentó en febrero de 2007 con un valor de 3.50°C.

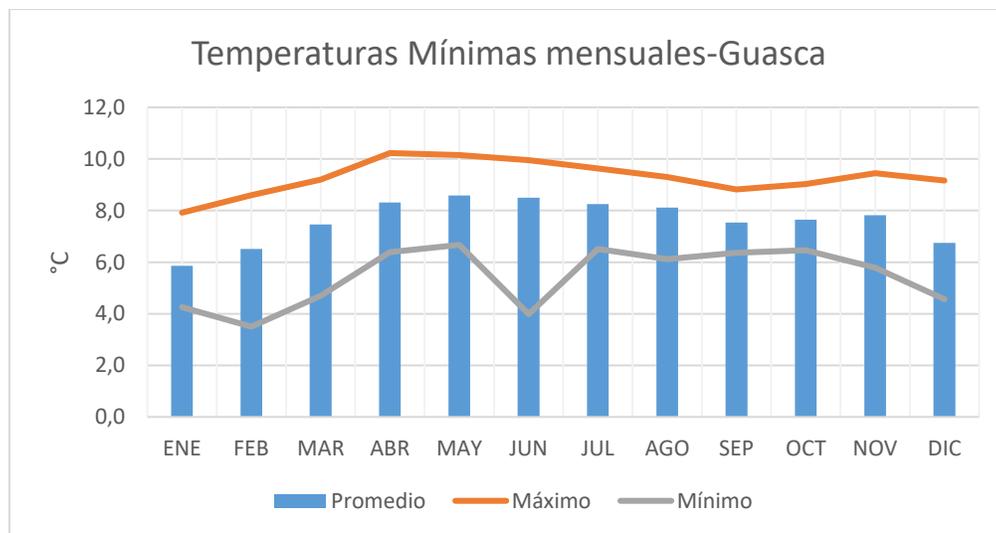


Figura 5.115. Histograma temperatura mínima estación Guasca.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.116, aparece el histograma de valores mínimos multianuales, siendo el año 2000 como el de menor temperatura con un valor de 6.60°C.

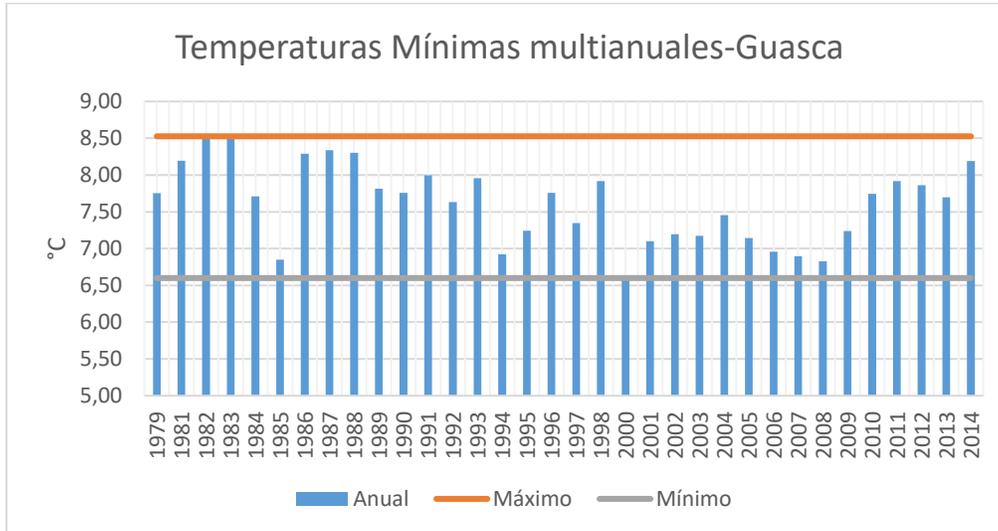


Figura 5.116. Histograma temperatura mínima multianual estación Guasca.
Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

- Temperatura mínima Guatavita

En la Figura 5.117, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de mínima promedio, donde una diferencia considerable a lo largo del año y se cumple un comportamiento similar a las temperaturas medias, siendo el mes de enero el de menor valor con 7.81 °C y el mes de mayo, con el mayor valor de 10.93°C, con diferencia de 3.12°C entre dichos extremos. Con respecto al mínimo de las temperaturas se presentó en enero de1992 con un valor de 4.58°C.

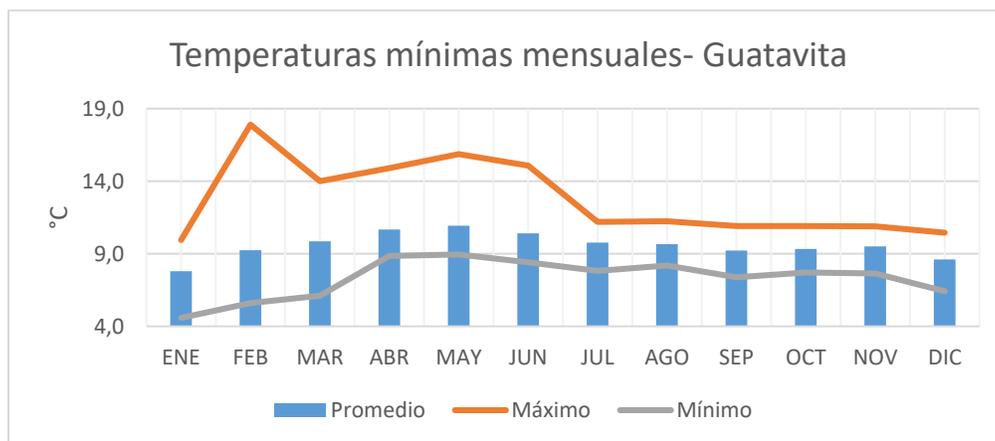


Figura 5.117. Histograma temperatura mínima estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

En la Figura 5.118, aparece el histograma de valores mínimos multianuales, siendo el año 1992 como el de menor temperatura con un valor de 8.09°C.

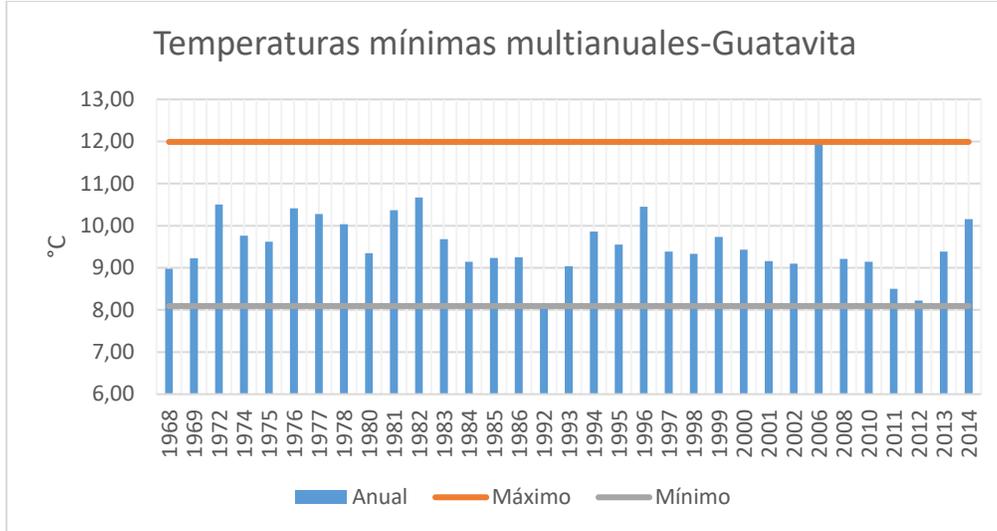


Figura 5.118. Histograma temperatura mínima multianual estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Temperatura mínima la Iberia

En la Figura 5.119, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de mínima promedio, donde una diferencia considerable a lo largo del año y se cumple un comportamiento similar a las temperaturas medias, siendo el mes de enero el de menor valor con 5.63 °C y el mes de mayo, con el mayor valor de 8.61°C, con diferencia de 2.98°C entre dichos extremos. Con respecto al mínimo de las temperaturas se presentó en febrero de 2008 con un valor de 2.3°C.

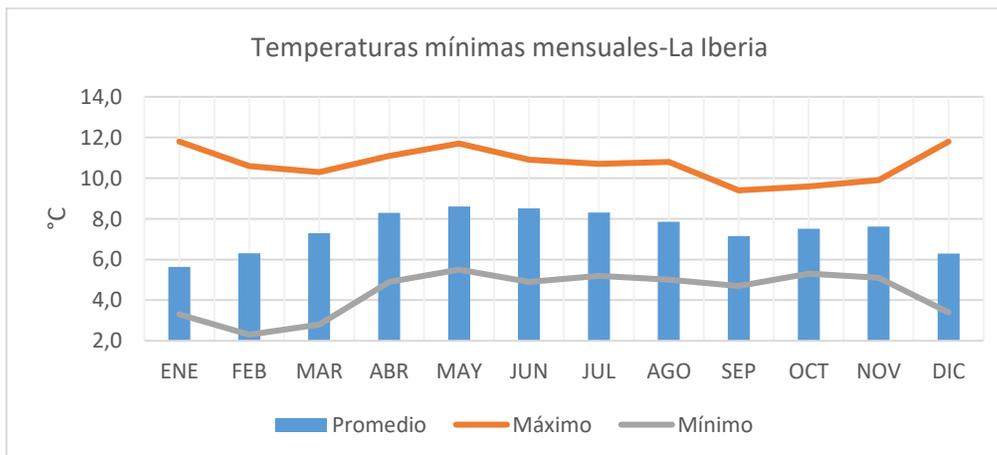


Figura 5.119. Histograma temperatura mínima estación la Iberia.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.120, aparece el histograma de valores mínimos multianuales, siendo el año 2000 como el de menor temperatura con un valor de 4.83°C.

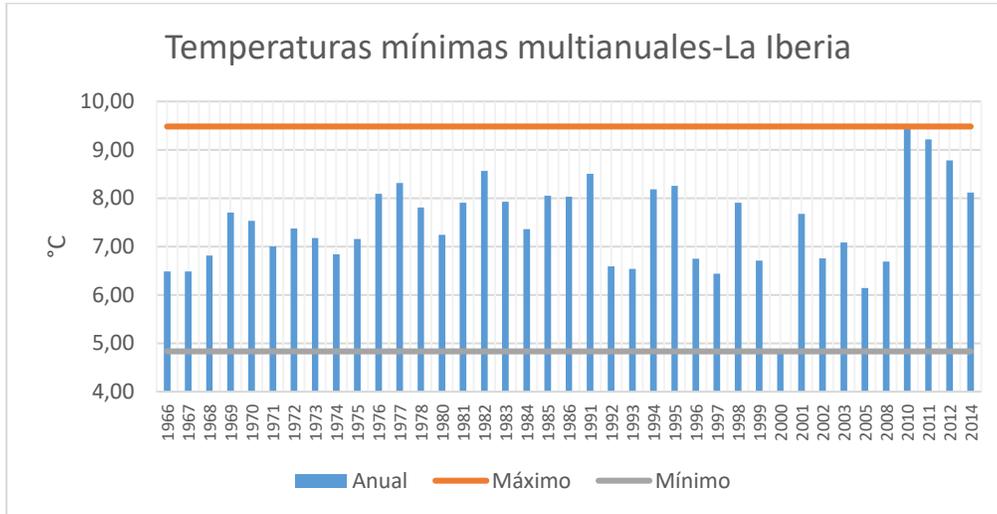


Figura 5.120. Histograma temperatura mínima multianual estación la Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura máxima Guasca

En la Figura 5.121, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de máxima, donde se aprecia muy poca diferencia a lo largo del año, siendo el mes de julio el de menor valor con 16.95 °C y el mes de febrero, con el mayor valor de 19.45 °C, con diferencia de 2.6°C entre dichos extremos. Con respecto al máximo presentado corresponde 21.84 °C en el mes de febrero de 2008.

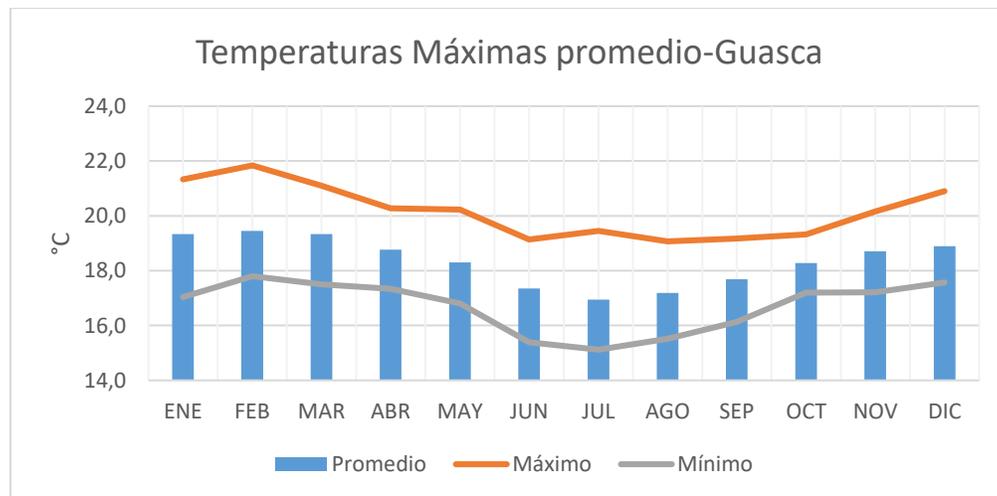


Figura 5.121. Histograma temperatura máxima estación Guasca.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.122, aparece el histograma de valores máximos multianuales, siendo el año 2007 como el de mayor temperatura con un valor de 19.38 °C.

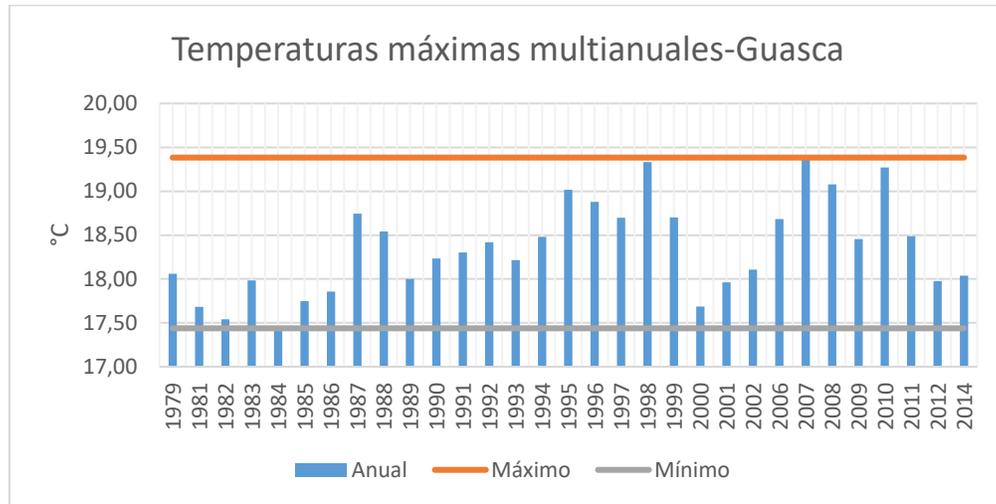


Figura 5.122. Histograma temperatura máxima multianual estación Guasca.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura máxima Guatavita

En la Figura 5.123, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de máxima, donde se aprecia muy poca diferencia a lo largo del año, siendo el mes de julio el de menor valor con 17.62°C y los meses de enero y febrero, con el mayor valor de 20.49 °C, con diferencia de apenas 2.87 °C entre dichos extremos. Con respecto al máximo presentado corresponde 24.00 °C en el mes de febrero de 2014.

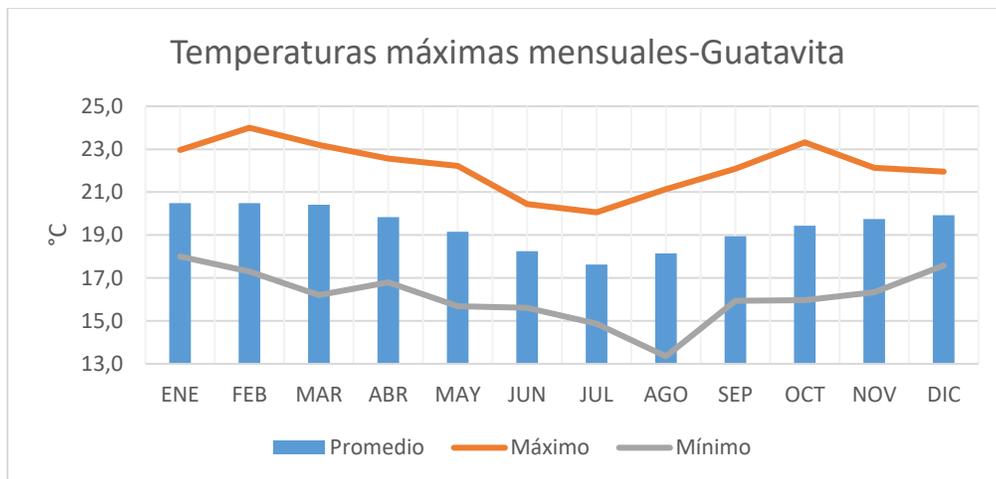


Figura 5.123. Histograma temperatura máxima estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.124, aparece el histograma de valores máximos multianuales, siendo el año 2013 como el de mayor temperatura con un valor de 21.43°C.

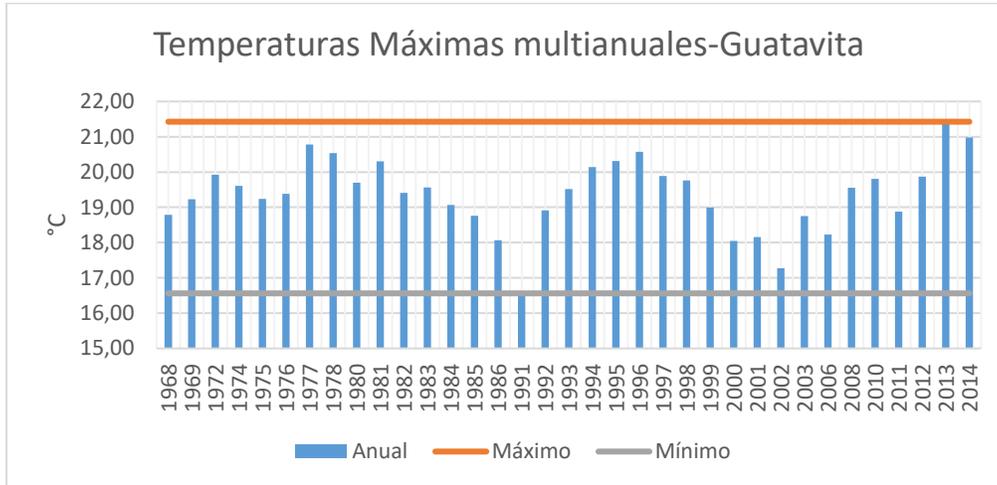


Figura 5.124. Histograma temperatura máxima multianual estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Temperatura máxima la Iberia

En la Figura 5.125, aparece el histograma producto de los registros del termómetro de máxima, donde se aprecia una diferencia considerable a lo largo del año, siendo el mes de julio el de menor valor con 15.91 °C y el mes de febrero, con el mayor valor de 19.48 °C, con una gran diferencia 3.57 °C entre dichos extremos. Con respecto al máximo presentado corresponde 25.1 °C en el mes de enero de 2011.

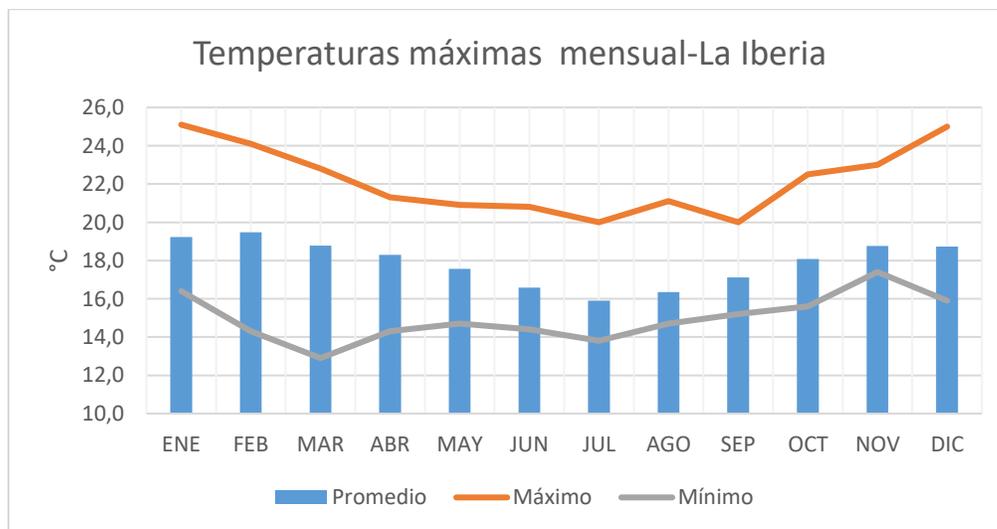


Figura 5.125. Histograma temperatura máxima estación la Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 5.126, aparece el histograma de valores máximos multianuales, siendo el año 2010 como el de mayor temperatura con un valor de 20.32°C.

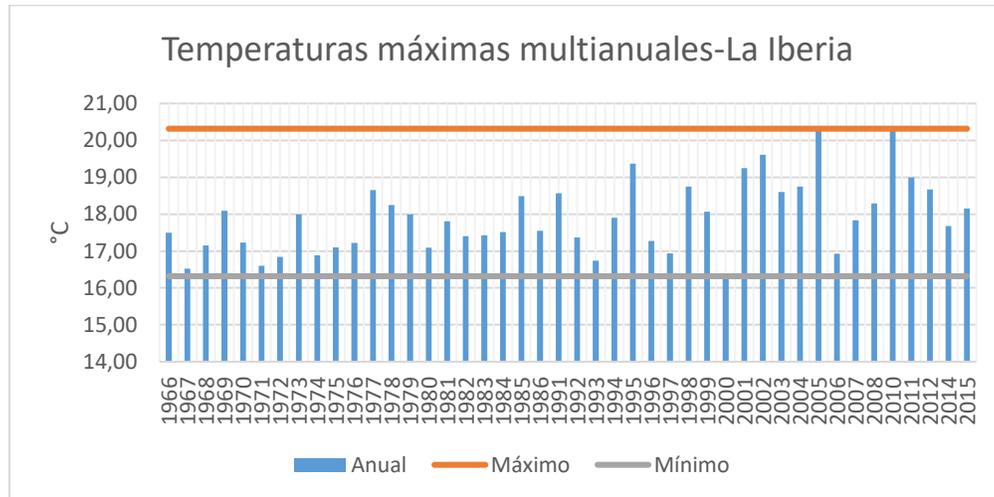


Figura 5.126. Histograma temperatura máxima multianual estación la Iberia.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

5.2.3 Relación de estaciones hidrometeorológicas

Con el fin de conocer la correlación entre las estaciones que se encuentran en la cuenca del Río Teusacá y del Embalse de Tominé. Se identifican cada grupo de estaciones que representa una región de cada cuenca de ordenamiento. Se ordenan de la siguiente manera: cuenca alta del Río Teusacá se relacionan las estaciones San Luis 1-2 y El Verjón, cuenca media y Embalse San Rafael se interrelacionan Santa Teresa, San Rafael 1 y Planta Wiesner, en último lugar para la cuenca baja del Río Teusacá se relacionan Parque Sopó, San Pedro y Suasque.

En la cuenca del Embalse de Tominé se identifican dos grupos de regiones, el primero es el área de la subcuenca del Río Siecha y el municipio de Guasca las estaciones que componen son: San José, San Isidro, Santa Cruz de Siecha y Guasca, la otra región de análisis es el municipio de Guatavita y el área cercana al embalse de Tominé, donde se registran las estaciones Potrero Largo, el Consuelo y Guatavita. En la siguiente sección se representa todas las relaciones y graficas del análisis de los resultados meteorológicos de las cuencas de estudio:

- Cuenca alta del Río Teusacá

Se presenta en las siguientes figuras las relaciones de la precipitación mensual y multianual de las estaciones de San Luis 1-2 y el Verjón, que se encuentran en las cotas 3000 y 3250 msnm respectivamente, no guardan una alta correlación, tanto en valores mensuales como en valores multianuales, San Luis es cercano a la ciudad de Bogotá y es influenciado por el relieve y su comportamiento es plenamente bimodal, en cambio el Verjón es afectado por

la región de Orinoquia y la zona de influencia intertropical, lo que implica un comportamiento de transición de bimodal y unimodal.

Se registra valores de precipitación anuales superiores en la estación el Verjón solamente en los años setenta San Luis supera el nivel de lluvias a lo largo de esos años, el año 2011 corresponde el de mayor precipitación histórica para ambas estaciones, el año de menor precipitación se presenta en el año 1977, los valores multianuales no guardan total relación de las dos estaciones.

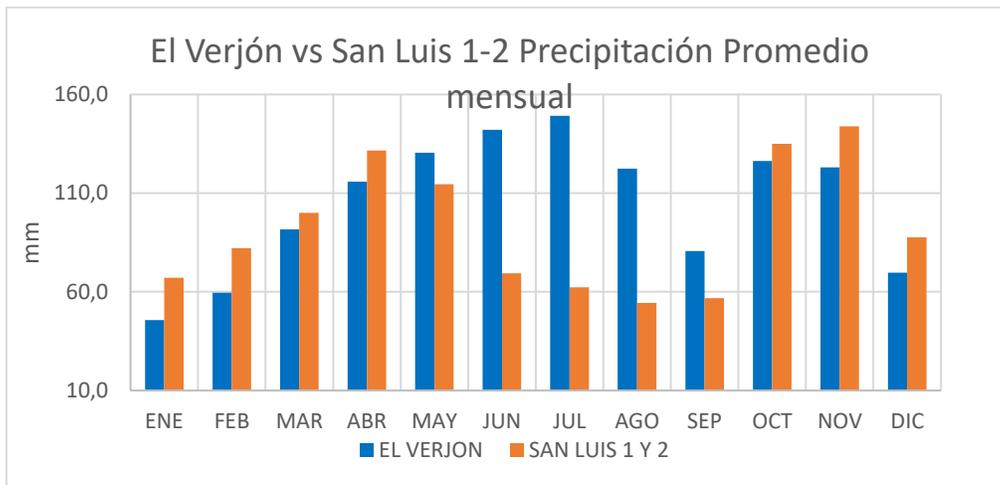


Figura 5.127. Histograma comparativo de precipitación mensual.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

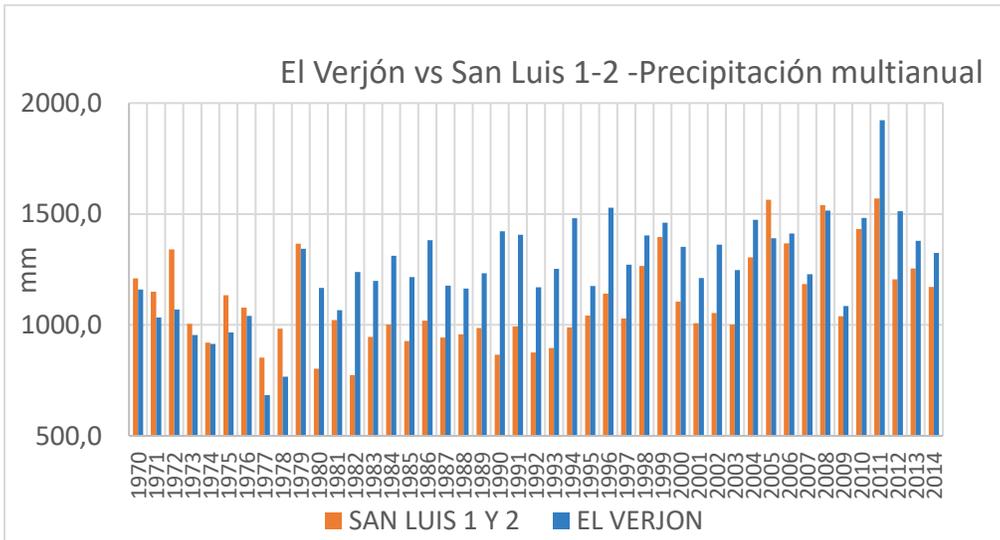


Figura 5.128. Histograma comparativo de precipitación multianual.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Cuenca media del Río Teusacá y Embalse de Tominé.

Se presenta en las siguientes figuras las relaciones de la precipitación mensual y multianual de las estaciones de Santa Teresa, San Rafael 1 y Planta Wiesner, que se encuentran en las cotas 2992, 2750 y 2795 msnm respectivamente, guardan una relativa correlación, tanto en valores mensuales como en valores multianuales, todas las estaciones presentan un comportamiento bimodal, se observa un cambio en la cantidad de precipitación desde el mes de mayo hasta octubre en la estación Santa Teresa, las otras dos estaciones están influenciada por el embalse San Rafael, en cambio Santa Teresa es afectado por la relieve y una cota mayor que propicia el aumento de precipitaciones.

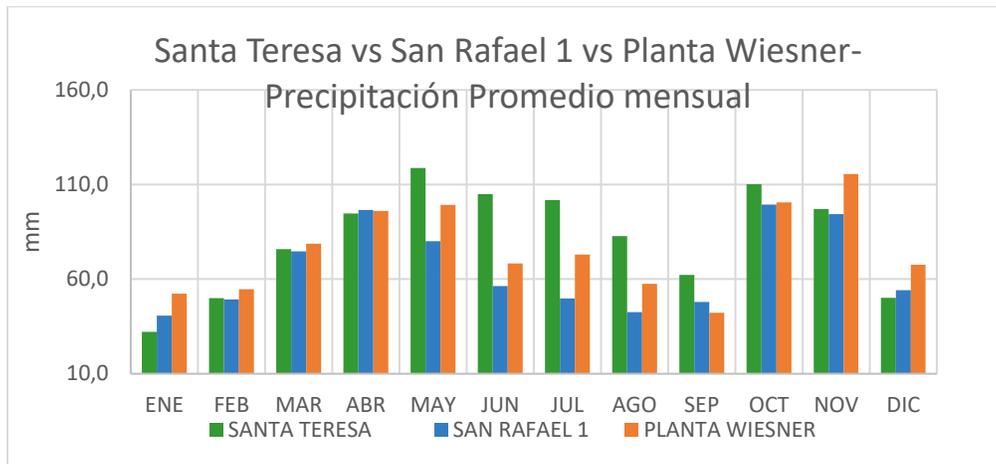


Figura 5.129. Histograma comparativo de precipitación mensual.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

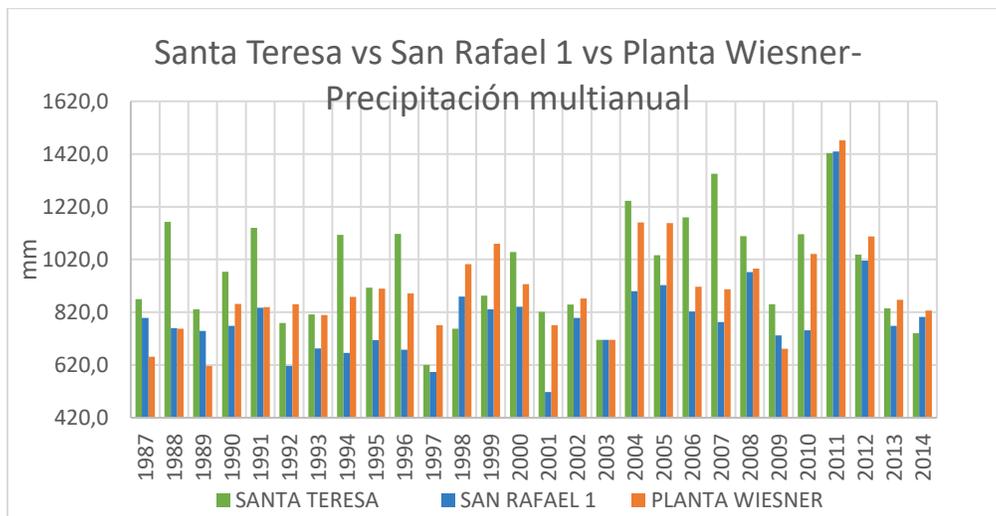


Figura 5.130. Histograma comparativo de precipitación multianual.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Se registran valores de precipitación anuales superiores en la estación Santa Teresa en el periodo de evaluación, el año 2011 corresponde el de mayor precipitación histórica para las tres estaciones, el año de menor precipitación se presenta en el año 1997, los valores multianuales no guardan total relación de las tres estaciones.

- Cuenca baja Río Teusacá

Se presenta en las siguientes figuras las relaciones de la precipitación mensual y multianual de las estaciones de Parque Sopó, San Pedro y Suasuke, que se encuentran en las cotas 2576, 2560 y 2555 msnm respectivamente guardan una relativa correlación Parque Sopó y San Pedro, tanto en valores mensuales como en valores multianuales, Suasuke se diferencia a las otras dos estaciones, las dos primeras estaciones presentan un comportamiento bimodal característico de la sabana de Bogotá. Suasuke registra una transición entre bimodal y unimodal, es influenciado por la región de Orinoquia y la zona de influencia intertropical, se observa un cambio en la cantidad de precipitación desde el mes de mayo hasta septiembre.

Se registra valores de precipitación anuales superiores en la estación Suasuke en el periodo de evaluación, el año 2011 corresponde el de mayor precipitación histórica para las tres estaciones, el año de menor precipitación se presenta en el año 1997, los valores multianuales no guardan total relación de las tres estaciones.

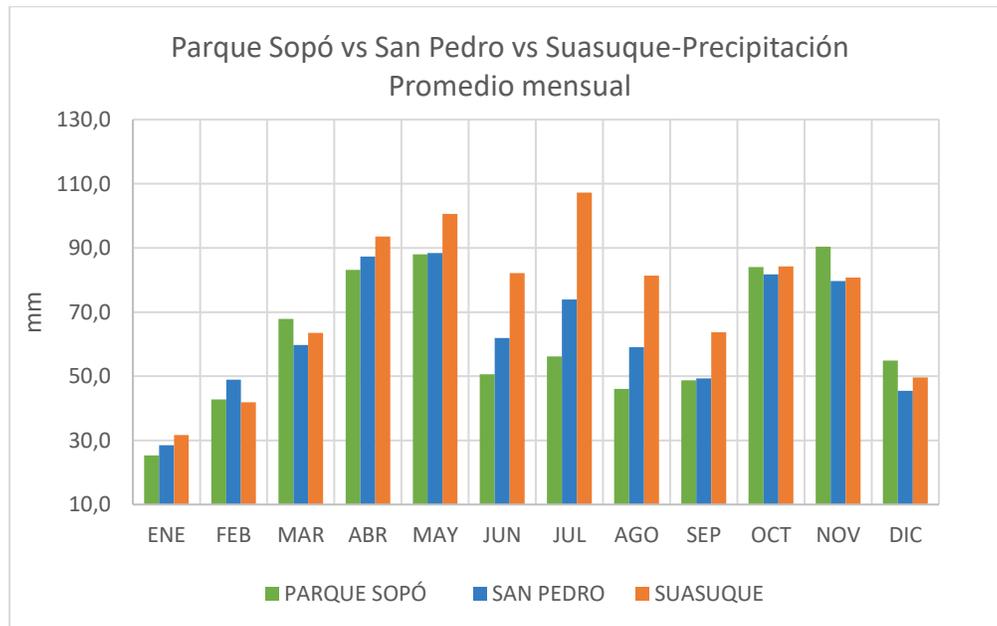


Figura 5.131. Histograma comparativo de precipitación mensual.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

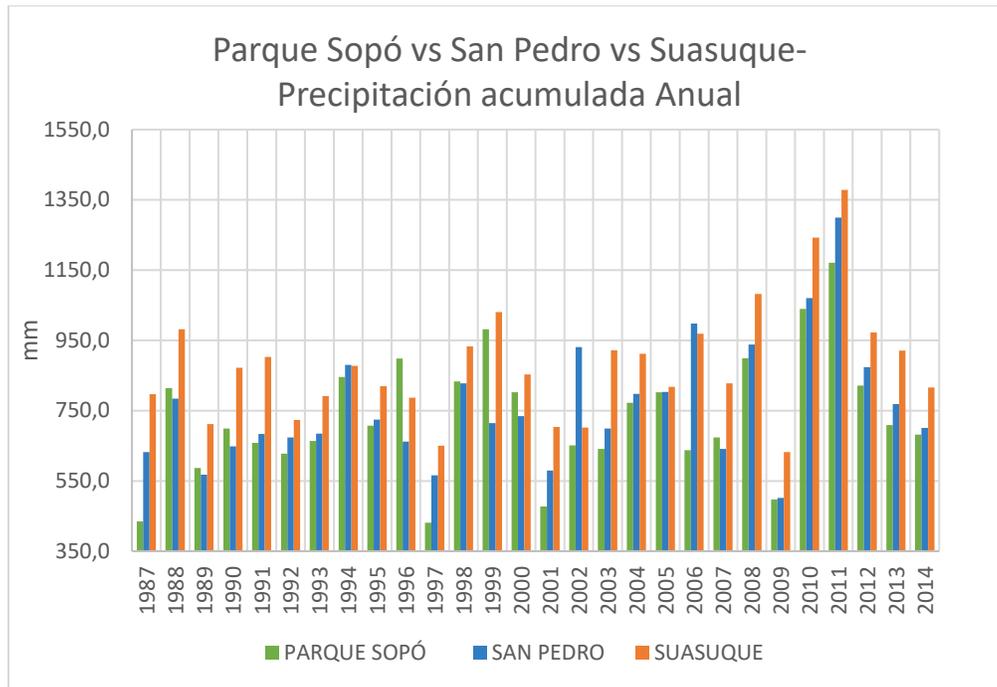


Figura 5.132. Histograma comparativo de precipitación multianual.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

- Municipio de Guasca y subcuenca del Río Siecha.

Se presenta en las siguientes figuras las relaciones de la precipitación mensual y multianual de las estaciones de San José, San Isidro, Santa Cruz de Siecha y Guasca, que se encuentran en las cotas 2673, 2698, 3100 y 2750 msnm respectivamente, guardan una relativa correlación San José, San Isidro y Guasca, tanto en valores mensuales como en valores multianuales, Santa Cruz de Siecha se diferencia notablemente a las otras dos estaciones, las tres estaciones cercanas al municipio de Guasca presentan un comportamiento bimodal característico de la sabana de Bogotá. Santa Cruz de Siecha registra una un comportamiento unimodal, es influenciado por la región de Orinoquia, la altitud, el páramo y la zona de influencia intertropical, se observa un cambio en la cantidad de precipitación desde el mes de mayo hasta noviembre en dicha estación.

Se registra valores de precipitación anuales superiores en la estación Santa Cruz de Siecha en el periodo de evaluación, el año 2011 corresponde el de mayor precipitación histórica para las tres estaciones que cumplen el régimen bimodal, para Santa Cruz de Siecha el año de mayor precipitación fue 2006. El año de menor precipitación se presenta en el año 1997, los valores multianuales no guardan total relación de las cuatro estaciones.

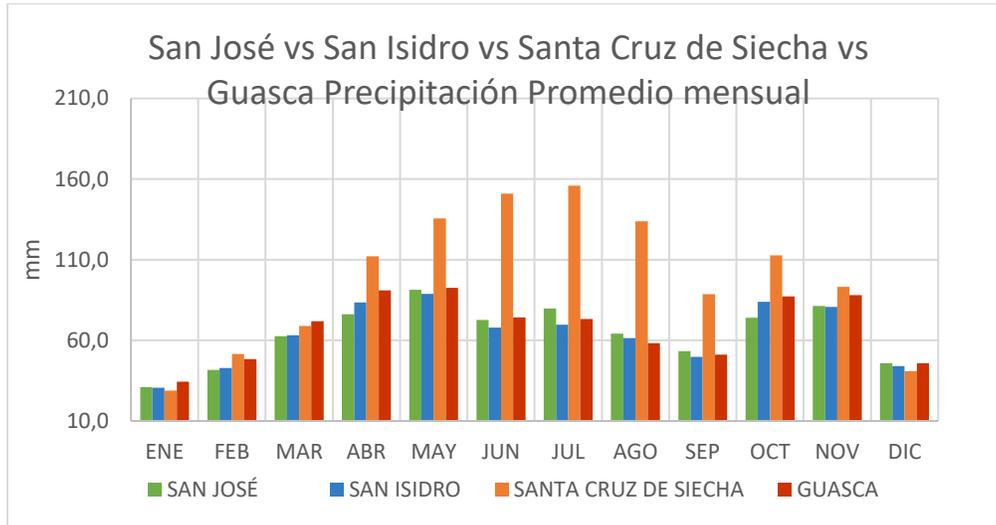


Figura 5.133. Histograma comparativo de precipitación mensual.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

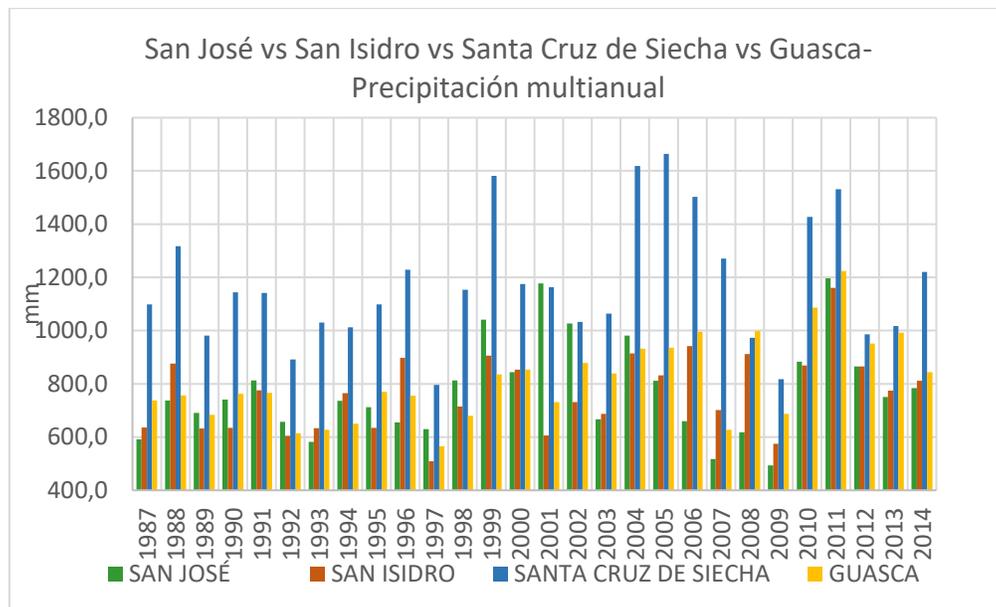


Figura 5.134. Histograma comparativo de precipitación multianual.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Municipio de Guatavita y principales tributarios del Embalse de Tominé.

Se presenta en las siguientes figuras las relaciones de la precipitación mensual y multianual de las estaciones el Consuelo, Guatavita y Potrero Largo, que se encuentran en las cotas 2934, 2659 y 2780 msnm respectivamente, ninguna estación guarda una relativa correlación en valores mensuales como en valores multianuales, el Consuelo y Guatavita

presentan un comportamiento bimodal característico de la sabana de Bogotá, es influenciado por el embalse de Tominé. Potrero Largo registra un comportamiento de transición de bimodal y unimodal, es afectada por la región de Orinoquia y la zona de influencia intertropical, se observa un cambio en la cantidad de precipitación desde el mes de mayo hasta agosto en dicha estación.

Se registra valores de precipitación anuales superiores en la estación Potrero Largo en el periodo de evaluación, el año 2011 corresponde el de mayor precipitación histórica para las tres estaciones, los valores multianuales no guardan total relación en las cuatro estaciones.

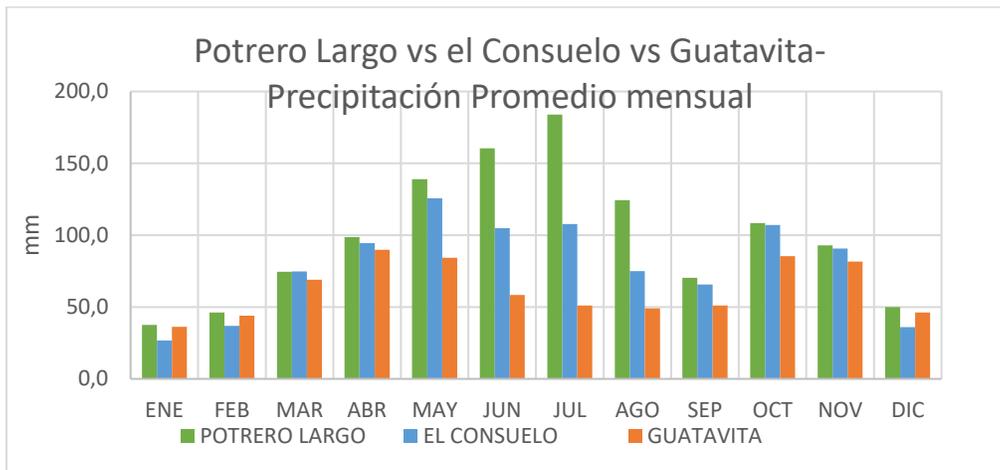


Figura 5.135. Histograma comparativo de precipitación mensual.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

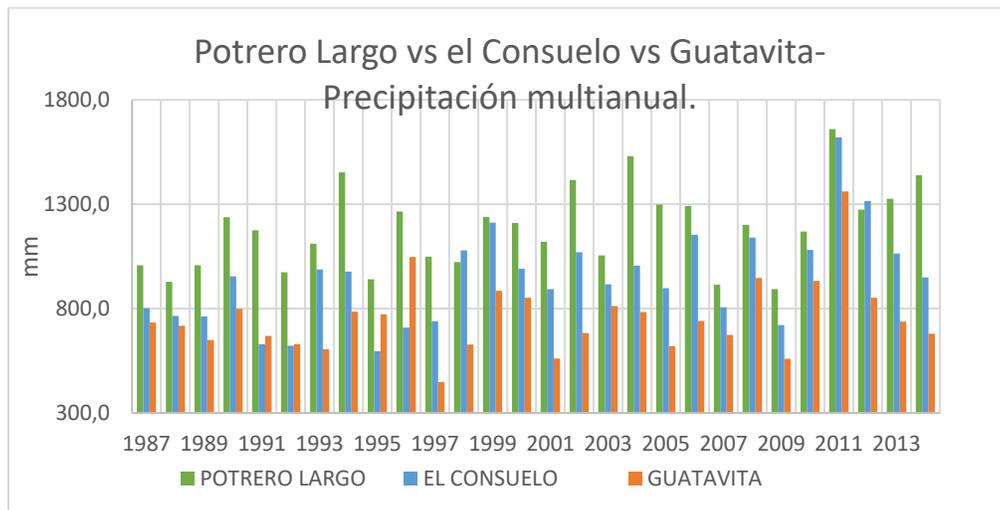


Figura 5.136. Histograma comparativo de precipitación multianual.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Evaluadas las figuras anteriores, podemos afirmar que el mejor método para obtener precipitación media en la totalidad de todas las sub cuencas y unidades hidrográficas, es el de isoyetas, que muestra los cambios significativos en la precipitación a nivel espacial, como se verá más adelante. En el Anexo 5-1 se presenta la información referente al análisis estadístico subcuencas río Teusacá y embalse Tominé.

5.3 Variabilidad Climática Cuencas del Río Teusacá y Embalse de Tominé

Para la siguiente sección se desarrolló, primero una conceptualización en lo fundamental sobre la variabilidad climática, su aplicación y los fenómenos que se presentan en Colombia, por último, se realiza el análisis en el parámetro de precipitación

- **Conceptualización**

La variabilidad climática se representa en las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos. Durante un tiempo en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como anomalía. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales se conoce como variabilidad climática y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías. (Montealegre, José. E, 2009⁴).

Dentro de las escalas temporales de la variabilidad climática, las siguientes se consideran las de mayor importancia en la determinación y modulación de procesos atmosféricos:

- ✓ Estacional: fluctuación del clima a escala mensual: La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel, para latitudes tropicales como Colombia, lo frecuente es la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas⁵.
- ✓ Intraestacional: condiciones de tiempo durante decenas de días; Dentro de las oscilaciones intraestacionales se destaca una señal de tipo ondulatorio, denominada de 30-60 días. Ésta ha sido detectada en la actividad convectiva en el Pacífico Tropical Oriental y en la precipitación de esta región y de la América Tropical. Esta oscilación se asocia con las ondas de Madden-Julian⁶.
- ✓ Interanual – A esta escala corresponden las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año: Normalmente percibimos que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal. Ejemplos típicos de la variabilidad climática interanual corresponden a los fenómenos

⁴ Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala, José Edgar Montealegre bocanegra, IDEAM, diciembre 2009.

⁵ La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Universidad Nacional: Revista Meteorología Colombiana 2: 7-21: 2000.

⁶ Ibídem.

enmarcados dentro del ciclo El Niño - La Niña - Oscilación del Sur, ENSO y la Oscilación Cuasibienal, la cual corresponde a una oscilación de largo plazo en la dirección del viento zonal de la baja y media estratosfera ecuatorial, con un período irregular que varía entre 20 y 35 meses; en cada lapso se alternan los vientos de componente Este con los del Oeste⁷.

El Ciclo conocido como El Niño, La Niña - Oscilación del Sur - ENOS, es la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacífico, en la escala interanual. El Niño y su fase opuesta La Niña, son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento de los vientos alisios del Este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del Oeste al Centro del Océano Pacífico tropical, en condiciones El Niño o con su permanencia e intensificación en el caso de La Niña. La componente atmosférica del ENOS, conocida con el nombre de la Oscilación del Sur, corresponde a la variación interanual del campo de presión atmosférica cerca de la superficie, en la región del Pacífico centro-occidental. Durante algunos años la presión atmosférica en el Pacífico central es mayor que en el occidental, en otros años ocurre lo contrario; esta alternancia interanual de las anomalías positivas y negativas de la presión atmosférica ha sido comprobada mediante la correlación inversa y bien definida entre los valores de presión atmosférica en Tahití (isla localizada en el centro del Pacífico) y Darwin (nororiente de Australia).

Con respecto al Índice Oceánico del Niño - ONI se conoce como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. De acuerdo con este índice, en condiciones El Niño (La Niña), el ONI debe ser igual ó superior (igual o inferior) a medio grado Celsius de anomalía⁸.

- **Variabilidad interanual: Influencia de los océanos pacífico y atlántico en la precipitación de Colombia.**

El análisis de la secuencia temporal de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en las diferentes regiones del sector tropical refleja la ocurrencia de períodos cálidos y fríos en ciclos recurrentes que oscilan entre tres y siete años, siendo esta la principal característica de su variabilidad interanual. Esta variabilidad es la que caracteriza los fenómenos asociados al ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur (ENSO). La alternación

⁷ La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Universidad Nacional: Revista Meteorología Colombiana 2: 7-21: 2000.

⁸ Fuente. Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia

de las dos fases, cálida (El Niño) y fría (La Niña) es un rasgo bien identificado del Océano Pacífico en la escala de tiempo interanual. (Montealegre, José. E, 2009⁹).

El análisis de la información histórica de la precipitación en Colombia permite identificar variaciones de diferente escala relacionadas con la variabilidad de la estructura térmica superficial de los océanos Pacífico y Atlántico. El océano como controlador del clima y la atmósfera en cuyo seno se suscitan los procesos físicos de la condensación, parecen ser los responsables más determinantes de la variabilidad interanual de la precipitación, el océano Pacífico a través del ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur, ENSO induce una señal que es posible identificar en casi todos los países de la región¹⁰.

Algunos aspectos de la Variabilidad Interanual del Océano Pacífico y su efecto climático en Colombia: la afectación del régimen de lluvias por la fase cálida del ciclo (El Niño) no sigue un patrón común, ni ha sido el mismo durante su ocurrencia en los 6 últimos eventos documentados. Por el contrario, es diferencial a lo largo y ancho del territorio nacional. En términos generales, se ha podido identificar que cuando se presenta el fenómeno hay una clara tendencia hacia la disminución generalizada de los volúmenes de precipitación de las regiones Andina, Caribe y la parte norte de la región Pacífica. El análisis de la fase fría del ciclo (La Niña) permite establecer que más de la mitad de los episodios documentados hasta la fecha se han iniciado a partir del segundo trimestre del primer año. Las lluvias durante los dos primeros trimestres son prácticamente normales en las cinco regiones naturales del país. A partir de ese momento y durante los tres trimestres siguientes, el efecto climático reflejado a través de los excedentes de lluvia se manifiesta claramente en las regiones Andina, Caribe y Pacífica (Pabón & Montealegre, 1998a¹¹).

Para el segundo semestre del segundo año, el efecto se debilita notablemente y nuevamente el comportamiento de las lluvias es casi normal. El efecto climático registrado durante los fenómenos “La Niña” no es exactamente contrario al observado durante los fenómenos “El Niño”, aunque si se observa una tendencia inversa en el efecto producido por ambos eventos¹².

Algunos aspectos de la Variabilidad Interanual del Océano Atlántico y su efecto climático en Colombia, Aún está por determinar el grado de influencia del océano Atlántico en los climas de Colombia, aunque trabajos de diferentes autores sugieren la existencia de esta relación, establece que el comportamiento estacional de la Zona de Confluencia Intertropical – ZCIT, está igualmente muy ligado a la dinámica de la temperatura superficial del mar en las áreas norte y sur del Atlántico. Los calentamientos del Atlántico Sur mantienen a la ZCIT más al sur de su posición normal, ocasionando excedentes de lluvia en el nordeste del continente Sudamericano, pero sin mayores efectos en otras partes. Los

⁹ Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala, José Edgar Montealegre bocanegra, IDEAM, diciembre 2009.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. MONTEALEGRE, Edgar & PABÓN Daniel. Universidad Nacional: Revista Meteorología Colombiana 2: 7-21: 2000.)

¹² *Ibidem*.

calentamientos en el Atlántico Norte mantienen la ZCIT más al norte de lo normal, causando entonces sequías en la citada región. Así mismo, cuando el Atlántico Norte cálido coincide con el Atlántico Sur frío, el efecto sobre la ZCIT se refuerza y el Nordeste del continente Sudamericano registra sequías más intensas. (Montealegre, José. E, 2009¹³).

En la Figura 5.137, se muestra el comportamiento del Índice Oceánico Niño (ONI), donde se puede identificar episodios cálidos (anomalías positivas, El Niño) o fríos (anomalías negativas, La Niña), se da cuando el valor del ONI supera el umbral de +0.5°C para El Niño o es inferior a -0.5°C para La Niña, durante por lo menos cinco períodos consecutivos.

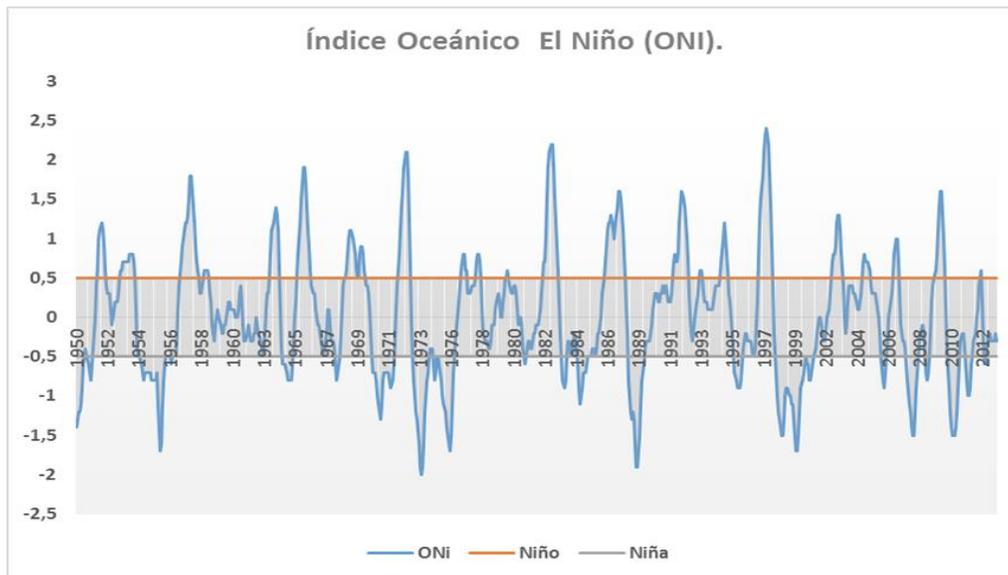


Figura 5.137. Índice Oceánico el Niño (ONI).

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

- Análisis de variabilidad climática Cuencas del Río Teusacá y Embalse de Tominé**

Como se recordó la escala temporal más importante en su análisis es la interanual, de esta forma se puede estudiar con detalle el comportamiento de las anomalías de precipitación y temperatura a través de las series diarias, mensuales o anuales, de esta forma se podrá interpretar las mayores fluctuaciones por encima o por debajo del normal, por ejemplo, temporadas secas, lluviosas o aumento de la temperatura. Con estos resultados se puede interpretar y correlacionar los fenómenos climáticos como el ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur y ZCIT.

Las estaciones de Precipitación y que se evalúan son las idénticas del tratamiento estadístico y de Homogeneidad, no se utilizaron estaciones antiguas y con series cortas,

¹³ Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala, José Edgar Montealegre bocanegra, IDEAM, diciembre 2009.

de esta manera se pueda visualizar mejor los cambios implícitos en la variabilidad climática. Es muy importante este análisis ya que, si se combina estos resultados con calidad del aire, agua y suelos, la tala de los bosques y las emisiones de los gases de efecto de invernadero. Se pueden observar cambios como el aumento de la temperatura y del impacto de las fluctuaciones extremas del clima como sequías o inundaciones.

El análisis de variabilidad climática para la cuenca del río Teusacá se organiza dividiendo las estaciones por cuenca alta, media y baja. Para la cuenca del Embalse de Tominé se organiza en dos grupos correspondientes a: las subcuencas del Río Siecha y Río Chipatá. El segundo a las subcuencas Río Aves y Tributarios embalse de Tominé.

En la siguiente sección se analizan los gráficos de variabilidad interanual para la precipitación de las cuencas ya mencionadas.

- **Variabilidad Interanual Precipitación Río Teusacá**

Cuenca Alta Río Teusacá Estación San Luis.

Como se puede observar en las Figura 5.138 y Figura 5.139, la estación San Luis mantiene un ritmo de fluctuaciones bajas aproximadas entre 0 a 250 mm hasta el año 1997, en el año 1970 es el pico sobresaliente de los primeros años, desde el año 2005 se registran cambios más bruscos superando los 250 mm y un cambio de tendencia donde se aleja del promedio. En el complemento del periodo evaluado se observó muy pocas variaciones y cercano el nivel promedio en varios años. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

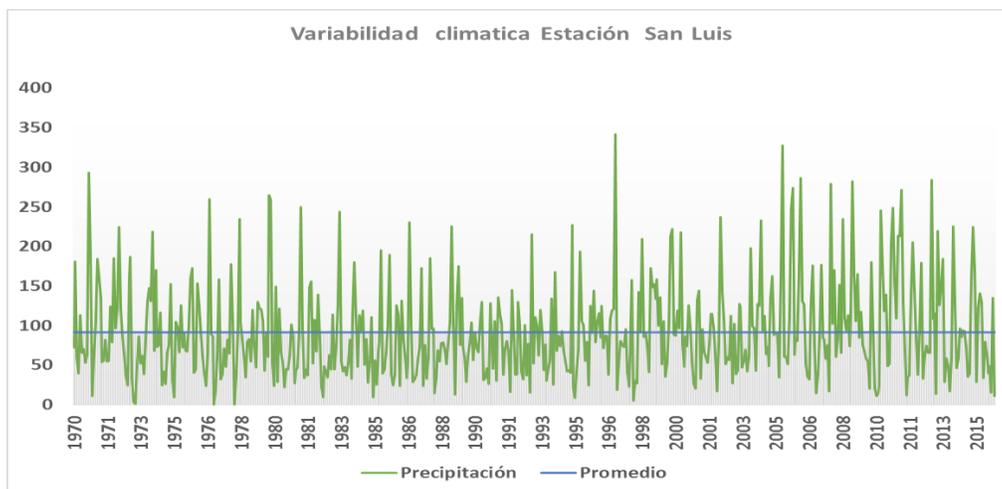


Figura 5.138. Variabilidad Interanual estación San Luis.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

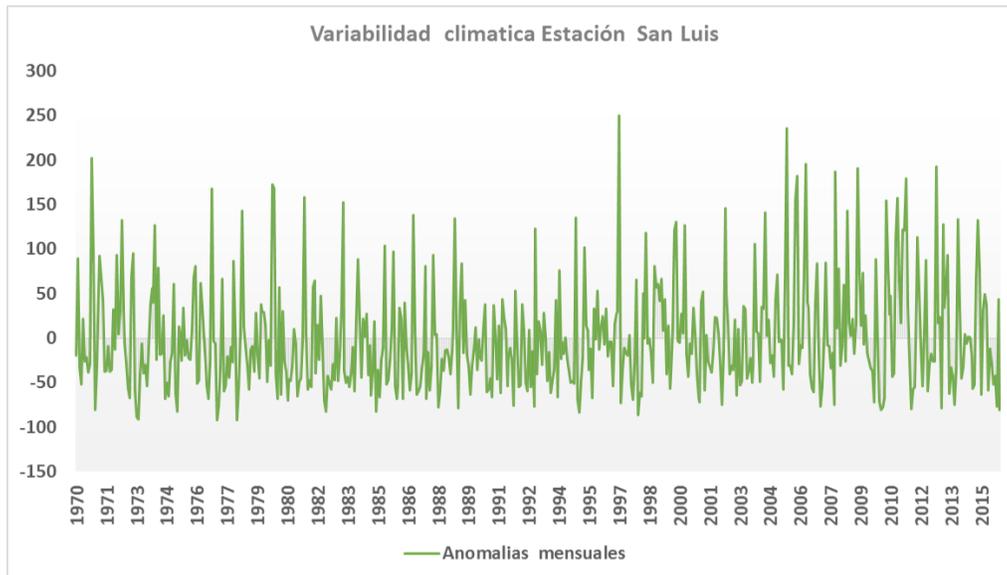


Figura 5.139. Anomalías mensuales estación San Luis.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

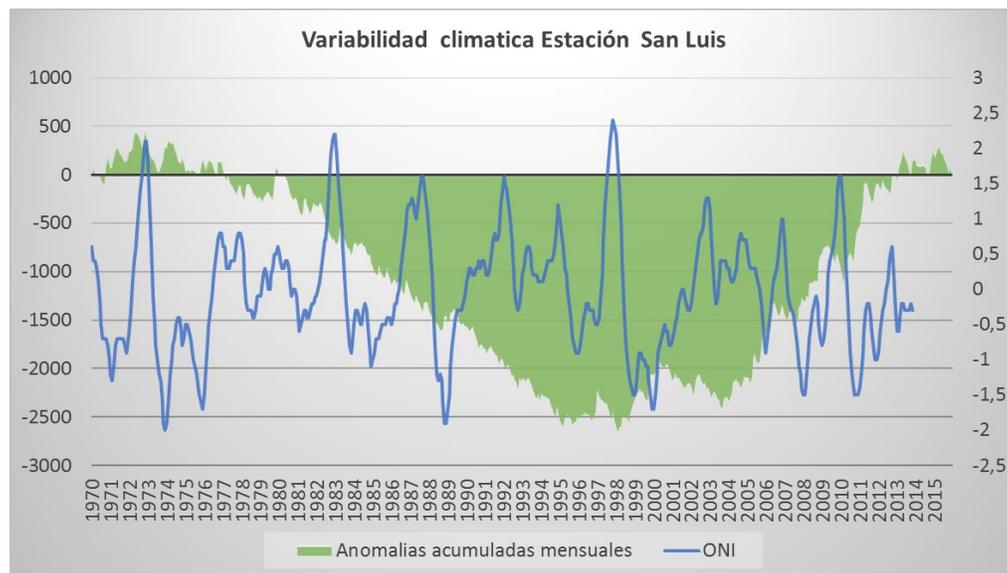


Figura 5.140. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Luis.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

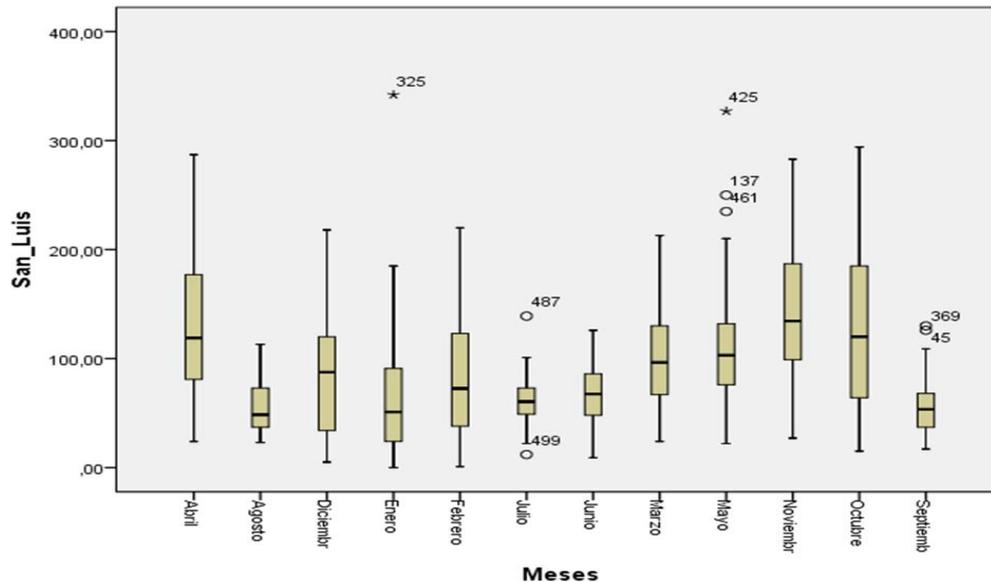


Figura 5.141. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Luis.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos y mínimos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa que no se registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual en los meses de abril, agosto, diciembre, febrero, junio, marzo, noviembre y octubre, solamente se detallan en los años 2000 y 2008, que corresponden a años Niña, en cambio 1973, 1981, 1997, 2005 y 2010 se registran picos que no son influenciados por este fenómeno. Solamente un dato sale del comportamiento estadístico mensual en el mes de julio de 2011 el cual no corresponde a un año Niño.

- Cuenca Alta Río Teusacá Estación El Verjón**

Examinando la estación San Luis la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación, Figura 5.142, se destacan períodos húmedos en los años 1970 al 1972, 1974, 1980, desde 1999 al 2001, 2004 al 2006, 2008 al 2009 y 2011-2012, comparando con el ONI se relacionan con algunos años de la Niña, los periodos secos en esta estación son los años 1973, 1977 al 1979, desde 1980 al 1995, 1997, del 2001 al 2003, 2007 y 2010, del se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, la tendencia es de bajas precipitaciones hasta 2005 y desde ese año se cambia la tendencia y aumenta significativamente las precipitaciones. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal (ocurrencia de anomalías del mismo signo cada dos años, aproximadamente) se puede observar en la década de los setenta. Realmente, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas a dicho ciclo ENSO.

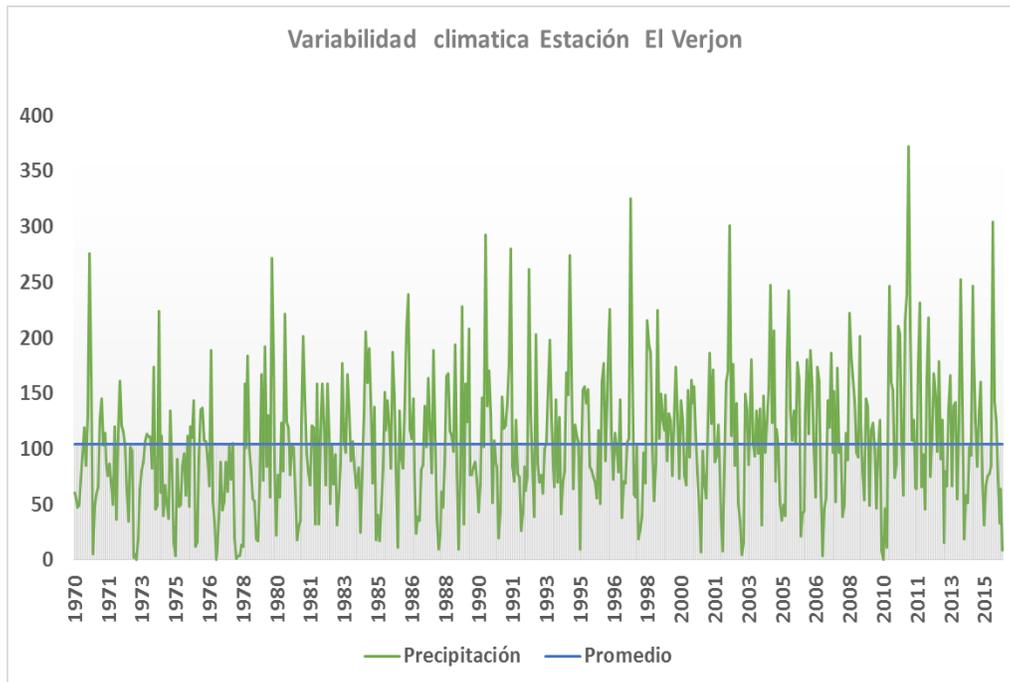


Figura 5.142. Variabilidad Interanual estación el Verjón.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

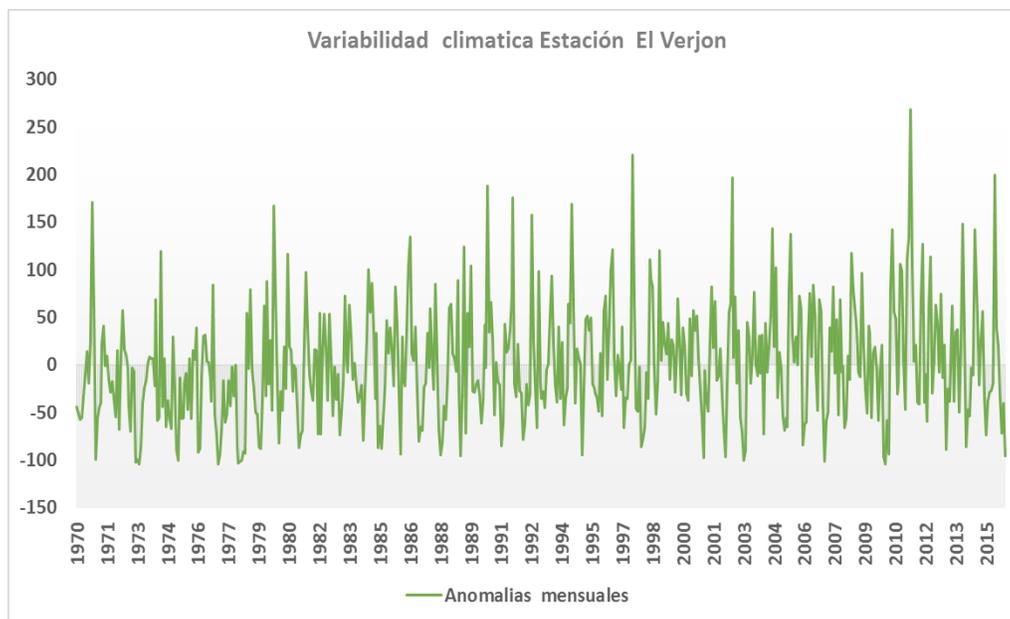


Figura 5.143. Anomalías mensuales estación el Verjón.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras, la estación el Verjón mantiene un ritmo bajo de fluctuaciones desde los setenta hasta en el año 1989 aproximadas entre 0 a 250 mm, con un máximo en año 1970 y 1989, desde el año 1990 las fluctuaciones aumentan y se registran cambios bruscos en los años 1990, 1993, 1997 2002 y 2011. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

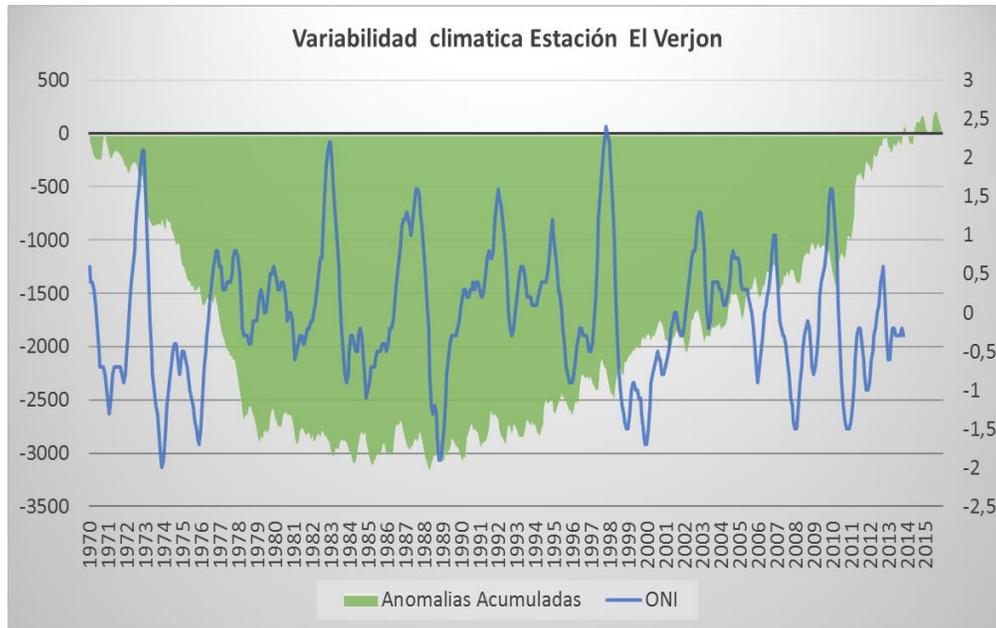


Figura 5.144. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación el Verjón.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Examinando la estación el Verjón la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1989, 1992, 1994, 1996, del 1998 al 2001, 2005 al 2009 y del 2011 al 2013, al comparando con el ONI se relacionan algunos con años que también se presentó la Niña, los periodos secos en esta estación abarcan 1970 al 1973, 1975 al 1979, 1991, 1995, 2002, 2004 y 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente dos periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1970 al 1980 que se registra un clima más seco, después del año 1991 la tendencia cambia con la aumento de las precipitaciones hasta 2013. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado en los años ochenta, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto abril, diciembre, junio, noviembre y octubre, registran datos por fuera del

comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1974, 1989, 1999 y 2011 que corresponden a años Niña, en cambio 1982, 1990, 1991, 1994, 1996, 1997 y 2004 no son influenciados por este fenómeno. No se observan datos que salgan del comportamiento estadística que corresponda a un año Niño.

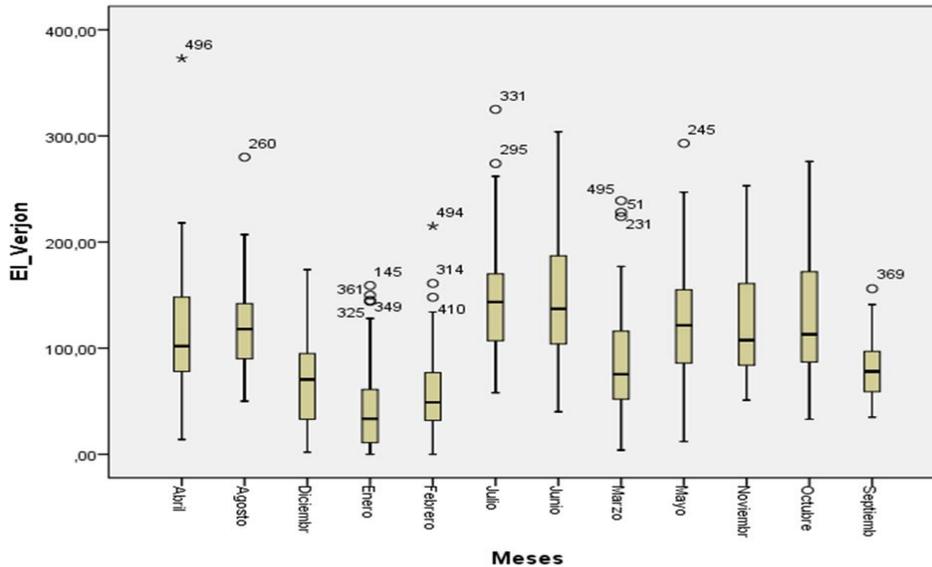


Figura 5.145. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación el Verjón.
Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

- Cuenca media Río Teusacá Estación Santa Teresa**

Como se puede observar en la Figura 5.146 y en la Figura 5.147, la estación Santa Teresa inicia con un ritmo de fluctuación bajo desde 1987 hasta 2009, apropiadamente entre 0 a 200 mm, con excepción de un máximo en el año 1988, desde el año 2010 hasta el 2012 las fluctuaciones se aumentan y se registran cambios bruscos. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

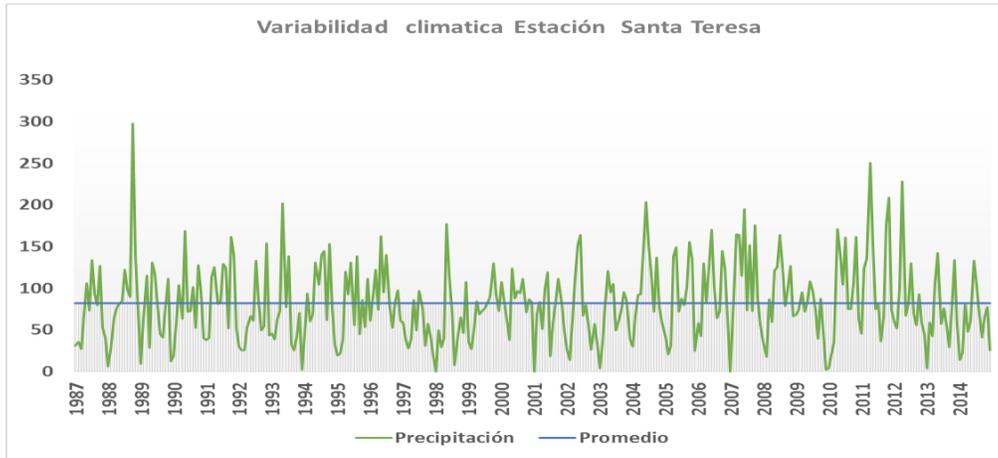


Figura 5.146. Variabilidad Interanual estación Santa Teresa.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

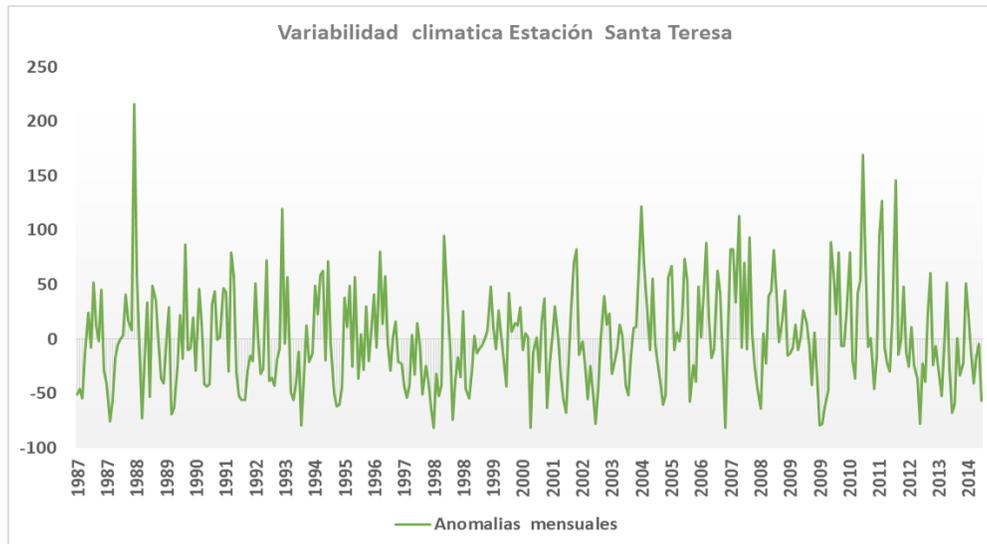


Figura 5.147. Anomalías mensuales estación Santa Teresa.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Examinando la estación Santa Teresa la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1988, 1994, 1996, del 2004 al 2009 y 2011-2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1988, 1990, 1992-1993, 1995, 1997-1999, del 2001 al 2004, 2010 y 2013-2014 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente tres periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1997 al 2004 que se registra un clima con poca precipitación, después de este año la tendencia cambia con un aumento de las precipitaciones hasta 2012 donde fue un temporada más lluviosa, por último se observa un disminución en las precipitaciones. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en los finales de los ochenta e inicio de noventa, las oscilaciones más

destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

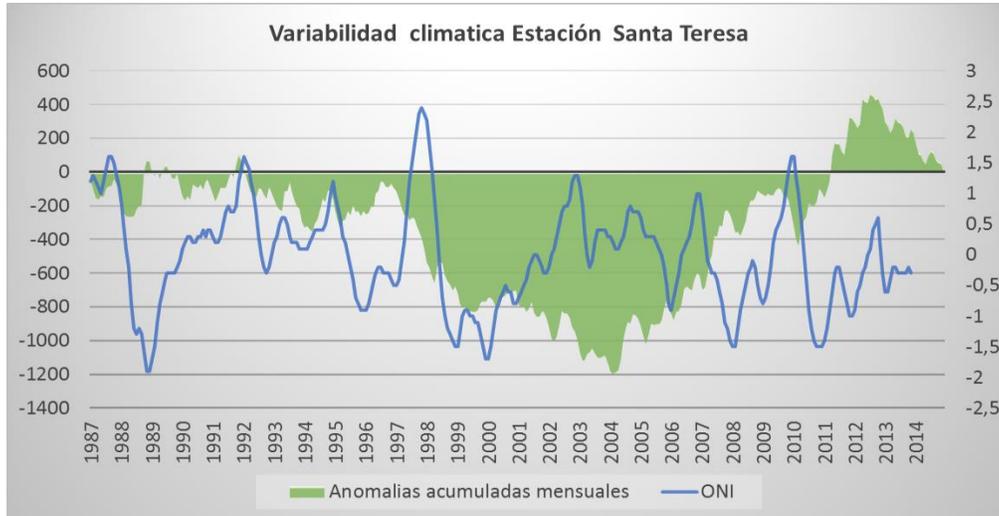


Figura 5.148. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Santa Teresa.

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

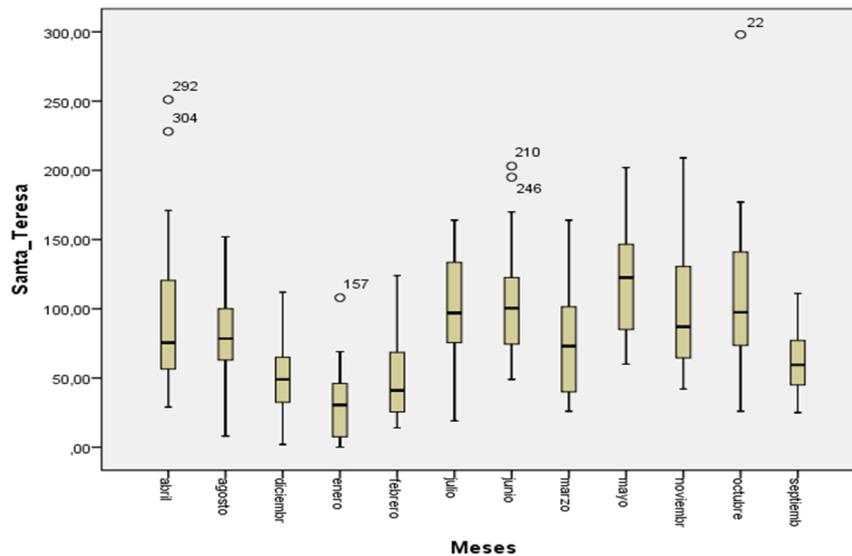


Figura 5.149. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Santa Teresa

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses como agosto, diciembre, febrero, julio, marzo, mayo, noviembre y septiembre, no se registran

datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1988, 2000 y 2011-2012 que corresponden a años Niña, en los años 2004 y 2007 no se cumple este fenómeno. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- **Cuenca media Estación San Rafael**

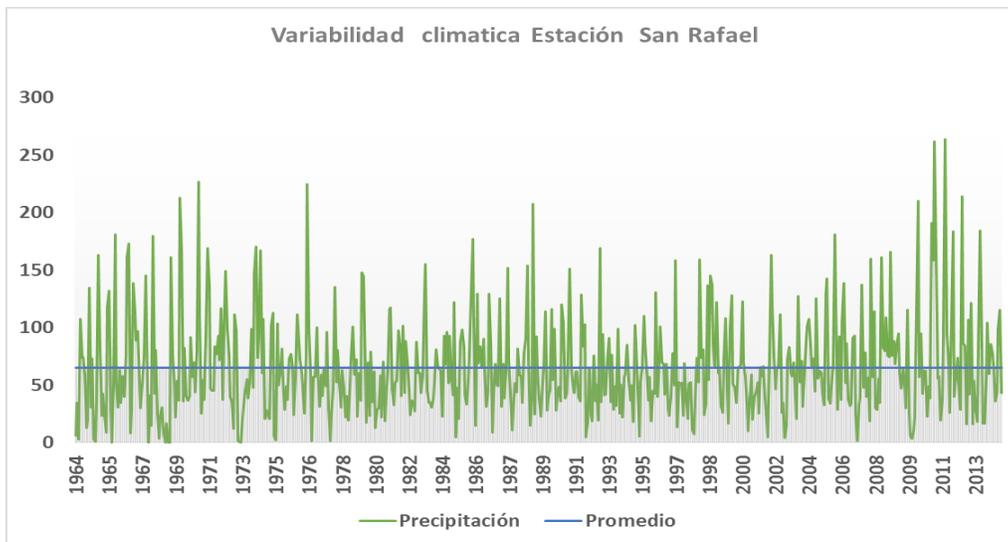


Figura 5.150. Variabilidad Interanual estación San Rafael.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

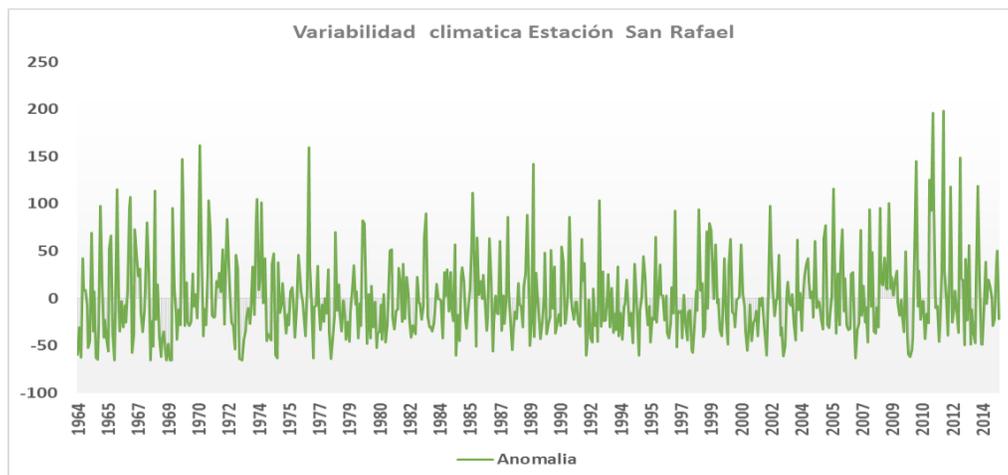


Figura 5.151. Anomalías mensuales estación San Rafael.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras (Figura 5.150, Figura 5.151) la estación San Rafael inicia un ritmo de fluctuaciones alto desde 1965 hasta 1969, apropiadamente entre 0 a 200 mm, luego solamente existen pocos picos con un máximo en los años 1976

y 1988 y 2013 la fluctuación se reduce, hasta el año 2010 que cambia la tendencia y aumenta los cambios superando los 250 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

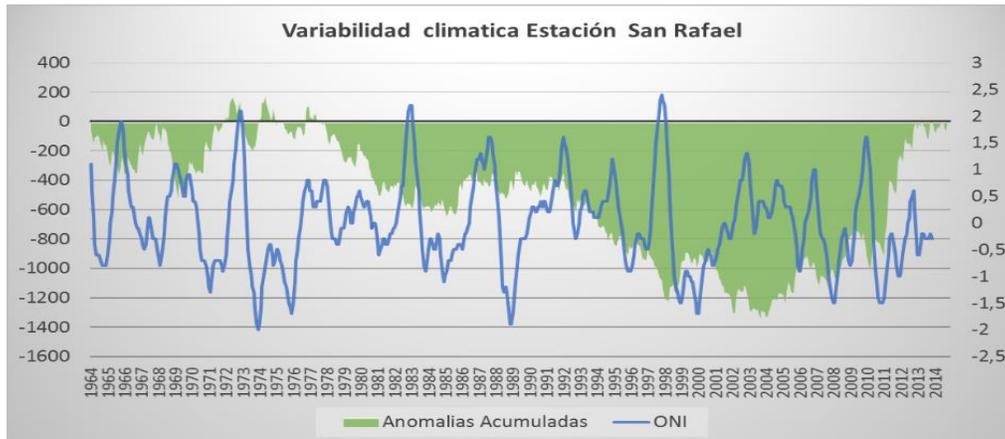


Figura 5.152. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Rafael.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

Examinando la estación San Rafael la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1967-1969, del 1970 al 1972, 1974, 1985, 1998-1999, 2004 al 2006, 2008-2009 y 2011-2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1964 al 1966, 1968-1969, 1973, del 1978 al 1982, de 1991 al 1997, 2001-2002, 2007 y 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente dos periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1978 al 2004 que se registra un clima con poca precipitación, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las lluvias hasta el 2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en los setenta, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto junio, julio y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1973, 1984, 1989, 1998, 2000, 2008 y 2011 que corresponden a años Niña. En los años 1966, 1967, 1986, 1997 y 2010 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

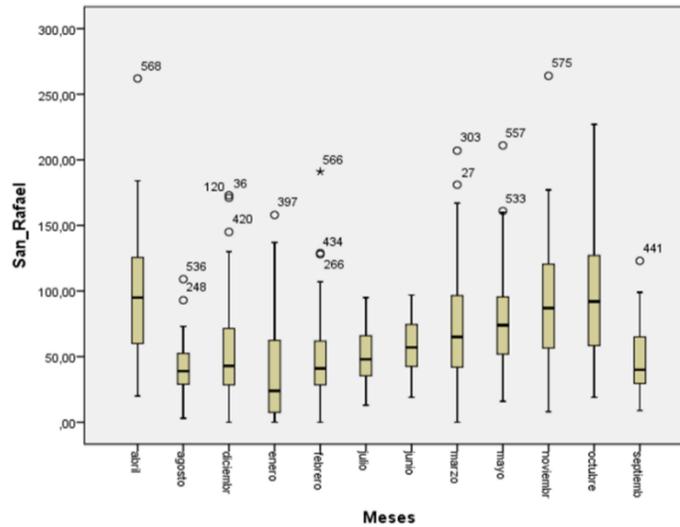


Figura 5.153. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Rafael.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Cuenca Media Estación Planta Wiesner**

Como se puede observar en la Figura 5.154 y en la Figura 5.155 la estación Planta Wiesner inicia con un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1987 hasta 2004, apropiadamente entre 0 a 200 mm, con un máximo en los años 1992 y 1996, desde el año 2005 las fluctuaciones son aumentadas y se registran cambios bruscos superando los 250 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

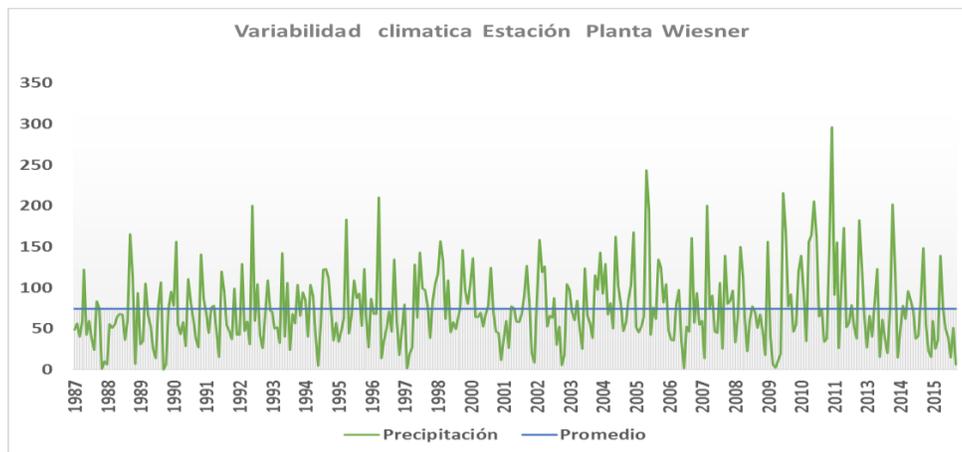


Figura 5.154. Variabilidad Interanual estación Planta Wiesner.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

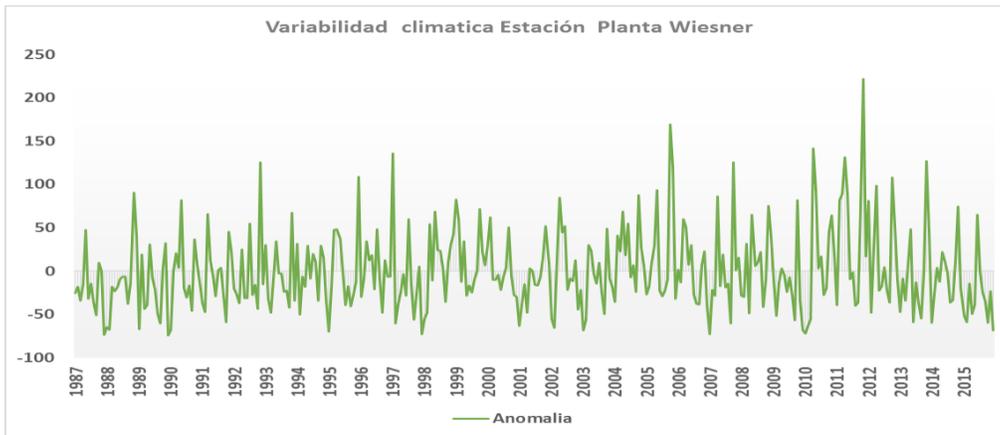


Figura 5.155. Anomalías mensuales estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Examinando la estación Planta Wiesner la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación, Figura 5.156, se destacan períodos húmedos en el año 1998 al 2000, 2004 al 2006, 2008-2009 y 2011-2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1987 al 1993, 1997, 2001, 2003, 2007, 2010 y 2014 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente cuatro periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1987 al 1998 que se registra un clima un seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones hasta 2001, otro periodo seco hasta el 2004 y por último aumento de la precipitación hasta el 2012, Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en finales de los noventa, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia, están asociadas al ciclo ENSO.

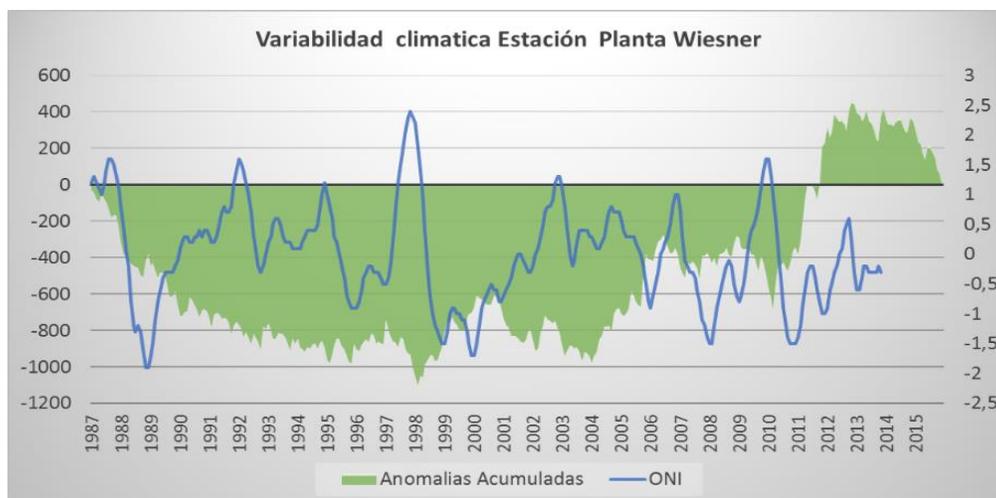


Figura 5.156. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Planta Wiesner.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

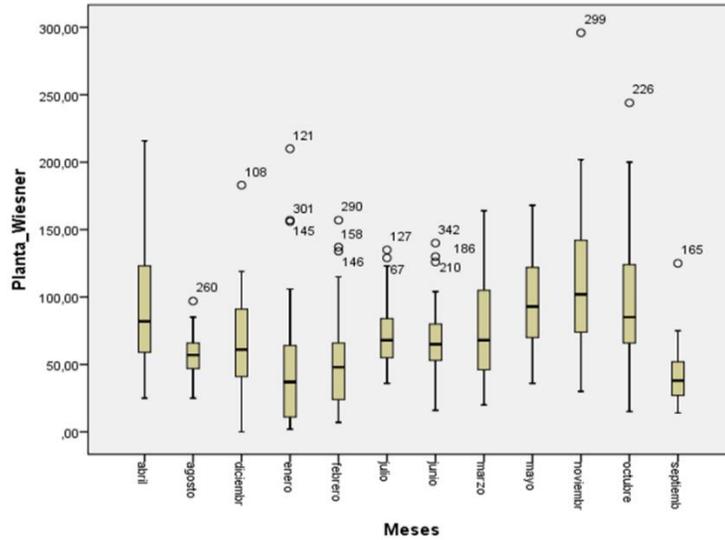


Figura 5.157. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Planta Wiesner.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto abril, marzo y mayo registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1999, 2000, 2008, 2011, 2012 que corresponden a años Niña. En los años 1991, 1995, 1997, 2002, 2004, 2005 y 2015 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- Cuenca Baja estación Parque Sopó**

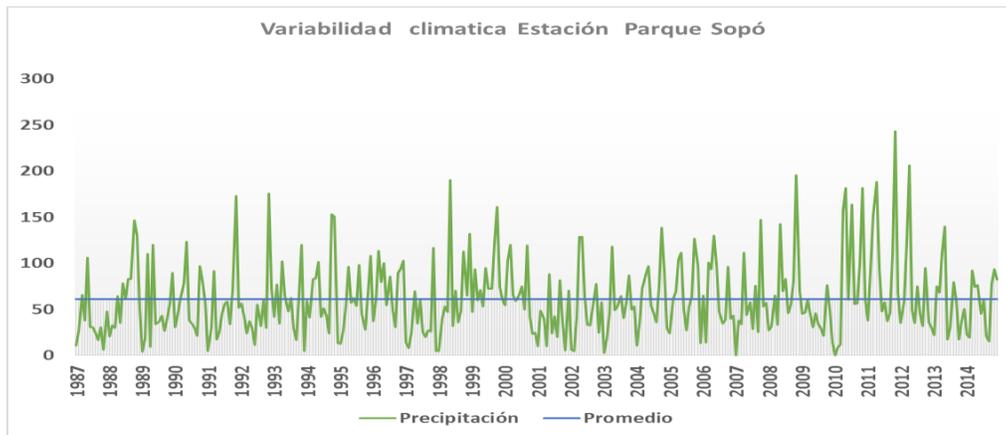


Figura 5.158. Variabilidad Interanual estación Parque Sopó.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

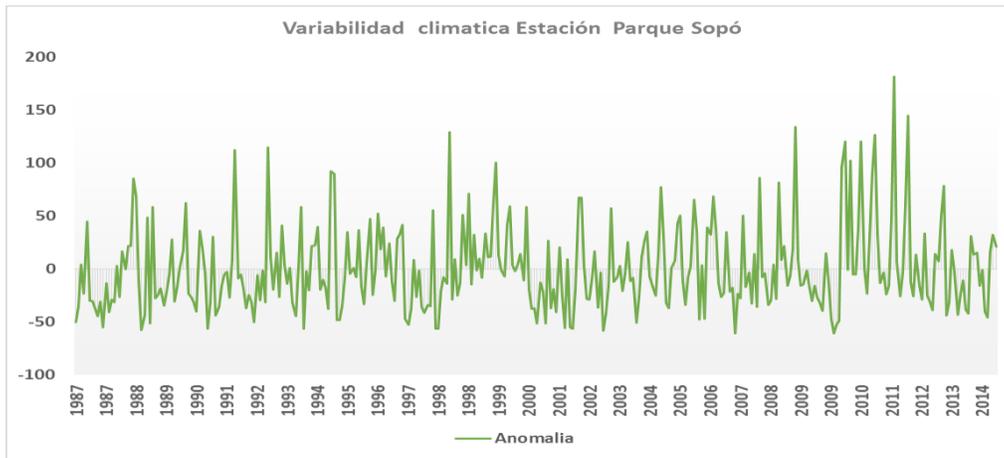


Figura 5.159. Anomalías mensuales estación Parque Sopó.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras la estación Parque Sopó inicia un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1987 hasta 2008, aproximadamente entre 0 a 150 mm, con un máximo en los años 1991, 1993 y 1998, desde el año 2008 las fluctuaciones son aumentadas y se registran cambios bruscos superando los 150 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

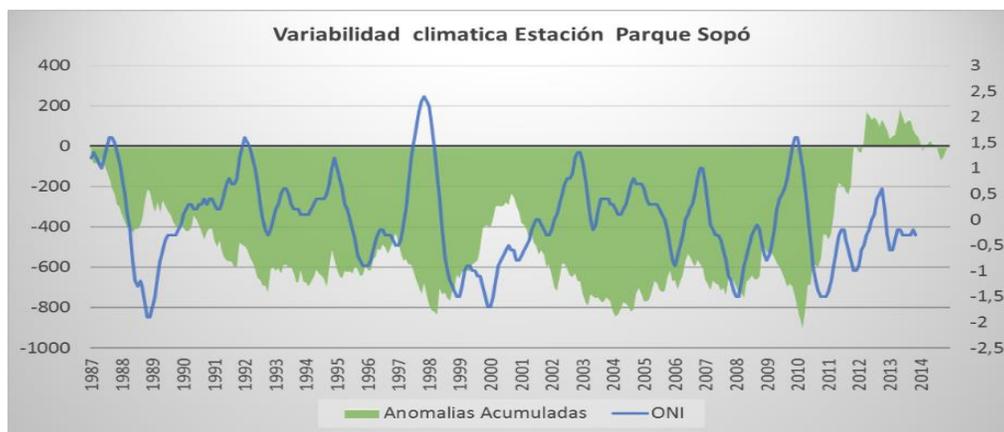


Figura 5.160. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Parque Sopó.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Examinando la estación Parque Sopó la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan periodos húmedos en el año 1989, 1996, 1999 al 2001, 2005-2006, 2008-2009 y 2011-2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1987-1988, de 1990 al 1993, 1997-1998, 2002 al 2004, 2007, 2010 y 2013 se ven muy

relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente cuatro periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1987 al 1998 que se registra un clima un principalmente seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones hasta 2001, luego se presenta otra temporada seca hasta 2010, por último se observa un aumento en las precipitaciones. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

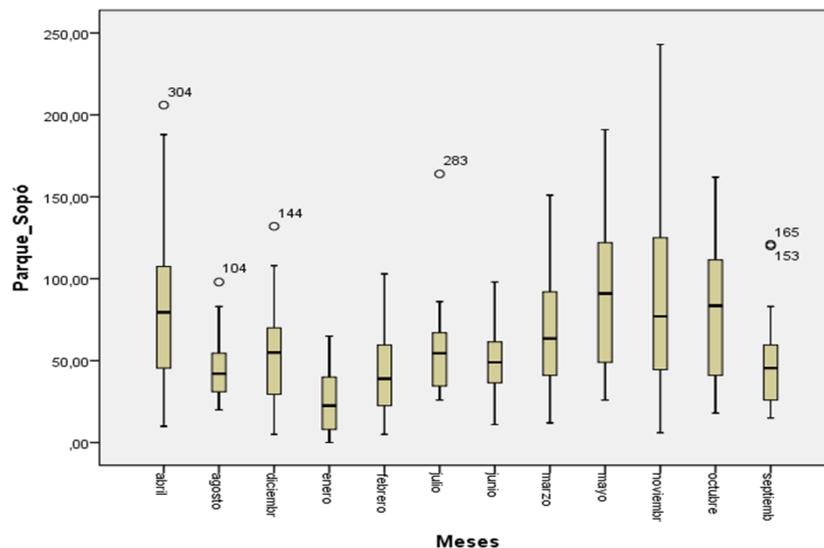


Figura 5.161. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Parque Sopó.
Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto enero, febrero, junio, marzo, mayo, noviembre y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1999, 2000 y 2012 que corresponden a años Niña. En los años 1995, 1998 y 2010 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- Cuenca Baja Estación San Pedro**

Como se puede observar en la Figura 5.162 y en la Figura 5.163, la estación San Pedro inicia con un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1981 hasta 2010, aproximadamente entre 0 a 150 mm, con un máximo en los años 1986, 1998 y 2005, desde el año 2008 las fluctuaciones son aumentadas y se registran cambios bruscos superando los 200 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías

acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

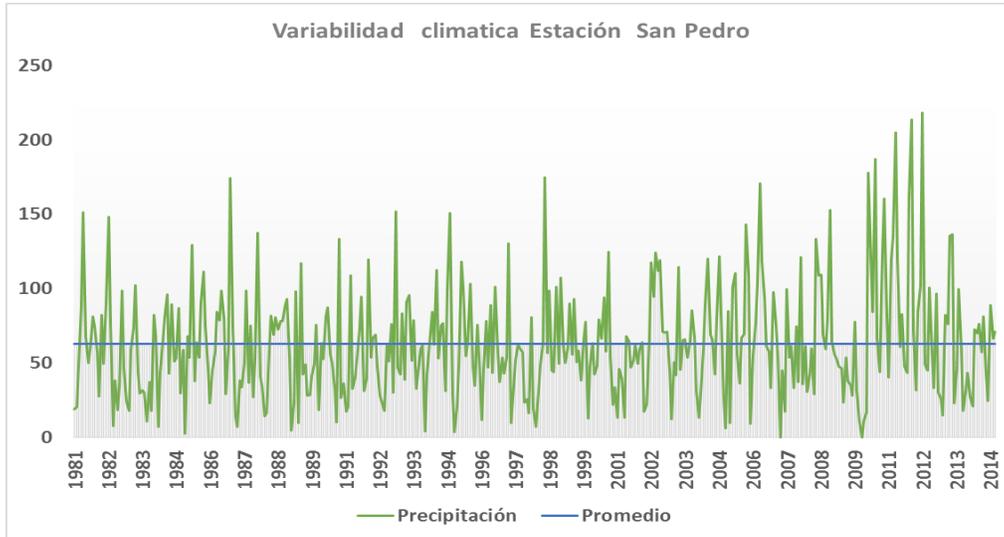


Figura 5.162. Variabilidad Interanual estación San Pedro.
 Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

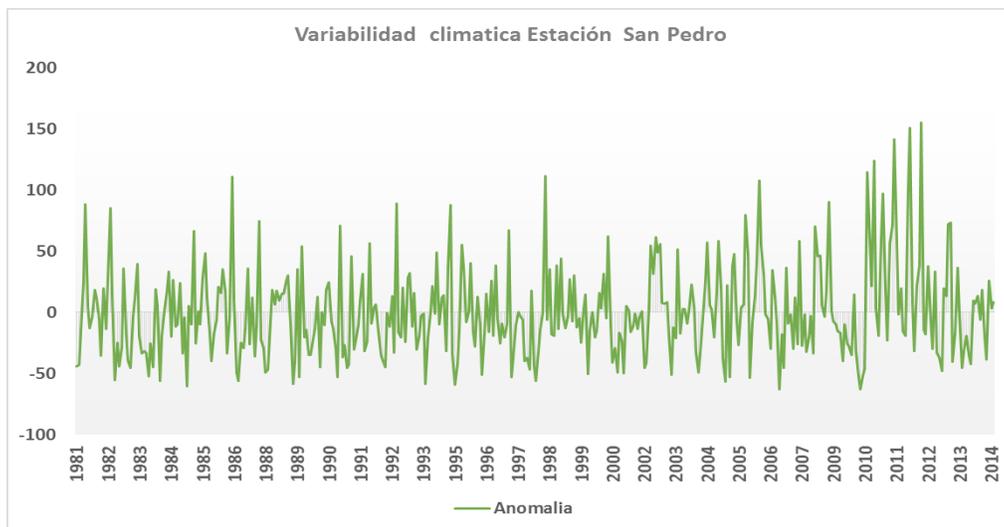


Figura 5.163. Anomalías mensuales estación San Pedro.
 Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Examinando la estación San Pedro la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1988, 1998 al 2000, 2003, 2006, 2008 y 2011-2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan del 1982 al 1987, de 1989 al 1997, 2001-2002, 2007 y 2009-2010 se ven muy relacionados con los fenómenos

del Niño, se observa claramente dos periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1983 al 2002 que se registra un clima poco seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones hasta el 2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

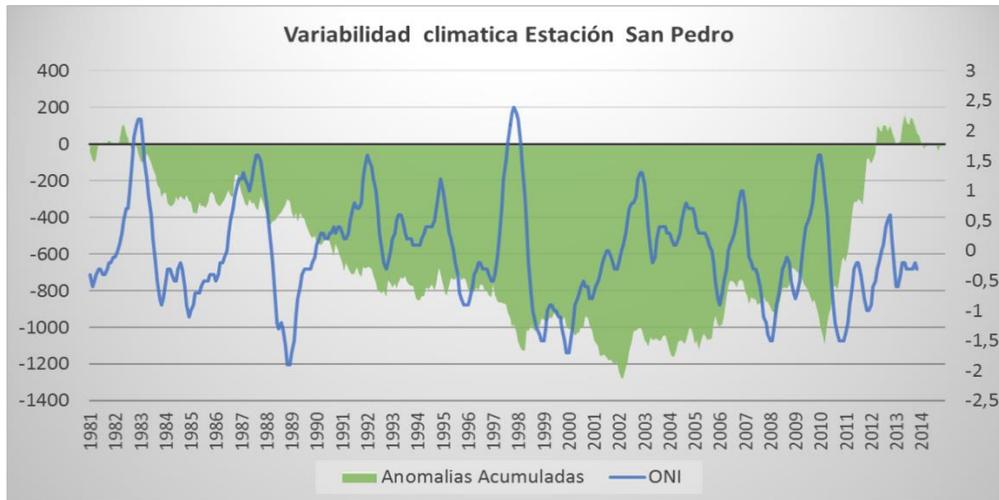


Figura 5.164. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Pedro.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

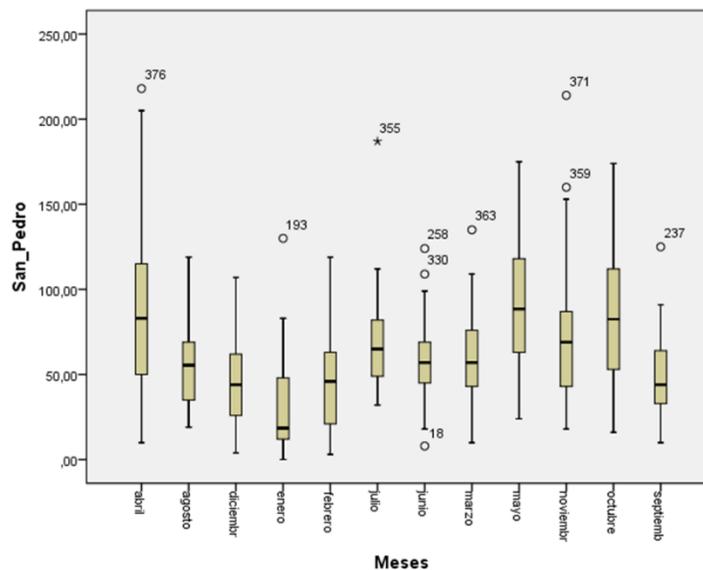


Figura 5.165. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Pedro.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto agosto, diciembre, febrero, mayo y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1996, 2000, 2008, 2011 y 2012 que corresponden a años Niña. En los años 2002 y 2010 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas se observa un dato de junio de 1982 que sale del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- **Cuenca Baja Estación Suasuke**

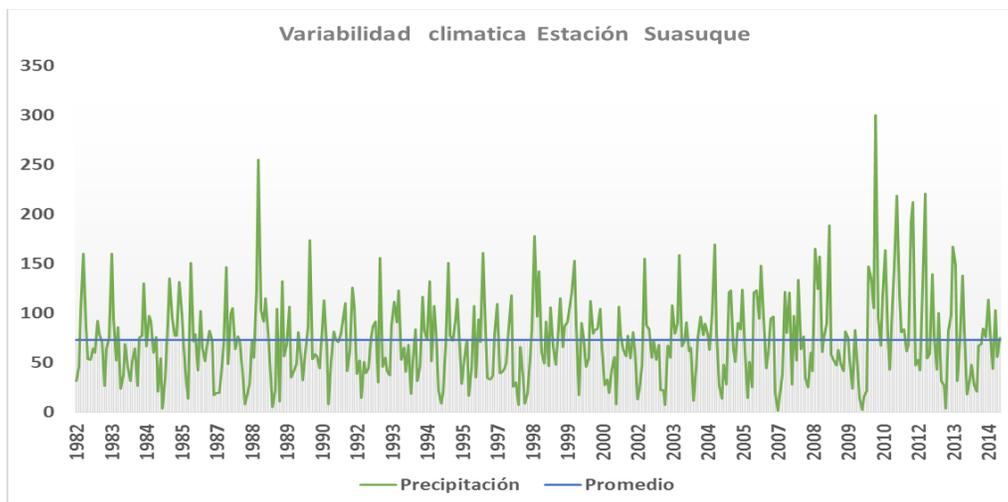


Figura 5.166. Variabilidad Interanual estación Suasuke.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

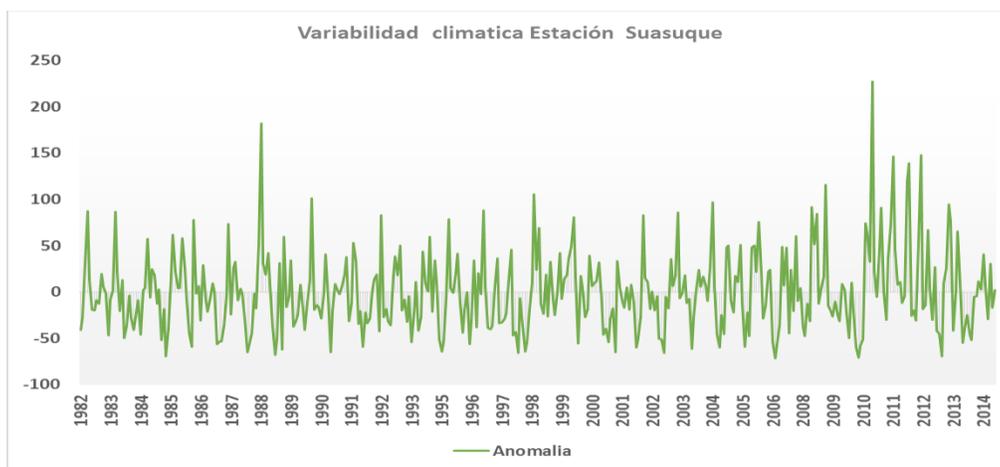


Figura 5.167. Anomalías mensuales estación Suasuke.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras la estación Suasuque inicia un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1982 hasta 2009, aproximadamente entre 0 a 150 mm, con un máximo en el año 1988, desde el año 2010 las fluctuaciones son aumentadas y se registran cambios bruscos superando los 200 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

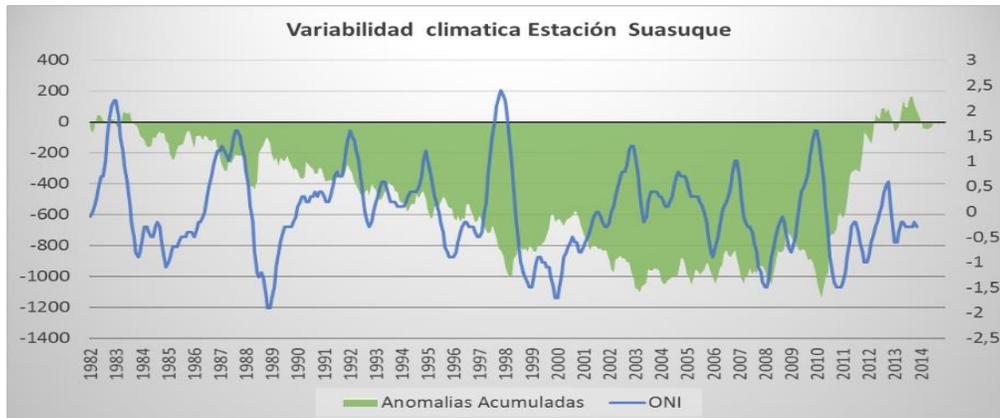


Figura 5.168. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Suasuque.

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Examinando la estación Suasuque la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan periodos húmedos en el año 1985, 1988, 1998-2000, 2006, 2008-2009 y 2011-2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1982 al 1984, 1986-1987, 1989 al 1997, 2001 al 2003, 2007 y 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente cuatro periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1984 al 1997 que se registra un clima un seco, después de este año la tendencia cambia con aumento de las precipitaciones hasta 2000, luego fue un temporada con una tendencia a promedio de precipitación hasta el 2010, por último se observa un aumento en las precipitaciones hasta el 2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado en la primera década del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto abril, agosto, diciembre, enero, mayo y septiembre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1986, 2006, 2008 y 2011-2012 que corresponden a años Niña. En los años 1988, 1991, 1992, 2004 Y 2010 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

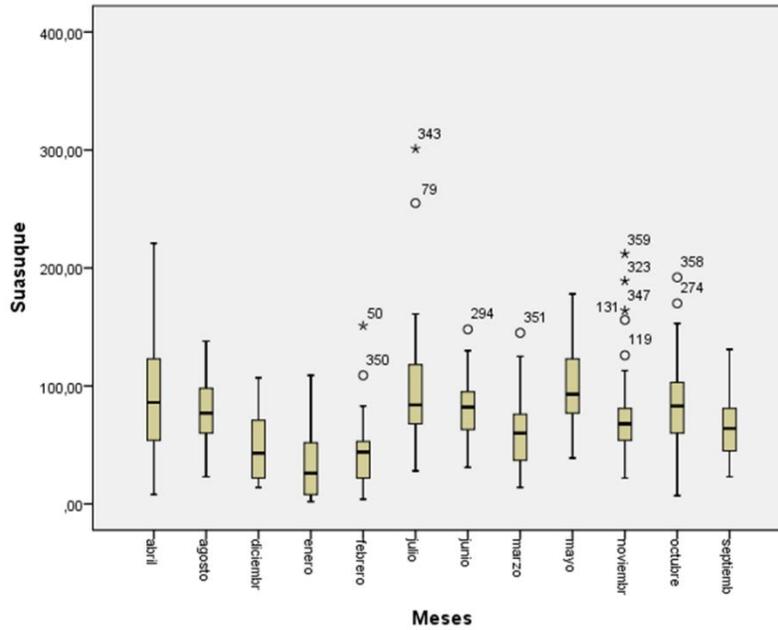


Figura 5.169. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Suasuque.
 Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

- Cuenca Río Siecha y Río Chipatá: Estación San José**

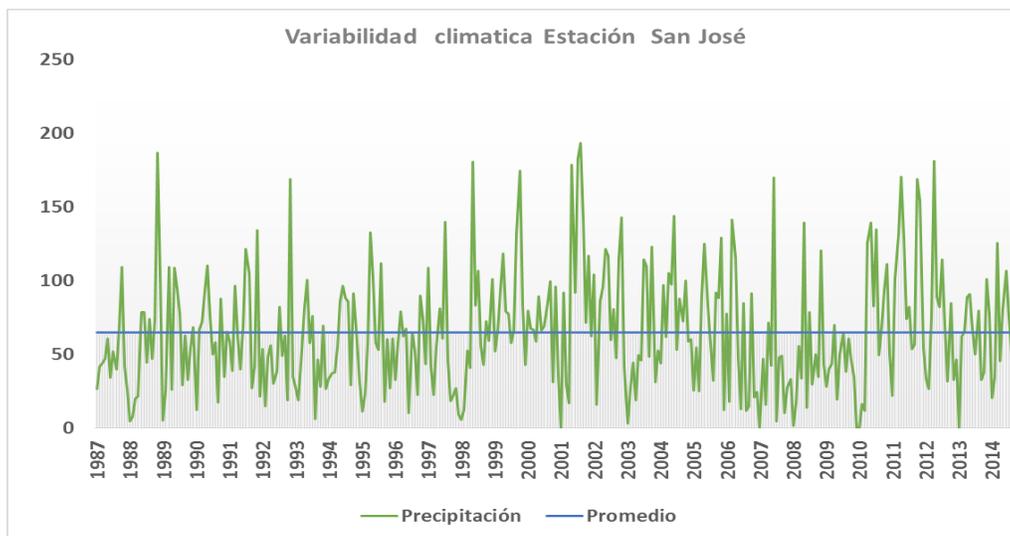


Figura 5.170. Variabilidad Interanual estación San José.
 Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

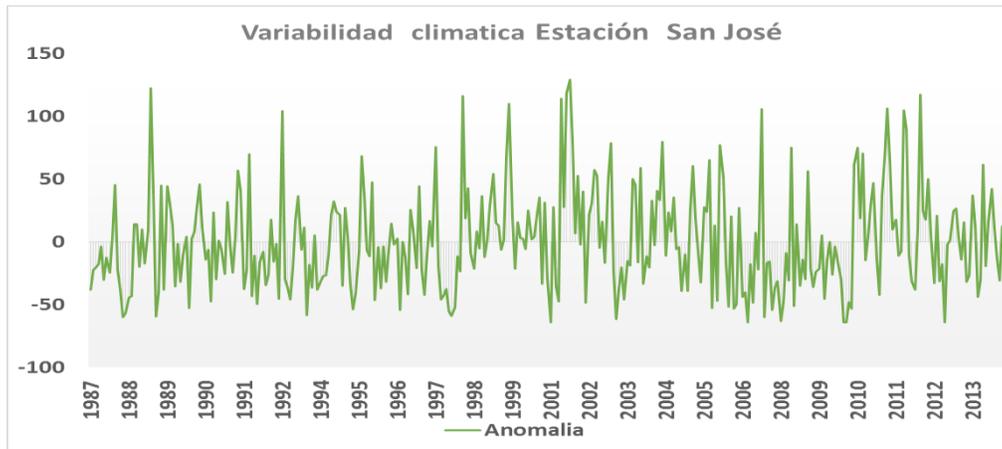


Figura 5.171. Anomalías mensuales estación San José.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras (Figura 5.170 y Figura 5.171), la estación San José inicia un ritmo de fluctuaciones alto desde 1989 y así se mantiene durante en el tiempo de seguimiento, solamente en dos periodos cortos de 1994 a 1997 y 2012-2013, se encuentra un rango entre 0 a 200 mm, con un máximo en los años 1988, 1992, 1998, 1999, 2001, 2006, 2011 y 2012. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

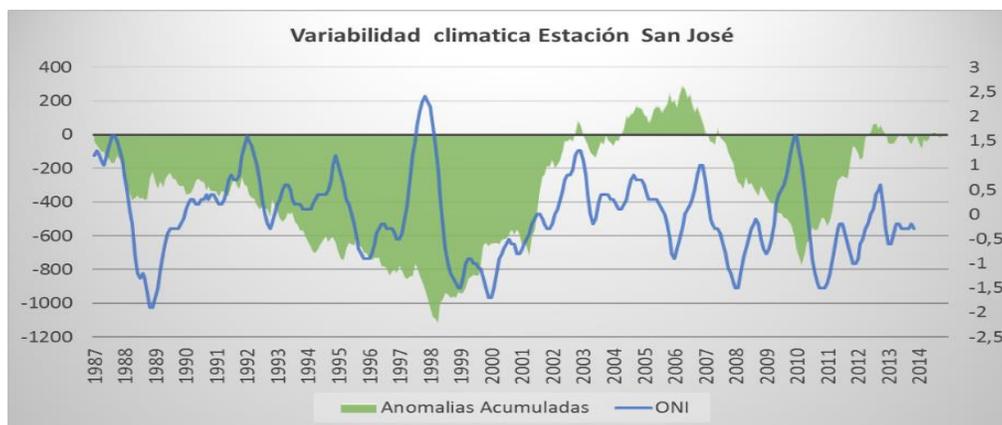


Figura 5.172. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San José.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Examinando la estación San José la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1989, de 1998 al 2003, 2005-2006 y 2011-2012, comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1987-1988, de 1992 a 1997, 2004, de 2007 a 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente cuatro periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1987

al 1997 que se registra un clima seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones hasta 2006, luego un periodo corto de poca lluvia de 2007 al 2010, por último se observa un aumento en las precipitaciones hasta el 2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

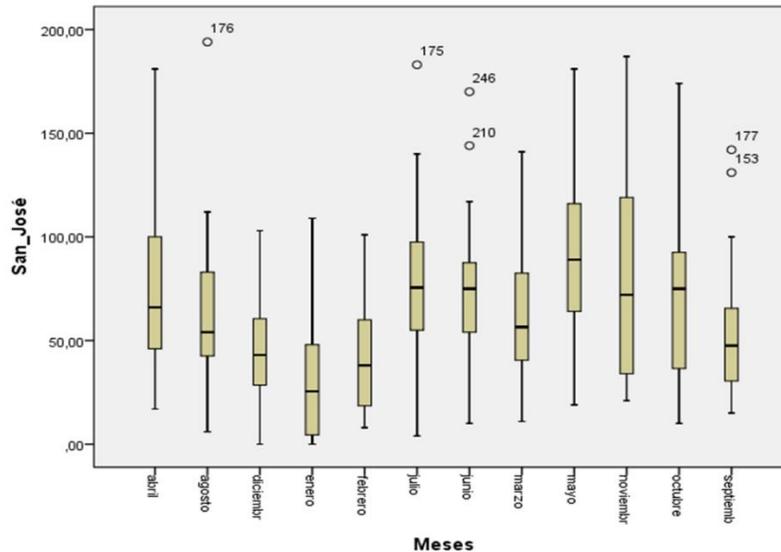


Figura 5.173. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San José.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto abril, diciembre, enero, febrero, marzo, mayo, noviembre y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1999 y 2001 que corresponden a años Niña. En los años 2004 y 2007 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- Cuenca Río Siecha y Río Chipatá: Estación San Isidro**

Como se puede observar en Figura 5.174 y en la Figura 5.175, la estación San Isidro inicia un ritmo de fluctuaciones alto desde 1987 y así se mantiene durante en el tiempo de seguimiento, solamente en dos periodos de 2001 al 2004, 2012-2013, se encuentra un rango entre 0 a 200 mm, con un máximo en los años 1998, 1999, 2005, 2006, 2008 2011 y

2012. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

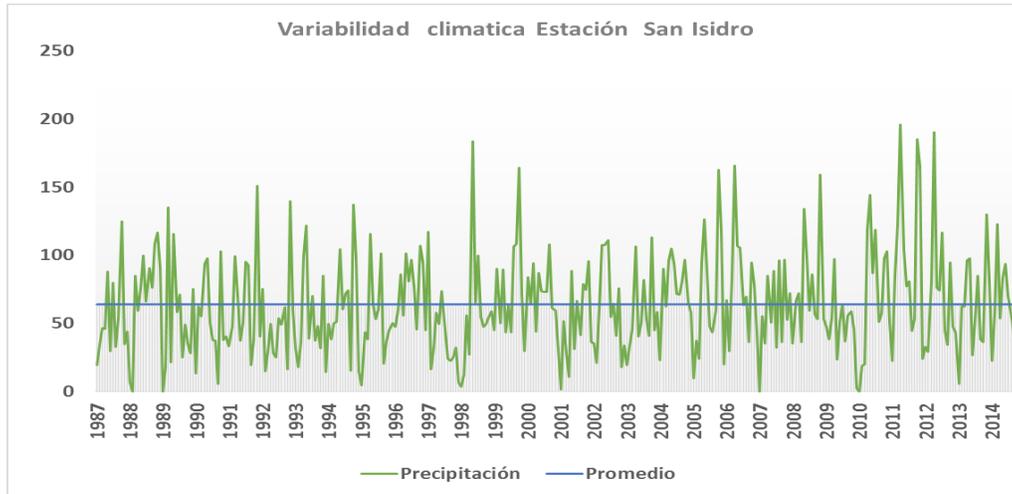


Figura 5.174. Variabilidad Interanual estación San Isidro.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

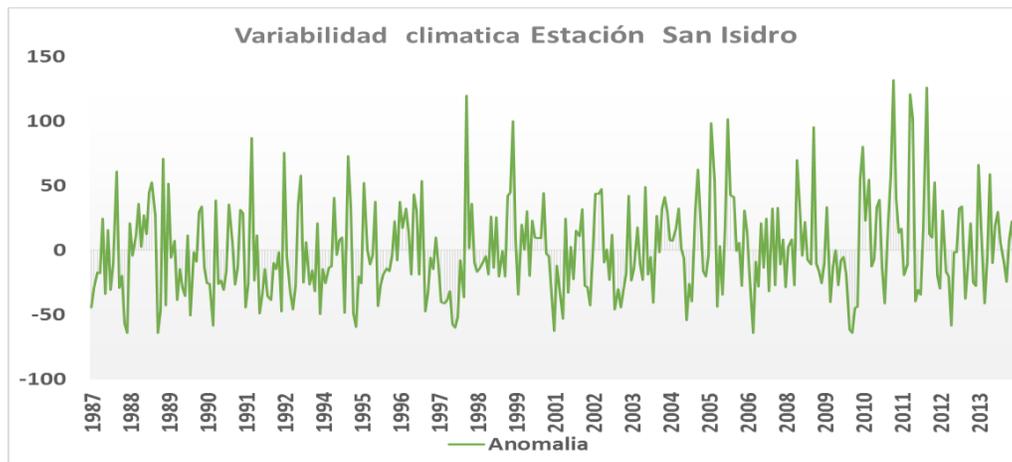


Figura 5.175. Anomalías mensuales estación San Isidro.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Examinando la estación San Isidro la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1989, 1996, 1998 al 2000, de 2004 al 2009 y 2011- 2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1987-1988, 1990 al 1995, 1997, 2001-2003 y 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente tres periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1987 al 1998 que se registra un clima un seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las lluvias aunque se vuelve variable, ya que no es constate las

precipitaciones hasta 2005, por último desde el 2006 la tendencia es que aumenta la precipitación hasta el 2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

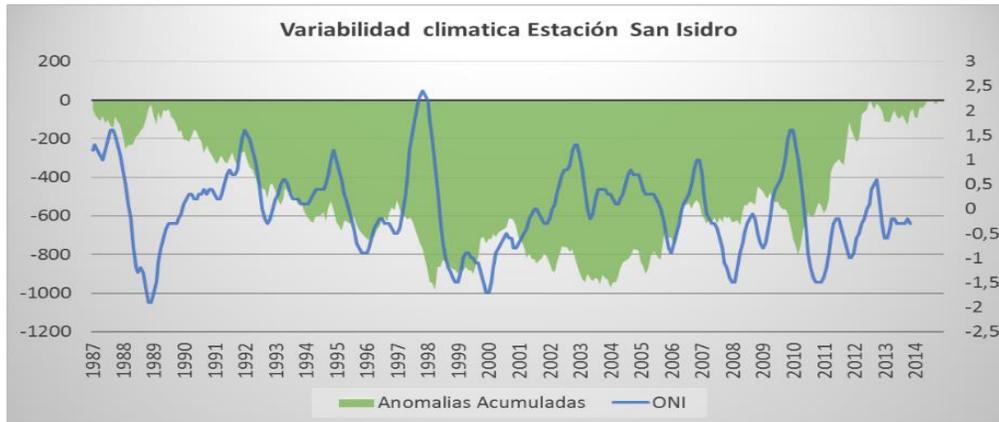


Figura 5.176. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación San Isidro.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

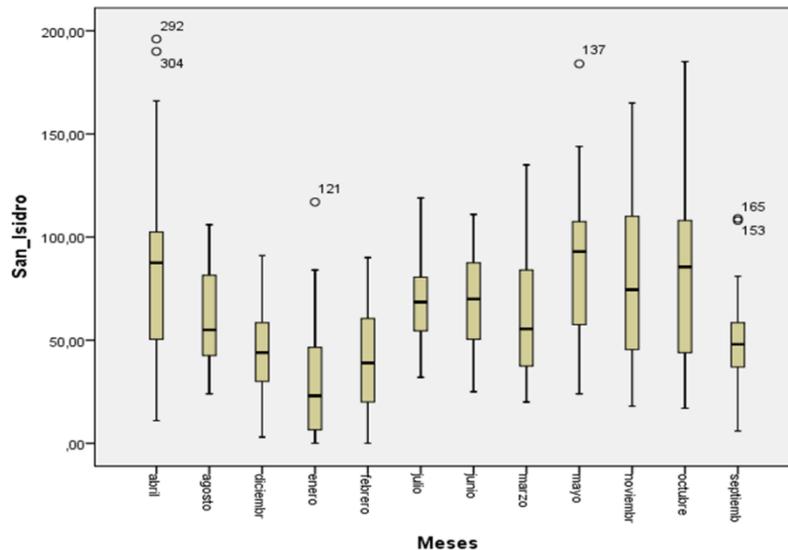


Figura 5.177. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación San Isidro.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto agosto, diciembre, febrero, julio, junio, marzo, noviembre y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1999,

2000, 2011 y 2012 que corresponden a años Niña. En los años 1997 y 1998 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- Cuenca Río Siecha y Río Chipatá: Estación Santa Cruz de Siecha**

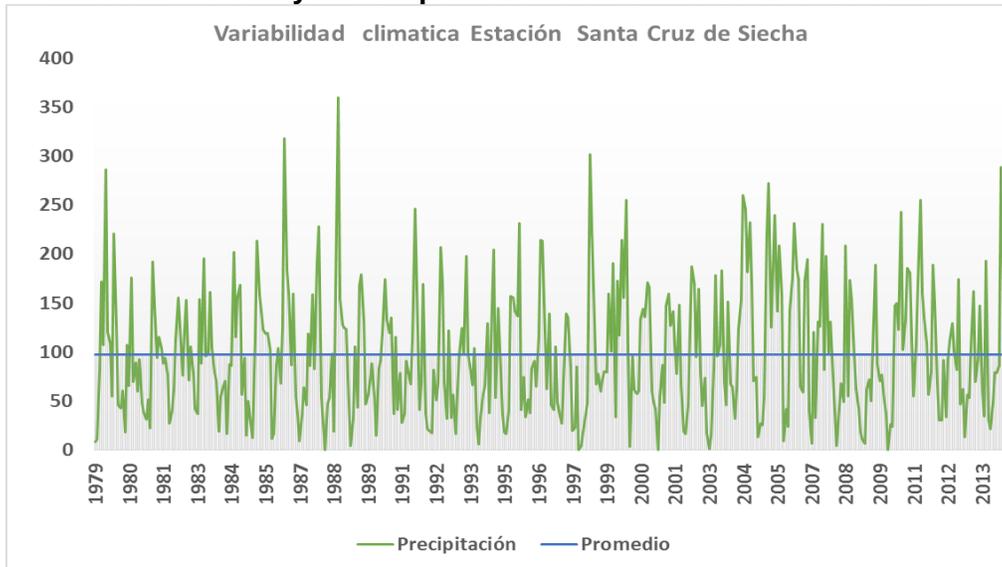


Figura 5.178. Variabilidad Interanual estación Santa Cruz de Siecha.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

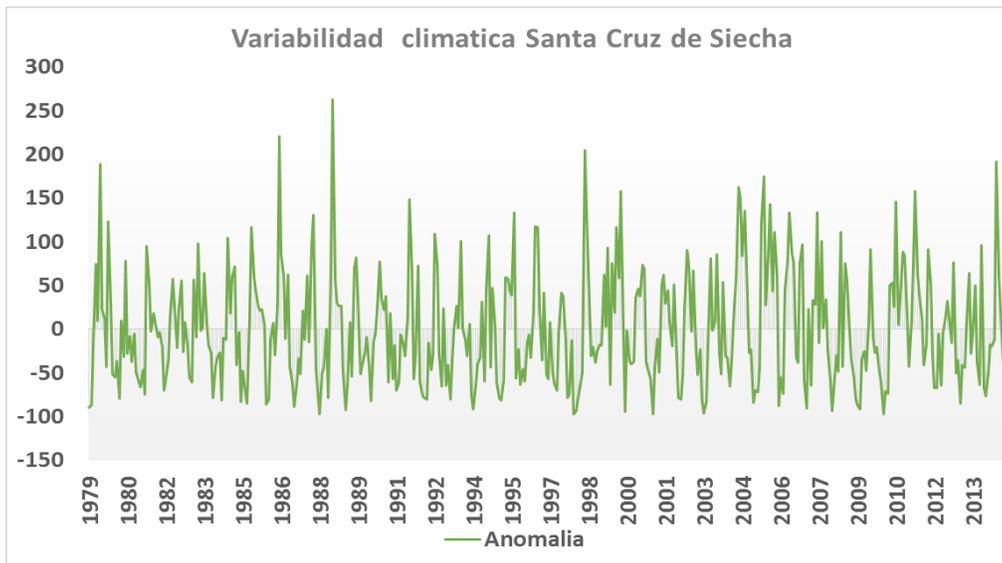


Figura 5.179. Anomalías mensuales estación Santa Cruz de Siecha.
 Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras la estación Santa Cruz de Siecha inicia un ritmo de fluctuaciones alto desde 1979 hasta 1988, apropiadamente entre 0 a 350 mm, con un máximo en los años 1979, 1986, 1988, 1998 y 2013, desde el año 1989 las fluctuaciones son reducidas y no se registran cambios bruscos superando los 300 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

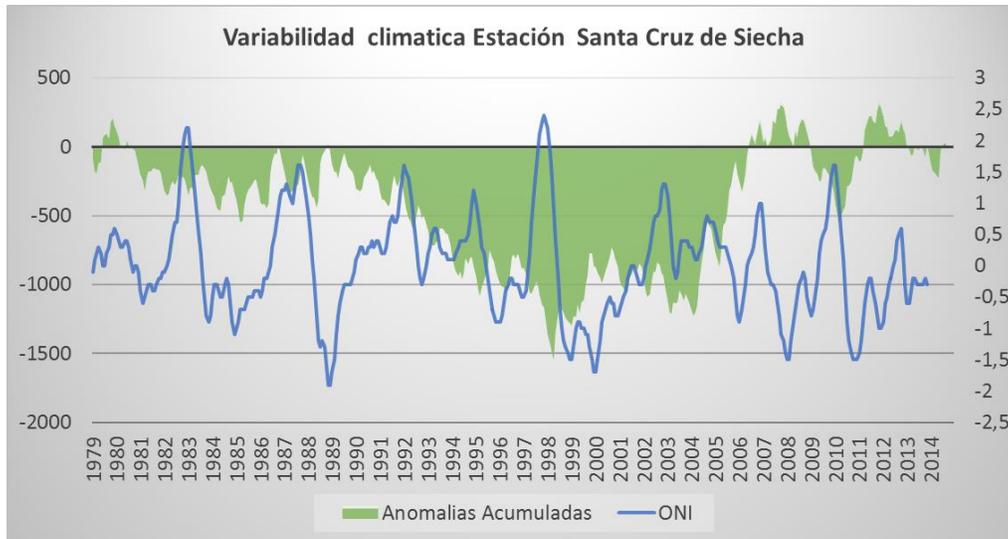


Figura 5.180. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Santa Cruz de Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Examinando la estación Santa Cruz de Siecha la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1986, 1988, 1998 al 2000, de 2004 al 2006 y 2010-2011 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1980 al 1984, de 1989 al 1997, 2001 al 2003, 2008-2009 y 2013 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente dos periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1989 al 1998 que se registra un clima seco, después de este año la tendencia cambia con aumento de las precipitaciones hasta 2007 donde fue un temporada más seca, por último se observa un aumento en las precipitaciones en los últimos años pero no tan evidente. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo los ochenta, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

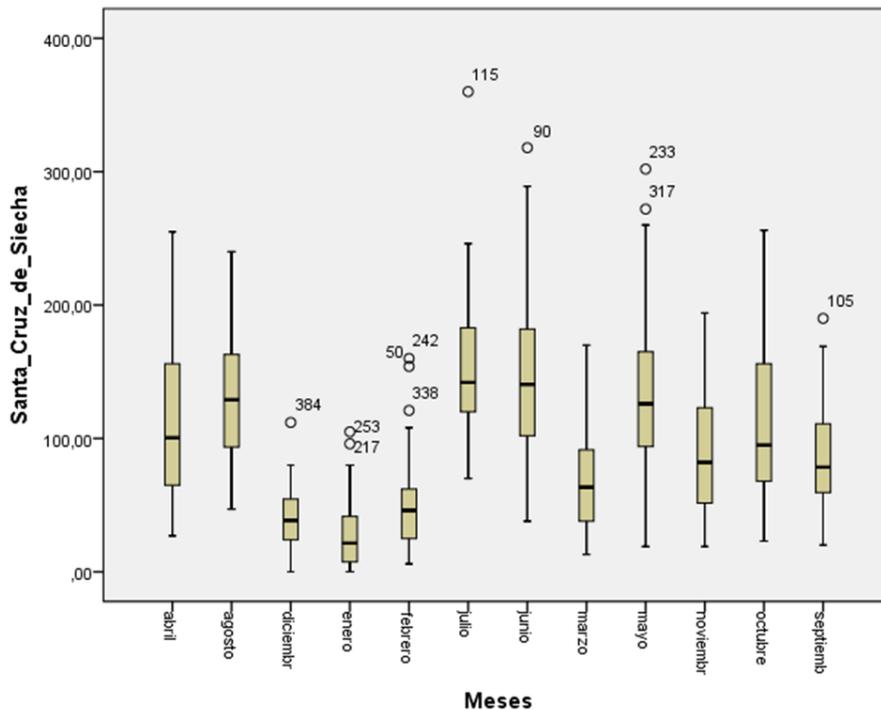


Figura 5.181. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Santa Cruz de Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto abril, agosto, marzo, noviembre y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1983, 1988, 1999, 2000 y 2010 que corresponden a años Niña. En los años 1986, 1987, 1997, 1998, 2005 y 2007 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- **Cuenca Río Siecha y Río Chipatá: Estación Guasca**

Como se puede observar en la Figura 5.182 y Figura 5.183, la estación Guasca inicia un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1975 hasta 1978, aproximadamente entre 0 a 150 mm, luego aumenta en dos periodos las fluctuaciones y se registran cambios bruscos en el inicio de los ochenta y en los años 2010-2011, con valores superiores a 200 mm. Con máximos en los años 1980, 1981, 1987, 2005, 2008, 2010 al 2012. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

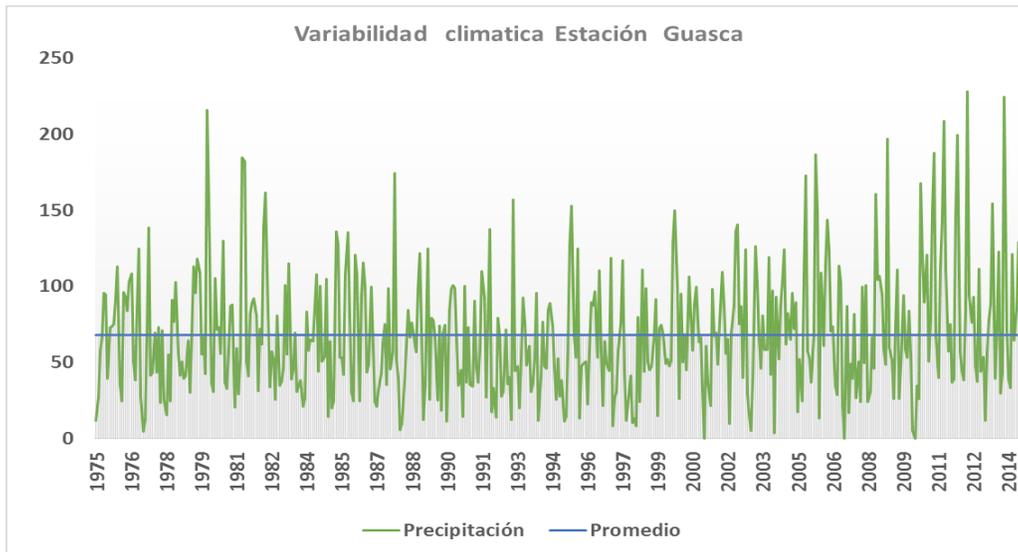


Figura 5.182. Variabilidad Interanual estación Guasca
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

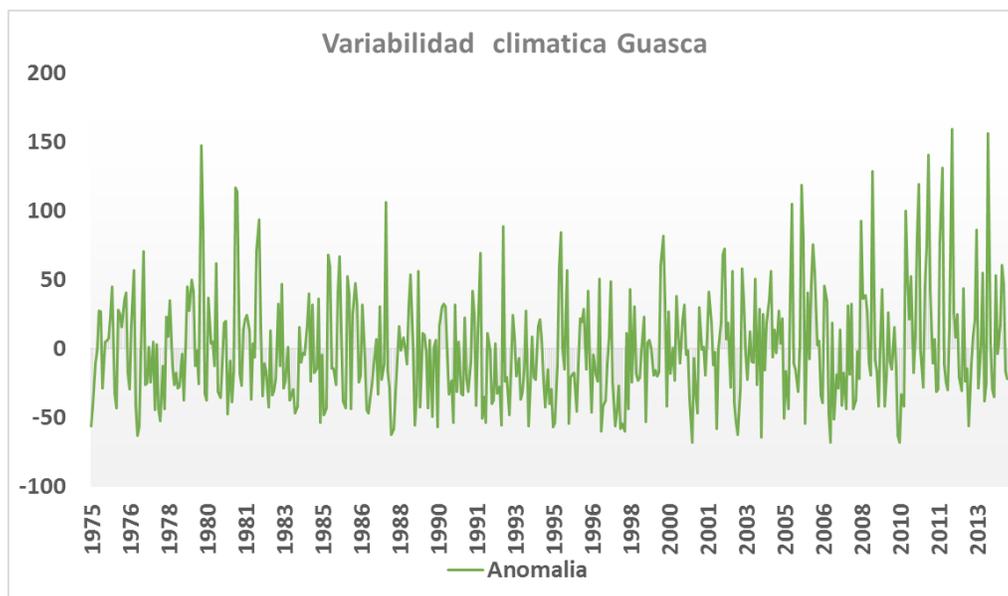


Figura 5.183. Anomalías mensuales estación Guasca.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Examinando la estación Guasca la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1980, 1982, 1999-2000, de 2003 al 2006, 2008-2009, 2010-2011 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1978, 1983-1984, de 1988 al 1998, 2001, 2007 y 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente dos periodos de cambio de tendencia en la

precipitación desde 1988 al 2000 que se registra un clima seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones sobre todo en los años 2011-2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en los años ochenta, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

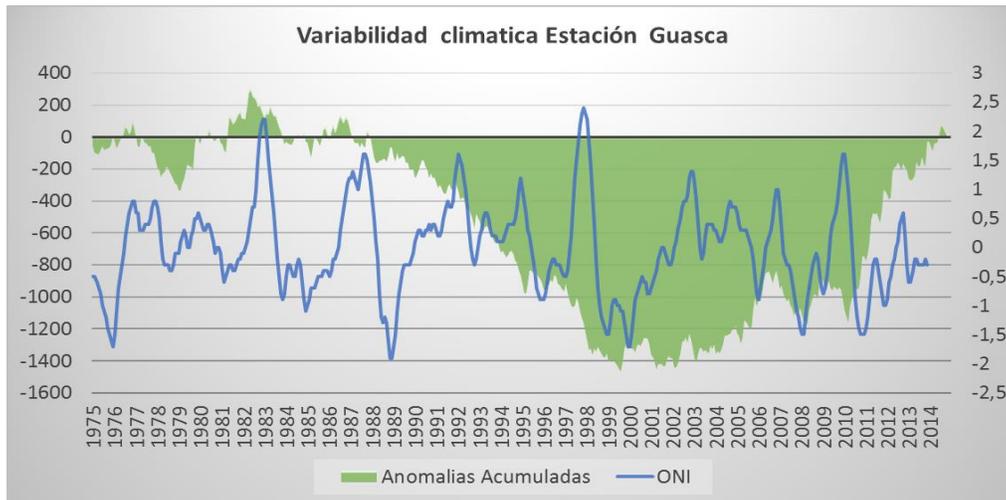


Figura 5.184. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Guasca.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

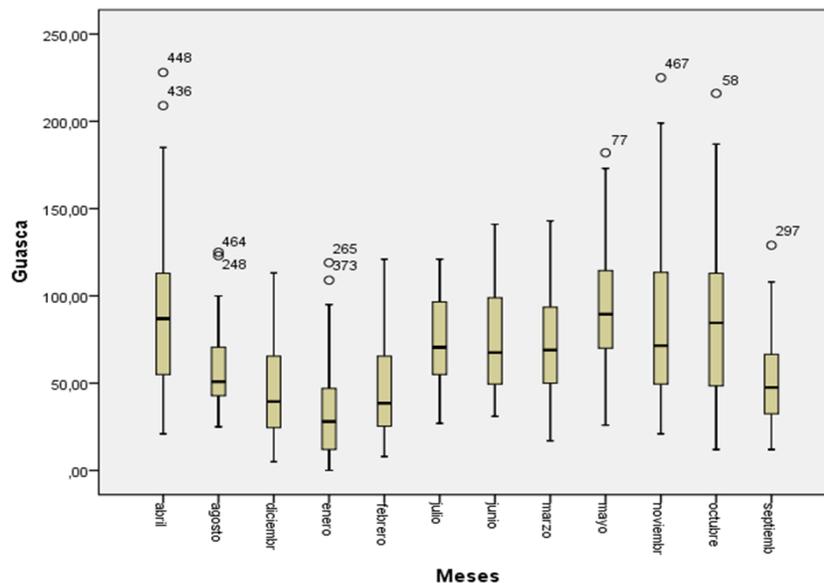


Figura 5.185. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Guasca.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de

sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto diciembre, febrero, julio, junio, marzo, registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1995, 1999, 2006, 2011 y 2013 que corresponden a años Niña. En los años 1979, 1981, 1997 y 2013 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- **Cuenca Río Aves y Tributario Embalse de Tominé: Estación El Consuelo.**

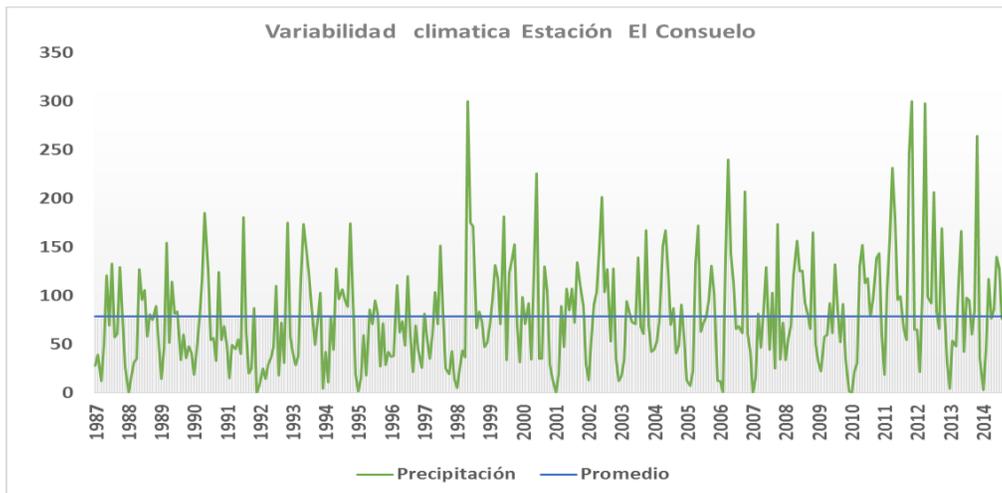


Figura 5.186. Variabilidad Interanual estación El Consuelo.

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

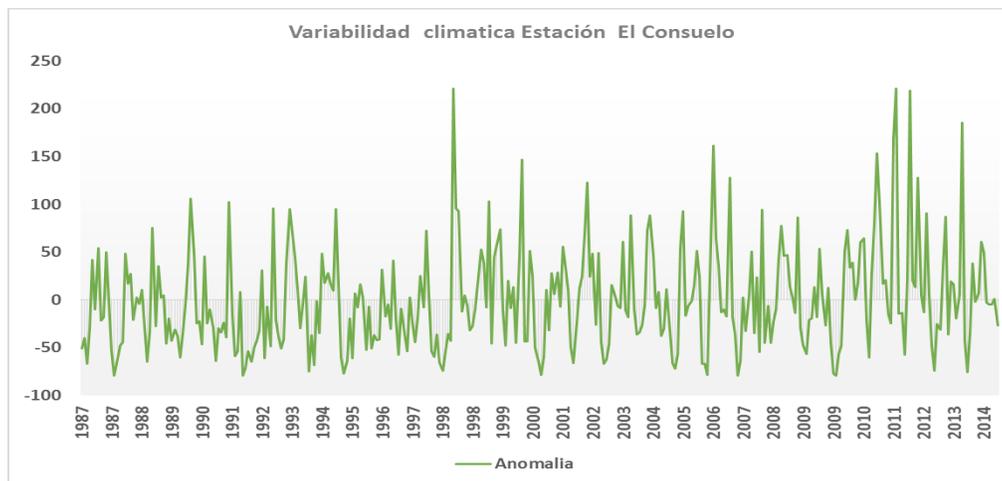


Figura 5.187. Anomalías mensuales estación El Consuelo.

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015.

Como se puede observar en las anteriores figuras la estación El Consuelo inicia un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1987 hasta 1997, apropiadamente entre 0 a 200 mm, con un máximo en los años 1988, 1999, 2006, 2011, 2012 y 2013, desde el año 1988 las fluctuaciones se aumentan y se registra cambios bruscos superando los 300 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

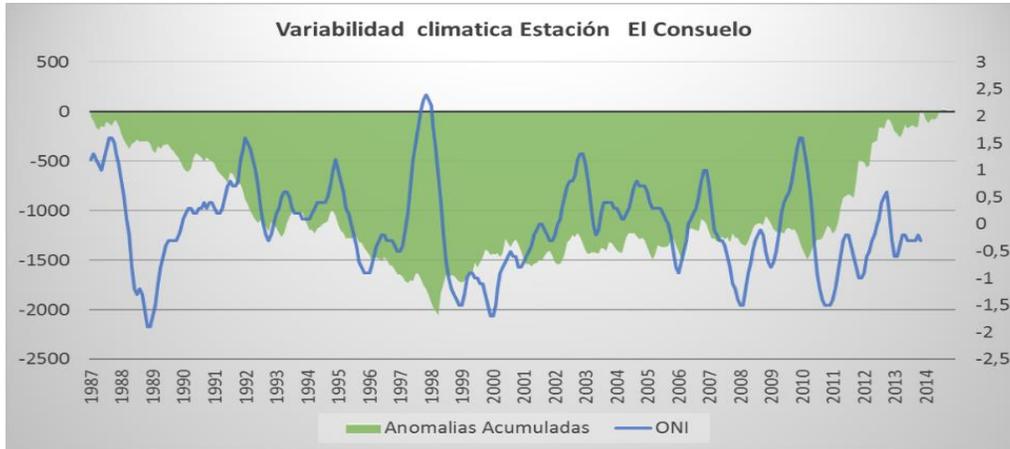


Figura 5.188. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación El Consuelo.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

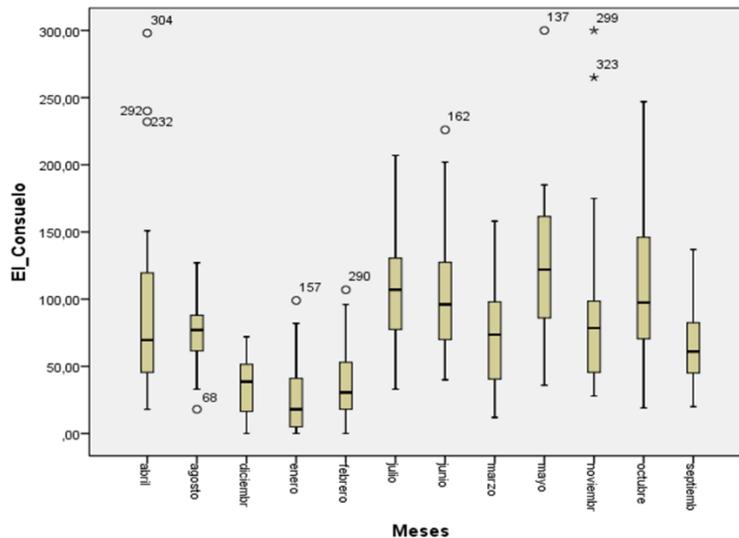


Figura 5.189. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación El Consuelo.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Examinando la estación El Consuelo la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1998 al 2000, 2006, 2008 y del 2010 al 2012 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan de 1987 al 1997, 2001, 2003, 2005, 2007 y 2009 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente dos periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1987 al 1997 que se registra un clima un seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones hasta 2012. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto diciembre, julio, marzo, octubre y septiembre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 2000, 2006, 2011 y 2012 que corresponden a años Niña. En los años 1998 y 2013 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas se observa en agosto de 1992 que sale del comportamiento estadístico, este mes corresponde a un año Niño.

- **Cuenca Río Siecha y Río Chipatá: Estación Guatavita**

Como se observa en la Figura 5.190 y Figura 5.191, la estación Guatavita inicia con un ritmo de fluctuaciones baja cercano a los 200 mm, los periodos de mayores cambios o fluctuaciones son de 1979 a 1982 y 2010-2012, los máximos se registran en los años 1979, 1980, 1982, 2010 y 2011, desde el año 1982 las fluctuaciones son reducidas y no se registran cambios bruscos por debajo de 200 mm. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

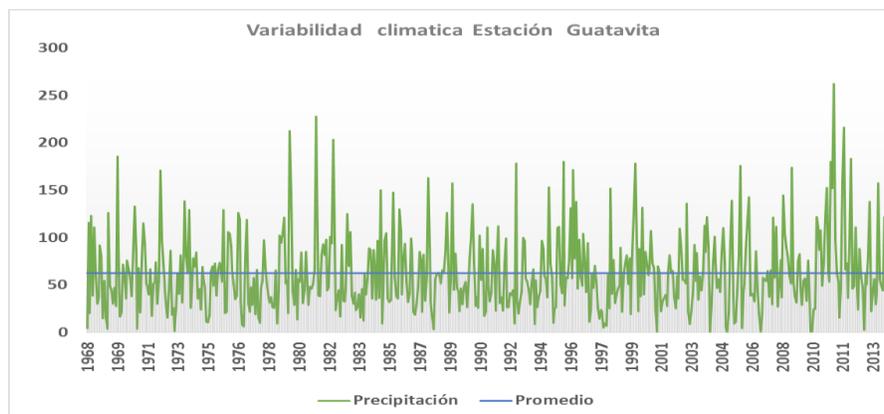


Figura 5.190. Variabilidad Interanual estación Guatavita.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

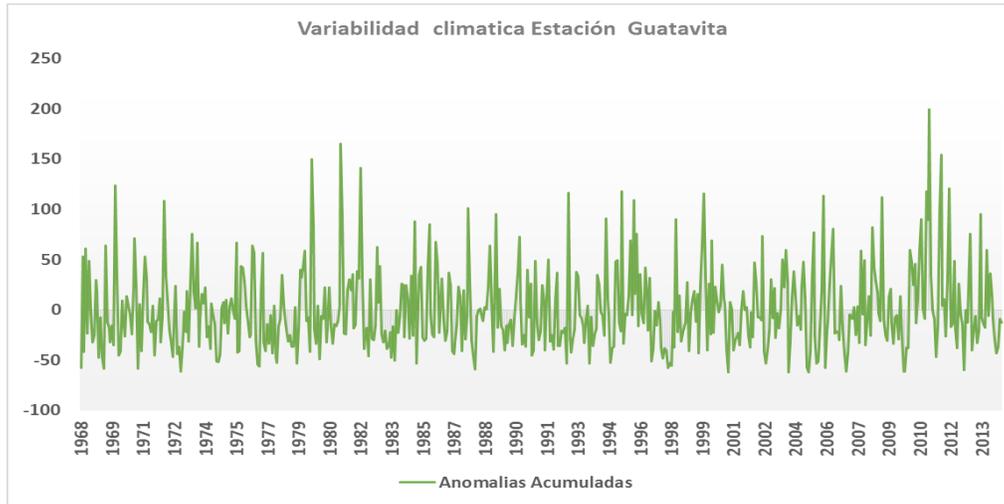


Figura 5.191. Anomalías mensuales estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

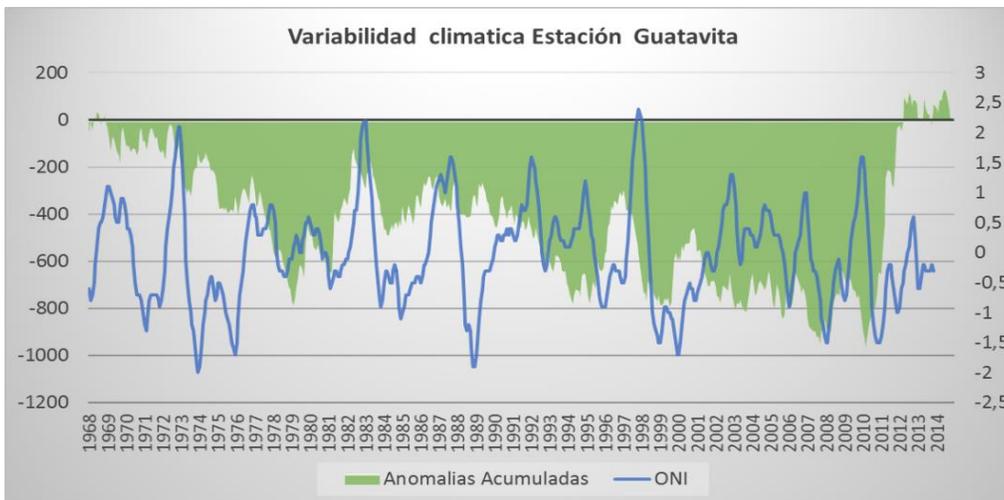


Figura 5.192. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Guatavita.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Examinando la estación Guatavita la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1974, 1976, 1979, 1981-1982, 1985 a 1987, 1989, 1996, 1999-2000, 2004, 2008 y 2010-2011 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1968, 1972-1973, 1975, 1977-1978, 1980, 1983-1984, 1988, de 1990 a 1995, 1997-1998, 2001-2002, 2007 y 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente cuatro periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1973 al 1980 que se registra un clima un seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de precipitaciones hasta el 1984, luego desde 1987 hasta 1996 es una etapa de pocas lluvias, después de ese año se registra un periodo variable de

años con y sin mucha precipitación hasta el 2010. Por último, en los últimos años aumento considerablemente la cantidad de precipitación y. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

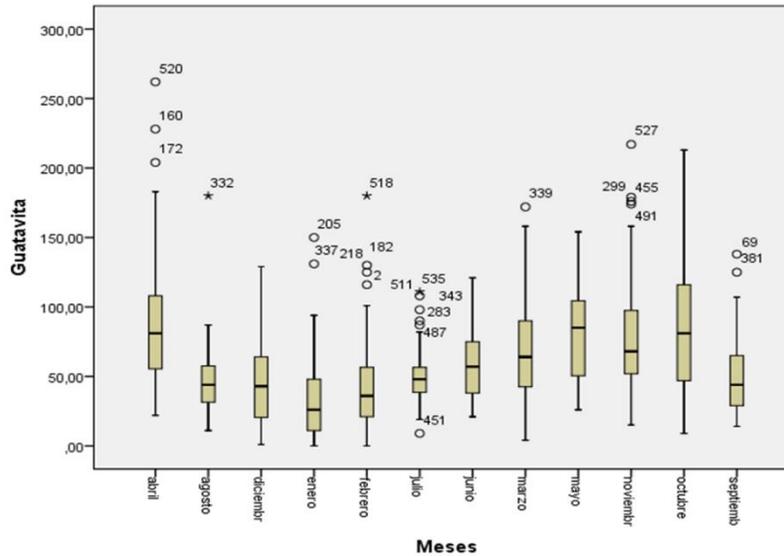


Figura 5.193. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Guatavita.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto diciembre, junio y octubre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1973, 1983, 1985, 1995, 1999, 2005, 2011 y 2012 que corresponden a años Niña. En los años 1968, 1981, 1982, 1986, 1991, 1992, 1996, 2009 y 2010 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

- Cuenca Río Siecha y Río Chipatá: Estación Potrero Largo**

Como se puede observar en la Figura 5.194 y Figura 5.195, la estación Potrero Largo inicia un ritmo de fluctuaciones bajo desde 1985 hasta 2001, aproximadamente entre 0 a 300 mm, con un máximo en los años 1994, 1997, 2002 y 2013, desde el año 2002 las fluctuaciones son reducidas y no se registran cambios bruscos superando los 200 mm salvo en 2013. Para representar mejor los cambios en la tendencia climática se grafica las anomalías acumuladas mensuales, de esta manera se puede interpretar el aumento y disminución de lluvias en un periodo de tiempo.

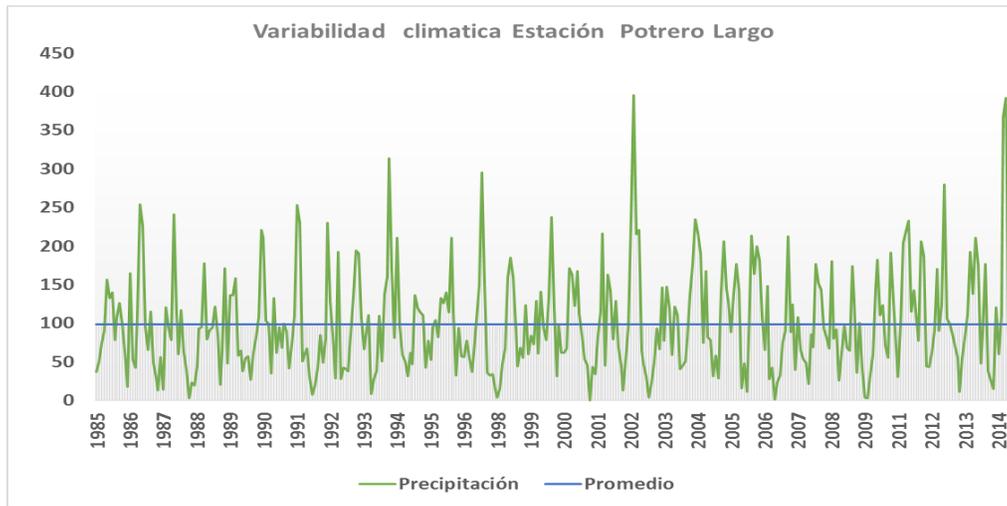


Figura 5.194. Variabilidad Interanual estación Potrero Largo.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

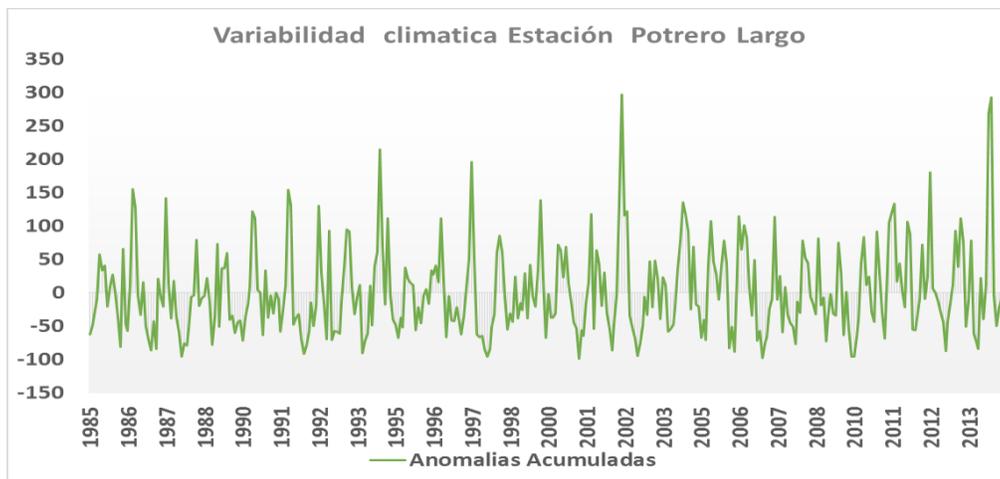


Figura 5.195. Anomalías mensuales estación Potrero Largo.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Examinando la estación Potrero Largo la secuencia histórica de anomalías acumuladas de precipitación se destacan períodos húmedos en el año 1991, 1995, 1996, 2000, 2002, de 2004 al 2006 y de 2011 al 2013 comparando con el ONI se relacionan con años que también se presentó la Niña, los periodos secos que se muestran en esta estación abarcan 1987 a 1990, 1992, 1994, 1995 a 1998, 2001, 2003 y de 2007 al 2010 se ven muy relacionados con los fenómenos del Niño, se observa claramente cuatro periodos de cambio de tendencia en la precipitación desde 1987 al 1998 que se registra un clima principalmente seco, después de este año la tendencia cambia con el aumento de las precipitaciones hasta 2007, luego disminuye las lluvias hasta el 2010 y aumenta hasta el 2014 las precipitaciones. Otro aspecto igualmente importante, es la presencia de una señal cuasibienal se ve

reflejado sobre todo en primeros años del siglo veintiuno, las oscilaciones más destacadas de la variabilidad interanual de la precipitación en Colombia están asociadas al ciclo ENSO.

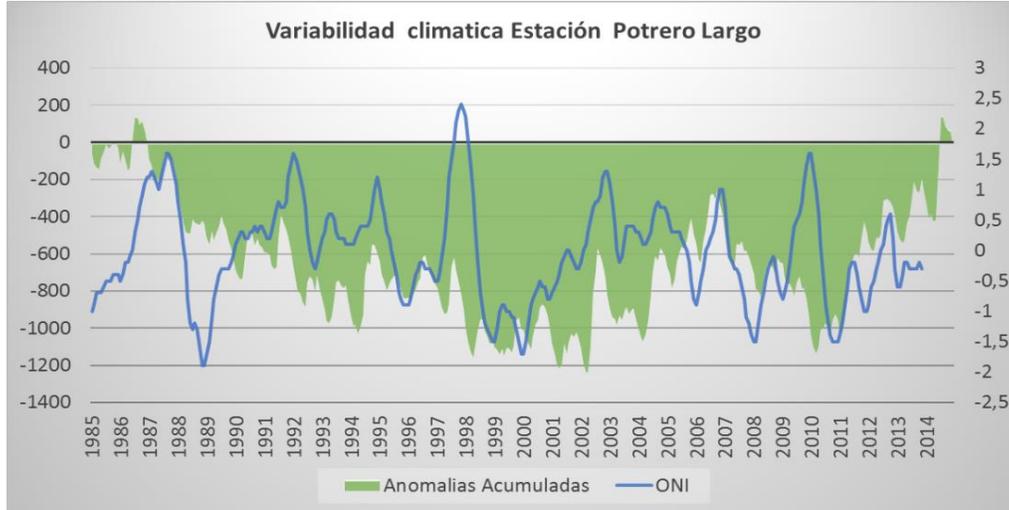


Figura 5.196. Comparativo Anomalías mensuales acumuladas y ONI estación Potrero Largo.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

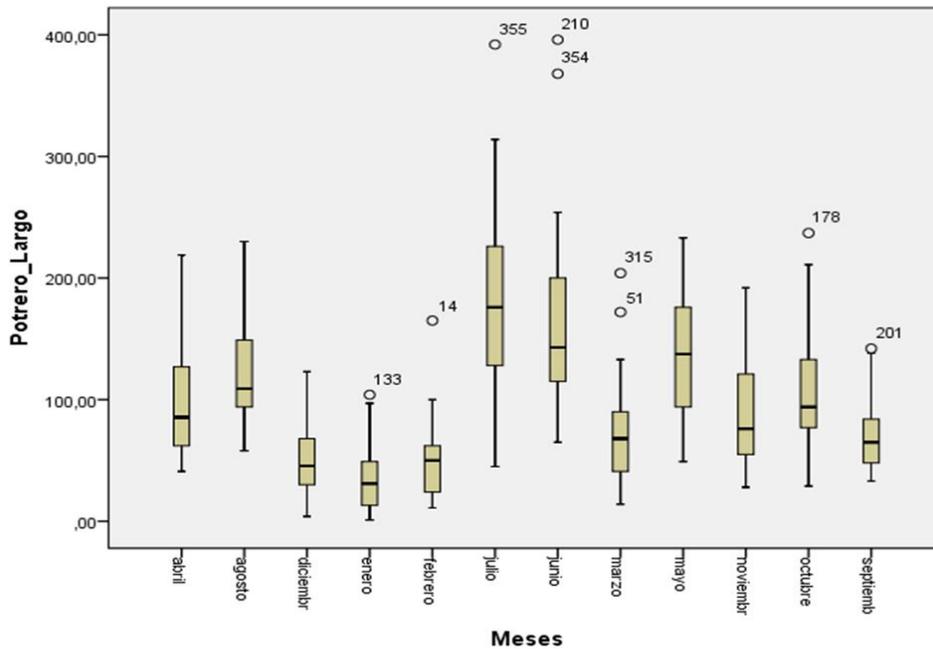


Figura 5.197. Diagrama de Cajas de precipitaciones mensuales estación Potrero Largo.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Adicionalmente se hace un análisis estadístico de los eventos máximos mensuales anómalos para determinar su relación con los fenómenos ENSO y las temporadas de sequía y lluvias, con referencia a la anterior figura se observa en casi todos los meses excepto abril, agosto, diciembre, mayo y noviembre registran datos por fuera del comportamiento estadístico mensual, específicamente en los años 1989, 1999 y 2011 que corresponden a años Niña. En los años 1986, 1996, 2001, 2002 y 2014 no aplican el fenómeno de la niña, aunque se registran máximos mensuales. Para los datos de temporadas secas no se observa datos que salen del comportamiento estadístico que corresponda a un año Niño.

5.4 Evaluación Espacial

Tal como se comentó anteriormente, para la evaluación espacial se correlacionaron estaciones de las dos (2) cuencas, río Teusacá y Tominé, con el fin de hacer una mejor complementación de la información, se trabajó con algunas estaciones circundantes al área de trabajo. En la Tabla 5.18, se relacionan las estaciones, pluviométricas, pluviográficas, limnimétricas, limnigráficas, climatológicas principales, climatológicas ordinarias y meteorológicas, utilizadas en el trazado de las isóneas de precipitación y de temperatura, para poder espacializar la información y así obtener datos de precipitación y temperatura a nivel anual y mensual, para cada una de las Unidades Hidrográficas definidas para el presente estudio.

Tabla 5.18. Estaciones utilizadas en generación de isóneas.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|-----------------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120103 | SANTA TERESA | CAR | PG | LA CALERA | R. TEUSACA |
| 2120134 | PARQUE SOPÓ | CAR | PG | SOPÓ | R. TEUSACA |
| 2120080 | SAN JOSÉ | CAR | PM | GUASCA | EMB. TOMINÉ |
| 2120096 | CONSUELO EL | CAR | PM | SESQUILÉ | EMB. TOMINÉ |
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |
| 2120548 | IBERIA LA | CAR | CP | CHOCONTÁ | EMB SISGA |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CAR | CP | BOGOTÁ | R. BOGOTÁ |
| 35025060 | BOLSA LA | IDEAM | CO | CHOACHÍ | NEGRO |
| 35065010 | GACHETÁ | IDEAM | CO | GACHETÁ | GACHETÁ |
| 21200780 | POTRERO LARGO | IDEAM | PM | GUATAVITA | R. BOGOTÁ |
| 21201610 | SAN ISIDRO | IDEAM | PM | GUASCA | R. BOGOTÁ |
| 21201250 | SAN PEDRO | IDEAM | PM | SOPO | R TEUSACA |
| 21201220 | STA CRUZ DE SIECHA | IDEAM | PM | GUASCA | R SIECHA |
| 3506160 | POTRERITOS | IDEAM | PM | GUATAVITA | R SUEVA |
| 35060200 | AMOLADERO EL | IDEAM | PM | GUATAVITA | R SUEVA |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | EAAB | PG | BOGOTÁ | R TEUSACÁ |
| 20024 | EL VERJON | EAAB | PM | BOGOTÁ | TEUSACÁ |
| 20726 | EL TAMBOR | EAAB | LM | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 20946 | PTE FRANCIS | EAAB | LM | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 20011 | SAN RAFAEL 1 | EAAB | PM | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205920 | SUASUQUE | IDEAM | MET | SOPO | TEUSACÁ |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | EAAB | CO | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | GUASCA | R. CHIPATÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 5.198, se presenta la localización de las estaciones que se tomaron en cuenta para el trazado de las isoyetas e isotermas.

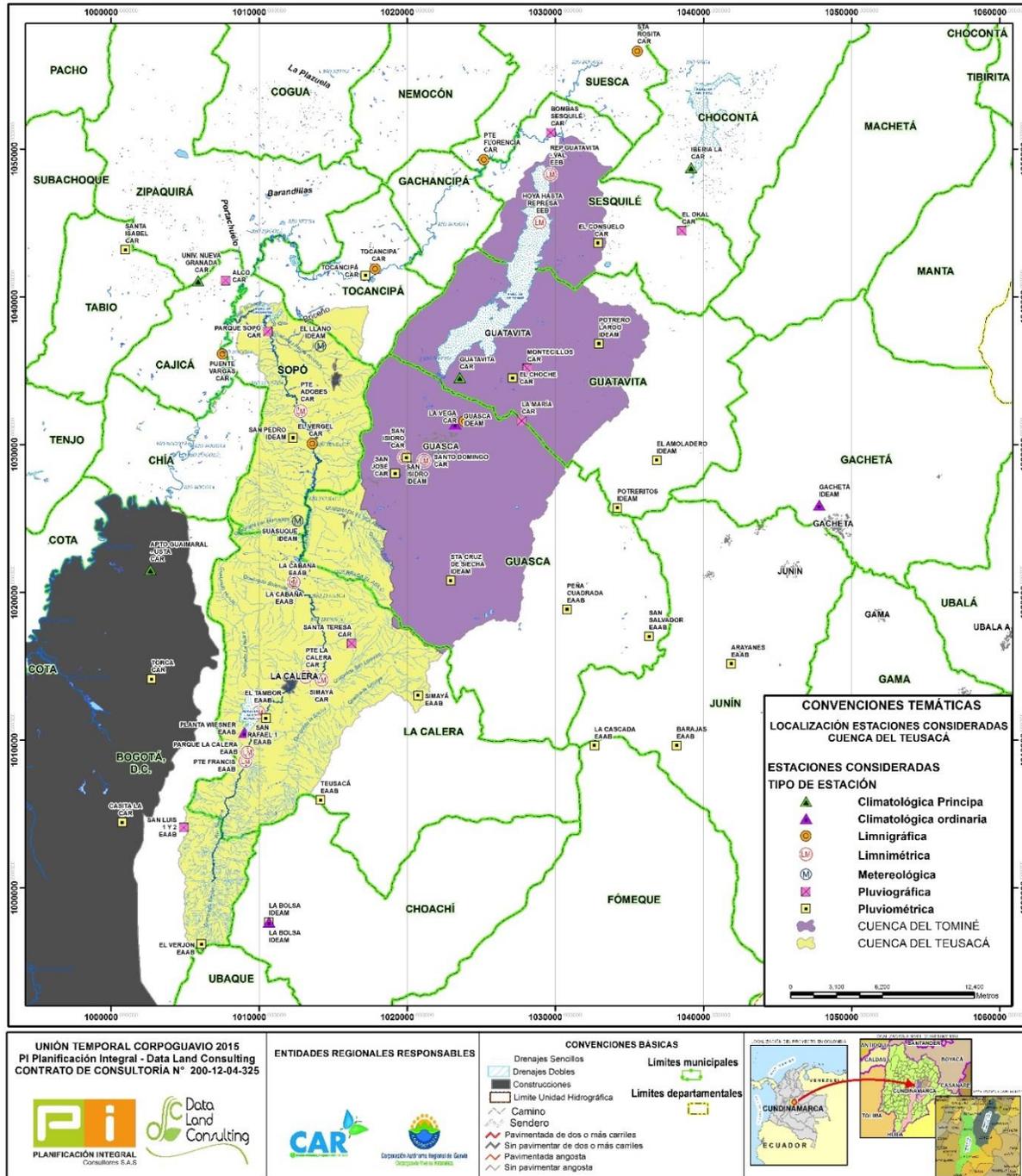


Figura 5.198. Estaciones evaluación espacial de precipitación y temperatura.

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015.

5.4.1 Río Teusacá.

En la cuenca del río Teusacá, se elaboraron isoyetas e isotermas, para efectos de calcular la precipitación y la temperatura media, que serán utilizadas en los balances hídricos, tanto a nivel anual, como mensual, cuyos resultados se presentan a continuación.

5.4.1.1 Precipitación media multianual río Teusacá (isoyetas).

A partir de las series de las estaciones mencionadas anteriormente, se trazaron las isoyetas anuales en la cuenca del río Teusacá, que se presentan en la Figura 5.199 y Plano 5.1.

Para la obtención de la precipitación media de la subcuenca que hace parte del área de estudio (jurisdicción CAR – municipios de: la Calera, Sopó, Guasca, Tocancipá y Bogotá D.C.) se calculó el área entre dos isoyetas sucesivas, a la que se le asigna el valor de precipitación promedio entre ellas, conocida el área encerrada entre pares sucesivos de isoyetas se obtiene la precipitación regional. Este método promedia la precipitación de dos isoyetas consecutivas y se le asigna un peso o ponderación proporcional a la sub área entre las dos isoyetas.

Una vez realizada la estimación de los valores de temperatura y precipitación trazados en las Isolíneas partiendo de los datos conocidos y asumiendo la continuidad del fenómeno representado, se digitaliza las isolíneas de temperatura y de precipitación para toda la cuenca del Guarinó, adicionalmente se enlazan los datos obtenidos con el feature class de isolíneas, el cual contiene los datos Anuales, de precipitación y temperatura, tanto de isoyetas como de Isotermas, En el caso de los mapas de isolíneas, la interpolación realizada es definitiva para el resultado final del mapa, luego de realizar la adición y digitalización de las isolíneas con una geometría de línea, se procede a usar el método de interpolación diseñado para aprovechar los tipos de datos de entrada comúnmente disponibles y las características conocidas de las superficies de elevación. Este método utiliza una técnica de interpolación de diferencia finita iterativa. Se optimiza para tener la eficacia computacional de los métodos de interpolación local, como la interpolación de distancia inversa ponderada (IDW), sin perder la continuidad de la superficie de los métodos de interpolación global, que tiene en cuenta que el tipo de entidad de entrada sea Líneas, el algoritmo genera primero una morfología generalizada de la superficie basada en la curvatura de las Líneas, el algoritmo entonces implementa las isolíneas como fuente de información para la interpolación, Los puntos de datos de Líneas también se utilizan en la interpolación de valores asignados en cada celda, los cuales se asumen como los valores de las isolíneas, un máximo de 100 puntos de datos se leen desde las Líneas dentro de cada celda, con el valor promedio que se utiliza como el único punto de datos para cada celda que interseca los datos de línea, dando como resultado una entidad de salida de tipo Raster que contiene la información de las isolíneas para cada celda, el tamaño de la celda será el valor del entorno si se establece explícitamente; de lo contrario, será el valor más bajo del ancho o de la altura de la extensión de la referencia espacial de entrada, dividido por 250. Luego de realizar este proceso, se debe extraer las isolíneas, estableciendo un rango ya sea de precipitación o de Temperatura, este rango se tomará dependiendo del

tipo de estudio que se necesite, una vez realizado este proceso, ya se tienen las Isoyetas o Isotermas de toda la cuenca, esto con el fin de poderle da valores de temperatura o precipitación en toda el área de estudio.

En la Tabla 5.19, se presentan los datos utilizados en el cálculo de la precipitación media del área de estudio, obtenidos del mapa de la Figura 5.199.

Tabla 5.19. Cálculo precipitación media multianual subcuenca río Teusacá.

| P ₁ (mm) | P ₂ (mm) | P Promedio (mm) | Área (Km ²) | P Promedio * A |
|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| 700 | 750 | 725 | 52,476 | 38045,247 |
| 750 | 800 | 775 | 16,641 | 12897,074 |
| 800 | 850 | 825 | 35,260 | 29089,374 |
| 850 | 900 | 875 | 26,139 | 22871,722 |
| 900 | 950 | 925 | 79,900 | 73907,738 |
| 950 | 1000 | 975 | 73,395 | 71560,560 |
| 1000 | 1050 | 1025 | 30,320 | 31077,904 |
| 1050 | 1100 | 1075 | 3,324 | 3573,413 |
| 1100 | 1150 | 1125 | 3,231 | 3635,378 |
| 1150 | 1200 | 1175 | 4,109 | 4828,533 |
| 1200 | 1250 | 1225 | 5,551 | 6800,027 |
| 1250 | 1300 | 1275 | 8,455 | 10780,197 |
| 1300 | 1350 | 1325 | 20,273 | 26861,792 |
| 1350 | 1400 | 1375 | 1,350 | 1855,978 |
| TOTALES | | | 360,426 | 337784,936 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

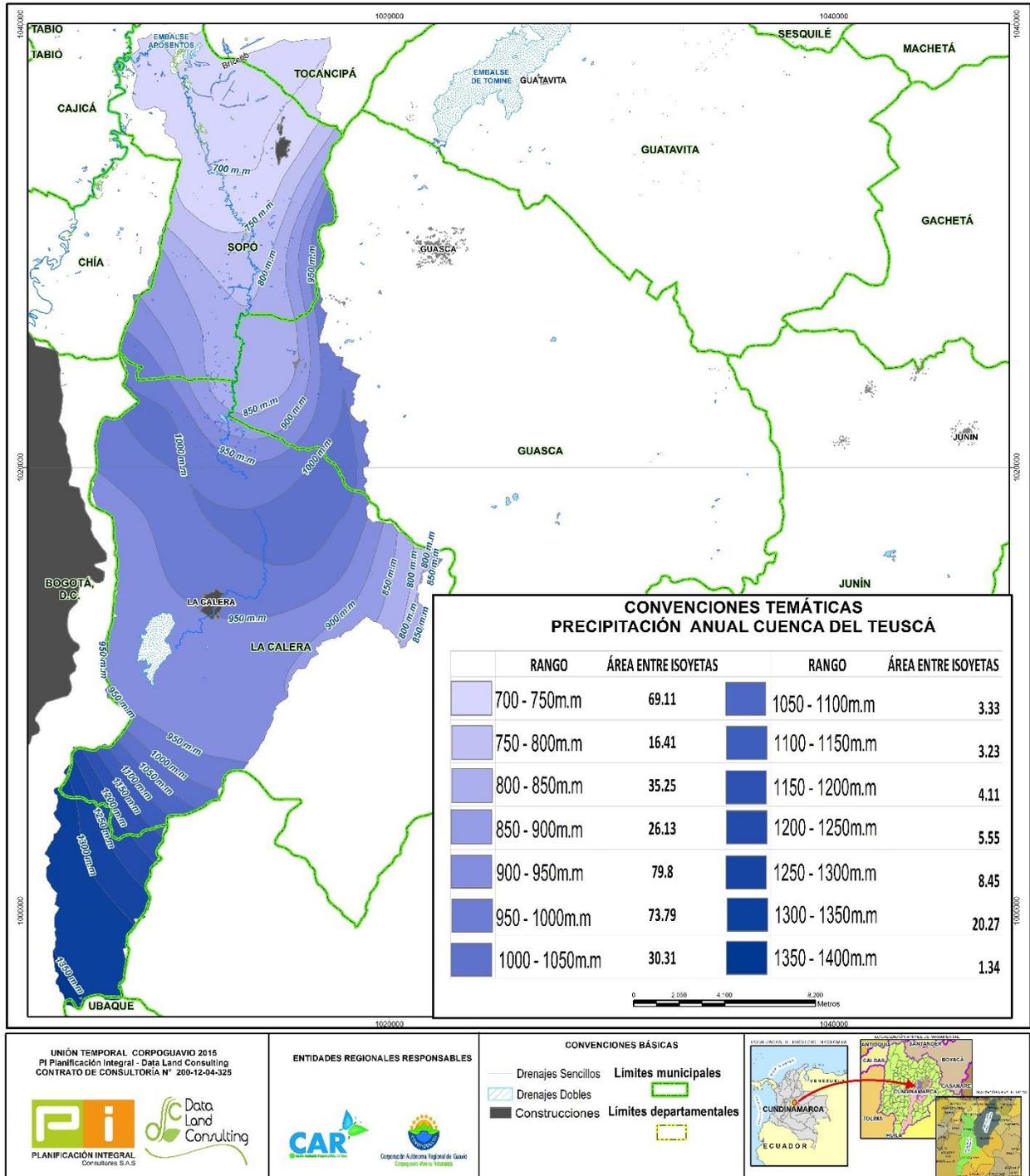


Figura 5.199. Isoyetas anuales río Teusacá.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.4.1.2 Precipitación media mensual unidades hidrográficas río Teusacá (isoyetas).

A partir de las estaciones mencionadas se generaron las isoyetas mensuales para las unidades hidrográficas que hacen parte del área de estudio (jurisdicción CAR – municipios de: la Calera, Sopó, Guasca, Tocancipá y Bogotá D.C.), que para el caso del río Teusacá, son las siguientes unidades hidrográficas. (Ver Figura 5.200).

- Río Alto Teusacá (21201306)
- Quebrada San Lorenzo (21201307)
- Río Teusacá Hasta Quebrada Aguas Claras (21201305)
- Quebrada Aguas Claras (21201304)
- Quebrada el Asilo (21201308)
- Río Medio Teusacá (21201303)
- Quebrada Laureles (21201302)
- Quebrada el Chuscal (21201309)
- Río Bajo Teusacá (21201301)

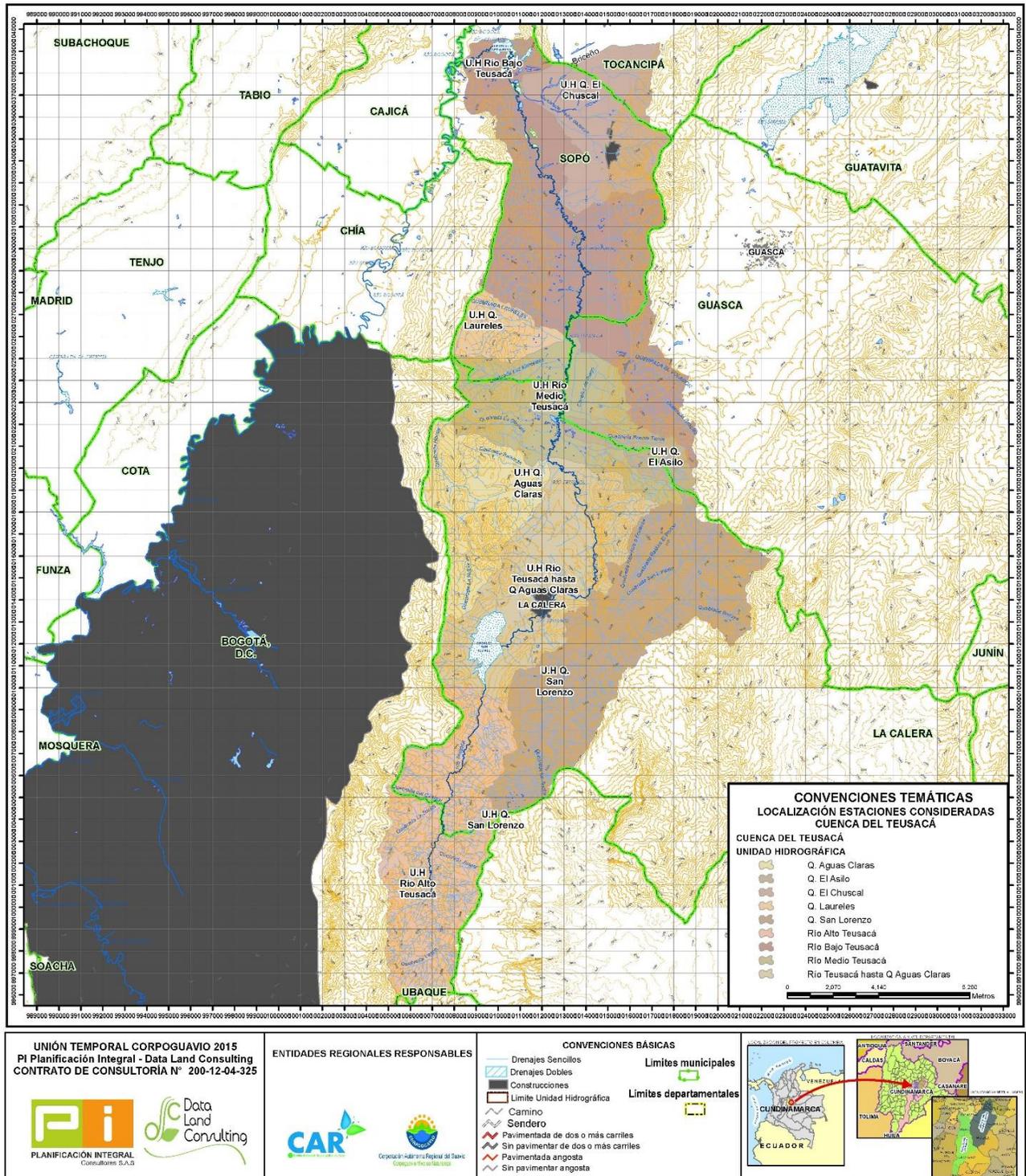


Figura 5.200. Unidades Hidrográficas río Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Vale la pena mencionar, que para cada una de las nueve (9) Unidades Hidrográficas en que se subdividió la cuenca del río Teusacá, se hizo el mismo procedimiento mostrado anteriormente, pero a nivel mensual.

A manera de ejemplo, en la Figura 5.201 y la Figura 5.202, se presentan 12 imágenes de isoyetas mensuales para igual número de meses del año, para la Unida Hidrográfica Río Alto Teusacá, de las cuales se generó la información presentada en la Tabla 5.20.

Por el mismo método desarrollado para el cálculo de la precipitación media de la sub cuenca del Tominé (método del promedio ponderado) se calculó la precipitación media mensual para cada unidad hidrográfica, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.20 y Anexo 5-2.

Tabla 5.20. Precipitación media mensual por unidad hidrográfica río Teusacá.

| U. H. Cuenca Río Teusacá | P (mm) | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total Anual |
| Río Alto Teusacá | 51,6 | 66,6 | 93,7 | 113,7 | 127,7 | 125,6 | 139,8 | 108,6 | 67,4 | 113,8 | 123,7 | 89,8 | 1221,9 |
| Quebrada San Lorenzo | 38,2 | 51,2 | 71,2 | 93,6 | 105,5 | 90,1 | 87,3 | 74,0 | 54,9 | 92,6 | 98,2 | 74,3 | 930,9 |
| Río Teusacá Hasta Quebrada Aguas Claras | 33,2 | 51,2 | 71,1 | 99,0 | 115,6 | 100,7 | 93,9 | 83,7 | 64,0 | 107,2 | 101,2 | 62,6 | 983,3 |
| Quebrada Aguas Claras | 41,3 | 56,0 | 76,0 | 100,9 | 108,8 | 87,8 | 82,3 | 73,0 | 53,0 | 104,8 | 106,2 | 83,8 | 973,7 |
| Quebrada El Asilo | 28,0 | 48,0 | 68,0 | 98,9 | 115,8 | 99,7 | 103,4 | 87,4 | 67,8 | 104,9 | 95,6 | 47,8 | 965,3 |
| Río Medio Teusacá | 29,6 | 43,8 | 63,8 | 94,2 | 113,1 | 91,3 | 106,5 | 83,7 | 63,7 | 92,3 | 87,9 | 49,3 | 919,1 |
| Quebrada Laureles | 28,6 | 41,9 | 62,1 | 92,2 | 104,7 | 87,0 | 109,3 | 82,7 | 62,5 | 14,7 | 43,4 | 49,6 | 778,7 |
| Quebrada el Chuscal | 29,2 | 41,2 | 68,3 | 81,5 | 90,5 | 52,2 | 55,7 | 44,7 | 50,3 | 81,2 | 77,6 | 48,7 | 721,1 |
| Río Bajo Teusacá | 30,4 | 43,2 | 63,3 | 88,2 | 41,4 | 70,0 | 84,3 | 65,6 | 55,7 | 83,0 | 77,5 | 47,6 | 750,3 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Observando la Tabla 5.20, se puede concluir que las mayores precipitaciones en las Unidades Hidrográficas de la cuenca del río Teusacá, se presentan entre abril y julio y octubre y noviembre, con una leve disminución en los meses de agosto a septiembre y de diciembre a marzo, siendo la precipitación en la zona de carácter bimodal, las mayores precipitaciones corresponden a la Unidad Hidrográfica Río Alto Teusacá, con un promedio anual de 101,8 mm, seguida de la U. H. quebrada Aguas Claras con 81,1 mm, las precipitaciones más bajas se presentan en la U. H. quebrada el Chuscal con 60,1 mm, seguida de la U. H. Río Bajo Teusacá, con 62,5 mm.

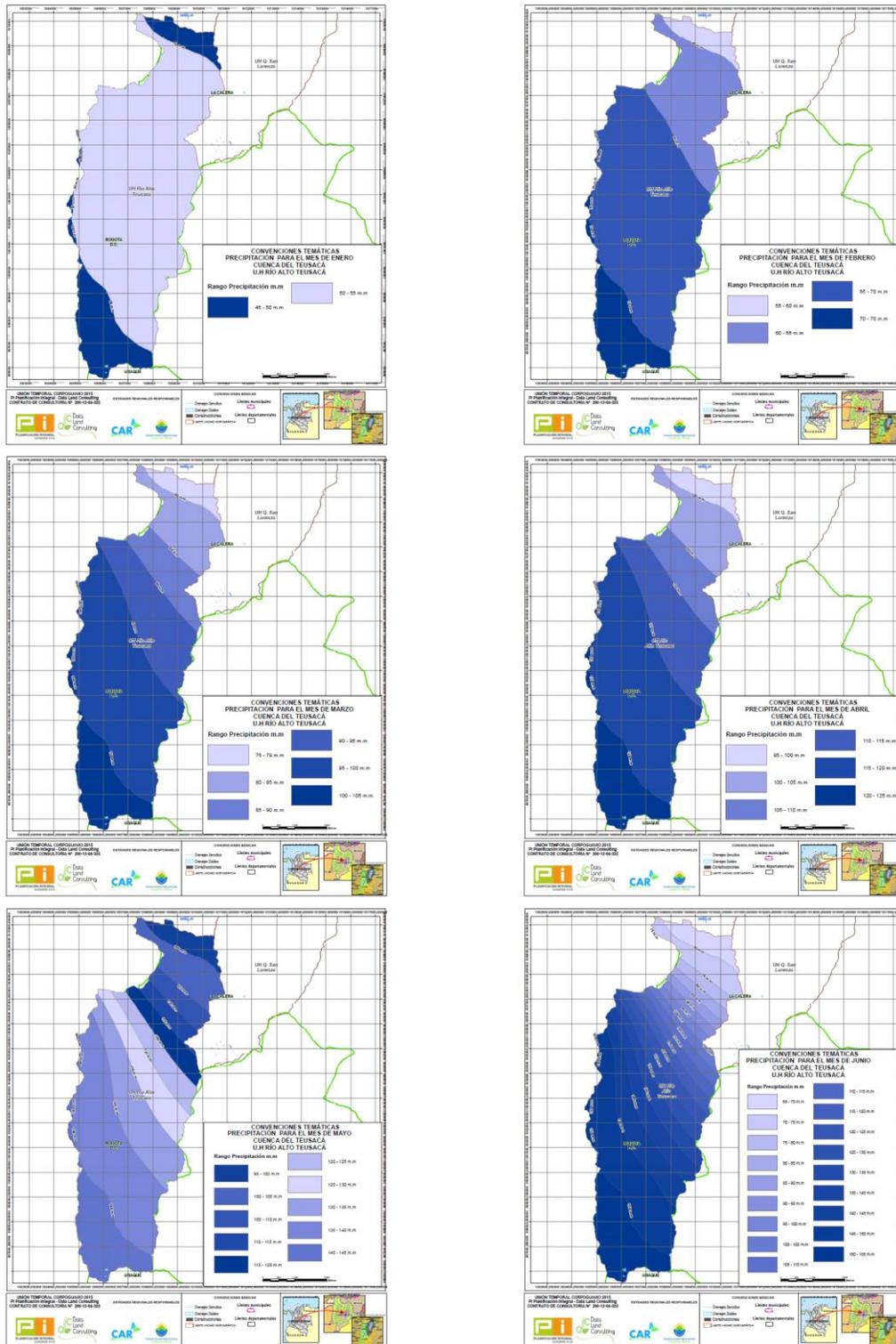


Figura 5.201. Mapas de isoyetas mensuales (enero – junio), U. H. Río Alto Teusacá.

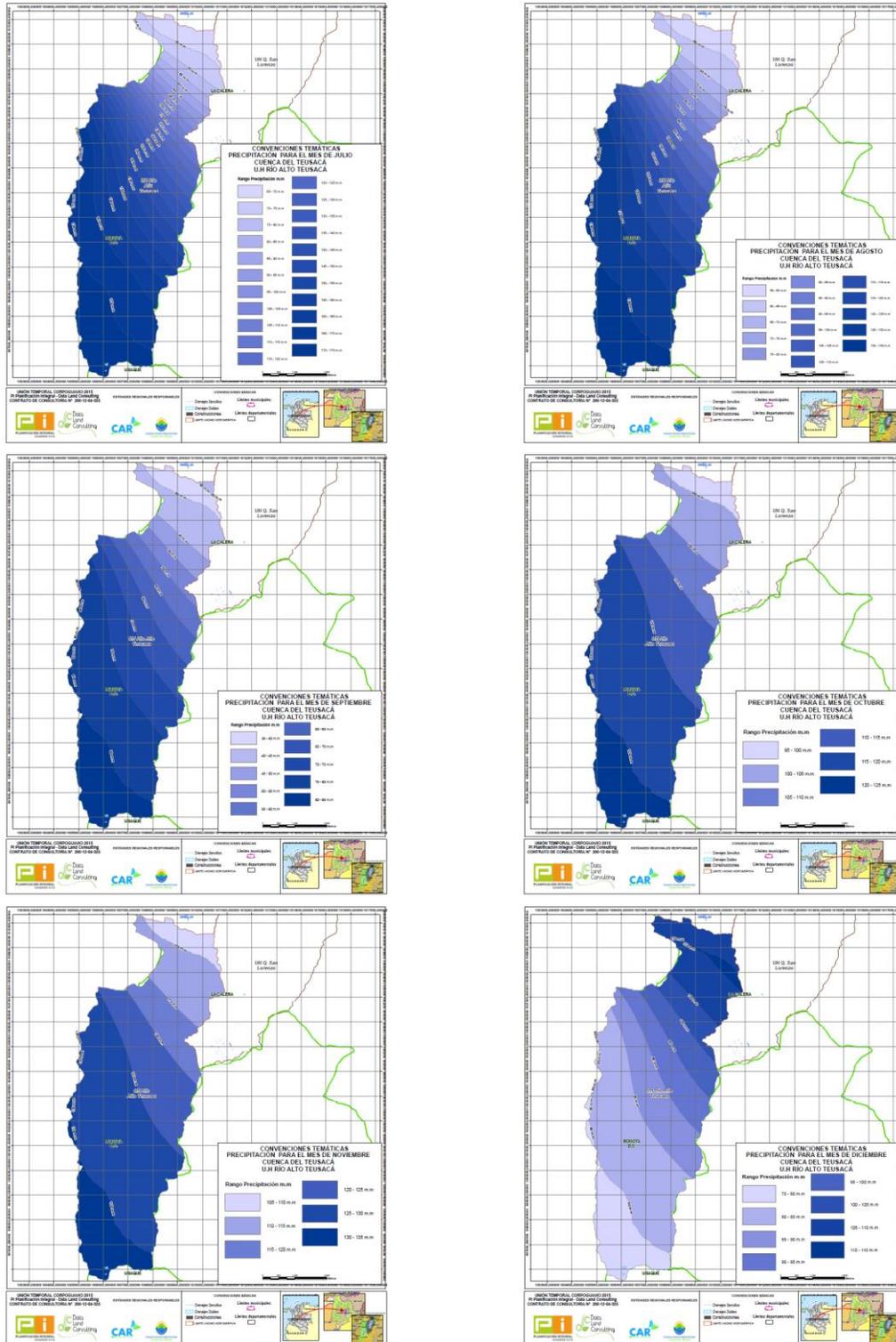


Figura 5.202. Mapas de isoyetas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Alto Teusacá.

5.4.1.3 Temperatura media anual río Teusacá (isotermas).

A diferencia de la precipitación, se cuenta con ocho (8) estaciones que vienen registrando temperatura (Tabla 5.21), y a partir de ellas se construyeron las isotermas que se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, (Plano 5.2).

Tabla 5.21. Estaciones utilizadas en Isotermas.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|-----------------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |
| 2120548 | IBERIA LA | CAR | CP | CHOCONTÁ | EMB SISGA |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CAR | CP | BOGOTÁ | R. BOGOTÁ |
| 35025060 | BOLSA LA | IDEAM | CO | CHOACHÍ | NEGRO |
| 35065010 | GACHETÁ | IDEAM | CO | GACHETÁ | GACHETÁ |
| 21205920 | SUASUQUE | IDEAM | MET | SOPO | TEUSACÁ |
| 2120642 | PLANTA WIESNER | EAAB | CO | LA CALERA | TEUSACÁ |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | GUASCA | R. CHIPATÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Para el cálculo de la temperatura media anual, se utiliza la metodología presentada en el numeral 5.2.1.1 de igual forma que se obtuvo la precipitación media anual, cuyas memorias de cálculo aparecen en el Anexo 5-3.

La temperatura media anual de la cuenca del río Teusacá es 12,03 °C.

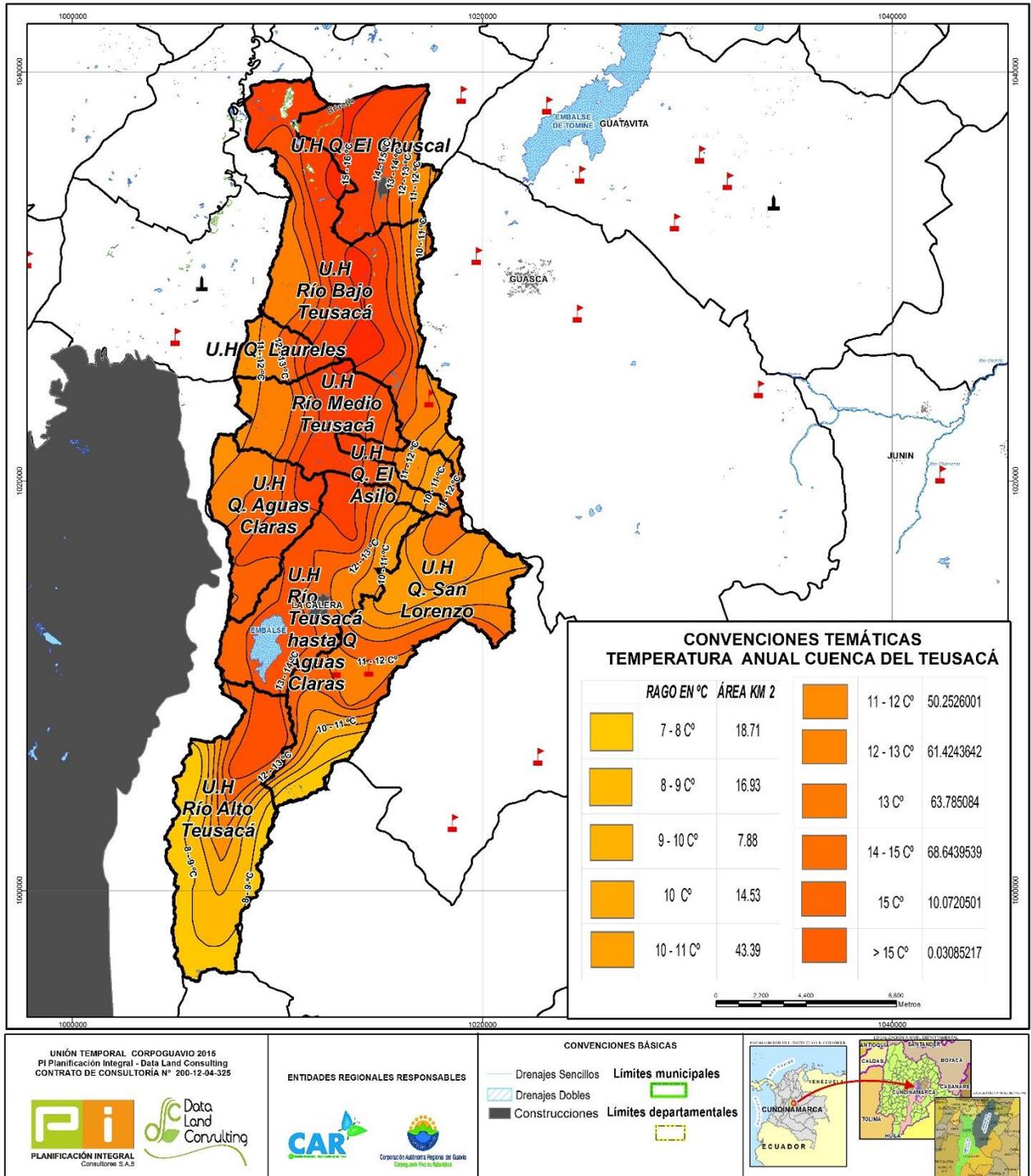


Figura 5.203. Isotermas anuales río Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.4.1.4 Temperatura media mensual unidades hidrográficas río Teusacá (isotermas).

A partir de las estaciones relacionadas en la Tabla 5.21, se generaron las Isotermas mensuales para las unidades hidrográficas que hacen parte del área de estudio (jurisdicción CAR – municipios de: la Calera, Sopó, Guasca, Tocancipá y Bogotá D.C.), que para el caso del río Teusacá, son las siguientes unidades hidrográficas. (Ver Figura 5.200).

- Río Alto Teusacá (21201306)
- Quebrada San Lorenzo (21201307)
- Río Teusacá Hasta Quebrada Aguas Claras (21201305)
- Quebrada Aguas Claras (21201304)
- Quebrada el Asilo (21201308)
- Río Medio Teusacá (21201303)
- Quebrada Laureles (21201302)
- Quebrada el Chuscal (21201309)
- Río Bajo Teusacá (21201301)

A manera de ejemplo, en la Figura 5.204 y en la Figura 5.205, se presentan 12 imágenes de isotermas mensuales para igual número de meses del año, de la Unidad Hidrográfica Río Alto Teusacá, una de las Unidades en que se subdividió la cuenca del río Teusacá, para el presente estudio y que se convirtieron en el insumo base, para el cálculo de la temperatura media mensual para cada Unidad Hidrográfica.

Por el mismo método desarrollado para el cálculo de la precipitación media de la sub cuenca del río Teusacá (método del promedio ponderado) se calculó la temperatura media mensual para cada unidad hidrográfica (ver Anexo 5-3), cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22. Cálculo temperatura media multianual por unidad hidrográfica río Teusacá.

| UHA | Tm (°C) Temperatura Media Mensual | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Promedio/Año |
| Q. Aguas Claras | 12,57 | 12,43 | 12,56 | 12,46 | 12,45 | 11,36 | 11,45 | 11,74 | 11,60 | 11,59 | 11,59 | 12,58 | 12,03 |
| Q. El Asilo | 11,56 | 11,58 | 11,78 | 11,78 | 11,58 | 10,53 | 10,78 | 10,54 | 11,07 | 12,52 | 11,07 | 11,57 | 11,36 |
| Q. El Chuscal | 13,70 | 13,70 | 13,71 | 13,68 | 13,67 | 12,37 | 12,67 | 12,36 | 13,58 | 13,56 | 13,56 | 13,67 | 13,35 |
| Q. Laureles | 12,33 | 12,23 | 12,21 | 12,23 | 12,34 | 11,19 | 11,22 | 12,00 | 11,63 | 11,63 | 11,63 | 12,33 | 11,91 |
| Q. San Lorenzo | 10,91 | 10,83 | 10,93 | 11,11 | 10,99 | 10,04 | 10,11 | 10,03 | 10,09 | 10,27 | 10,27 | 13,23 | 10,73 |
| Río Alto Teusaca | 10,31 | 9,65 | 9,63 | 11,43 | 9,67 | 9,31 | 9,27 | 9,32 | 9,30 | 9,95 | 9,95 | 10,30 | 9,84 |
| Río Bajo Teusaca | 13,23 | 13,27 | 13,27 | 13,26 | 13,33 | 12,00 | 12,26 | 12,17 | 12,96 | 12,94 | 12,94 | 13,23 | 12,90 |
| Río Medio Teusaca | 13,05 | 13,05 | 13,05 | 13,05 | 13,06 | 11,86 | 12,05 | 12,16 | 12,70 | 12,70 | 12,70 | 13,06 | 12,71 |
| Río Teusaca hasta Q Aguas Claras | 12,53 | 12,54 | 12,49 | 12,55 | 12,53 | 11,49 | 11,55 | 11,62 | 11,71 | 11,69 | 11,69 | 12,54 | 12,08 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la subcuenca del río Teusacá, las temperaturas más bajas se presentan en el mes de junio, correspondiendo con el período de mayores precipitaciones, en tanto que las temperaturas más altas están en el período más seco que va de diciembre a marzo; la temperatura más baja se presenta en el mes de junio 9,3°C, en la U. H. río Alto Teusacá, la temperatura más alta es de 13,67°C, en el mes de diciembre, en la U.H. quebrada el Chuscal.

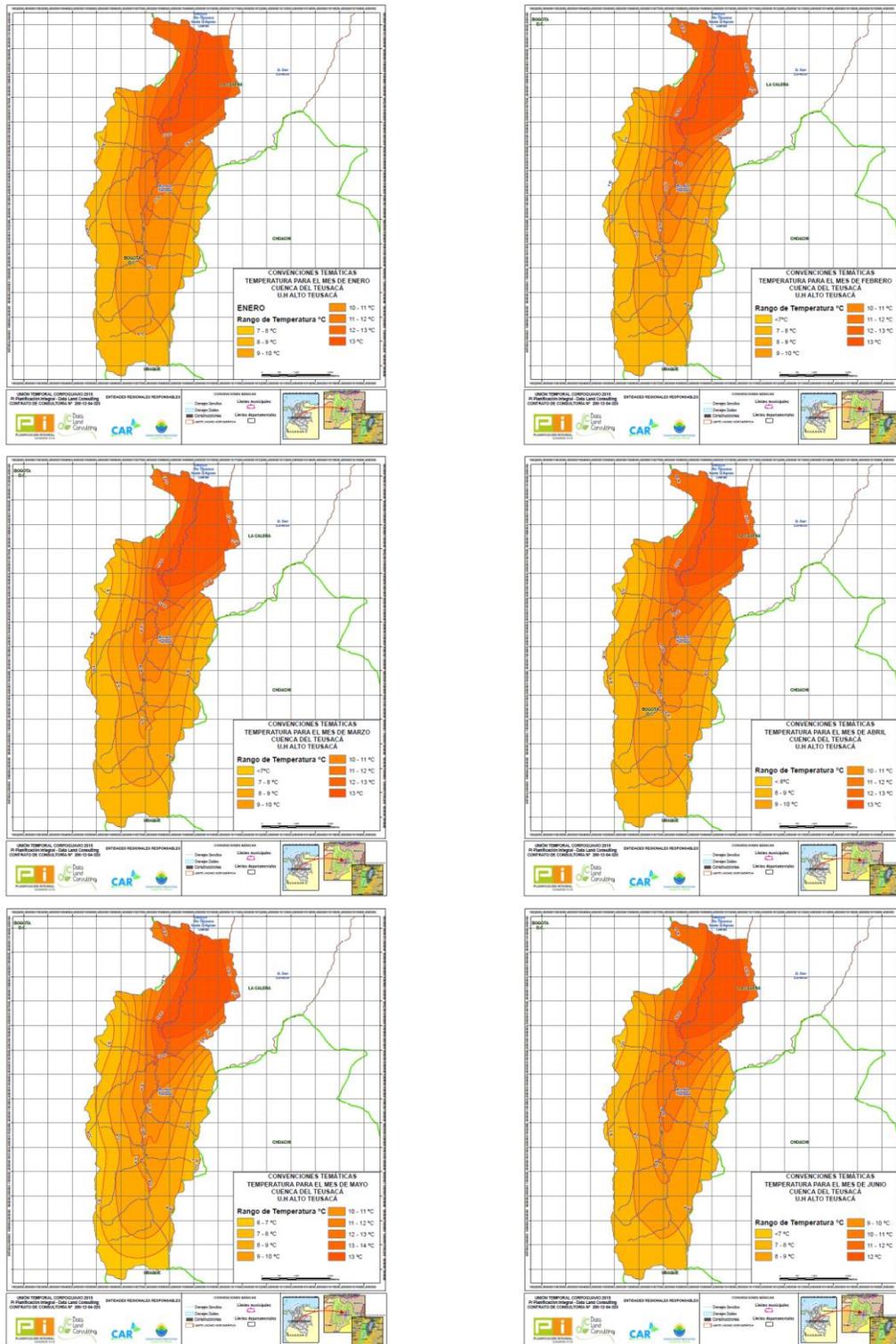


Figura 5.204. Mapas de isotermas mensuales (enero - junio), U. H. Río Alto Teusacá.

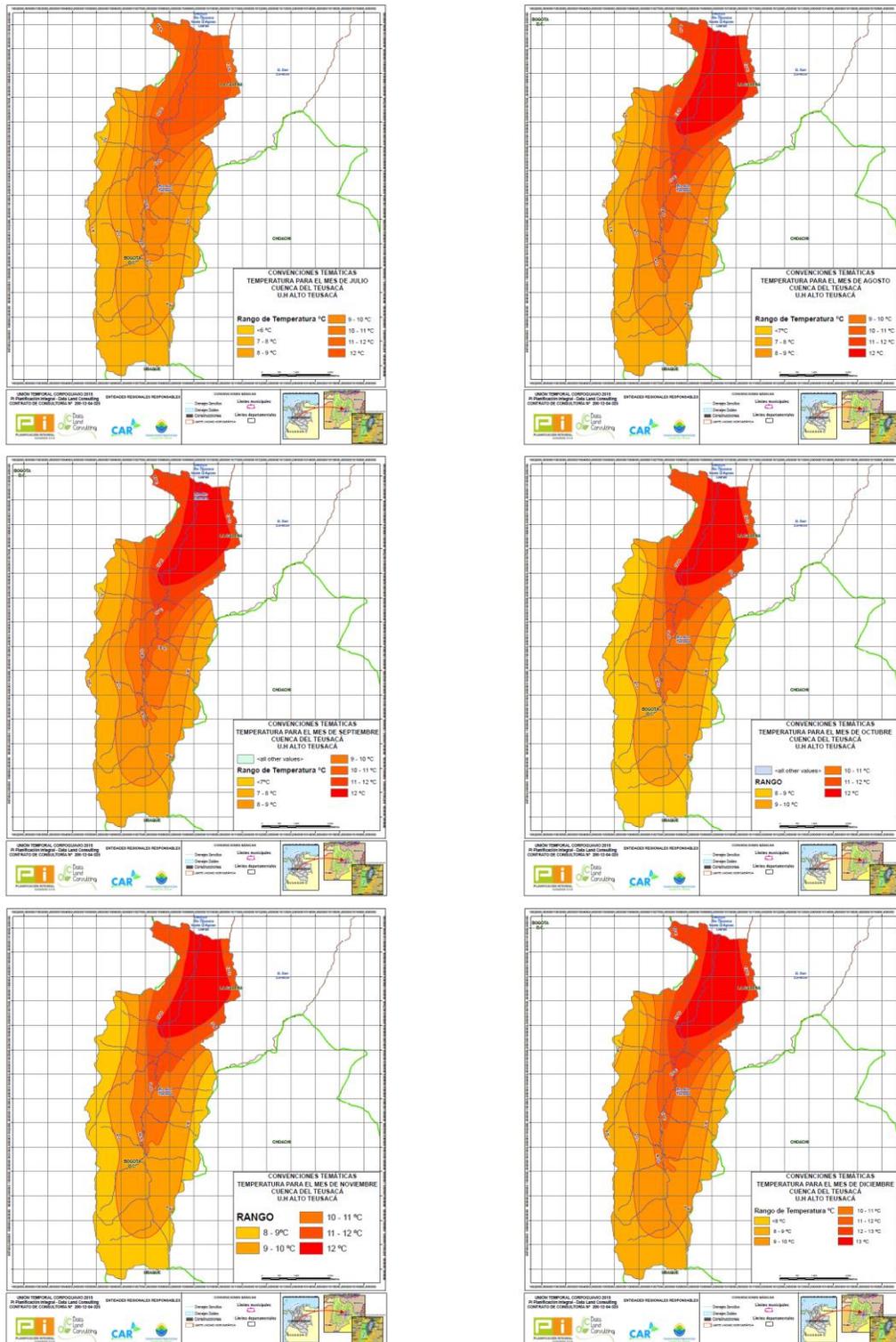


Figura 5.205. Mapas de isotermas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Alto Teusacá.

El gradiente vertical de temperatura (G), es la variación de la temperatura, con respecto a la variación de la cota sobre el nivel del mar, la relación entre estas dos variables es inversa ya que al aumentar la cota sobre el nivel del mar la temperatura disminuye.

$$G = \frac{\Delta t}{\Delta H}$$

Para las estaciones Guatavita y Guasca, el Gradiente sería:

Guatavita: h= 2625 m.s.n.m. t= 14,02°C
Guasca: h= 2750 m.s.n.m. t= 13,79°C

Aplicando la ecuación tenemos:

$$G = \frac{13,79 - 14,02}{2750 - 2625}$$

$$G = \frac{0,23 \text{ } ^\circ\text{C}}{125 \text{ m}}$$

$$G = -0,00184 \text{ } ^\circ\text{C/m}$$

Para este ejercicio se utilizaron la totalidad de estaciones dentro de la cuenca de Teusacá y Tominé, es decir las estaciones de Teusacá sirvieron para complementar las de Tominé y las de Tominé para Teusacá, adicionalmente se tomaron las periféricas de Bogotá, para el chequeo en divisorias de aguas.

5.4.2 Embalse Tominé

En la cuenca del río Tominé, se elaboraron isoyetas para efectos de calcular la precipitación media, e isotermas para el cálculo de la temperatura media, que serán utilizadas en los balances hídricos, tanto a nivel anual, como mensual, cuyos resultados se presentan a continuación.

5.4.2.1 Precipitación media multianual embalse Tominé (isoyetas).

Utilizando el procedimiento explicado en el numeral 5.4.1.1, se generaron las isoyetas anuales en la cuenca del embalse Tominé, tal como se muestra en la Figura 5.206.

La precipitación media corresponde a 895,67 mm/año, la memoria de cálculos se puede consultar en el Anexo 5-4.

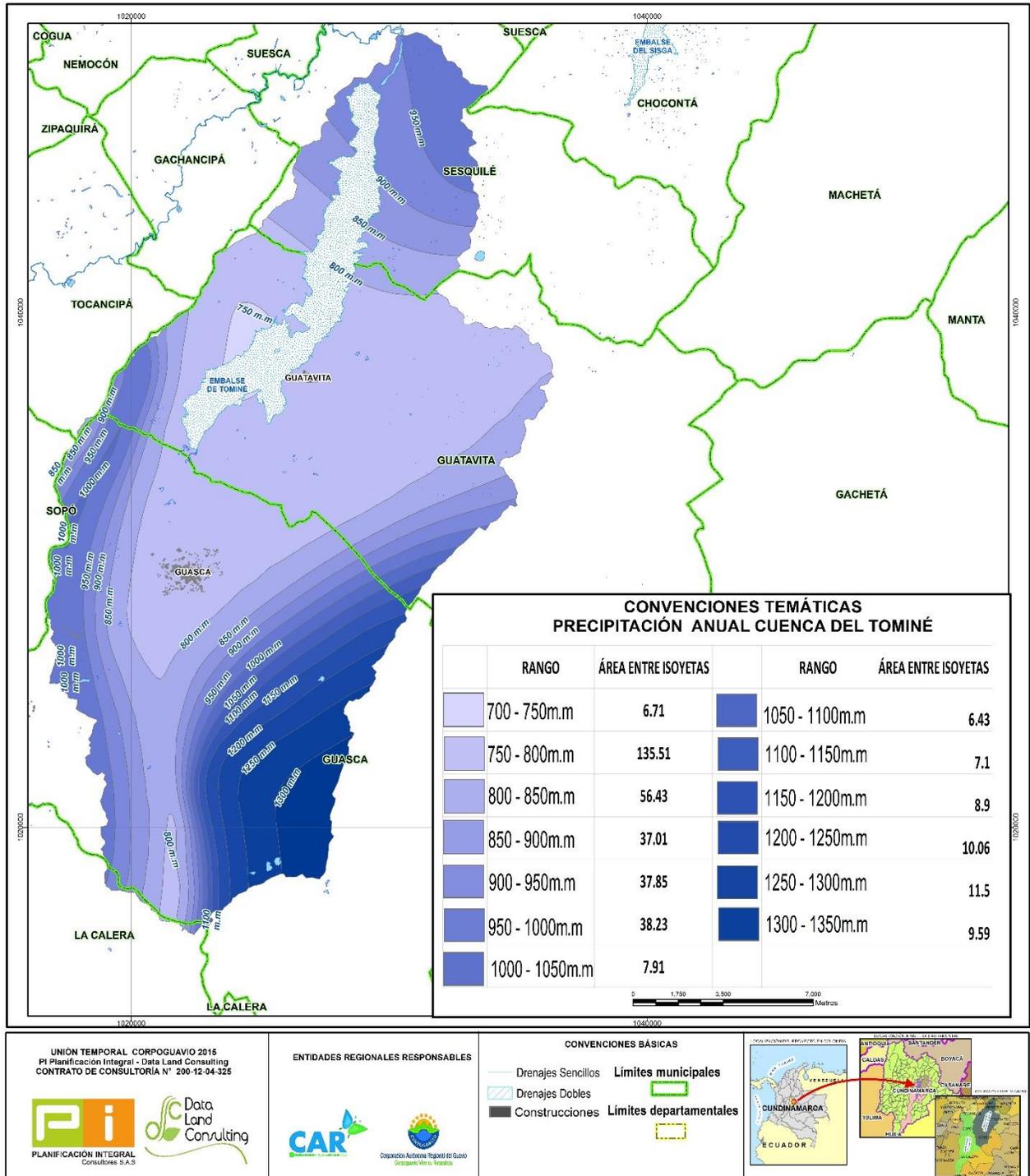


Figura 5.206. Isoyetas anuales subcuenca embalse Tominé.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.4.2.2 Precipitación media mensual por unidad hidrográfica embalse Tominé (isoyetas).

Para el desarrollo del presente estudio, la subcuenca Embalse Tominé, se subdividió en diez (10) Unidades Hidrográficas, las cuales se relacionan a continuación, (Ver Figura 5.207).

- Río Chigüanos (21201703)
- Río Alto Siecha (21201704)
- Río Chipatá (21201705)
- Quebrada Montoque (21201706)
- Río Bajo Siecha (21201702)
- Río Chiquito (21201707)
- Quebrada Corales (21201708)
- Río Medio y Bajo Aves (21201710)
- Río Alto Aves (21201709)
- Tributarios Embalse Tominé (21201701)

A partir de los mapas de isoyetas mensuales, tal como se muestran en la Figura 5.208 y la Figura 5.209, se procedió a aplicar la metodología ya descrita, para obtener precipitación media en cada una de las unidades hidrográficas que hacen parte del área de estudio en la cuenca del embalse Tominé, en los municipios de Guasca, área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoaguavio), y Sesquilé y Guatavita, jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Los resultados de los cálculos de la precipitación media mensual para cada una de las Unidades Hidrográficas relacionadas se presentan en la Tabla 5.23.

Tabla 5.23. Cálculo precipitación media multianual por unidad hidrográfica embalse Tominé.

| U. H. Cuenca Tominé | P (mm) | | | | | | | | | | | | Total/Anual |
|-----------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| Río Chiguanos | 30,2 | 47,2 | 67,4 | 91,8 | 112,6 | 107,3 | 116,1 | 93,0 | 68,7 | 93,1 | 93,7 | 45,8 | 966,9 |
| Río Alto Siecha | 29,8 | 51,5 | 71,7 | 104,0 | 137,8 | 139,0 | 172,9 | 134,5 | 91,0 | 118,9 | 101,6 | 36,7 | 1189,5 |
| Río Chipatá | 30,7 | 50,4 | 70,6 | 97,6 | 123,7 | 125,5 | 143,7 | 113,3 | 79,8 | 105,0 | 100,2 | 42,0 | 1082,4 |
| Quebrada Montoque | 29,6 | 50,2 | 70,2 | 92,7 | 109,3 | 93,1 | 106,4 | 83,0 | 64,2 | 95,8 | 100,0 | 46,9 | 941,3 |
| Río Bajo Siecha | 30,9 | 44,7 | 64,7 | 87,7 | 105,5 | 95,7 | 97,6 | 78,5 | 63,9 | 87,2 | 90,0 | 49,5 | 895,7 |
| Río Chiquito | 28,3 | 51,0 | 70,4 | 95,6 | 116,0 | 106,7 | 122,3 | 97,5 | 70,1 | 100,8 | 101,9 | 44,4 | 1004,9 |
| Quebrada Corales | 28,8 | 50,4 | 71,2 | 92,2 | 106,2 | 84,0 | 96,5 | 74,7 | 57,8 | 93,9 | 101,2 | 47,9 | 904,9 |
| Río Medio y Bajo Aves | 35,0 | 44,9 | 65,0 | 84,2 | 94,5 | 65,5 | 70,3 | 49,9 | 64,9 | 85,7 | 93,6 | 52,3 | 805,8 |
| Río Alto Aves | 42,5 | 45,3 | 65,5 | 85,5 | 96,0 | 66,8 | 71,7 | 51,3 | 69,5 | 89,4 | 95,2 | 50,8 | 829,6 |
| Tributarios Embalse | 37,3 | 38,8 | 65,1 | 85,9 | 102,3 | 73,1 | 73,0 | 49,9 | 85,1 | 97,3 | 89,5 | 46,1 | 843,4 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Los mayores valores de precipitación en las diez (10) Unidades Hidrográficas de la cuenca del embalse Tominé, se presentan en los meses de mayo, junio, julio y agosto, la máxima precipitación es de 172,9 mm, mes de julio U. H. río Alto Siecha; las precipitaciones más bajas están en el período de diciembre a febrero, siendo las más bajas las del mes de enero, la U. H. Río Chiquito, tiene la precipitación más baja con 28,3 mm, en el mes de enero.

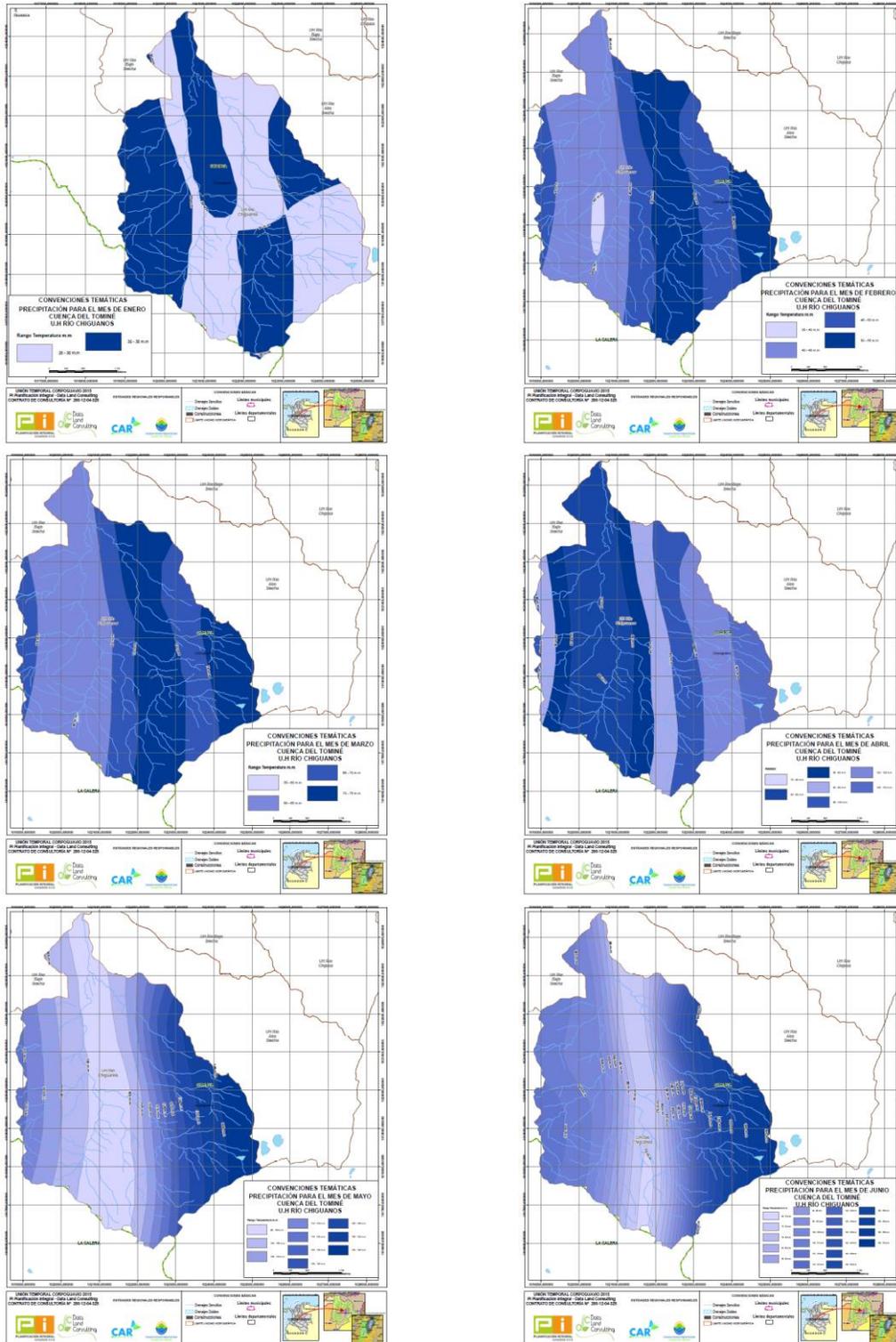


Figura 5.208. Mapas de isoyetas mensuales (enero - junio), U. H. Río Chigüanos.

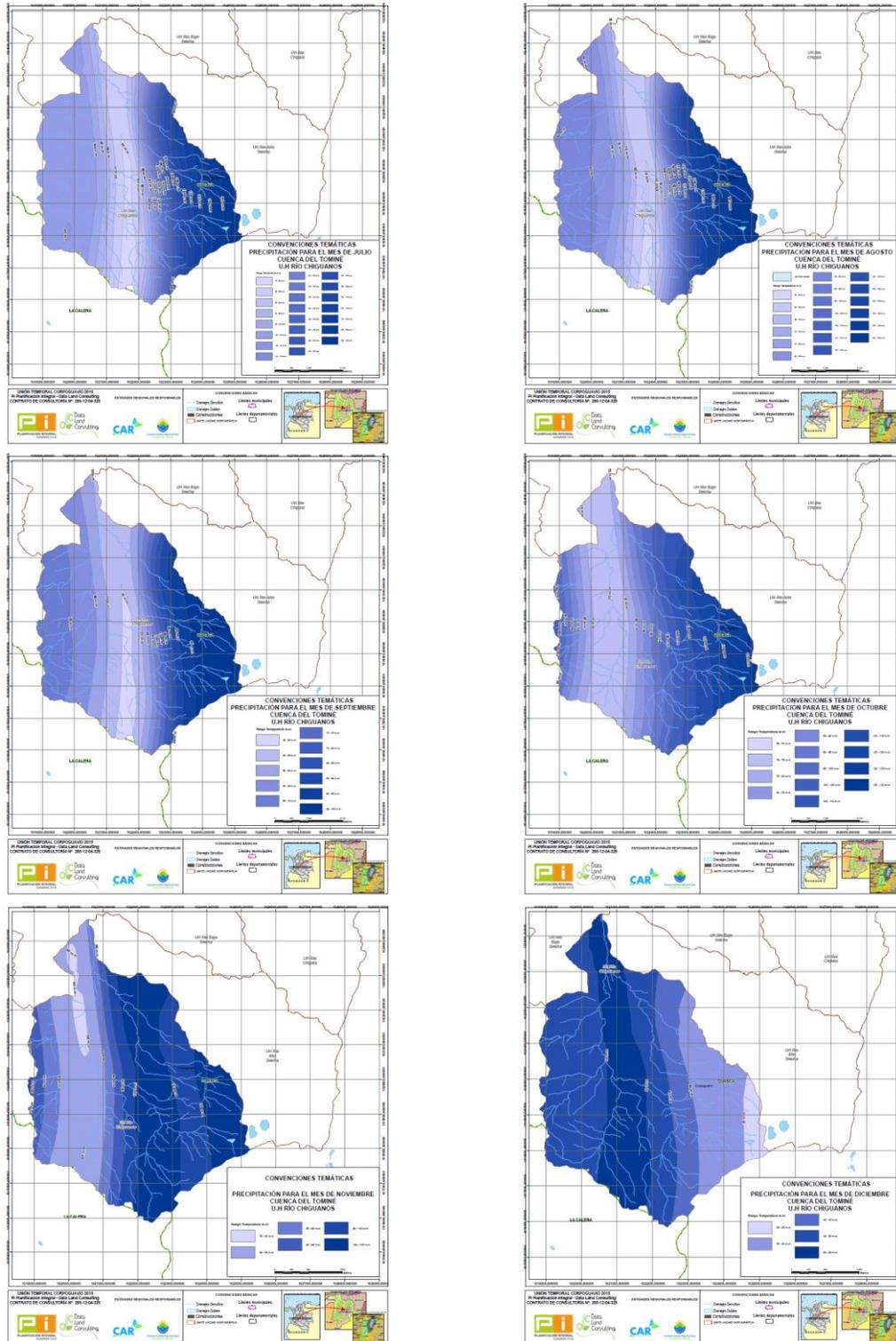


Figura 5.209. Mapas de isoyetas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Chigüanos.

5.4.2.3 Temperatura media anual embalse Tominé (isotermas).

A diferencia de la precipitación, tan solo se cuenta con cuatro (4) estaciones que vienen registrando temperatura (Tabla 5.24), y a partir de ellas se construyeron las isotermas que se presentan en la Figura 5.210, (Plano 5.3)

Tabla 5.24. Estaciones utilizadas en Isotermas.

| CÓDIGO | ESTACIÓN | ENTIDAD | TIPO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|-----------------------|---------|------|-----------|-------------|
| 2120562 | GUATAVITA | CAR | CP | GUATAVITA | EMB. TOMINÉ |
| 2120548 | IBERIA LA | CAR | CP | CHOCONTÁ | EMB SISGA |
| 2120559 | APTO GUAIMARAL - USTA | CAR | CP | BOGOTÁ | R. BOGOTÁ |
| 21205700 | GUASCA | IDEAM | CO | GUASCA | R. CHIPATÁ |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

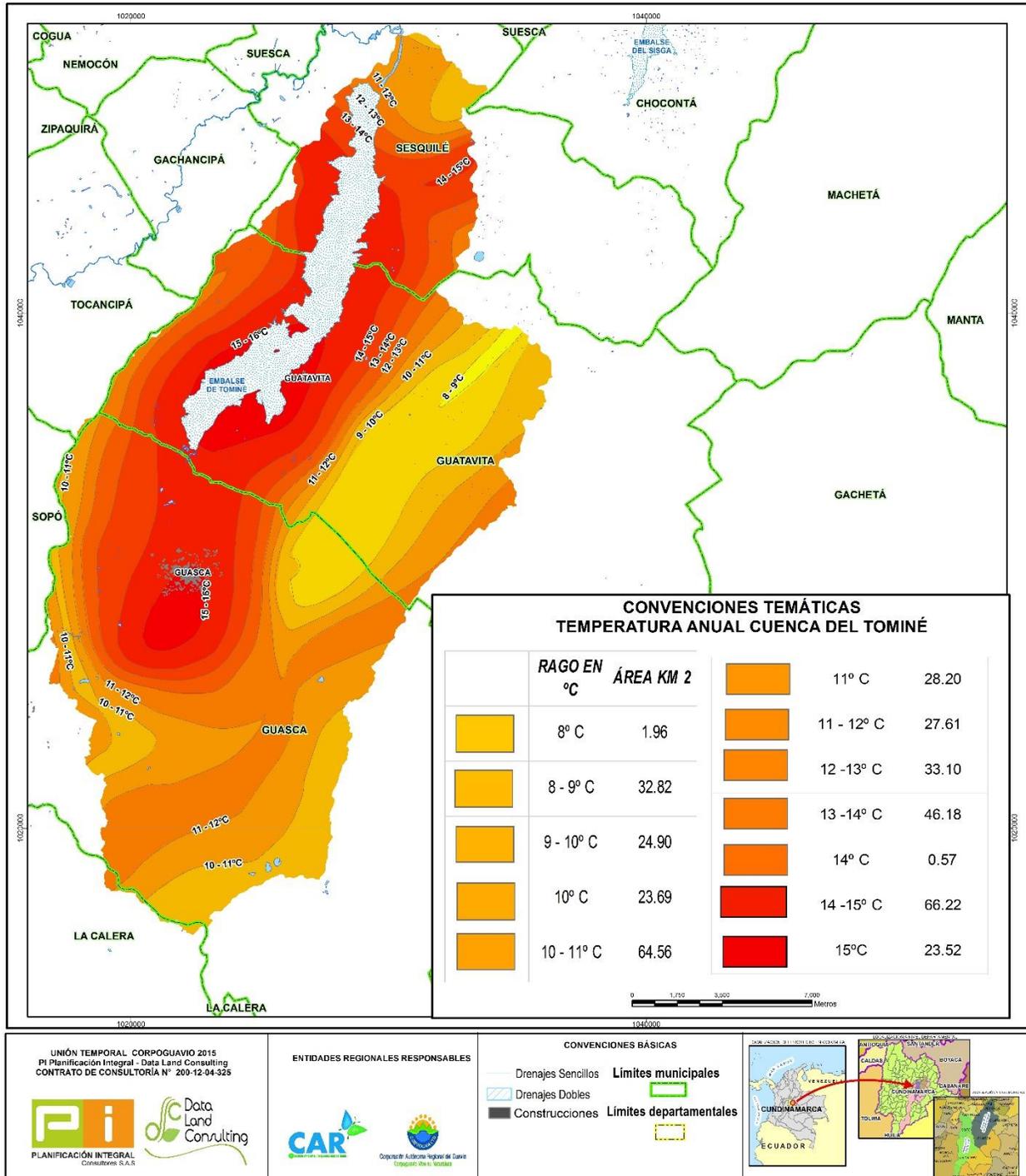


Figura 5.210. Isotermas anuales subcuenca embalse Tominé.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Para el cálculo de la temperatura media anual, se utiliza la metodología presentada en el numeral 5.4.1.1 de igual forma que se obtuvo la precipitación media anual, cuyas memorias de cálculo aparecen en el Anexo 5-5.

La temperatura media anual de la cuenca del embalse Tominé es 11,9 °C.

5.4.2.4 Temperatura media mensual unidades hidrográficas embalse Tominé (isotermas).

A partir de las estaciones relacionadas en la Tabla 5.24, se generaron las Isotermas mensuales para las unidades hidrográficas que hacen parte del área de estudio, localizadas en los municipios de Guasca, área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguvio), y Sesquilé y Guatavita, jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (Ver Figura 5.207).

- Río Chigüanos (21201703)
- Río Alto Siecha (21201704)
- Río Chipatá (21201705)
- Quebrada Montoque (21201706)
- Río Bajo Siecha (21201702)
- Río Chiquito (21201707)
- Quebrada Corales (21201708)
- Río Medio y Bajo Aves (21201710)
- Río Alto Aves (21201709)
- Tributarios Embalse Tominé (21201701)

A manera de ejemplo, en la Figura 5.211 y la Figura 5.212, se presentan 12 imágenes de isotermas mensuales para igual número de meses del año, para la unidad Hidrográfica Río Chigüanos, insumo básico para la obtención de la temperatura media mensual de la Unidad, este mismo ejercicio se desarrolló para las otras 9 Unidades Hidrográficas, en que se subdividió la subcuenca Embalse de Tominé.

Por el mismo método desarrollado para el cálculo de la precipitación media de la sub cuenca del Embalse Tominé (método del promedio ponderado) se calculó la temperatura media mensual para cada unidad hidrográfica (ver Anexo 5-5), cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.25.

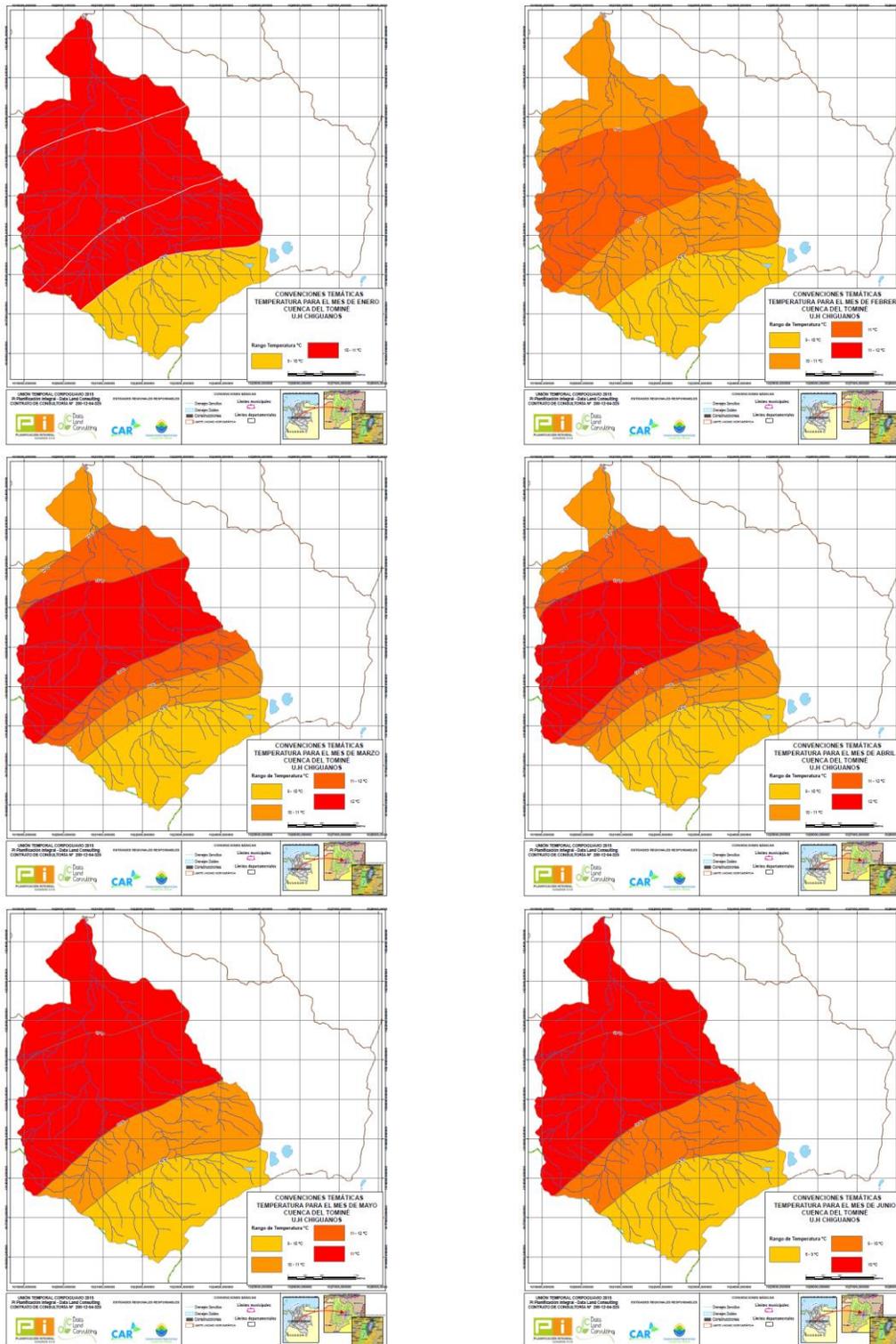


Figura 5.211. Mapas de isoyetas mensuales (enero - junio), U. H. Río Chigüanos.

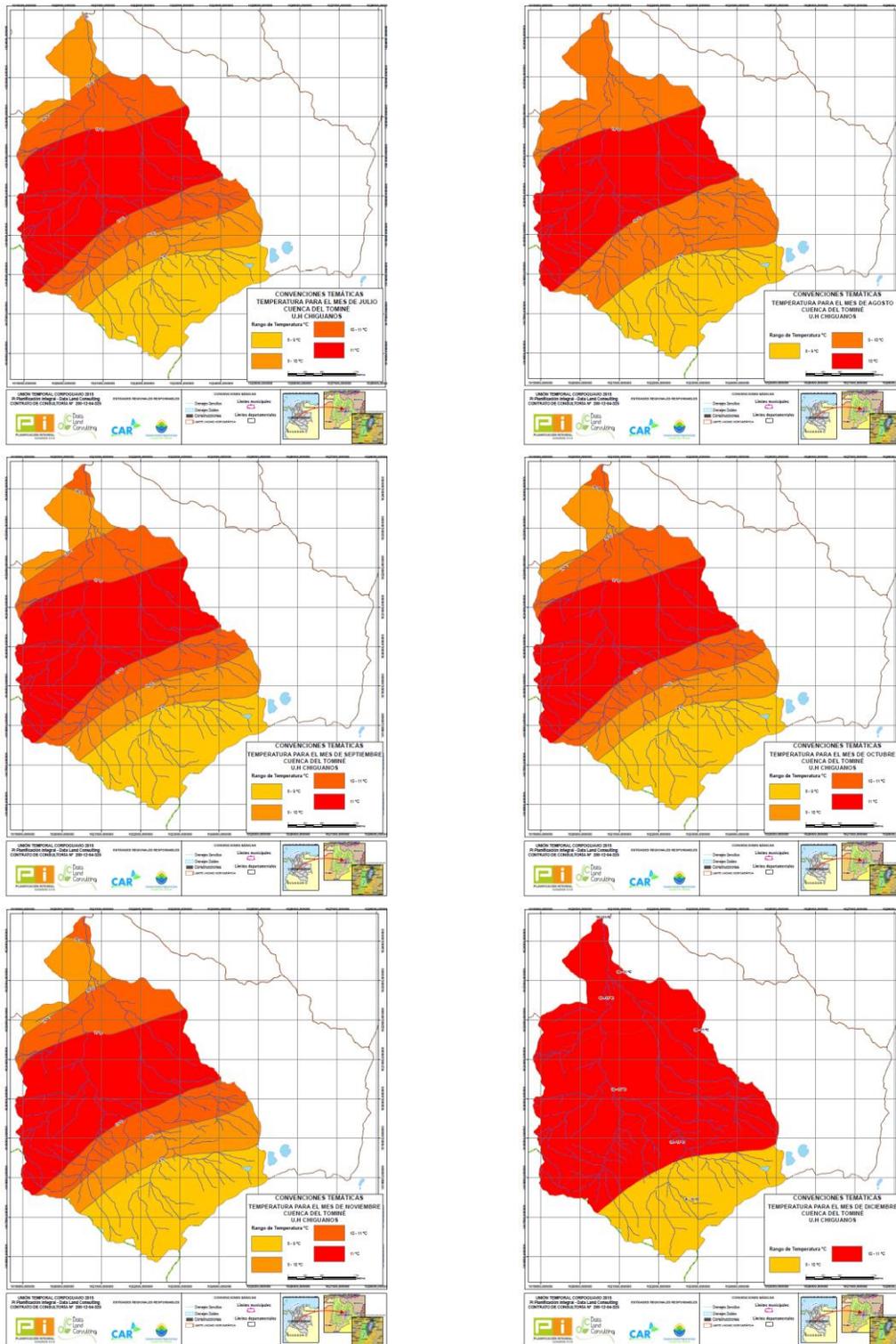


Figura 5.212. Mapas de isoyetas mensuales (julio - diciembre), U. H. Río Chigüanos.

Tabla 5.25. Cálculo temperatura media multianual por U. H., embalse Tominé.

| UHA | Tm (°C) Temperatura Media Mensual | | | | | | | | | | | | Promedio/Año |
|------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| Q. Corales | 9,65 | 9,65 | 10,64 | 10,64 | 9,64 | 9,74 | 9,64 | 8,65 | 9,64 | 9,64 | 9,64 | 9,65 | 9,74 |
| Q. Montoque | 11,76 | 11,76 | 12,57 | 12,57 | 11,76 | 11,01 | 11,57 | 10,78 | 11,78 | 11,78 | 11,78 | 11,76 | 11,74 |
| Rio Alto Aves | 9,72 | 9,72 | 10,57 | 10,57 | 9,72 | 9,87 | 9,57 | 8,72 | 9,72 | 9,72 | 9,30 | 9,72 | 9,75 |
| Rio Alto Siecha | 10,17 | 10,30 | 10,76 | 10,77 | 10,39 | 9,39 | 9,77 | 9,29 | 9,79 | 9,78 | 9,78 | 10,17 | 10,03 |
| Rio Bajo Siecha | 12,60 | 12,61 | 13,09 | 13,08 | 12,62 | 11,73 | 12,08 | 11,61 | 12,39 | 12,38 | 12,38 | 12,60 | 12,43 |
| Rio Chiguanos | 9,89 | 10,46 | 11,07 | 11,07 | 10,55 | 9,55 | 10,07 | 9,46 | 10,07 | 10,07 | 10,07 | 10,28 | 10,22 |
| Rio Chipata | 11,66 | 11,57 | 12,24 | 12,23 | 11,65 | 10,68 | 11,23 | 10,65 | 11,39 | 11,37 | 11,44 | 11,64 | 11,48 |
| Rio Chiquito | 9,77 | 9,74 | 10,82 | 10,82 | 9,74 | 9,83 | 9,84 | 8,85 | 9,84 | 9,70 | 9,43 | 9,77 | 9,85 |
| Rio Medio y Bajo Aves | 11,55 | 11,54 | 12,23 | 12,23 | 11,54 | 11,19 | 11,23 | 10,56 | 11,56 | 11,52 | 11,52 | 11,55 | 11,52 |
| Tributarios Emb Tominé | 13,50 | 13,50 | 14,39 | 14,38 | 13,50 | 12,51 | 13,27 | 12,50 | 13,49 | 13,49 | 13,49 | 13,50 | 13,46 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Las temperaturas más bajas se presentan, en el periodo que coincide con las mayores precipitaciones, especialmente en el mes de agosto para todas las U. H., la temperatura más baja corresponde al mes de agosto 8,65°C, de la U. H. quebrada Corales, mientras que la temperatura más alta, 14,39°C, corresponde al mes de marzo, en la U. H. tributarios embalse Tominé, estas temperaturas más altas corresponden con los meses de verano periodo diciembre marzo.

5.5 Evapotranspiración Potencial y Balance Hídrico

La Evapotranspiración Potencial (ETP) es un importante elemento del balance hídrico por cuanto determina las pérdidas de agua desde una superficie de suelo en condiciones definidas. La cuantificación de las pérdidas es indispensable para el cálculo de la capacidad de agua disponible en el suelo utilizada por las plantas para su crecimiento y producción. En contraste con la precipitación, permite establecer las necesidades de riego o drenaje en una región.

El término de evapotranspiración se utiliza para englobar tanto el proceso físico de pérdida de agua por evaporación como el proceso de evaporación del agua absorbida por las plantas (transpiración).

Las unidades usuales son las de mm/día o mm/mes (equivalentes a L/m²-día - o L/m²-mes) y las de m³/ha-día (se recuerda que para pasar de mm a m³/ha se tiene que multiplicar por 10).

Para el desarrollo de este numeral, se exploraron otros métodos sugeridos como la fórmula de PENMAN-MONTEITH, la cual requiere de parámetros como la radiación solar neta, temperatura del aire, velocidad del viento, tensión de vapor del agua, se pueden estimar los datos de radiación solar, presión de vapor y velocidad del viento, con algunas restricciones, en caso de no estar disponibles, pero muchos de los procedimientos sugeridos se basan en datos de la temperatura máxima y mínima del aire.

Desafortunadamente, no existe una manera confiable de estimar la temperatura del aire cuando esta falta, por lo tanto, los datos diarios de temperatura máxima y mínima del aire son los requerimientos mínimos de datos necesarios para aplicar el método FAO Penman-Monteith de estimación de ETo.

En el presente caso tan solo se cuenta con T media, no se cuenta con Termómetros de máxima y de mínima que me puedan ofrecer las temperaturas de T de máxima y T de mínima, se podría utilizar los valores mínimos mensuales y máximos mensuales que no corresponden a las mínimas registradas ni máximas registradas, esto sumado a la imposibilidad de utilizar información de vientos en la Región, deja al método con poca confiabilidad.

Lo anterior conduce a la utilización del método establecido por Thornthwaite, para el cálculo de la ETo y la ETP, ya que sólo requiere de información de precipitación y temperatura, con la que se cuenta en la totalidad de las cuencas, lo que permite la utilización de dicha fórmula, la cual se ajusta perfectamente y es válida para estos casos, quedando en igual condición de confiabilidad, de acuerdo a las dos variables existentes, adicionalmente, para la aplicación de la fórmula de TURC, se requiere de la información de horas sol reales, información que no existe para toda las unidades hidrográficas, mientras que para Thornthwaite de la latitud se obtiene el número teórico de horas sol.

El concepto de evapotranspiración potencial fue definido por Thornthwaite (1948), como el máximo de evapotranspiración que depende únicamente del clima. Según Thornthwaite no hay ninguna restricción de agua en el suelo y su magnitud depende exclusivamente del clima, para su evaluación no se definió la superficie evaporante.

Penman (1956) define la evapotranspiración potencial como la cantidad de agua transpirada por un cultivo corto de césped que cubre el suelo en su totalidad y sin ninguna falta de agua.

Papadakis (1980) define la evapotranspiración potencial como la cantidad de agua que se necesita para obtener una vegetación o un rendimiento cercano al óptimo.

Autores que utilizan en sus formulaciones el concepto de evapotranspiración potencial ETP son: Thornthwaite, Penman, Papadakis, Turc

Existen varias formulaciones para determinar la ETP y dependen de variables involucradas para su obtención, dentro de las más conocidas son las siguientes:

- Christiansen: radiación y temperatura
- García López: humedad relativa y temperatura
- Hargreaves: evaporación, temperatura, humedad relativa, velocidad media del viento y brillo solar.

- Penman: evaporación, temperatura, saturación de vapor, radiación solar, presión atmosférica, presión de vapor y velocidad media del viento
- Turc: evaporación, temperatura y radiación solar
- Thornthwaite: temperatura

Como se observa, aparecen formulaciones que requieren de información de variables con las que no se cuenta de manera confiable en cada una de las subcuencas y mucho menos, a nivel de unidad hidrográfica, a excepción de la temperatura, que pudo ser espacializada con la utilización de registros de estaciones localizadas al interior del área de estudio e incluso complementada con algunas estaciones localizadas fuera del área de estudio, por ello, la única fórmula que puede ser utilizada en el presente PORH es la de Thornthwaite, cuya fórmula es la siguiente:

$$ETP = 16 * \left(10 * \frac{t_m}{I}\right)^a$$

ETP: Evapotranspiración potencial mensual sin corregir sin ajustar en mm (mm/mes).

t_m: Temperatura media mensual en °C.

I: Índice de calor anual, que es igual a la sumatoria de los doce índices de calor mensuales

$$I = \sum_{i=1}^{i=12} i_n$$

i_n: Índice de calor mensual igual a:

$$i_n = \left(\frac{tm_n}{5}\right)^{1.514}$$

a: Parámetro que se calcula en función de (*I*) así:

$$a = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 10^{-2} * I + 0.049239$$

Para el cálculo de la ETP de un mes determinado, será preciso corregir ETP SIN AJUSTAR “ETP” mediante un coeficiente que tenga en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día, en función de la latitud. Para lo cual se introduce el índice de iluminación mensual en unidades de 12 horas, que deberá de multiplicar a la ETP sin ajustar, para obtener la ETP según Thornthwaite (mm/mes).

$$ETP_{THO} = ETP * L$$

ETP: Evapotranspiración potencial mensual sin ajustar en mm.

L : Factor de corrección del número de días del mes (N_d) y la duración astronómica del día (N_i) - horas de sol –

$$L = N_d / 30 * N_i / 12$$

N_d : Número de días del mes

N_i : Duración astronómica del día – horas de sol –

Mediante la formulación anterior, y conocida la temperatura media para cada unidad hidrográfica, obtenida mediante isotermas en el numeral 5.2, se procede al cálculo de la ETP.

Paso seguido, y con el fin de determinar la oferta hídrica, para las subcuencas río Teusacá y Embalse de Tominé, en donde existen Unidades Hidrográficas, que no cuentan con estaciones hidrométricas que permitan evaluar la oferta hídrica, lo que convierte el balance hídrico en herramienta fundamental para la generación de información de escorrentía.

Con el fin de generar información de escorrentía es necesario conocer la Evapotranspiración Real (ETR), para lo cual se presentan dos alternativas en la Resolución 0865 de 2004 y el Estudio Nacional de Agua, la primera de ellas corresponde al cálculo directo de la Evapotranspiración Real (ETR), utilizada en cuencas cuyas únicas variables monitoreadas son precipitación y temperatura. La ecuación es la siguiente:

$$ETR = P / (0.9 + P / L)^{1/2}$$

Donde:

$Esc.$ = Escorrentía media (mm)

P = precipitación media multianual (mm)

ETR = evapotranspiración Real media multianual (mm)

En el desarrollo del presente estudio se elaboró un análisis comparativo en los métodos de Thornthwaite y Turc, sin evidenciarse cambios significativos en los resultados a nivel mensual y anual, por lo que optó por realizar el balance hídrico utilizando Thornthwaite.

Otra alternativa, es la utilización del Balance Hídrico, el cual se desarrolla a partir de la ETP calculada en el numeral anterior, la cual debe ser afectada por el K_c , para obtener la ETR.

Una vez evaluadas las dos alternativas presentadas anteriormente para el cálculo de la ETR, se seleccionó la correspondiente al Balance Hídrico, por el hecho de integrar dentro de su procedimiento una variable adicional de suma importancia, como es, el Uso Consultivo del suelo K_c , que depende del plano de coberturas y uso, el cual fue tomado del POMCA del río Bogotá, subcuenca del Río Teusacá.

A partir de la información obtenida del mapa de coberturas homologada con coberturas de cada uno de los cultivos establecidos en el Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56, y en el

texto Riego y Drenaje por Aspersión y su tecnología, autores José M. Tarjuelo Martín – Benito, se determinó factores K_c y el área que ocupa dentro de cada Unidad hidrográfica.

Con los valores de factores por cultivo K_c definidos, se procedió a efectuar el cálculo de la evapotranspiración real ETR en (mm/mes) para cada una de las unidades hidrográficas definidas y para cada uno de los 12 meses del año.

Una vez obtenida la evapotranspiración real ETR (mm/mes), por unidad hidrológica, y los valores de la precipitación media mensual a partir de los mapas de isoyetas, generados en el numeral anterior, se procede al cálculo de la escorrentía superficial a nivel mensual.

Por último, descontando de la precipitación media mensual en mm la evapotranspiración real ETR en mm, se obtienen los excedentes mensuales de precipitación que a la postre se convierten en la escorrentía superficial.

A continuación, se presenta para cada subcuenca, y a su vez, para cada unidad hidrográfica, el resultado de los cálculos de la ETP ajustada, ETR, bajo la metodología de Balance Hídrico.

5.5.1 Río Teusacá

Para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) por el método de Thornthwaite, tal como se comentó, es necesario conocer la temperatura media para cada unidad hidrográfica, la cual fue determinada en el numeral anterior y que se presenta nuevamente en la Tabla 5.26.

Como se explicó anteriormente, el cálculo de estas temperaturas se hizo mediante la espacialización de la misma, mediante el trazado de isolíneas, en este caso de isotermas que unen puntos con iguales temperaturas, posteriormente se utilizó el método de los promedios ponderados y así se obtuvo la temperatura media mensual para cada una de las Unidades Hidrográficas definidas en la subcuenca del río Teusacá.

Tabla 5.26. Cálculo temperatura media mensual por unidad hidrográfica río Teusacá.

| UHA | Tm (°C) Temperatura Media Mensual | | | | | | | | | | | | Promedio/Año |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| Q. Aguas Claras | 12,57 | 12,43 | 12,56 | 12,46 | 12,45 | 11,36 | 11,45 | 11,74 | 11,60 | 11,59 | 11,59 | 12,58 | 12,03 |
| Q. El Asilo | 11,56 | 11,58 | 11,78 | 11,78 | 11,58 | 10,53 | 10,78 | 10,54 | 11,07 | 12,52 | 11,07 | 11,57 | 11,36 |
| Q. El Chuscal | 13,70 | 13,70 | 13,71 | 13,68 | 13,67 | 12,37 | 12,67 | 12,36 | 13,58 | 13,56 | 13,56 | 13,67 | 13,35 |
| Q. Laureles | 12,33 | 12,23 | 12,21 | 12,23 | 12,34 | 11,19 | 11,22 | 12,00 | 11,63 | 11,63 | 11,63 | 12,33 | 11,91 |
| Q. San Lorenzo | 10,91 | 10,83 | 10,93 | 11,11 | 10,99 | 10,04 | 10,11 | 10,03 | 10,09 | 10,27 | 10,27 | 13,23 | 10,73 |
| Río Alto Teusaca | 10,31 | 9,65 | 9,63 | 11,43 | 9,67 | 9,31 | 9,27 | 9,32 | 9,30 | 9,95 | 9,95 | 10,30 | 9,84 |
| Río Bajo Teusaca | 13,23 | 13,27 | 13,27 | 13,26 | 13,33 | 12,00 | 12,26 | 12,17 | 12,96 | 12,94 | 12,94 | 13,23 | 12,90 |
| Río Medio Teusaca | 13,05 | 13,05 | 13,05 | 13,05 | 13,06 | 11,86 | 12,05 | 12,16 | 12,70 | 12,70 | 12,70 | 13,06 | 12,71 |
| Río Teusaca hasta Q. Aguas Claras | 12,42 | 12,45 | 12,39 | 12,46 | 12,44 | 11,38 | 11,46 | 11,49 | 11,71 | 11,67 | 11,67 | 12,44 | 12,00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Continuando con el procedimiento, se procede a realizar el cálculo del índice de calor mensual con base en los datos de temperatura media mensual establecidos, a nivel de unidad hidrográfica, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.27.

Tabla 5.27. Cálculo del índice de calor mensual río Teusacá.

| UHA | Índice de Calor Mensual $i_n = \left(\frac{tm_n}{5} \right)^{1.514}$ | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Q. Aguas Claras | 4,04 | 3,97 | 4,03 | 3,98 | 3,98 | 3,47 | 3,51 | 3,64 | 3,58 | 3,57 | 3,57 | 4,04 |
| Q. El Asilo | 3,56 | 3,57 | 3,66 | 3,66 | 3,57 | 3,09 | 3,2 | 3,09 | 3,33 | 4,02 | 3,33 | 3,56 |
| Q. El Chuscal | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,59 | 4,59 | 3,94 | 4,09 | 3,94 | 4,54 | 4,53 | 4,53 | 4,58 |
| Q. Laureles | 3,92 | 3,87 | 3,87 | 3,87 | 3,93 | 3,38 | 3,4 | 3,76 | 3,59 | 3,59 | 3,59 | 3,92 |
| Q. San Lorenzo | 3,26 | 3,22 | 3,27 | 3,35 | 3,3 | 2,87 | 2,9 | 2,87 | 2,89 | 2,97 | 2,98 | 4,36 |
| Rio Alto Teusaca | 2,99 | 2,71 | 2,7 | 3,5 | 2,71 | 2,56 | 2,55 | 2,57 | 2,56 | 2,84 | 2,84 | 2,99 |
| Rio Bajo Teusaca | 4,37 | 4,38 | 4,38 | 4,38 | 4,41 | 3,76 | 3,89 | 3,84 | 4,23 | 4,22 | 4,22 | 4,36 |
| Rio Medio Teusaca | 4,28 | 4,27 | 4,27 | 4,28 | 4,28 | 3,7 | 3,79 | 3,84 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,28 |
| Rio Teusaca hasta Q Aguas Claras | 3,97 | 3,98 | 3,95 | 3,99 | 3,98 | 3,47 | 3,51 | 3,53 | 3,62 | 3,61 | 3,61 | 3,97 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Conocidos los datos del índice de calor mensual, se procede a calcular el índice de calor anual, que no es otra cosa que la sumatoria de los índices mensuales, para posteriormente desarrollar el cálculo del parámetro **a**, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.28.

Tabla 5.28. Cálculo del índice de calor anual y factor a.

| UHA | Índice de Calor Anual $I = \sum_{i=1}^{i=12} i_n$ | a |
|----------------------------------|---|------|
| Q. Aguas Claras | 45,37 | 1,21 |
| Q. El Asilo | 41,63 | 1,15 |
| Q. El Chuscal | 53,12 | 1,33 |
| Q. Laureles | 44,70 | 1,2 |
| Q. San Lorenzo | 38,24 | 1,1 |
| Rio Alto Teusaca | 33,50 | 1,03 |
| Rio Bajo Teusaca | 50,44 | 1,29 |
| Rio Medio Teusaca | 49,27 | 1,27 |
| Rio Teusaca hasta Q Aguas Claras | 45,18 | 1,21 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con los factores anteriormente calculados y aplicando la fórmula establecida por Thornthwaite, se procedió al cálculo de la evaporación potencial por unidad hidrográfica, tal como se muestra en la Tabla 5.29.

Tabla 5.29. Cálculo evapotranspiración potencial por U. H. río Teusacá.

| UHA | Evapotranspiración Potencial (mm/mes) $ETP = 16 * (10 * t_m / I)^a$ | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Q. Aguas Claras | 63,22 | 63,7 | 63,2 | 63,6 | 63,6 | 67,3 | 67 | 65,9 | 66,4 | 66,5 | 66,5 | 63,2 |
| Q. El Asilo | 62,32 | 62,3 | 61,6 | 61,6 | 62,3 | 65,8 | 64,9 | 65,8 | 63,9 | 59,4 | 63,9 | 62,3 |
| Q. El Chuscal | 68,16 | 68,2 | 68,1 | 68,2 | 68,2 | 73,1 | 71,9 | 73,1 | 68,6 | 68,6 | 68,6 | 68,3 |
| Q. Laureles | 63,23 | 63,6 | 63,6 | 63,6 | 63,2 | 67,1 | 67 | 64,3 | 65,5 | 65,5 | 65,5 | 63,2 |
| Q. San Lorenzo | 60,64 | 60,9 | 60,6 | 60 | 60,4 | 63,6 | 63,3 | 63,6 | 63,4 | 62,8 | 62,7 | 54,4 |
| Rio Alto Teusaca | 57,35 | 59,4 | 59,5 | 54,3 | 59,3 | 60,5 | 60,7 | 60,5 | 60,6 | 58,4 | 58,4 | 57,4 |
| Rio Bajo Teusaca | 66,67 | 66,5 | 66,6 | 66,6 | 66,4 | 71,1 | 70,1 | 70,5 | 67,6 | 67,7 | 67,7 | 66,7 |
| Rio Medio Teusaca | 65,95 | 66 | 66 | 66 | 65,9 | 70,2 | 69,5 | 69,1 | 67,2 | 67,1 | 67,1 | 65,9 |
| Rio Teusaca hasta Q Aguas Claras | 68,12 | 68 | 68,2 | 68 | 68 | 72,1 | 71,8 | 71,7 | 70,8 | 71 | 71 | 68,1 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Los valores obtenidos en la Tabla 5.29, corresponden a ETP sin ajuste, y el procedimiento establecido por Thornthwaite, menciona que dichos valores deben ser afectados por un coeficiente que tiene en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día, en función de la latitud. Para lo cual se introduce el índice de iluminación mensual en unidades de 12 horas, que deberá de multiplicar a la ETP sin ajustar para obtener la ETP según Thornthwaite (mm/mes).

Para la determinación de los índices de iluminación mensuales, se trabajó con la tabla de la FAO, que establece los promedios de horas de luz del día (N) para cada uno de los hemisferios y para diferentes latitudes. Ver Anexo 5-6.

En la Tabla 5.30, se relacionan los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Iluminación Mensual, para cada una de las Unidades Hidrográficas del río Teusacá.

Tabla 5.30. Cálculo índice de iluminación por U. H. río Teusacá.

| UHA | Índice de Iluminación Mensual $L = N_d/30 * N_i/12$ | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| # DÍAS MES | 31,00 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| HORAS LUZ DIA | 11,80 | 11,9 | 12 | 12,1 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,1 | 12 | 11,9 | 11,8 | 11,8 | 11,8 |
| Q. Aguas Claras | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Q. El Asilo | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Q. El Chuscal | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Q. Laureles | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Q. San Lorenzo | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Río Alto Teusaca | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Río Bajo Teusaca | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Río Medio Teusaca | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |
| Río Teusaca hasta Q Aguas Claras | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1 | 1,02 | 0,98 | 1,02 | 1,02 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 5.31, se presenta el resultado de la ETP ajustada (mm/mes), obtenida a nivel mensual, para cada una de las Unidades Hidrográficas del río Teusacá. Se observa que los mayores valores de evapotranspiración, se presentan en el mes de julio, para todas las unidades, con excepción de la Unidad Hidrográfica quebrada el Chuscal, cuyo mayor valor se presenta en el mes de agosto y que corresponde a 76,2 mm/mes, siendo este además el mayor valor de evapotranspiración que se presenta en la subcuenca del río Teusacá; de otra parte, los valores más bajos de ETP, se dan en el mes de febrero, con excepción de la U. H. quebrada San Lorenzo en el mes de diciembre y U. H. río Alto Teusacá en el mes de abril, siendo este último el valor más bajo de ETP, que se presenta en toda la subcuenca y que corresponde a 54,7 mm/mes.

Tabla 5.31. Cálculo ETP según Thornthwaite por U. H. río Teusacá.

| UHA | Evapotranspiración Potencial mensual Ajustada (mm/mes) | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| | | $ETP_{THO} = ETP * L$ | | | | | | | | | | | |
| Q. Aguas Claras | 64,2 | 58,9 | 65,3 | 64,1 | 66,8 | 68,4 | 70,4 | 68,7 | 66,4 | 68,1 | 65,4 | 64,2 | 64,2 |
| Q. El Asilo | 63,3 | 57,6 | 63,7 | 62,1 | 65,4 | 66,9 | 68,2 | 68,6 | 63,9 | 60,9 | 62,9 | 63,3 | 63,3 |
| Q. El Chuscal | 69,3 | 63,1 | 70,4 | 68,8 | 71,7 | 74,3 | 75,5 | 76,2 | 68,6 | 70,3 | 67,5 | 69,4 | 69,4 |
| Q. Laureles | 64,3 | 58,8 | 65,7 | 64,1 | 66,4 | 68,3 | 70,4 | 67,0 | 65,5 | 67,2 | 64,5 | 64,3 | 64,3 |
| Q. San Lorenzo | 61,6 | 56,4 | 62,6 | 60,5 | 63,4 | 64,6 | 66,5 | 66,3 | 63,4 | 64,3 | 61,7 | 55,3 | 55,3 |
| Río Alto Teusaca | 58,3 | 55,0 | 61,4 | 54,7 | 62,3 | 61,5 | 63,7 | 63,0 | 60,6 | 59,9 | 57,5 | 58,3 | 58,3 |
| Río Bajo Teusaca | 67,7 | 61,6 | 68,8 | 67,1 | 69,7 | 72,3 | 73,7 | 73,4 | 67,6 | 69,3 | 66,5 | 67,8 | 67,8 |
| Río Medio Teusaca | 67,0 | 61,1 | 68,2 | 66,5 | 69,3 | 71,4 | 73,0 | 72,0 | 67,2 | 68,8 | 66,0 | 67,0 | 67,0 |
| Río Teusaca hasta Q Aguas Claras | 64,5 | 63,0 | 65,7 | 63,9 | 66,6 | 68,1 | 70,1 | 69,4 | 65,8 | 67,6 | 64,9 | 64,4 | 64,4 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tal como se mencionó en el numeral anterior, se utilizó la metodología de Balance Hídrico, la cual se desarrolla a partir de la ETP calculada, la cual debe ser afectada por el K_c , para obtener la ETR.

A partir de la información obtenida del mapa de coberturas homologada con coberturas de cada uno de los cultivos establecidos en el Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56, y en el texto Riego y Drenaje por Aspersión y su tecnología, autores José M. Tarjuelo Martín – Benito, se determinó factores K_c y el área que ocupa dentro de cada Unidad hidrográfica.

Con los valores de factores por cultivo K_c definidos, se procedió a efectuar el cálculo de la evapotranspiración real ETR en (mm/mes) para cada una de las Unidades Hidrográficas definidas y para cada uno de los 12 meses del año.

La Figura 5.213, muestra el mapa de coberturas de la subcuenca del río Teusacá y el valor correspondiente de K_c para cada una de ellas, en la Tabla 5.32, se presenta la asignación de los K_c para cada Unidad Hidrográfica del río Teusacá, homologada entre coberturas POMCA Río Bogotá, subcuenca río Teusacá y Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56, mediante la cual se obtiene la ETR tal como aparece en la Tabla 5.33.

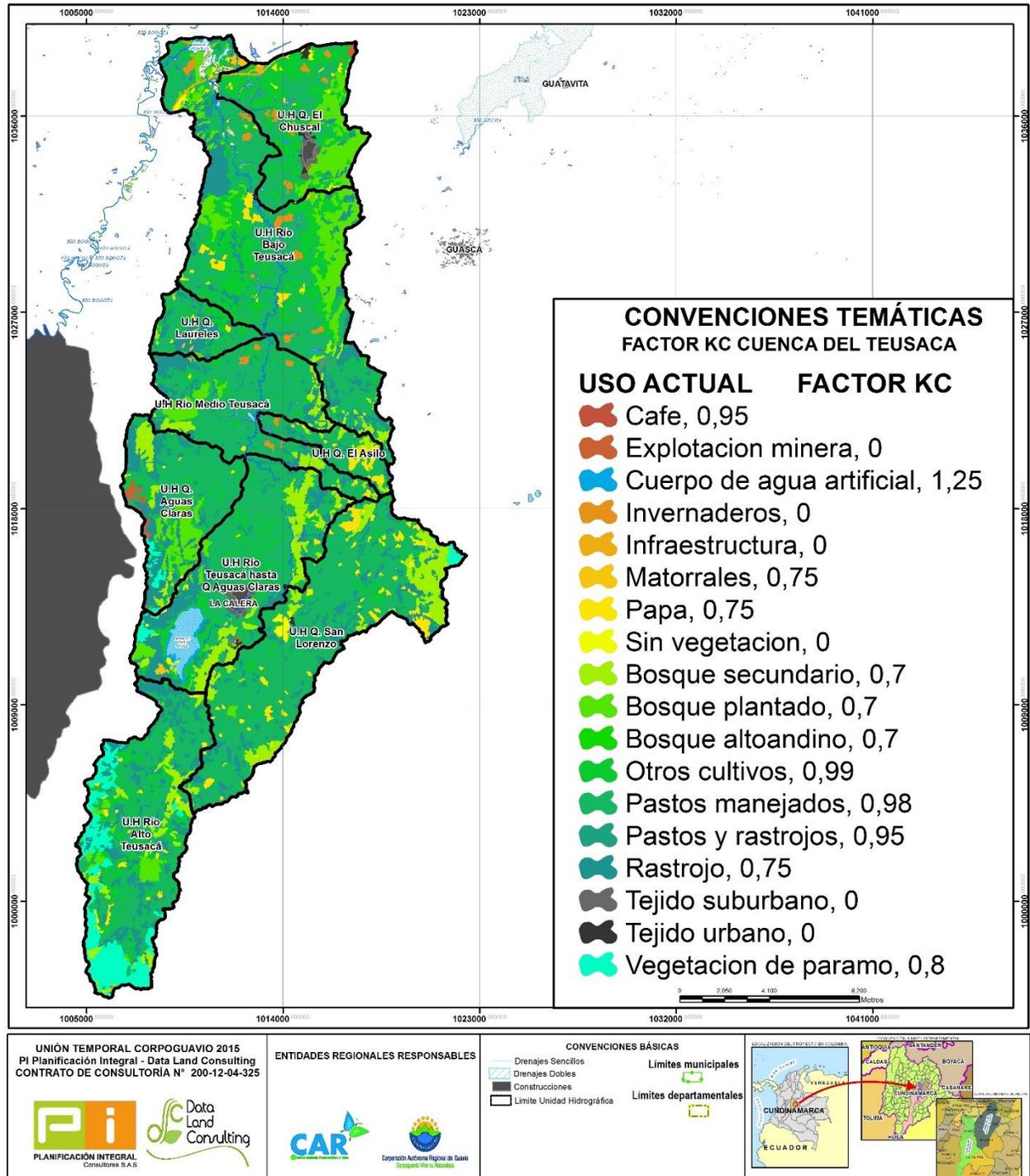


Figura 5.213. Mapa de coberturas y obtención Kc Subcuenca río Teusacá.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 5.32. Factor Kc para cada Unidad Hidrográfica río Teusacá.

| U. H. | COBERTURA | Área (Has) | Área (Km ²) | Kc | A * Kc | Kc Ponderado |
|--|----------------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Unidad Hidrográfica Río Alto Teusacá 21201306 | Rastrojo | 882,98 | 8,83 | 0,75 | 6,6223 | 0,874 |
| | Pastos manejados | 2179,94 | 21,80 | 0,98 | 21,363 | |
| | Vegetacion de paramo | 1050,09 | 10,50 | 0,80 | 8,4007 | |
| | Otros cultivos | 614,40 | 6,14 | 0,99 | 6,0826 | |
| | Papa | 83,74 | 0,84 | 0,75 | 0,628 | |
| | Bosque plantado | 181,84 | 1,82 | 0,70 | 1,2729 | |
| | Bosque secundario | 392,67 | 3,93 | 0,70 | 2,7487 | |
| | Tejido urbano | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0 | |
| | Sin vegetacion | 8,19 | 0,08 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque altoandino | 0,94 | 0,01 | 0,70 | 0,0066 | |
| | TOTAL | 5394,87 | 53,95 | | 47,125 | |
| Unidad Hidrográfica Quebrada San Lorenzo 21201307 | Vegetacion de paramo | 65,85 | 0,66 | 0,80 | 0,5268 | 0,893 |
| | Bosque secundario | 807,18 | 8,07 | 0,70 | 5,6502 | |
| | Otros cultivos | 263,25 | 2,63 | 0,99 | 2,6062 | |
| | Rastrojo | 738,66 | 7,39 | 0,75 | 5,5399 | |
| | Papa | 363,76 | 3,64 | 0,75 | 2,7282 | |
| | Pastos manejados | 4172,43 | 41,72 | 0,98 | 40,89 | |
| | Sin vegetacion | 64,20 | 0,64 | 0,00 | 0 | |
| | Tejido urbano | 6,96 | 0,07 | 0,00 | 0 | |
| | Explotacion minera | 4,00 | 0,04 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque plantado | 18,41 | 0,18 | 0,70 | 0,1288 | |
| | TOTAL | 6504,70 | 65,05 | | 58,07 | |
| Unidad Hidrográfica Río Teusacá Hasta Quebrada Aguas Claras 21201305 | Otros cultivos | 401,28 | 4,01 | 0,99 | 3,9726 | 0,880 |
| | Pastos manejados | 2155,42 | 21,55 | 0,98 | 21,123 | |
| | Rastrojo | 348,40 | 3,48 | 0,75 | 2,613 | |
| | Bosque secundario | 502,60 | 5,03 | 0,70 | 3,5182 | |
| | Papa | 27,15 | 0,27 | 0,75 | 0,2036 | |
| | Bosque plantado | 57,04 | 0,57 | 0,70 | 0,3992 | |
| | Tejido suburbano | 53,61 | 0,54 | 0,00 | 0 | |
| | Tejido urbano | 60,83 | 0,61 | 0,00 | 0 | |
| | Explotacion minera | 11,23 | 0,11 | 0,00 | 0 | |
| TOTAL | 3617,55 | 36,18 | | 31,83 | | |
| Unidad Hidrográfica Quebrada Aguas Claras 21201304 | Rastrojo | 631,81 | 6,32 | 0,75 | 4,7386 | 0,834 |
| | Pastos manejados | 1270,63 | 12,71 | 0,98 | 12,452 | |
| | Bosque secundario | 220,73 | 2,21 | 0,70 | 1,5451 | |
| | Otros cultivos | 150,45 | 1,50 | 0,99 | 1,4895 | |
| | Explotacion minera | 80,50 | 0,81 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque plantado | 394,12 | 3,94 | 0,70 | 2,7589 | |
| | Matorrales | 1,65 | 0,02 | 0,75 | 0,0124 | |
| | Vegetacion de paramo | 89,97 | 0,90 | 0,80 | 0,7197 | |
| | Papa | 40,32 | 0,40 | 0,75 | 0,3024 | |
| | Cafe | 2,06 | 0,02 | 0,95 | 0,0196 | |
| | TOTAL | 2882,25 | 28,82 | | 24,038 | |

| U. H. | COBERTURA | Área (Has) | Área (Km ²) | Kc | A * Kc | Kc Ponderado |
|--|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Unidad Hidrográfica Quebrada El Asilo 21201308 | Rastrojo | 67,07 | 0,67 | 0,75 | 0,503 | 0,888 |
| | Bosque secundario | 81,27 | 0,81 | 0,70 | 0,5689 | |
| | Invernaderos | 10,04 | 0,10 | 0,00 | 0 | |
| | Papa | 129,95 | 1,30 | 0,75 | 0,9746 | |
| | Otros cultivos | 16,87 | 0,17 | 0,99 | 0,167 | |
| | Pastos manejados | 542,18 | 5,42 | 0,98 | 5,3134 | |
| | Bosque plantado | 2,18 | 0,02 | 0,70 | 0,0152 | |
| | Vegetacion de paramo | 1,88 | 0,02 | 0,80 | 0,015 | |
| | TOTAL | 851,43 | 8,51 | | 7,5572 | |
| Unidad Hidrográfica Río Medio Teusacá 21201303 | Otros cultivos | 139,16 | 1,39 | 0,99 | 1,3777 | 0,903 |
| | Invernaderos | 30,10 | 0,30 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque plantado | 204,14 | 2,04 | 0,70 | 1,429 | |
| | Bosque secundario | 295,64 | 2,96 | 0,70 | 2,0695 | |
| | Matorrales | 3,46 | 0,03 | 0,75 | 0,0259 | |
| | Pastos manejados | 2400,55 | 24,01 | 0,98 | 23,525 | |
| | Papa | 20,75 | 0,21 | 0,75 | 0,1556 | |
| | Rastrojo | 437,53 | 4,38 | 0,75 | 3,2815 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 9,60 | 0,10 | 1,25 | 0,12 | |
| | Pastos y rastrojos | 2,05 | 0,02 | 0,95 | 0,0195 | |
| TOTAL | 3542,97 | 35,43 | | 32,004 | | |
| Unidad Hidrográfica Quebrada Laureles 21201302 | Pastos manejados | 437,40 | 4,37 | 0,98 | 4,2865 | 0,903 |
| | Papa | 16,15 | 0,16 | 0,75 | 0,1212 | |
| | Otros cultivos | 229,10 | 2,29 | 0,99 | 2,2681 | |
| | Bosque plantado | 12,76 | 0,13 | 0,70 | 0,0893 | |
| | Matorrales | 12,49 | 0,12 | 0,75 | 0,0937 | |
| | Bosque secundario | 12,34 | 0,12 | 0,70 | 0,0864 | |
| | Invernaderos | 1,30 | 0,01 | 0,00 | 0 | |
| | Rastrojo | 277,53 | 2,78 | 0,75 | 2,0815 | |
| TOTAL | 999,09 | 9,99 | | 9,0267 | | |
| Unidad Hidrográfica Quebrada el Chuscal 21201309 | Explotacion minera | 26,87 | 0,27 | 0,00 | 0 | 0,829 |
| | Tejido urbano | 81,13 | 0,81 | 0,00 | 0 | |
| | Infraestructura | 43,94 | 0,44 | 0,00 | 0 | |
| | Sin vegetacion | 49,48 | 0,49 | 0,00 | 0 | |
| | Matorrales | 0,41 | 0,00 | 0,75 | 0,0031 | |
| | Invernaderos | 78,54 | 0,79 | 0,00 | 0 | |
| | Otros cultivos | 1085,29 | 10,85 | 0,99 | 10,744 | |
| | Papa | 22,44 | 0,22 | 0,75 | 0,1683 | |
| | Pastos manejados | 1005,30 | 10,05 | 0,98 | 9,8519 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 6,13 | 0,06 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque plantado | 602,57 | 6,03 | 0,70 | 4,218 | |
| | Rastrojo | 55,55 | 0,56 | 0,75 | 0,4166 | |
| | Tejido suburbano | 71,47 | 0,71 | 0,75 | 0,536 | |
| TOTAL | 3129,13 | 31,29 | | 25,938 | | |

| U. H. | COBERTURA | Área (Has) | Área (Km ²) | Kc | A * Kc | Kc Ponderado |
|---|---------------------------|------------|-------------------------|--------------|--------|--------------|
| Unidad Hidrográfica Río Bajo Teusacá 21201301 | Invernaderos | 135,87 | 1,36 | 0,00 | 0 | 0,876 |
| | Bosque plantado | 1007,19 | 10,07 | 0,70 | 7,0503 | |
| | Matorrales | 35,56 | 0,36 | 0,75 | 0,2667 | |
| | Sin vegetacion | 67,34 | 0,67 | 0,00 | 0 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 13,66 | 0,14 | 0,00 | 0 | |
| | Papa | 172,52 | 1,73 | 0,75 | 1,2939 | |
| | Pastos manejados | 3530,48 | 35,30 | 0,98 | 34,599 | |
| | Bosque secundario | 159,59 | 1,60 | 0,70 | 1,1171 | |
| | Rastrojo | 904,86 | 9,05 | 0,75 | 6,7864 | |
| | Infraestructura | 25,89 | 0,26 | 0,00 | 0 | |
| | Otros cultivos | 1689,90 | 16,90 | 0,99 | 16,73 | |
| | TOTAL | | 7742,85 | 77,43 | | |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Tabla 5.33. Cálculo Evapotranspiración Real ETR río Teusacá.

| U. H. | ETR (mm/mes) | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| U. H. R. Alto Teusacá 21201306 | 50,91 | 48,01 | 53,68 | 47,82 | 54,44 | 53,76 | 55,67 | 55,07 | 52,89 | 52,30 | 50,19 | 50,92 |
| U. H. Q. San Lorenzo 21201307 | 55,01 | 50,32 | 55,88 | 54,04 | 56,64 | 57,70 | 59,39 | 59,19 | 56,61 | 57,42 | 55,08 | 49,33 |
| U. H. R. Teusacá Hasta Q. Aguas Claras 21201305 | 56,74 | 55,40 | 57,80 | 56,19 | 58,60 | 59,95 | 61,67 | 61,06 | 57,94 | 59,49 | 57,09 | 56,69 |
| U. H. Q. Aguas Claras 21201304 | 53,57 | 49,14 | 54,50 | 53,46 | 55,71 | 57,066 | 58,68 | 57,30 | 55,42 | 56,82 | 54,53 | 53,55 |
| U. H. Quebrada El Asilo 21201308 | 56,21 | 51,14 | 56,51 | 55,15 | 58,05 | 59,412 | 60,55 | 60,89 | 56,74 | 54,04 | 55,80 | 56,16 |
| U. H. R. Medio Teusacá 21201303 | 60,54 | 55,16 | 61,58 | 60,07 | 62,58 | 64,469 | 65,93 | 65,03 | 60,67 | 62,16 | 59,65 | 60,53 |
| Q. Laureles 21201302 | 58,05 | 53,14 | 59,38 | 57,90 | 59,98 | 61,670 | 63,60 | 60,53 | 59,22 | 60,68 | 58,23 | 58,05 |
| U. H. Q. el Chuscal 21201309 | 57,41 | 52,29 | 58,36 | 57,03 | 59,43 | 61,580 | 62,61 | 63,13 | 56,85 | 58,30 | 55,95 | 57,50 |
| U. H. R. Bajo Teusacá 21201301 | 59,36 | 53,97 | 60,27 | 58,83 | 61,09 | 63,360 | 64,56 | 64,35 | 59,24 | 60,76 | 58,31 | 59,38 |
| TOTALES | 507,79 | 468,58 | 517,95 | 500,50 | 526,51 | 538,98 | 552,66 | 546,55 | 515,58 | 521,98 | 504,81 | 502,12 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Con la información de las precipitaciones medias mensuales obtenidas para cada una de las unidades hidrográficas y la ETR, evapotranspiración real, calculada utilizando el método de Thornthwaite, a continuación, se procede a hacer el balance hídrico directo, en cada una de las unidades, tomando como reserva máxima del suelo 75 mm de agua.

En la Tabla 5.34 y en la Figura 5.214, se muestran los resultados del balance hídrico de la unidad hidrográfica río alto Teusacá, se observa que en ninguno de los meses se presenta déficit, todos los meses presentan excedentes, la precipitación en el año alcanza los

1221.93 mm, y los excedentes 521.25 mm, comparando estos valores con los valores de escorrentía obtenidos, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se tiene que, únicamente se presentan diferencias en el mes de julio, mes en el que se hace la reserva de 75 mm en el balance déficit-excedentes.

Tabla 5.34. Balance déficit-excedentes U. H. Río alto Teusacá.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 51.62 | 66.62 | 93.74 | 113.68 | 127.65 | 125.59 | 139.79 | 108.60 | 67.36 | 113.76 | 123.70 | 89.82 | 1221.93 |
| ETR (mm) | 50.91 | 48.01 | 53.68 | 47.82 | 54.44 | 53.76 | 55.67 | 55.07 | 52.89 | 52.30 | 50.19 | 50.92 | 625.68 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | |
| Excedentes (mm) | 0.71 | 18.60 | 40.06 | 65.86 | 73.21 | 71.83 | 9.12 | 53.53 | 14.47 | 61.46 | 73.51 | 38.89 | 521.25 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

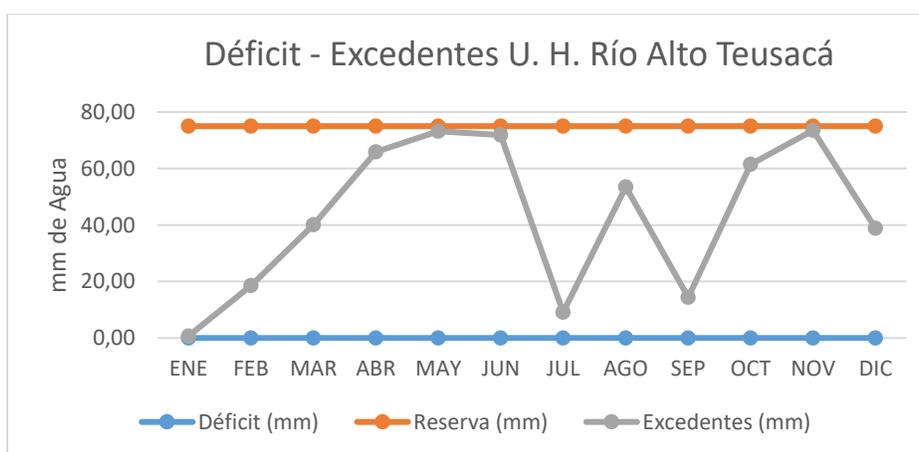


Figura 5.214 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la unidad hidrográfica quebrada San Lorenzo, no se presenta déficit en ninguno de los meses del año, no se presentan excedentes en los meses enero, febrero, marzo y mayo, en este último mes y en el mes de junio se hace la reserva de agua en el suelo de los 75 mm, la precipitación anual es del orden de los 930.94 mm, y los excedentes suman 189.34 mm.

Al comparar estos resultados, tejemos que existen diferencias en los meses de febrero, marzo, mayo, junio y octubre, en gran parte, debido a la reserva como en los meses de mayo y junio y a las compensaciones para mantener la misma en los 75 mm de agua en el suelo. Tabla 5.35 y Figura 5.215

Tabla 5.35. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada San Lorenzo.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 38.19 | 51.16 | 71.15 | 93.59 | 105.48 | 90.06 | 87.28 | 74.01 | 54.90 | 92.57 | 98.23 | 74.33 | 930.94 |
| ETR (mm) | 55.01 | 50.32 | 55.88 | 54.04 | 56.64 | 57.70 | 59.39 | 59.19 | 56.61 | 57.42 | 55.08 | 49.33 | 666.60 |

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 58.18 | 59.02 | 74.30 | 75.00 | 48.84 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 73.29 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 38.85 | 0.00 | 6.19 | 27.89 | 14.82 | 0.00 | 33.44 | 43.14 | 25.00 | 189.34 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

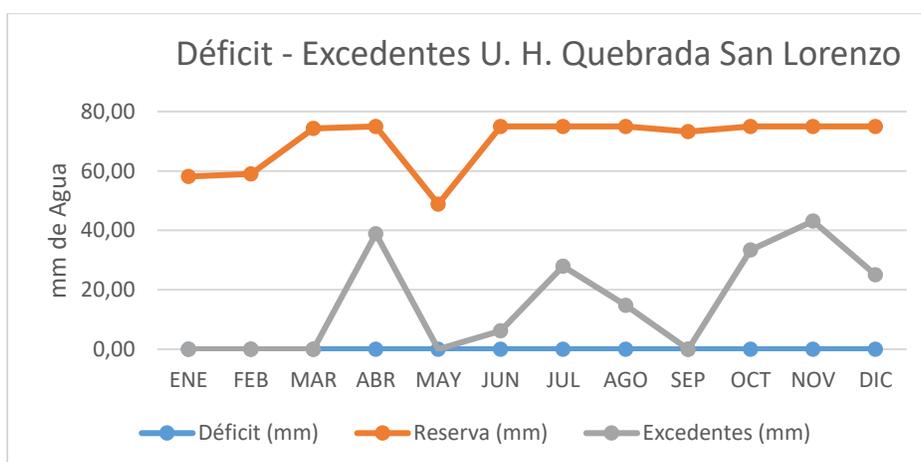


Figura 5.215 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada San Lorenzo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Los resultados del balance déficit-excedentes de la unidad hidrográfica río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras, se muestra en la Tabla 5.36 y en Figura 5.216, en esta unidad, las precipitaciones anuales, alcanzan los 983.35 mm y los excedentes 209.75 mm, no se presenta déficit en ningún mes del año, en tanto que no hay excedentes en los meses de enero, febrero, marzo y mayo, teniendo en cuenta que en el mes de mayo, se hace la reserva del agua en el suelo.

Tabla 5.36. Balance déficit-excedentes U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 33.17 | 51.19 | 71.12 | 99.05 | 115.58 | 100.69 | 93.85 | 83.71 | 64.03 | 107.17 | 101.20 | 62.58 | 983.35 |
| ETR (mm) | 56.74 | 55.40 | 57.80 | 56.19 | 58.60 | 59.95 | 61.67 | 61.06 | 57.94 | 59.49 | 57.09 | 56.69 | 698.60 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 51.43 | 47.22 | 60.55 | 75.00 | 56.98 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 81.09 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 822.28 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 28.40 | 0.00 | 22.72 | 32.19 | 22.65 | 6.09 | 47.68 | 44.11 | 5.89 | 209.75 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Comparando los resultados de la Tabla 5.36, se tiene que existen diferencias, en algunos meses, y que estas diferencias corresponden con los meses en que se hace la reserva de agua en el suelo o en los meses en que se compensa dicha reserva.

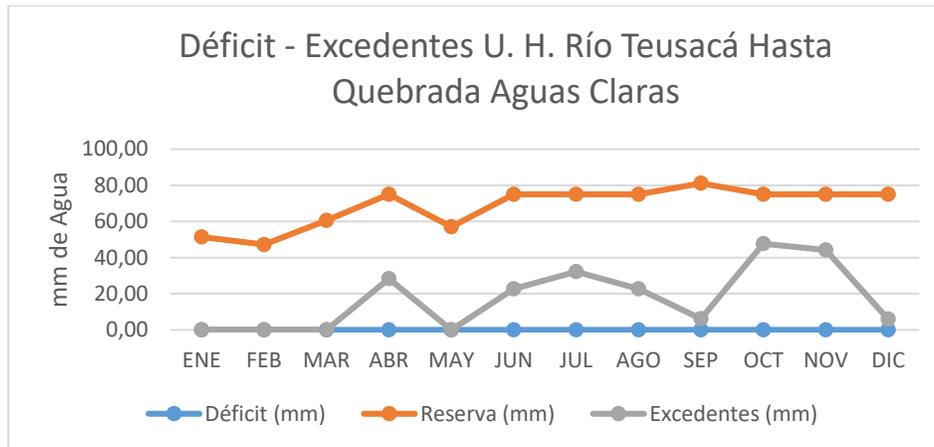


Figura 5.216 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Tabla 5.37. Balance déficit-excedentes U. H. Río Quebrada Aguas Claras.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 41.26 | 55.97 | 75.97 | 100.90 | 108.77 | 87.81 | 82.32 | 72.96 | 52.99 | 104.78 | 106.19 | 83.81 | 973.73 |
| ETR (mm) | 53.57 | 49.14 | 54.50 | 53.46 | 55.71 | 57.07 | 58.68 | 57.30 | 55.42 | 56.82 | 54.53 | 53.55 | 659.75 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 62.69 | 69.52 | 75.00 | 75.00 | 53.06 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 72.57 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 857.84 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 15.98 | 47.44 | 0.00 | 8.80 | 23.65 | 15.66 | 0.00 | 45.53 | 51.66 | 30.26 | 238.98 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

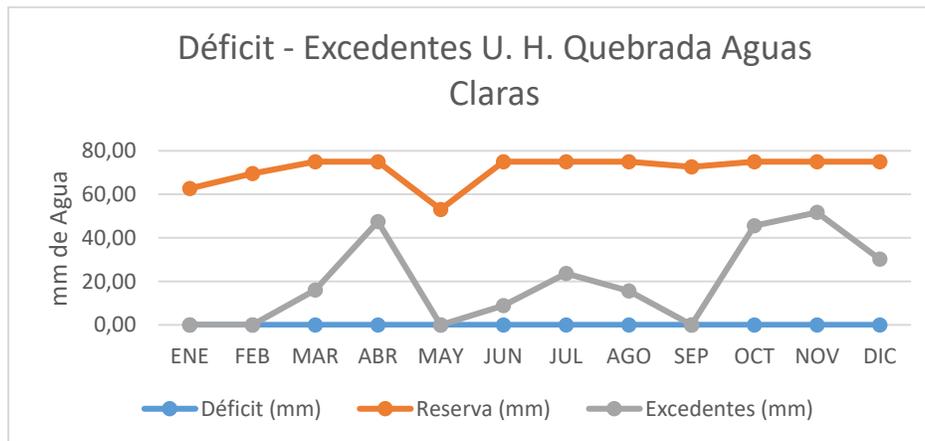


Figura 5.217 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

En la unidad hidrográfica quebrada Aguas Claras, se tiene que la precipitación anual es de 973.73 mm, los excedentes 238.98 mm, no se presenta déficit en ningún mes del año, tampoco se presentan excedentes en los meses de enero, febrero, mayo y septiembre,

observando que, en los meses de mayo y junio, se hace la reserva de los 75MM de agua para el suelo. Los resultados se muestran en la Tabla 5.37 y en Figura 5.217.

Comparando estos resultados, con los resultados del balance hídrico **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se tienen algunas diferencias, que corresponden a los meses en que se hace la reserva de los 75 mm y a los meses en que se hacen compensaciones, para mantener la reserva de agua en el suelo.

En la unidad hidrográfica quebrada el Asilo, la precipitación anual, es de 965.28 mm y los excedentes de 209.63 mm, no se presenta déficit en ningún mes del año y tampoco hay excedentes de enero a marzo ni en el mes de diciembre. Tabla 5.38 y Figura 5.218.

Haciendo el comparativo de los resultados del balance déficit-excedentes, con el balance hídrico de la Tabla 5.38, se tiene que, se presentan diferencias, en los meses en que se hace la reserva de agua en el suelo y en los meses en que se hacen compensaciones, para mantener dicha reserva.

Tabla 5.38. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada el Asilo.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 28.00 | 47.99 | 68.01 | 98.92 | 115.78 | 99.66 | 103.43 | 87.42 | 67.76 | 104.85 | 95.61 | 47.85 | 965.28 |
| ETR (mm) | 56.21 | 51.14 | 56.51 | 55.15 | 58.05 | 59.41 | 60.55 | 60.89 | 56.74 | 54.04 | 55.80 | 56.16 | 680.65 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 38.48 | 35.33 | 46.82 | 75.00 | 53.06 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 66.69 | 765.38 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.60 | 4.67 | 18.31 | 42.87 | 26.53 | 11.01 | 50.81 | 39.82 | 0.00 | 209.63 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

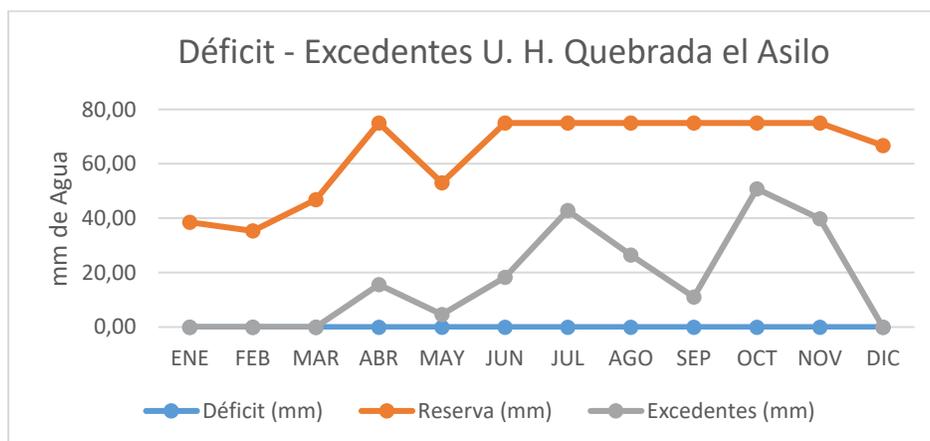


Figura 5.218 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada el Asilo.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

La Tabla 5.39 y la Figura 5.219, muestran los resultados del balance déficit-excedentes de la unidad hidrográfica río medio Teusacá, se tiene que no hay déficit en ningún mes del año, las precipitaciones son del orden de los 919.15 s de 122.98 mm, únicamente, se presentan excedentes en el período junio – noviembre.

El comparativo de este balance con el balance hídrico de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestra que existen diferencias entre los dos balances, pero que estas diferencias, corresponden a los meses en que se hace la reserva de agua para el suelo, y los meses en que se hacen compensaciones para mantener dicha reserva.

Tabla 5.39. Balance déficit-excedentes U. H. Río medio Teusacá.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 29.61 | 43.78 | 63.80 | 94.18 | 113.08 | 91.31 | 106.54 | 83.67 | 63.72 | 92.27 | 87.87 | 49.30 | 919.15 |
| ETR (mm) | 60.54 | 55.16 | 61.58 | 60.07 | 62.58 | 64.47 | 65.93 | 65.03 | 60.67 | 62.16 | 59.65 | 60.53 | 738.36 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 32.85 | 21.47 | 23.69 | 57.81 | 50.50 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 63.77 | 700.09 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.34 | 40.61 | 18.64 | 3.05 | 30.11 | 28.22 | 0.00 | 122.98 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

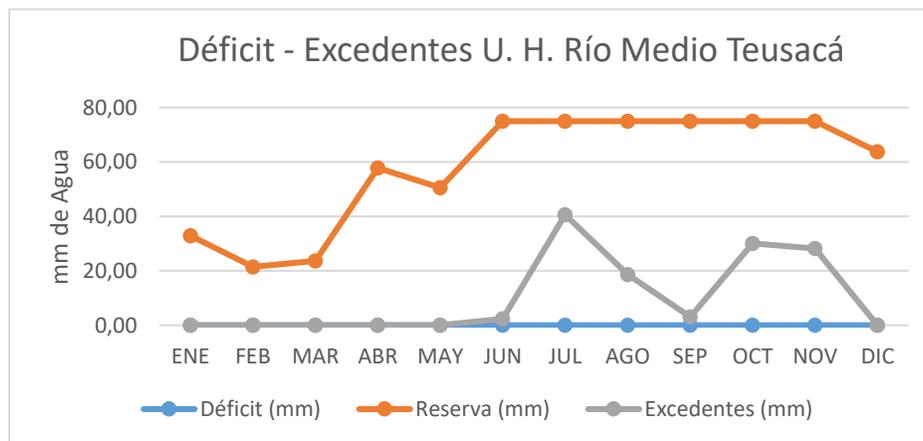


Figura 5.219 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río medio Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El balance déficit- excesos de la unidad hidrográfica quebrada Laureles, muestra que, las precipitaciones anuales son de 778.7 mm, los excedentes suman 66.24 mm, se presentan déficit en los meses de enero y febrero, el déficit anual suma 34.95 mm, ver resultados en la Tabla 5.40 y en la Figura 5.220.

Como es el caso de las unidades hidrográficas, presentadas anteriormente, en esta unidad, también se presentan diferencias con los resultados del cálculo del balance hídrico, mostrado, las diferencias básicamente se presentan al momento de mantener la reserva de agua del suelo en los 75 mm.

Tabla 5.40. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada Laureles.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 28.55 | 41.94 | 62.11 | 92.15 | 104.67 | 87.01 | 109.26 | 82.74 | 62.55 | 14.73 | 43.44 | 49.55 | 778.70 |
| ETR (mm) | 58.05 | 53.14 | 59.38 | 57.90 | 59.98 | 61.67 | 63.60 | 60.53 | 59.22 | 60.68 | 58.23 | 58.05 | 710.44 |

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-----------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---------|
| Déficit (mm) | 23.75 | 11.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 34.95 |
| Reserva (mm) | 0.00 | 0.00 | 2.73 | 36.98 | 44.69 | 70.03 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 29.04 | 14.25 | 5.75 | 428.47 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40.70 | 22.21 | 3.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 66.24 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

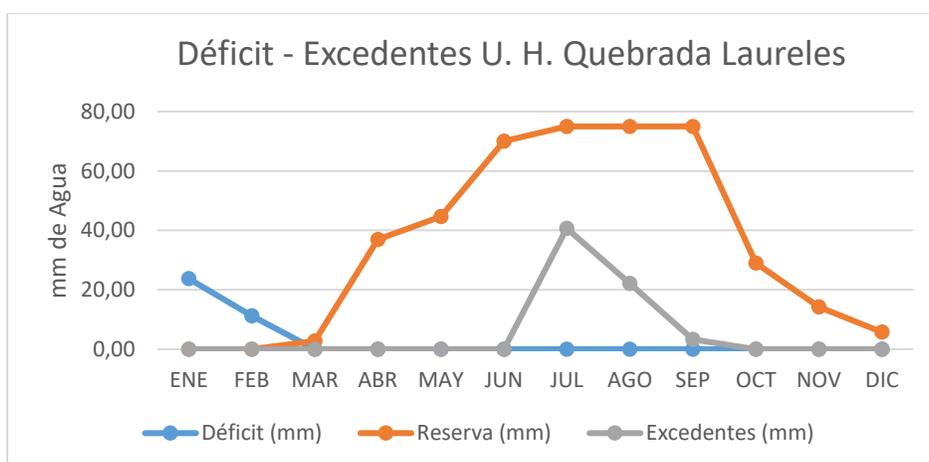


Figura 5.220 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada Laureles.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la unidad hidrográfica quebrada el Chuscal, se presenta una particularidad, y es que en ninguno de los meses del año hay excedentes, se presentan déficit en los meses de agosto y septiembre que suman 13.69 mm, las precipitaciones anuales son de 721.13 mm, ver resultados en la Tabla 5.41 y en la Figura 5.221.

El comparativo de estos resultados con los resultados de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestran que existen diferencias, en los meses en que se hace la reserva de agua en el suelo de los 75 mm y en los meses en los que se presentan compensaciones para mantener el nivel de dicha reserva.

Tabla 5.41. Balance déficit-excedentes U. H. Quebrada el Chuscal.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 29.22 | 41.24 | 68.28 | 81.48 | 90.50 | 52.19 | 55.73 | 44.74 | 50.28 | 81.17 | 77.57 | 48.72 | 721.13 |
| ETR (mm) | 57.41 | 52.29 | 58.36 | 57.03 | 59.43 | 61.58 | 62.61 | 63.13 | 56.85 | 58.30 | 55.95 | 57.50 | 700.45 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 3.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.59 | 6.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13.69 |
| Reserva (mm) | 7.52 | 0.00 | 9.92 | 34.37 | 31.08 | 21.69 | 14.81 | 0.00 | 0.00 | 22.87 | 44.49 | 35.71 | 222.47 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

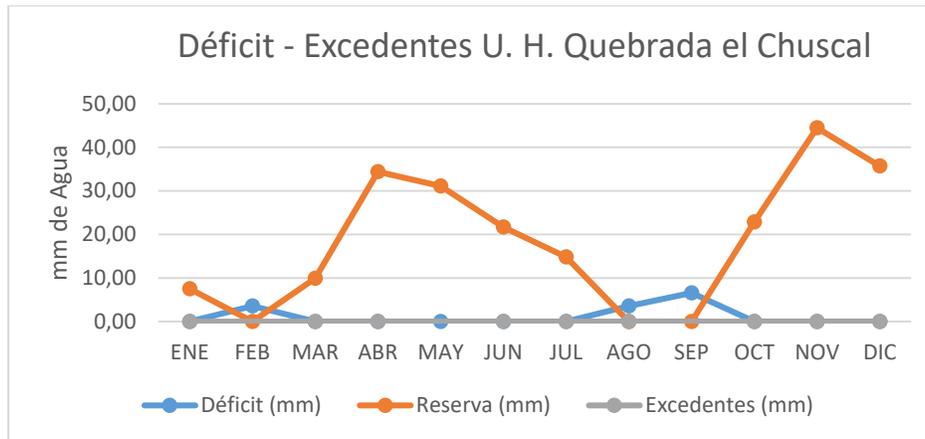


Figura 5.221 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica quebrada el Chuscal.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 5.42. Balance déficit-excedentes U. H. Río bajo Teusacá.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 30.36 | 43.22 | 63.33 | 88.24 | 41.44 | 69.96 | 84.27 | 65.63 | 55.71 | 82.97 | 77.50 | 47.63 | 750.27 |
| ETR (mm) | 59.36 | 53.97 | 60.27 | 58.83 | 61.09 | 63.36 | 64.56 | 64.35 | 59.24 | 60.76 | 58.31 | 59.38 | 723.48 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 18.12 | 7.38 | 10.44 | 39.84 | 20.19 | 26.79 | 19.71 | 21.00 | 17.47 | 39.68 | 58.87 | 47.12 | 326.60 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

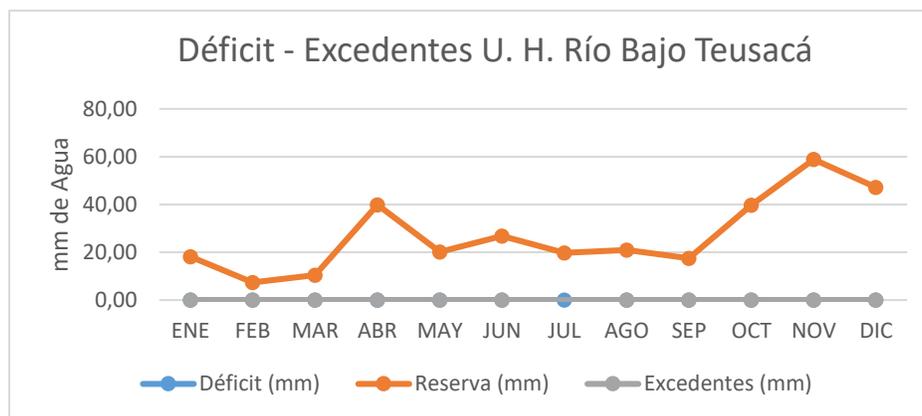


Figura 5.222 Balance déficit - excedentes unidad hidrográfica río bajo Teusacá.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La unidad hidrográfica río bajo Teusacá, al igual que la unidad anterior, se caracteriza, por no tener excedentes en ningún mes del año, tampoco se presenta déficit y en ningún mes del año, se logra tener la reserva de agua en el suelo igual a los 75 mm, el máximo valor de esta reserva se presenta en el mes de noviembre y alcanza los 58.87 mm, durante el año las precipitaciones son de 750.27 mm. Ver resultados en la Tabla 5.42 y en la Figura 5.222.

Por otra parte, al comparar estos resultados con los del balance, se tiene que las diferencias radican en los meses en los que se hace la reserva de agua para el suelo y en los meses en que se hacen compensaciones para mantener dicha reserva.

5.5.2 Embalse de Tominé

Para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) por el método de Thornthwaite, tal como se comentó anteriormente, es necesario conocer la temperatura media para cada Unidad Hidrográfica, la cual fue determinada en el numeral anterior y que se presenta nuevamente en la Tabla 5.43.

Tabla 5.43. Cálculo temperatura media mensual por Unidad Hidrográfica Embalse Tominé.

| UHA | Tm (°C) Temperatura Media Mensual | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Promedio/Año |
| Q. Corales | 9,65 | 9,65 | 10,64 | 10,64 | 9,64 | 9,74 | 9,64 | 8,65 | 9,64 | 9,64 | 9,64 | 9,65 | 9,74 |
| Q. Montoque | 11,76 | 11,76 | 12,57 | 12,57 | 11,76 | 11,01 | 11,57 | 10,78 | 11,78 | 11,78 | 11,78 | 11,76 | 11,74 |
| Rio Alto Aves | 9,72 | 9,72 | 10,57 | 10,57 | 9,72 | 9,87 | 9,57 | 8,72 | 9,72 | 9,72 | 9,30 | 9,72 | 9,75 |
| Rio Alto Siecha | 10,17 | 10,30 | 10,76 | 10,77 | 10,39 | 9,39 | 9,77 | 9,29 | 9,79 | 9,78 | 9,78 | 10,17 | 10,03 |
| Rio Bajo Siecha | 12,60 | 12,61 | 13,09 | 13,08 | 12,62 | 11,73 | 12,08 | 11,61 | 12,39 | 12,38 | 12,38 | 12,60 | 12,43 |
| Rio Chiguanos | 9,89 | 10,46 | 11,07 | 11,07 | 10,55 | 9,55 | 10,07 | 9,46 | 10,07 | 10,07 | 10,07 | 10,28 | 10,22 |
| Rio Chipata | 11,66 | 11,57 | 12,24 | 12,23 | 11,65 | 10,68 | 11,23 | 10,65 | 11,39 | 11,37 | 11,44 | 11,64 | 11,48 |
| Rio Chiquito | 9,77 | 9,74 | 10,82 | 10,82 | 9,74 | 9,83 | 9,84 | 8,85 | 9,84 | 9,70 | 9,43 | 9,77 | 9,85 |
| Rio Medio y Bajo Aves | 11,55 | 11,54 | 12,23 | 12,23 | 11,54 | 11,19 | 11,23 | 10,56 | 11,56 | 11,52 | 11,52 | 11,55 | 11,52 |
| Tributarios Embalse Tomine | 13,50 | 13,50 | 14,39 | 14,38 | 13,50 | 12,51 | 13,27 | 12,50 | 13,49 | 13,49 | 13,49 | 13,50 | 13,46 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Continuando con el procedimiento, se realiza el cálculo del índice de calor mensual con base en los datos de temperatura media mensual establecidos, a nivel de unidad hidrográfica, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.44.

Tabla 5.44. Cálculo del índice de calor mensual Embalse Tominé.

| UHA | Índice de Calor Mensual $i_n = (tm_n/5)^{1.514}$ | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| Q. Corales | 2,7 | 2,7 | 3,14 | 3,14 | 2,7 | 2,75 | 2,7 | 2,29 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | |
| Q. Montoque | 3,65 | 3,65 | 4,04 | 4,04 | 3,65 | 3,31 | 3,56 | 3,2 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,65 | |
| Rio Alto Aves | 2,74 | 2,74 | 3,11 | 3,11 | 2,74 | 2,8 | 2,67 | 2,32 | 2,74 | 2,74 | 2,56 | 2,74 | |
| Rio Alto Siecha | 2,93 | 2,99 | 3,19 | 3,19 | 3,03 | 2,6 | 2,76 | 2,56 | 2,77 | 2,76 | 2,76 | 2,93 | |
| Rio Bajo Siecha | 4,05 | 4,06 | 4,29 | 4,29 | 4,06 | 3,64 | 3,8 | 3,58 | 3,95 | 3,95 | 3,95 | 4,05 | |
| Rio Chiguanos | 2,81 | 3,06 | 3,33 | 3,33 | 3,1 | 2,67 | 2,89 | 2,63 | 2,89 | 2,89 | 2,89 | 2,98 | |
| Rio Chipata | 3,6 | 3,56 | 3,88 | 3,88 | 3,6 | 3,15 | 3,41 | 3,14 | 3,48 | 3,47 | 3,5 | 3,6 | |
| Rio Chiquito | 2,76 | 2,74 | 3,22 | 3,22 | 2,74 | 2,78 | 2,79 | 2,37 | 2,79 | 2,73 | 2,61 | 2,76 | |
| Rio Medio y Bajo Aves | 3,55 | 3,55 | 3,87 | 3,87 | 3,55 | 3,39 | 3,4 | 3,1 | 3,56 | 3,54 | 3,54 | 3,55 | |
| Tributarios Emb Tomine | 4,5 | 4,5 | 4,96 | 4,95 | 4,5 | 4,01 | 4,39 | 4 | 4,49 | 4,5 | 4,49 | 4,5 | |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Conocidos los datos del índice de calor mensual, se procede a calcular el índice de calor anual, que no es otra cosa que la sumatoria de los índices mensuales, para posteriormente desarrollar el cálculo del parámetro **a**, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.45.

Tabla 5.45. Cálculo del índice de calor anual y factor **a**.

| UHA | Índice de Calor Anual $I = \sum_{i=1}^{i=12} i_n$ | a |
|------------------------|--|----------|
| Q. Corales | 32,94 | 1,023146 |
| Q. Montoque | 43,71 | 1,184787 |
| Rio Alto Aves | 32,99 | 1,023921 |
| Rio Alto Siecha | 34,47 | 1,046075 |
| Rio Bajo Siecha | 47,66 | 1,244452 |
| Rio Chiguanos | 35,44 | 1,060677 |
| Rio Chipata | 42,27 | 1,163108 |
| Rio Chiquito | 33,51 | 1,031745 |
| Rio Medio y Bajo Aves | 42,48 | 1,166250 |
| Tributarios Emb Tomine | 53,78 | 1,338135 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con los factores anteriormente calculados y aplicando la fórmula establecida por Thornthwaite, se procedió al cálculo de la evaporación potencial por unidad hidrográfica, tal como se muestra en la Tabla 5.46.

Tabla 5.46. Cálculo evapotranspiración potencial por U. H. Embalse Tominé.

| UHA | Evapotranspiración Potencial (mm/mes) $ETP = 16 * (10 * t_m / I)^a$ | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Q. Corales | 58,77 | 58,78 | 55,82 | 55,82 | 58,78 | 58,47 | 58,79 | 62,24 | 58,79 | 58,79 | 58,79 | 58,77 |
| Q. Montoque | 63,99 | 63,97 | 61,44 | 61,45 | 63,97 | 66,59 | 64,63 | 67,47 | 63,93 | 63,93 | 63,93 | 63,99 |
| Rio Alto Aves | 58,58 | 58,58 | 56,07 | 56,07 | 58,58 | 58,11 | 59,08 | 62,03 | 58,59 | 58,59 | 59,96 | 58,58 |
| Rio Alto Siecha | 58,81 | 58,42 | 57,05 | 57,04 | 58,13 | 61,38 | 60,11 | 61,74 | 60,02 | 60,05 | 60,05 | 58,81 |
| Rio Bajo Siecha | 65,66 | 65,62 | 64,06 | 64,09 | 65,58 | 68,72 | 67,43 | 69,19 | 66,37 | 66,38 | 66,38 | 65,66 |
| Rio Chiguanos | 60,81 | 58,97 | 57,20 | 57,20 | 58,70 | 61,97 | 60,23 | 62,29 | 60,22 | 60,22 | 60,22 | 59,54 |
| Rio Chipata | 62,70 | 62,97 | 60,90 | 60,92 | 62,73 | 66,08 | 64,11 | 66,19 | 63,58 | 63,64 | 63,40 | 62,75 |
| Rio Chiquito | 59,01 | 59,11 | 55,92 | 55,91 | 59,11 | 58,84 | 58,79 | 62,21 | 58,79 | 59,24 | 60,15 | 59,01 |
| Rio Medio y Bajo Aves | 63,29 | 63,31 | 61,15 | 61,15 | 63,31 | 64,49 | 64,36 | 66,79 | 63,25 | 63,39 | 63,37 | 63,29 |
| Tributarios Emb Tomine | 69,61 | 69,62 | 66,63 | 66,68 | 69,64 | 73,35 | 70,43 | 73,40 | 69,65 | 69,64 | 69,67 | 69,61 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Los valores obtenidos en la Tabla 5.46, corresponden a ETP sin ajuste, y el procedimiento establecido por Thornthwaite, establece que dichos valores deben ser afectados por un coeficiente que tiene en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día, en función de la latitud. Para lo cual se introduce el índice de iluminación mensual en unidades

de 12 horas, que deberá de multiplicar a la ETP sin ajustar para obtener la ETP según Thornthwaite (mm/mes).

Para la determinación de los índices de iluminación mensuales, se trabajó con la tabla de la FAO, que establece los promedios de horas de luz del día (N) para cada uno de los hemisferios y para diferentes latitudes. Ver Anexo 5-6. En la Tabla 5.47, se relacionan los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Iluminación Mensual, para cada una de las Unidad Hidrológica del Embalse de Tominé.

Tabla 5.47. Cálculo índice de iluminación por U. H. Embalse Tominé.

| UHA | Índice de Iluminación Mensual | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | $L = N_d / 30 * N_i / 12$ | | | | | | | | | | | |
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| # DÍAS MES | 31,00 | 28,00 | 31,00 | 30,00 | 31,00 | 30,00 | 31,00 | 31,00 | 30,00 | 31,00 | 30,00 | 31,00 |
| HORAS LUZ DIA | 11,80 | 11,90 | 12,00 | 12,10 | 12,20 | 12,20 | 12,20 | 12,10 | 12,00 | 11,90 | 11,80 | 11,80 |
| Q. Corales | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Q. Montoque | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Alto Aves | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Alto Siecha | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Bajo Siecha | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Chiguanos | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Chipata | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Chiquito | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Río Medio y Bajo Aves | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |
| Tributarios Emb Tomine | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,98 | 1,02 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Tabla 5.48, se presenta el resultado de la ETP ajustada (mm/mes), obtenida a nivel mensual, para cada una de las Unidades Hidrográficas Embalse Tominé, se observa que para todas las U. H., los mayores valores se presentan en los meses de julio y agosto, y los valores más bajos están en el mes de febrero, el valor más alto es de 72,09 mm/mes, julio U. H. río Bajo Siecha, y el valor más bajo es de 46,02 mm/mes, febrero U. H. Tributarios Embalse Tominé.

Tabla 5.48. Cálculo ETP según Thornthwaite por U. H. Embalse Tominé.

| UHA | Evapotranspiración Potencial mensual Ajustada (mm/mes) $ETP_{THO} = ETP * L$ | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| MES | | | | | | | | | | | | |
| Q. Corales | 59,72 | 54,40 | 57,68 | 56,28 | 61,75 | 59,44 | 61,76 | 64,85 | 58,79 | 60,24 | 57,81 | 59,72 |
| Q. Montoque | 65,02 | 59,21 | 63,49 | 61,96 | 67,21 | 67,70 | 67,90 | 70,30 | 63,93 | 65,51 | 62,86 | 65,02 |
| Río Alto Aves | 59,53 | 54,22 | 57,94 | 56,53 | 61,55 | 59,08 | 62,07 | 64,63 | 58,59 | 60,04 | 58,96 | 59,53 |
| Río Alto Siecha | 59,75 | 54,07 | 58,95 | 57,52 | 61,07 | 62,41 | 63,15 | 64,33 | 60,02 | 61,54 | 59,05 | 59,75 |
| Río Bajo Siecha | 66,72 | 60,74 | 66,20 | 64,62 | 68,89 | 69,87 | 70,84 | 72,09 | 66,37 | 68,02 | 65,27 | 66,72 |
| Río Chiguanos | 61,79 | 54,58 | 59,10 | 57,67 | 61,67 | 63,00 | 63,27 | 64,91 | 60,22 | 61,71 | 59,22 | 60,50 |
| Río Chipata | 63,71 | 58,29 | 62,93 | 61,43 | 65,90 | 67,18 | 67,35 | 68,96 | 63,58 | 65,21 | 62,35 | 63,76 |
| Río Chiquito | 59,96 | 54,71 | 57,78 | 56,38 | 62,10 | 59,82 | 61,76 | 64,82 | 58,79 | 60,70 | 59,15 | 59,96 |
| Río Medio y Bajo Aves | 64,30 | 58,60 | 63,19 | 61,66 | 66,52 | 65,57 | 67,62 | 69,59 | 63,25 | 64,96 | 62,32 | 64,30 |
| Tributarios Emb Tomine | 70,73 | 64,44 | 68,85 | 67,23 | 73,16 | 74,58 | 73,99 | 76,48 | 69,65 | 71,36 | 68,51 | 70,73 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Tal como se mencionó en el numeral anterior, se utilizó la metodología de Balance Hídrico, la cual se desarrolla a partir de la ETP calculada, la cual debe ser afectada por el K_c , para obtener la ETR.

Con los valores de factores por cultivo K_c definidos, se procedió a efectuar el cálculo de la evapotranspiración real ETR en (mm/mes) para cada una de las unidades hidrográficas definidas y para cada uno de los 12 meses del año.

En la Figura 5.223, se muestra el mapa de coberturas de la subcuenca Embalse Tominé y en la Tabla 5.49, se presenta la asignación de los K_c para cada Unidad Hidrográfica, homologada entre coberturas POMCA Río Bogotá, Subcuenca Embalse Tominé y Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56, mediante la cual se obtiene la ETR tal como aparece en la Tabla 5.50.

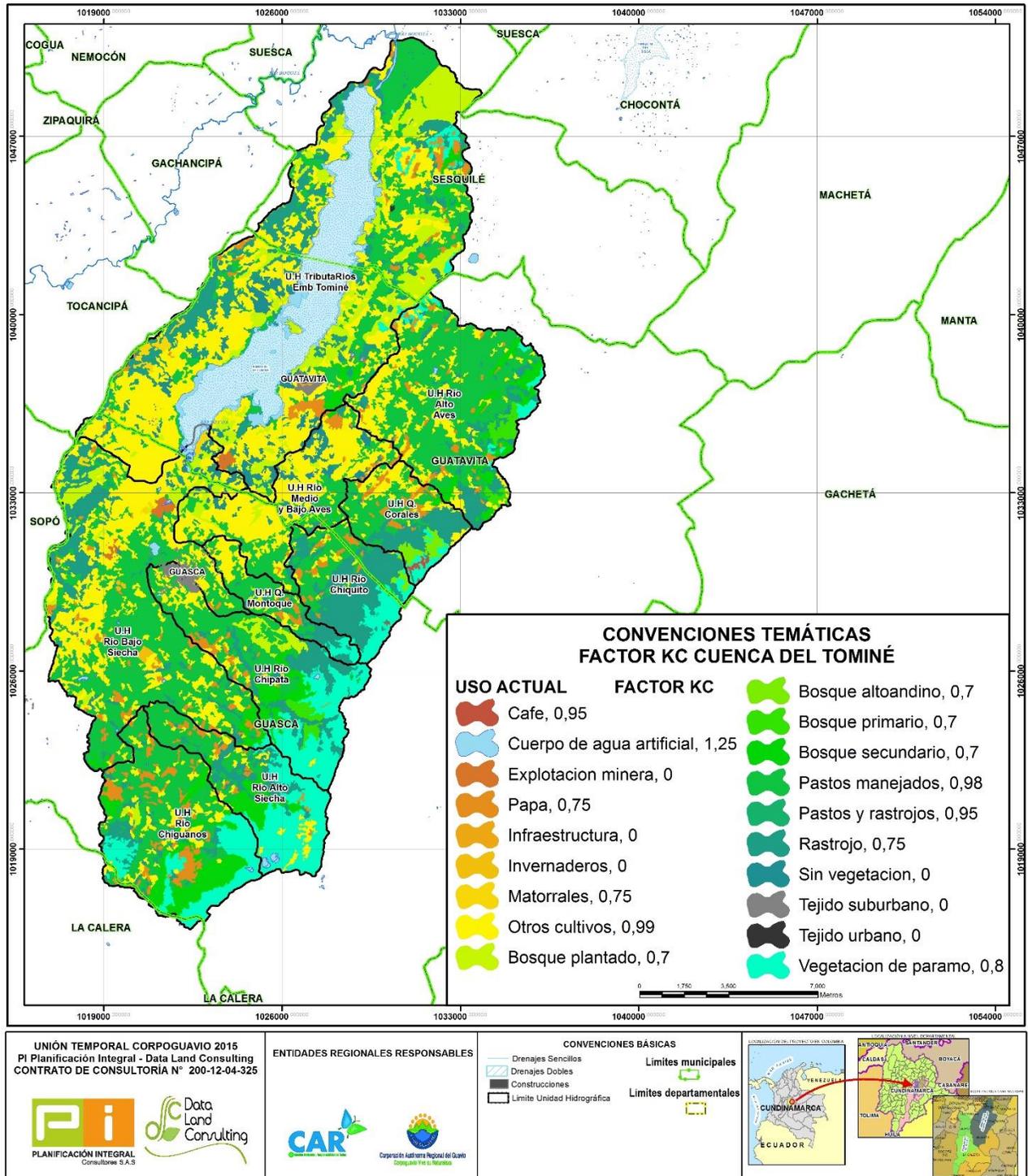


Figura 5.223. Mapa de coberturas y obtención Kc Subcuenca Embalse Tominé.

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015.

Tabla 5.49. Factor Kc para cada Unidad Hidrográfica Embalse Tominé.

| U. H. | COBERTURA | Área (Has) | Área (Km ²) | Kc | A * Kc | Kc Ponderado |
|--|---------------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Unidad Hidrográfica Río Chiguanos 21201703 | Vegetacion de paramo | 656,98 | 6,57 | 0,80 | 5,2559 | 0,853 |
| | Otros cultivos | 294,32 | 2,94 | 0,99 | 2,9138 | |
| | Rastrojo | 231,11 | 2,31 | 0,75 | 1,7333 | |
| | Pastos manejados | 1162,10 | 11,62 | 0,98 | 11,389 | |
| | Bosque secundario | 555,46 | 5,55 | 0,70 | 3,8882 | |
| | Invernaderos | 6,45 | 0,06 | 0,00 | 0 | |
| | Papa | 330,11 | 3,30 | 0,75 | 2,4758 | |
| | Bosque plantado | 27,67 | 0,28 | 0,70 | 0,1937 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 1,79 | 0,02 | 1,25 | 0,0224 | |
| | TOTAL | 3266,01 | 32,66 | | 27,872 | |
| Unidad Hidrográfica Río Alto Siecha 21201704 | Vegetacion de paramo | 784,72 | 7,85 | 0,80 | 6,2778 | 0,835 |
| | Bosque secundario | 235,68 | 2,36 | 0,70 | 1,6497 | |
| | Otros cultivos | 151,59 | 1,52 | 0,99 | 1,5008 | |
| | Papa | 88,56 | 0,89 | 0,75 | 0,6642 | |
| | Rastrojo | 280,13 | 2,80 | 0,75 | 2,101 | |
| | Pastos manejados | 413,63 | 4,14 | 0,98 | 4,0536 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 15,80 | 0,16 | 1,25 | 0,1974 | |
| | TOTAL | 1970,11 | 19,70 | | 16,444 | |
| Unidad Hidrográfica Río Chipatá 21201706 | Rastrojo | 437,71 | 4,38 | 0,75 | 3,2828 | 0,816 |
| | Vegetacion de paramo | 754,64 | 7,55 | 0,80 | 6,0371 | |
| | Tejido suburbano | 44,69 | 0,45 | 0,00 | 0 | |
| | Tejido urbano | 16,29 | 0,16 | 0,00 | 0 | |
| | Otros cultivos | 195,71 | 1,96 | 0,99 | 1,9376 | |
| | Pastos manejados | 733,96 | 7,34 | 0,98 | 7,1928 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 1,51 | 0,02 | 1,25 | 0,0189 | |
| | Bosque plantado | 139,60 | 1,40 | 0,70 | 0,9772 | |
| | Papa | 76,34 | 0,76 | 0,75 | 0,5726 | |
| | Bosque secundario | 271,37 | 2,71 | 0,70 | 1,8996 | |
| | Bosque primario | 101,30 | 1,01 | 0,70 | 0,7091 | |
| TOTAL | 2773,13 | 27,73 | | 22,628 | | |
| Unidad Hidrográfica Quebrada Montoque 21201706 | Rastrojo | 156,41 | 1,56 | 0,75 | 1,1731 | 0,900 |
| | Otros cultivos | 175,94 | 1,76 | 0,99 | 1,7418 | |
| | Pastos manejados | 328,72 | 3,29 | 0,98 | 3,2215 | |
| | Vegetacion de paramo | 66,99 | 0,67 | 0,80 | 0,5359 | |
| | Bosque plantado | 32,00 | 0,32 | 0,70 | 0,224 | |
| | Papa | 38,60 | 0,39 | 0,75 | 0,2895 | |
| TOTAL | 798,66 | 7,99 | | 7,1857 | | |

| U. H. | COBERTURA | Área (Has) | Área (Km ²) | Kc | A * Kc | Kc Ponderado |
|--|---------------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Unidad Hidrográfica Río Bajo Siecha 21201702 | Cuerpo de agua artificial | 76,39 | 0,76 | 1,25 | 0,9548 | 0,900 |
| | Sin vegetacion | 104,94 | 1,05 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque plantado | 309,25 | 3,09 | 0,70 | 2,1647 | |
| | Matorrales | 45,68 | 0,46 | 0,75 | 0,3426 | |
| | Explotacion minera | 62,51 | 0,63 | 0,00 | 0 | |
| | Vegetacion de paramo | 21,74 | 0,22 | 0,80 | 0,1739 | |
| | Tejido suburbano | 5,36 | 0,05 | 0,00 | 0 | |
| | Tejido urbano | 13,71 | 0,14 | 0,00 | 0 | |
| | Invernaderos | 32,54 | 0,33 | 0,00 | 0 | |
| | Pastos manejados | 2768,99 | 27,69 | 0,98 | 27,136 | |
| | Rastrojo | 720,03 | 7,20 | 0,75 | 5,4002 | |
| | Papa | 196,99 | 1,97 | 0,75 | 1,4774 | |
| | Bosque secundario | 115,09 | 1,15 | 0,70 | 0,8056 | |
| | Otros cultivos | 2007,34 | 20,07 | 0,99 | 19,873 | |
| TOTAL | 6480,53 | 64,81 | | 58,328 | | |
| Unidad Hidrográfica Río Chiquito 21201707 | Otros cultivos | 81,53 | 0,82 | 0,99 | 0,8071 | 0,822 |
| | Rastrojo | 810,89 | 8,11 | 0,75 | 6,0816 | |
| | Papa | 84,18 | 0,84 | 0,75 | 0,6314 | |
| | Bosque altoandino | 27,69 | 0,28 | 0,70 | 0,1938 | |
| | Pastos manejados | 382,08 | 3,82 | 0,98 | 3,7444 | |
| | Vegetacion de paramo | 282,22 | 2,82 | 0,80 | 2,2578 | |
| | Bosque plantado | 0,25 | 0,00 | 0,70 | 0,0018 | |
| | Bosque secundario | 7,07 | 0,07 | 0,70 | 0,0495 | |
| | Cafe | 2,15 | 0,02 | 0,95 | 0,0204 | |
| | TOTAL | 1678,05 | 16,78 | | 13,788 | |
| Unidad Hidrográfica Quebrada Corales 21201708 | Pastos manejados | 438,66 | 4,39 | 0,98 | 4,2989 | 0,867 |
| | Otros cultivos | 229,41 | 2,29 | 0,99 | 2,2711 | |
| | Papa | 120,19 | 1,20 | 0,75 | 0,9014 | |
| | Sin vegetacion | 0,51 | 0,01 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque secundario | 12,51 | 0,13 | 0,70 | 0,0876 | |
| | Rastrojo | 337,11 | 3,37 | 0,75 | 2,5283 | |
| | Matorrales | 6,43 | 0,06 | 0,75 | 0,0482 | |
| | Bosque altoandino | 99,21 | 0,99 | 0,70 | 0,6945 | |
| | Vegetacion de paramo | 86,61 | 0,87 | 0,80 | 0,6929 | |
| Cafe | 21,73 | 0,22 | 0,95 | 0,2064 | | |
| TOTAL | 1352,36 | 13,52 | | 11,729 | | |
| Unidad Hidrográfica Río Medio y Bajo Aves 21201710 | Otros cultivos | 1331,14 | 13,31 | 0,99 | 13,178 | 0,881 |
| | Bosque secundario | 12,17 | 0,12 | 0,70 | 0,0852 | |
| | Papa | 75,04 | 0,75 | 0,75 | 0,5628 | |
| | Rastrojo | 70,88 | 0,71 | 0,75 | 0,5316 | |
| | Bosque plantado | 114,60 | 1,15 | 0,70 | 0,8022 | |
| | Sin vegetacion | 183,95 | 1,84 | 0,00 | 0 | |
| | Pastos manejados | 600,68 | 6,01 | 0,98 | 5,8867 | |
| | Pastos y rastrojos | 4,81 | 0,05 | 0,95 | 0,0457 | |
| | Cafe | 4,20 | 0,04 | 0,95 | 0,0399 | |
| TOTAL | 2397,47 | 23,97 | | 21,132 | | |

| U. H. | COBERTURA | Área (Has) | Área (Km ²) | Kc | A * Kc | Kc Ponderado |
|---|---------------------------|-----------------|-------------------------|---------------|------------|--------------|
| Unidad Hidrográfica Río Alto Aves 21201709 | Pastos manejados | 2052,38 | 20,52 | 0,98 | 20,113 | 0,911 |
| | Bosque plantado | 2,91 | 0,03 | 0,70 | 0,0204 | |
| | Otros cultivos | 762,51 | 7,63 | 0,99 | 7,5488 | |
| | Vegetación de paramo | 137,15 | 1,37 | 0,80 | 1,0972 | |
| | Papa | 137,25 | 1,37 | 0,75 | 1,0294 | |
| | Rastrojo | 384,81 | 3,85 | 0,75 | 2,886 | |
| | Bosque secundario | 317,16 | 3,17 | 0,70 | 2,2201 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 3,53 | 0,04 | 1,25 | 0,0442 | |
| | Bosque primario | 143,25 | 1,43 | 0,70 | 1,0027 | |
| | Sin vegetación | 4,53 | 0,05 | 0,00 | 0 | |
| | Matorrales | 5,27 | 0,05 | 0,75 | 0,0395 | |
| TOTAL | 3950,73 | 39,51 | | 36,002 | | |
| Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé 21201701 | Pastos manejados | 1878,99 | 18,79 | 0,98 | 18,414 | 0,932 |
| | Rastrojo | 1587,76 | 15,88 | 0,75 | 11,908 | |
| | Otros cultivos | 3632,78 | 36,33 | 0,99 | 35,965 | |
| | Papa | 271,33 | 2,71 | 0,75 | 2,035 | |
| | Vegetación de paramo | 150,58 | 1,51 | 0,80 | 1,2046 | |
| | Tejido suburbano | 48,13 | 0,48 | 0,00 | 0 | |
| | Explotación minera | 46,27 | 0,46 | 0,00 | 0 | |
| | Cuerpo de agua artificial | 2816,11 | 28,16 | 1,25 | 35,201 | |
| | Bosque secundario | 146,18 | 1,46 | 0,70 | 1,0232 | |
| | Tejido urbano | 5,10 | 0,05 | 0,00 | 0 | |
| | Sin vegetación | 315,12 | 3,15 | 0,00 | 0 | |
| | Matorrales | 80,78 | 0,81 | 0,75 | 0,6059 | |
| | Infraestructura | 23,58 | 0,24 | 0,00 | 0 | |
| | Bosque plantado | 1663,71 | 16,64 | 0,70 | 11,646 | |
| | TOTAL | 12666,41 | 126,66 | | 118 | |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 5.50. Cálculo Evapotranspiración Real ETR Embalse Tominé.

| U. H. | ETR (mm/mes) | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| U. H. R. Chiguanos 21201703 | 52,73 | 46,58 | 50,44 | 49,22 | 49,22 | 53,77 | 54,00 | 55,39 | 51,39 | 52,67 | 50,54 | 51,63 |
| U. H. R. Alto Siecha 21201704 | 49,88 | 45,13 | 49,20 | 48,01 | 48,01 | 52,09 | 52,71 | 53,70 | 50,10 | 51,36 | 49,29 | 49,88 |
| U. H. R. Chipatá 21201706 | 51,99 | 47,56 | 51,35 | 50,12 | 50,12 | 54,82 | 54,95 | 56,27 | 51,88 | 53,21 | 50,87 | 52,03 |
| U. H. Q. Montoque 21201706 | 58,50 | 53,27 | 57,12 | 55,75 | 55,75 | 60,913 | 61,09 | 63,25 | 57,52 | 58,94 | 56,56 | 58,50 |
| U. H. R. Bajo Siecha 21201702 | 60,05 | 54,67 | 59,58 | 58,16 | 58,16 | 62,886 | 63,76 | 64,88 | 59,73 | 61,22 | 58,75 | 60,05 |
| U. H. R. Chiquito 21201707 | 49,27 | 44,95 | 47,47 | 46,32 | 46,32 | 49,151 | 50,74 | 53,26 | 48,30 | 49,87 | 48,60 | 49,27 |
| Q. Corales 21201708 | 51,80 | 47,18 | 50,03 | 48,82 | 48,82 | 51,555 | 53,57 | 56,25 | 50,99 | 52,25 | 50,14 | 51,80 |
| U. H. R. Medio y Bajo Aves 21201710 | 56,68 | 51,65 | 55,69 | 54,35 | 54,35 | 57,796 | 59,60 | 61,34 | 55,75 | 57,26 | 54,93 | 56,68 |
| U. H. R. Alto Aves 21201709 | 54,24 | 49,41 | 52,80 | 51,52 | 51,52 | 53,837 | 56,56 | 58,89 | 53,39 | 54,71 | 53,73 | 54,24 |
| U. H. Tributarios Embalse Tominé 21201701 | 65,90 | 60,03 | 64,14 | 62,64 | 62,64 | 69,476 | 68,93 | 71,25 | 64,89 | 66,48 | 63,82 | 65,90 |
| TOTALES | 485,13 | 440,41 | 473,69 | 462,27 | 462,27 | 496,81 | 506,99 | 523,23 | 479,06 | 491,50 | 473,41 | 484,07 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

2015.

Con la información de precipitación media mensual, obtenida por el método de las isoyetas, para cada una de las unidades hidrográficas y con los valores de ETR, evapotranspiración real, obtenidos a partir del procedimiento establecido por Thornthwaite, a continuación, se procede a hacer el balance déficit-excedentes, asumiendo una reserva máxima de agua en el suelo de 75 mm.

Tabla 5.51. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río Chiguanos.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 30.18 | 47.22 | 67.37 | 91.75 | 112.65 | 107.30 | 116.09 | 92.98 | 68.67 | 93.14 | 93.67 | 45.83 | 966.86 |
| ETR (mm) | 52.73 | 46.58 | 50.44 | 49.22 | 49.22 | 53.77 | 54.00 | 55.39 | 51.39 | 52.67 | 50.54 | 51.63 | 617.57 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 46.64 | 47.28 | 64.21 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 62.09 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 69.19 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 31.75 | 63.43 | 53.54 | 0.00 | 24.68 | 17.28 | 40.48 | 43.13 | 0.00 | 274.29 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

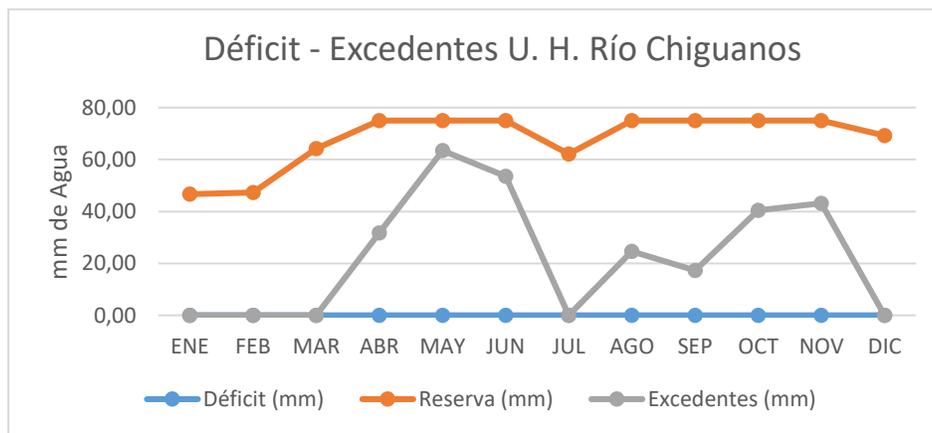


Figura 5.224. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río Chiguanos.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La Tabla 5.51 y la Figura 5.224, muestran los resultados del cálculo del balance déficit-excedentes de la unidad hidrográfica río Chiguanos, la precipitación total anual es de 966.86 mm, los excedentes suman 274.29 mm, no se presenta déficit en ninguno de los doce meses del año, los excesos corresponden a los períodos abril – junio y agosto – noviembre.

Comparando los resultados obtenidos, con los resultados del balance hídrico, se observa que hay diferencias en algunos meses, como en julio y agosto, en parte debido a que en estos meses se contabilizó la reserva de agua en el suelo, en otros meses se da a partir de la compensación necesaria para mantener la humedad del suelo en los 75 mm establecidos.

En la unidad hidrográfica río Alto Siecha, se tiene un valor de precipitación anual de 1189.47 mm, con unos excedentes que alcanzan los 515.10 mm y que se presentan en los meses

de abril a noviembre, no hay déficit en ningún mes del año, los resultados se muestran en la Tabla 5.52 y en la Figura 5.225.

Comparando los resultados de la tabla Tabla 5.52, se observa que las diferencias presentadas corresponden al mes de julio, mes en el que se hace la reserva de 75 mm de agua para el suelo y en los meses de febrero, marzo y abril, en los cuales se hacen compensaciones con el fin de mantener el nivel de humedad en el suelo.

Tabla 5.52. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río alto Siecha.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 29.76 | 51.52 | 71.69 | 104.02 | 137.81 | 139.05 | 172.91 | 134.48 | 91.01 | 118.91 | 101.64 | 36.67 | 1189.47 |
| ETR (mm) | 49.88 | 45.13 | 49.20 | 48.01 | 48.01 | 52.09 | 52.71 | 53.70 | 50.10 | 51.36 | 49.29 | 49.88 | 599.37 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 41.67 | 48.06 | 70.55 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 61.79 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 51.56 | 89.81 | 86.96 | 45.20 | 80.78 | 40.91 | 67.54 | 52.35 | 0.00 | 515.10 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

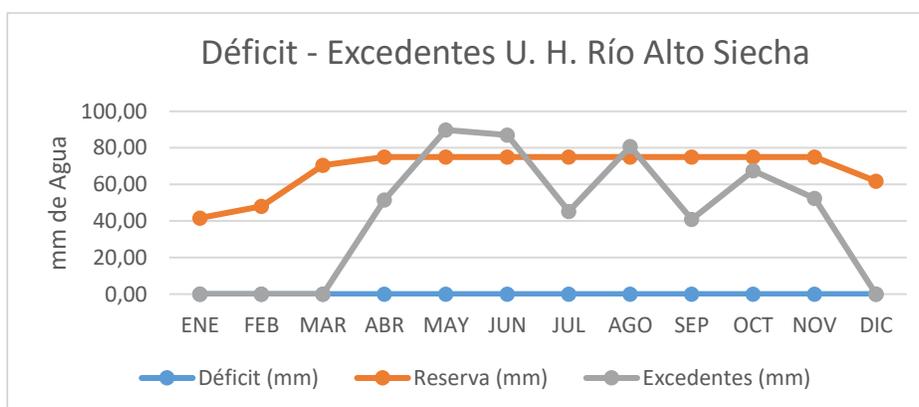


Figura 5.225. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río alto Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la unidad hidrográfica río Chipatá, la precipitación anual, alcanza los 1082.39 mm, mientras que los excedentes suman 382.22 mm, no se presenta déficit en ningún mes del año y los excedentes se presentan en el período abril – octubre, tal como se muestra en la Tabla 5.53 y en la Figura 5.226.

El comparativo con el balance hídrico, muestra variaciones en el mes de julio, en el cual se hace la reserva de agua para el suelo de 75 mm y en los meses de compensación, en los que es mayor la ETR que la precipitación, para mantener el nivel de la reserva en el valor establecido.

Tabla 5.53. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río Chipatá.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 30.65 | 50.42 | 70.63 | 97.55 | 123.67 | 125.50 | 143.72 | 113.27 | 79.79 | 105.03 | 100.17 | 41.96 | 1082.39 |
| ETR (mm) | 51.99 | 47.56 | 51.35 | 50.12 | 50.12 | 54.82 | 54.95 | 56.27 | 51.88 | 53.21 | 50.87 | 52.03 | 625.17 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 43.60 | 46.47 | 65.75 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 64.94 |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 38.18 | 73.55 | 70.68 | 13.77 | 57.00 | 27.91 | 51.82 | 49.30 | 0.00 | 382.22 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

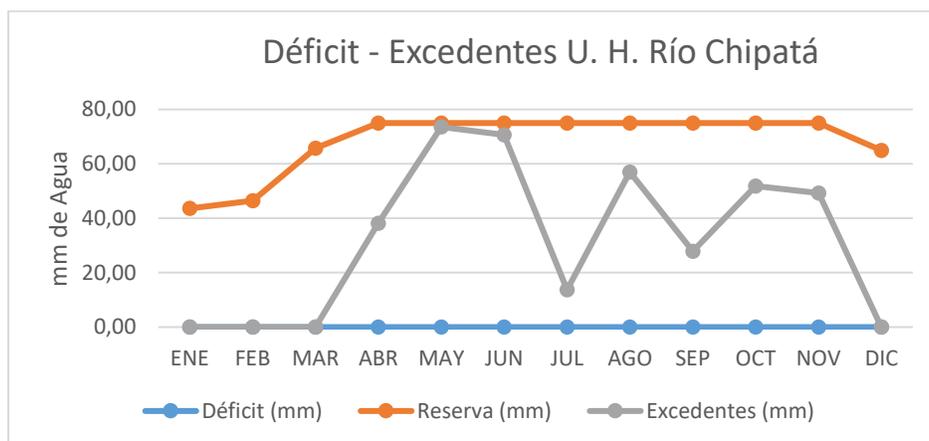


Figura 5.226. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río Chipatá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La unidad hidrográfica quebrada Montoque, se caracteriza, por no presentar déficit de recurso hídrico en ningún mes del año, los excedentes se presentan en el período junio a noviembre y en el mes de abril, las precipitaciones anuales, suman 941.29 mm y los excedentes 169.13 mm. Ver Tabla 5.54 y Figura 5.227

En comparación con el balance hídrico, se tiene que hay diferencias en el mes de mayo, debido al agua de reserva para el suelo, 75 mm y en los primeros meses del año, en los que se compensan mayores valores de ETR respecto de los valores de precipitación, con el fin de mantener la reserva de agua en el suelo.

Tabla 5.54. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica quebrada Montoque.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 29.64 | 50.15 | 70.22 | 92.71 | 109.28 | 93.15 | 106.36 | 82.99 | 64.15 | 95.76 | 100.04 | 46.86 | 941.29 |
| ETR (mm) | 58.50 | 53.27 | 57.12 | 55.75 | 55.75 | 60.91 | 61.09 | 63.25 | 57.52 | 58.94 | 56.56 | 58.50 | 697.17 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 34.50 | 31.38 | 44.47 | 75.00 | 53.53 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 63.36 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.43 | 0.00 | 10.77 | 45.27 | 19.74 | 6.63 | 36.81 | 43.48 | 0.00 | 169.13 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

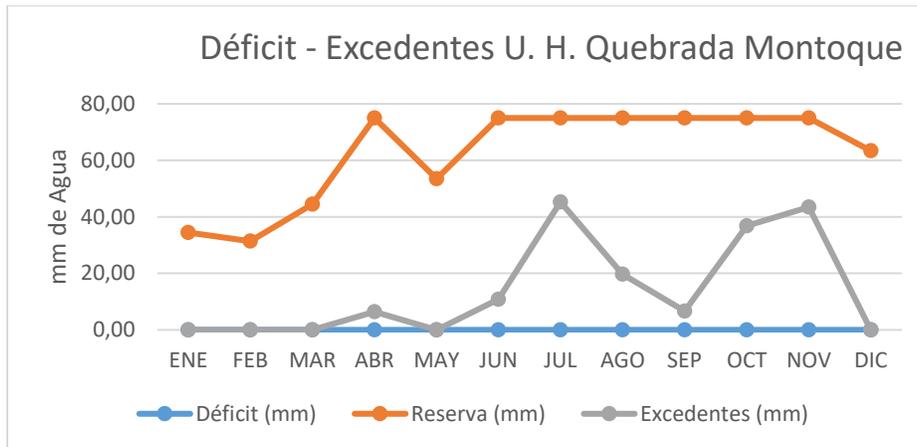


Figura 5.227. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica quebrada Montoque.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Los resultados del balance déficit-excedentes de la unidad hidrográfica río bajo Siecha, muestran que la precipitación total anual es de 895.68 mm, y la sumatoria de los excedentes es de 113.92 mm, los excedentes se presentan de junio a noviembre y no hay déficit en ningún mes del año. Todos los resultados se muestran en la Tabla 5.55 y en la Figura 5.228.

Al comparar los resultados del balance de la Tabla 5.55, se observa la diferencia que existe en los meses en que se hace la reserva de agua en el suelo, en este caso mayo y junio, y en los meses en que se compensan las diferencias entre ETR y precipitación, que por lo general corresponde con el período más seco diciembre a marzo.

Tabla 5.55. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río bajo Siecha.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 30.86 | 44.68 | 64.67 | 87.66 | 105.48 | 95.73 | 97.58 | 78.48 | 63.86 | 87.20 | 89.98 | 49.49 | 895.68 |
| ETR (mm) | 60.05 | 54.67 | 59.58 | 58.16 | 58.16 | 62.89 | 63.76 | 64.88 | 59.73 | 61.22 | 58.75 | 60.05 | 721.89 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 35.26 | 25.27 | 30.36 | 59.86 | 47.32 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 64.44 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.17 | 33.82 | 13.60 | 4.13 | 25.98 | 31.23 | 0.00 | 113.92 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

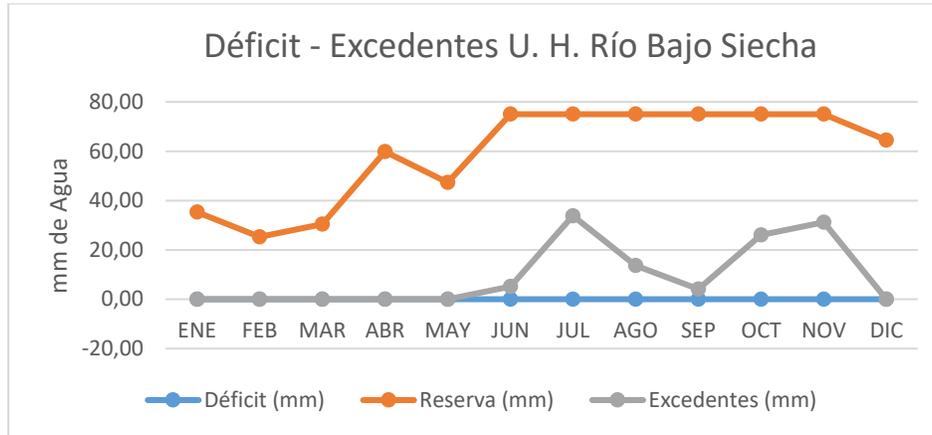


Figura 5.228. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río bajo Siecha.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Los resultados del balance déficit-excedentes de la unidad hidrográfica río Chiquito, se muestran en la Tabla 5.56 y en la Figura 5.229, no hay meses con déficit, los excedentes se presentan de marzo a noviembre y suman en el año 421.4 mm, mientras que la precipitación alcanza los 1004.94 mm.

Tabla 5.56. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río Chiquito.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 28.34 | 50.99 | 70.40 | 95.56 | 116.02 | 106.65 | 122.28 | 97.47 | 70.14 | 100.80 | 101.88 | 44.39 | 1004.94 |
| ETR (mm) | 49.27 | 44.95 | 47.47 | 46.32 | 46.32 | 49.15 | 50.74 | 53.26 | 48.30 | 49.87 | 48.60 | 49.27 | 583.54 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 49.20 | 55.24 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 71.54 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 70.13 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 3.17 | 49.24 | 69.69 | 57.50 | 75.00 | 40.75 | 21.84 | 50.93 | 53.28 | 0.00 | 421.40 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

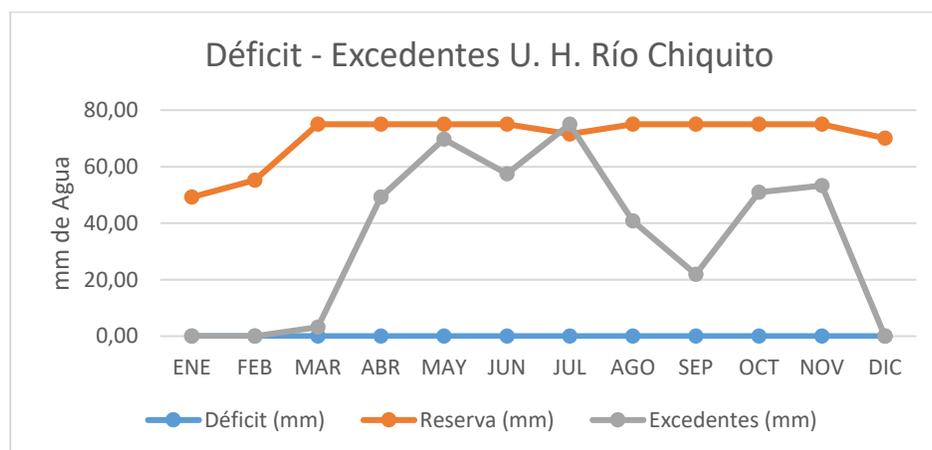


Figura 5.229. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río Chiquito.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Comparando los resultados del balance déficit-excedentes, con los resultados del balance, se observa que existen diferencias que corresponden bien sea a los meses en que se hace la reserva de agua en el suelo, o a los meses que compensan las diferencias a favor de periodos en los que mayor la ETR que la precipitación, afectando la reserva de agua en el suelo.

En la unidad hidrográfica quebrada Corales, tal como se muestra en la Tabla 5.57 y en la Figura 5.230, el valor de las precipitaciones anuales alcanzan los 904.86 mm, los excedentes suman 216.69 mm, no existe déficit en ningún mes del año y los excedentes se suceden de junio a noviembre y en el mes de abril.

Los resultados obtenidos mediante este procedimiento dan cuenta de las diferencias presentadas en los meses de mayo, junio y febrero a abril, en los dos primeros meses, se hace la reserva de agua en el suelo, establecida en 75 mm, en tanto que en el periodo indicado, se trata de los meses más secos del año, por lo que se hacen compensaciones con el fin de mantener la reserva en el valor establecido.

Tabla 5.57. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica quebrada Corales.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 28.82 | 50.43 | 71.17 | 92.18 | 106.16 | 84.02 | 96.49 | 74.73 | 57.85 | 93.90 | 101.18 | 47.95 | 904.86 |
| ETR (mm) | 51.80 | 47.18 | 50.03 | 48.82 | 48.82 | 51.55 | 53.57 | 56.25 | 50.99 | 52.25 | 50.14 | 51.80 | 613.18 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 48.18 | 51.42 | 72.57 | 75.00 | 57.34 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 71.15 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40.93 | 0.00 | 14.80 | 42.92 | 18.48 | 6.86 | 41.65 | 51.04 | 0.00 | 216.69 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

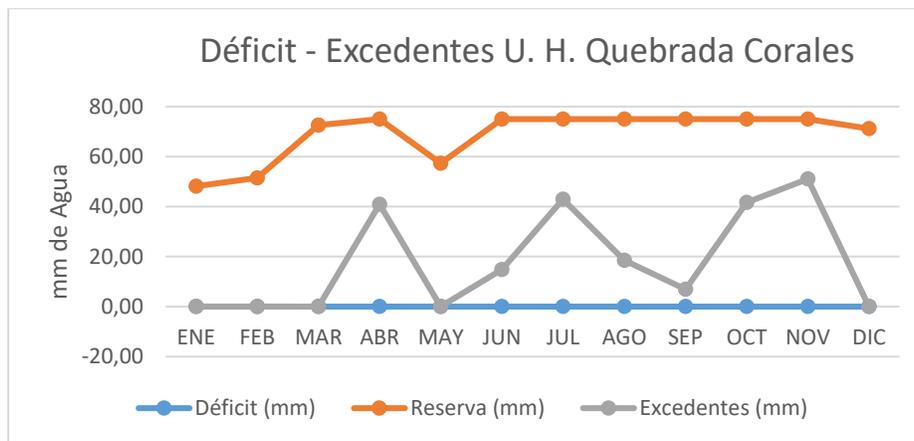


Figura 5.230. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica quebrada Corales.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la unidad hidrográfica río medio y bajo Aves, las precipitaciones anuales suman 805.77 mm, y los excedentes 54.68 mm, estos se presentan en los meses de abril, octubre y

noviembre, no hay déficit en ningún mes del año, todos los resultados se muestran en la Tabla 5.58 y en la Figura 5.231.

El balance de la Tabla 5.58, muestran diferencias que corresponden a la reserva hídrica del suelo y a las compensaciones necesarias, para mantener esta reserva en el valor establecido, 75 mm.

Tabla 5.58. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río medio y bajo Aves.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 34.96 | 44.88 | 64.97 | 84.24 | 94.54 | 65.50 | 70.27 | 49.94 | 64.89 | 85.68 | 93.60 | 52.29 | 805.77 |
| ETR (mm) | 56.68 | 51.65 | 55.69 | 54.35 | 54.35 | 57.80 | 59.60 | 61.34 | 55.75 | 57.26 | 54.93 | 56.68 | 676.08 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 48.88 | 42.12 | 51.39 | 75.00 | 40.19 | 47.90 | 58.57 | 47.18 | 56.31 | 75.00 | 75.00 | 70.61 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.74 | 38.67 | 0.00 | 54.68 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

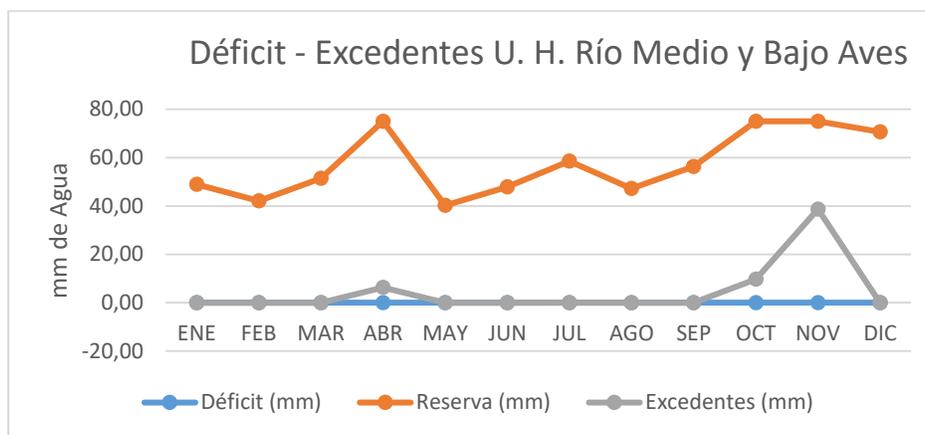


Figura 5.231. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río medio y bajo Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la unidad hidrográfica río alto Aves, se tiene una precipitación anual de 829.56 mm, no hay déficit de recurso hídrico durante el año y los excedentes se presentan en abril, septiembre, octubre y noviembre, estos excedentes suman 109.7 mm año. Resultados en la Tabla 5.59 y en la Figura 5.232

Tabla 5.59. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica río alto Aves.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 42.50 | 45.28 | 65.50 | 85.52 | 95.96 | 66.82 | 71.68 | 51.34 | 69.54 | 89.40 | 95.23 | 50.76 | 829.56 |
| ETR (mm) | 54.24 | 49.41 | 52.80 | 51.52 | 51.52 | 53.84 | 56.56 | 58.89 | 53.39 | 54.71 | 53.73 | 54.24 | 644.86 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 59.78 | 55.65 | 68.35 | 75.00 | 44.45 | 57.44 | 72.56 | 65.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 71.52 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 27.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.16 | 34.69 | 41.50 | 0.00 | 109.70 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

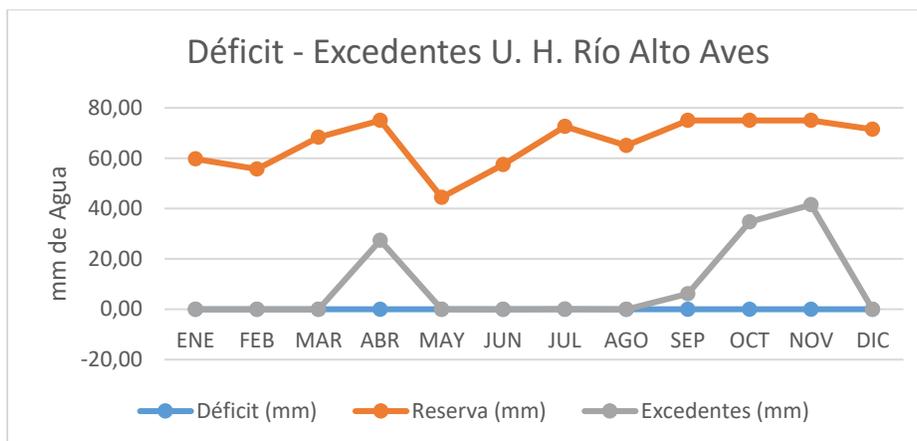


Figura 5.232. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica río alto Aves.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El comparativo de los balances de la Tabla 5.60, muestra que existen diferencias, entre los dos modelos de balance, que estas diferencias corresponden a la reserva adoptada y a las continuas compensaciones, por mantener dicha reserva hídrica en el suelo, 75mm.

Tabla 5.60. Balance déficit-excedentes Unidad hidrográfica tributarios embalse Tominé.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| P (mm/mes) | 37.31 | 38.77 | 65.05 | 85.87 | 102.32 | 73.06 | 73.04 | 49.91 | 85.10 | 97.32 | 89.51 | 46.14 | 843.40 |
| ETR (mm) | 65.90 | 60.03 | 64.14 | 62.64 | 62.64 | 69.48 | 68.93 | 71.25 | 64.89 | 66.48 | 63.82 | 65.90 | 786.10 |
| Déficit (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reserva (mm) | 26.65 | 5.39 | 6.30 | 29.54 | 39.68 | 43.26 | 47.36 | 26.02 | 46.23 | 75.00 | 75.00 | 55.24 | |
| Excedentes (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.07 | 25.69 | 0.00 | 27.76 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

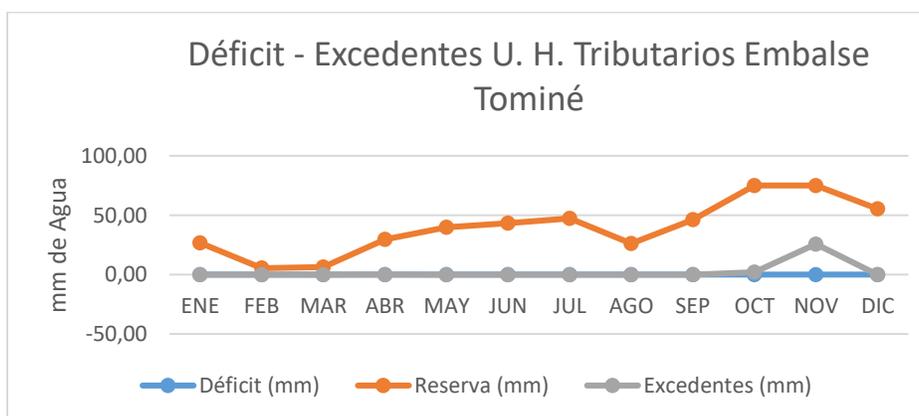


Figura 5.233. Balance déficit-excedentes unidad hidrográfica tributarios embalse Tominé.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La Tabla 5.60 y la Figura 5.233, muestran los resultados del balance déficit-excedentes, para la unidad hidrográfica tributarios Embalse Tominé, las precipitaciones en esta unidad, alcanzan los 843.4 mm y los excedentes 27.76 mm, no se presenta déficit en el transcurso del año y los excedentes corresponden a los meses de octubre y noviembre.

Las diferencias entre los balances de la Tabla 5.60, corresponden básicamente al aporte de recurso hídrico, para inicialmente establecer la reserva y luego para mantenerla en el transcurso del tiempo, se ve que únicamente en los meses de octubre y noviembre, es posible mantener la reserva en los 75 mm establecidos

5.6 Zonificación Climática Caldas - Lang

En 1802 los investigadores Alexander Von Humboldt (alemán), Aime Bonpland (francés) y Francisco José de Caldas (colombiano); quien disponía de información relativa a las alturas sobre el nivel del mar y su influencia en la variación de las temperaturas, evaluaron la información generada por Caldas, se determinaron los pisos térmicos para la región Andina Tropical. Entre 1882 y 1884 Hettner comprobó la teoría de Caldas al realizar un estudio de climas de altura en la cordillera oriental, confirmando el gradiente de la temperatura con la altitud.

No obstante, existen varios métodos para clasificar el clima de una región. El método de clasificación que se debe usar depende de las características propias del lugar, indicando esto, que la mejor clasificación climática es la que más se ajusta a las condiciones particulares del área de estudio.

Las clasificaciones más difundidas son:

- Clasificación de Köppen: se basa en las temperaturas medias y en las precipitaciones medias, mínimas y máximas.
- Sistema de Thornthwaite: modifica la clasificación de Köppen incluyéndole factores de vegetación y evapotranspiración.
- Sistema Holdridge: Se tiene en cuenta el promedio de precipitación anual y del promedio de la biotemperatura.
- Sistema de Walter: Utiliza los valores de temperatura y precipitación a escala vertical, y supone que cada 10°C son iguales a 20 cm de precipitación. Introdujo el concepto de "bioma", para referirse a grandes unidades ecológicas que incluyen tanto al ambiente como a los componentes bióticos.
- Clasificación de Martonne: Está fundada en criterios geográficos, descansando sobre el reconocimiento de los climas astronómicos clásicos.
- Clasificación Caldas: ideada por el colombiano Francisco José de Caldas en 1802, donde consideró únicamente la variación de la temperatura con la altura (pisos térmicos) y su aplicación se restringió al trópico americano.
- Clasificación de Lang: Richard Lang estableció en 1915 una clasificación basada en el volumen de la precipitación anual acumulada expresada en milímetros y la temperatura promedio en grados Celsius. El cociente del primer parámetro entre el segundo es el denominado Índice de Lang (Precipitación acumulada / Temperatura

- promedio). En la actualidad el índice se utiliza ampliamente como una medida del grado de aridez de una región, más que como un sistema de clasificación climática.
- Clasificación de Schaufelberguer: Paul Schaufelberguer en 1962 se dio a la tarea de unir la clasificación de Lang con la clasificación de Caldas y obtuvo 25 tipos de climas que tienen en cuenta la elevación del lugar, la temperatura media anual y la precipitación total media anual.

A partir de allí, se estableció el modelo climatológico de Caldas y se determinaron los pisos térmicos según el rango de altura y la temperatura, tal como se muestra en la Tabla 5.61.

Tabla 5.61. Modelo climatológico de Caldas.

| MODELO CLIMATOLÓGICO DE CALDAS | | | | |
|--------------------------------|------|----------------------|-------------------|---|
| Piso Térmico | | Rango de altura en m | Temperatura en °C | Variación de la altitud por condiciones locales |
| Cálido | | 0 a 1000 | $T > 24$ | Límite superior 400 |
| Templado | | 1001 a 2000 | $24 > T > 17.5$ | Límite superior 500 Límite inferior 500 |
| Frio | | 2001 a 3000 | $17.5 > T > 12$ | Límite superior 400 Límite inferior 400 |
| Páramo | Alto | 3200 a 3700 | $12 > T$ | |

Fuente: IDEAM.

- Piso Térmico Cálido: localizado entre 0 y 1.000 m, con valores superiores a 24°C y un margen de altitud en el límite superior hasta 400 m, según sea las características locales.
- Piso Térmico Templado: Comprende altitudes situadas entre 1.000 y 2.000 m, con temperaturas mayores o iguales a 17,5°C y con un margen de amplitud en sus límites superiores e inferior de 500 m.
- Piso Térmico Frio: se localiza entre 2.000 y 3.000 m de altitud, con temperaturas no inferiores a 12°C y un margen en sus límites altitudinales superior e inferior de 400 m.
- Piso Térmico Paramuno: corresponde a las áreas situadas sobre los 3.000 m de altitud y bajo el límite de las nieves perpetuas. Con el propósito de detallar más las condiciones climáticas se subdivide en dos zonas de paramo: Paramo Bajo, de mayor temperatura, con altitud que oscila entre 3.200 y 3.700 m y que se caracteriza por estar en el intervalo de los 7 a los 12°C. Paramo Alto, de los 3.700 m a los 4.200, aproximadamente.

Para realizar la Clasificación según la metodología propuesta por Caldas se realizó Con el valor de la temperatura y el valor de la altitud, usando el DEM y el ráster de temperatura, esto con el fin de se determina el piso térmico al cual pertenece cada uno de los sitios que se están clasificando, el ráster resultante se exporto a formato SHP, esto con el fin de

realizar la asignación de la clasificación del modelo climático de Caldas, explicada en la Tabla 5.61.

Una vez realizada la clasificación, según el modelo climático de Caldas, dio como resultado que la zona de influencia de las cuencas de los ríos Teusacá y Tominé se clasifica en:

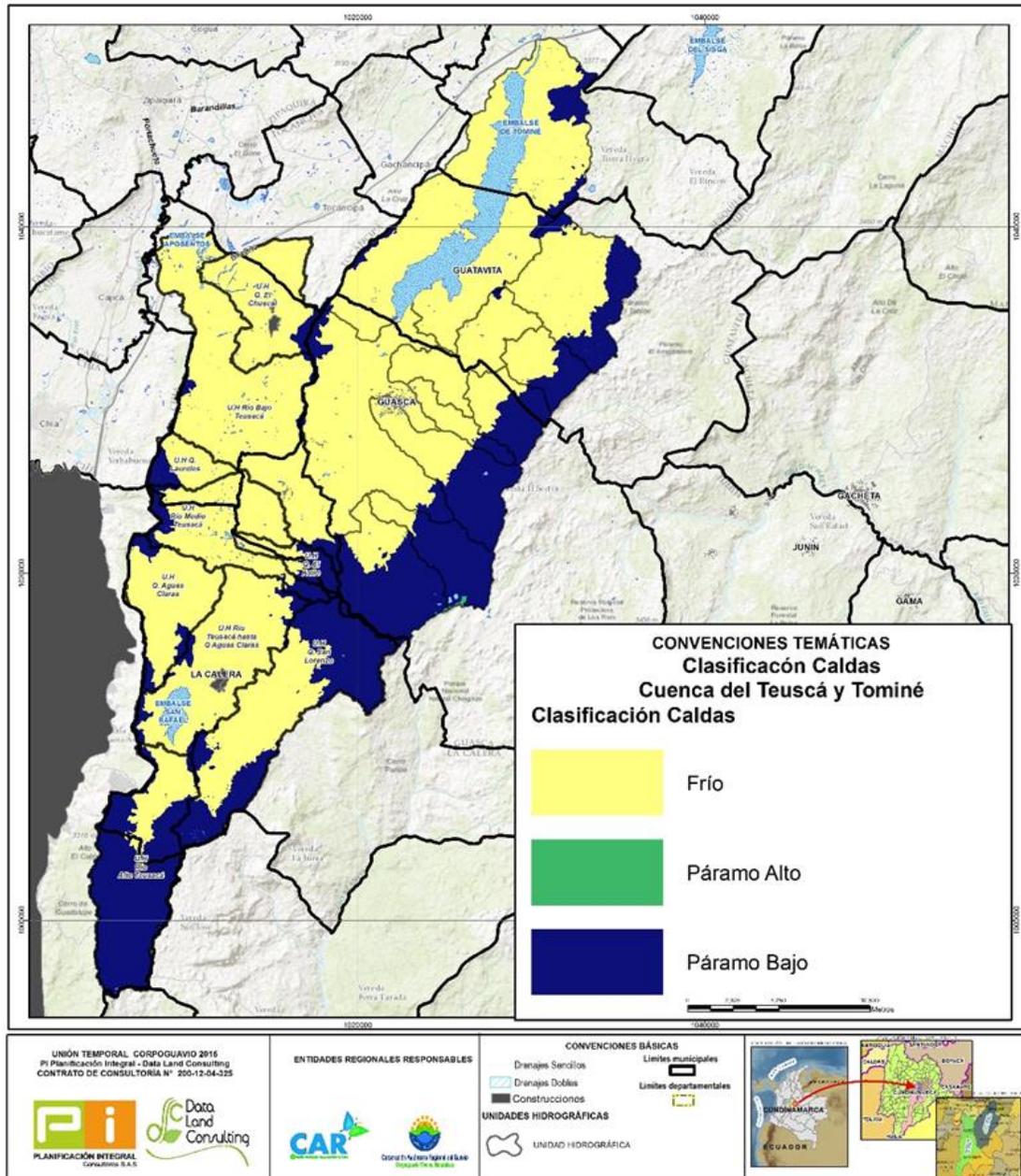


Figura 5.234. Modelo climático de Caldas cuencas Teusacá y Tominé.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En el año 1915, Richard Lang estableció una clasificación climática basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P, en mm) por la temperatura media anual (T, en °C). este cociente se llama también Índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang.

El análisis final de las variables se realiza mediante el método Ráster Calculator (Algebrá de Mapas). La especialización del índice de precipitación y temperatura Clasificación Caldas – Lang, requirió de un análisis detallado de los datos y el método de análisis espacial. A partir del ráster anual de las variables de precipitación y temperatura, se obtiene el índice P/T (Precipitación/ Temperatura)

El álgebra de mapas consiste en aplicar un conjunto de operadores sobre una o varias capas ráster de entrada para producir un o varios ráster de salida. Estos operadores, que pueden ser aritméticos, trigonométricos, lógicos o condicionales; se aplican mediante ecuaciones a cada celda del ráster de entrada. Para realizar esta operación se hizo uso de la herramienta Ráster Calculator, del programa ARCGIS 10.3; el cual además permite realizar cálculos matemáticos entre mapas temáticos o varios mapas resultantes.

La clasificación climática de Lang está basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (mm) por la temperatura media anual (°C), al resultado se le llama también Índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang. En la Tabla 5.62, se presenta el clima según LANG.

Tabla 5.62. Clasificación climática de Lang.

| COCIENTE P/T | CLASE DE CLIMA |
|---------------|----------------|
| 0 a 20.0 | Desértico |
| 20.1 a 40.0 | Árido |
| 40.1 a 60.0 | Semiárido |
| 60.1 a 100.0 | Semihumedo |
| 100.1 a 160.0 | Húmedo |
| Mayor a 160.0 | Superhumedo |

Fuente: IDEAM.

Basados en la metodología de Lang, y considerando los datos climáticos anteriormente analizados se definieron 3 unidades climáticas, tal como se observa en la Figura 5.235, en donde para las cuencas delos ríos Teusacá y Tominé, predomina el Clima Húmedo, seguido del Clima Semihúmedo y por último, se tiene una pequeña porción de territorio con Clima Semiárido, en la cuenca del río Teusacá.

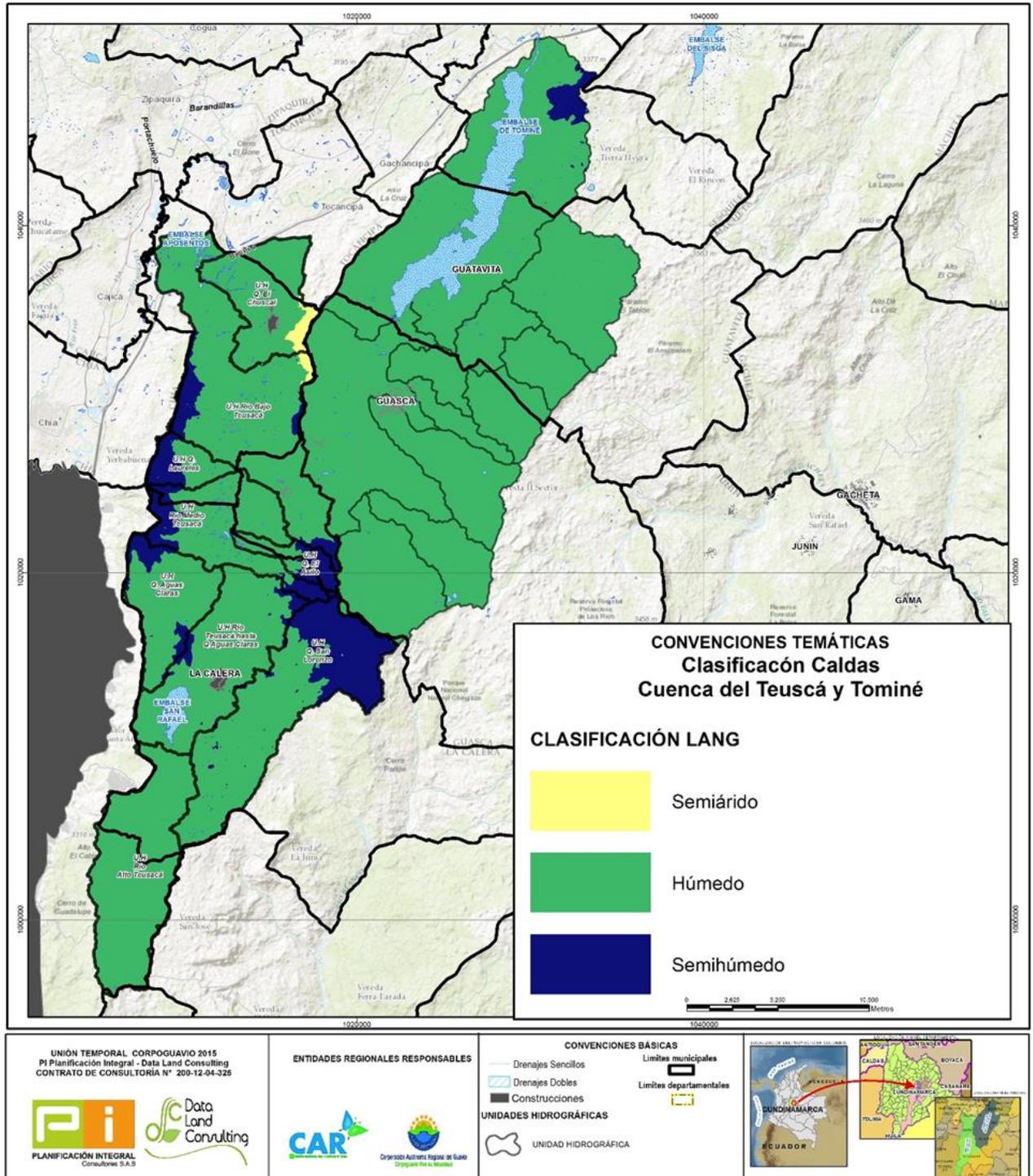


Figura 5.235. Modelo climático de Lang cuencas Teusacá y Tominé.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Sin embargo, la clasificación establecida por Caldas y aplicada al trópico americano, se basó en los valores de temperatura, pero con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal, y Lang fijó los límites de su clasificación teniendo en cuenta una sencilla relación entre la precipitación y la temperatura.

Producto de lo anterior, en el año 1962, Schaufelberger procedió a su unificación, lo que finalmente se conoce como sistema de clasificación CALDASLANG, donde se utiliza la variación altitudinal de la temperatura, para definir los pisos térmicos, y la precipitación, que muestra la humedad. En la Tabla 5.62, se presentan los tipos de clima según Caldas – Lang.

Finalmente, para obtener la zonificación climática, se requiere en primera instancia, conocer la altitud de las zonas de interés, paso seguido, obtener los valores medios de temperatura y precipitación. Con los valores de temperatura y altitud, se determina el piso térmico, es decir, se asigna el tipo climático (Tabla 5.62).

Posteriormente se calcula el cociente P/T lo que se denominó como Índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang, con el cual se define el tipo climático (Tabla 5.63).

Tabla 5.63. Tipos de clima de Caldas – Lang.

| Tipos de Clima Caldas - Lang | No. | Tipo Climático | Símbolo |
|---|------------------|-------------------------|----------------|
| | 1 | Cálido Superhúmedo | CSH |
| | 2 | Cálido Húmedo | CH |
| | 3 | Cálido Semihúmedo | Csh |
| | 4 | Cálido Semiárido | Csa |
| | 5 | Cálido Árido | CA |
| | 6 | Cálido Desértico | CD |
| | 7 | Templado Superhúmedo | TSH |
| | 8 | Templado Húmedo | TH |
| | 9 | Templado Semihúmedo | Tsh |
| | 10 | Templado Semiárido | Tsa |
| | 11 | Templado Árido | TA |
| | 12 | Templado Desértico | TD |
| | 13 | Frio Superhúmedo | FSH |
| | 14 | Frio Húmedo | FH |
| | 15 | Frio Semihúmedo | Fsh |
| | 16 | Frio Semiárido | Fsa |
| | 17 | Frio Árido | FA |
| | 18 | Frio Desértico | FD |
| | 19 | Paramo Bajo Superhúmedo | PBSH |
| | 20 | Paramo Bajo Húmedo | PBH |
| | 21 | Paramo Bajo Semihúmedo | PBsh |
| | 22 | Paramo Bajo Semiárido | Pbsa |
| | 23 | Paramo Alto Superhúmedo | PASH |
| | 24 | Paramo Alto Húmedo | PBH |
| 25 | Nieves Perpetuas | NP | |

Fuente: Metodología de zonificación ambiental de cuencas hidrográficas. Ministerio de Ambiente.

A continuación, se establece el procedimiento para determinar los climas según Caldas – Lang:

- I. Se localizan los sitios conociendo su altitud.
- II. Se obtiene los valores anuales de la temperatura y la precipitación.
- III. Con el valor de la temperatura y el de la altitud, se determina el piso térmico al cual pertenece cada uno de los sitios que se están clasificando, correspondiente a la primera palabra del tipo climático.
- IV. Se calcula el cociente P/T (Índice de Efectividad de la Precipitación o Factor de Lluvia de Lang) con este factor, se determina la segunda palabra del tipo climático.

Una vez obtenidos los mapas temáticos de la precipitación y temperatura anuales, se generan los mapas del índice P/T, para ello se dispone de un conjunto de herramientas de cálculo con matrices de datos que reciben el nombre genérico de álgebra de mapas.

Para la clasificación climática Caldas Lang, se cruzaron las capas geográficas de los dos modelos climáticos de Caldas y de Lang, esto se realiza luego de convertir los rásters a formato shape, para poder realizar un Intersect de la Zona de Estudio, Dando como resultado las zonas climáticas que posee la cuenca clasificándolas según los rangos de altitud, precipitación y temperatura, definidas por las zonas de Caldas – Lang, se presentan en la siguiente figura.

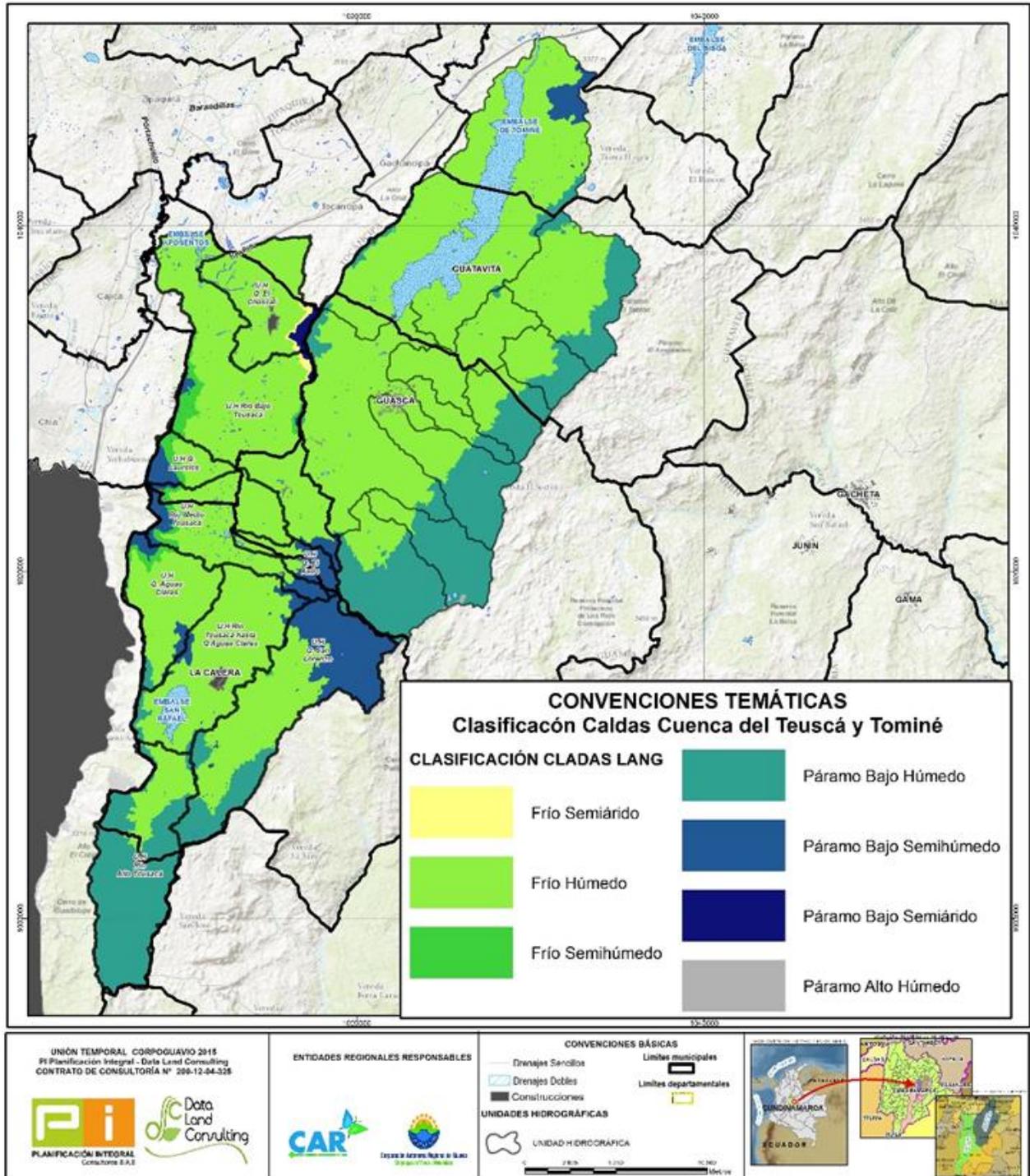


Figura 5.236. Modelo climático de Caldas - Lang cuencas Teusacá y Tominé.
 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

A continuación, se presentan la zonificación climática para las cuencas de los ríos Teusacá y Embalse de Tominé, al respecto, dado que la zona de estudio es muy pequeña con respecto a las cuencas, se considera conveniente realizar dicho ejercicio para toda la cuenca, superponiendo la delimitación de la zona de estudio.

5.6.1 Río Teusacá

Como se observa, en la Tabla 5.64, Figura 5.237 y plano 5.5, en la Subcuenca río Teusacá, jurisdicción CAR, al aplicar la zonificación de Caldas – Lang, se encuentra que en el área predomina el clima Frío Húmedo con 244,76 Km², que corresponden al 67,91% del total del área de la subcuenca, le sigue el clima de Páramo Bajo Húmedo con 58,38 Km², equivalentes a un 16,20%, 42,34 Km², con clima de Páramo Bajo Semihúmedo, equivalente al 11,75% 11,28 Km², con clima Frío Semihúmedo, equivalente al 3,13% 2,14 Km² de su área con clima de Páramo Bajo Semiárido, el 0,42% y por último 1,51 Km², con clima Frío Semiárido iguales al 0,59% del total del área.

Tabla 5.64. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca río Teusacá.

| Tipo Climático | Símbolo | Área (Km ²) | % Del total del área |
|------------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 42,347 | 11,75 |
| Frío Semihúmedo | Fsh | 11,280 | 3,13 |
| Frío Húmedo | FH | 244,767 | 67,91 |
| Páramo Bajo Húmedo | PbH | 58,389 | 16,20 |
| Frío Semiárido | Fsa | 1,513 | 0,42 |
| Páramo Bajo Semiárido | Pbsa | 2,141 | 0,59 |
| Total | | 360,437 | 100,00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 5.65, se muestra la clasificación climática de Caldas-Lang, para cada una de las 9 Unidades Hidrográficas en que se ha subdividido la subcuenca del río Teusacá, para el presente estudio, en la Figura 5.237, se muestra el mapa respectivo de toda la subcuenca, con la división por U. H., se observa que a diferencia de las demás Unidades en donde predomina el clima Frío Húmedo, en las Unidades quebrada el Asilo predomina el clima de Páramo Bajo Semihúmedo y en la Unidad río Alto Teusacá predomina el clima Páramo Bajo Húmedo.

Tabla 5.65. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca río Teusacá por U. H.

| Unidad Hidrográfica | Tipo Climático | Símbolo | Área (Km ²) | % Del total del área |
|-----------------------|------------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| Quebrada Aguas Claras | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 2,553 | 8,86 |
| | Frío Semihúmedo | Fsh | 1,727 | 5,99 |
| | Frío Húmedo | FH | 23,500 | 81,53 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 1,043 | 3,62 |
| | <i>Total</i> | | | <i>28,82</i> |
| Quebrada el Asilo | Frío Semihúmedo | Fsh | 0,008 | 0,09 |
| | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 4,398 | 51,65 |

| Unidad Hidrográfica | Tipo Climático | Símbolo | Área (Km ²) | % Del total del área |
|---|------------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| | Frío Húmedo | FH | 4,109 | 48,26 |
| | <i>Total</i> | | 8,51 | 100,00 |
| Quebrada el Chuscal | Frío Semiárido | Fsa | 0,927 | 2,96 |
| | Páramo Bajo Semiárido | Pbsa | 1,651 | 5,28 |
| | Frío Húmedo | FH | 28,713 | 91,76 |
| | <i>Total</i> | | 31,29 | 100,00 |
| Quebrada Laureles | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 2,687 | 26,90 |
| | Frío Semihúmedo | Fsh | 1,922 | 19,24 |
| | Frío Húmedo | FH | 5,381 | 53,86 |
| | <i>Total</i> | | 9,99 | 100,00 |
| Quebrada San Lorenzo | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 21,807 | 33,53 |
| | Frío Semihúmedo | Fsh | 0,221 | 0,34 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 12,439 | 19,12 |
| | Frío Húmedo | FH | 30,578 | 47,01 |
| | <i>Total</i> | | 65,05 | 100,00 |
| Río Alto Teusacá | Frío Húmedo | FH | 10,953 | 20,30 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 43,010 | 79,70 |
| | <i>Total</i> | | 53,96 | 100,00 |
| Río Bajo teusacá | Frío Semihúmedo | Fsh | 4,373 | 5,65 |
| | Páramo Bajo Semiárido | Pbsa | 0,490 | 0,63 |
| | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 2,809 | 3,63 |
| | Frío Semiárido | Fsa | 0,586 | 0,76 |
| | Frío Húmedo | FH | 69,170 | 89,33 |
| | <i>Total</i> | | 77,43 | 100,00 |
| Río Medio Teusacá | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 5,007 | 14,13 |
| | Frío Semihúmedo | Fsh | 2,275 | 6,42 |
| | Frío Húmedo | FH | 28,147 | 79,45 |
| | <i>Total</i> | | 35,430 | 100,00 |
| Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 3,085 | 6,18 |
| | Frío Semihúmedo | Fsh | 0,754 | 1,51 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 1,897 | 3,80 |
| | Frío Húmedo | FH | 44,216 | 88,52 |
| | <i>Total</i> | | 49,952 | 100,00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

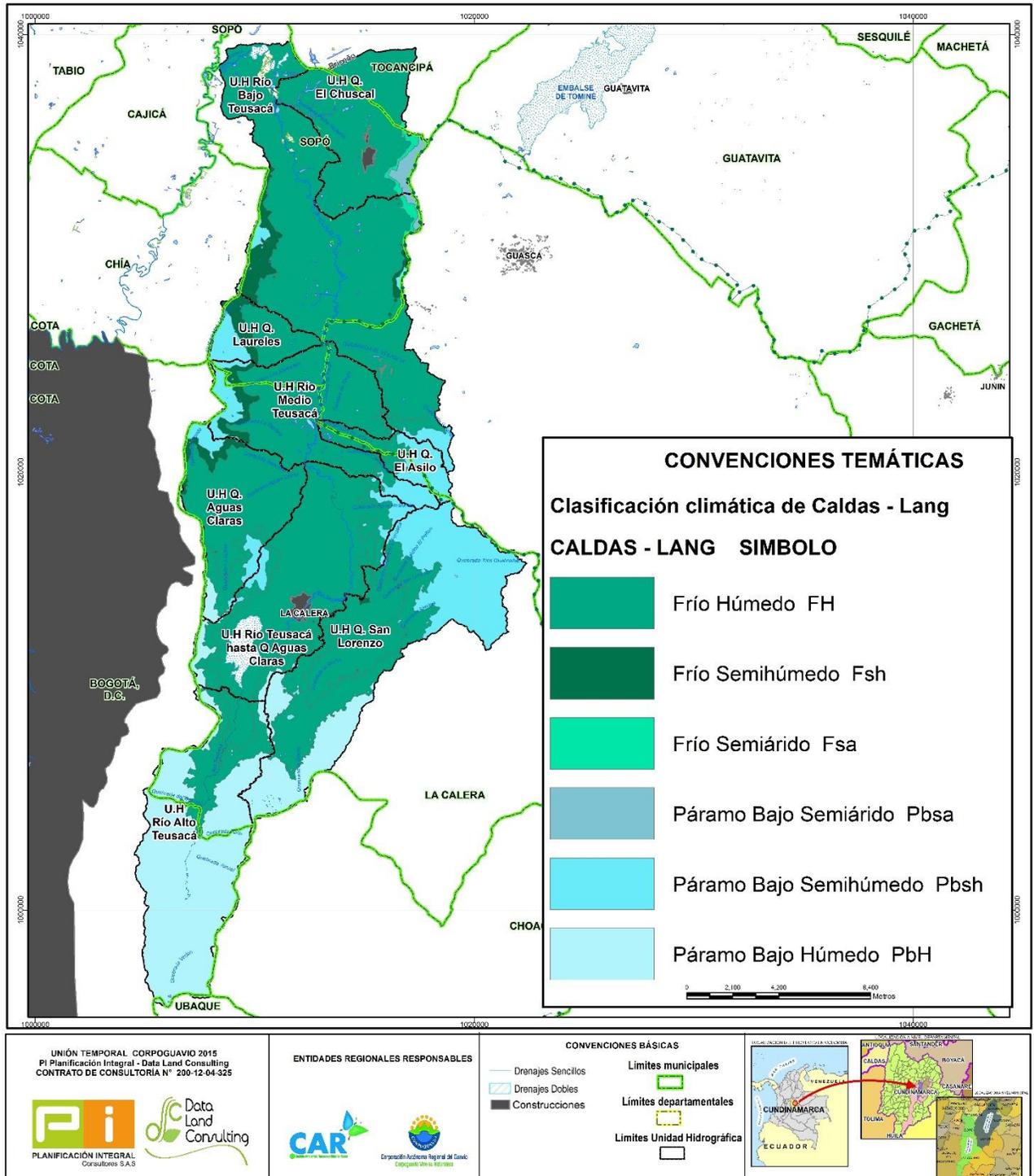


Figura 5.237. Zonificación climática Caldas-Lang subcuenca río Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.6.2 Embalse Tominé.

En la Tabla 5.66, se muestra la tabla con la clasificación según los tipos de clima de Caldas-Lang, de la subcuenca embalse Tominé y en la Figura 5.238, se muestra el mapa correspondiente, se observa como el clima Frío Húmedo, acapara la mayor parte del área de la subcuenca, con 270,33 Km², equivalentes al 72,41% del total del su área, seguido del clima de Páramo Bajo Húmedo con 97,86 Km², que corresponden al 26,21%, hay 4,75 Km² con clima de Páramo Bajo Semihúmedo, el 1,27%, 0,30 Km² de área con clima de Páramo Alto Húmedo que corresponden al 0,082% y por último se tienen 0,079 Km², con clima Frío Semihúmedo, equivalentes al 0,02% del total del área de la unidad.

Tabla 5.66. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca Embalse Tominé.

| Tipo Climático | Símbolo | Área (Km ²) | % Del total del área |
|------------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| Páramo Bajo Húmedo | PbH | 97,863 | 26,213 |
| Frío Húmedo | FH | 270,339 | 72,411 |
| Páramo Alto Húmedo | PaH | 0,307 | 0,082 |
| Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 4,754 | 1,273 |
| Frío Semihúmedo | Fsh | 0,079 | 0,021 |
| <i>Total</i> | | <i>373,34</i> | <i>100,00</i> |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 5.67. Tipos de clima de Caldas – Lang subcuenca Embalse Tominé por U. H.

| Unidad Hidrográfica | Tipo Climático | Símbolo | Área (Km ²) | % Del total del área |
|---------------------|--------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| Quebrada Corales | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 5,952 | 44,01 |
| | Frío Húmedo | FH | 7,572 | 55,99 |
| | <i>Total</i> | | <i>13,52</i> | <i>100,00</i> |
| Quebrada Montoque | Frío Húmedo | FH | 5,955 | 74,56 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 2,032 | 25,44 |
| | <i>Total</i> | | <i>7,99</i> | <i>100,00</i> |
| Río Alto Aves | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 14,029 | 35,50 |
| | Frío Húmedo | FH | 25,489 | 64,50 |
| | <i>Total</i> | | <i>39,52</i> | <i>100,00</i> |
| Río Alto Siecha | Frío Húmedo | FH | 3,528 | 17,91 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 15,940 | 80,91 |
| | Páramo Alto Húmedo | PaH | 0,233 | 1,18 |
| | <i>Total</i> | | <i>19,70</i> | <i>100,00</i> |
| Río Bajo Siecha | Frío Húmedo | FH | 59,710 | 92,14 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 5,096 | 7,86 |
| | <i>Total</i> | | <i>64,81</i> | <i>100,00</i> |
| Río Chigüanos | Frío Húmedo | FH | 8,081 | 24,74 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 24,506 | 75,03 |
| | Páramo Alto Húmedo | PaH | 0,074 | 0,23 |
| | <i>Total</i> | | <i>32,66</i> | <i>99,77</i> |

| Unidad Hidrográfica | Tipo Climático | Símbolo | Área (Km ²) | % Del total del área |
|----------------------------|------------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| Río Chipatá | Frío Húmedo | FH | 11,834 | 42,67 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 15,897 | 57,33 |
| | <i>Total</i> | | 27,73 | 100,00 |
| Río Chiquito | Frío Húmedo | FH | 7,071 | 42,14 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 9,710 | 57,86 |
| | <i>Total</i> | | 16,78 | 100,00 |
| Río Medio y Bajo Aves | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 0,381 | 1,59 |
| | Frío Húmedo | FH | 23,594 | 98,41 |
| | <i>Total</i> | | 23,97 | 100,00 |
| Tributarios Embalse Tominé | Páramo Bajo Semihúmedo | Pbsh | 4,754 | 3,75 |
| | Frío Semihúmedo | Fsh | 0,079 | 0,06 |
| | Frío Húmedo | FH | 117,506 | 92,77 |
| | Páramo Bajo Húmedo | PbH | 4,321 | 3,41 |
| | <i>Total</i> | | 126,66 | 100,00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 5.67, se muestran los resultados de la Clasificación climática según Caldas-Lang, de cada una de las unidades Hidrográficas en que se subdividió la subcuenca embalse Tominé para el presente estudio y en la Figura 5.238, se muestra el mapa de toda la subcuenca, con sus divisiones por Unidad Hidrográfica, se tiene que el clima Frío Húmedo, predomina en las Unidades Hidrográficas de: quebrada Corales, quebrada Montoque, río Alto Aves, río Bajo Siecha, río Medio y Bajo Aves y en tributarios embalse Tominé, mientras que el clima de Páramo Bajo Húmedo, predomina en las Unidades Hidrográficas: río Alto Siecha, río Chigüanos, río Chipatá y río Chiquito, adicionalmente los dos tipos de clima antes relacionados, se encuentran en todas las Unidades que hacen parte de la subcuenca.

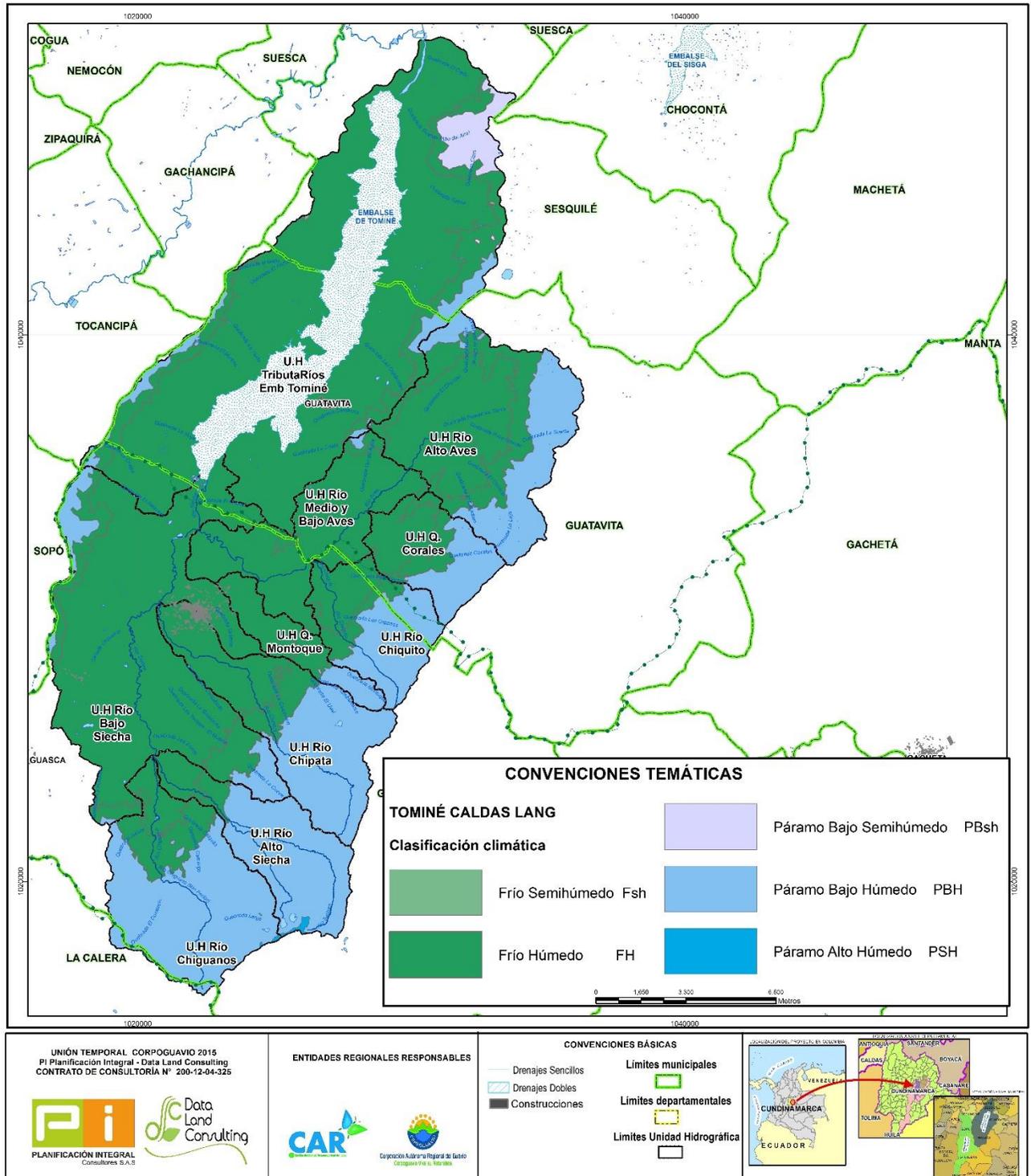


Figura 5.238. Zonificación climática Caldas-Lang subcuena embalse Tominé.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.7 Índice de Aridez (IA)

De conformidad con el Estudio Nacional del Agua (ENA 2014), donde se menciona que, para la caracterización del régimen hidrológico, se establecen unos índices que están relacionados con los elementos y variables de la oferta hídrica, los cuales se representan espacialmente en las unidades de análisis definidas de acuerdo con la información disponible. Los índices asociados con el potencial de disponibilidad hídrica y la regulación hidrológica son: el de aridez (IA) y el de regulación hídrica (IRH).

El IA se utiliza para estimar la suficiencia o insuficiencia de precipitación para sostenimiento de ecosistemas, ya que es una característica cualitativa del clima, que permite medir identificar áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial.

Su formulación es la siguiente:

$$IA = (ETP - ETR) / ETP$$

Donde:

- IA: índice de aridez (adimensional)
- ETP: evapotranspiración potencial (mm)
- ETR: evapotranspiración Real (mm)

La estimación se realizó para cada unidad hidrológica de las subcuencas río Teusacá y embalse Tominé, en el área de estudio, utilizando los valores mensuales obtenidos en el balance hídrico calculado anteriormente, tanto de la ETP_{THO} (ajustada) como para la ETR.

Tal como se menciona en el ENA 2014, se retoma la conceptualización e interpretación sugerida en el ENA 2010, donde se cualifica mediante en la Tabla 5.68.

Tabla 5.68. Interpretación de la calificación del IA.

| | Calificador | Ámbito Numérico | Color |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|
| Interpretación de la calificación | Altos excedentes de agua | (< 0.15) | Dark Blue |
| | Excedentes de agua | (0.15 – 0.19) | Light Blue |
| | Moderado y excedente de agua | (0.20 – 0.29) | Green |
| | Moderado | (0.30 - 0.39) | Light Green |
| | Moderado y deficitario de agua | (0.40 - 0.49) | Yellow |
| | Deficitario de agua | (0.50 - 0.59) | Orange |
| | Altamente deficitario de agua | (> 0.60) | Red |

Fuente: Estudio Nacional del Agua 2010.

Dado el tamaño reducido de las unidades hidrográficas, se presenta una sola figura y un solo plano para cada subcuenca, que abarca las unidades hidrográficas respectivas, obtenidas mediante el SIG.

5.7.1 Río Teusacá

A partir del balance hídrico realizado, se presenta en la Tabla 5.69, los valores de ETP ajustada (ETP_{THO}), ETR y del IA para las unidades hidrográficas de la subcuenca del río Teusacá, en la Figura 5.239, se muestra el mapa correspondiente. La revisión de la información permite concluir que hay dos Unidades Hidrográficas que presentan excedentes de agua, ya que sus índices de aridez se encuentran en el rango entre 0,15 y 0,19, estas Unidades son: quebrada Aguas Claras, con índice de aridez igual a 0,166 y quebrada el Chuscal con índice de aridez de 0,171.

Las demás Unidades Hidrográficas de la subcuenca, presentan altos excedentes de agua con valores de índice de aridez menores a 0,15, lo que indica que en la subcuenca en general existe la suficiente precipitación que permite el sostenimiento de los ecosistemas que allí se encuentran.

Tabla 5.69. Valores IA Por Unidad Hidrográfica subcuenca río Teusacá.

| U. H. | VARIABLE | IA |
|--|----------|--------|
| U. H. R. Alto Teusacá 21201306 | ETP | 59,69 |
| | ETR | 52,14 |
| | IA | 0,126 |
| U. H. Q. San Lorenzo 21201307 | ETP | 62,22 |
| | ETR | 55,55 |
| | IA | 0,107 |
| U. H. R. Teusacá Hasta Q. Aguas Claras 21201305 | ETP | 66,17 |
| | ETR | 58,22 |
| | IA | 0,1201 |
| U. H. Q. Aguas Claras 21201304 | ETP | 65,92 |
| | ETR | 54,98 |
| | IA | 0,166 |
| U. H. Q. El Asilo 21201308 | ETP | 63,90 |
| | ETR | 56,72 |
| | IA | 0,112 |
| U. H. R. Medio Teusacá 21201303 | ETP | 68,12 |
| | ETR | 61,53 |
| | IA | 0,097 |
| U. H. Q. Laureles 21201302 | ETP | 65,53 |
| | ETR | 59,20 |
| | IA | 0,097 |
| U. H. Q. el Chuscal 21201309 | ETP | 70,42 |
| | ETR | 58,37 |
| | IA | 0,171 |
| U. H. R. Bajo Teusacá 21201301 | ETP | 68,81 |
| | ETR | 60,29 |
| | IA | 0,124 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

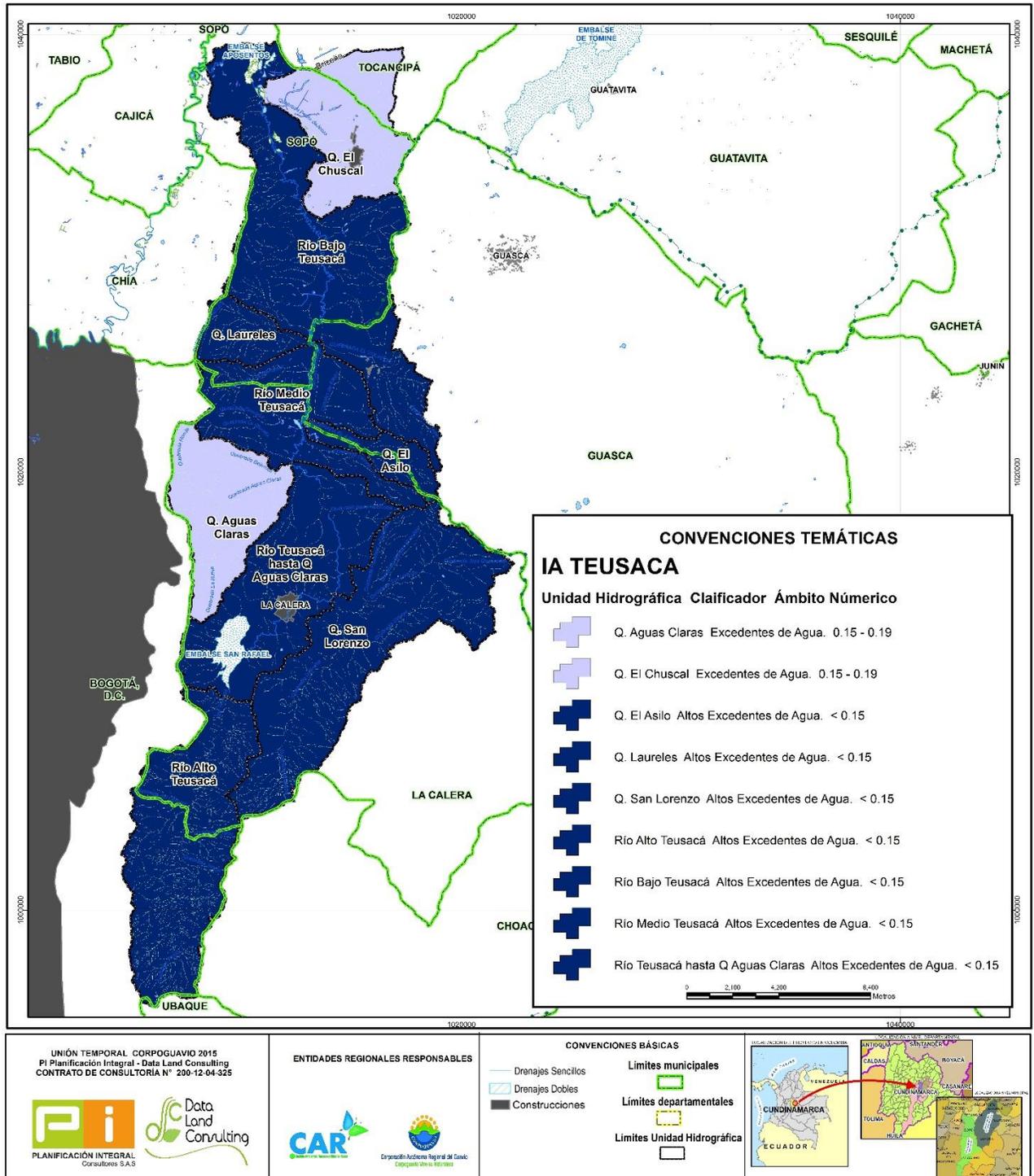


Figura 5.239. Índice de aridez por Unidad Hidrográfica subcuenca río Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

5.7.2 Embalse Tominé

A partir del balance hídrico realizado, se presenta en la Tabla 5.70, los valores de ETP ajustada (ETP_{THO}), ETR y del IA para las unidades hidrográficas de la subcuenca del embalse Tominé, y en la Figura 5.240, se muestra el mapa respectivo. La información relacionada, permite concluir que en la subcuenca embalse Tominé, hay tres Unidades Hidrográficas, con valores de índice de aridez entre 0,15 y 0,19, lo que indica que presentan excedentes de agua según la clasificación establecida, estas Unidades Hidrográficas son: río Alto Siecha con IA igual a 0,165, río Chipatá, con IA de 0,1840 y río Chiquito con 0,178

Las siete Unidades Hidrográficas restantes de la subcuenca embalse Tominé, presentan valores de índice de aridez menores a 0,15, lo que permite concluir que, en la subcuenca, la precipitación es suficiente para el sostenimiento de los ecosistemas que se encuentran en la misma.

Tabla 5.70. Valores IA Por Unidad Hidrográfica Subcuenca Embalse Tominé.

| U. H. | VARIABLE | IA |
|---|----------|-------|
| U. H. R. Chiguanos 21201703 | ETP | 60,31 |
| | ETR | 51,46 |
| | IA | 0,147 |
| U. H. R. Alto Siecha 21201704 | ETP | 59,84 |
| | ETR | 49,95 |
| | IA | 0,165 |
| U. H. R. Chipatá 21201706 | ETP | 63,85 |
| | ETR | 52,10 |
| | IA | 0,184 |
| U. H. Q. Montoque 21201706 | ETP | 64,57 |
| | ETR | 58,10 |
| | IA | 0,100 |
| U.H R. Bajo Siecha 21201702 | ETP | 66,84 |
| | ETR | 60,16 |
| | IA | 0,100 |
| U. H. R. Chiquito 21201707 | ETP | 59,18 |
| | ETR | 48,63 |
| | IA | 0,178 |
| Q. Corales 21201708 | ETP | 58,92 |
| | ETR | 51,10 |
| | IA | 0,133 |
| U. H. R. Medio y Bajo Aves 21201710 | ETP | 63,92 |
| | ETR | 56,34 |
| | IA | 0,119 |
| U. H. R. Alto Aves 21201709 | ETP | 58,97 |
| | ETR | 53,74 |
| | IA | 0,089 |
| U. H. Tributarios Embalse Tominé 21201701 | ETP | 70,32 |
| | ETR | 65,51 |
| | IA | 0,068 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

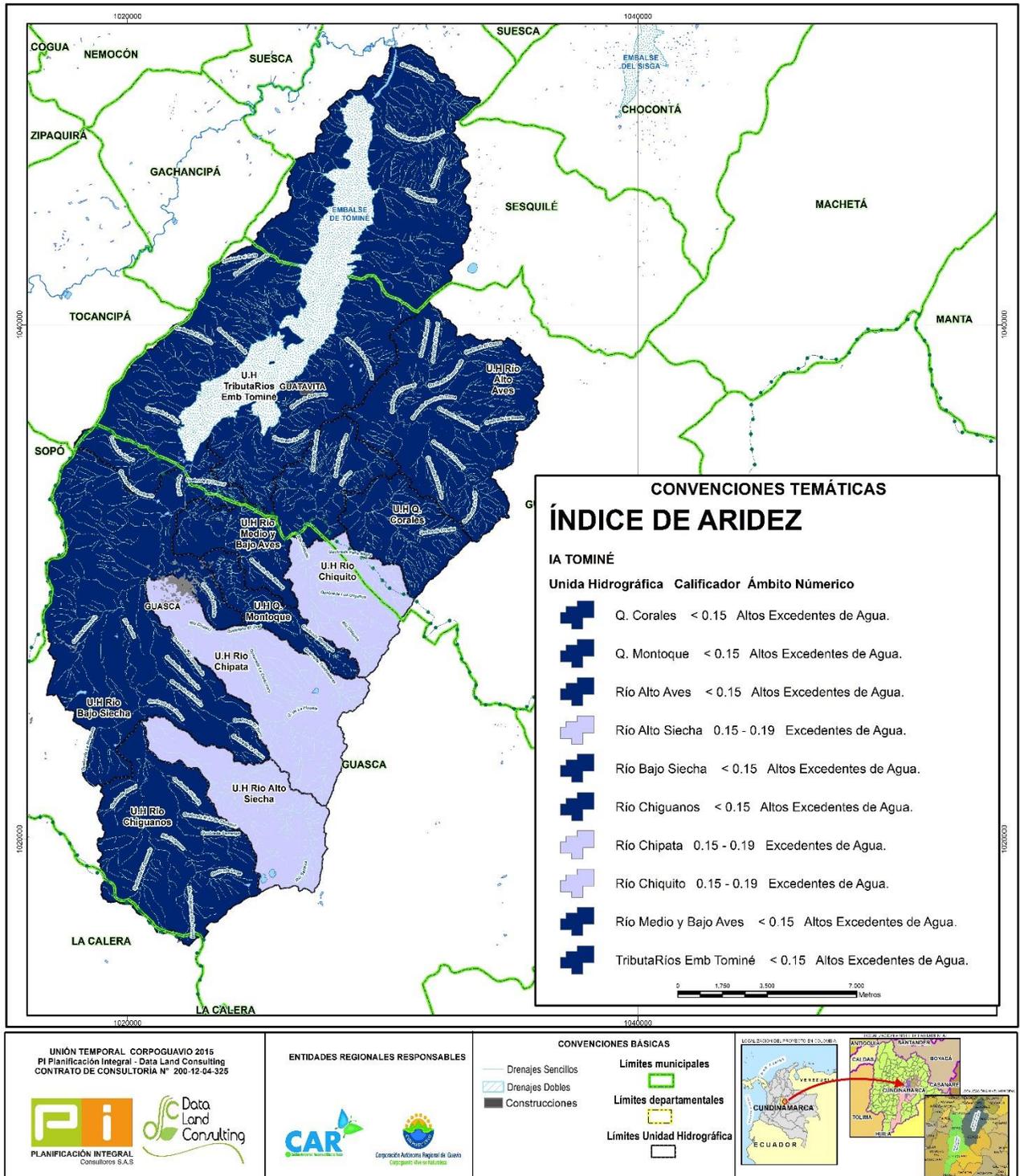


Figura 5.240. Índice de aridez por Unidad Hidrográfica subcuenca Embalse Tominé.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Bibliografía

- ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA PRECIPITACIÓN EN COLOMBIA ASOCIADA A PROCESOS OCEÁNICOS Y ATMOSFÉRICOS DE MESO Y GRAN ESCALA, JOSÉ EDGAR MONTEALEGRE BOCANEGRA, Diciembre 2009.
- MONTEALEGRE, Edgar & PABÓN Daniel. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Universidad Nacional: Revista Meteorología Colombiana 2: 7-21: 2000.
- RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE OCEÁNICO DE EL NIÑO Y LA LLUVIA EN LA REGIÓN ANDINA CENTRA DE COLOMBIA, VICTO HUGO RAMÍREZ, ÁLVARO JARAMILLO. CENICAFE, 60 PAG 161-172, AÑO 2009.