ACTUALIZACIÓN

POMCA

RÍO RECIO Y VENADILLO

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica

CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

FASE DE DIAGNÓSTICO

POMCA-RR&V (CÓDIGO 2125 – 01)

Corporación de Cuencas del Tolima
CORCUENCAS
NIT. 800.246.198 – 8
Calle 10 N° 3 – 76 Of. 303
Edf. Cámara de Comercio de Ibagué
Tel. (8) 2635780 – 2612412

Título del Documento: TOMO 3.1.

CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

Código del Documento: 2125-01RR&V-TA-3.1.-V05

REGISTRO DE APROBACIÓN:

Elaboró:	Avaló:	Aprobó:
Corporación de Cuencas del Tolima CORCUENCAS	**Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA**	**Consorcio POMCAS 2014**

Este reporte ha sido preparado por el Consorcio Tolima Ambiental, y cedido a la Corporación de Cuencas del Tolima – CORCUENCAS, con un conocimiento razonable, con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con la Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA, siguiendo los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS en la Guía POMCAS 2014 y bajo la interventoría del Consorcio POMCAS 2014.

CONTENIDO

1 DESCRIPCIÓN 11

2 CARACTERIZACIÓN DE LA RED METEOROLÓGICA EXISTENTE 12

2.1 ESTACIONES MEDIDORAS DE PRECIPITACIÓN 12
2.2 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS 16

3 CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS . 21

3.1 PRECIPITACIÓN 21
3.1.1 Selección de las estaciones según área de influencia mediante polígonos de Thiessen 24
3.1.2 Selección de las estaciones según periodo de registro 29
3.1.3 Complementación de información a nivel mensual 35
3.1.4 Análisis de homogeneidad y consistencia 36
3.1.5 Estaciones de precipitación seleccionadas 43
3.1.6 Análisis de tendencias de la precipitación 44
3.2 TEMPERATURA 46
3.2.1 Selección de las estaciones según periodo de registro 46
3.2.2 Complementación de información a nivel mensual 51
3.2.3 Análisis de tendencias de la temperatura media 52
3.3 EVAPORACIÓN, HUMEDAD RELATIVA, BRILLO SOLAR, NUBOSIDAD, VELOCIDAD Y RECORRIDO DEL VIENTO 53

4 COMPORTAMIENTO PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS 54

4.1 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL 54
4.1.1 Distribución temporal 54
4.1.2 Distribución espacial 64
4.2 TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE 66
4.2.1 Distribución temporal 66
4.2.2 Distribución espacial 72
4.3 TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE 79
4.3.1 Distribución temporal 79
4.3.2 Distribución espacial 83
4.4 TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE 90
4.4.1 Distribución temporal 90
4.4.2 Distribución espacial 95
4.5 EVAPORACIÓN 100
4.5.1 Distribución temporal 100
4.5.2 Distribución espacial 102
4.6 HUMEDAD RELATIVA 103
4.6.1 Distribución temporal 103
4.6.2 Distribución espacial 105
4.7 BRILLO SOLAR 105
4.7.1 Distribución temporal 105
4.7.2 Distribución espacial 107

4.8 NUBOSIDAD 107
4.8.1 Distribución temporal 107
4.8.2 Distribución espacial 110
4.9 VELOCIDAD Y RECORRIDO DEL VIENTO 110

5 IDENTIFICACIÓN DE VARIACIÓN CLIMÁTICA – ENSO 111

5.1 ESCALAS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA 111
5.1.1 Estacional 111
5.1.2 Intra-estacional 112
5.1.3 Inter-anual 112
5.2 SELECCIÓN DEL AÑO SECO PARA EL PRESENTE ESTUDIO 114
5.3 ÍNDICE PUNTUAL DE ANOMALÍAS PARA PRECIPITACIÓN (INTRA E INTERANUAL) 115
5.4 ÍNDICE PUNTUAL DE ANOMALÍAS PARA TEMPERATURA (INTRA E INTERANUAL) 138

6 EVENTOS EXTREMOS – PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS 151

6.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS 151
6.2 CURVA INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA, IDF 172

7 BALANCE HÍDRICO 176

7.1 PRECIPITACIÓN EFECTIVA O INFILTRACIÓN 176
7.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL 176
7.3 EXCEDENTE Y DÉFICIT PARA LAS SUBCUENCAS EN LA ZONA DE ESTUDIO 183
7.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ANUAL Y MENSUAL 253
7.5 METODOLOGÍA THORNTWAITE PARA BALANCE HÍDRICO 260
7.6 CAUDALES MEDIOS A NIVEL MENSUAL Y ANUAL PARA CUENCAS, SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE ACUEDUCTOS DE CENTROS POBLADOS Y CENTROS URBANOS 264
7.7 RENDIMIENTO HÍDRICO A NIVEL MENSUAL Y ANUAL PARA SUBCUENCAS 268

8 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN CALDAS – LANG 272

9 ÍNDICE DE ARIDEZ 279

10 NECESIDADES DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO 283

BIBLIOGRAFÍA 284

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones medidoras de precipitación localizadas en la zona de estudio 13
Tabla 2. Nomenclatura parámetros medidos estaciones medidoras de precipitación..... 15
Tabla 3. Estaciones climatológicas en la zona de estudio..... 17
Tabla 4 Nomenclatura parámetros medidos 18
Tabla 5. Estaciones medidoras de precipitación descartadas en el primer criterio de selección por su ubicación..... 24
Tabla 6. Estaciones medidoras de precipitación seleccionadas por el primer criterio de selección por su ubicación..... 26
Tabla 7. Estaciones medidoras de precipitación descartadas en el segundo criterio de selección por su periodo de registro 34
Tabla 8. Estaciones Pluviométricas y pluviográficas seleccionadas bajo el segundo criterio de selección (periodo de registro)..... 35
Tabla 9. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación de registros históricos para precipitación 36
Tabla 10. Estaciones de precipitación finalmente seleccionadas..... 43
Tabla 11. Estaciones climatológicas medidoras de temperatura..... 47
Tabla 12. Estaciones climatológicas seleccionadas..... 50
Tabla 13. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación anual de registros históricos para temperatura media..... 51
Tabla 14. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación anual de registros históricos para temperatura mínima..... 51
Tabla 15. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación anual de registros históricos para temperatura máxima..... 52
Tabla 16. Precipitación media mensual y anual a nivel multianual..... 55
Tabla 17. Temperatura media mensual y anual a nivel multianual..... 67
Tabla 18. Ecuaciones para la distribución espacial de la temperatura media..... 77
Tabla 19. Temperatura máxima mensual y anual a nivel multianual 79
Tabla 20. Ecuaciones para la distribución espacial de la temperatura máxima..... 87
Tabla 21. Temperatura mínima mensual y anual a nivel multianual..... 90
Tabla 22. Ecuaciones para la distribución espacial de la temperatura mínima..... 98
Tabla 23. Evaporación mensual y anual a nivel multianual..... 100
Tabla 24. Humedad relativa mensual y anual a nivel multianual..... 103
Tabla 25. Brillo solar mensual y anual a nivel multianual 106
Tabla 26. Nubosidad mensual y anual a nivel multianual..... 108
Tabla 27. Selección del año seco 114
Tabla 28. Descripción índice de anomalías de precipitación..... 115
Tabla 29. Descripción índice de anomalías de temperatura..... 138
Tabla 30. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación el Salto 152
Tabla 31. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Hda García 154
Tabla 32. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Bodega 156
Tabla 33. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Estrella..... 158
Tabla 34. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Quinta 160

Tabla 35. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Sierra 162
Tabla 36. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Líbano 164
Tabla 37. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Murillo 166
Tabla 38. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Sta. Isabel 168
Tabla 39. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Venadillo 170
Tabla 40. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas 173
Tabla 41. Calculo de curvas IDF para diferentes periodos de retorno para la estación El Salto 174
Tabla 42. Coeficiente de Cultivo (Kc) 178
Tabla 43. Estación limnigráfica empleada para la validación del balance hidrológico 262
Tabla 44. Validación del balance hídrico (valores en m^3/s) 263
Tabla 45. Caudales Medios a nivel mensual para las subcuencas en estudio 265
Tabla 46. Rendimiento hídrico a nivel mensual para las subcuencas en estudio 269
Tabla 47. Tipos climáticos según Caldas-Lang 273
Tabla 48. Unidades climatológicas por área y porcentaje de la cuenca 278
Tabla 49. Índice de aridez por área y porcentaje de la cuenca 282

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio 19
Figura 2. Comparación de la ubicación de las estaciones de CENICAFE y las del IDEAM 23
Figura 3. Localización Geográfica de las estaciones climatológicas y polígonos de Thiessen 28
Figura 4. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación 30
Figura 5. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación 31
Figura 6. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación 32
Figura 7. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación 33
Figura 8. Análisis de dobles masas estación pluviométrica Alto del Oso 38
Figura 9. Análisis de dobles masas estación climatológica ordinaria Sta. Isabel 40
Figura 10. Análisis de Dobles Masas Estación Climatológica Ordinaria Sta. Isabel 42
Figura 11. Análisis de tendencias para las estaciones medidoras de precipitación 44
Figura 12. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de temperatura 48
Figura 13. Análisis de tendencias para las estaciones medidoras de temperatura media 52
Figura 14. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica la Sierra – Periodo 1.955 a 2.015 56
Figura 15. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica la Estrella – Periodo 1.990 a 2.015 57

Figura 16. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.015 58
Figura 17. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica Venadillo – Periodo 1.974 a 2.015 59
Figura 18. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.013 60
Figura 19. Histograma de Precipitación Media Mensual a Nivel Multianual para la Estación Pluviométrica Murillo – Periodo 1.987 a 2.013 61
Figura 20. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica Líbano – Periodo 1.958 a 2.015 62
Figura 21. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación meteorológica la Bodega – Periodo 1.987 a 2.015 63
Figura 22. Isoyetas para las cuencas de los ríos Recio y Venadillo 65
Figura 23. Histograma de temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013 68
Figura 24. Histograma de temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012 69
Figura 25. Histograma de Temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria La Quinta - Periodo 1.984 a 2.012 70
Figura 26. Histograma de temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria el Salto - Periodo 1.984 a 2.012 71
Figura 27. Gradiente de temperatura media mensual y promedio anual de la cuenca del río Recio y río Venadillo 73
Figura 28. Isotermas de temperatura media anual para la cuenca del río Recio y río Venadillo 78
Figura 29. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013 80
Figura 30. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012 81
Figura 31. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria El Salto – Periodo 1.984 a 2.012 82
Figura 32. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria la Quinta – Periodo 1.984 a 2.012 83
Figura 33. Gradiente de temperatura máxima mensual y promedio anual de la cuenca del río Recio y río Venadillo 84
Figura 34. Isotermas de temperatura máxima para la cuenca del río Recio y río Venadillo 89
Figura 35. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013 91
Figura 36. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012 92
Figura 37. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación el Salto – Periodo 1.984 a 2.012 93
Figura 38. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación la Quinta – Periodo 1.984 a 2.012 94
Figura 39. Gradiente de temperatura mínima mensual y promedio anual de la cuenca del río Recio y río Venadillo 95
Figura 40. Isotermas de temperatura mínima para la cuenca del río Recio y río Venadillo 99

Figura 41. Histograma de evaporación mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.984 a 2.015 101
Figura 42. Histograma de evaporación mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.984 a 2.012 102
Figura 43. Histograma de humedad relativa mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013 104
Figura 44. Histograma de humedad relativa mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012 105
Figura 45. Histograma de brillo solar mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012 107
Figura 46. Histograma de nubosidad mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013 109
Figura 47. Histograma de nubosidad mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012 110
Figura 48. Fenómenos El Niño ocurridos en los últimos 65 años 113
Figura 49. Fenómenos La Niña ocurridos en los últimos 65 años 113
Figura 50. Anomalías de precipitación 116
Figura 51. Índice general consolidado anomalías de precipitación cuenca Río Recio - Venadillo 137
Figura 52. Anomalías de temperatura 139
Figura 53. Índice general consolidado anomalías de temperatura cuenca río Recio - Venadillo 148
Figura 54. Índice oceánico Niño (ONI) 150
Figura 55. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación El Salto 153
Figura 56. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Hda García 155
Figura 57. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación La Bodega 157
Figura 58. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación la Estrella 159
Figura 59. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación la Quinta 161
Figura 60. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación la Sierra 163
Figura 61. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Líbano 165
Figura 62. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Murillo 167
Figura 63. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Sta. Isabel 169
Figura 64. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Venadillo 171
Figura 65. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d 173
Figura 66. Curva intensidad- duración – frecuencia para la estación El Salto 175
Figura 67. Coeficiente de Cultivo (K_c) 179
Figura 68. Isolíneas de evapotranspiración potencial total anual para la cuenca del río Recio y río Venadillo 182
Figura 69. gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Alta 183
Figura 70. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Media Alta .. 184
Figura 71. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Media Baja . 185
Figura 72. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Baja 186

Figura 73. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada El Fraile..... 187
Figura 74. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Esperanza..... 188
Figura 75. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Guamal..... 189
Figura 76. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Danta 190
Figura 77. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Popal 191
Figura 78. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Canaán 192
Figura 79. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Peñas..... 193
Figura 80. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Plata..... 194
Figura 81. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Melladora 195
Figura 82. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río la Yuca 196
Figura 83. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la América..... 197
Figura 84. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Flandes..... 198
Figura 85. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Corazón 199
Figura 86. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Faro 200
Figura 87. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Animas 201
Figura 88. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Cairo 202
Figura 89. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Gallego 203
Figura 90. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Lechuza 204
Figura 91. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada de Megue..... 205
Figura 92. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Honda 206
Figura 93. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada los Micos..... 207
Figura 94. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Perlas..... 208
Figura 95. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Teire..... 209
Figura 96. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Aguador 210
Figura 97. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Tigre..... 211
Figura 98. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Santa Rosa..... 212
Figura 99. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada San Juan..... 213
Figura 100. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Refugio..... 214
Figura 101. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Castrillón..... 215
Figura 102. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Dantas..... 216
Figura 103. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Oso 217
Figura 104. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Crimen 218
Figura 105. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Cisne..... 219
Figura 106. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca Río Azul..... 220
Figura 107. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Mozul..... 221
Figura 108. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Palomas 222
Figura 109. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Venadillo Parte Alta 223
Figura 110. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Venadillo Parte Media.. 224
Figura 111. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Venadillo Parte Baja 225
Figura 112. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Chiquero 226
Figura 113. gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Galapo..... 227
Figura 114. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada los Monos 228
Figura 115. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Calderón..... 229
Figura 116. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Honda..... 230
Figura 117. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Oscura 231
Figura 118. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Palmarrosa 232
Figura 119. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Conchal..... 233
Figura 120. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Toloni..... 234
Figura 121. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Palmar..... 235
Figura 122. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca Zanjón Agua Blanca..... 236

Figura 123. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN2 237
Figura 124. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Purgatorio 238
Figura 125. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Rosa Cruz 239
Figura 126. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Siberia 240
Figura 127. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada San Antonio 241
Figura 128. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada del Contado 242
Figura 129. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Rodeo 243
Figura 130. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN3 244
Figura 131. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Guadualito 245
Figura 132. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN4 Venadillo ... 246
Figura 133. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN5 Venadillo ... 247
Figura 134. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Pava 248
Figura 135. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Esperanza 249
Figura 136. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN6 Venadillo ... 250
Figura 137. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Manura 251
Figura 138. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca Directos al Magdalena 252
Figura 139. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Tau-Tau 253
Figura 140. Triángulo textural 255
Figura 141. Profundidad radicular 256
Figura 142. Capacidad de almacenamiento del suelo (mm) 258
Figura 143. Isolíneas de evapotranspiración real anual 259
Figura 144. Escorrentía total anual de la cuenca en estudio 261
Figura 145. Pisos térmicos según Caldas – Lang. POMCA ríos Recio y Venadillo 275
Figura 146. Clasificación según Lang. POMCA ríos Recio y Venadillo 276
Figura 147. Clasificación según Caldas - Lang. POMCA ríos Recio y Venadillo 277
Figura 148. Índice de aridez. POMCAS ríos Recio y Venadillo 280

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Información Climatológica IDEAM - Digital
Anexo 2. Información IDEAM Completa - Digital
Anexo 3. Análisis Dobles Masas - Digital
Anexo 4. Anomalías - Digital
Anexo 5. Eventos Extremos - Digital
Anexo 6. Balance Hídrico - Digital
Anexo 7. Planos - Digital
Anexo 8. Mapas - Digital
Anexo 9. Oficios Respuestas- Digital

1 DESCRIPCIÓN

El presente informe está referido al estudio climatológico para el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Recio y el río Venadillo, en el departamento del Tolima.

El análisis climatológico en una cuenca hidrográfica permite realizar un primer acercamiento respecto a las características generales de la misma, ya que las condiciones meteorológicas son elementos que determinan tanto aspectos biofísicos como socioeconómicos y culturales. La dinámica climática se evalúa de una manera observacional por medio del análisis de las denominadas variables climatológicas, dependiendo de los sistemas de medición determinados para cada una de las variables, y de la escala temporal (horaria, diaria, mensual, etc.), estableciendo series de registro de datos que permiten estimar los valores medios y las condiciones extremas de las mismas. La precipitación, la evaporación, las temperaturas medias, máximas y mínimas, la humedad relativa, el brillo solar y la dirección y velocidad de los vientos son las variables de mayor representatividad, y su análisis y descripción permite generar una apropiada caracterización climática en una cuenca hidrográfica.

La cuenca hidrográfica del río Recio y el río Venadillo está localizada en el sector sur oriental del país, en el departamento del Tolima. En el Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica de los ríos Recio y Venadillo, se busca analizar las diferentes variables y condiciones climáticas que se presentan dentro de la misma. Para determinar las condiciones climatológicas de la cuenca, debe contemplarse el análisis de cada una de las variables climatológicas que cuenten con registros mayores o iguales a 15 años, teniendo en cuenta que, en muchas regiones del país, las series de registro tienen deficiencias considerables en aspectos de tiempos de registro y calidad de la información. Dentro del presente capítulo, se contempla el análisis de la distribución temporal de los diferentes parámetros climatológicos tomando los valores medios mensuales multianuales, así como su distribución espacial por medio de las isolíneas de precipitación y temperatura (Isoyetas e Isotermas), y a partir de las relaciones de cada parámetro, para las demás variables en estudio.

Finalmente, se desarrollan los apartes de balance hidroclimático a largo plazo, caracterización climática de la cuenca y determinación del índice de aridez, de suma importancia para el análisis situacional de la cuenca.

Con el propósito de poder desarrollar estos componentes, fue necesario recurrir a la información que surge de las mediciones de las estaciones hidrometeorológicas disponibles en el área de la cuenca y aledañas, en este caso, estaciones bajo el manejo del IDEAM y otras entidades recolectoras de información hidroclimatológica, que registran la información que será sometida a análisis y depuración para realizar los estudios requeridos.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA RED METEOROLÓGICA EXISTENTE

Para el presente estudio, fueron analizadas las estaciones climatológicas, pluviométricas, pluviográficas y sinópticas principales disponibles en la zona de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo y áreas aledañas. Estas estaciones se encuentran ubicadas en el departamento del Tolima. Para esto, se adquirieron los datos de precipitación, evaporación, temperaturas media, máxima y mínima, humedad relativa, brillo solar total y velocidad y recorrido del viento, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Así mismo, se consultó qué estaciones existen en la zona pertenecientes a otras entidades como son: La federación Nacional de Cafeteros (FNC), Ministerio de Agricultura (MINAG), Ministerio de Economía (MINEC), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Centro de Investigaciones de Café (CENICAFE).

En la Tabla 1 y en la Tabla 3 se presentan las estaciones representativas de la zona de estudio, las cuales presentan registros para el análisis requerido para los componentes climáticos del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Recio y Río Venadillo.

2.1 ESTACIONES MEDIDORAS DE PRECIPITACIÓN

Las estaciones medidoras de precipitación en la zona de estudio fueron analizadas según las condiciones dadas en la guía técnica de formulación de POMCAS (2.014), con registros iguales o mayores a 15 años.

En la Tabla 1 se muestran las estaciones medidoras de precipitación, indicando su código, tipo, municipio, coordenadas, elevación y parámetros medidos, para la zona de estudio.

Tabla 1. Estaciones medidoras de precipitación localizadas en la zona de estudio

No.	Código	Tipo	Nombre De Estación	Corriente	DPTO.	Paráme-tros Medidos	Municipio	Coordenadas		Elevación	Carácter (Público O Privado)	Informa-ción Disponible En	Estado	Año	
								Lat. (N)	Long. (W)	(msnm)				Instala-ción	Suspen-sión
1	21250070	PM	SIERRA LA	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA	4,80008	74,93578	477	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.955	-
2	21250100	PM	ESTRELLA LA	RECIO	TOLIMA	1, 3	VENADILLO	4,75586	74,90531	400	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.988	-
3	21255110	CO	STA ISABEL	RECIO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,70175	75,13189	2.091	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.975	-
4	21245140	CO	STA ISABEL	TOTARE	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,71194	75,09444	2.250	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.981	-
5	21250460	PM	VENADILLO	VENADILLO	TOLIMA	1, 3	VENADILLO	4,66381	74,91775	430	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.974	-
6	21255080	CP	SALTO EL	MAGDALENA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15	AMBALEMA	4,78375	74,76794	450	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.968	-
7	21210260	PG	SILENCIO EL	COMBEIMA	TOLIMA	1, 3	IBAGUÉ	4,63333	75,38333	2.500	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.999	-
8	21240070	PM	ANZOÁTEGUI	LA CHINA	TOLIMA	1, 3	ANZOÁTEGUI	4,6375	75,09	1.814	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.974	-
9	26135140	CO	LAGUNA LA	OTÚN	RISARALDA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	PEREIRA	4,77922	75,40058	4.000	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.981	-
10	21255140	CP	QUINTA LA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	LÉRIDA	4,82161	74,92069	500	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.983	-
11	21250050	PM	ALTO DEL OSO	RECIO	TOLIMA	1, 3	MURILLO	4,85	75,25	3.150	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.986	-
12	21255150	CP	GARCÍA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	LÉRIDA	4,85542	74,89156	350	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.960	-
13	21250110	PM	MURILLO	RECIO	TOLIMA	1, 3	MURILLO	4,87056	75,17333	2.960	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.960	-
14	26155150	CP	BRISAS LAS	MOLINOS	CALDAS	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15	VILLAMARIA	4,90147	75,35	4.150	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.981	-
15	21250480	PM	STA BÁRBARA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	MURILLO	4,90389	75,21861	3.460	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.975	-
16	21250170	PM	BOQUERÓN	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	VILLAHERMOSA	4,90389	75,25278	3.740	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.986	-
17	21250500	PM	LÍBANO	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÍBANO	4,92194	75,07583	1.585	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.958	-
18	21245130	ME	BODEGA LA	RECIO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,73583	75,13889	2.750	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.981	2.011
19	21250430	PM	CAMPAMENTO AMBALEM	MAGDALENA	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,78333	74,76667	241	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.968	2.002

No.	Código	Tipo	Nombre De Estación	Corriente	DPTO.	Paráme-tros Medidos	Municipio	Coordenadas		Elevación (msnm)	Carácter (Público O Privado)	Informa-ción Disponible En	Estado	Año	
								Lat. (N)	Long. (W)					Instala-ción	Suspen-sión
20	21250580	PM	BOQUERÓN	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,8	74,83333	405	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
21	21240040	PM	STA ISABEL	TOTARE	TOLIMA	1, 3	SANTA ISABEL	4,7	75,1	2.500	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.958	1.981
22	21250540	PM	BOCATOMA C NORTE	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,78333	74,8	340	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
23	21250590	PM	BOCATOMA C CENTRAL	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,78333	74,78333	310	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
24	21245090	ME	ERMITA LA	TOTARITO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,71667	75,25	3.250	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.981	2.004
25	21250630	PM	BALMORAL	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA	4,8	74,91667	415	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
26	21250600	PM	GAMBA	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,81667	74,76667	320	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
27	21250620	PM	MANGON EL	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA	4,81667	74,91667	450	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
28	21250560	PM	CHORRILLO	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,83333	74,81667	355	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
29	21250610	PM	ALSACIA	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,85	74,78333	310	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
30	21250570	PM	IGUACITOS	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA	4,85	74,85	375	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.983	2.002
31	21250190	PM	GARCÍA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA	4,85	74,9	410	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.960	1.986
32	21250370	PM	FLORIDA LA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA	4,93333	74,81667	340	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.964	1.985
33	21250060	PM	IDEMA-ARMERO	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	ARMERO	4,96667	74,91667	390	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.964	1.974
34	2125004	PM	CAIRO EL	RECIO	TOLIMA	1, 3	LIBANO	4,56	75,04	1.585	PRIVADO	MINAG	SUS	1.947	1.956
35	2125502	CO	LIBANO	RECIO	TOLIMA	4, 5, 6	LIBANO	4,56	75,03	1.495	PRIVADO	MINEC	SUS	1.934	1.948
36	2125040	PM	TRINIDAD LA	RECIO	TOLIMA	1, 3	LIBANO	4,55	75,04	1.430	PRIVADO	FNC	SUS	1.955	1.975
37	2125513	CO	TRINIDAD LA	RECIO	TOLIMA	4, 5, 6	LIBANO	4,55	75,04	1.430	PRIVADO	FNC	SUS	1.972	1.975
38	2000101	PM	PLANES	RECIO	TOLIMA	1	LÉRIDA	4,5	75	1.223	PRIVADO	CENICAFE	ACT	1.988	-
39	2125513	CO	LA TRINIDAD	RECIO	TOLIMA	4, 5, 6, 10	LIBANO	2,45	76,35	1.671	PRIVADO	CENICAFE	ACT	1.976	-
40	2125506	PM	GRANJA LA UNIÓN	RECIO	TOLIMA	1	LIBANO	4,55	75,3	1.514	PRIVADO	CENICAFE	ACT	2.007	-
41	2125042	PM	EL EDÉN	RECIO	TOLIMA	1	LIBANO	4,58	75,1	1.350	PRIVADO	CENICAFE	ACT	1.988	-

No.	Código	Tipo	Nombre De Estación	Corriente	DPTO.	Paráme-tros Medidos	Municipio	Coordenadas		Elevación	Carácter (Público O Privado)	Informa-ción Disponible En	Estado	Año	
								Lat. (N)	Long. (W)	(msnm)				Instala-ción	Suspen-sión
42	650	PM	SANTA BARABARA	RECIO	TOLIMA	1	SANTA ISABEL	4,46	75,2	1.670	PRIVADO	CENICAFE	ACT	2.007	-
	Nota:	PG	Pluviográfica	CP	Climatológica Principal										
		PM	Pluviométrica	ME	Meteorológica Especial										
		CO	Climatológica Ordinaria												

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 2. Nomenclatura parámetros medidos estaciones medidoras de precipitación

Nomenclatura Parámetros Medidos Estaciones Medidoras De Precipitación									
1.Precipitacion Totales (mm)	2. Precipitación No. Días	3. Precipitación Max. 24/Hrs	4.Temperatura Media (ºc)	5.Temperatura Máxima (ºc)	6.Temperatura Mínima (ºc)	7.Temperatura Media Mínima (ºc)	8.Temperatura Media Máxima(ºc)	9.Temper Bulbo Húmedo (ºc)	10. Humedad Relativa (%)
11.Evaporación (Mm)	12.Brillo Solar (Horas)	13.Nubosidad (Octas)	14.Tension De Vapor	15. Veloc. – Dirección Viento (v) (m/s) v/d	16. Vientos Máximos (Veloc. Y Dirección)	17 Vientos Medios (M/S)	18.Recorrido Del Viento (Km)	19. Punto De Rocío (%)	20.Caudales Medios (M³/Seg)
21.Caudales Máximos (m³/seg)	22.Caudales Mínimos (m³/Seg)	23.Niveles Medios (cm)	24.Niveles Máximos (cm)	25.Niveles Mínimos (cm)	26. Concentrac. Sedimentos Medios (***)	27. Concentrac. Sedimentos Mínimos (***)	28. Concentrac. Sedimentos Máximos	29. Transp. Sedimentos Medios (***)	30. Transp. Sedimentos Totales
31. Transp. Sedimentos Máximos	32. Resumen Aforos Líquidos	33. Resumen Aforos Sólidos	19. Punto De Rocío (%)	20.Caudales Medios (m³/seg)					

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

2.2 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Al igual que las estaciones medidoras de precipitación, se analizaron las estaciones climatológicas, teniendo en cuenta la guía técnica de formulación de POMCAS (2.014), con registros iguales o mayores a 15 años, para cada una de las variables que tales estaciones miden.

En la Tabla 3 se muestran las estaciones climatológicas de la zona de estudio, indicando su código, tipo, municipio, coordenadas, elevación y parámetros medidos; para estos últimos se especifica la nomenclatura en la Tabla 4.

Tabla 3. Estaciones climatológicas en la zona de estudio

No.	Código	Te	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Parámetros Medidos	Municipio	Coordenadas		Elevación (msnm)	Carácter (Público O Privado)	Información Disponible En	Estado	Año	
								Latitud	Longitud					Instalación	Suspensión
1	21255110	CO	STA ISABEL	RECIO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,70175	75,13189	2.091	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.975	-
2	21245140	CO	STA ISABEL	TOTARE	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,71194	75,09444	2.250	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.981	-
3	21255080	CP	SALTO EL	MAGDALENA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15	AMBALEMA	4,78375	74,76794	450	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.968	-
4	26135140	CO	LAGUNA LA	OTÚN	RISARALDA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	PEREIRA	4,77922	75,40058	4.000	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.981	-
5	21255140	CP	QUINTA LA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	LÉRIDA	4,82161	74,92069	500	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.983	-
6	21255150	CP	GARCÍA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	LÉRIDA	4,85542	74,89156	350	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.960	-
7	26155150	CP	BRISAS LAS	MOLINOS	CALDAS	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15	VILLAMARIA	4,90147	75,35	4.150	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.981	-
8	21245130	ME	BODEGA LA	RECIO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,73583	75,13889	2.750	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.981	2.011
9	21245090	ME	ERMITA LA	TOTARITO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL	4,71667	75,25	3.250	PÚBLICO	IDEAM	SUS	1.981	2.004
10	2125502	CO	LIBANO	RECIO	TOLIMA	4, 5, 6	LIBANO	4,56	75,03	1.495	PRIVADO	MINEC	SUS	1.934	1.948
11	2125513	CO	TRINIDAD LA	RECIO	TOLIMA	4, 5, 6	LIBANO	4,55	75,04	1.430	PRIVADO	FNC	SUS	1.972	1.975
12	2125513	CO	LA TRINIDAD	RECIO	TOLIMA	4, 5, 6, 10	LIBANO	2,45	76,35	1.671	PRIVADO	CENICAFE	ACT	1.976	-
	Nota:	PG	Pluviográfica	CP	Climatológica Principal										
		PM	Pluviométrica	ME	Meteorológica Especial										
		CO	Climatológica Ordinaria												

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

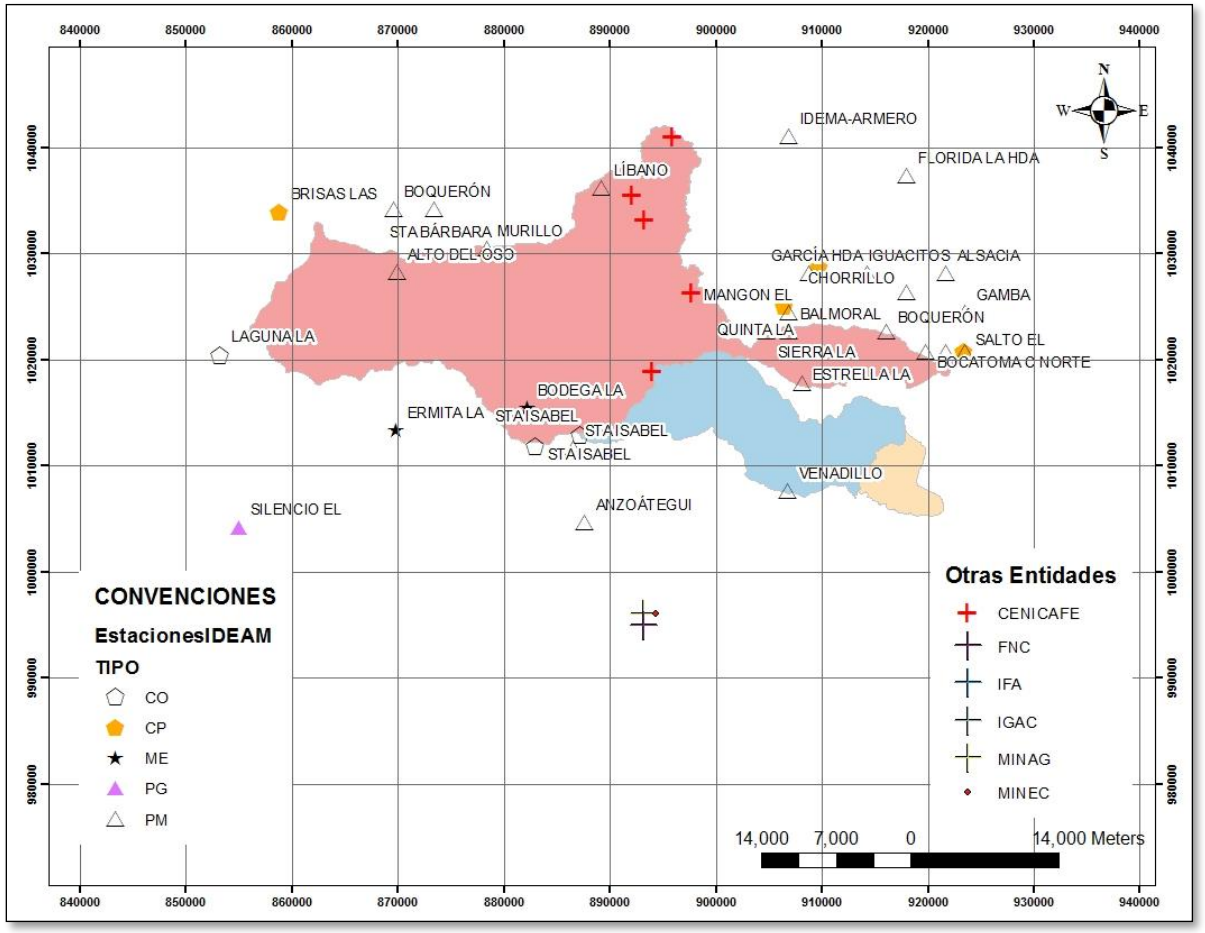
Tabla 4 Nomenclatura parámetros medidos

Nomenclatura Parámetros Medidos									
1.Precipitacion Totales (mm)	2. Precipitación No. Días	3. Precipitación Max. 24/Hrs	4.Temperatura Media (ºc)	5.Temperatura Máxima (ºc)	6.Temperatura Mínima (ºc)	7.Temperatura Media Mínima (ºc)	8.Temperatura Media Máxima(ºc)	9.Temper Bulbo Húmedo (ºc)	10. Humedad Relativa (%)
11.Evaporación (Mm)	12.Brillo Solar (Horas)	13.Nubosidad (Octas)	14.Tension De Vapor	15. Veloc. – Dirección Viento (v) (m/s) v/d	16. Vientos Máximos (Veloc. Y Dirección)	17 Vientos Medios (M/S)	18.Recorrido Del Viento (Km)	19. Punto De Rocío (%)	20.Caudales Medios (M³/Seg)
21.Caudales Máximos (m³/seg)	22.Caudales Mínimos (m³/Seg)	23.Niveles Medios (cm)	24.Niveles Máximos (cm)	25.Niveles Mínimos (cm)	26. Concentrac. Sedimentos Medios (***)	27. Concentrac. Sedimentos Mínimos (***)	28. Concentrac. Sedimentos Máximos	29. Transp. Sedimentos Medios (***)	30. Transp. Sedimentos Totales
31. Transp. Sedimentos Máximos	32. Resumen Aforos Líquidos	33. Resumen Aforos Sólidos	19. Punto De Rocío (%)	20.Caudales Medios (m³/seg)					

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

A continuación, en la Figura 1, se muestran las 42 estaciones ubicadas en la zona de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo

Figura 1. Localización de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Los estudios climatológicos contemplan los análisis de las variables más importantes, como son: la precipitación total, la evaporación, las temperaturas medias, máximas y mínimas, la humedad relativa, el brillo solar y la velocidad y dirección del viento.

Para determinar las condiciones climatológicas de la cuenca, debe contemplarse el análisis de cada una de las variables climatológicas que cuenten con registros mayores o iguales a 15 años. Dentro del presente estudio, se contempla el análisis de la distribución temporal y espacial de los diferentes parámetros climatológicos tomando los valores medios mensuales multianuales originados desde la información diaria disponible, así como su distribución espacial por medio de las isolíneas de precipitación y temperatura (Isoyetas e Isotermas), y a partir de las relaciones de cada parámetro con la altura, para las demás variables en estudio.

Por otro lado, es necesario aclarar que únicamente se utilizaron las estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, debido a la facilidad de acceso a los datos y a la confiabilidad de los mismos (Para ver el inventario de la información suministrada por el IDEAM y utilizada en el presente estudio, consultar el Anexo 1 INFO CLIMATOLÓGICA IDEAM). En la Figura 1 se puede observar que las estaciones de otras entidades se encuentran retiradas de la zona de estudio, y además la mayoría de éstas están suspendidas.

3 CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

3.1 PRECIPITACIÓN

Para hacer el análisis climatológico de las cuencas objeto de estudio, es necesario revisar la calidad de la información existente. Por esta razón se debe examinar que las series de datos sean continuas, suficientes y homogéneas.

Dentro de los estudios de climatología, la precipitación se considerada el parámetro determinante en la regulación, dinámica y generación del recurso hídrico, tanto desde el punto de vista superficial como subterráneo.

La precipitación opera como el componente más importante del ciclo hidrológico, garantizando la recarga de los acuíferos, la escorrentía superficial y la evaporación, y permitiendo el desarrollo de los seres vivos sobre el planeta. Se origina en la atmósfera, a partir de las nubes, cargadas de humedad que alcanzan su punto de condensación, y se precipitan ayudadas por la fuerza de la gravedad. Cuando la velocidad del viento ascendente es alta, evita que las gotas de agua precipiten, y las eleva hasta que se forma el granizo; en este punto, si vence la fuerza de gravedad, se precipitan en forma sólida.

Como se observa en la Tabla 1 en la zona de estudio existen algunas estaciones operadas por CENICAFE. Estas estaciones no fueron utilizadas debido a que se hizo una consulta al IDEAM y de acuerdo con la carta de respuesta con Radicado No. 20184000003851 con fecha 19 -04 – 2.018 al Consorcio Tolima Ambiental, la información no es avalada por esta entidad, por lo tanto, tales estaciones no fueron tenidas en cuenta (Ver Anexo 9). No obstante, ante el requerimiento de CORTOLIMA, esta Consultoría optó por revisar la información de estas estaciones descartándolas de todas formas por los motivos que se explican a continuación:

En primera medida se revisó los años de registro de las estaciones operadas por CENICAFE, señalas en la Figura 2:

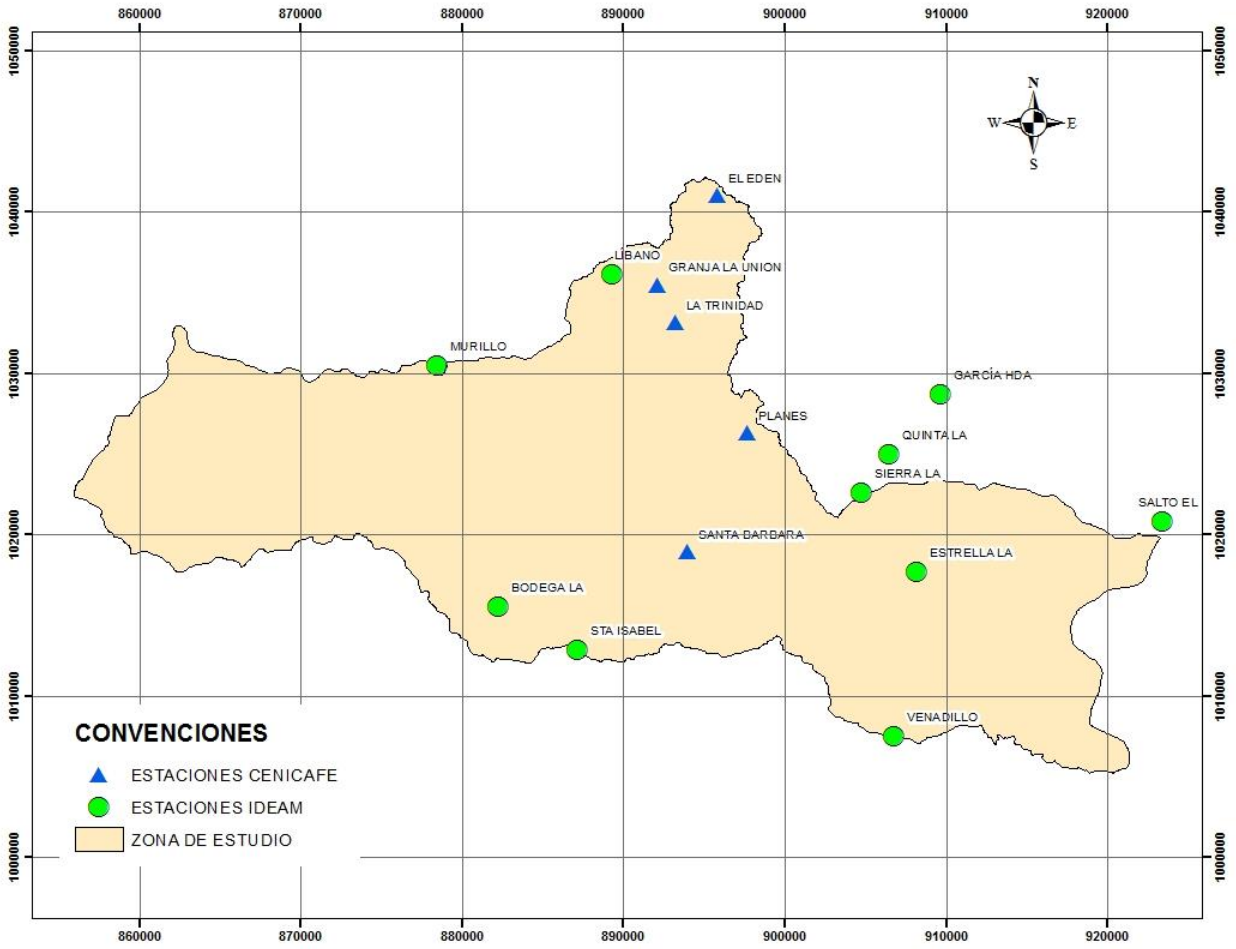
- Estación Planes: 1.988 – 2.016 = 28 años
- Estación La Trinidad: 1.976 – 2.016 = 40 años
- Estación Granja La Unión: 2.007 – 2.016 = 9 años
- Estación El Edén: 1.988 – 2.016 = 28 años
- Estación Santa Bárbara: 2.007 – 2.016 = 9 años

De tal forma, sabiendo que el periodo de registro seleccionado para este estudio debe ser superior a 15 años, dos de las estaciones que son operadas por CENICAFE (Santa Bárbara y Granja La Unión) se descartaron por no tener los registros completos.

El segundo paso, fue evaluar su ubicación, como se observa en la Figura 2 las estaciones operadas por CENICAFE se encuentran ubicadas en la parte media de la zona de estudio, entre tales estaciones están: El Edén, Granja La Unión y la Trinidad, las cuales están relativamente cercanas a la estación Líbano, la cual es operada por el IDEAM y todas estas presentan elevaciones entre 1.350 y 1585 msnm. Mientras que, las

estaciones Planes y Santa Bárbara de CENICAFE son cercanas a las estaciones La Sierra y Santa Isabel respectivamente estas dos últimas del IDEAM.

Figura 2. Comparación de la ubicación de las estaciones de CENICAFE y las del IDEAM



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Debido a lo anterior las estaciones de CENICAFE no representan una diferencia significativa al realizar una interpolación de la precipitación en la zona de estudio ya que las mismas se encuentran relativamente cercanas a estaciones que son operadas por el IDEAM, y no se hace necesario la compra de esta información, que si posee un valor bastante elevado (Treinta y cinco millones quinientos diecinueve mil pesos $35´519.000).

A continuación, se presentan los criterios para seleccionar las estaciones con las cuales se va a realizar el análisis de precipitación y climatología sobre la zona de proyecto.

3.1.1 Selección de las estaciones según área de influencia mediante polígonos de Thiessen

Principalmente, para hacer el análisis climático y de lluvias, es preciso trazar las hoyas hidrográficas aferentes para cada uno de los ríos ubicados en la zona de estudio, las cuales ya fueron trazadas como se puede evidenciar en el documento 3.4. HIDROGRAFÍA de esta misma Fase.

Para el análisis climático de la zona de estudio y las áreas de drenaje aferentes a ésta, se recopiló la información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (Ver Anexo 2. INFO CLIMATOLÓGICA IDEAM). Así mismo, en la Tabla 1 se presenta el nombre, tipo y código de cada una de estas estaciones representativas para este sector, y sus características de localización, elevación y los parámetros medidos, mientras que, su ubicación se puede observar en la Figura 3.

Así mismo, las estaciones La Laguna (Código 26135140) y Las Brisas (Código 26155150) se descartaron porque están ubicadas en los departamentos de Risaralda y Caldas, respectivamente, y no son representativas del clima de la zona de estudio. Por lo anterior, y a partir de este primer criterio de selección las estaciones indicadas en la Tabla 5 fueron descartadas y en la Tabla 6 fueron las seleccionadas:

Tabla 5. Estaciones medidoras de precipitación descartadas en el primer criterio de selección por su ubicación

Código	TE	Nombre De Estación
21250480	PM	STA BÁRBARA
2000101	PM	PLANES
2125004	PM	CAIRO EL
2125502	CO	LIBANO
2125040	PM	TRINIDAD LA
2125513	CO	TRINIDAD LA
2125513	CO	LA TRINIDAD
2125506	PM	GRANJA LA UNIÓN
2125042	PM	EL EDÉN
26135140	CO	LAGUNA LA
26155150	CP	BRISAS LAS

Código	TE	Nombre De Estación
21210260	PG	SILENCIO EL
21240070	PM	ANZOÁTEGUI
21250170	PM	BOQUERÓN
650	PM	SANTA BÁRBARA
Nota:	PM	Pluviométrica
	CO	Climatológica Ordinaria
	CP	Climatológica Principal

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

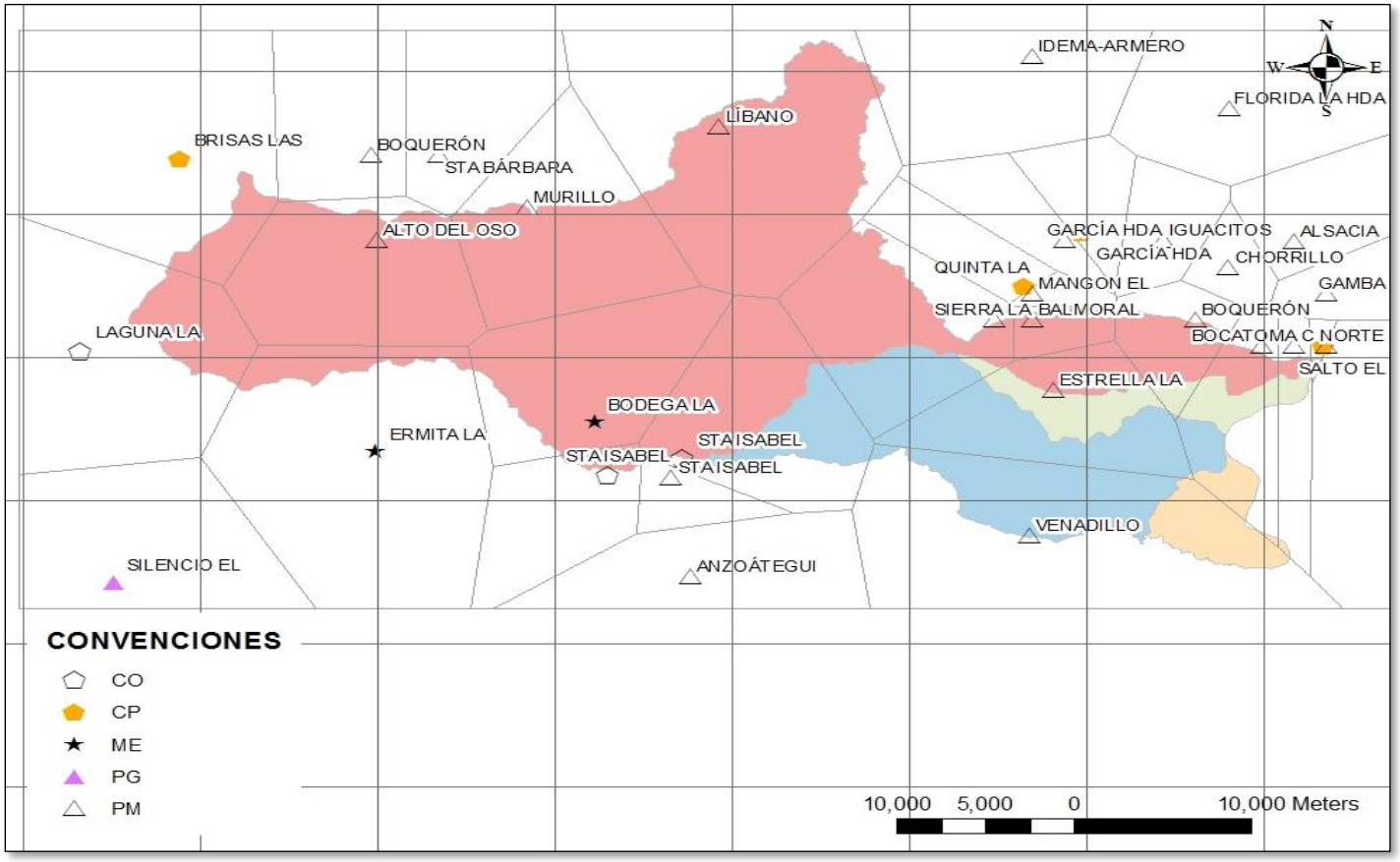
Tabla 6. Estaciones medidoras de precipitación seleccionadas por el primer criterio de selección por su ubicación

Código	TE	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Parámetros Medidos	Municipio
21250070	PM	SIERRA LA	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA
21250100	PM	ESTRELLA LA	RECIO	TOLIMA	1, 3	VENADILLO
21255110	CO	STA ISABEL	RECIO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL
21245140	CO	STA ISABEL	TOTARE	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL
21250460	PM	VENADILLO	VENADILLO	TOLIMA	1, 3	VENADILLO
21255080	CP	SALTO EL	MAGDALENA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15	AMBALEMA
21255140	CP	QUINTA LA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	LÉRIDA
21250050	PM	ALTO DEL OSO	RECIO	TOLIMA	1, 3	MURILLO
21255150	CP	GARCÍA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	LÉRIDA
21250110	PM	MURILLO	RECIO	TOLIMA	1, 3	MURILLO
21250500	PM	LÍBANO	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÍBANO
21245130	ME	BODEGA LA	RECIO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL
21250430	PM	CAMPAMENTO AMBALEM	MAGDALENA	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21250580	PM	BOQUERÓN	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21240040	PM	STA ISABEL	TOTARE	TOLIMA	1, 3	SANTA ISABEL
21250540	PM	BOCATOMA C NORTE	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21250590	PM	BOCATOMA C CENTRAL	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21245090	ME	ERMITA LA	TOTARITO	TOLIMA	1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL
21250630	PM	BALMORAL	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA
21250600	PM	GAMBA	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21250620	PM	MANGON EL	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA
21250560	PM	CHORRILLO	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21250610	PM	ALSACIA	RECIO	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21250570	PM	IGUACITOS	RECIO	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA
21250190	PM	GARCÍA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	LÉRIDA

Código	TE	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Parámetros Medidos	Municipio
21250370	PM	FLORIDA LA HDA	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	AMBALEMA
21250060	PM	IDEMA-ARMERO	LAGUNILLA	TOLIMA	1, 3	ARMERO
PG	Pluviográfica		CP	Climatológica Principal		
PM	Pluviométrica		ME	Meteorológica Especial		
CO	Climatológica Ordinaria					

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 3. Localización Geográfica de las estaciones climatológicas y polígonos de Thiessen



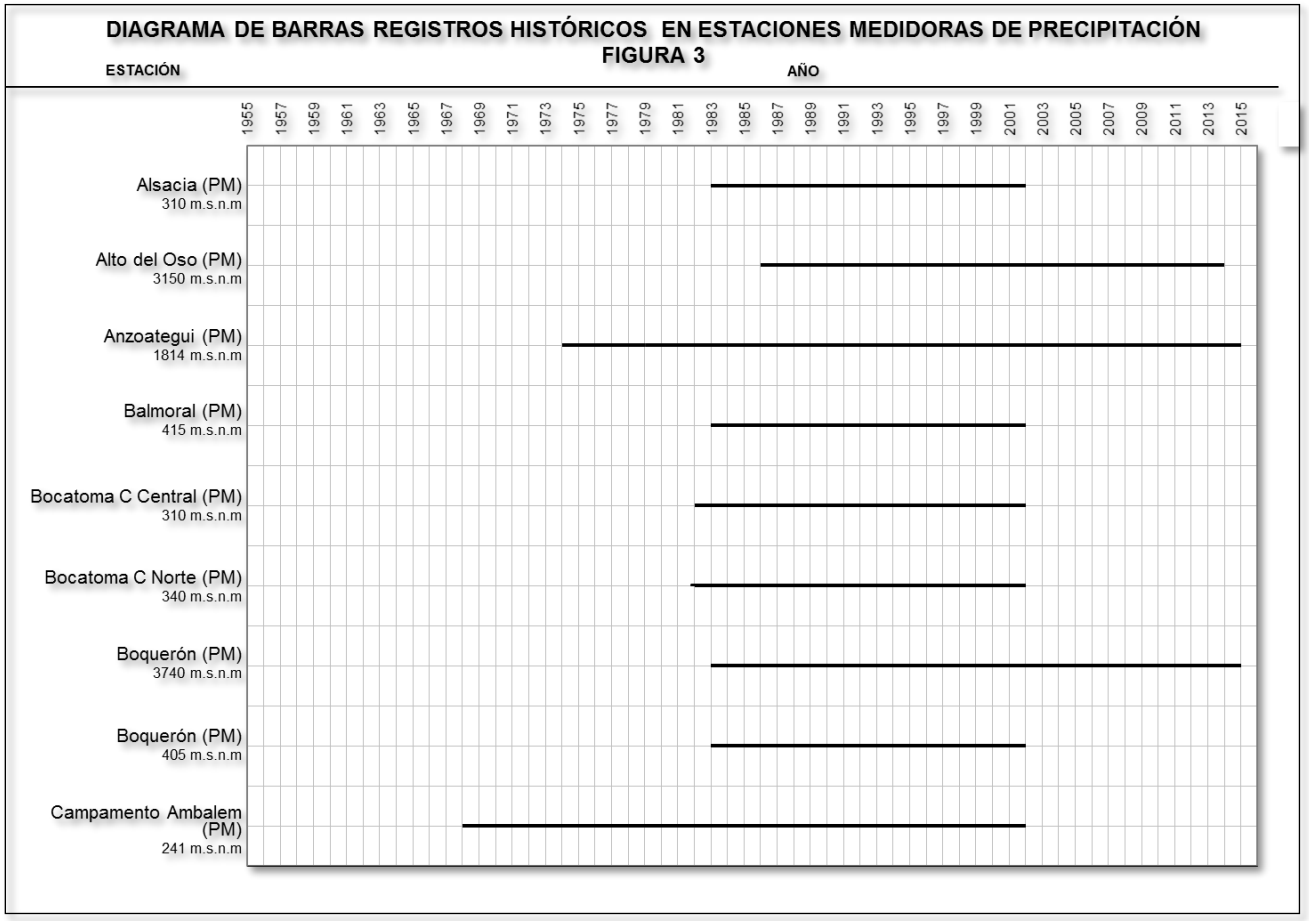
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

3.1.2 Selección de las estaciones según periodo de registro

Como segundo criterio de selección se analizó el periodo de registro de las estaciones; de acuerdo a la guía para la elaboración de POMCAS las estaciones seleccionadas deben presentar datos de por lo menos los últimos 10 años y un total de por lo menos 15 años de periodo de registro.

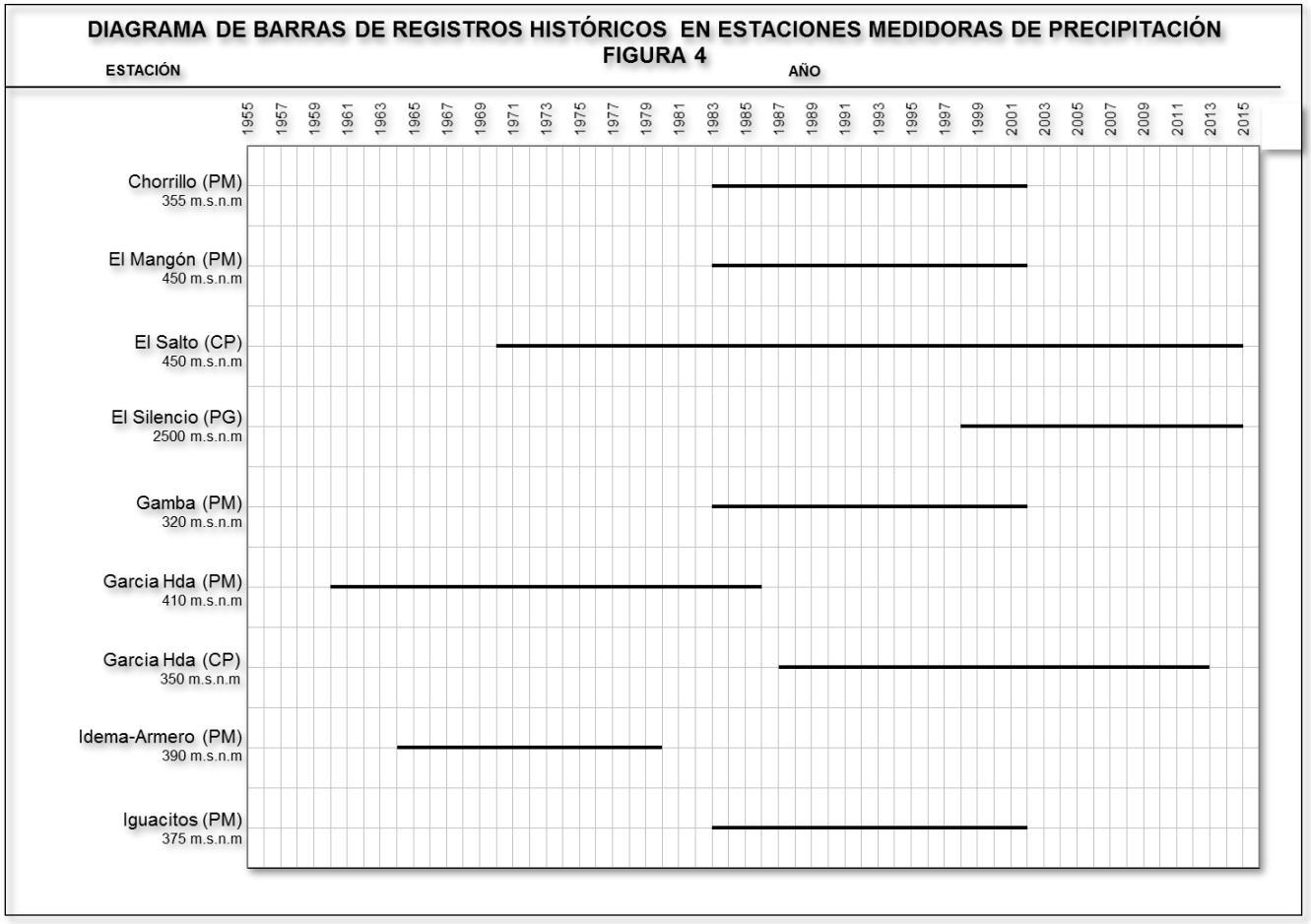
En la Figura 4 a Figura 7, se presenta el gráfico del periodo de registro para cada una de las estaciones.

Figura 4. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación



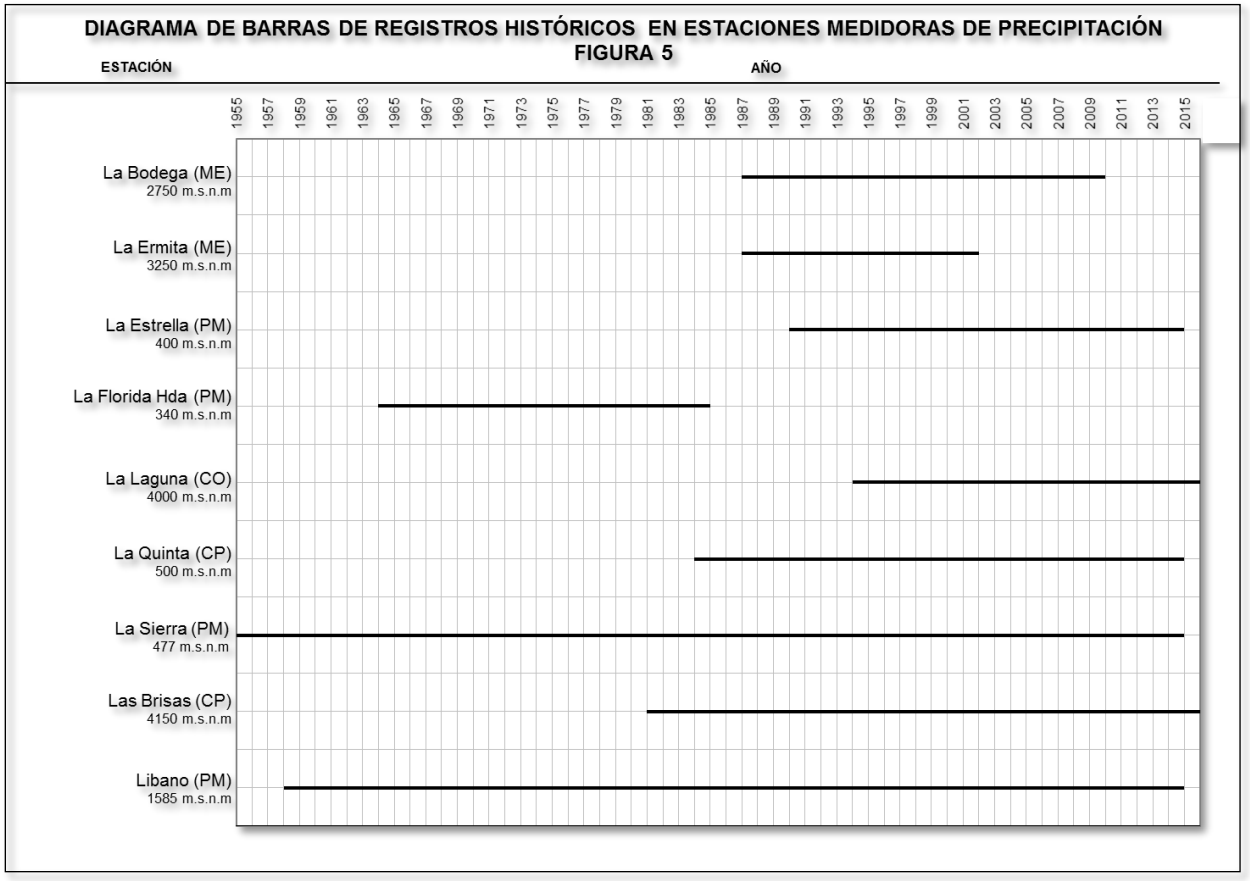
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 5. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación



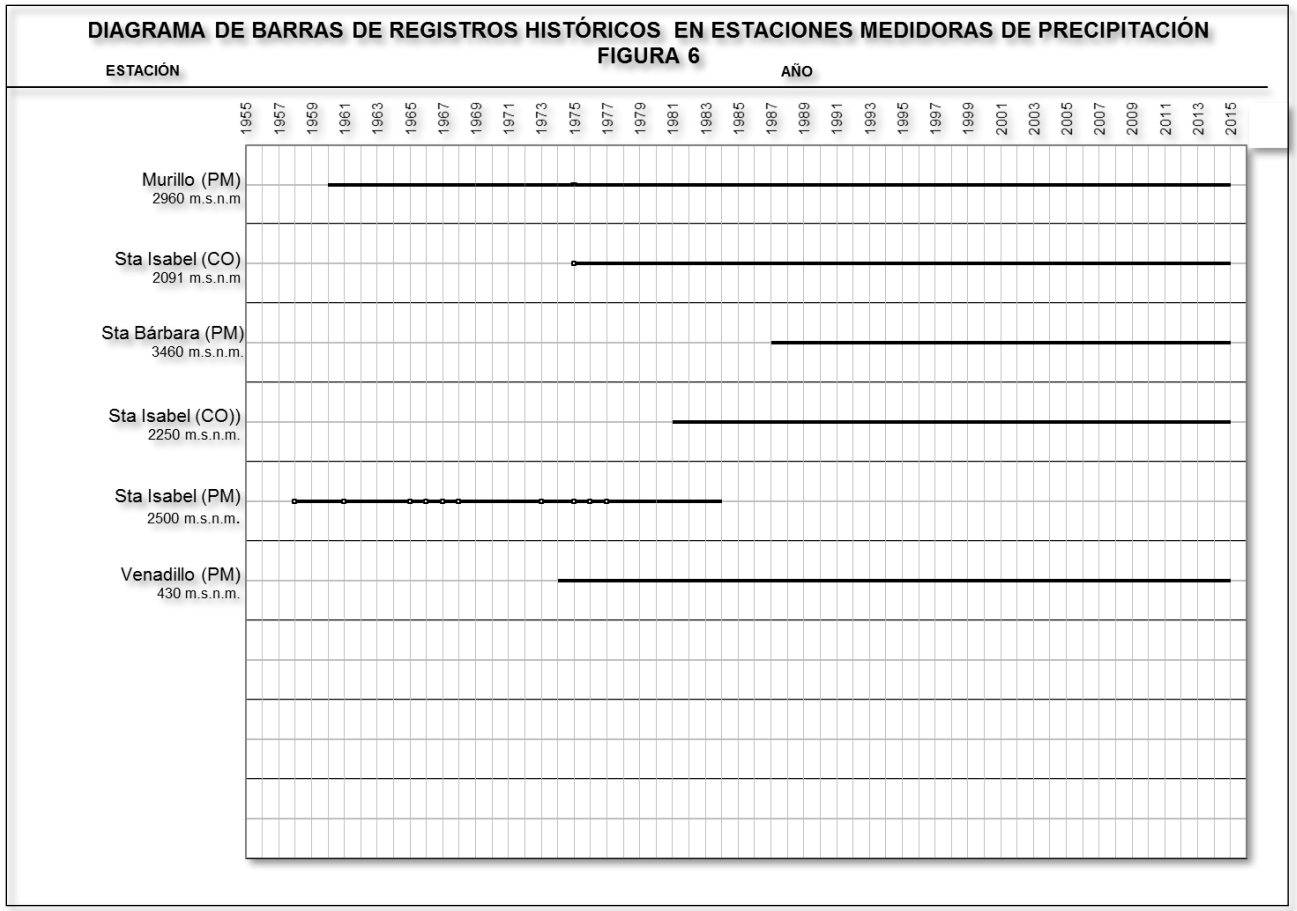
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 6. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 7. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de precipitación



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Una vez revisado el periodo de registro de cada una de las estaciones, se selecciona un periodo de análisis en el que la mayoría de las estaciones presenten datos; para este caso ese periodo fue desde el año de 1.983 al 2.015, de modo que bajo este criterio de selección se descartaron 16 estaciones, debido a que su último año de registro era de hace más de 10 años. A continuación, en la Tabla 7 se presentan las estaciones descartadas por su periodo de registro.

Tabla 7. Estaciones medidoras de precipitación descartadas en el segundo criterio de selección por su periodo de registro

Código	TE	Nombre De Estación
21245140	CO	STA ISABEL
21250430	PM	CAMPAMENTO AMBALEM
21250580	PM	BOQUERÓN
21240040	PM	STA ISABEL
21250540	PM	BOCATOMA C NORTE
21250590	PM	BOCATOMA C CENTRAL
21245090	ME	ERMITA LA
21250630	PM	BALMORAL
21250600	PM	GAMBA
21250620	PM	MANGON EL
21250560	PM	CHORRILLO
21250610	PM	ALSACIA
21250570	PM	IGUACITOS
21250190	PM	GARCÍA HDA
21250370	PM	FLORIDA LA HDA
21250060	PM	IDEMA-ARMERO

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Por otro lado, a modo de resumen, en la Tabla 8, se muestra las estaciones pluviométricas, pluviográficas y climatológicas seleccionadas con las cuales se realizará la complementación de la información para el parámetro de precipitación.

Tabla 8. Estaciones Pluviométricas y pluviográficas seleccionadas bajo el segundo criterio de selección (periodo de registro)

No.	Código	Te	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Parámetros Medidos	Municipio
1	21250070	PM	SIERRA LA	RECIO	TOLIMA	1	LÉRIDA
2	21250100	PM	ESTRELLA LA	RECIO		1	VENADILLO
3	21255110	CO	STA ISABEL	RECIO		1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL
4	21250460	PM	VENADILLO	VENADILLO		1	VENADILLO
5	21255080	CP	SALTO EL	MAGDALENA		1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	AMBALEMA
6	21255140	CP	QUINTA LA	LAGUNILLA		1, 4, 5, 6, 10, 11, 13	LÉRIDA
7	21250050	PM	ALTO DEL OSO	RECIO		1	MURILLO
8	21255150	CP	GARCÍA HDA	LAGUNILLA		1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	LÉRIDA
9	21250110	PM	MURILLO	RECIO		1	MURILLO
10	21250500	PM	LÍBANO	RECIO		1	LÍBANO
11	21245130	ME	BODEGA LA	RECIO		1, 4, 5, 6, 10, 13	SANTA ISABEL

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

3.1.3 Complementación de información a nivel mensual

Para determinar los valores mensuales faltantes en las estaciones seleccionadas para el análisis de precipitación de las cuencas de los ríos Recio y Venadillo, se establecieron correlaciones entre cada estación con datos faltantes y las estaciones localizadas en los alrededores de la misma, según disponibilidad, con el fin de estimar los valores mensuales faltantes.

Utilizando la información mensual de las estaciones objeto de estudio, se revisó cuáles tenían datos faltantes a nivel mensual. De manera que, en primer lugar, se realizó la correlación, y posteriormente la complementación de las estaciones a las cuales únicamente les faltaban meses, para posteriormente utilizarlas en aquellas estaciones que les faltaban los meses completos de los años de registro, para así realizar las correlaciones y complementación.

Posterior a esto, se definieron dos criterios para correlacionar las estaciones. El primer criterio se tomó teniendo en cuenta la ubicación de las estaciones, es decir, se realizó la correlación de la estación que tenía datos faltantes con las estaciones más cercanas. El segundo criterio se tomó teniendo en cuenta la elevación de las estaciones, es decir, se realizó la correlación de la estación que tenía datos faltantes con las estaciones que tuvieran altura similar. Una vez se tenían los valores de R^2 (coeficiente de regresión) para cada caso se usaban las ecuaciones con el mejor valor de estos para completar los datos faltantes.

Como la ecuación de la línea de tendencia es lineal, ésta siempre va a presentar un corte en el eje “y” sobre el gráfico de correlación. Debido a esto, al reemplazar un valor de cero sobre la ecuación, siempre se va a tener un valor a completar diferente de cero. Sin embargo, para los casos en que la estación con datos presentaba valores iguales a cero, se asumió el mismo valor para complementar los datos faltantes.

Hay que tener en cuenta que el coeficiente de correlación para datos tomados a nivel mensual no es alto, debido a que estos datos presentan una variación significativa. En el Anexo 1 INFO CLIMATOLOGICA IDEAM y Anexo 2. INFO CLIMATOLOGICA IDEAM COMPLETA, carpeta CORRELACIONES, se presenta en mayor detalle la forma en la que selecciona la estación más adecuada para la complementación de la información.

Como resumen a lo anterior, en la Tabla 9 se presenta la ecuación lineal seleccionada para completar los datos faltantes tanto a nivel mensual como a nivel anual, respectivamente, junto con la estación con las cuales se va a completar el registro histórico y su correspondiente coeficiente de correlación.

Tabla 9. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación de registros históricos para precipitación

Fig.	Estación (Y)	Vs	Estación (X)	Ecuación
1	ALTO DEL OSO	Vs	MURILLO	y = 0,7266x + 58.377
2	SALTO EL	Vs	SIERRA LA	y = 0,5874x + 30.431
3	GARCIA HDA	Vs	SIERRA LA	y = 0,7635x + 22.712
4	BODEGA LA	Vs	MURILLO	y = 0,7613x + 21.033
5	ESTRELLA LA	Vs	SIERRA LA	y = 0,8124x + 16.51
6	QUINTA LA	Vs	SIERRA LA	y = 0,7743x + 19.045
7	SIERRA LA	Vs	QUINTA LA	y = 0,9228x + 21.674
8	LIBANO	Vs	MURILLO	y = 0,9061x + 83.999
9	MURILLO	Vs	BODEGA LA	y = 0,6622x + 50.293
10	STA ISABEL	Vs	BODEGA LA	y = 0,7902x + 62.279
11	VENADILLO	Vs	SIERRA LA	y = 0,6702x + 33.622

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En el Anexo 2. INFO CLIMATOLOGICA IDEAM COMPLETA, se presentan la información completa de las estaciones.

3.1.4 Análisis de homogeneidad y consistencia

Se realizó el análisis de homogeneidad y consistencia de los datos, únicamente sobre la variable de precipitación total, la cual se tomó como representativa de todas las estaciones. Esto se hizo con el fin de observar si había alguna anomalía en las mediciones de las estaciones, teniendo en cuenta el periodo de registro que se recibió de cada estación.

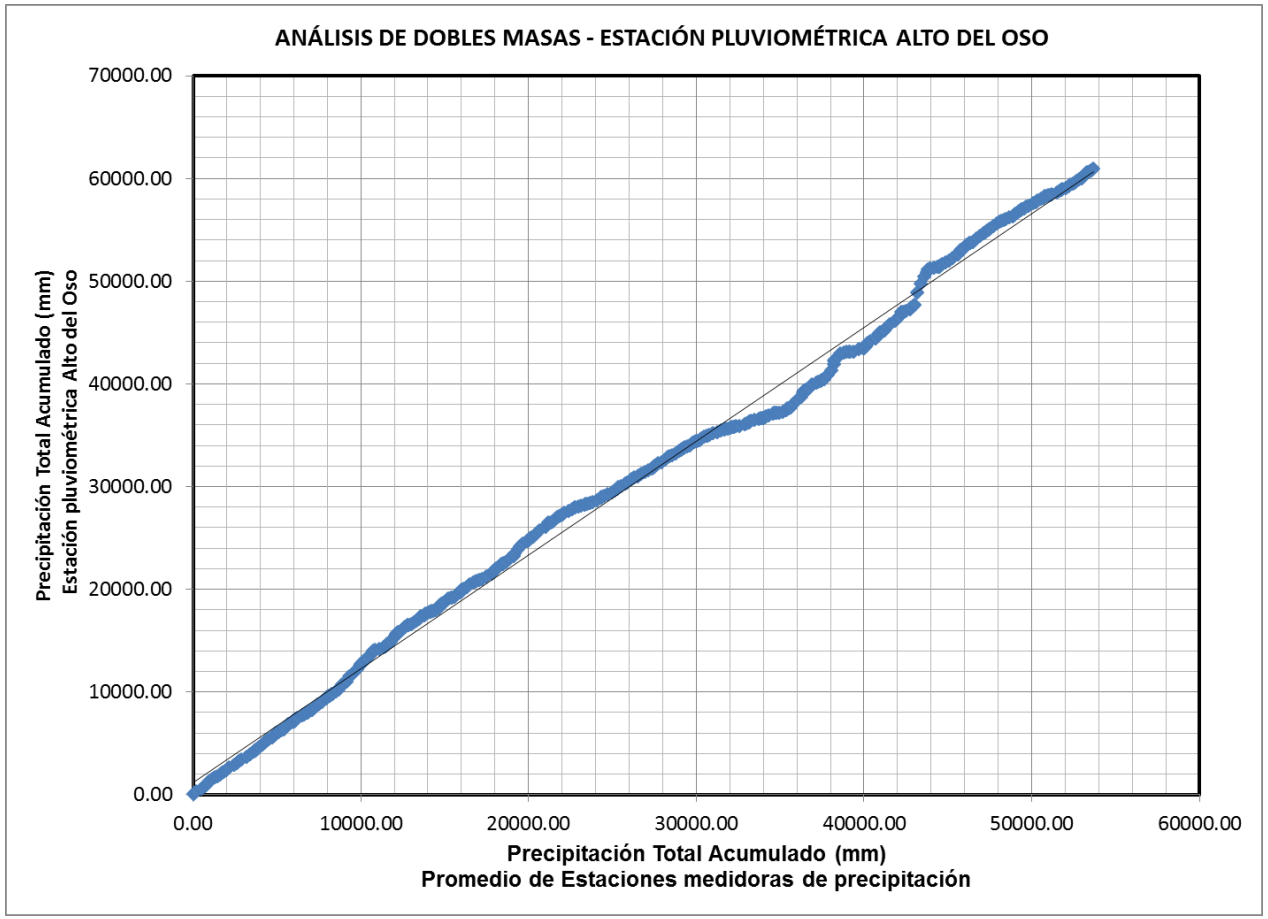
Los periodos de registro de las estaciones, se definieron en un solo intervalo de comparación, el cual está definido entre enero de 1.983 a diciembre de 2.015. Durante este periodo se realizó el análisis de dobles masas con el fin de análisis la homogeneidad y consistencia de los datos, correspondiente a los valores de precipitación total dentro de cada intervalo de registro.

En un análisis de dobles masas (Ver Anexo 3. ANALISIS DE DOBLES MASAS), la pendiente de la recta que resulta debe ser igual para todo el periodo de registro analizado. En caso contrario, existen problemas en la toma de datos de la estación que se está analizando. Usualmente, para tener una mayor validez, el análisis de dobles masas se hace entre la estación que se analiza y el promedio de los valores de las estaciones a su alrededor.

Para realizar el análisis correspondiente de homogeneidad y consistencia de las estaciones medidoras de precipitación, se definieron 11 casos diferentes, los cuales se distribuyen de acuerdo a los resultados procesados de las diferentes estaciones.

Se realizó el análisis de dobles masas para la primera estación medidora de precipitación, con el fin de verificar la homogeneidad de los datos, y se comparó la estación Pluviométrica Alto del Oso con el promedio de las otras estaciones como se presenta en la Figura 8, bajo la consideración que las estaciones adyacentes a la estación analizada tenían condiciones hidrológicas homogéneas (debido a la cercanía entre estaciones lo anterior se debe cumplir).

Figura 8. Análisis de dobles masas estación pluviométrica Alto del Oso



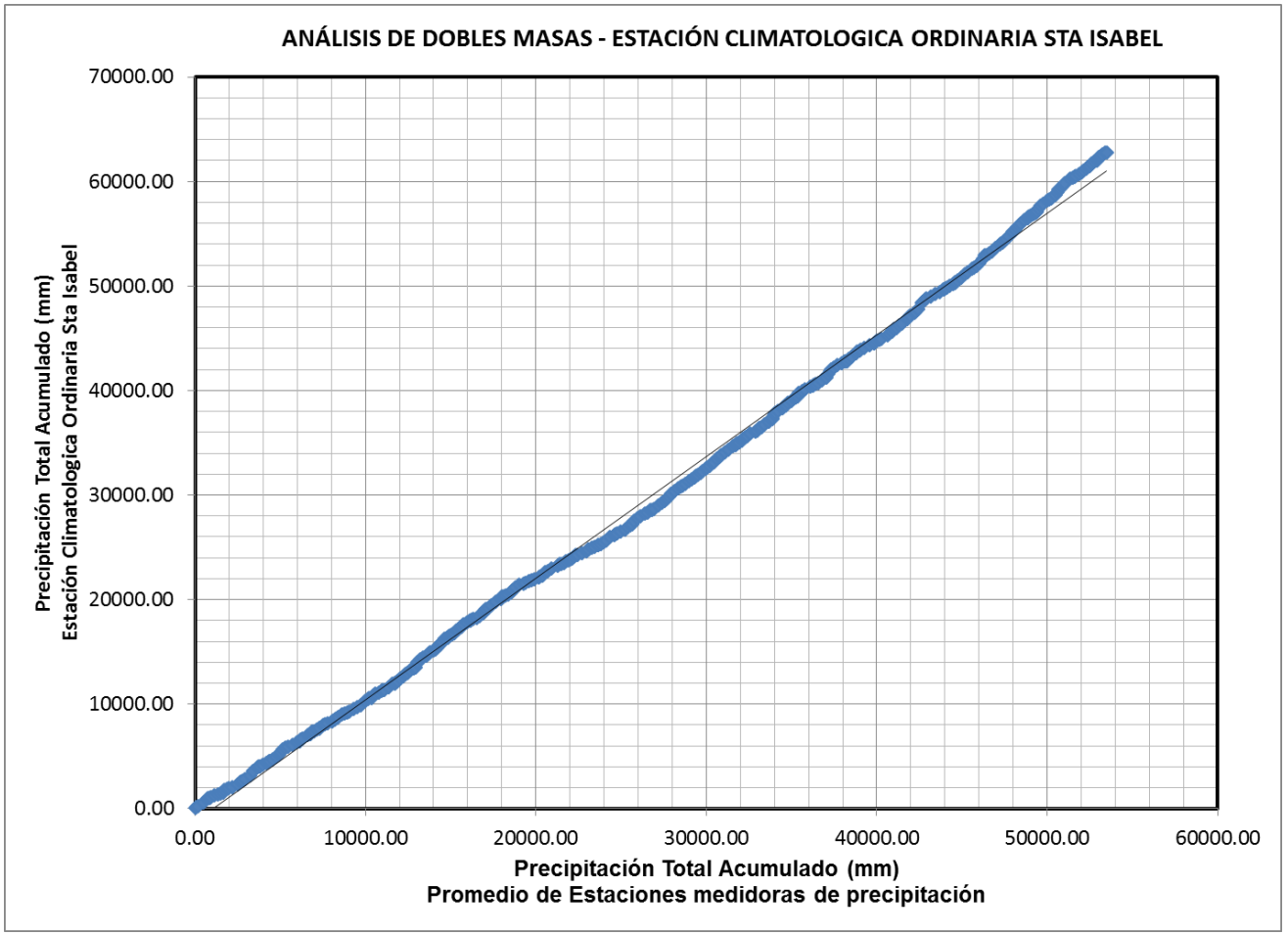
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En la Figura 8 se observa que no hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación Pluviométrica Alto del Oso y los valores de precipitación total promedio acumulada de las estaciones adyacentes, ya que se presentan varias pendiente, y adicional no hay una tendencia de los datos definida. Se concluye, entonces, que hay anomalías en los datos registrados.

Lo anterior se puede presentar por lecturas erradas, un cambio en las condiciones del aparato registrador, cambio de lugar de la estación, o modificaciones en el método de obtención de los datos. Por las razones anteriormente expuestas, esta estación queda descartada para análisis posteriores.

Por otro lado, se realizó el análisis de dobles masas para la siguiente estación medidora de precipitación, con el fin de verificar la homogeneidad de los datos, y se comparó la estación Climatológica Ordinaria Sta. Isabel con el promedio de las otras estaciones (Ver Figura 9), bajo la consideración que las estaciones adyacentes a la estación analizada tenían condiciones hidrológicas homogéneas (debido a la cercanía entre estaciones lo anterior se debe cumplir).

Figura 9. Análisis de dobles masas estación climatológica ordinaria Sta. Isabel



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En la Figura 9 se observa que no hay una completa relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación Climatológica ordinaria Sta. Isabel y los valores de precipitación total promedio acumulada de las estaciones adyacentes, ya que se presentan varias pendientes, y adicional no hay una tendencia de los datos definida. Se observa, entonces, que hay algunas anomalías en los datos registrados. Lo anterior se puede presentar por errores de medición del lector, por un cambio en las condiciones del aparato registrador, cambio de lugar de la estación, o modificaciones en el método de obtención de los datos. Por lo cual es necesario llegar a una corrección de datos debido a la importancia de la estación en la influencia de la parte alta de la cuenca, de manera que, como se puede observar, existen diferentes pendientes por lo que es necesario ajustar los datos para que se pueda incluir dicha estación en los posteriores análisis.

Para la corrección, se debe suponer que los datos actuales son homogéneos y se emplea la siguiente expresión (G. Monsalve. 2.015. Hidrología en la Ingeniería):

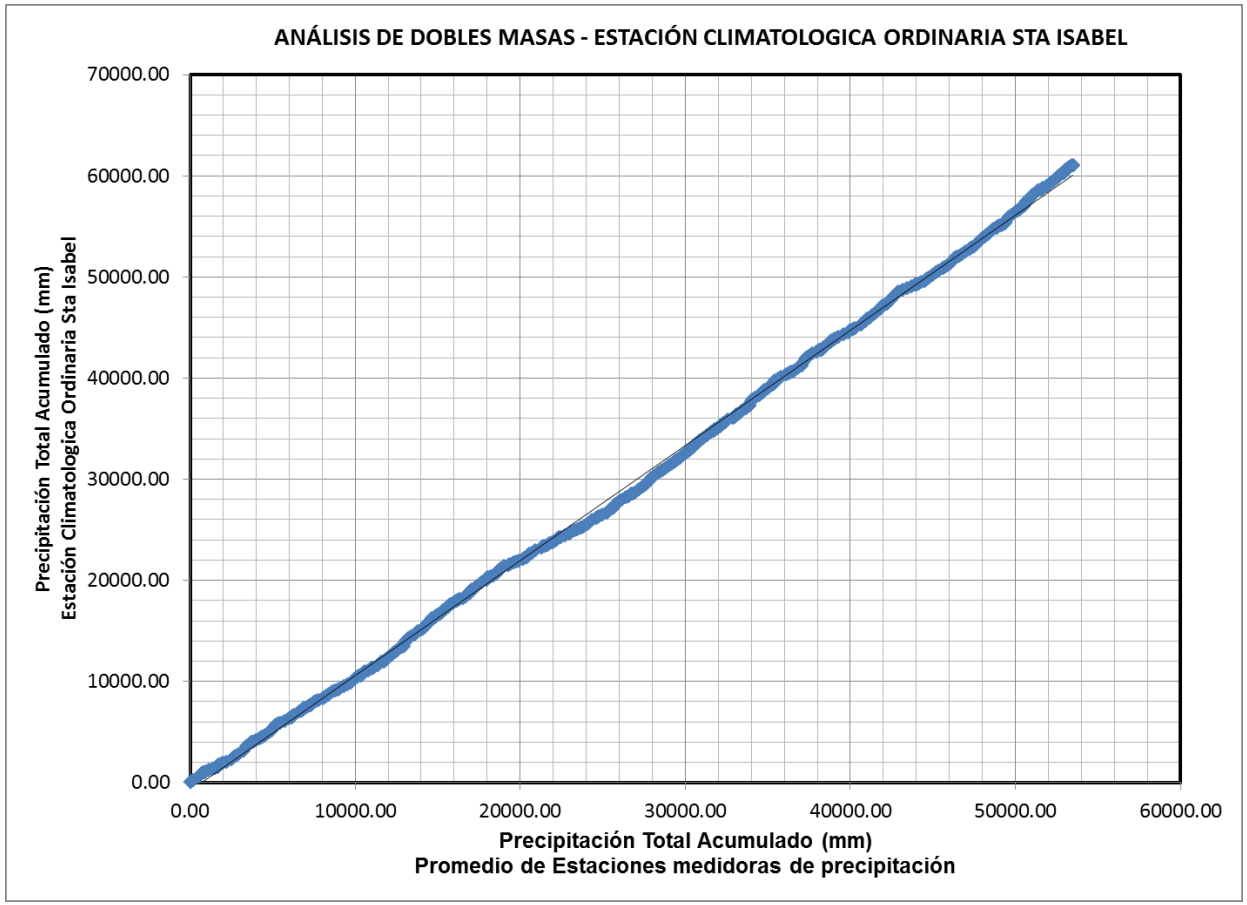
$$P_{aj} = \left(\frac{M_a}{M_o}\right) P_o$$

En donde:

P_{aj}: Observaciones de precipitación ajustadas a las condiciones actuales de localización, exposición o método de observación del puesto pluviométrico (mm)
P_o; Datos observados que deben ser corregidos (mm)
M_a: Pendiente de la recta durante el periodo correcto de toma de datos
M_O: Pendiente de la recta en el que se iniciaron las observaciones Po

De manera que, una vez corregido los datos con la expresión anterior, se tiene la siguiente figura:

Figura 10. Análisis de Dobles Masas Estación Climatológica Ordinaria Sta. Isabel



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Finalmente, en el Anexo 3. ANÁLISIS DE DOBLES MASAS, se encuentra el procedimiento, en el cual se adjunta la forma en cómo se manejó la información. Cabe resaltar que la única estación que se descartó mediante el presente análisis, fue la estación pluviométrica Alto del Oso.

3.1.5 Estaciones de precipitación seleccionadas

Para concluir, en la Tabla 10 se presenta las estaciones que se emplearan para posteriores análisis.

Tabla 10. Estaciones de precipitación finalmente seleccionadas

No.	Código	TE	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Parámetros Medidos	Municipio
1	21250070	PM	Sierra La	Recio	TOLIMA	1, 2, 3	Lérida
2	21250100	PM	Estrella La	Recio		1, 2, 3, 13	Venadillo
3	21255110	CO	Sta Isabel	Recio		1, 4, 5, 6, 10, 13	Santa Isabel
4	21250460	PM	Venadillo	Venadillo		1	Venadillo
5	21255080	CP	Salto El	Magdalena		1, 4, 5, 6, 10, 13	Ambalema
6	21255140	CP	Quinta La	Lagunilla		1, 4, 5, 6, 10, 13	Lérida
7	21255150	CP	García Hda	Lagunilla		1, 4, 5, 6, 10, 12, 13	Lérida
8	21250110	PM	Murillo	Recio		1	Murillo
9	21250500	PM	Líbano	Recio		1	Líbano
10	21245130	ME	Bodega La	Recio		1, 4, 5, 6, 10, 13	Santa Isabel

1.Precipitacion Totales (mm)	2. Precipitación No. Días	3. Precipitación Max. 24/Hrs	4.Temperatura Media (ºc)	5.Temperatura Máxima (ºc)	6.Temperatura Mínima (ºc)	7.Temperatura Media Mínima (ºc)	8.Temperatura Media Máxima(ºc)	9.Temper Bulbo Húmedo (ºc)	10. Humedad Relativa (%)
11.Evaporación (Mm)	12.Brillo Solar (Horas)	13.Nubosidad (Octas)	14.Tension De Vapor	15. Veloc. – Dirección Viento (v) (m/s) v/d	16. Vientos Máximos (Veloc. Y Dirección)	17 Vientos Medios (M/S)	18.Recorrido Del Viento (Km)	19. Punto De Rocío (%)	20.Caudales Medios (M³/Seg)
21.Caudales Máximos (m³/seg)	22.Caudales Mínimos (m³/Seg)	23.Niveles Medios (cm)	24.Niveles Máximos (cm)	25.Niveles Mínimos (cm)	26. Concentrac. Sedimentos Medios (***)	27. Concentrac. Sedimentos Mínimos (***)	28. Concentrac. Sedimentos Máximos	29. Transp. Sedimentos Medios (***)	30. Transp. Sedimentos Totales
31. Transp. Sedimentos Máximos	32. Resumen Aforos Líquidos	33. Resumen Aforos Sólidos	19. Punto De Rocío (%)	20.Caudales Medios (m³/seg)					

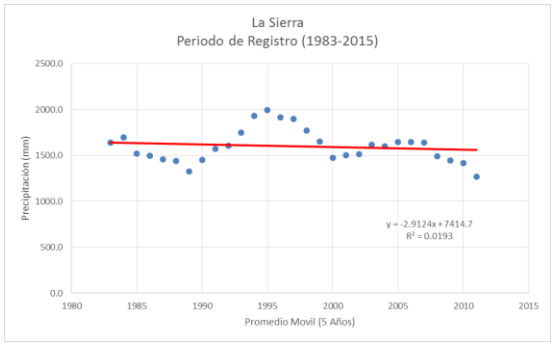
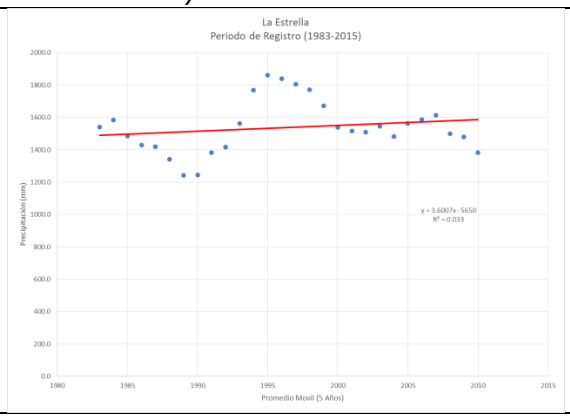
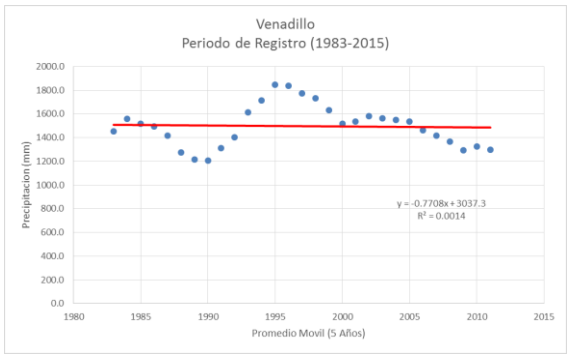
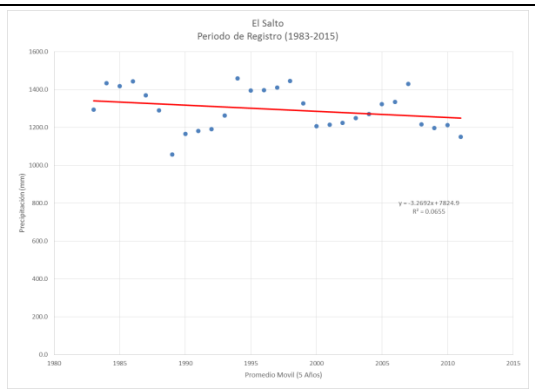
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

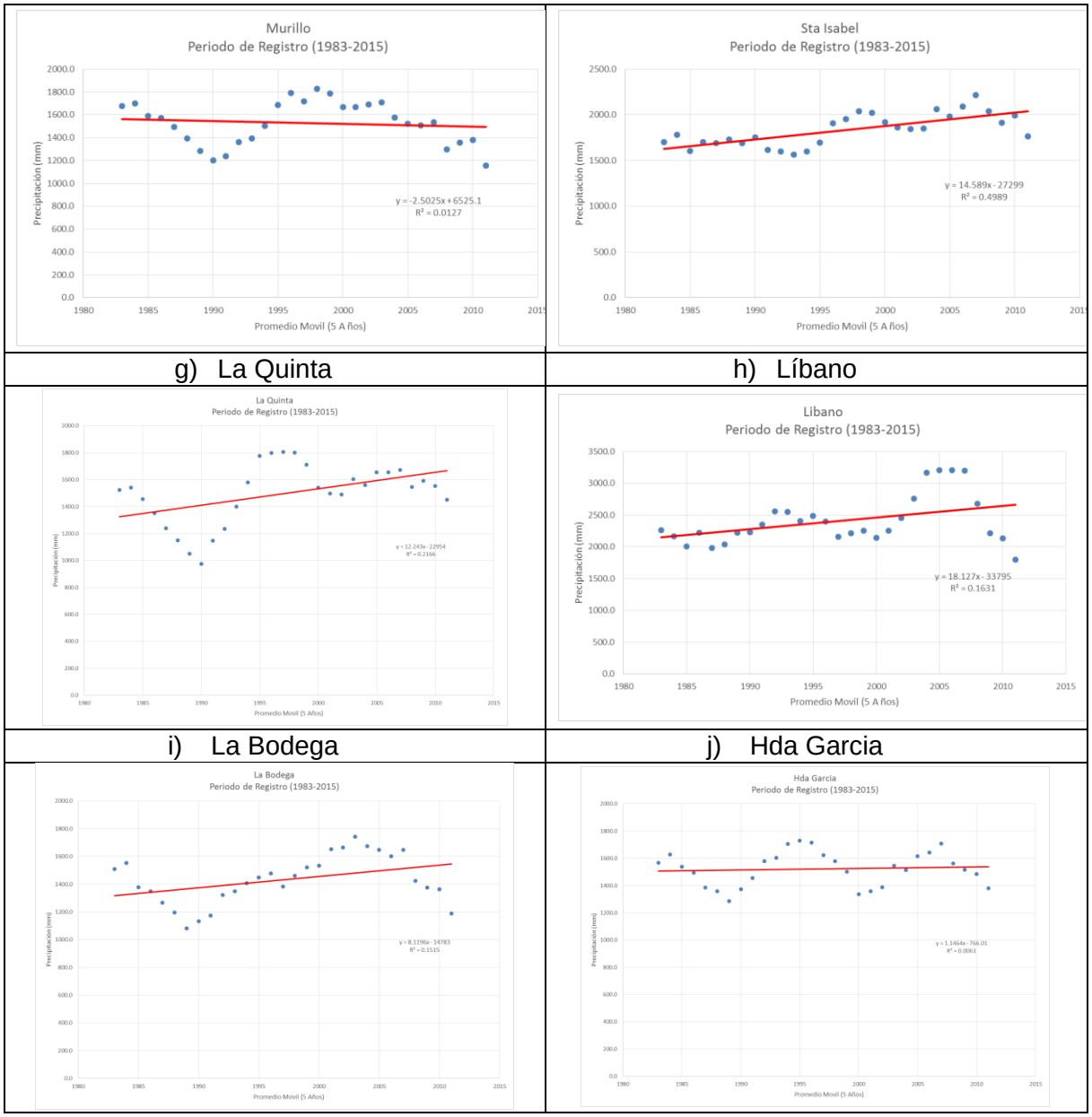
3.1.6 Análisis de tendencias de la precipitación

Para establecer si existe algún tipo de tendencia a lo largo del tiempo entre los registros tomados en diferentes puntos de una misma variable climática, se emplea la metodología de la media móvil, que consiste en establecer la media de subconjuntos de datos dentro de la serie que se esté analizando, con el fin de minimizar las fluctuaciones en la misma y visualizar las posibles tendencias. Lo anterior quiere decir que, si se tiene una serie de n años, y se selecciona una media móvil de 5 años, se obtiene un primer dato con el promedio de los años 1 a 5, un segundo dato con el promedio de los años 2 a 6 y así sucesivamente, hasta el dato final que será el promedio de los últimos 5 años.

En la
Figura **11** se presentan los análisis de tendencias de las 10 estaciones de registro de precipitación desarrollados tomando una media móvil de 5 años para la serie total, incluyendo la línea de tendencia de cada una.

Figura 11. Análisis de tendencias para las estaciones medidoras de precipitación

a) La Sierra	b) La Estrella
	
c) Venadillo	d) El Salto
	
e) Murillo	f) Santa Isabel



g) La Quinta | h) Líbano

i) La Bodega | j) Hda Garcia

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En la
Figura **11** se puede observar que en 6 estaciones se visualiza una tendencia ascendente y en 4 estaciones una tendencia descendente. Sin embargo, en términos de análisis macroclimáticos y de tendencias a largo plazo de la precipitación de la región, teniendo en cuenta que las series que se manejan en las 10 estaciones son de 32 años, no sería sensato concluir que para cada estación la tendencia estará marcada por un constante aumento ni una constante disminución; para poder aseverar lo anterior, se requieren estudios de mayor detalle y a nivel regional, ya que pueden responder a fenómenos cíclicos.

3.2 TEMPERATURA

La temperatura también juega un papel importante en la caracterización del clima de la zona de estudio, por tal motivo a continuación se presenta en el análisis para este parámetro.

3.2.1 Selección de las estaciones según periodo de registro

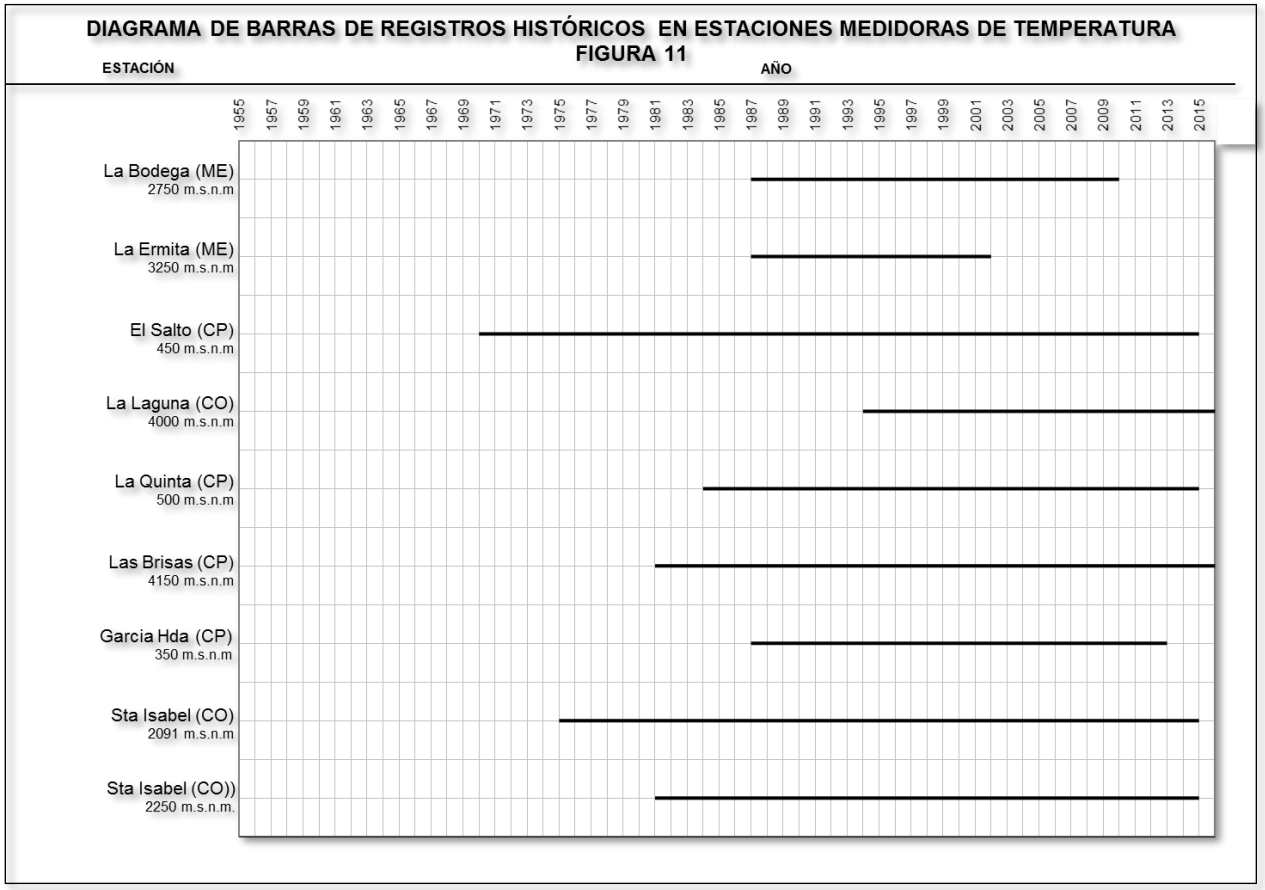
Como se mencionó anteriormente, se analizó el periodo de registro de las estaciones; de acuerdo a la guía para la elaboración de POMCAS, las estaciones seleccionadas deben presentar datos de por lo menos los últimos 10 años y un total de por lo menos 15 años de periodo de registro. En la Tabla 11 se presenta las estaciones climatológicas medidoras de temperatura y en la Figura 12 se puede observar el diagrama de barras de registros históricos de estas estaciones.

Tabla 11. Estaciones climatológicas medidoras de temperatura

Código	TE	Nombre De Estación
21255110	CO	STA ISABEL
21245140	CO	STA ISABEL
21255080	CP	SALTO EL
26135140	CO	LAGUNA LA
21255140	CP	QUINTA LA
21255150	CP	GARCÍA HDA
26155150	CP	BRISAS LAS
21245130	ME	BODEGA LA
21245090	ME	ERMITA LA
NOTA	CO	Climatológica Ordinaria
	CP	Climatológica Principal
	ME	Meteorológica Especial

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 12. Diagrama de barras de los registros históricos en las estaciones de temperatura



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para estar concorde con la precipitación, y de acuerdo con el diagrama de barras mostrado anteriormente se escoge el mismo periodo de análisis de que para el parámetro precipitación, es decir, 1.983 a 2.015.

Por otra parte, de acuerdo con los datos que presenta cada estación, se seleccionaron las estaciones mostradas en la Tabla 12.

Tabla 12. Estaciones climatológicas seleccionadas

No.	Código	Te	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Municipio	Coordenadas		Elevación	Carácter (Público O Privado)	Entidad	Estado	Año	
							Latitud (N)	Longitud (W)	(msnm)				Inst.	Sus.
1	21255110	CO	Sta Isabel	Recio	Tolima	Santa Isabel	4,70175	75,13189	2.091	PÚBLICO	IDEAM	ACT	1.975	-
2	21255080	CP	Salto El	Magdalena		Ambalema	4,78375	74,76794	450			ACT	1.968	-
3	21255140	CP	Quinta La	Lagunilla		Lérida	4,82161	74,92069	500			ACT	1.983	-
4	21255150	CP	García Hda	Lagunilla		Lérida	4,85542	74,89156	350			ACT	1.960	-

Nota:	PG	Pluviográfica	CP	Climatológica Principal
	PM	Pluviométrica	ME	Meteorológica Especial
	CO	Climatológica Ordinaria		

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

3.2.2 Complementación de información a nivel mensual

Una vez seleccionadas las estaciones se procede a la complementación de la información de temperatura media, mínima y máximo. Para esto, mediante la técnica de correlaciones, se encontraron las siguientes ecuaciones lineales que mejor se ajustan, ver Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15, para temperatura media, máxima y mínima, respectivamente. De igual manera, en el Anexo 2. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA IDEAM COMPLETA, carpeta CORRELACIONES, se muestran las gráficas y tablas respectivas de las correlaciones de estos tres parámetros.

Tabla 13. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación anual de registros históricos para temperatura media

Fig.	Estación (Y)	Vs	Estación (X)	Ecuación
1	SALTO EL	Vs	GARCIA HDA	Y = 0,9147x + 3,4864
2	GARCIA HDA	Vs	SALTO EL	Y = 0,6189x + 9,8989
3	QUINTA LA	Vs	SALTO EL	Y = 0,5516x + 11,25
4	STA ISABEL	Vs	GARCIA HDA	Y = 0,2815x + 4,7037

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 14. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación anual de registros históricos para temperatura mínima

Fig.	Estación (Y)	Vs	Estación (X)	Ecuación
1	SALTO EL	Vs	GARCIA HDA	y = 0,0773x + 19,464
2	GARCIA HDA	Vs	SALTO EL	y = 0,4978x + 8,959
3	QUINTA LA	Vs	SALTO EL	y = 0,1604x + 15,732
4	STA ISABEL	Vs	SALTO EL	y = -0,0936x + 8,5239

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 15. Resumen de ecuaciones lineales para la complementación anual de registros históricos para temperatura máxima

Fig.	Estación (Y)	Vs	Estación (X)	Ecuación
1	SALTO EL	Vs	GARCIA HDA	y = 0,7292x + 11,114
4	GARCIA HDA	Vs	SALTO EL	y = 0,7752x + 7,173
8	QUINTA LA	Vs	GARCIA HDA	y = 0,5778x + 14,638
12	STA ISABEL	Vs	QUINTA LA	y = 0,1756x + 11,822

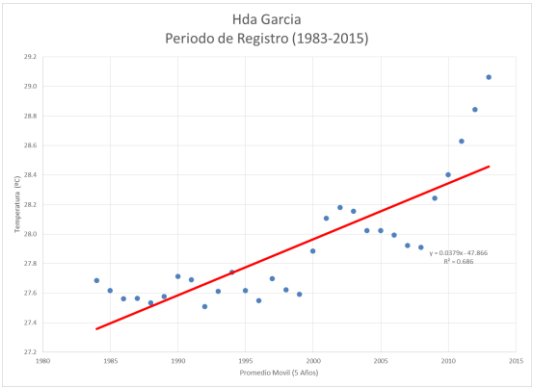
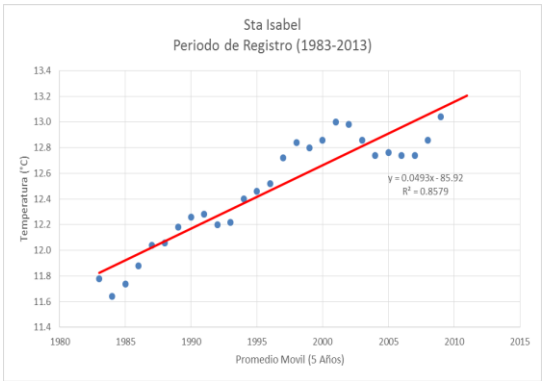
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

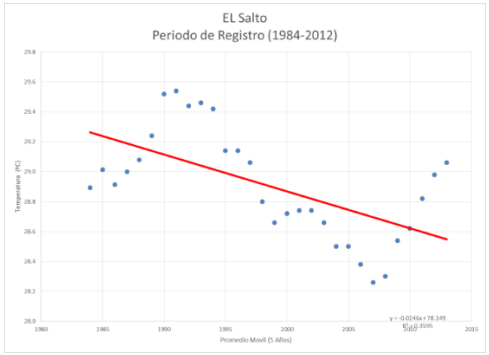
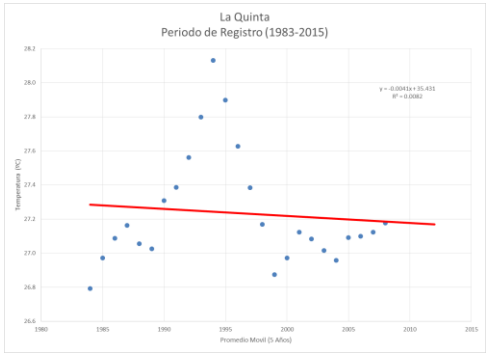
3.2.3 Análisis de tendencias de la temperatura media

Igualmente, como en el caso de la precipitación, para establecer si existe algún tipo de tendencia, se emplea la metodología de la media móvil, que consiste en establecer la media de subconjuntos de datos dentro de la serie que se esté analizando, con el fin de minimizar las fluctuaciones en la misma y visualizar las posibles tendencias. Lo anterior quiere decir que, si se tiene una serie de n años, y se selecciona una media móvil de 5 años, se obtiene un primer dato con el promedio de los años 1 a 5, un segundo dato con el promedio de los años 2 a 6 y así sucesivamente, hasta el dato final que será el promedio de los últimos 5 años.

En la siguiente Figura, se presentan los análisis desarrollados tomando una media móvil de 5 años para la serie total, incluyendo la línea de tendencia.

Figura 13. Análisis de tendencias para las estaciones medidoras de temperatura media

a) Hda García	b) Santa Isabel
	

c) El Salto	d) La Quinta
	

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En la Figura 13 se puede observar que en las estaciones se visualiza una tendencia ascendente. Sin embargo, los resultados no son concluyentes para afirmar que la tendencia a futuro de la temperatura será de aumento, ya que pueden ser fenómenos cíclicos. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados se observa, en general, una tendencia de aumento de temperatura año a año.

3.3 EVAPORACIÓN, HUMEDAD RELATIVA, BRILLO SOLAR, NUBOSIDAD, VELOCIDAD Y RECORRIDO DEL VIENTO

La información para estos parámetros es muy escasa a nivel nacional, y la zona de estudio no es una excepción. Por lo tanto, se han seleccionado las estaciones que miden estos parámetros en la zona de estudio para realizar una caracterización general de la distribución temporal, y en caso de que se pueda, espacial, para cada una de las variables climatológicas. Este procedimiento se presenta en el siguiente capítulo de este mismo informe.

4 COMPORTAMIENTO PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

A continuación, se presenta la caracterización temporal y espacial del clima en la cuenca hidrográfica en ordenación en un contexto regional, teniendo en cuenta la información disponible tratada para las variables climáticas.

4.1 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL

4.1.1 Distribución temporal

El régimen de las precipitaciones en Colombia en la zona Andina, se rige por el paso de la Zona de Confluencia Inter Tropical, la cual consiste en una banda de baja presión que se desplaza en el territorio nacional de sur a norte en el primer semestre del año y norte a sur en el segundo, generando un régimen de tipo bimodal a lo largo del año.

Con el fin de determinar la distribución de la precipitación a lo largo del año, se desarrollaron las distribuciones temporales para cada una de las 10 estaciones seleccionadas para el análisis específico de la cuenca del río Recio y río Venadillo. En la Tabla 16 se presentan los valores de la precipitación media mensual y anual a nivel multianual para cada una de las estaciones seleccionadas.

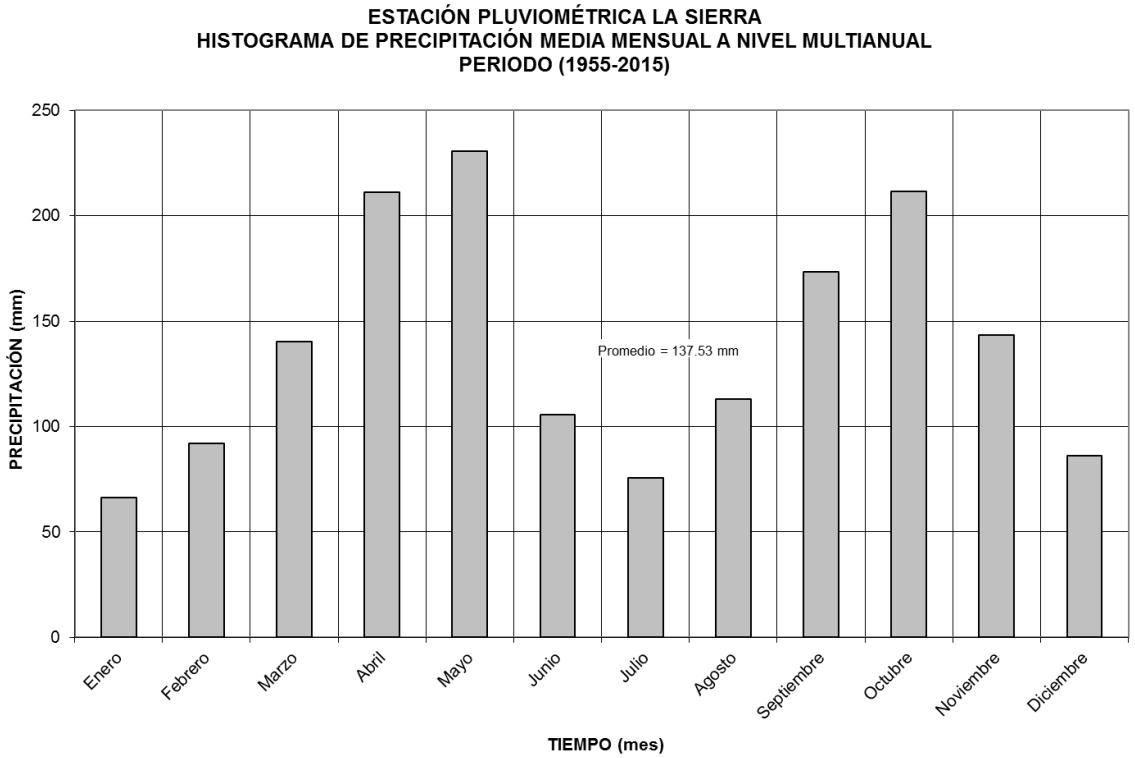
Los datos en que se basa esta información fueron suministrados por el IDEAM 2.015, y se entregaron en el Anexo 1. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA IDEAM.

Tabla 16. Precipitación media mensual y anual a nivel multianual

Mes	El Salto	Hda García	La Bodega	La Estrella	La Quinta	La Sierra	Líbano	Murillo	Sta. Isabel	Venadillo
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Enero	55,3	75,3	62,8	81,6	71,4	76,3	151,7	60,3	119,9	80,5
Febrero	74,6	81,3	90,6	88,3	93,5	92,2	178,9	86,1	134,2	87,2
Marzo	111,5	124,9	131,9	118,1	117,9	125,7	240,2	133,4	175,8	111,4
Abril	185,6	213,6	183,6	230,8	189,5	220,4	291,0	191,9	219,9	206,2
Mayo	163,2	203,9	173,0	228,6	201,6	227,5	283,8	203,8	203,2	217,5
Junio	59,8	78,6	101,6	83,6	95,9	94,4	137,5	120,0	111,6	108,8
Julio	47,3	68,7	83,4	73,4	75,2	77,3	102,2	91,0	92,3	85,0
Agosto	74,3	106,1	81,9	98,0	102,4	117,5	130,0	92,4	92,2	88,4
Septiembre	145,0	156,4	154,6	143,9	160,9	177,2	212,8	145,5	167,3	150,1
Octubre	189,4	197,5	140,0	180,8	167,5	196,0	282,0	166,6	192,9	169,1
Noviembre	138,5	126,3	137,5	124,8	133,8	138,4	227,8	153,6	203,3	113,3
Diciembre	83,1	85,5	85,8	62,7	84,4	91,9	168,0	92,9	137,0	73,8
TOTAL	1.327,6	1.518,3	1.426,6	1.514,6	1.494,0	1.634,9	2.405,8	1.537,4	1.849,6	1.491,1

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

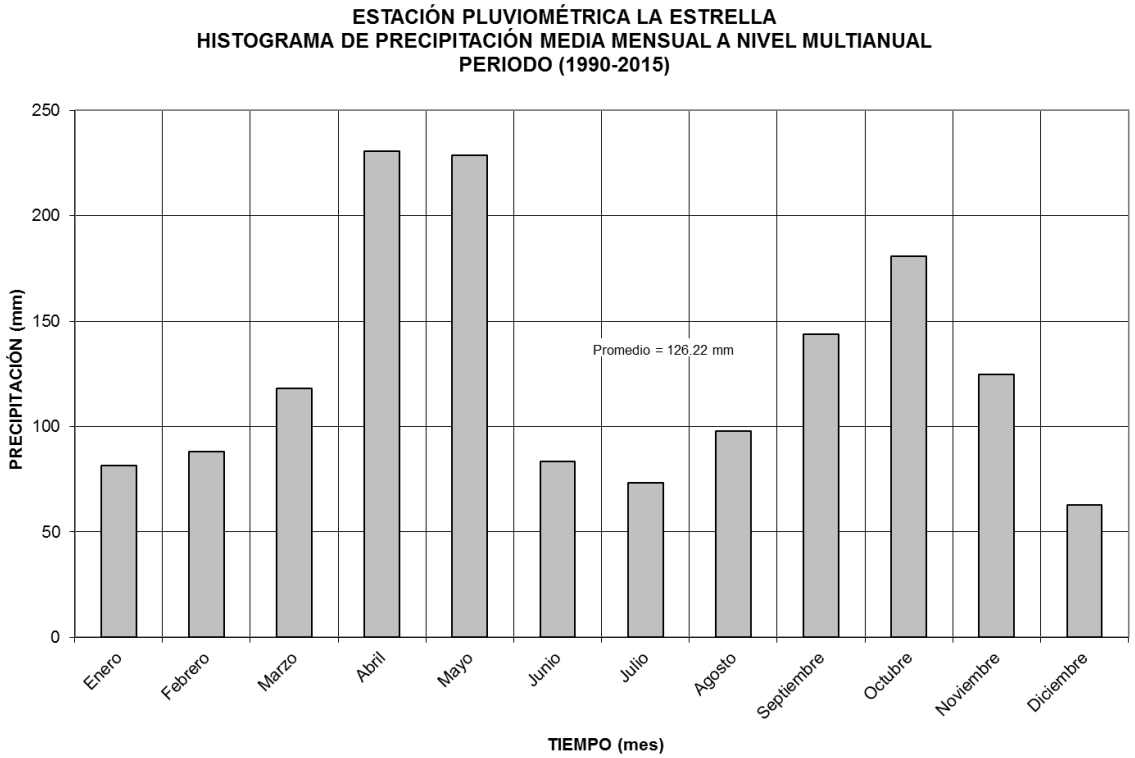
Figura 14. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica la Sierra – Periodo 1.955 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Pluviométrica La Sierra, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 137,53 mm y varía entre un mínimo de 66,30 mm para el mes de enero y un máximo de 230,80 mm para el mes de mayo. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 14. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.650,40 mm.

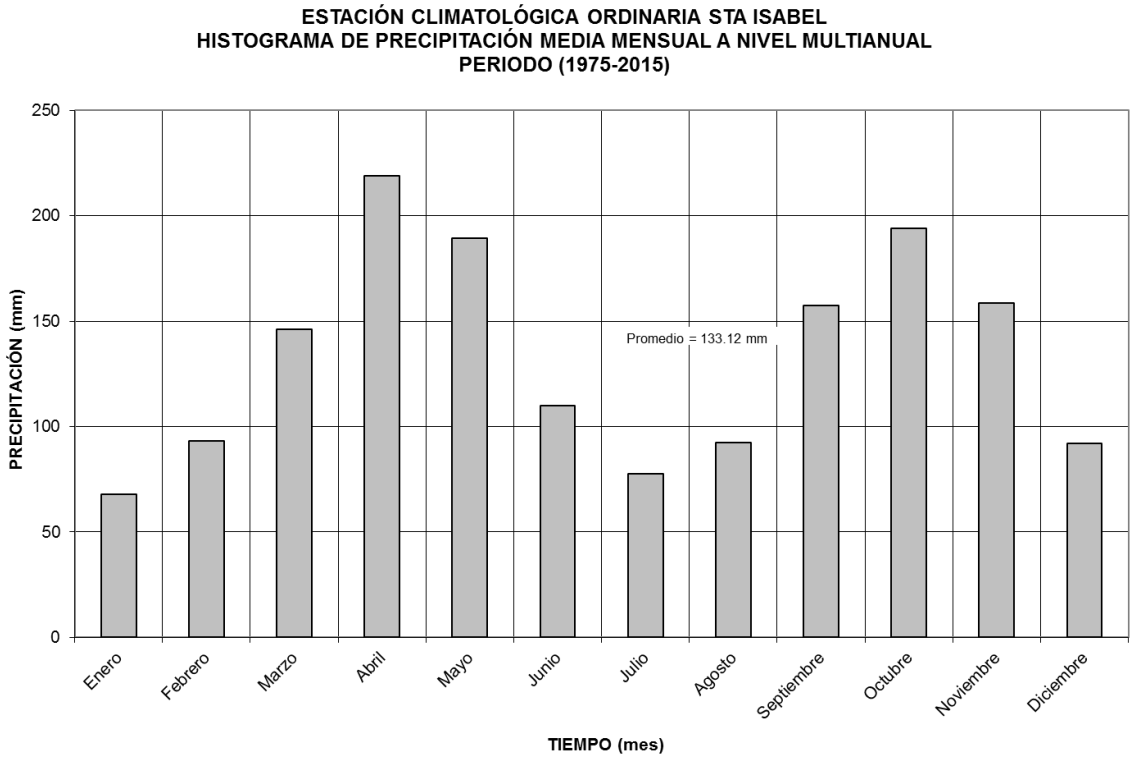
Figura 15. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica la Estrella – Periodo 1.990 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Pluviométrica La Estrella, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 126,22 mm y varía entre un mínimo de 62,70 mm para el mes de diciembre y un máximo de 230,80 mm para el mes de abril. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal con dos estaciones secas y dos estaciones lluviosas. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de abril a mayo y septiembre a octubre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 15. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.514,60 mm.

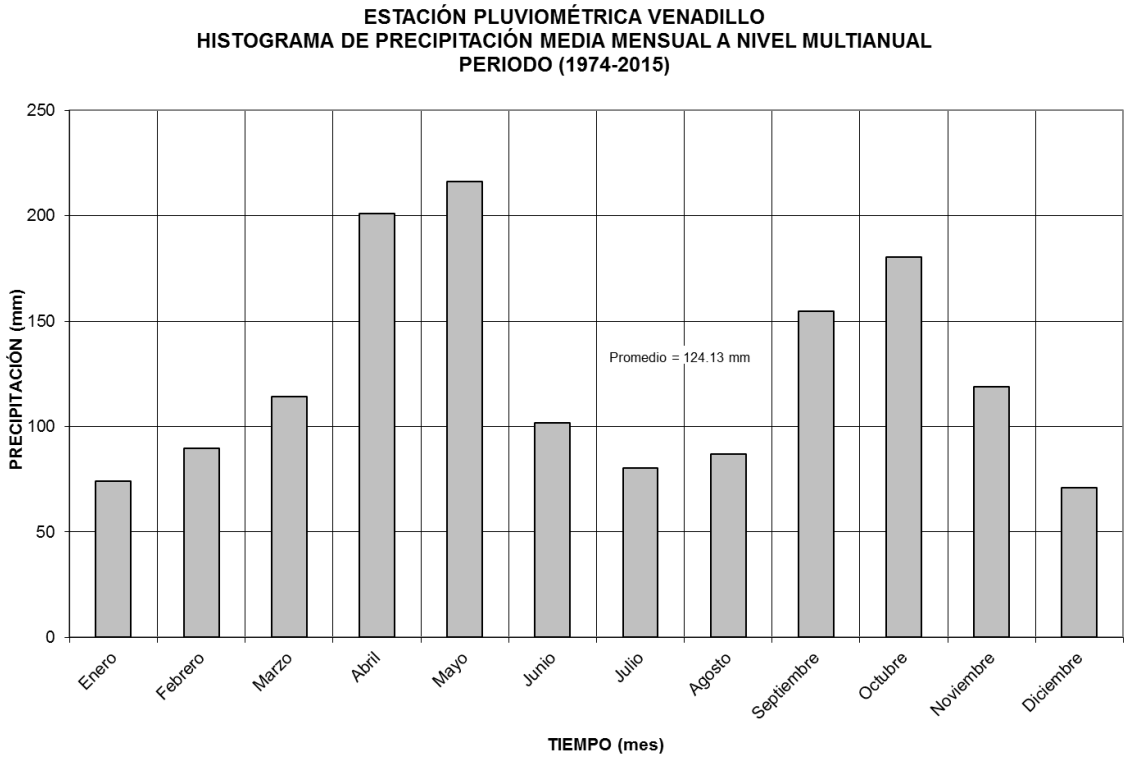
Figura 16. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Climatológica Ordinaria Santa Isabel, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 133,12 mm y varía entre un mínimo de 67,80 mm para el mes de enero y un máximo de 218,80 mm para el mes de abril. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 16. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.597,40 mm.

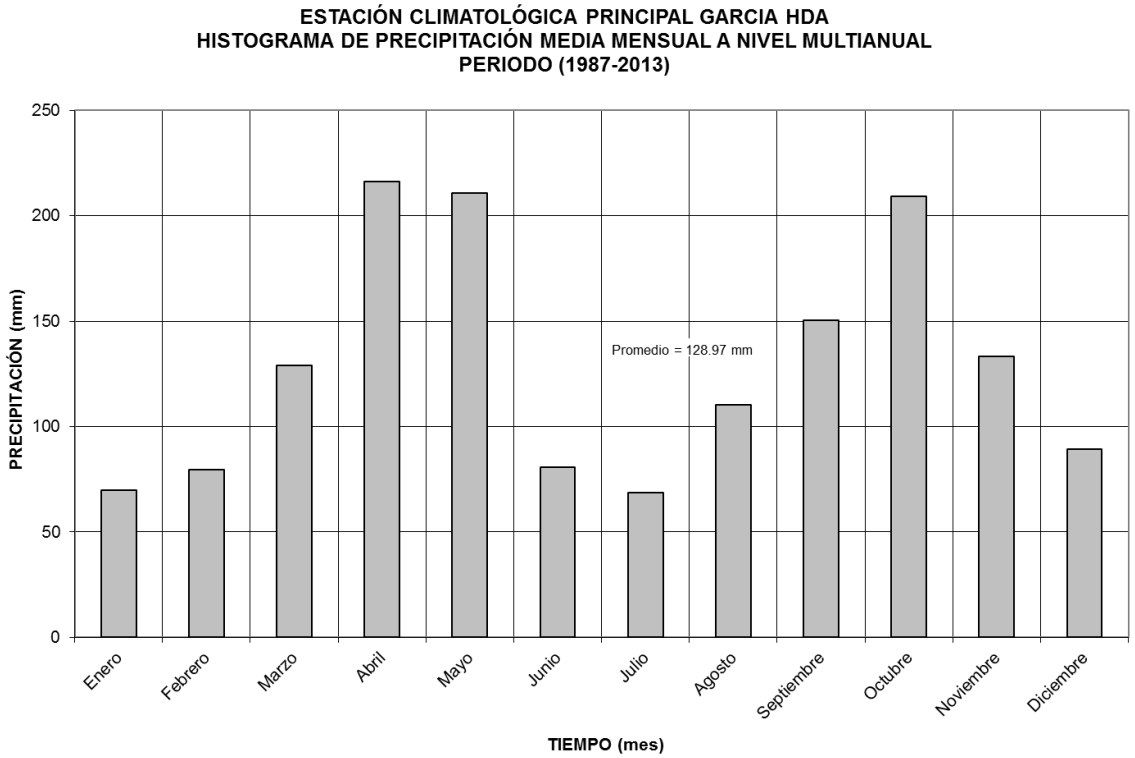
Figura 17. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica Venadillo – Periodo 1.974 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Pluviométrica Venadillo, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 124,13 mm y varía entre un mínimo de 71,10 mm para el mes de diciembre y un máximo de 216,40 mm para el mes de mayo. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal con dos estaciones secas y dos lluviosas. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de abril a mayo y septiembre a octubre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 17. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.489,50 mm.

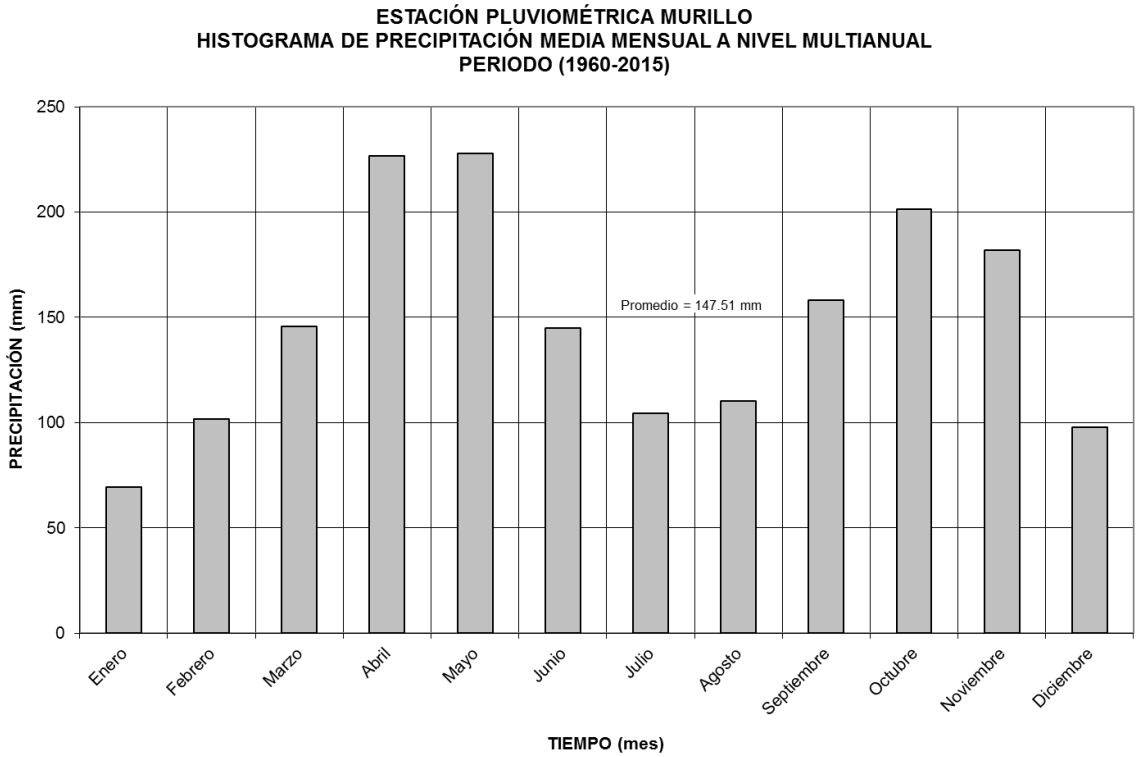
Figura 18. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Climatológica Principal García Hda, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 128,97 mm y varía entre un mínimo de 68,70 mm para el mes de Julio y un máximo de 216,20 mm para el mes de abril. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal a lo largo del año. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 18. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.547,60 mm.

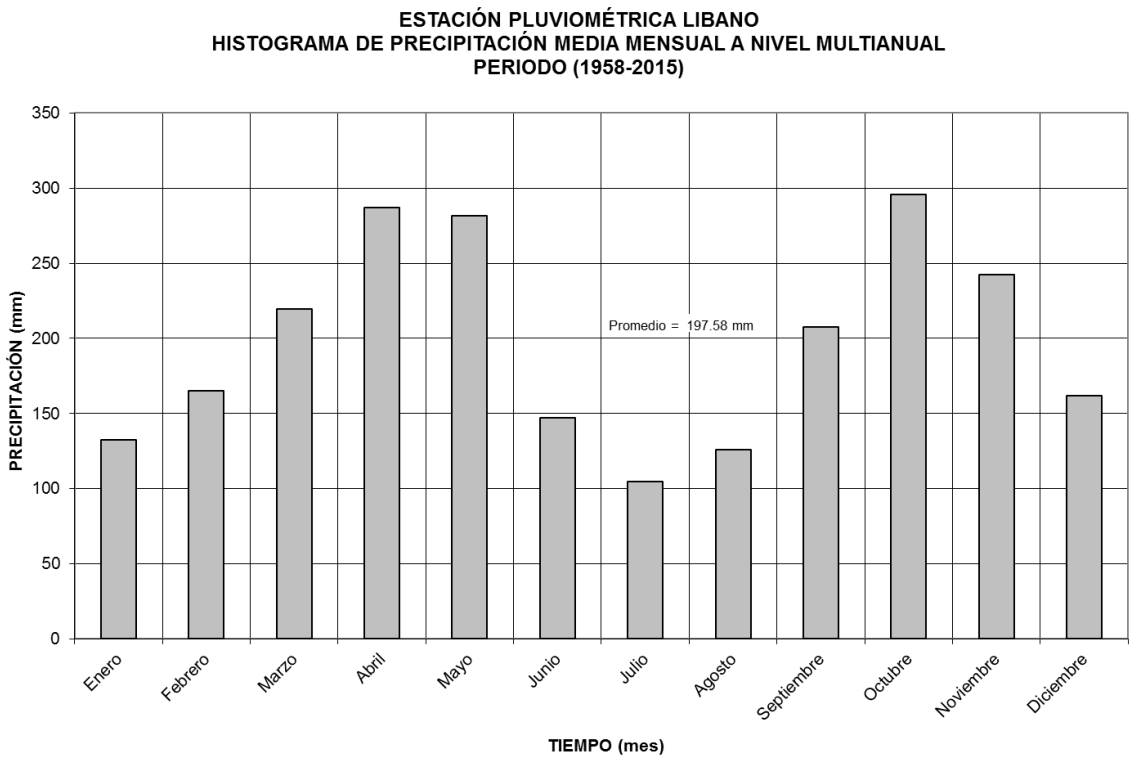
Figura 19. Histograma de Precipitación Media Mensual a Nivel Multianual para la Estación Pluviométrica Murillo – Periodo 1.987 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Pluviométrica Murillo, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 147,51 mm y varía entre un mínimo de 69,30 mm para el mes de enero y un máximo de 228,00 mm para el mes de mayo. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de abril a mayo y septiembre a noviembre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 19. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.770,10 mm.

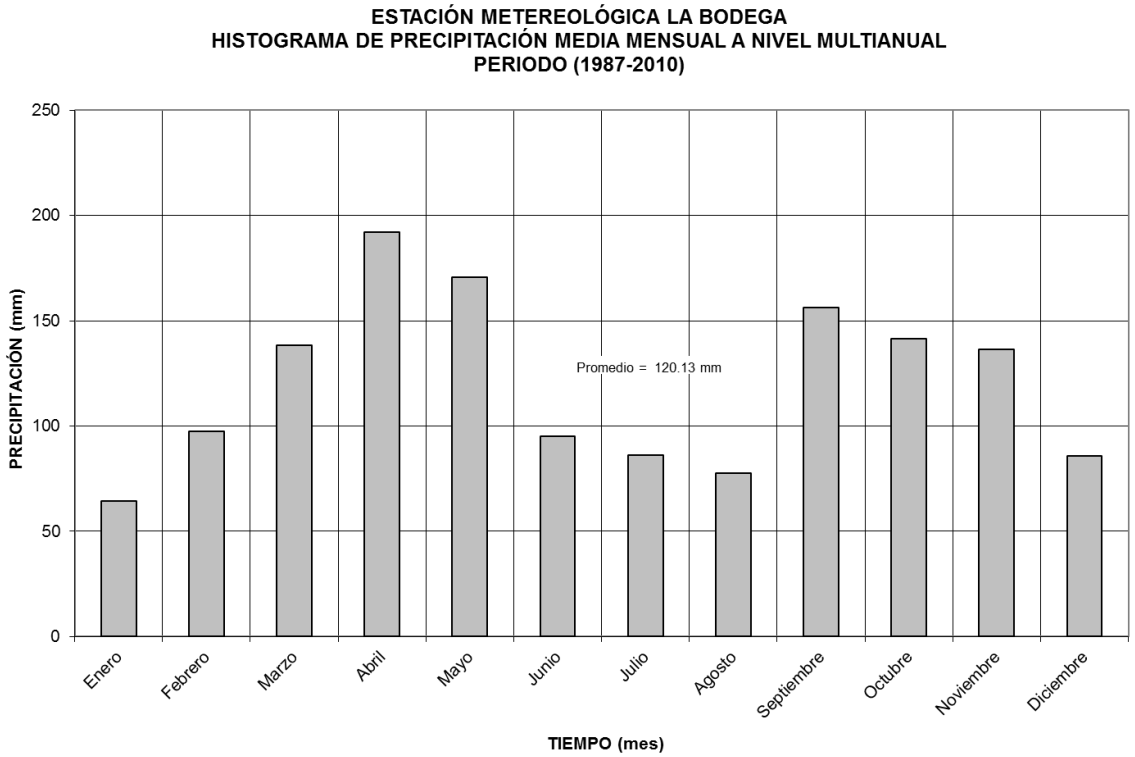
Figura 20. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación pluviométrica Líbano – Periodo 1.958 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Pluviométrica Líbano, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 187,58 mm y varía entre un mínimo de 104,60 mm para el mes de Julio y un máximo de 296,00 mm para el mes de octubre. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 19. La precipitación total a nivel multianual es igual a 2.370,9 mm.

Figura 21. Histograma de precipitación media mensual a nivel multianual para la estación meteorológica la Bodega – Periodo 1.987 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la Estación Meteorológica La Bodega, la precipitación total anual a nivel multianual es en promedio igual a 120,13 mm y varía entre un mínimo de 64,50 mm para el mes de enero y un máximo de 192,10 mm para el mes de abril. El régimen de precipitación presenta una distribución bimodal. El periodo lluvioso se extiende durante los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, mientras la época de estiaje ocurre durante los demás meses del año. Esto se muestra en la Figura 21. La precipitación total a nivel multianual es igual a 1.441,50 mm.

4.1.2 Distribución espacial

Una vez analizadas las estaciones medidoras de precipitación en la zona de proyecto, se trazaron las isolíneas de precipitación para este sitio. Estas isoyetas fueron elaboradas mediante el método geo-estadístico de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) por sus siglas en inglés.

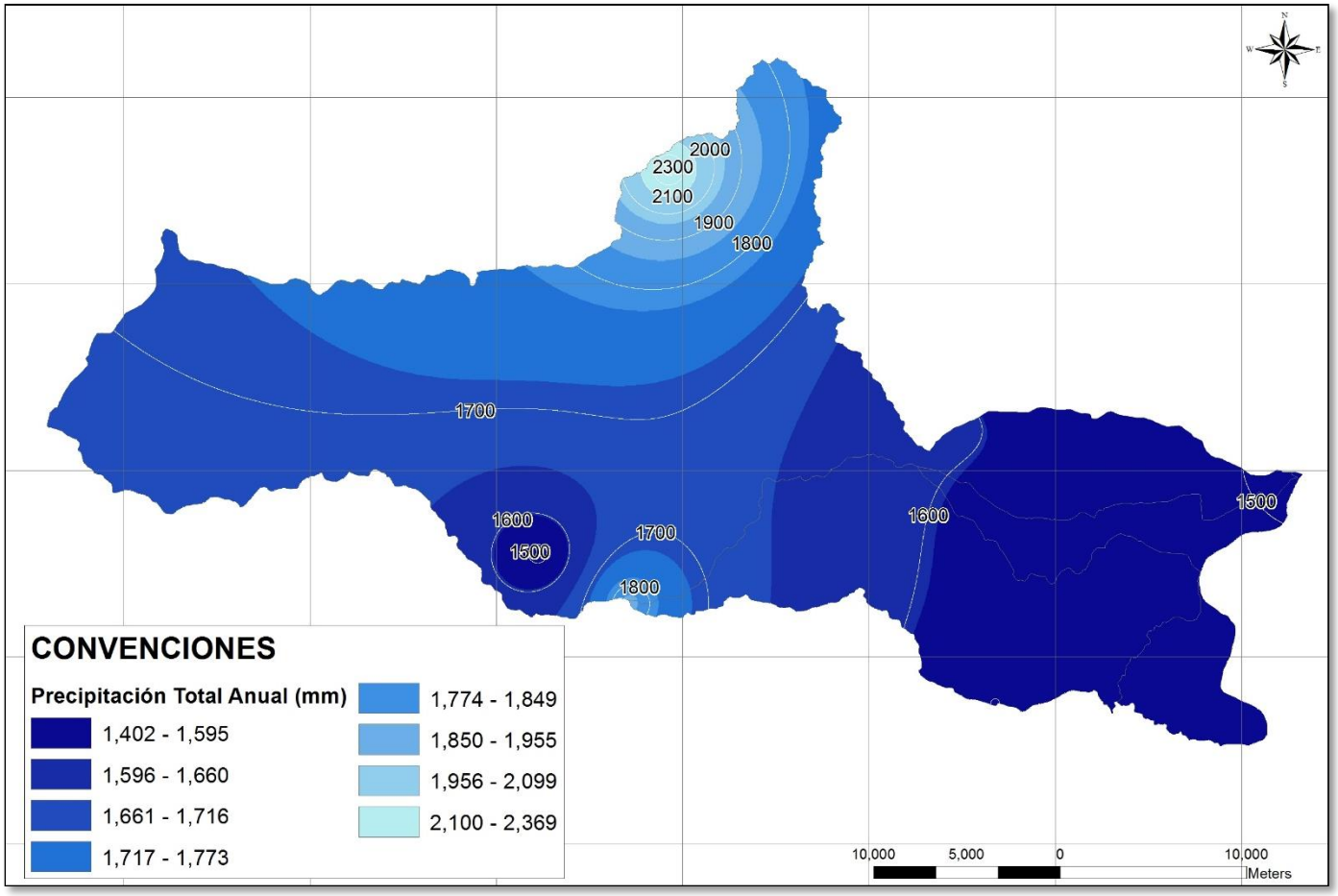
Este método implementa explícitamente la suposición de que las variables que están cerca unas de otras son más parecidas que aquéllas que están más separadas entre sí. Para predecir un valor para cualquier ubicación no medida, el método utiliza los valores medidos que rodean la ubicación de predicción. Los valores medidos más cercanos a la localización de predicción tienen más influencia sobre el valor predicho que los más alejados. El IDW supone que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia; da mayor peso a los puntos más cercanos al lugar de predicción, y los pesos disminuyen como una función de la distancia, de ahí el nombre de la distancia inversa ponderada.

El método de interpolación IDW utiliza los promedios de los valores de entrada. El resultado de los valores de las celdas jamás superará los límites máximos y mínimos establecidos en los puntos de entrada del análisis.

Al definir una potencia alta, mayor será el énfasis sobre los puntos más cercanos, y el resultado de la superficie será más detallado (pero menos suavizado). Especificando una potencia menor, se les dará una mayor importancia a los puntos más distantes y por tanto la superficie resultante será más suave.

En la Figura 22 se presentan las isolíneas de precipitación total de la zona de estudio a nivel anual.

Figura 22. Isoyetas para las cuencas de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para las isolíneas de precipitación total, se observa que los valores fluctúan entre los 1.220 mm y 2.370 mm, y que la precipitación es máxima en la Zona Norte, disminuyendo hacia el Sur-Occidente y Sur-Oriental de la zona de estudio.

4.2 TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE

4.2.1 Distribución temporal

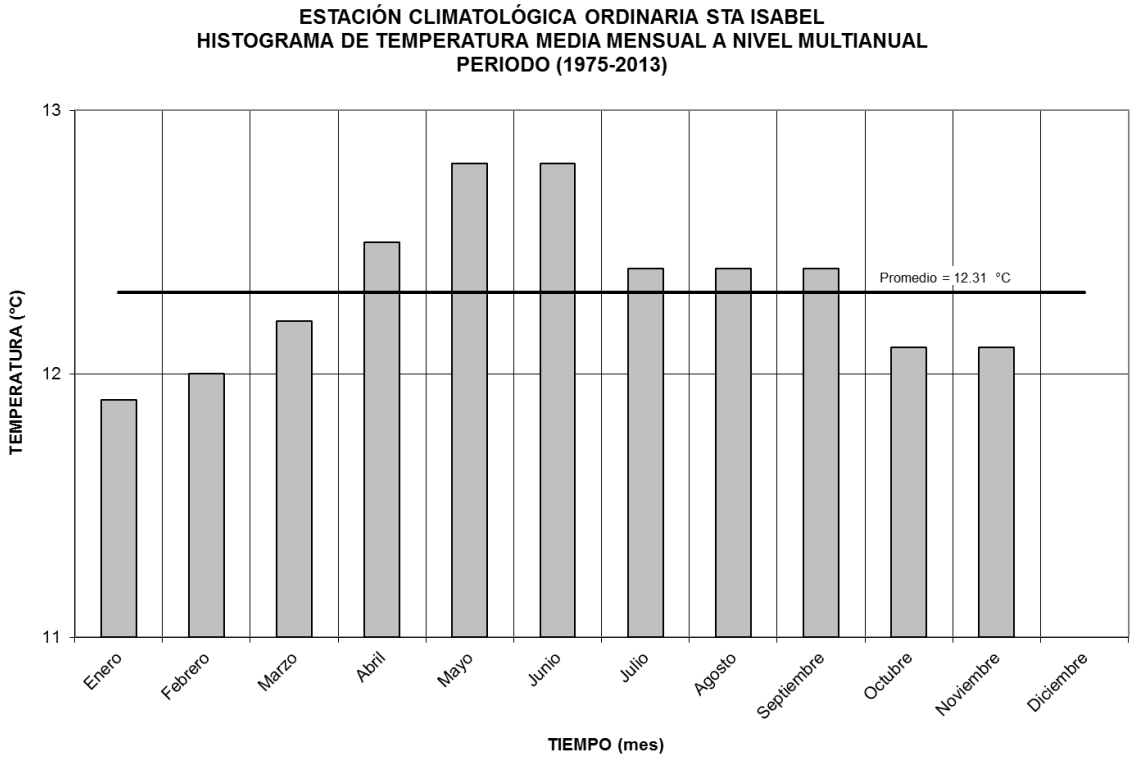
La variable climatológica de temperatura media indica la cantidad de energía calorífica que hay acumulada en el aire en un momento y lugar determinados. Proviene de los rayos que emite el sol, es decir, la radiación solar que llega hasta la tierra. La temperatura y la presión del aire son dos elementos del clima que poseen una relación inversamente proporcional: cuanto mayor sea la temperatura del aire en un determinado sitio, menor será su presión, y el aire ascenderá. De manera inversa, cuando el aire es más frío y se presentan menores temperaturas, la presión atmosférica aumenta por compresión en los lugares donde ésta desciende. Así, donde la temperatura del aire aumenta, el tiempo atmosférico tenderá a ser inestable, y se pueden producir lluvias e incluso tormentas. Donde la temperatura del aire desciende, el tiempo será más estable y se presentarán días soleados sin nubes, y con el ambiente seco. Del mismo modo se presenta una relación inversa entre esta variable climatológica y la altitud, es decir que, a mayor altura menor temperatura y viceversa. En la Tabla 17 se presentan los valores para las dos estaciones en estudio.

Tabla 17. Temperatura media mensual y anual a nivel multianual

Mes	Salto El (ºC)	García Hda (ºC)	Quinta La (ºC)	Sta Isabel (ºC)
Enero	28,9	27,9	27,3	11,9
Febrero	29,0	28,1	27,3	12,0
Marzo	28,8	28,0	27,3	12,2
Abril	28,0	27,4	26,8	12,6
Mayo	27,9	27,3	26,8	12,8
Junio	28,6	27,8	27,1	12,8
Julio	29,7	28,5	27,7	12,5
Agosto	30,0	28,9	28,0	12,4
Septiembre	29,1	28,1	27,5	12,4
Octubre	27,7	27,1	26,8	12,1
Noviembre	27,9	26,9	26,6	12,1
Diciembre	28,1	27,4	27,0	12,3
MEDIO	28,6	27,8	27,2	12,3
MÁXIMO	30,0	28,9	28,0	12,8

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

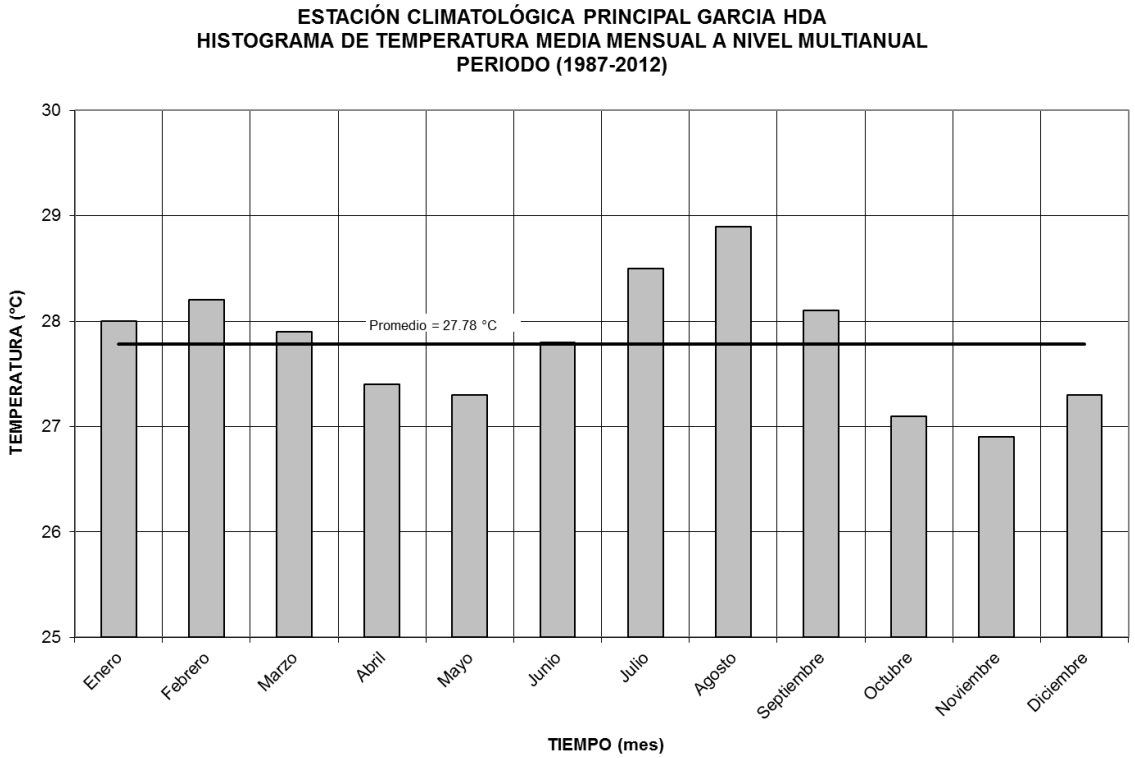
Figura 23. Histograma de temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 12,31 °C para la estación Climatológica Ordinaria Santa Isabel, variando entre valores mínimos y máximos de 11,90° C para el mes de enero y 12,80 º C para los meses de mayo y junio respectivamente. En general, se experimentan los más altos valores de temperatura entre los meses de abril a septiembre. Lo anterior, se presenta en la Figura 23.

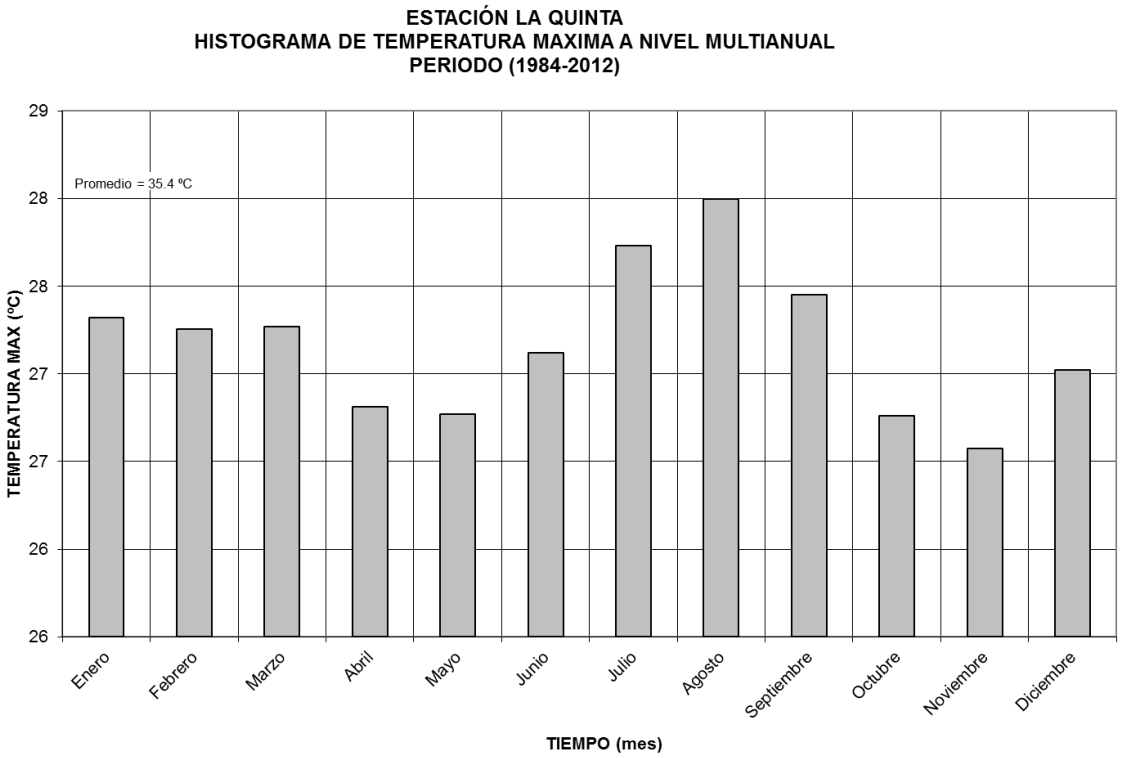
Figura 24. Histograma de temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se calculó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 27,78 °C para la estación Climatológica Principal García Hda. Variando entre valores mínimos y máximos de 26,90° C para el mes de noviembre, y 28,90 º C para el mes de agosto respectivamente. En general, los mayores valores de temperatura se presentan entre los meses de enero a marzo y julio a septiembre. Lo anterior se observa en la Figura 24

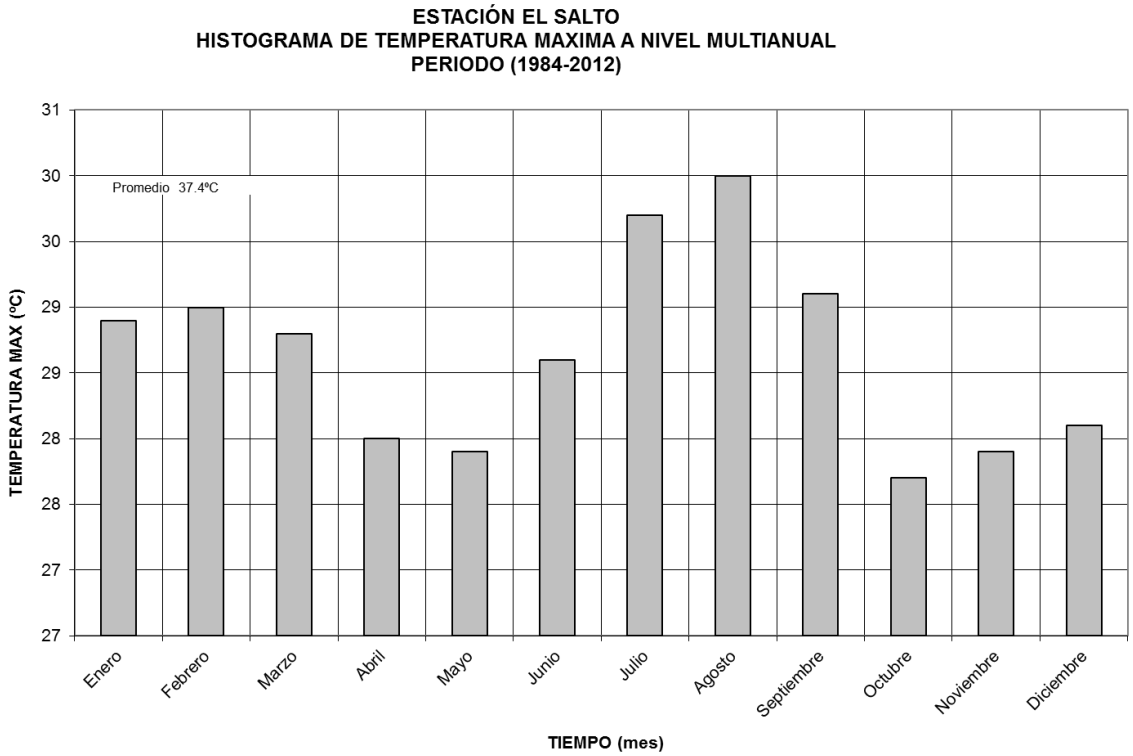
Figura 25. Histograma de Temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria La Quinta - Periodo 1.984 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se calculó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 36,2 °C para la estación Climatológica Ordinaria La Quinta. Variando entre valores mínimos y máximos de 28° C para el mes de noviembre, y 26,6 º C para el mes de agosto respectivamente. En general, los mayores valores de temperatura se presentan entre los meses de enero a marzo y julio a septiembre. Lo anterior se observa en la Figura 25.

Figura 26. Histograma de temperatura media mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria el Salto - Periodo 1.984 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

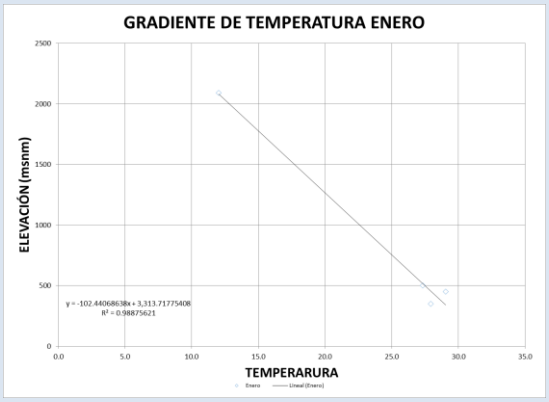
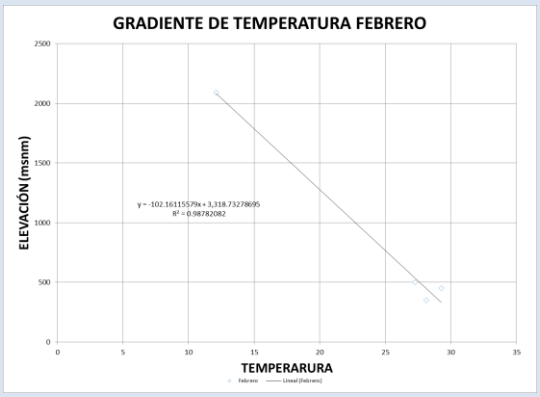
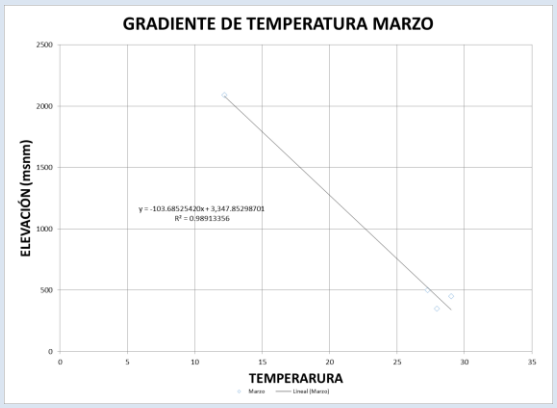
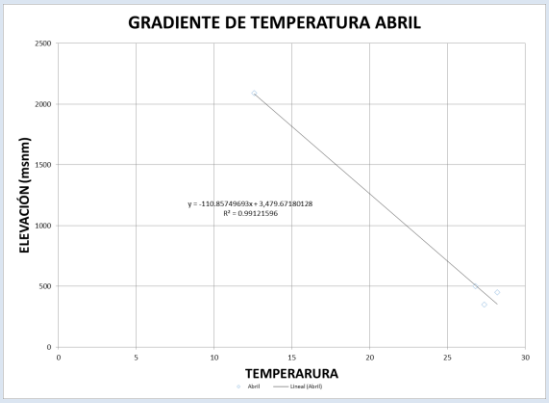
Se calculó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 37,4 °C para la estación Climatológica Ordinaria El Salto. Variando entre valores mínimos y máximos de 30° C para el mes de noviembre, y 27,7 º C para el mes de agosto respectivamente. En general, los mayores valores de temperatura se presentan entre los meses de enero a marzo y julio a septiembre. Lo anterior se observa en la Figura 26.

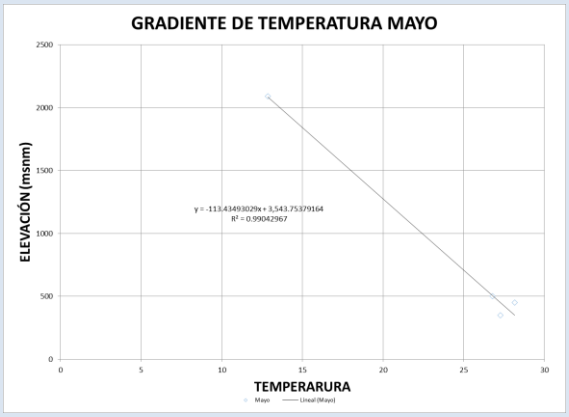
4.2.2 Distribución espacial

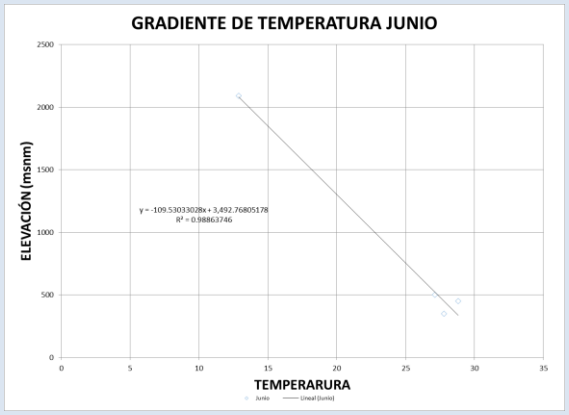
Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazaron las isotermas, utilizando un método de interpolación por el gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro. Este método compara la elevación (obtenida del DEM 12,5 x 12,5 metros) de cada estación con la temperatura medida por la misma en el mes analizado. Al igual que, se realiza para los parámetros de temperatura media, máxima y mínima del aire.

En la Figura 27 se presentan los gradientes de temperatura, con los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en la zona y sus alrededores para cada mes y también para el promedio anual, mientras que en la Tabla 18 se presentan las ecuaciones respectivas.

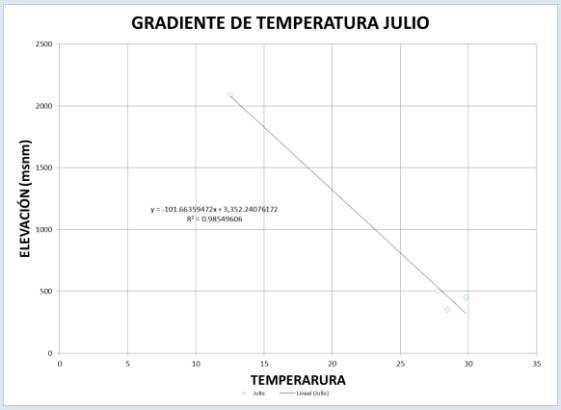
Figura 27. Gradiente de temperatura media mensual y promedio anual de la cuenca del río Recio y río Venadillo

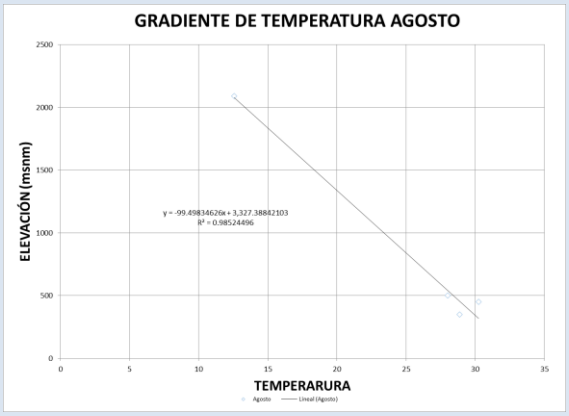
Enero	Febrero
	
Marzo	**Abril**
	
Mayo	**Junio**



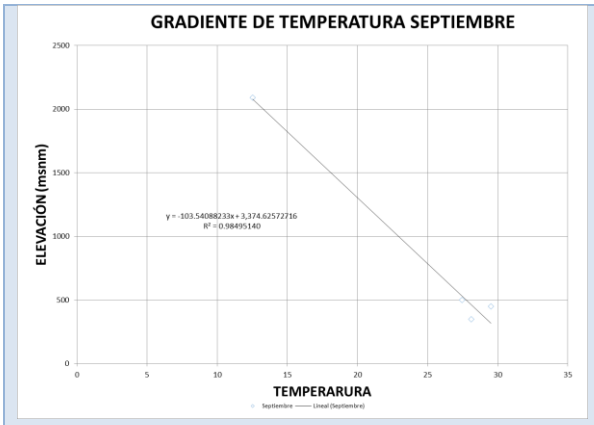


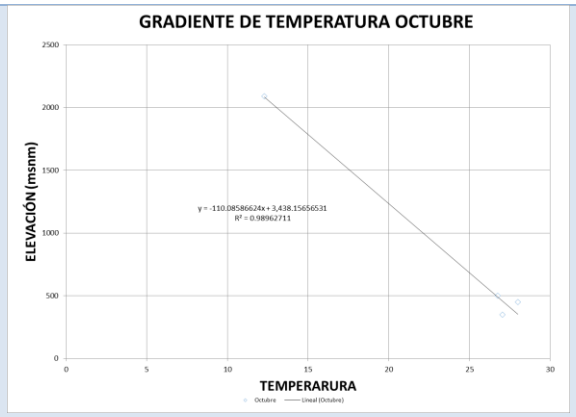
Julio | **Agosto**



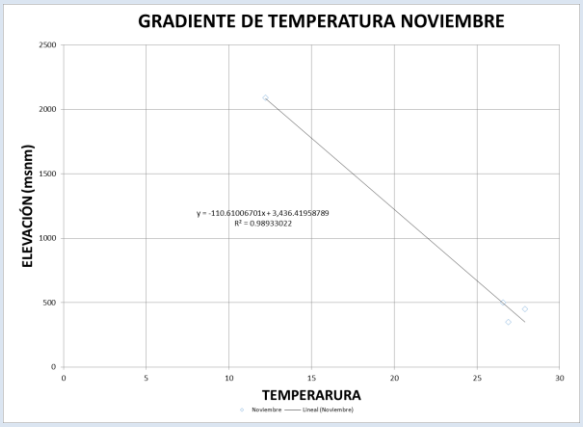


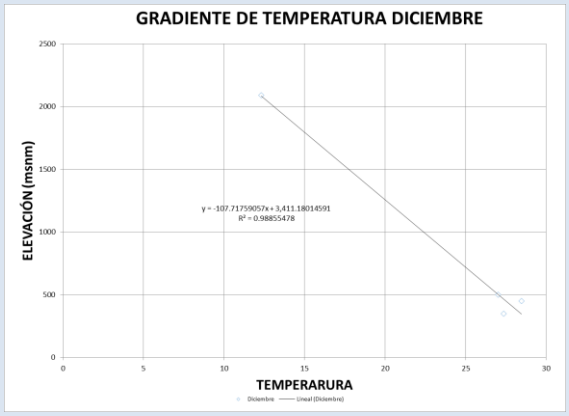
Septiembre | **Octubre**



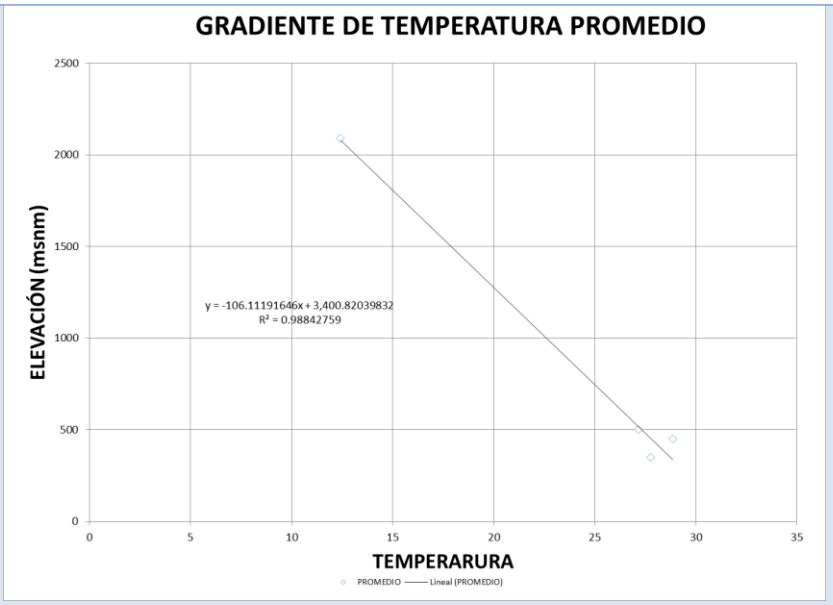


Noviembre	Diciembre





Promedio



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 18. Ecuaciones para la distribución espacial de la temperatura media

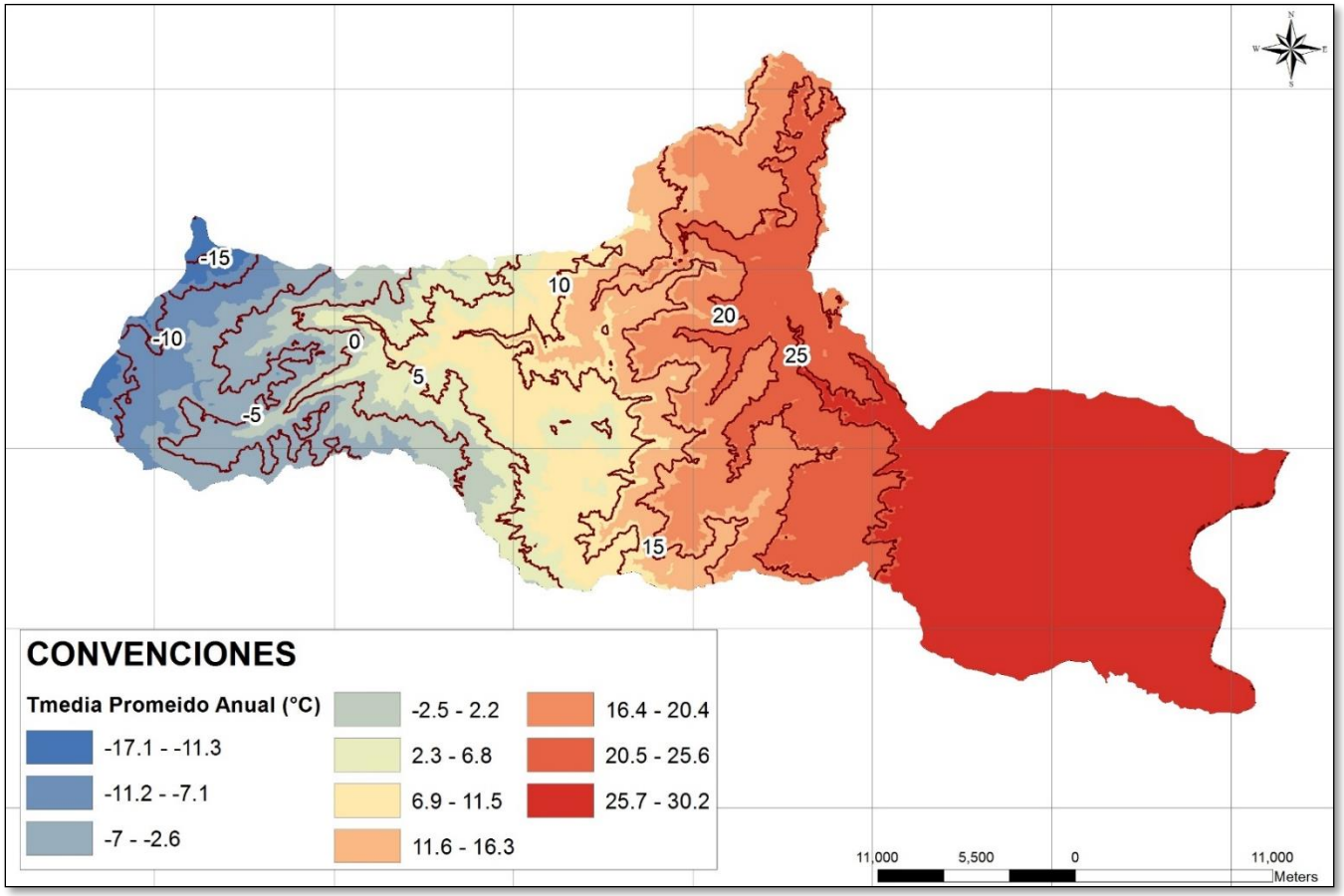
MES	ECUACIÓN
Enero	x=(y–3,313,71775408)/(-102,44068638)
Febrero	x=(y-3,318,73278695)/ (-102,16115579)
Marzo	x=(y-3347,85298701)/(-103,6852542)
Abril	x=(y-3479,67180128)/(-110,85749693)
Mayo	x=(y-3543,75379164)/(-113,43493029)
Junio	x=(y-3492,76805178)/(-109,53033028)
Julio	x=(y-3352,24076172)/(-101,66359472)
Agosto	x=(y-3327,38842103)/(-99,49834626x)
Septiembre	x=(y-3374,62572716)/(-103,54088233)
Octubre	x=(y-3438,15656531)/(-110,08586624)
Noviembre	x=(y-3436,41958789)/(-110,61006701)
Diciembre	x=(y-3411,18014591)/(-107,71759057)
Promedio	x=(y-3400,82039832)/(-106,11191646)

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Teniendo en cuenta los gradientes de temperatura media a nivel mensual y promedio anual para las estaciones seleccionadas, se procedió a calcular las isotermas de la zona; es así como en el plano No. 3 se presentan las isotermas de temperatura a nivel mensual mientras que en la Figura 28 se presenta su valor promedio. Cabe aclarar que en este caso la variable dependiente (y) corresponde a la elevación, y la variable independiente (x) corresponde a la temperatura; por lo tanto, para el cálculo de isotermas se despejó la variable “x” y posteriormente se hizo la interpolación. Este procedimiento se realizó de igual forma para las temperaturas máxima y mínima.

En la Figura 28 se presentaron las isolíneas del promedio anual de temperatura media, donde se observa que los valores más altos se presentan al Sur-Oriente de la zona de estudio, con registros del orden de los 25,7 °C a los 30,2°C, y los valores más bajos de temperatura media se presentan en la parte occidental con valores de hasta -17°C.

Figura 28. Isotermas de temperatura media anual para la cuenca del río Recio y río Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.3 TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE

4.3.1 Distribución temporal

La temperatura máxima se considera como la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar determinado durante las 24 horas de un día (máxima diaria), durante un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual). También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante un período de tiempo mucho mayor (máxima absoluta). En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan a medio día y en las primeras horas de la tarde. En la Tabla 19 se presentan los valores de temperatura máxima a nivel anual para las dos estaciones en estudio.

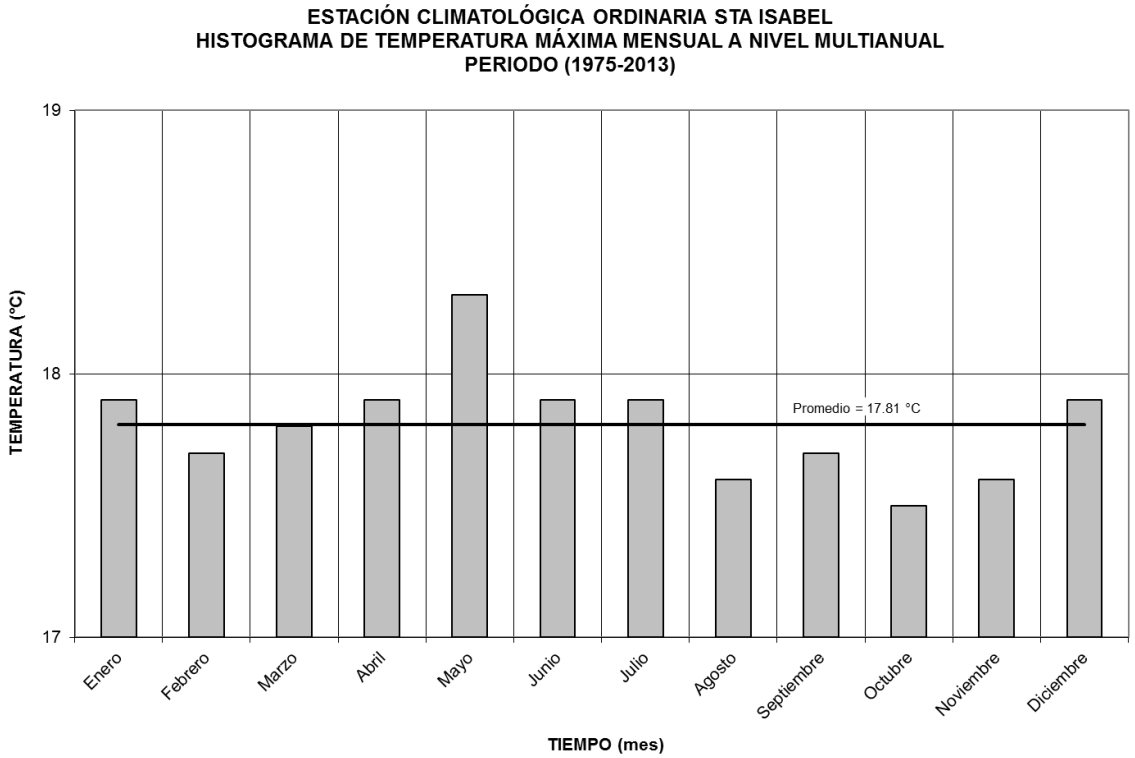
Tabla 19. Temperatura máxima mensual y anual a nivel multianual

Mes	Salto El (ºC)	Garcia Hda (ºC)	Quinta La (ºC)	Sta Isabel (ºC)
Enero	37,7	36,3	35,3	18,0
Febrero	38,2	36,9	35,6	17,9
Marzo	38,1	36,9	36,0	18,0
Abril	37,1	35,6	35,0	18,0
Mayo	36,5	35,5	34,9	18,5
Junio	37,0	35,8	34,8	18,1
Julio	38,2	36,9	35,9	18,2
Agosto	38,6	37,5	36,5	17,9
Septiembre	38,6	37,3	36,1	18,0
Octubre	36,6	35,5	35,2	17,8
Noviembre	36,0	34,9	34,4	17,9
Diciembre	36,6	35,4	34,8	18,2
MAXIMO	38,6	37,5	36,5	18,5

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 17,81°C para la estación Climatológica Ordinaria Santa Isabel. Variando entre valores mínimos y máximos de 17,50° C para el mes de octubre y 18,30 º C para el mes de mayo respectivamente. En general, se experimentan los niveles más altos de temperatura en los meses de enero, abril, mayo, junio, Julio y diciembre. Lo anterior se presenta en la Figura 29

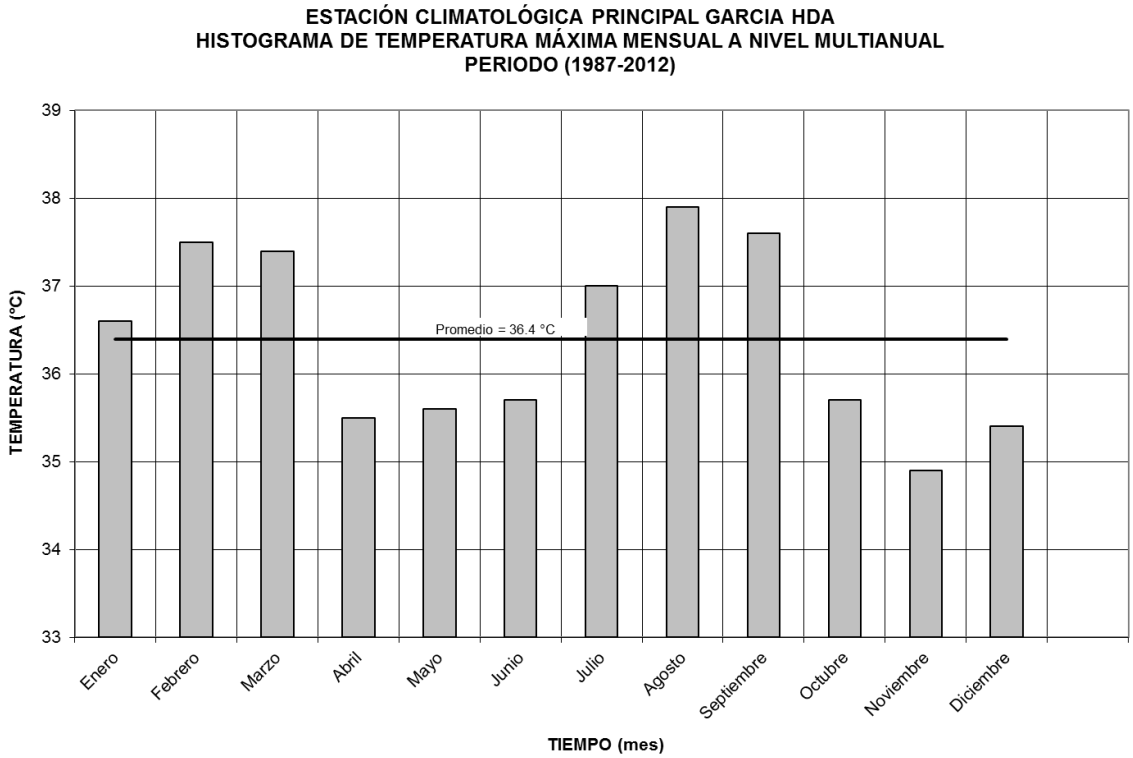
Figura 29. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 36,40 °C para la estación Climatológica Principal García Hda. Variando entre valores mínimos y máximos de 34,90° C para el mes de noviembre, y 37,90 º C para el mes de agosto respectivamente. En general, se experimentan altos niveles de temperatura en los meses de enero a marzo y julio a septiembre. Lo anterior se presenta en la Figura 30

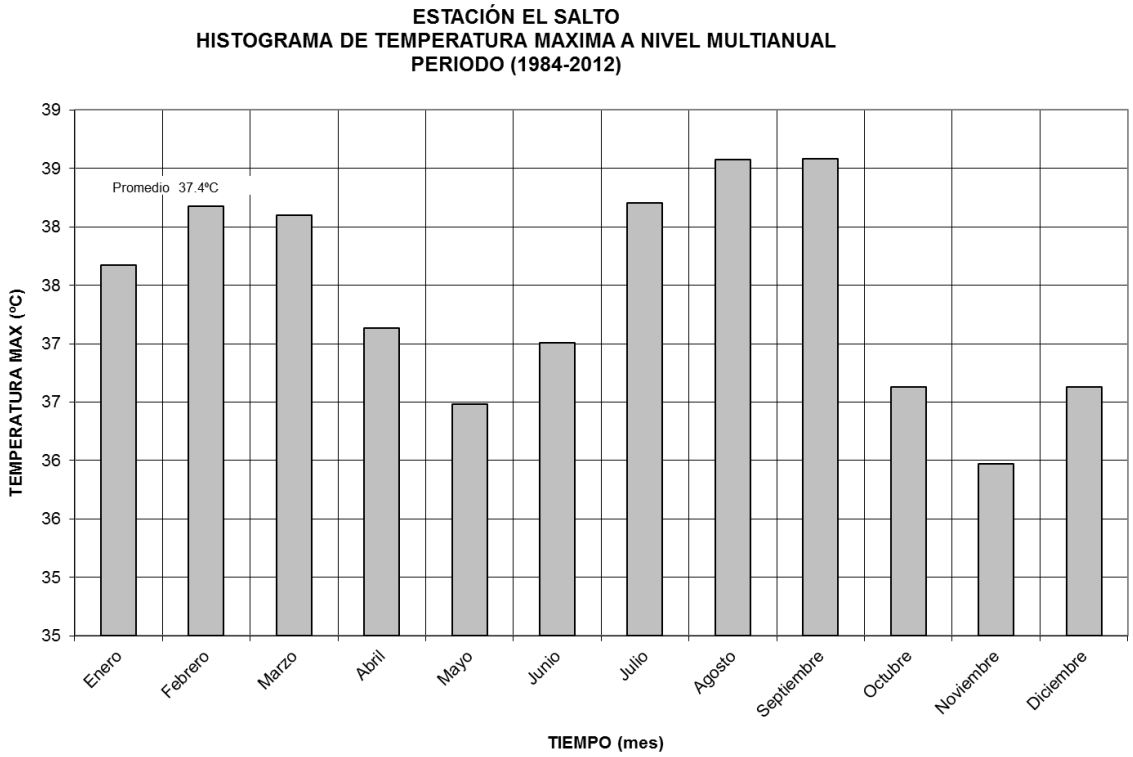
Figura 30. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 37,4°C para la estación Climatológica Ordinaria El Salto. Variando entre valores mínimos y máximos de 38,6°C para el mes de noviembre, y 36ºC para el mes de agosto respectivamente. En general, se experimentan altos niveles de temperatura en los meses de enero a marzo y julio a septiembre. Lo anterior se presenta en la Figura 31.

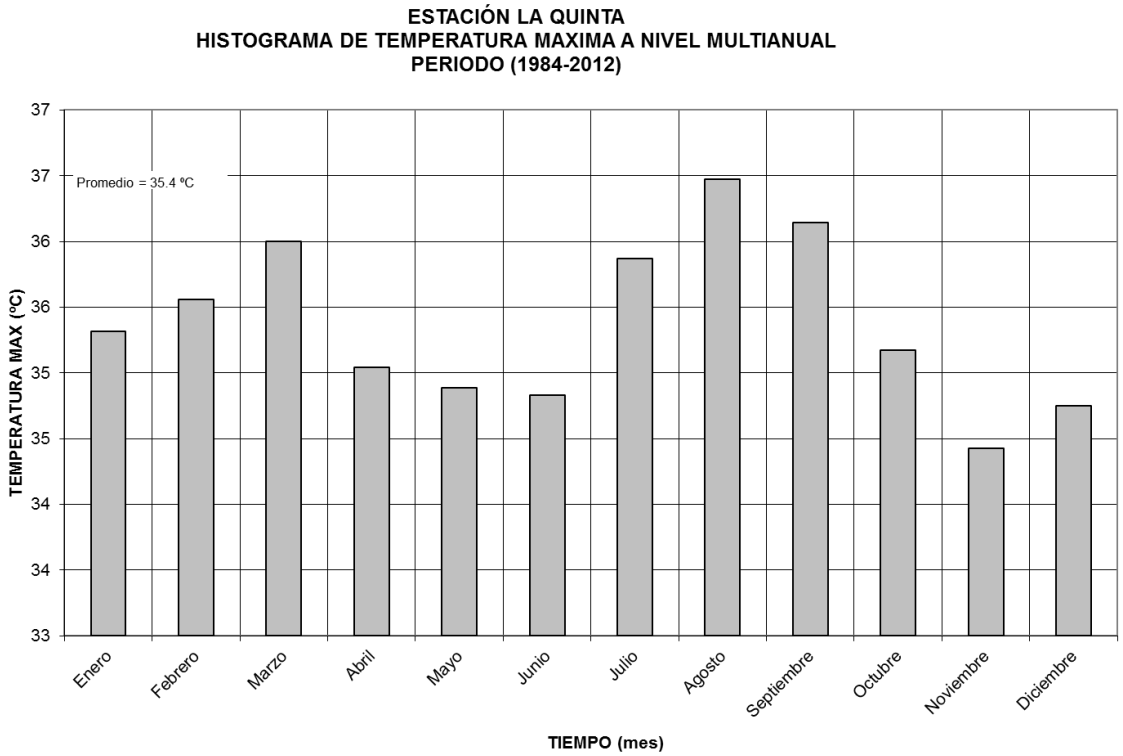
Figura 31. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria El Salto – Periodo 1.984 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 35,4 °C para la estación Climatológica Ordinaria La Quinta. Variando entre valores mínimos y máximos de 36,5° C para el mes de noviembre, y 34,4 º C para el mes de agosto respectivamente. En general, se experimentan altos niveles de temperatura en los meses de enero a marzo y julio a septiembre. Lo anterior se presenta en la Figura 32.

Figura 32. Histograma de temperatura máxima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria la Quinta – Periodo 1.984 a 2.012



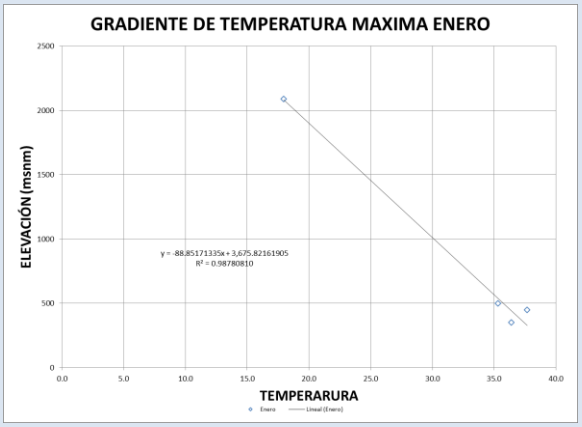
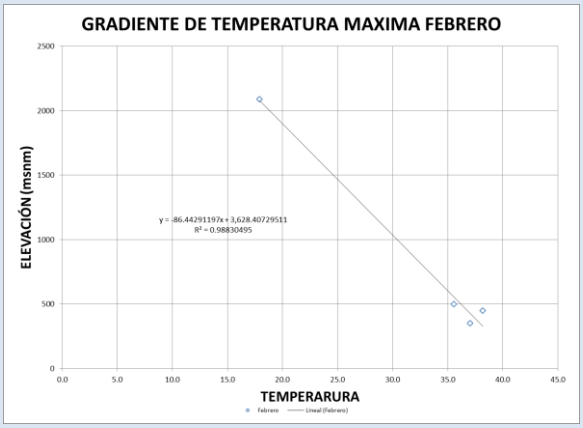
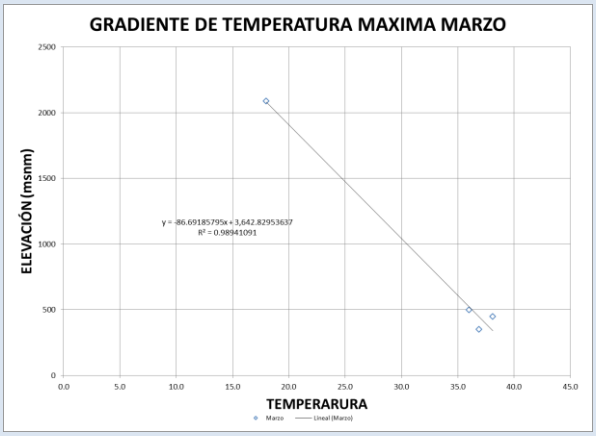
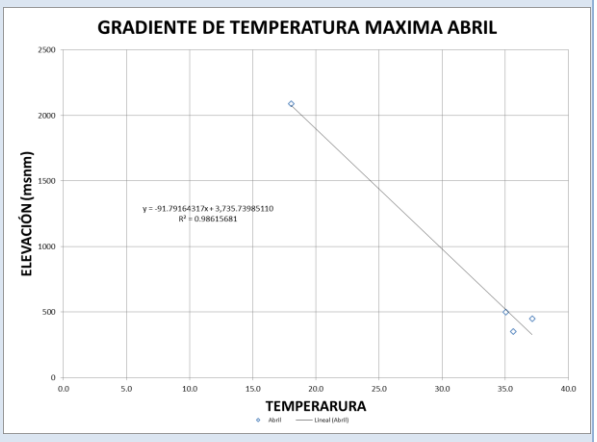
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

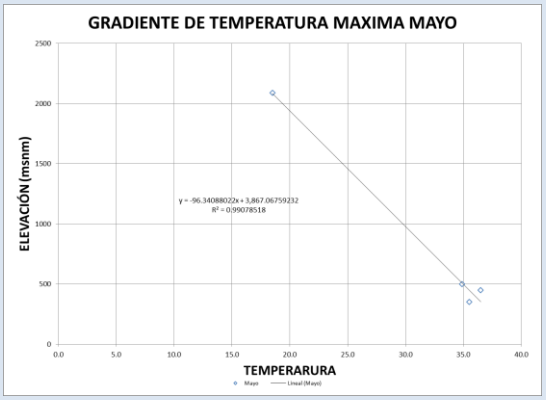
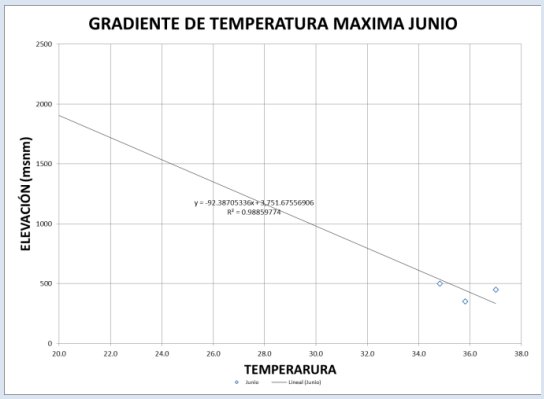
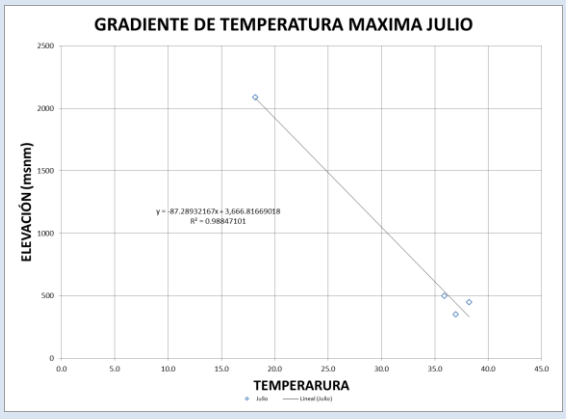
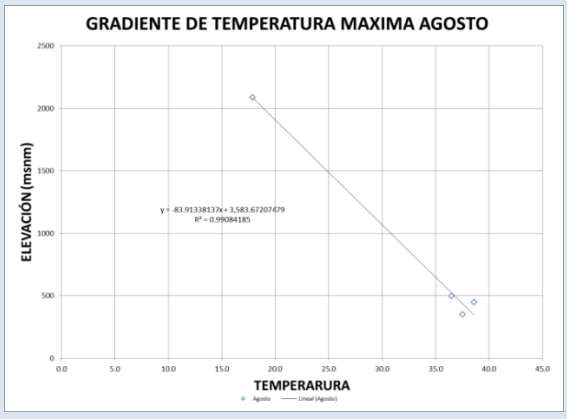
4.3.2 Distribución espacial

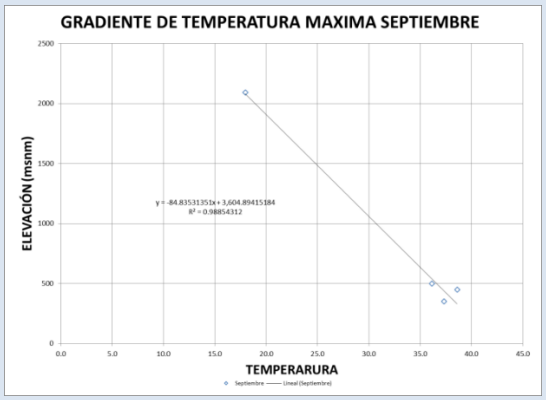
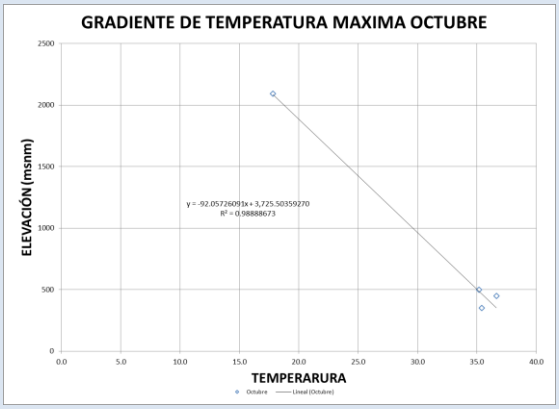
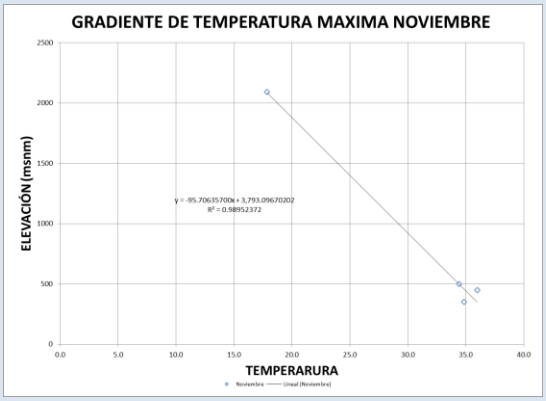
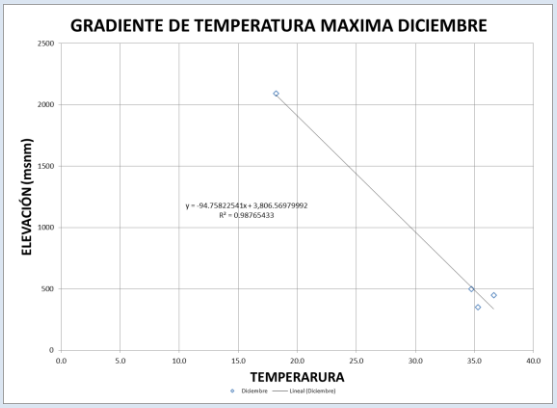
Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazaron las isotermas, utilizando un método de interpolación por el gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro.

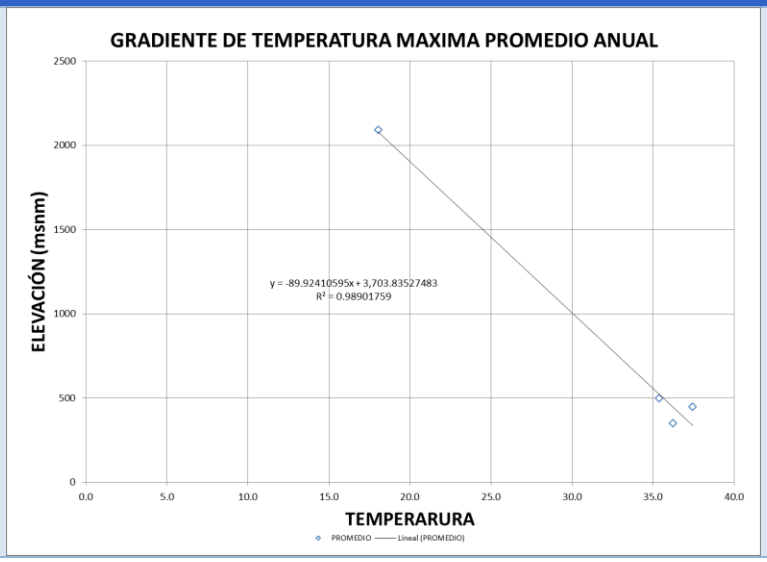
En la Figura 33 se presentan los gradientes de temperatura, con los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en la zona y sus alrededores para cada mes y también para el promedio anual, mientras que en la Tabla 20 se presentan las ecuaciones respectivas.

Figura 33. Gradiente de temperatura máxima mensual y promedio anual de la cuenca del río Recio y río Venadillo

Enero	Febrero
	
Marzo	**Abril**
	

Mayo	Junio
	
Julio	**Agosto**
	

Septiembre	Octubre
	
Noviembre	**Diciembre**
	

Promedio


Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 20. Ecuaciones para la distribución espacial de la temperatura máxima

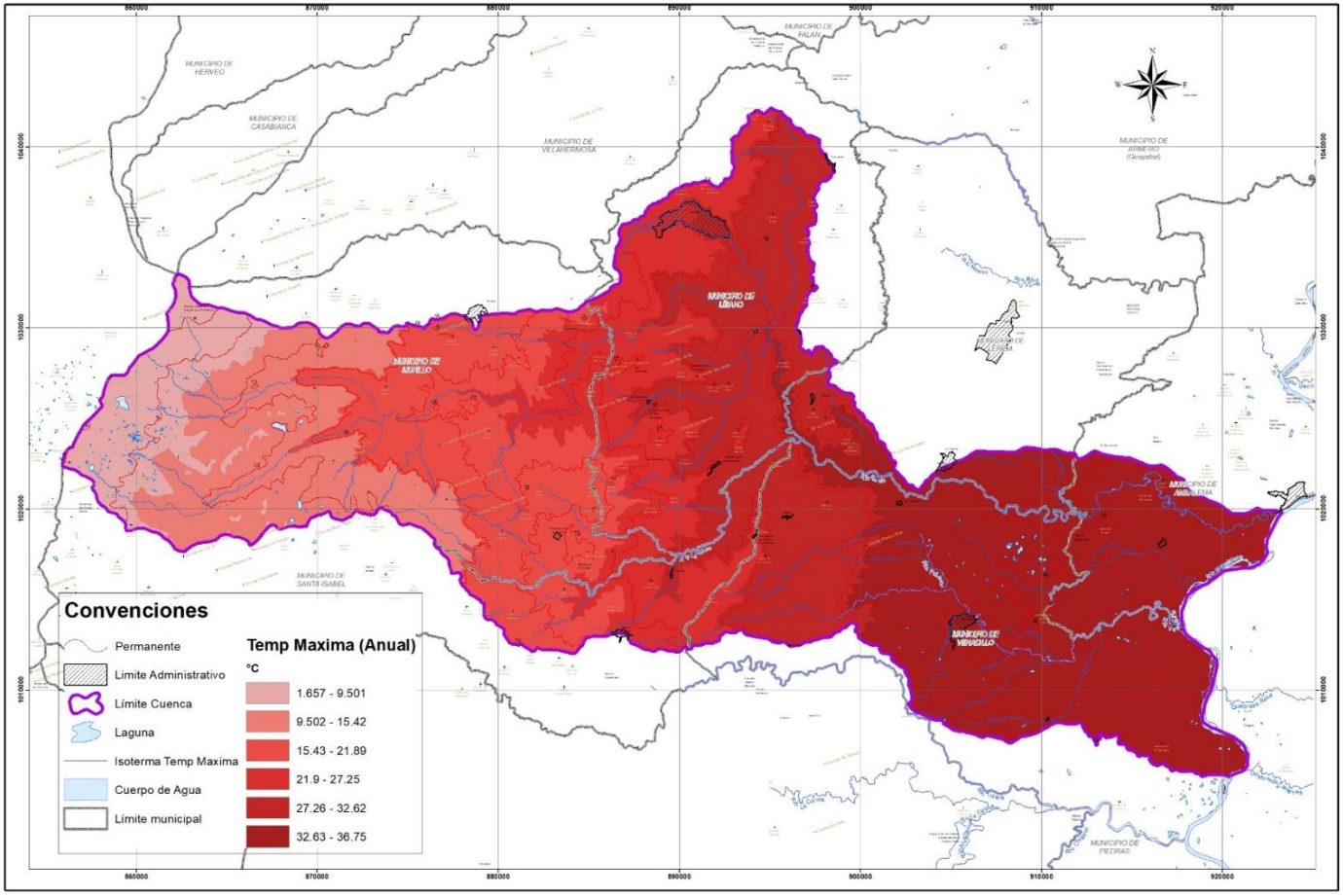
Mes	Ecuación
Enero	x=(y-3675,82161905)/(-88,85171335)
Febrero	x=(y-3628,40729511)/(-86,44291197)
Marzo	x=(y-3642,82953637)/(-86,69185795)
Abril	x=(y-3735,7398511)/(-91,79164317)
Mayo	x=(y-3867,06759232)/(-96,34088022)
Junio	x=(y-3751,67556906)/(-92,38705336)
Julio	x=(y-3666,81669018)/(-87,28932167)
Agosto	x=(y-3583,67207479)/(-83,91338137)
Septiembre	x=(y-3604,89415184)/(-84,83531351)
Octubre	x=(y-3725,5035927)/(-92,05726091)
Noviembre	x=(y-3793,09670202)/(-95,706357)
Diciembre	x=(y-3806,56979992)/(-94,75822541)
Promedio	x=(y-3703,83527483)/(-89,92410595)

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Teniendo en cuenta los gradientes de temperatura máxima a nivel mensual y promedio anual para las estaciones seleccionadas, se procedió a calcular las isotermas de la zona; es así como en el Anexo 7, carpeta Planos No. 4 se presentan las isotermas de temperatura máxima a nivel mensual mientras que en la Figura 34 se presenta su valor promedio. Cabe aclarar que en este caso la variable dependiente (y) corresponde a la elevación, y la variable independiente (x) corresponde a la temperatura; por lo tanto para el cálculo de isotermas se despejó la variable “x” y posteriormente se hizo la interpolación.

En la Figura 34 se presentaron las isolíneas del promedio anual de temperatura máxima. En este mapa se observó que los valores más altos se presentan al Sur-Oriente de la zona, con registros del orden de los 32,1 a los 40 °C.

Figura 34. Isotermas de temperatura máxima para la cuenca del río Recio y río Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.4 TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE

4.4.1 Distribución temporal

La temperatura mínima es la menor temperatura alcanzada en un lugar determinado durante un día, un mes o un año, así como también la mínima absoluta alcanzada en los registros de temperaturas de un lugar determinado. En condiciones normales, las temperaturas mínimas diarias se registran en horas del amanecer. En la Tabla 21 se presentan los valores de temperatura máxima a nivel anual para las dos estaciones en estudio.

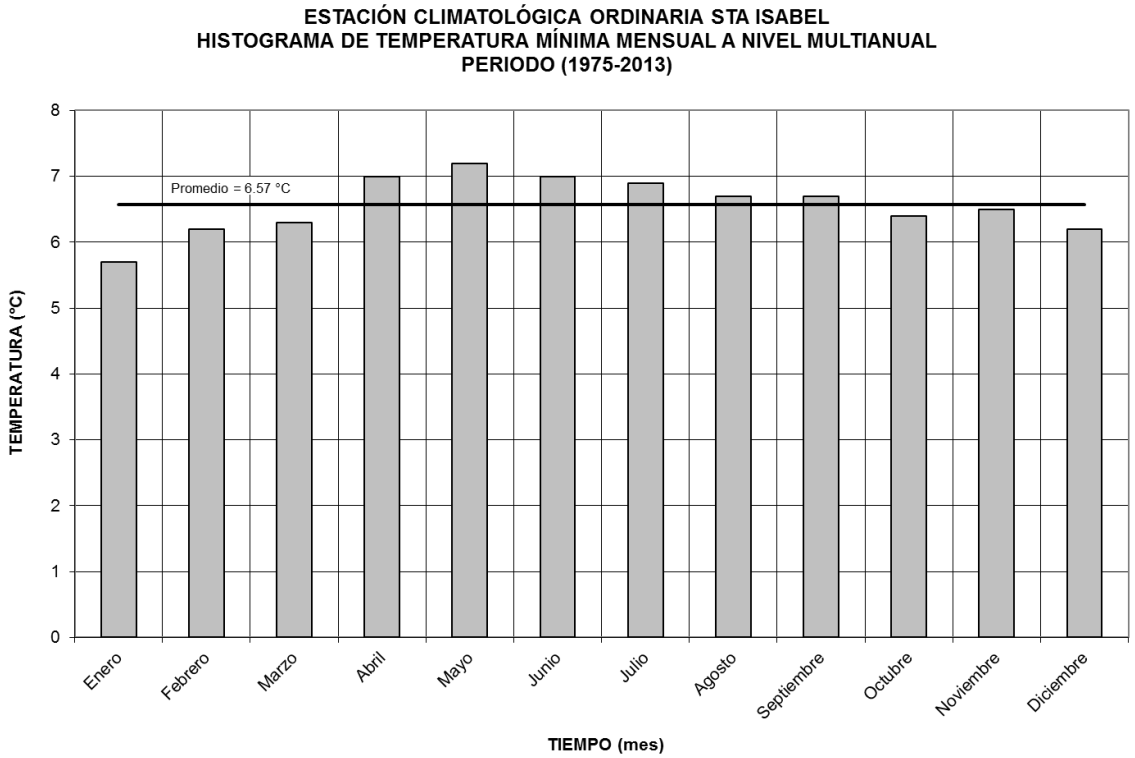
Tabla 21. Temperatura mínima mensual y anual a nivel multianual

Mes	Salto El	García Hda	Quinta La	Sta Isabel
	(ºC)	(ºC)	(ºC)	(ºC)
Enero	21,3	19,4	19,2	5,8
Febrero	21,0	19,9	19,1	6,2
Marzo	21,1	19,7	19,2	6,3
Abril	21,0	19,5	19,3	6,8
Mayo	21,1	19,6	19,4	7,1
Junio	20,6	19,5	18,9	6,9
Julio	20,7	19,4	19,3	6,7
Agosto	20,6	18,0	19,2	6,6
Septiembre	20,8	19,3	18,8	6,6
Octubre	20,5	18,6	18,7	6,5
Noviembre	21,0	19,4	19,2	6,5
Diciembre	21,1	19,8	18,6	6,3
MÍNIMO	20,5	18,0	18,6	5,8

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 6,57 °C para la estación Climatológica Ordinaria Santa Isabel. Variando entre valores mínimos y máximos de 5,70° C para el mes de enero y 7,20 º C para el mes de mayo respectivamente. En general, se experimentan bajos niveles de temperatura entre los meses de enero, febrero, marzo, octubre y diciembre. Lo anterior se presenta en la Figura 35.

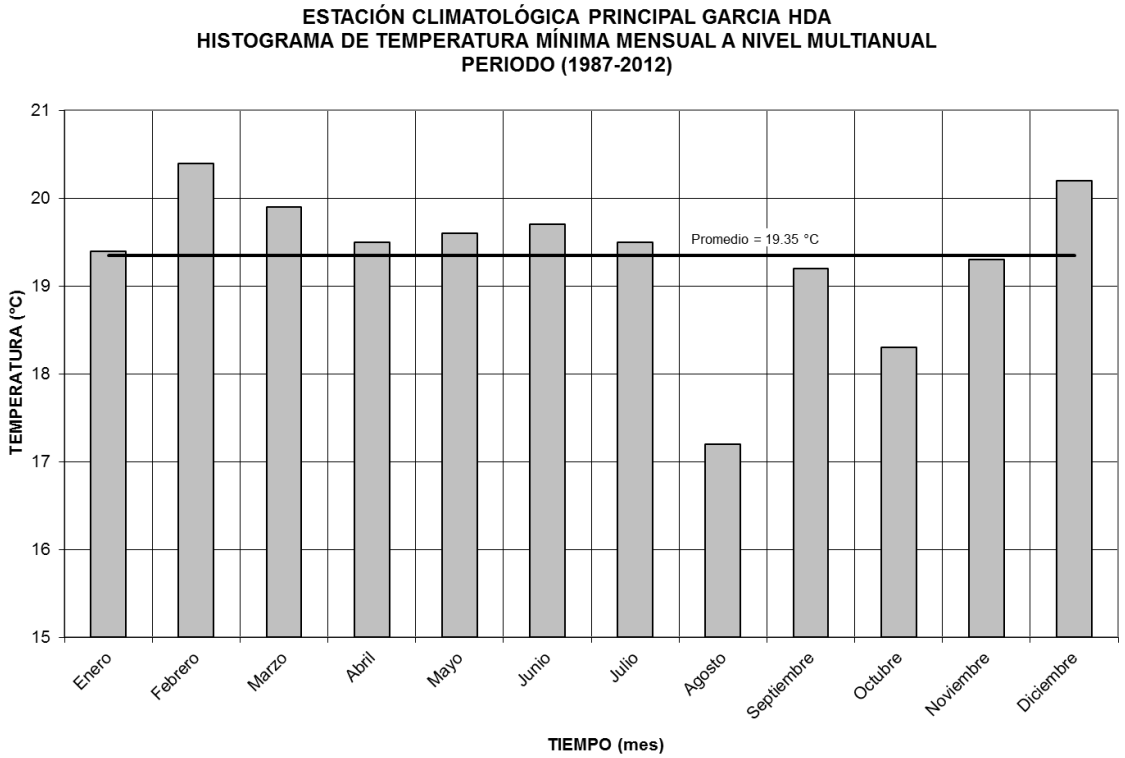
Figura 35. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Se determinó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 19,35 °C para la estación Climatológica Principal García Hda. Variando entre valores mínimos y máximos de 17,20° C para el mes de agosto, y 20,40 º C para el mes de febrero respectivamente. En general, se experimentan bajos niveles de temperatura entre los meses de agosto, septiembre y octubre. Lo anterior se presenta en la Figura 36.

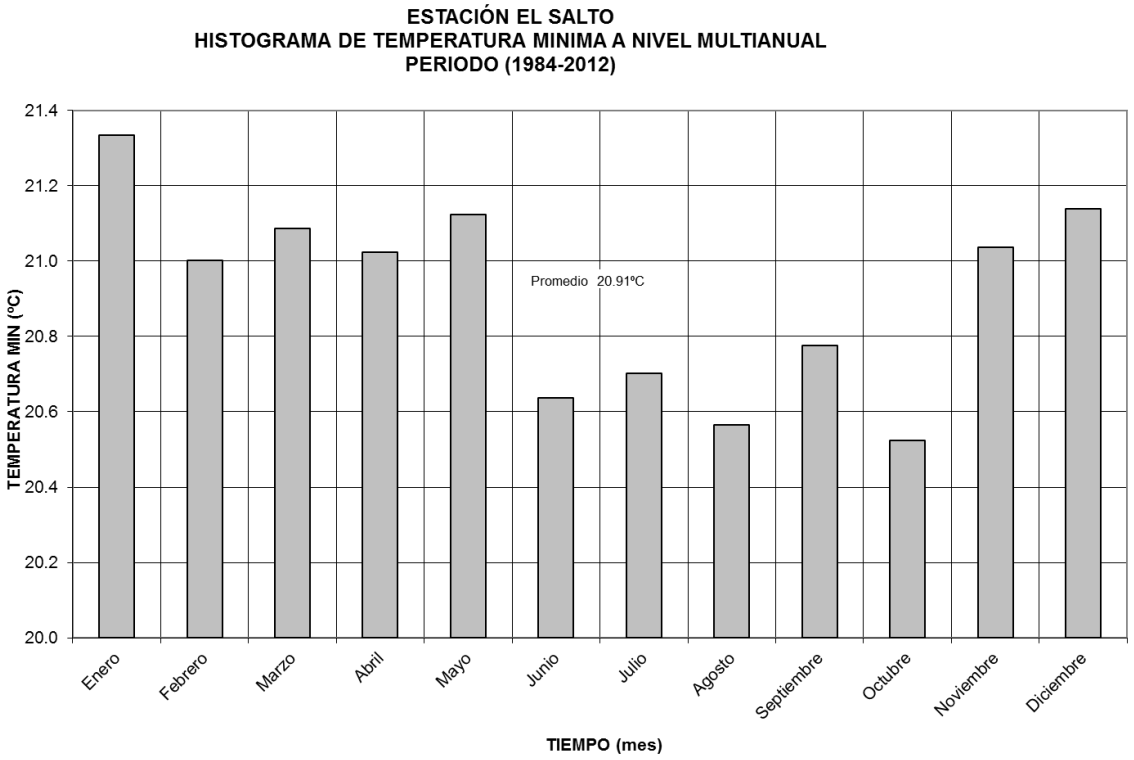
Figura 36. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la estación El Salto se calculó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 20,91 °C. Variando entre valores mínimos y máximos de 20,52° C para el mes de octubre, y 21,34 º C para el mes de enero respectivamente. A continuación, en la Figura 37 se presenta el histograma de temperatura mínima para esta estación.

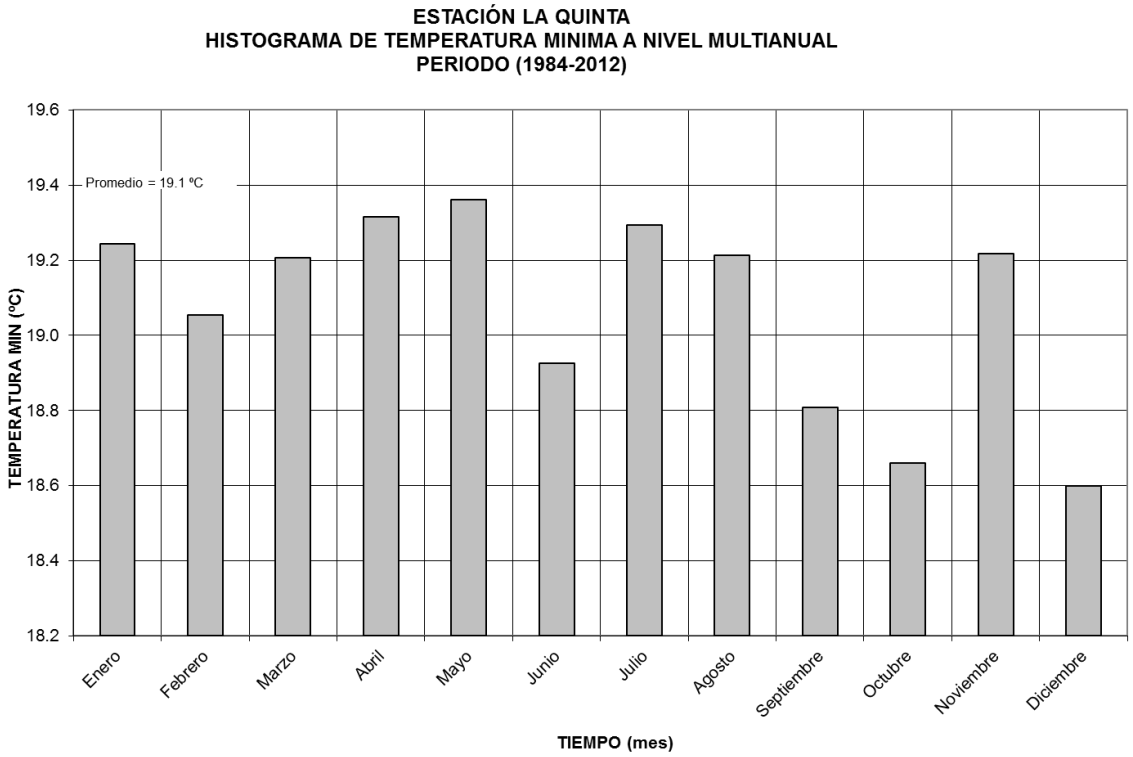
Figura 37. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación el Salto – Periodo 1.984 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la estación La Quinta se calculó un valor promedio a nivel anual multianual igual a 19,08 °C. Variando entre valores mínimos y máximos de 18,60° C para el mes de diciembre, y 19,36 º C para el mes de mayo respectivamente. A continuación, en la Figura 38 se presenta el histograma de temperatura mínima para esta estación.

Figura 38. Histograma de temperatura mínima mensual a nivel multianual para la estación la Quinta – Periodo 1.984 a 2.012



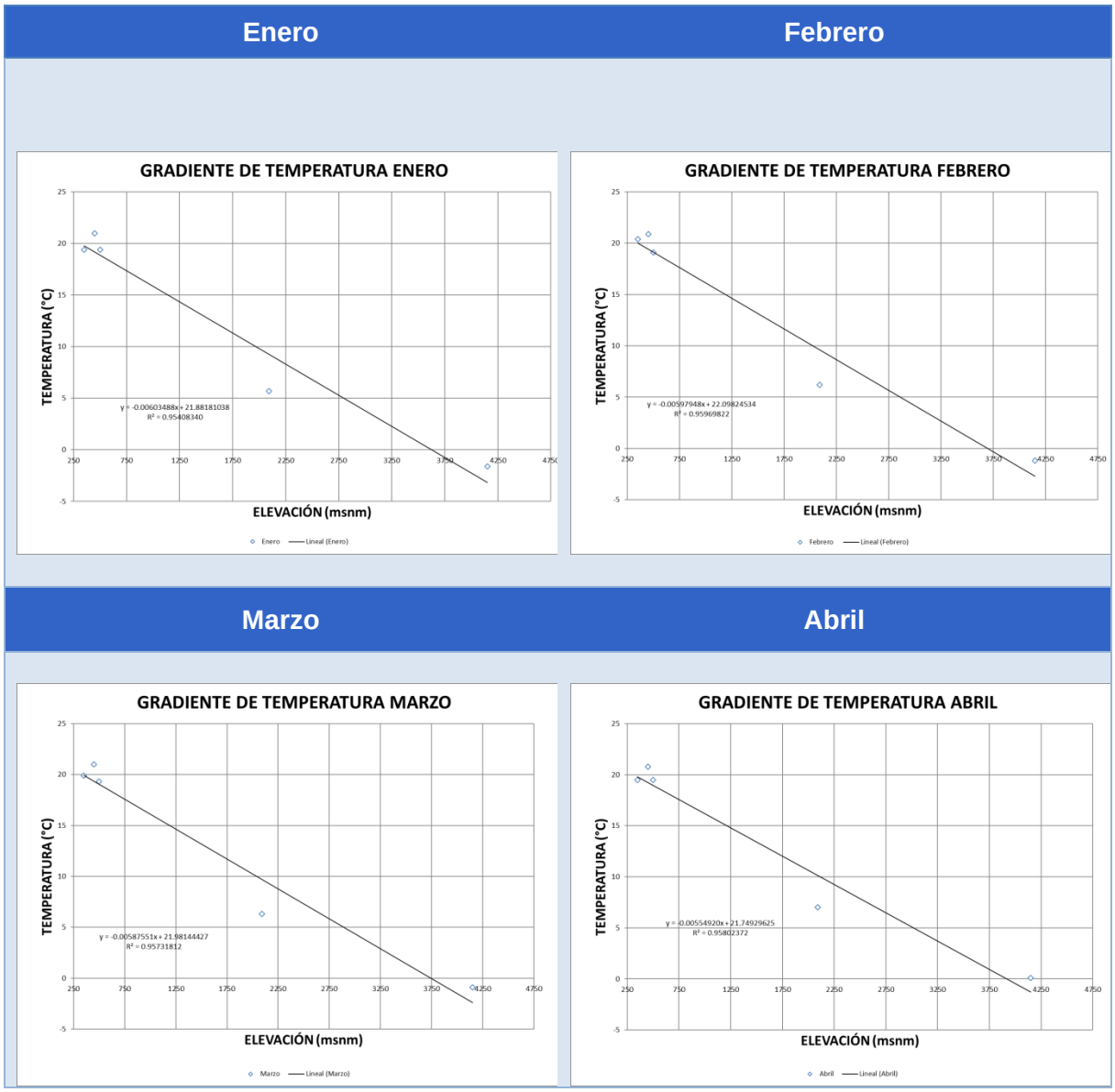
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.4.2 Distribución espacial

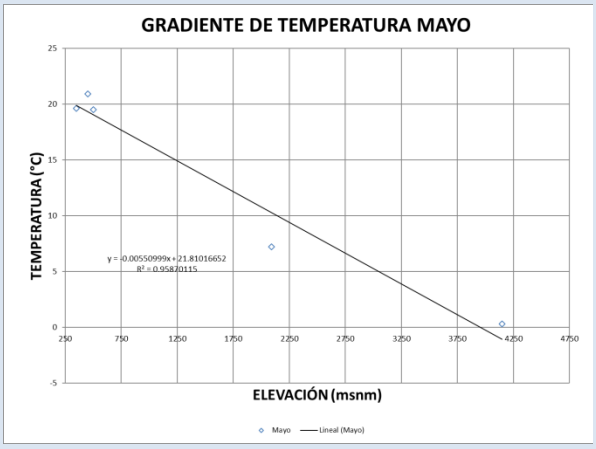
Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazaron las isotermas, utilizando un método de interpolación por el gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro.

En la Figura 39 se presentan los gradientes de temperatura mínima, con los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en la zona y sus alrededores para cada mes y también para el promedio anual, mientras que en la Tabla 22 se presentan las ecuaciones respectivas.

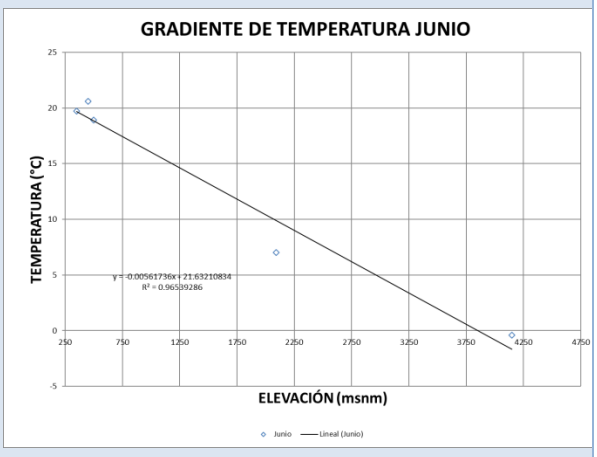
Figura 39. Gradiente de temperatura mínima mensual y promedio anual de la cuenca del río Recio y río Venadillo



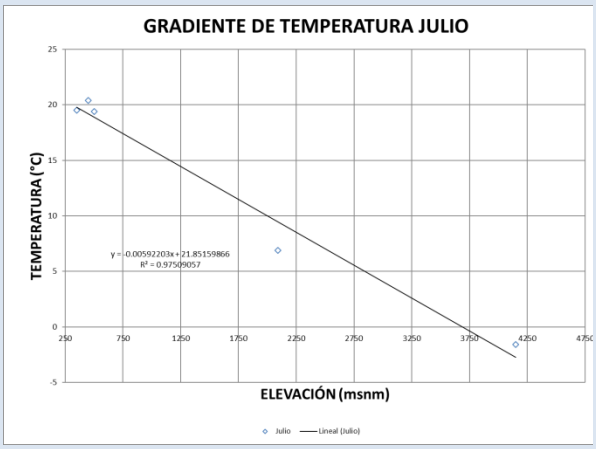
Mayo



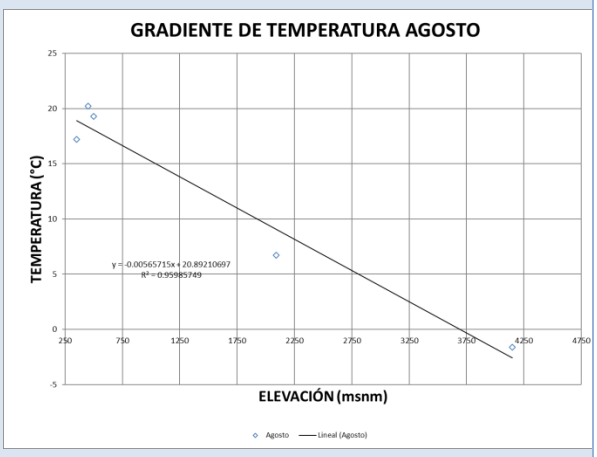
Junio



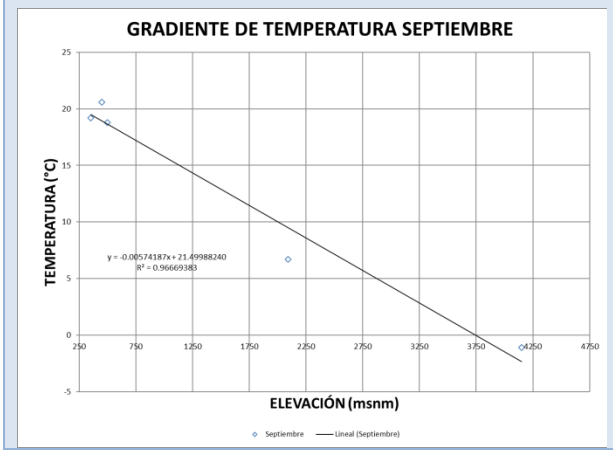
Julio



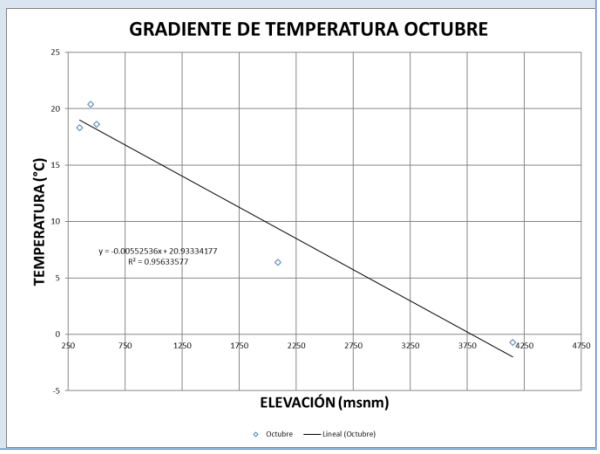
Agosto



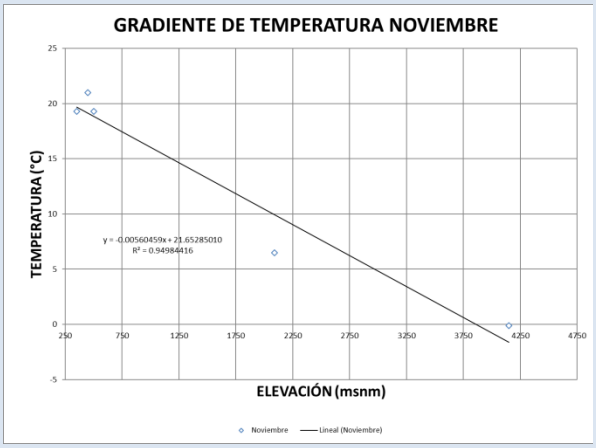
Septiembre

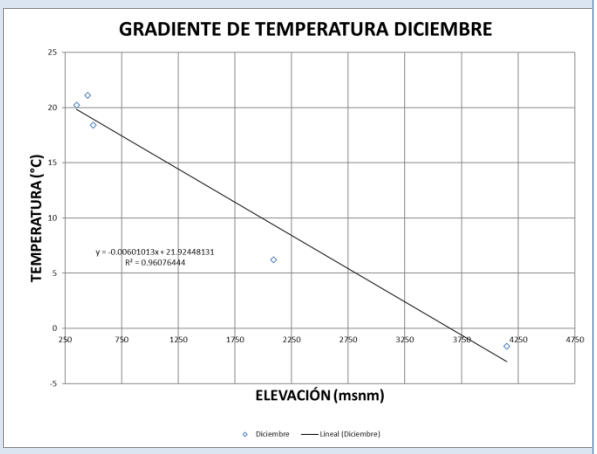


Octubre

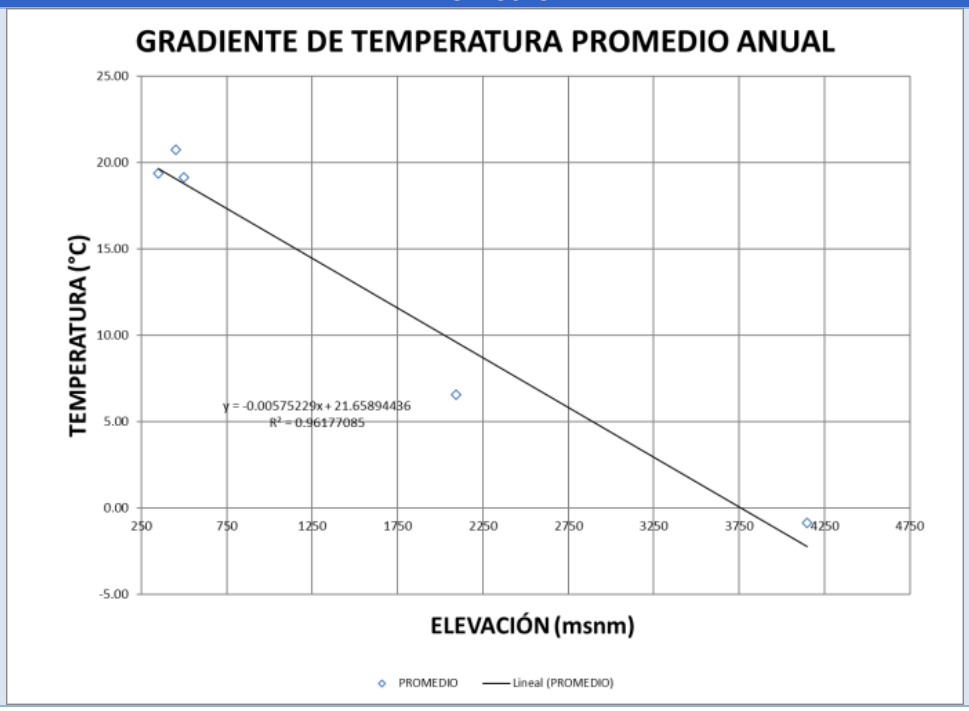


Noviembre	Diciembre





Promedio



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 22. Ecuaciones para la distribución espacial de la temperatura mínima

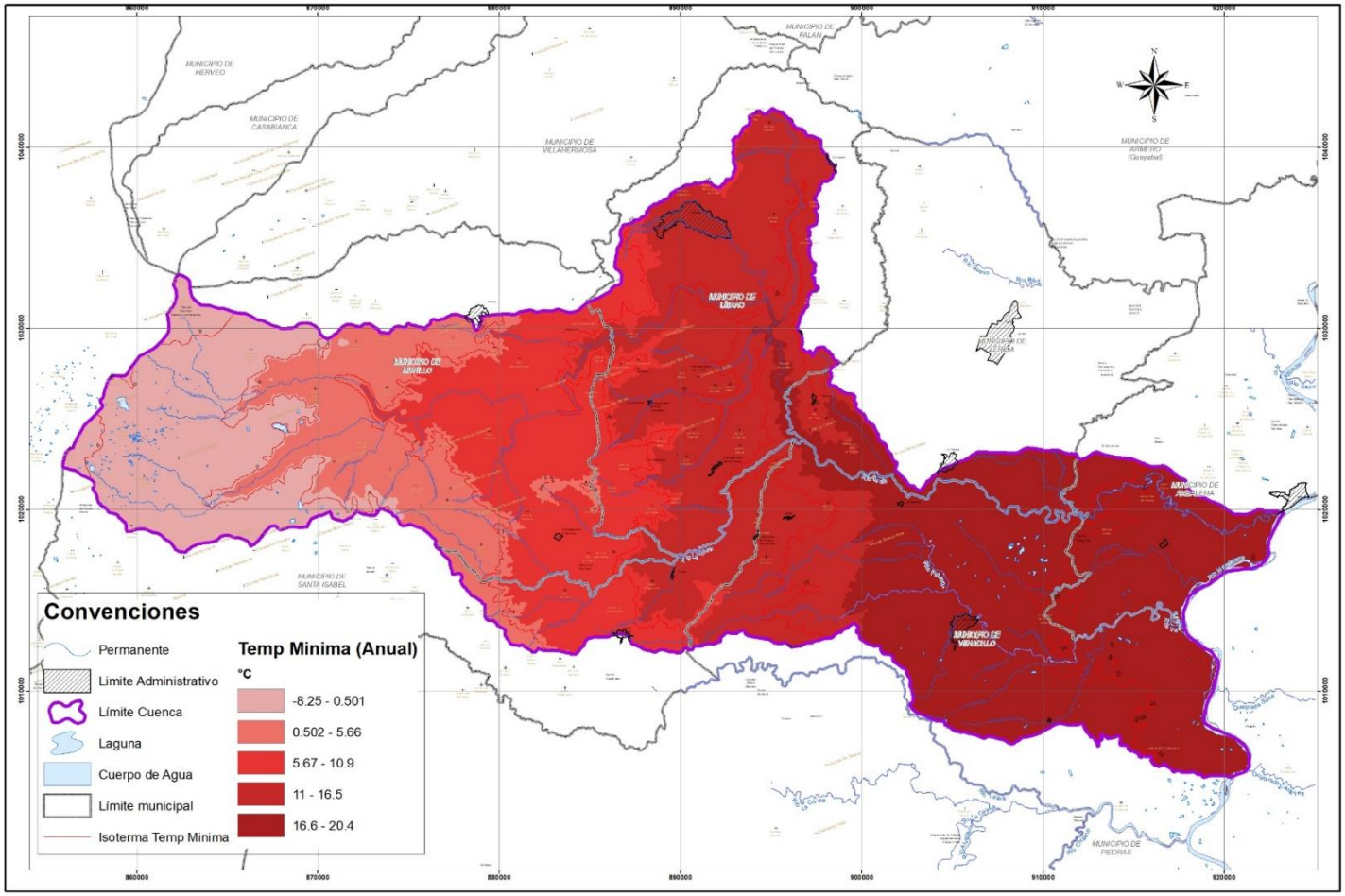
Mes	Ecuación
Enero	x=(y-21,88181038)/(-0,00603488)
Febrero	x=(y-22,09824534)/(-0,00597948)
Marzo	x=(y-21,98144427)/(-0,00587551)
Abril	x=(y-21,74929625)/(-0,0055492)
Mayo	x=(y-21,81016652)/(-0,00550999)
Junio	x=(y-21,63210834)/(-0,00561736)
Julio	x=(y-21,85159866)/(-0,00592203)
Agosto	x=(y-20,89210697)/(-0,00565715)
Septiembre	x=(y-21,4998824)/(-0,00574187)
Octubre	x=(y-20,93334177)/(-0,00552536)
Noviembre	x=(y-21,6528501)/(-0,00560459)
Diciembre	x=(y-21,92448131)/(-0,00601013)
Promedio	x=(y-21,65894436)/(-0,00575229)

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Teniendo en cuenta los gradientes de temperatura mínima a nivel mensual y promedio anual para las estaciones seleccionadas, se procedió a calcular las isotermas de la zona, es así como en el Anexo 7 PLANOS, carpeta Planos No. 5 se presentan las isolíneas de temperatura mínima a nivel mensual mientras que en la Figura 40 se presenta su valor promedio. Cabe aclarar que en este caso la variable dependiente (y) corresponde a la elevación, y la variable independiente (x) corresponde a la temperatura; por lo tanto para el cálculo de isotermas se despejó la variable “x” y posteriormente se hizo la interpolación.

En la Figura 40 se presentaron las isolíneas del promedio anual de temperatura mínima; en este mapa se observa que los valores más bajos se presentan al occidente de la zona, con registros del orden de los -18,6 a -16 °C.

Figura 40. Isotermas de temperatura mínima para la cuenca del río Recio y río Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.5 EVAPORACIÓN

4.5.1 Distribución temporal

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida pasa al estado de vapor en condiciones naturales. Para la zona de estudio solo se seleccionaron dos estaciones medidoras de este parámetro, ya que éstas son las que mejor registro tenían. En la Tabla 23 se presentan los valores de las estaciones que miden evaporación.

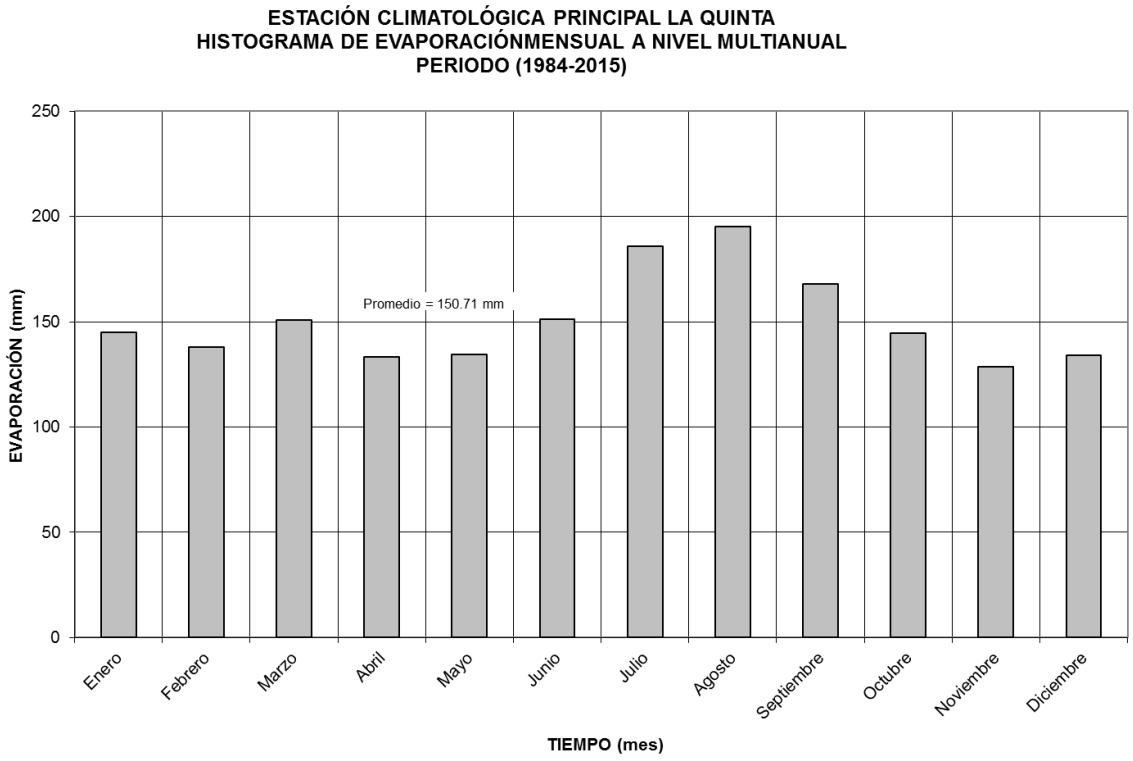
Tabla 23. Evaporación mensual y anual a nivel multianual

Mes	La Quinta[1]	García Hda[2]
	(%)	(%)
Enero	145	177
Febrero	138	157
Marzo	151	168
Abril	133	142
Mayo	135	143
Junio	151	159
Julio	186	193
Agosto	195	209
Septiembre	168	179
Octubre	145	159
Noviembre	129	143
Diciembre	134	142
TOTAL	1808,5	1969,4
Notas:	(1) Periodo de Registro: 1.984-2.015	
	(2) Periodo de Registro: 1.994-2.012	

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

A nivel mensual multianual, la estación climatológica principal La Quinta presenta una evaporación promedio igual al 150,71 mm. Variando entre valores mínimos de 128,50 mm para el mes de noviembre, y máximos de 195,10 mm para el mes de agosto. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 41.

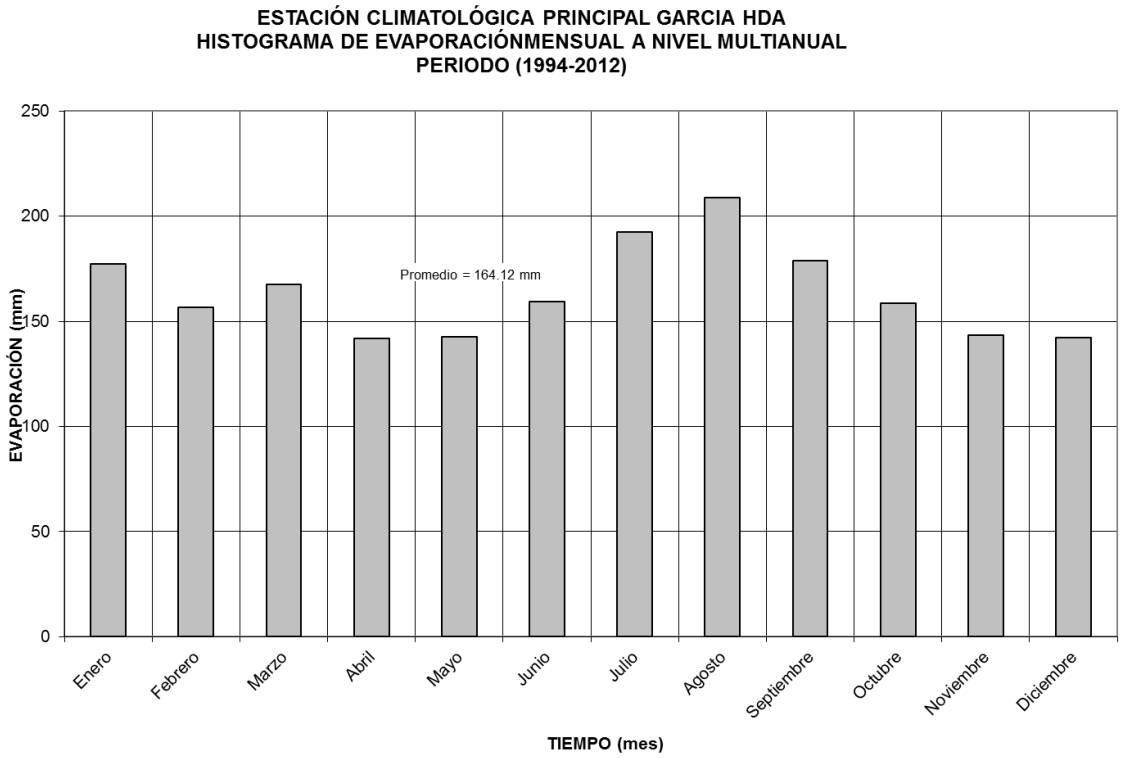
Figura 41. Histograma de evaporación mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.984 a 2.015



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

A nivel mensual multianual la estación climatológica principal Hda García presenta evaporación promedio igual al 164,12 mm. Variando entre valores mínimos de 141,80 mm para el mes de diciembre, y máximos de 208,70 mm para el mes de agosto. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 42.

Figura 42. Histograma de evaporación mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.984 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.5.2 Distribución espacial

Debido a que se seleccionaron dos estaciones climatológicas de acuerdo a los criterios mencionados con anterioridad, no es posible generar isolíneas de evaporación para la cuenca de los ríos Recio y Venadillo. Sin embargo, las isolíneas de evapotranspiración, mostradas más adelante, dan una idea de cómo se comporta esta variable en la zona de estudio.

4.6 HUMEDAD RELATIVA

4.6.1 Distribución temporal

El porcentaje de humedad relativa del aire es el contenido de agua presente en la atmósfera, proveniente de la evaporación de los mares, océanos, lagos y en general de todos los cuerpos de agua y de la humedad superficial del suelo, y es el resultado de la relación entre la cantidad de agua que el aire realmente contiene a una determinada temperatura y la cantidad que podría contener si estuviera saturado a la misma temperatura, siendo 0% aire seco, y 100% aire saturado de humedad. La manera más común de registrar la humedad atmosférica es mediante el instrumento llamado psicrómetro.

La humedad relativa del aire en general depende del comportamiento y distribución de las precipitaciones, la nubosidad y la radiación solar. En la Tabla 24 se presentan los valores de las estaciones para este parámetro.

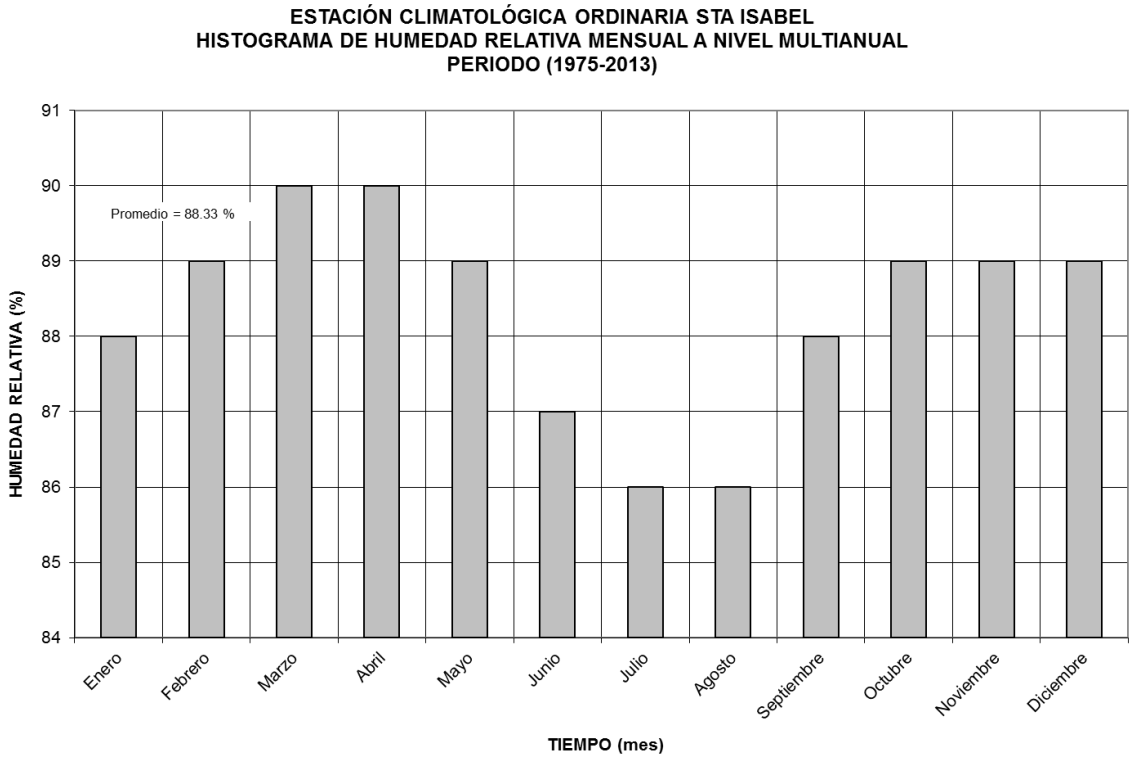
Tabla 24. Humedad relativa mensual y anual a nivel multianual

Mes	Sta. Isabel[1] (%)	García Hda[2] (%)
Enero	88	71
Febrero	89	70
Marzo	90	72
Abril	90	77
Mayo	89	77
Junio	87	72
Julio	86	65
Agosto	86	63
Septiembre	88	70
Octubre	89	77
Noviembre	89	78
Diciembre	89	76
PROMEDIO	88.3	72.3
Notas:	(1) Periodo de Registro: 1.975-2.013	
	(2) Periodo de Registro: 1.987-2.012	

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

A nivel anual multianual la estación climatológica ordinaria Santa Isabel presenta humedad relativa promedio igual al 88,33 %, variando entre valores mínimos de 86% para los meses de julio y agosto, y máximos de 90.0% para los meses de marzo y abril. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 43.

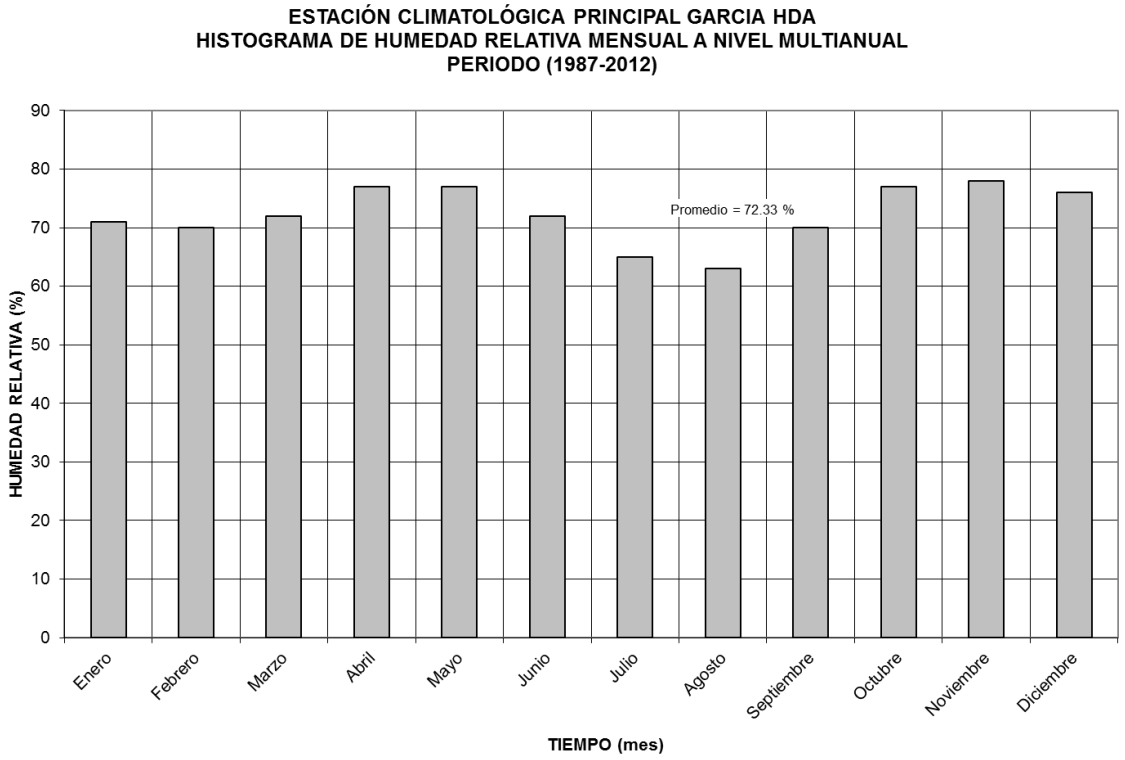
Figura 43. Histograma de humedad relativa mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

A nivel anual multianual la estación climatológica principal Hda García presenta humedad relativa promedio igual al 72,33%, variando entre valores mínimos de 63% para el mes de agosto, y máximos de 78,0% para el mes de noviembre. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 44.

Figura 44. Histograma de humedad relativa mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.6.2 Distribución espacial

Debido a que se seleccionaron dos estaciones climatológicas de acuerdo a los criterios mencionados con anterioridad, no es posible generar isolíneas de humedad relativa para la cuenca de los ríos Recio y Venadillo.

4.7 BRILLO SOLAR

4.7.1 Distribución temporal

El brillo solar es una de las variables climatológicas que mayor influencia tienen sobre las condiciones agrícolas, forestales y socioeconómicas de un territorio dado, ya que representa el tiempo total durante el cual se presenta luz solar directa sobre algún área determinada entre el amanecer y el atardecer. Este parámetro se mide con el heliógrafo, instrumento que consiste en una esfera de cristal que concentra los rayos solares y permite quemar una tira de papel graduado, el cual se encuentra dividido en intervalos de tiempo para permitir la determinación de las horas diarias de sol en un área de estudio. Sin embargo, esta medición no se registra de manera apropiada en gran parte de las estaciones del país, haciendo de gran dificultad la estimación exacta de las condiciones de brillo solar y nubosidad para estudios como el presente POMCA. En la Tabla 25 se

presenta la información de brillo solar para la estación García Hda la cual es la única que registra este parámetro en la zona de estudio.

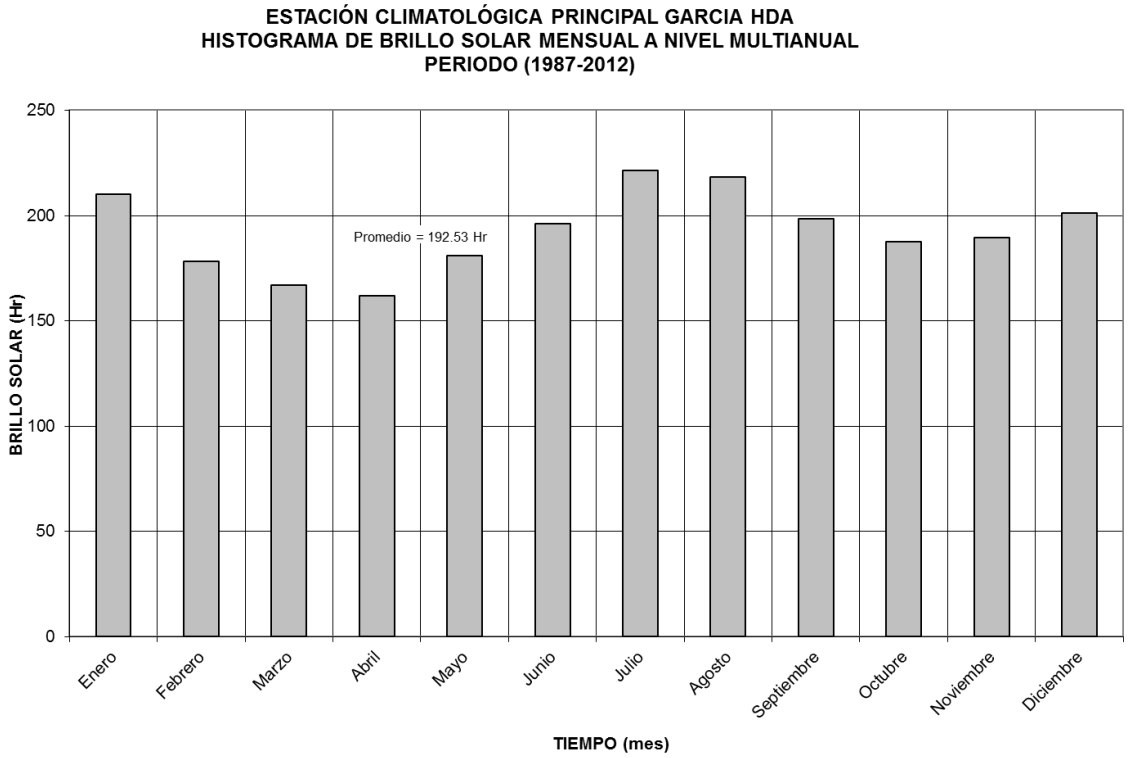
Tabla 25. Brillo solar mensual y anual a nivel multianual

Mes	García Hda[1] (Hr)
Enero	210
Febrero	178
Marzo	167
Abril	162
Mayo	181
Junio	196
Julio	222
Agosto	218
Septiembre	199
Octubre	187
Noviembre	190
Diciembre	201
PROMEDIO	192,5
Notas:	(1) Periodo de Registro: 1.987-2.012

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tomando en consideración los valores históricos de Brillo Solar de la estación climatológica principal Hda García, el valor promedio de este parámetro a nivel anual multianual es de 192,5 horas, variando entre en un mínimo de 161,80 horas para el mes de abril, y un máximo de 221,60 horas para el mes de julio. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 45.

Figura 45. Histograma de brillo solar mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.7.2 Distribución espacial

Debido a que se seleccionó una sola estación climatológica de acuerdo a los criterios mencionados con anterioridad, no es posible generar isolíneas de brillo solar para las cuencas de los ríos Recio y Venadillo.

4.8 NUBOSIDAD

4.8.1 Distribución temporal

Este parámetro corresponde a la fracción de cielo que se encuentra cubierto por nubes; la nubosidad se expresa en octas, y corresponde a octavos de la bóveda celeste. En la Tabla 26 se muestra los valores de las estaciones de referencia para este parámetro.

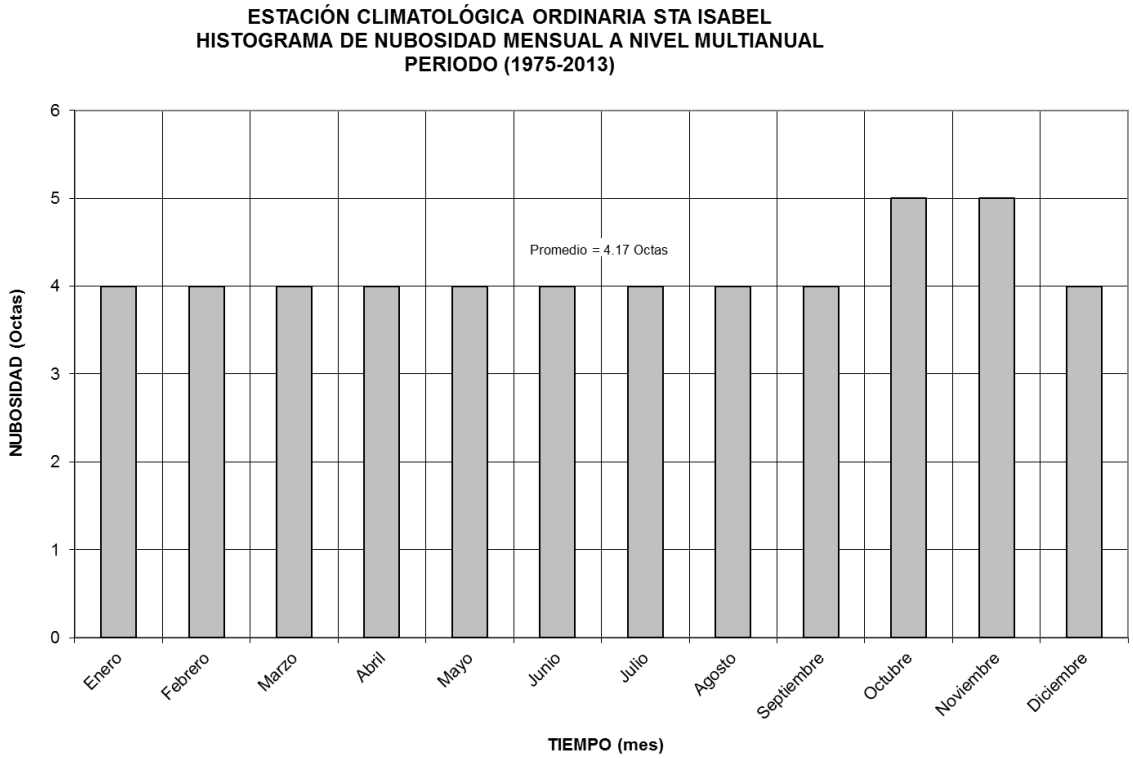
Tabla 26. Nubosidad mensual y anual a nivel multianual

Mes	Sta. Isabel[1] (Octas)	García Hda[2] (Octas)
Enero	4	4
Febrero	4	4
Marzo	4	5
Abril	4	5
Mayo	4	5
Junio	4	5
Julio	4	4
Agosto	4	5
Septiembre	4	5
Octubre	5	5
Noviembre	5	5
Diciembre	4	4
PROMEDIO	4	5
Notas:	(1) Periodo de Registro: 1.975-2.013	
	(2) Periodo de Registro: 1.987-2.012	

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tomando en consideración los valores históricos de nubosidad de la estación climatológica ordinaria Santa Isabel, el valor promedio de este parámetro a nivel anual multianual es de 4 octas. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 46.

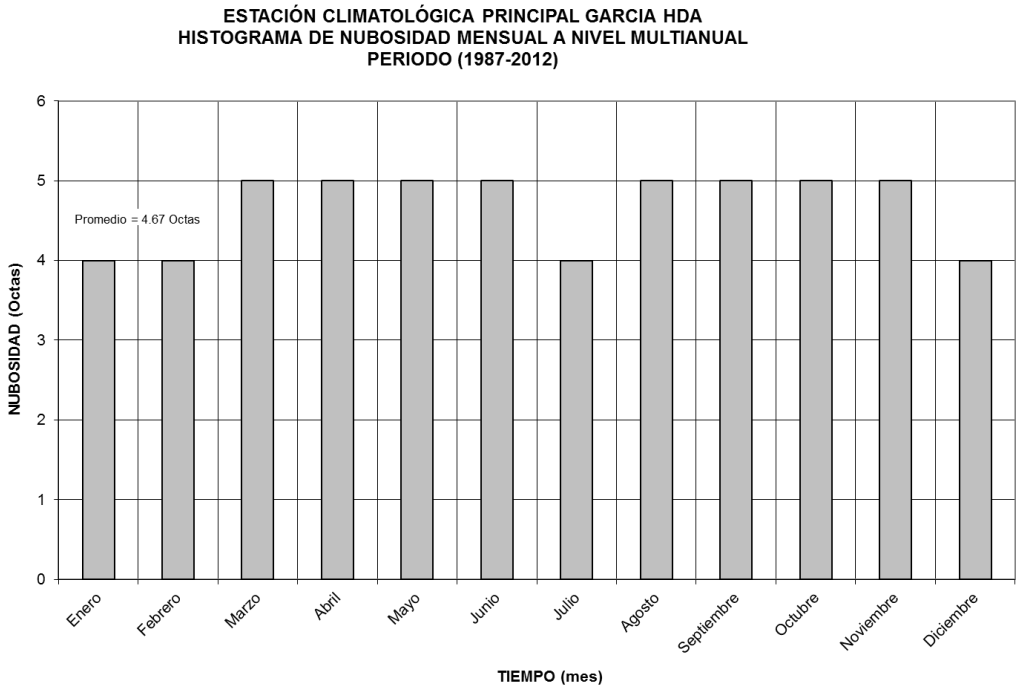
Figura 46. Histograma de nubosidad mensual a nivel multianual para la estación climatológica ordinaria Santa Isabel – Periodo 1.975 a 2.013



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la estación climatológica principal Hda García, el valor promedio de este parámetro a nivel anual multianual es de 5 octas. Los resultados para este parámetro se muestran en la Figura 47.

Figura 47. Histograma de nubosidad mensual a nivel multianual para la estación climatológica principal García Hda – Periodo 1.987 a 2.012



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

4.8.2 Distribución espacial

Debido a que se seleccionaron dos estaciones climatológicas de acuerdo a los criterios mencionados con anterioridad, no es posible generar isolíneas de nubosidad para la cuenca de los ríos Recio y Venadillo.

4.9 VELOCIDAD Y RECORRIDO DEL VIENTO

Para este parámetro no se encontró información suficiente, pues las series de datos son menores a 15 años de periodos de registro. Por ejemplo, la estación Climatológica Principal El Salto solo tiene registro para los años 1.978, 1.979, 1.981 -1.985, 2.000 – 2.005, y de estos años solo dos tienen registro completo para todos los meses. Por lo tanto, no fue posible hacer un análisis temporal ni espacial del viento para la zona de estudio.

5 IDENTIFICACIÓN DE VARIACIÓN CLIMÁTICA – ENSO

El clima es representado por condiciones atmosféricas que varían a lo largo del tiempo, dependiendo de los diferentes factores representativos en una región. Dichas condiciones son analizadas a partir del registro de precipitación y temperatura que se encuentran por encima o por debajo de las normales climáticas, llamándose así, anomalías en las variables.

Con el objeto de construir escenarios futuros para el manejo integral del recurso hídrico de las cuencas en ordenación, desde el punto de vista hidrológico, se analizarán las variables que pueden cambiar el comportamiento climático de la cuenca. Éstas variables pueden ser locales (dentro de la hoya hidrográfica), o globales (corresponden a cambios debidos a fenómenos globales, como el cambio climático). Una vez analizadas las variables que pueden producir cambios en el comportamiento hidrológico se procederá a plantear escenarios diversos desde el punto de vista hidrológico.

El fenómeno ENSO se presenta en dos etapas: Cálida y Húmeda. La etapa cálida llamada antes fenómeno El Niño, consiste en el calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico Tropical Oriental, que persiste en promedio durante doce meses, con una recurrencia de 2 a 7 años (IDEAM, 2.010); este fenómeno repercute en cambios en las condiciones atmosféricas en donde las temperaturas son mayores y las precipitaciones disminuyen en Colombia. La etapa húmeda o fenómeno La Niña genera una disminución de las temperaturas e incremento en las precipitaciones en Colombia.

5.1 ESCALAS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Según el investigador científico del IDEAM, José Edgar Montealegre B, M. Sc., en Meteorología, dentro de las fluctuaciones temporales del clima, se consideran como las más importantes en la determinación y modulación de procesos atmosféricos las mostradas a continuación:

5.1.1 Estacional

A esta escala corresponde la fluctuación del clima a nivel mensual. La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel. En latitudes medias, las secuencias de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño es algo común para los habitantes de dichas regiones, en tanto que, en latitudes tropicales, lo más frecuente es la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas. La migración de la Zona de Confluencia Intertropical – ZCIT (sistema productor de lluvias), es considerada como una de las más importantes fluctuaciones climáticas de la escala estacional, y su dinámica explica un buen porcentaje de la variabilidad de la precipitación en Colombia.

En el Capítulo 4. COMPORTAMIENTO PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS, de este mismo informe, se presenta la variabilidad climática estacional para cada uno de los parámetros. Esta se observa como las distribuciones temporales o histogramas.

5.1.2 Intra-estacional

Dentro de las estaciones se presentan oscilaciones que determinan las condiciones de tiempo durante semanas o de uno a dos meses. La mayoría de las veces estas oscilaciones pasan desapercibidas porque su amplitud es pequeña, en comparación con las del ciclo anual. Dentro de las oscilaciones intra-estacionales 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-Julian descubiertas en el campo de la presión tropical; tales ondas revisten gran importancia en el proceso de predicción climática, ya que pueden amortiguar o intensificar los procesos propios de la escala interanual.

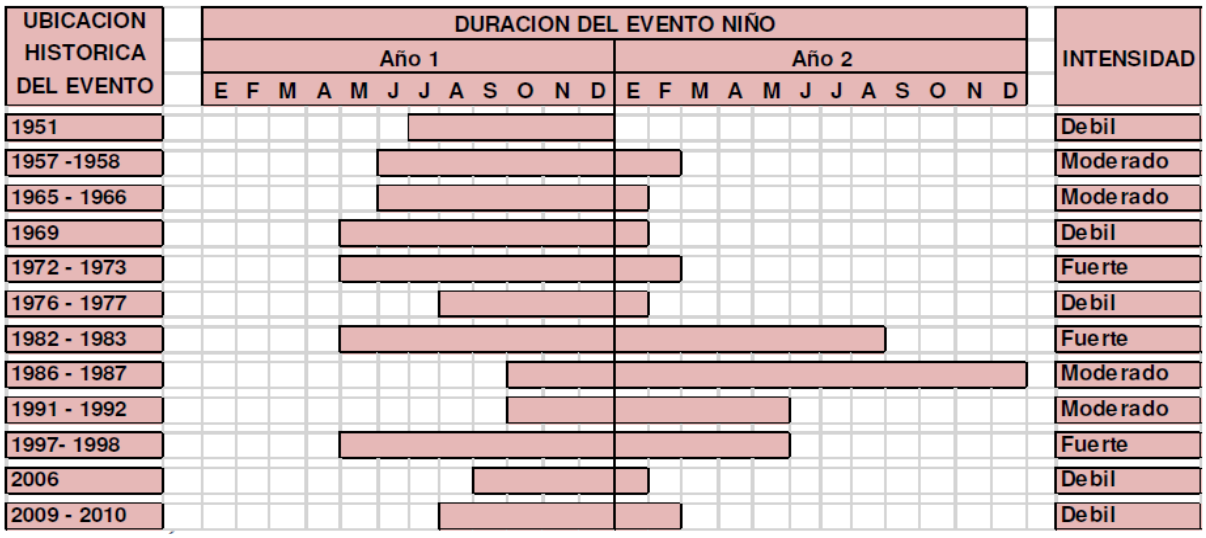
5.1.3 Inter-anual

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. La variabilidad climática, enmarcada dentro de esta escala, podría estar relacionada con alteraciones en el balance global de radiación. Un ejemplo típico de la variabilidad climática interanual corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo ENSO (El Niño - La Niña – Oscilación del Sur).

El IDEAM, a partir de la evaluación de diferentes índices (ONI, MEI y SOI), implementados por agencias climáticas mundiales, evalúa las anomalías en el Océano Pacifico Ecuatorial y determina la clasificación de diferentes fases ENSO en el país a partir de su intensidad, determinadas de acuerdo al año hidrológico, el cual se determina desde el mes de junio del año de inicio hasta finales de mayo del año siguiente.

En el informe “Actualización del Componente Meteorológico del Modelo Institucional del IDEAM sobre el Efecto Climático de los Fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como Insumo para el Atlas Climatológico”, se presentan los fenómenos cálidos ocurridos durante los últimos 65 años; de esta forma, la variable de identificación de los eventos reconoce la ocurrencia de 12 fenómenos El Niño. En el caso del fenómeno La Niña, también se presentan un total de 12 eventos registrados durante el mismo lapso. Los fenómenos mencionados anteriormente, se observan con la duración e intensidad correspondientes en la Figura 48 y Figura 49.

Figura 48. Fenómenos El Niño ocurridos en los últimos 65 años



Fuente: IDEAM (2.014)

Figura 49. Fenómenos La Niña ocurridos en los últimos 65 años

Fuente: IDEAM (2.014)

El análisis de la variación climática en la zona de estudio se realizó teniendo en cuenta el cálculo del índice puntual de las anomalías de las variables de precipitación y temperatura a nivel mensual de la serie de datos desde 1.983-2.015.

5.2 SELECCIÓN DEL AÑO SECO PARA EL PRESENTE ESTUDIO

A continuación, se presenta la Tabla 27 en la que se describe el año más seco de las estaciones seleccionadas de precipitación:

Tabla 27. Selección del año seco

No.	Código	TE	Nombre De Estación	Año Más Seco Estación
1	21250070	PM	SIERRA LA	1992
2	21250100	PM	ESTRELLA LA	1992
3	21255110	CO	STA ISABEL	2012
4	21250460	PM	VENADILLO	1992
5	21255080	CP	SALTO EL	1992
6	21255140	CP	QUINTA LA	2008
7	21255150	CP	GARCÍA HDA	1991
8	21250110	PM	MURILLO	2012
9	21250500	PM	LÍBANO	1985
10	21245130	ME	BODEGA LA	2012

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Como se puede observar en la Tabla la mayoría de estaciones coinciden con el año 1.992 como un año seco y según la Figura 48 este año pertenece a un fenómeno El Niño moderado.

5.3 ÍNDICE PUNTUAL DE ANOMALÍAS PARA PRECIPITACIÓN (INTRA E INTERANUAL)

El índice puntual de anomalías evalúa el comportamiento a nivel mensual de una variable dada, en este caso la precipitación, comparándola con el promedio multianual para el mismo mes, y está dado por la siguiente ecuación:

$$Þij = \frac{Pij}{Pj}\ x\ 100$$

Donde:

Þij= Índice del parámetro en el mes evaluado en el mes j y el año i
Pij= Valor del parámetro a nivel mensual del mes j y el año i
Pj= Promedio multianual del parámetro del mes j

Teniendo en cuenta el índice puntual de anomalías, el IDEAM describe el efecto de acuerdo a los rangos mostrados en la Tabla 28.

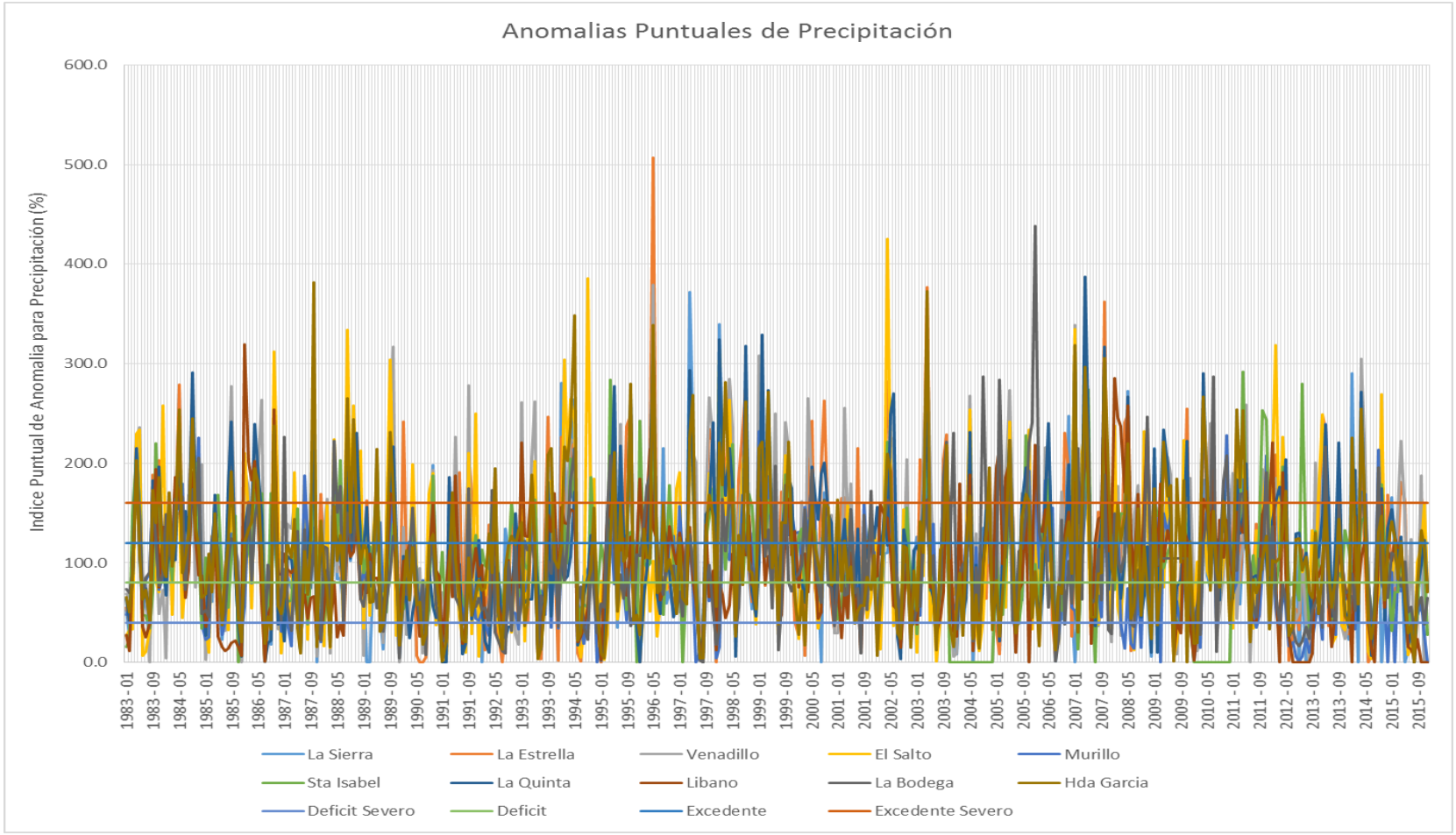
Tabla 28. Descripción índice de anomalías de precipitación

Rango De Variación	Descripción Del Efecto
ÞIJ ≤ 40%	Déficit Severo (muy por debajo de lo normal)
40% < ÞIJ ≤ 80%	Déficit (por debajo de lo normal)
80% < ÞIJ ≤ 120 %	Normal
120% < ÞIJ ≤ 160%	Excedente (por encima de lo normal)
ÞIJ > 160%	Excedente severo (muy por encima de lo normal)

Fuente: IDEAM, 2014

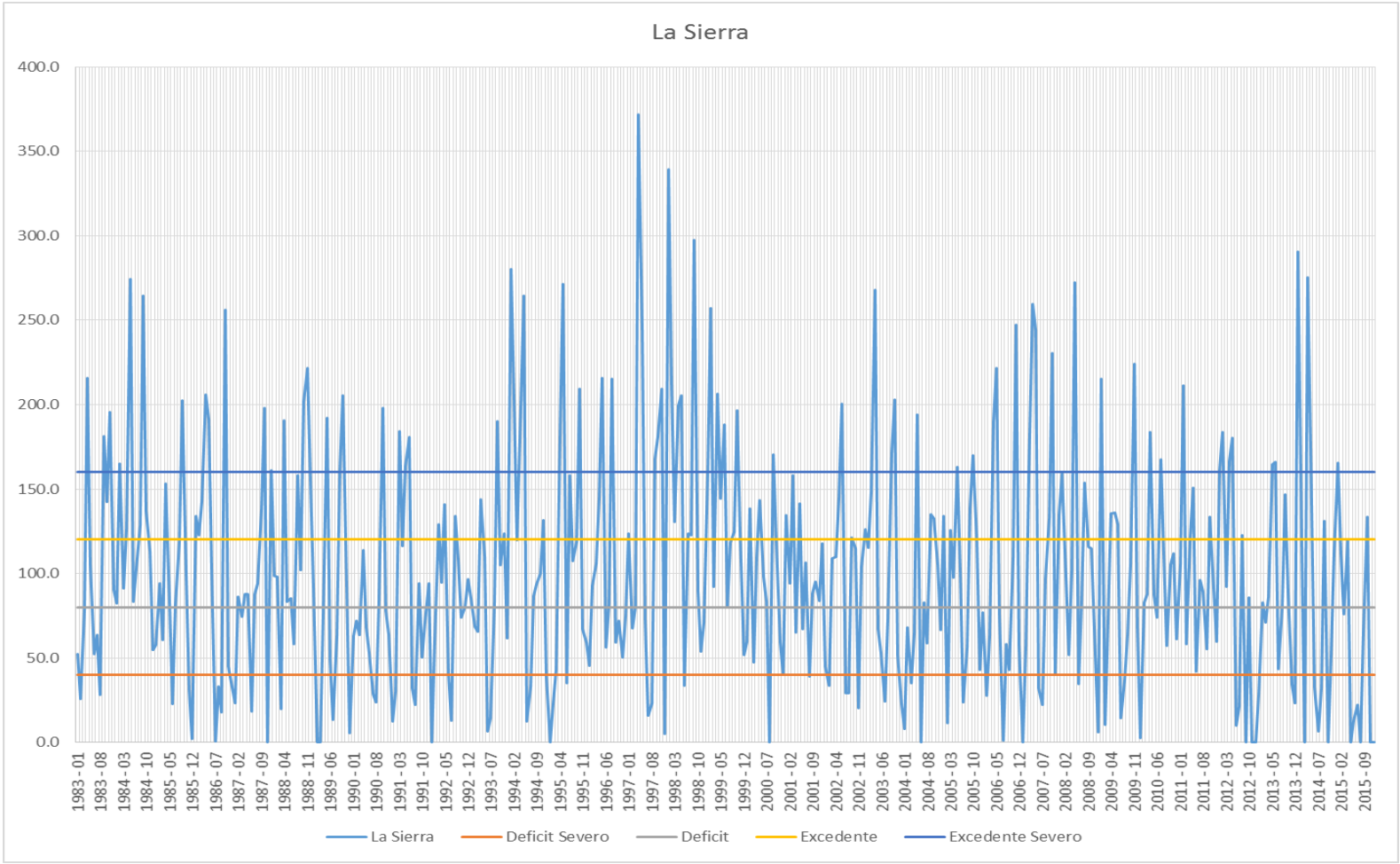
A continuación, en la Figura 50 se presenta la gráfica de los índices de anomalía a nivel mensual entre los años de 1.983 a 2.015 para todas las estaciones. En el Anexo 4. ANOMALÍAS, se presentan las gráficas para cada una de las estaciones, al igual que en las Figuras 50 (a) – 50 (j).

Figura 50. Anomalías de precipitación



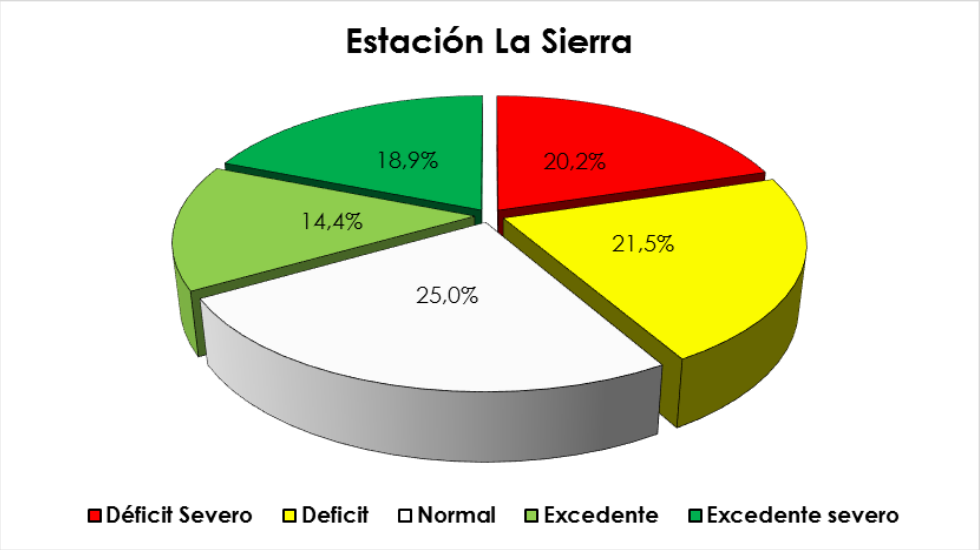
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 50 (a). Anomalías de precipitación estación la Sierra



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

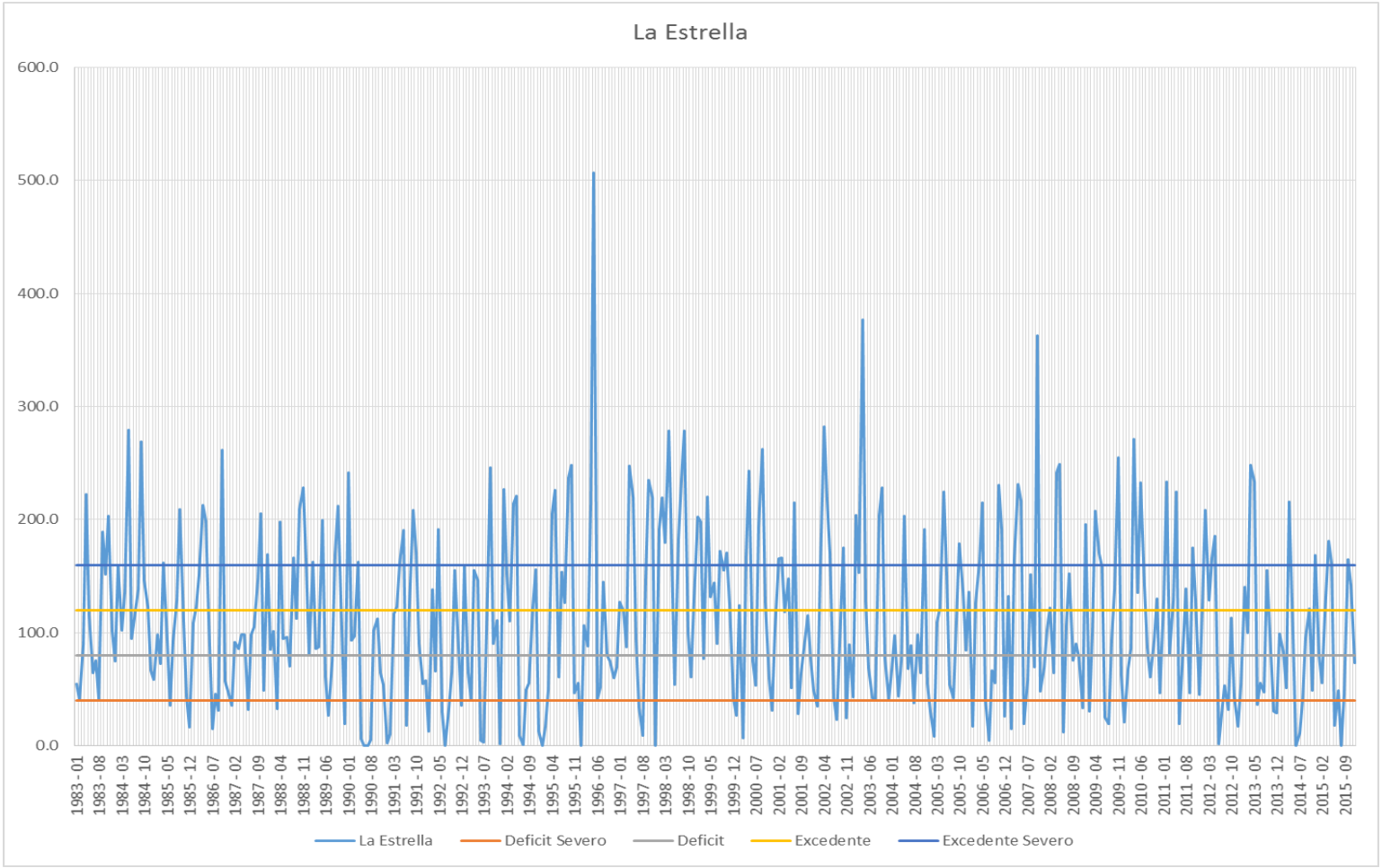
Figura 50 (a). Porcentajes anomalías de precipitación estación la Sierra



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

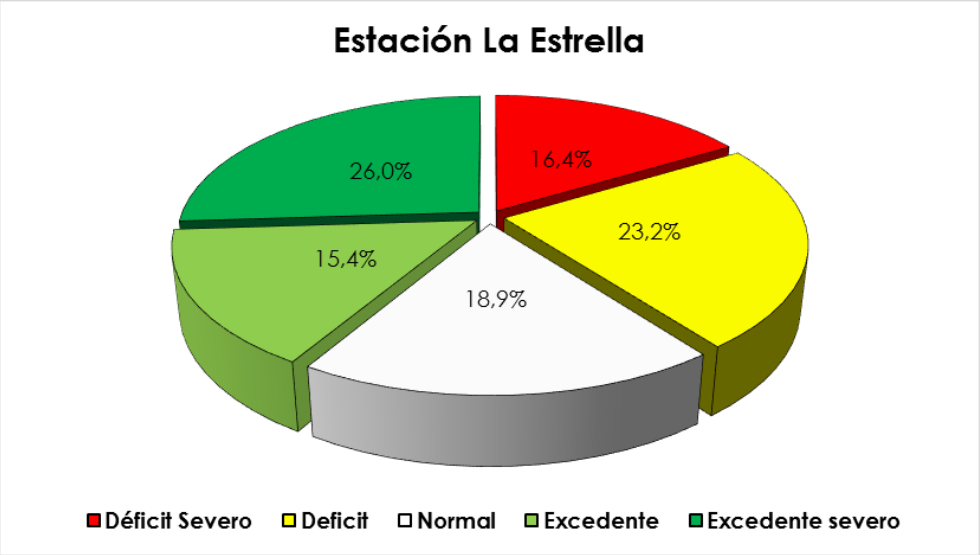
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación La Sierra predomina una tendencia normal de precipitación (con un porcentaje del 25%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Ambalema, sobre la parte media de la cuenca.

Figura 50 (b). Anomalías de precipitación estación La Estrella



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

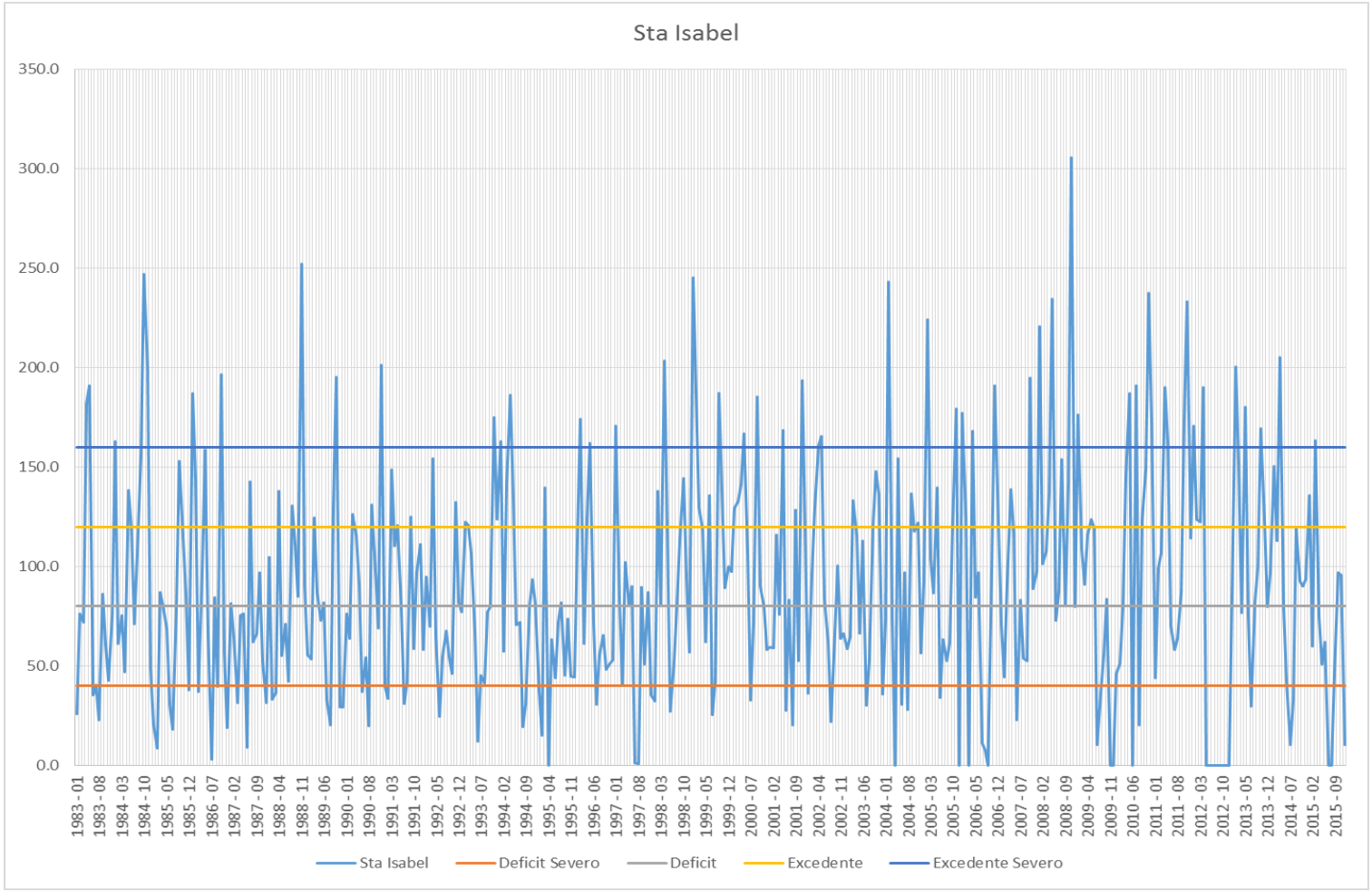
Figura 50 (b). Porcentajes anomalías de precipitación estación La Estrella



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

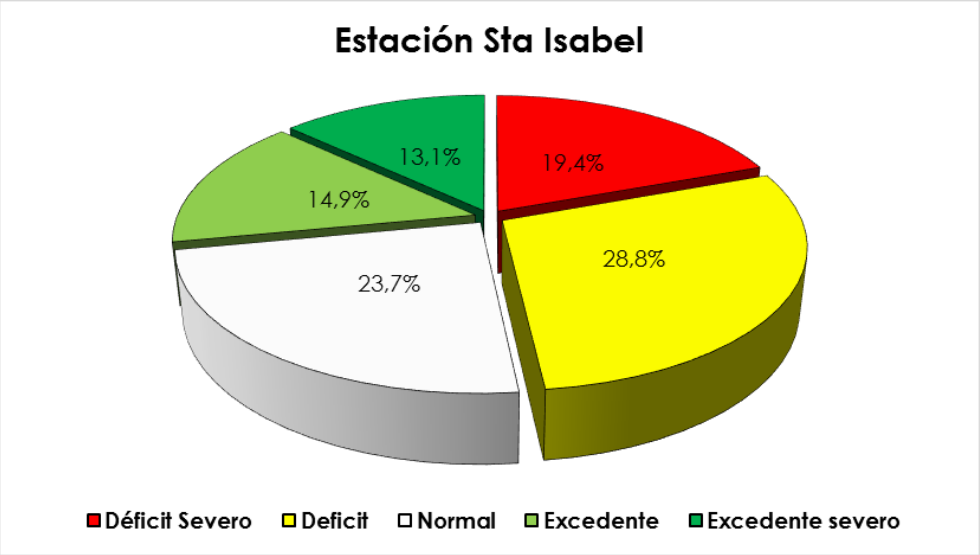
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación La Estrella predomina una tendencia hacia un déficit (por debajo de lo normal) de precipitación (con un porcentaje del 23,2%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Venadillo, sobre la parte media baja de la cuenca.

Figura 50 (c). Anomalías de precipitación estación Sta Isabel



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

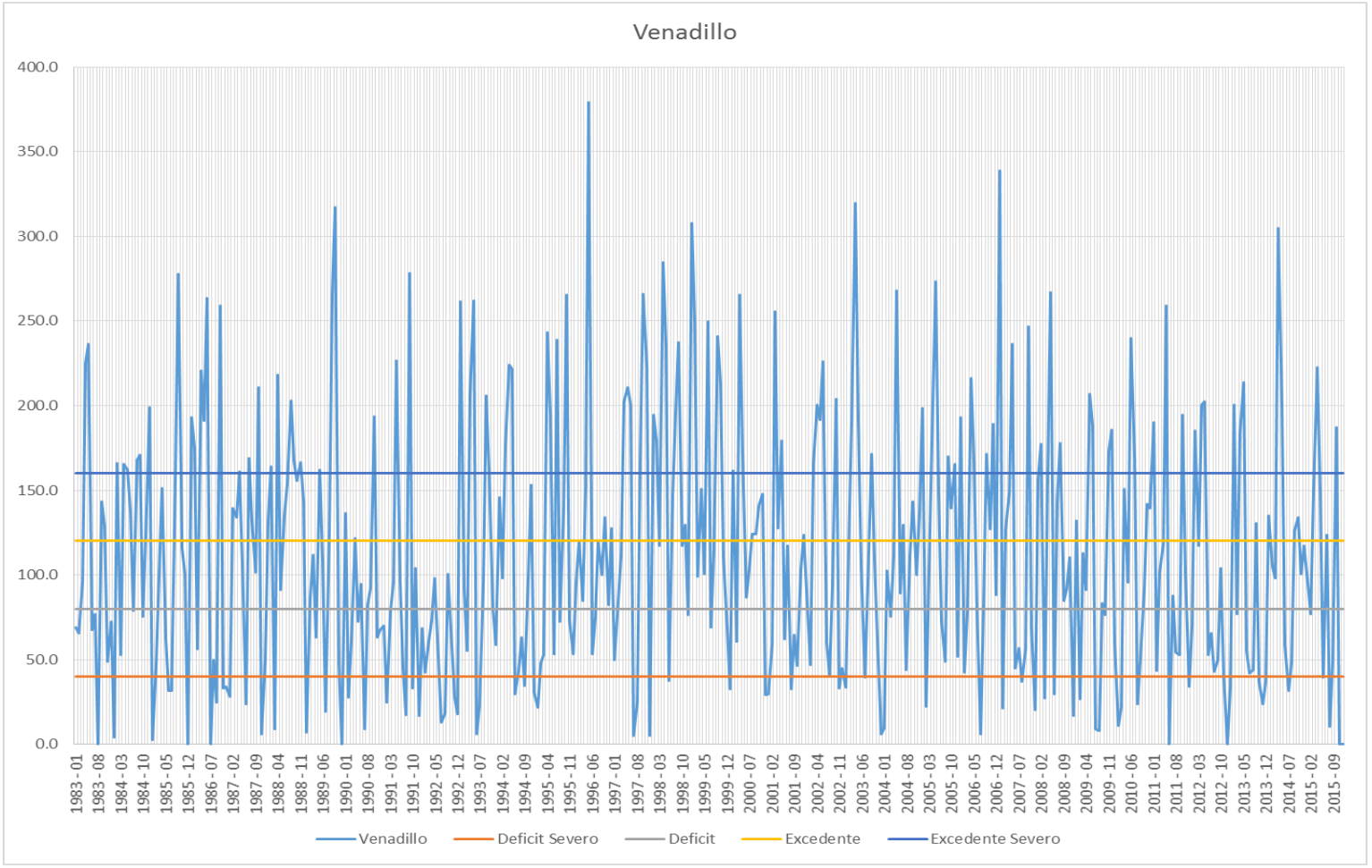
Figura 50 (c). Porcentajes anomalías de precipitación estación Sta Isabel



Fuente Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

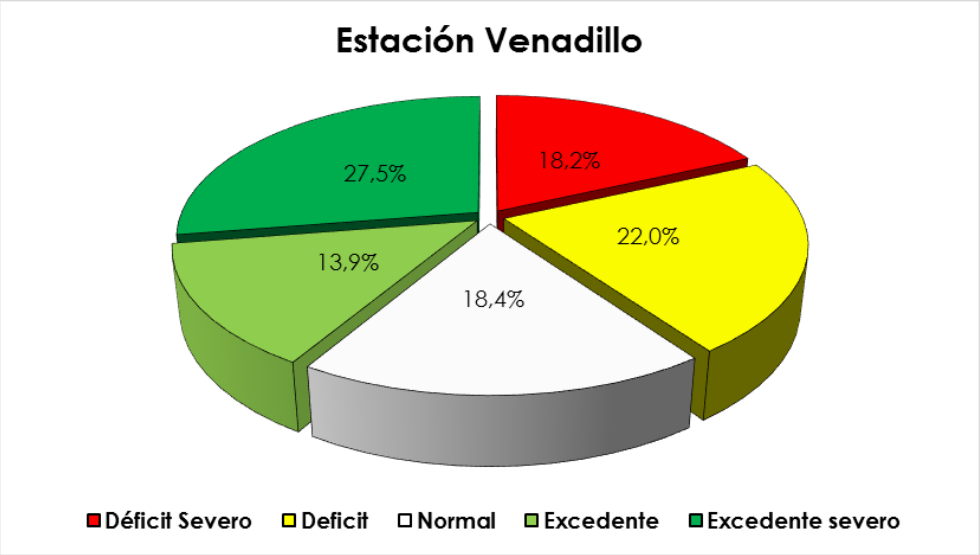
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Santa Isabel predomina una tendencia hacia un déficit (por debajo de lo normal) de precipitación (con un porcentaje del 28,8%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Santa Isabel, sobre la parte media alta de la cuenca.

Figura 50 (d). Anomalías de precipitación estación Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

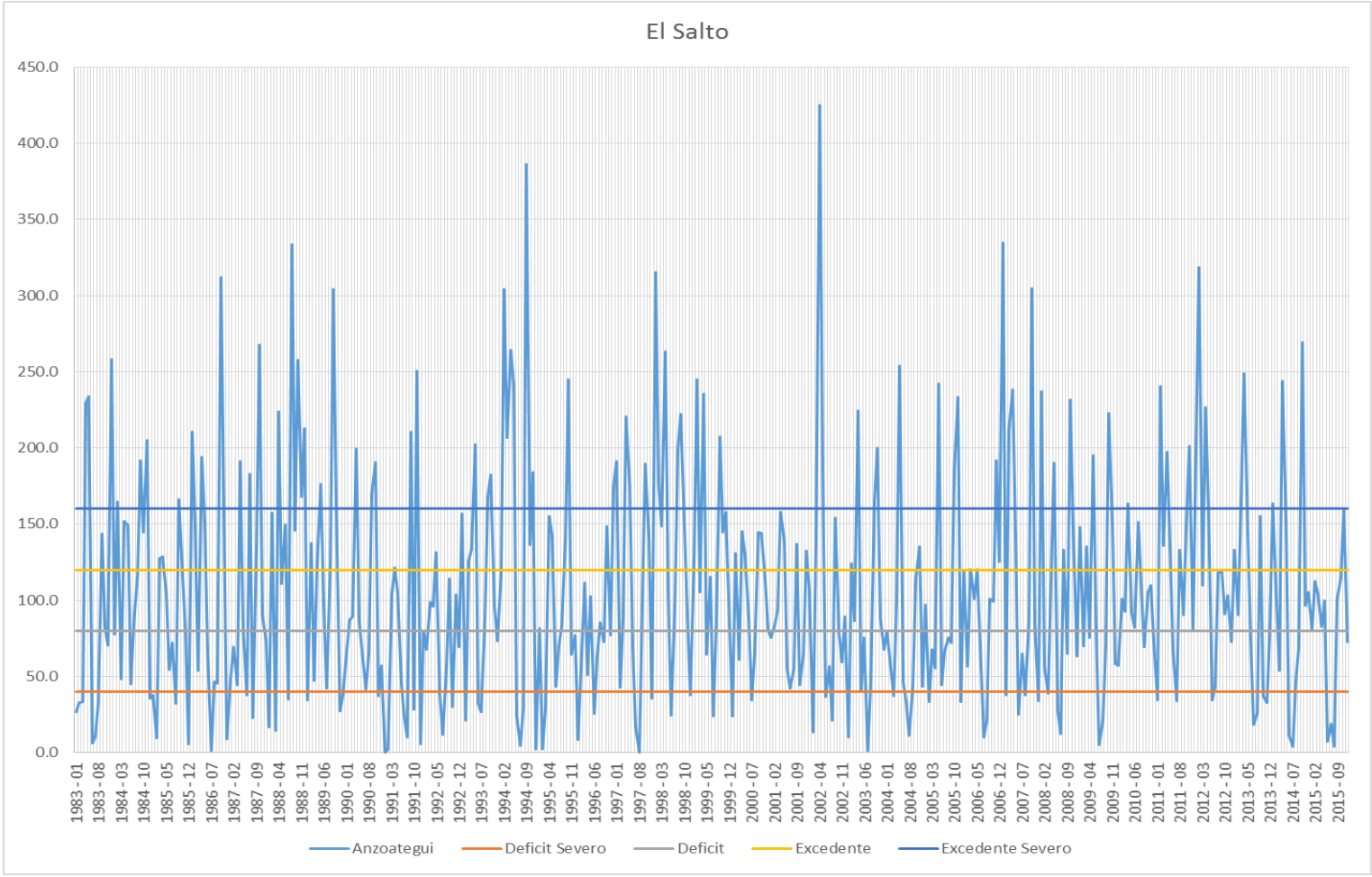
Figura 50 (d). Porcentajes anomalías de precipitación estación Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

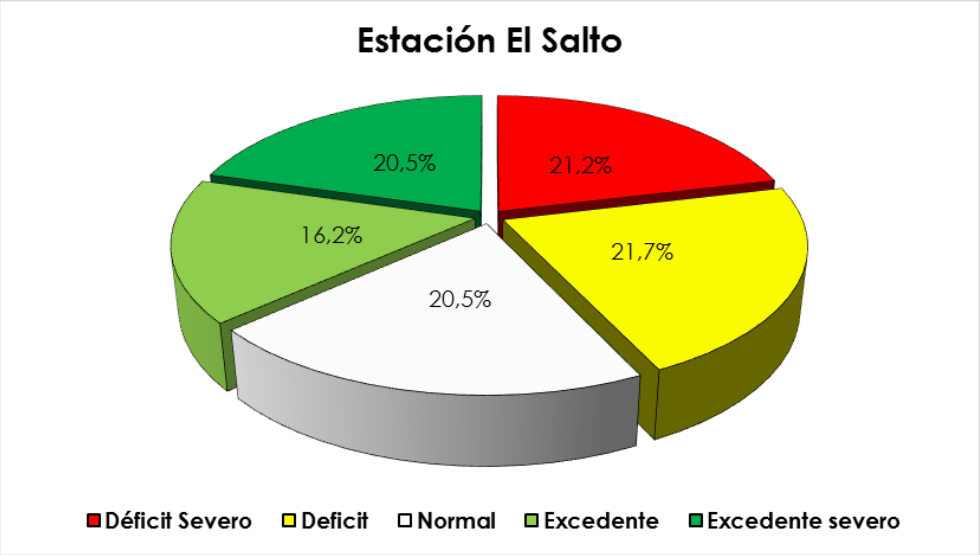
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Venadillo predomina una tendencia hacia un déficit (por debajo de lo normal) de precipitación (con un porcentaje del 22%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Venadillo, sobre la parte baja de la cuenca.

Figura 50 (e). Anomalías de precipitación estación el Salto



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

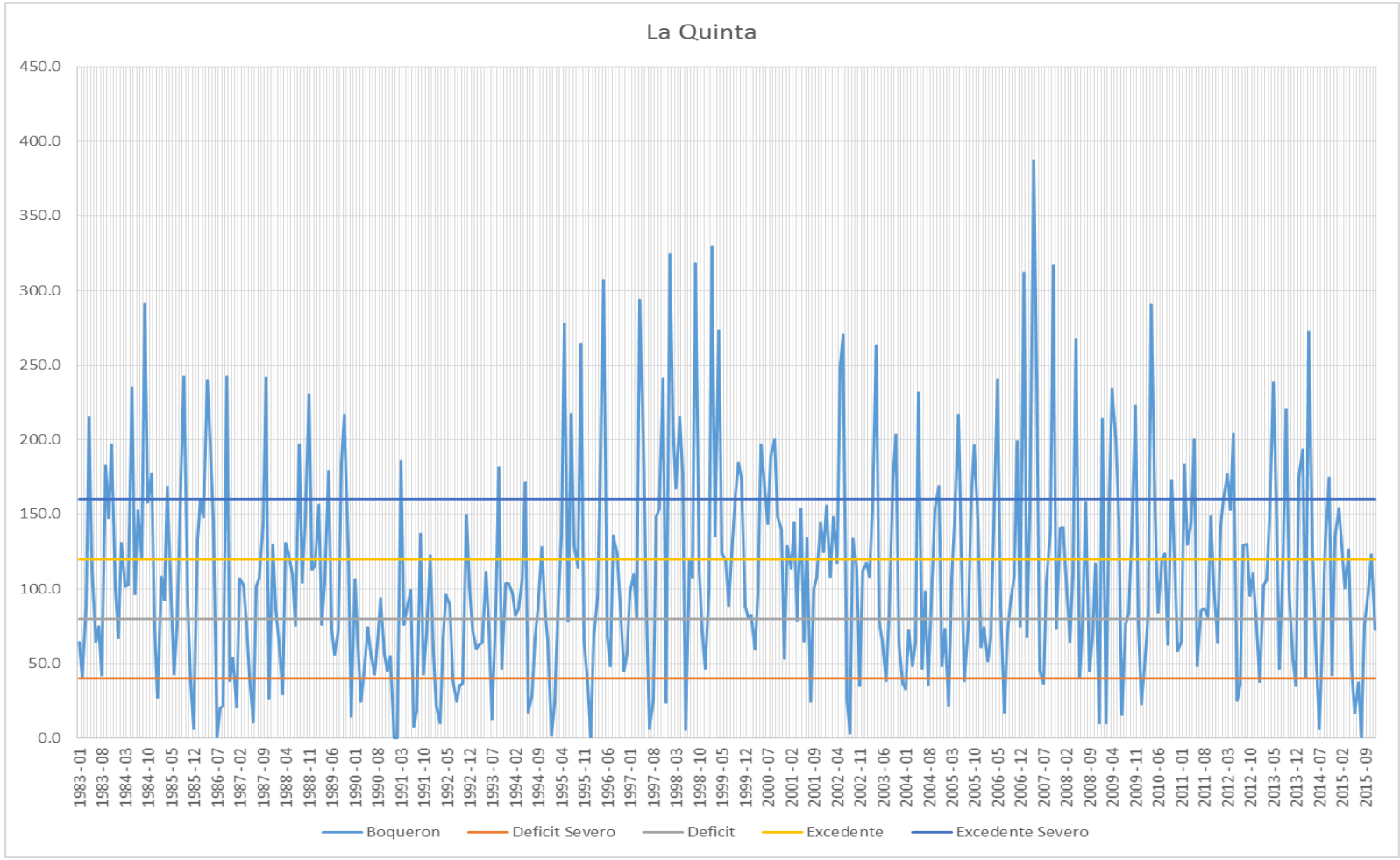
Figura 50 (e). Porcentajes anomalías de precipitación estación El Salto



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

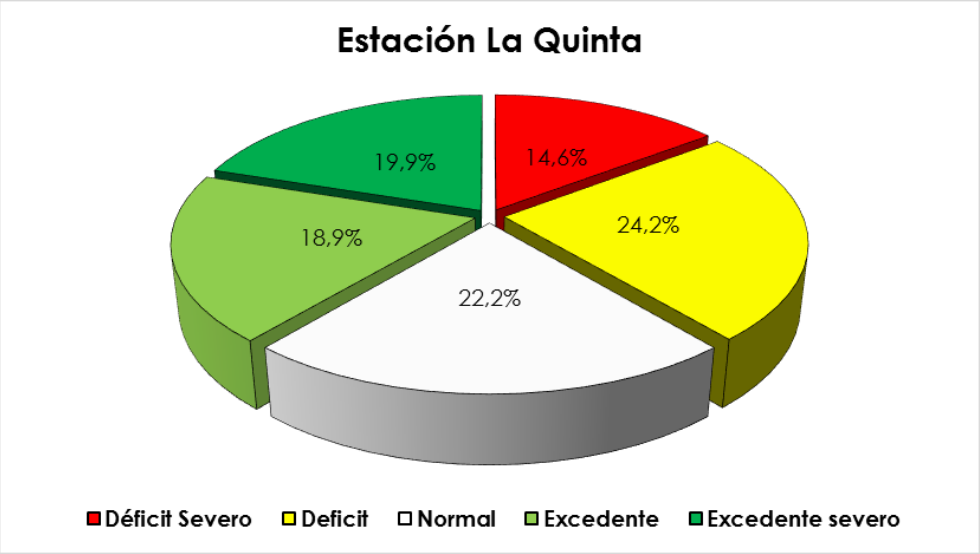
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación El Salto predomina una tendencia hacia un déficit (por debajo de lo normal) de precipitación (con un porcentaje del 21,7%) en los últimos 30 años. Por su parte, para el caso especial de esta estación, también se presenta un déficit severo muy por debajo de lo normal, con un porcentaje del 21,2%. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Lérida, sobre la parte más baja de la cuenca.

Figura 50 (f). Anomalías de precipitación estación La Quinta



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

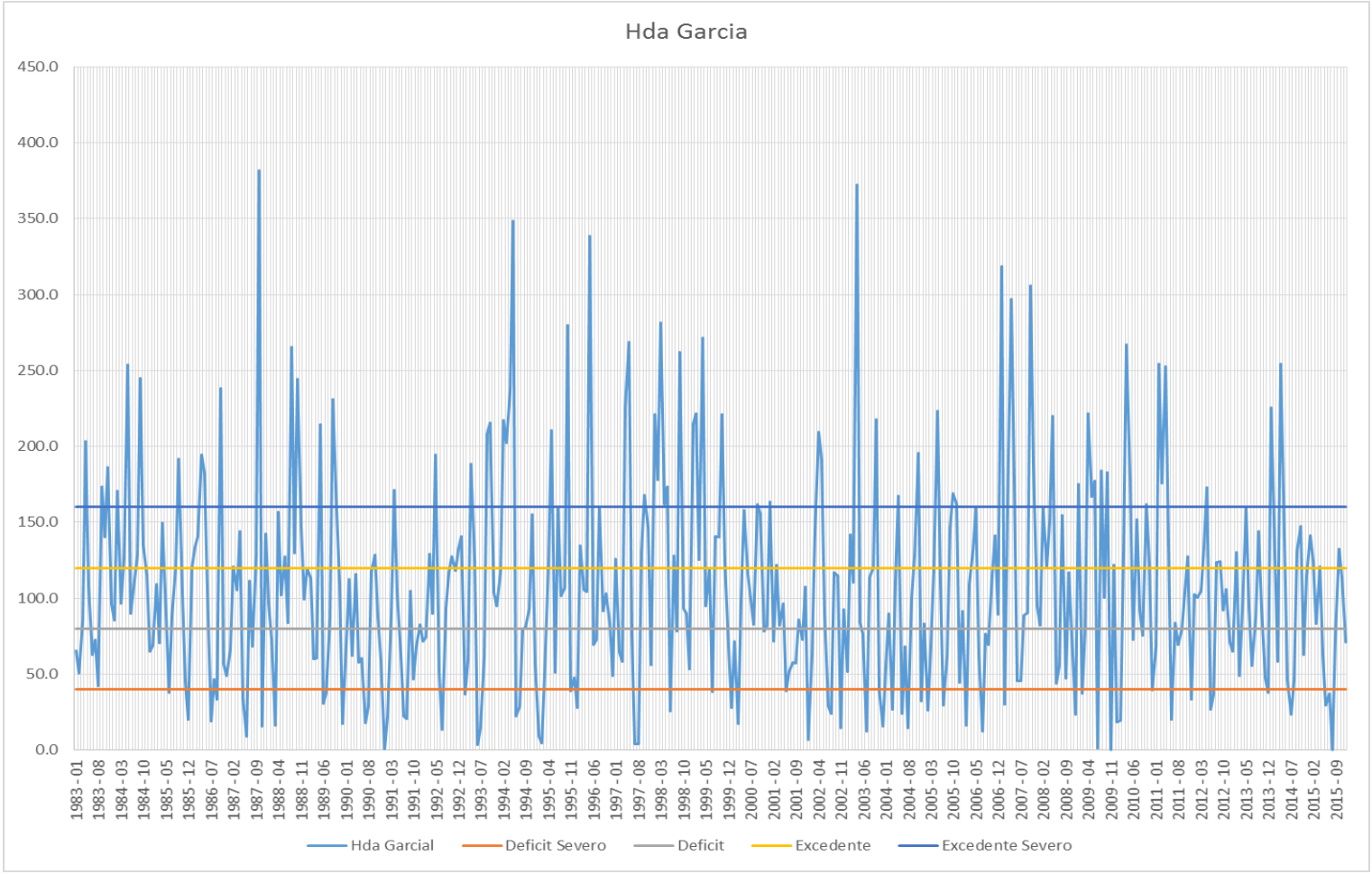
Figura 50 (f). Porcentajes anomalías de precipitación estación La Quinta



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

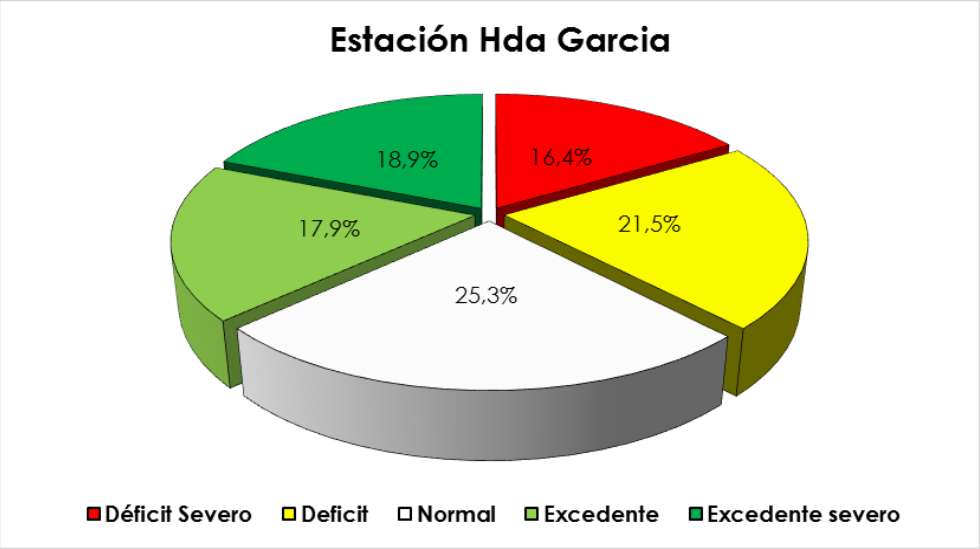
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación La Quinta predomina una tendencia hacia un déficit (por debajo de lo normal) de precipitación (con un porcentaje del 24,2%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Ambalema, sobre la parte media de la cuenca.

Figura 50 (g). Anomalías de precipitación estación Hda García



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

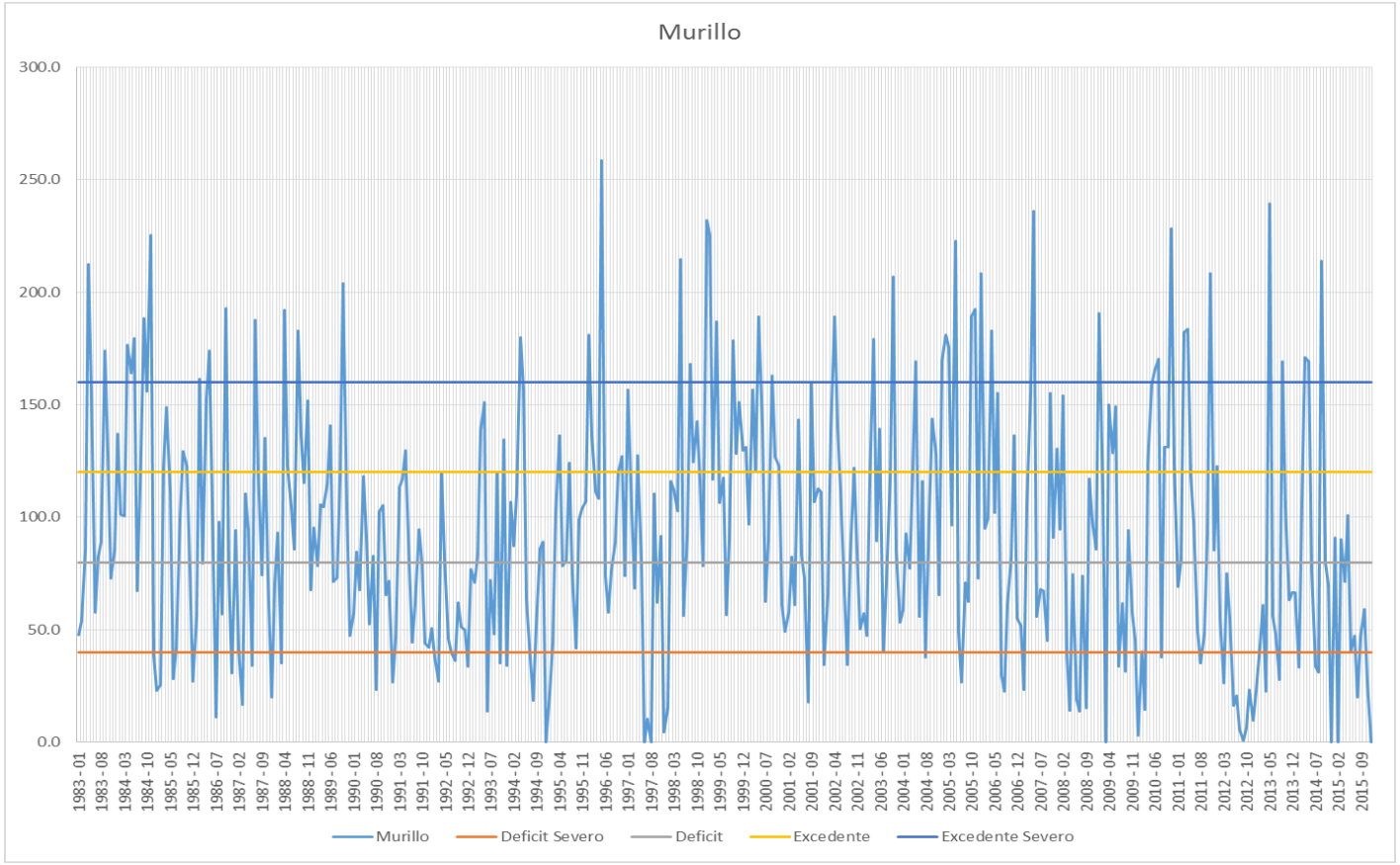
Figura 50 (g). Porcentajes anomalías de precipitación estación Hda García



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

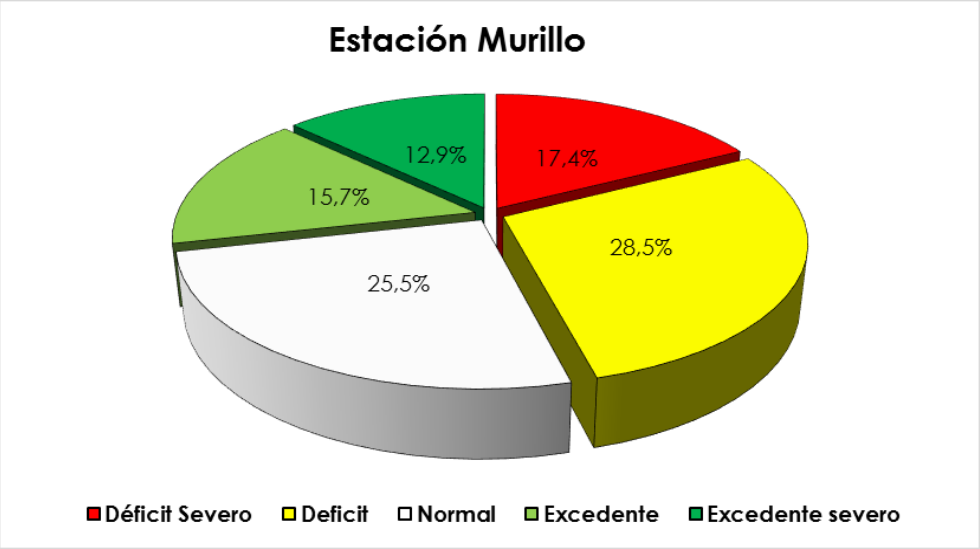
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Hacienda García predomina una tendencia normal de precipitación (con un porcentaje del 25,3%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Ambalema, sobre las inmediaciones de la parte media de la cuenca.

Figura 50 (h). Anomalías de precipitación estación Murillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

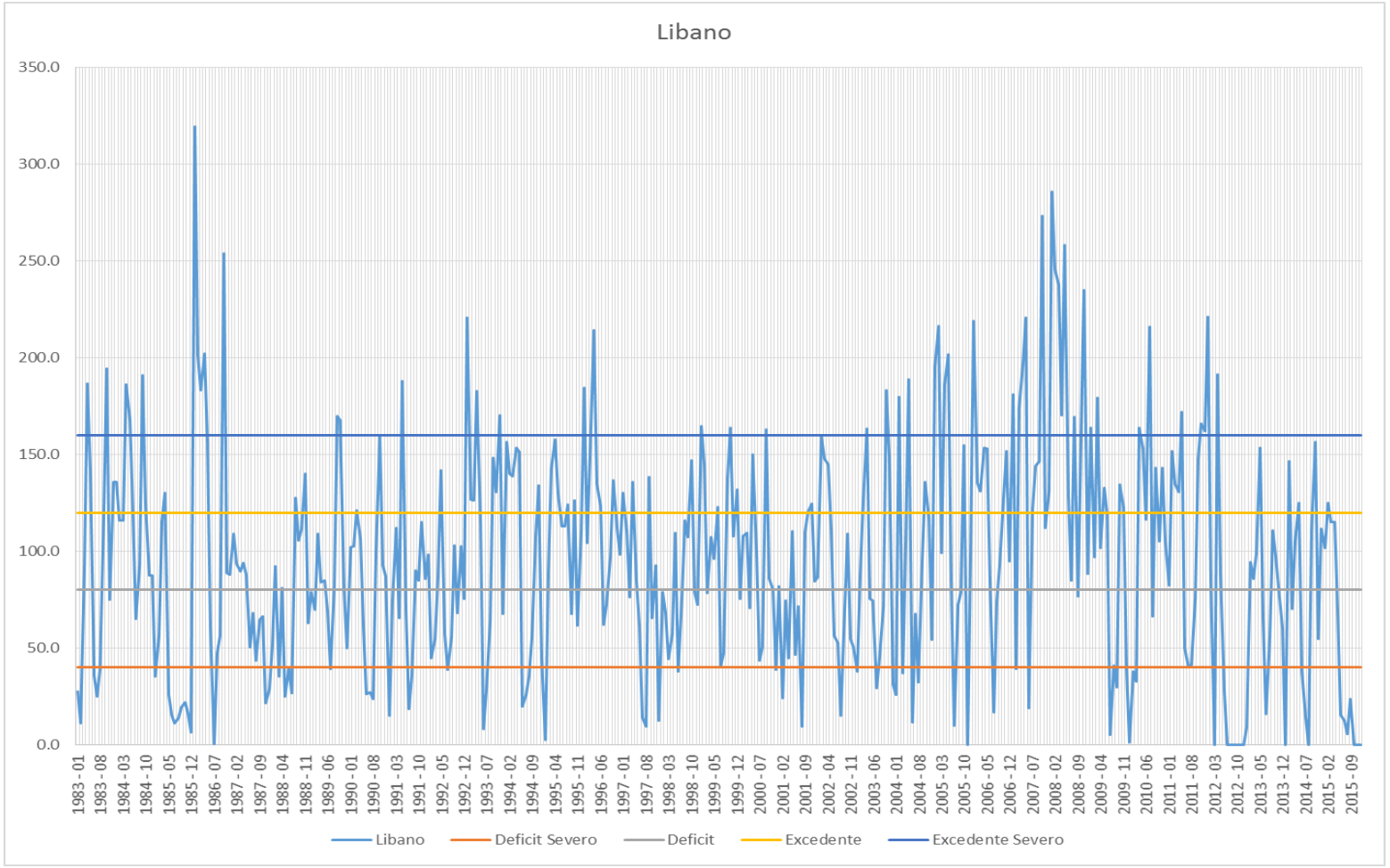
Figura 50 (h). Porcentajes anomalías de precipitación estación Murillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

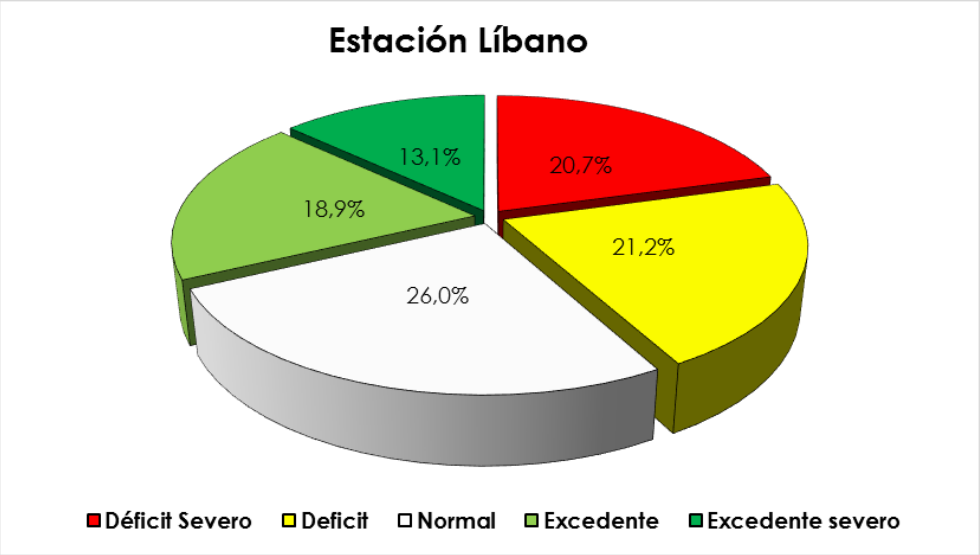
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Murillo predomina una tendencia hacia un déficit (por debajo de lo normal) de precipitación (con un porcentaje del 28,5%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Murillo, sobre la parte alta de la cuenca.

Figura 50 (i). Anomalías de precipitación estación Líbano



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

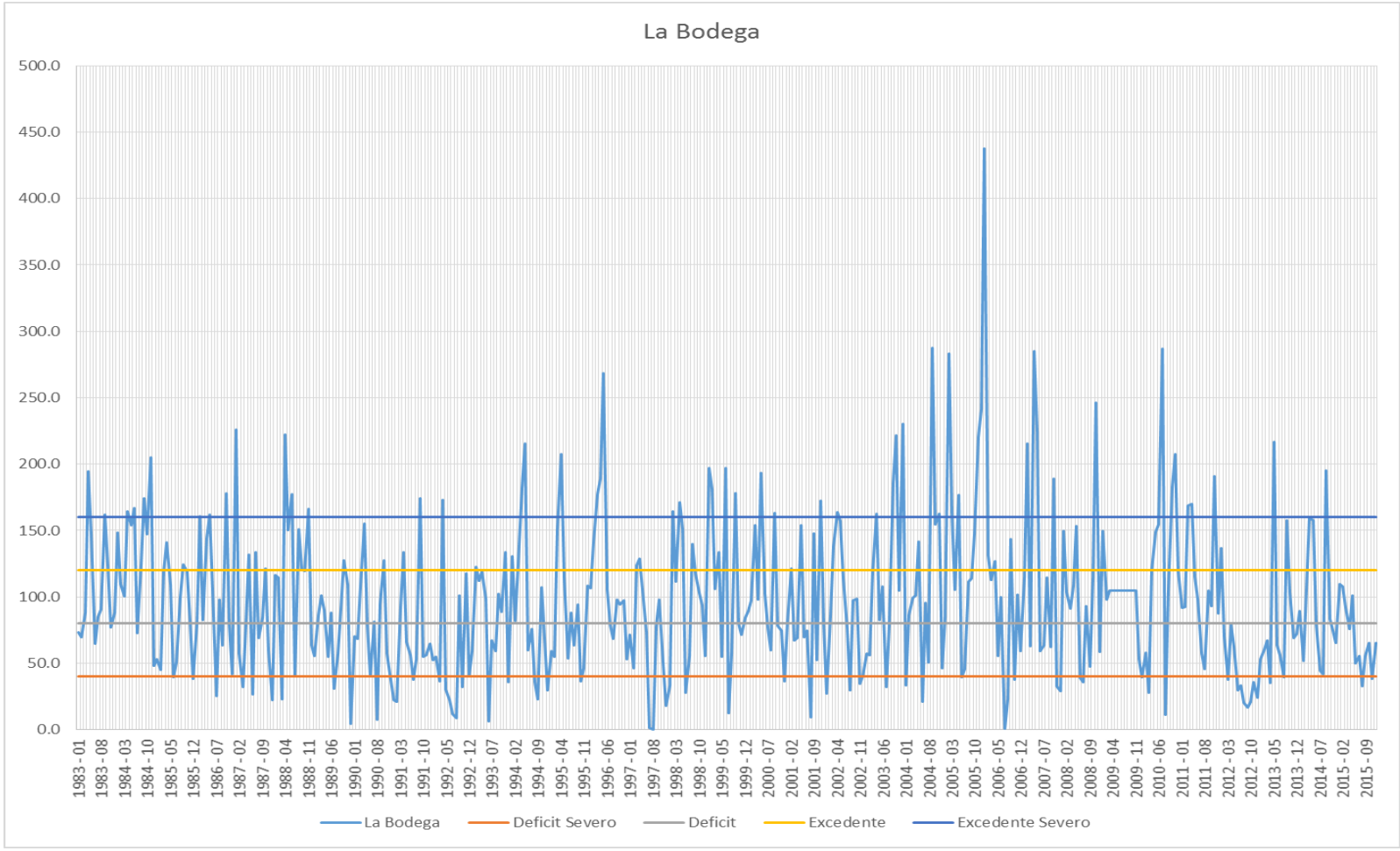
Figura 50 (i). Porcentajes anomalías de precipitación estación Líbano



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

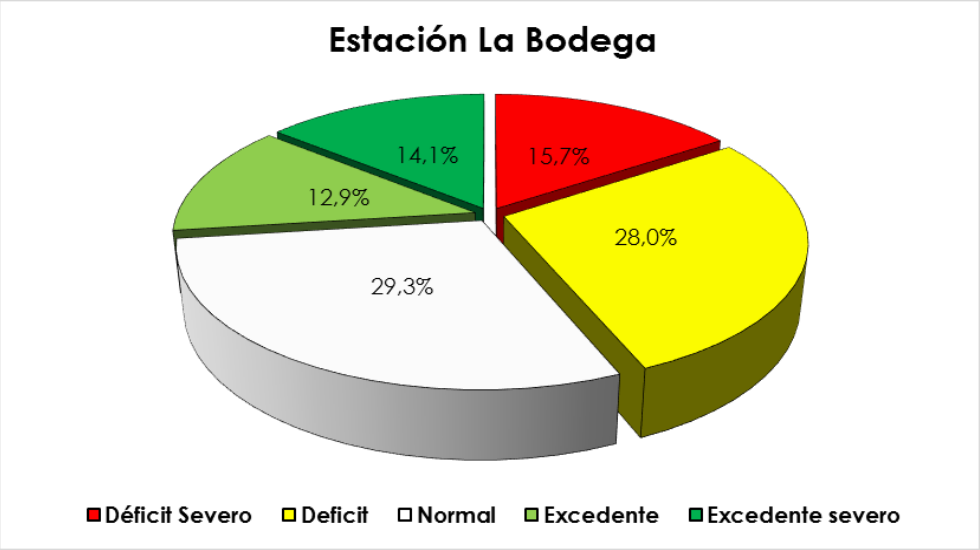
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Líbano predomina una tendencia normal de precipitación (con un porcentaje del 26%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio del Líbano, sobre las inmediaciones de la parte media alta de la cuenca.

Figura 50 (j). Anomalías de precipitación estación la Bodega



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 50 (j). Porcentajes anomalías de precipitación estación la Bodega



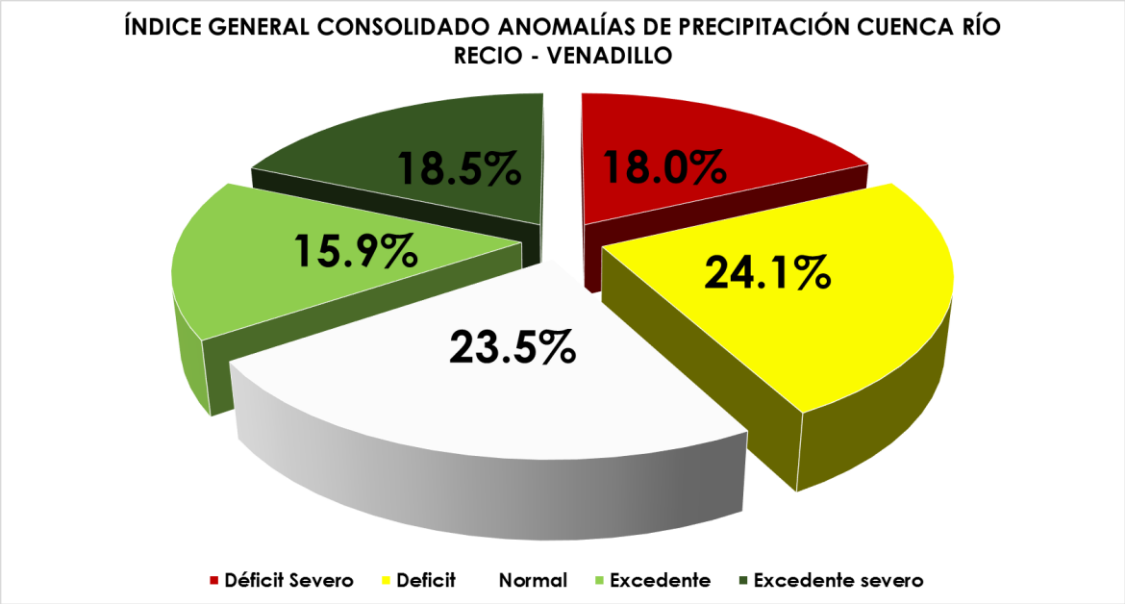
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación La Bodega predomina una tendencia normal de precipitación (con un porcentaje del 29,3%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Santa Isabel, sobre las inmediaciones de la parte media alta de la cuenca.

Realizando una comparación entre los eventos clasificados como fuertes según el IDEAM en las tablas mostradas anteriormente en los fenómenos de El Niño y La Niña, en la Figura 50 se logra observar que las cuencas en ordenación aparte de estar influenciadas por el cambio climático general del país, tienen un afectación propia debido a diferentes variables locales que afectan el clima como son la vegetación, el tipo de suelo, la utilización del recurso hídrico, entre otras.

A nivel general, el resultado en promedio de los porcentajes del índice de anomalías de precipitación para la cuenca del río Recio - Venadillo es el que se presenta en la Figura 51.

Figura 51. Índice general consolidado anomalías de precipitación cuenca Río Recio - Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

La Figura 51 concluye que la tendencia a nivel general para la cuenca arroja un déficit de precipitación (debajo de lo normal) con un porcentaje del 24,1%. Consecutivamente, la segunda tendencia de precipitación en la cuenca es normal, con un valor del 23,5%. En tercera medida, se puede concluir que el excedente severo de precipitación es la tercera tendencia predominante en la cuenca con un valor del 18,5%, quedando como últimas tendencias, las de déficit severo y excedente de precipitación con valores de 18% y 15,9% respectivamente.

Según la Figura 50 presentada, se puede concluir que los índices de anomalías de precipitación tienen una tendencia normal en la parte alta de la cuenca (municipios de Murillo, Santa Isabel, Líbano y Ambalema), y un déficit por debajo de lo normal en la parte media y baja de la cuenca (municipios de Venadillo y Lérida). Los cálculos que soportan lo anterior, se basan en los resultados individuales reportados en cada estación y su ubicación geográfica sobre la cuenca, los cuales se pueden revisar con mayor detalle dentro del Anexo 4 ANOMALÍAS, archivo “Gráficas anomalías de precipitación”.

Este análisis corrobora que la cuenca en estudio tiene una tendencia normal de precipitación hacia la parte alta y media, mientras que la parte baja presenta una tendencia al fenómeno del Niño de manera moderada con respecto al periodo de años efectivamente analizados.

Según el índice de anomalías para la zona de estudios, se presentan periodos con excedentes severos de precipitación entre los años 1.983 – 1.984, 1.986 – 1.987, 1.993 – 1.996, 2.003 – 2.005 y 2.010 – 2.013.

5.4 ÍNDICE PUNTUAL DE ANOMALÍAS PARA TEMPERATURA (INTRA E INTERANUAL)

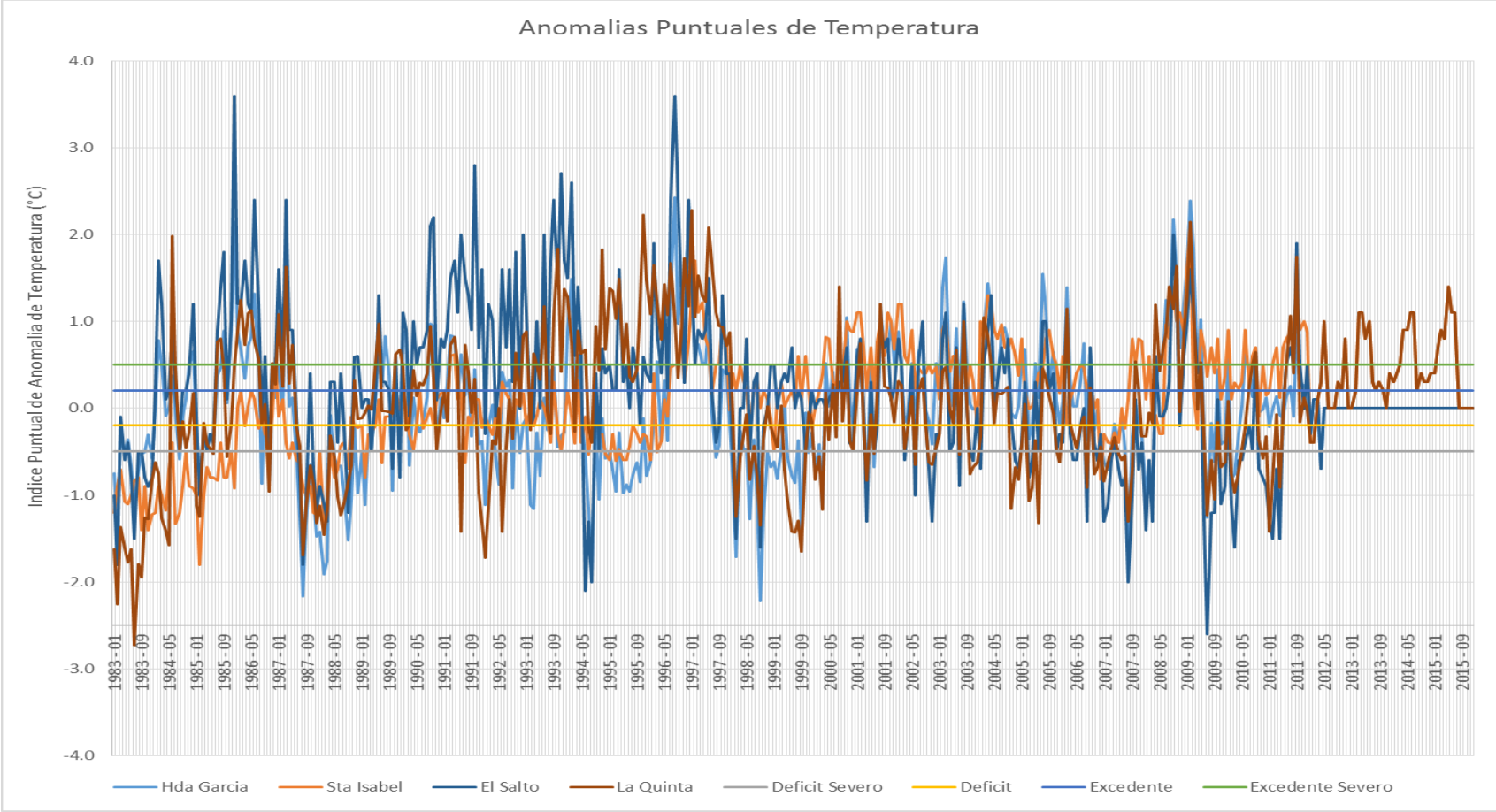
El índice puntual de anomalías para la temperatura se calcula como la diferencia entre el dato del mes y año evaluados, y el valor promedio multianual del mismo mes. A continuación, en la Tabla 29 se presentan los rangos de clasificación del índice elaborados por el IDEAM.

Tabla 29. Descripción índice de anomalías de temperatura

Rango De Variación	Descripción Del Efecto
IT ≤ -0,5ºC	Enfriamiento severo (muy por debajo de lo normal)
-0,5ºC < IT ≤ -0,2 ºC	Enfriamiento (por debajo de lo normal)
-0,2ºC < IT ≤ 0,2 ºC	Normal
0,2 ºC < IT ≤ 0,5 ºC	Calentamiento (por encima de lo normal)
IT > 0,5ºC	Calentamiento severo (muy por encima de lo normal

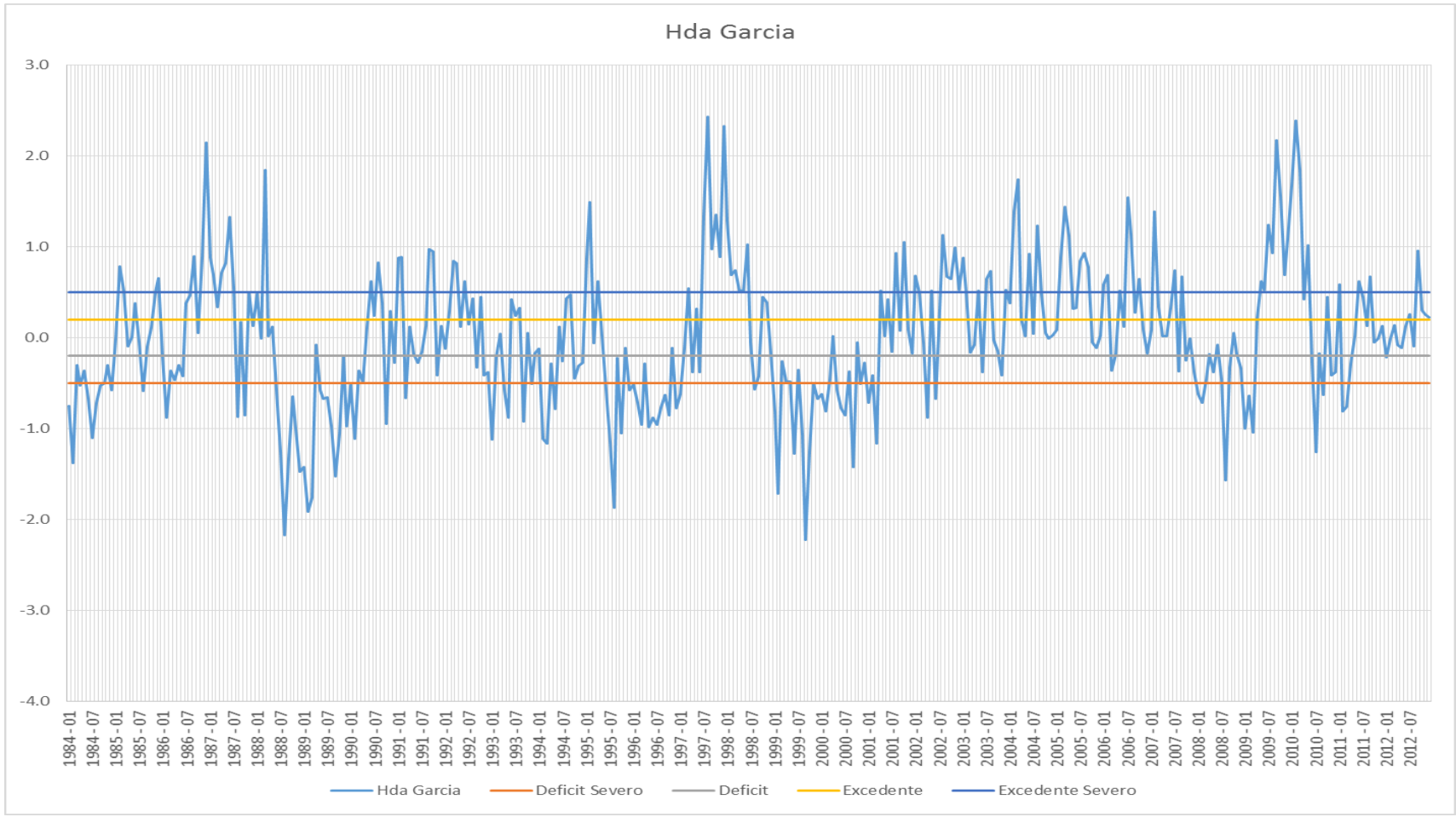
Fuente: IDEAM, 2.014

Figura 52. Anomalías de temperatura



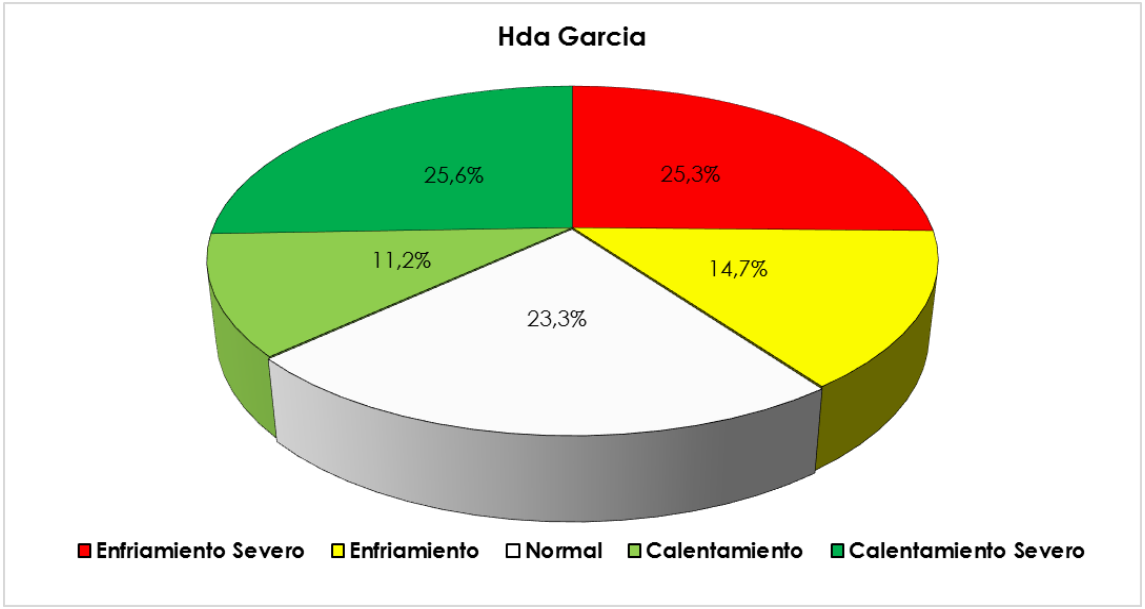
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 52(a). Anomalías de temperatura estación Hda García



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

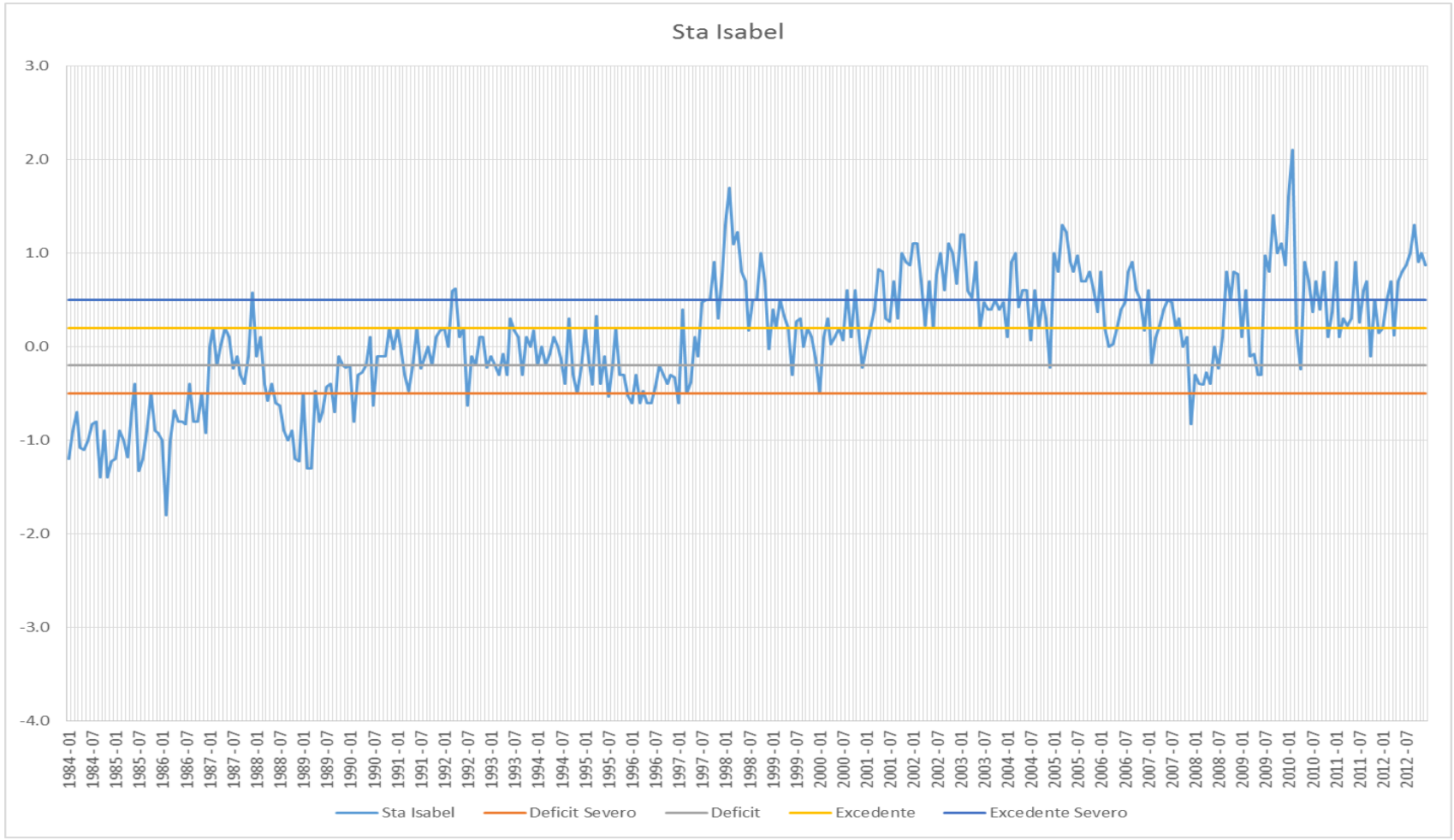
Figura 52(a). Porcentajes anomalías de temperatura estación Hda García



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

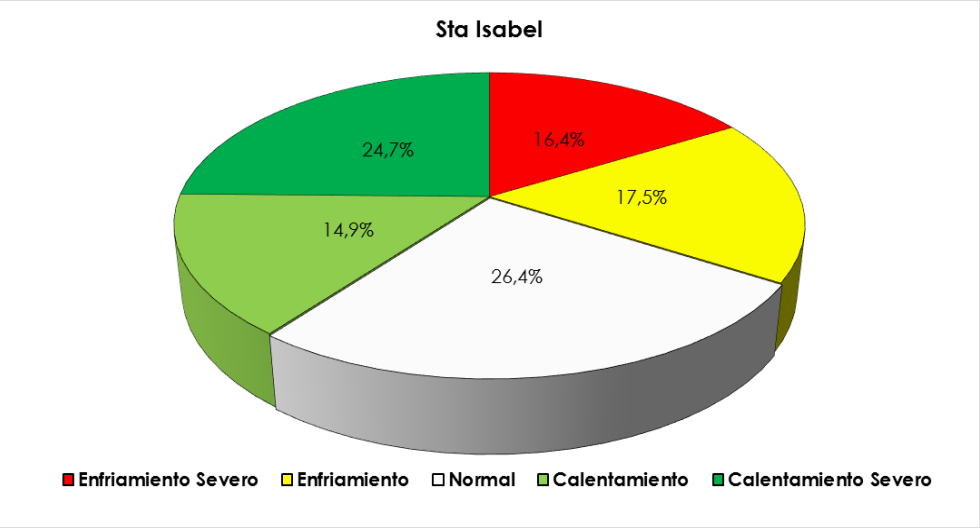
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Hacienda García predomina tendencias hacia un calentamiento severo de temperatura (muy por encima de lo normal) (con un porcentaje del 25,6%) y enfriamiento severo (muy por debajo de lo normal) (con un porcentaje de 25,3%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Ambalema, sobre las inmediaciones de la parte media de la cuenca.

Figura 52(b). Anomalías de temperatura estación Sta Isabel



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

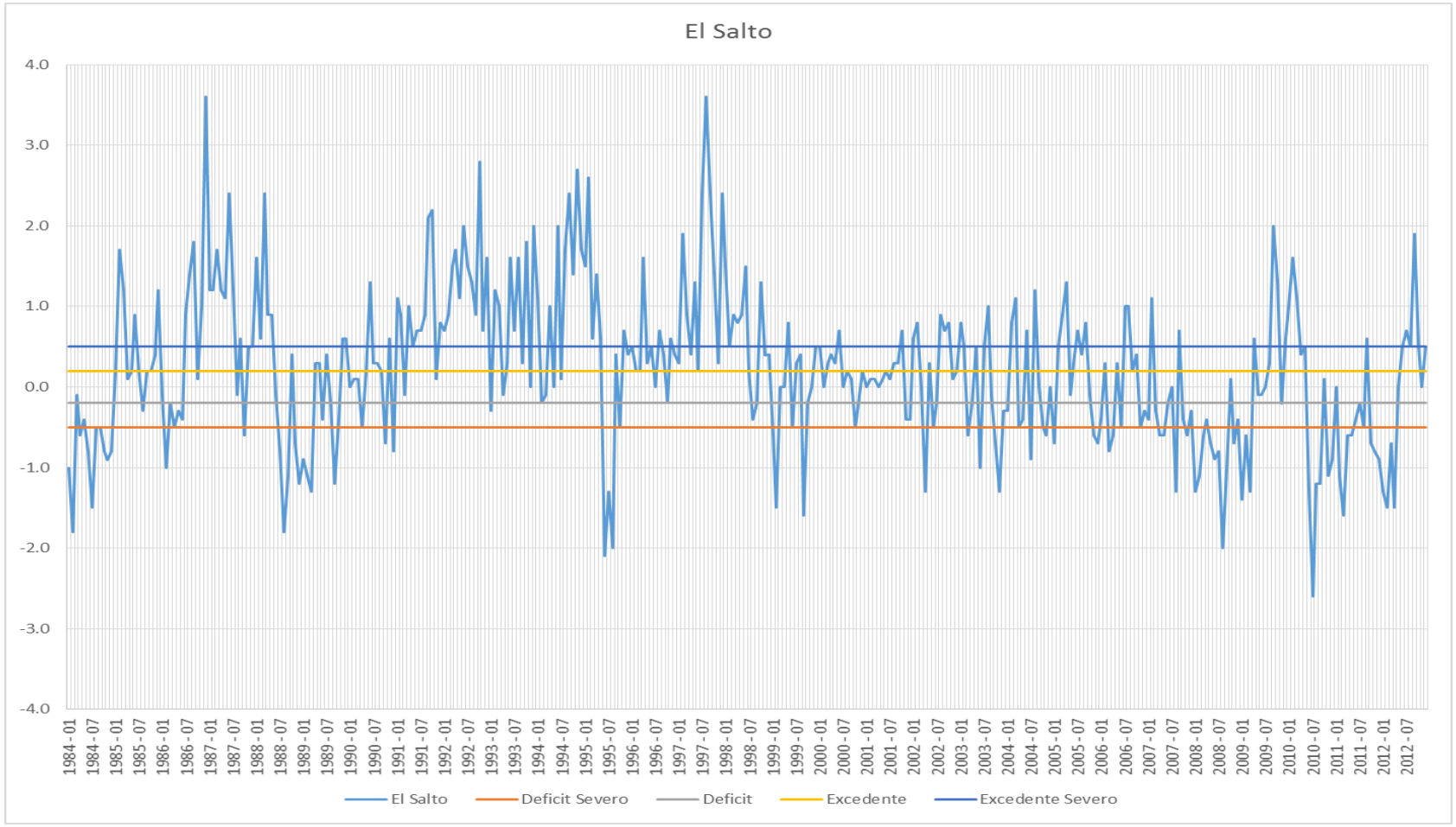
Figura 52(b). Porcentajes anomalías de temperatura estación Sta Isabel



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

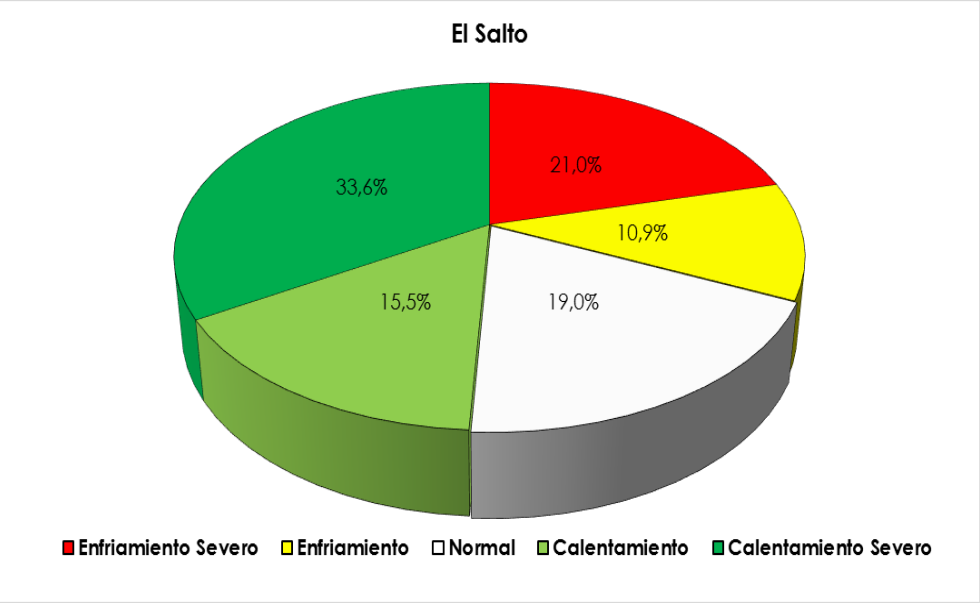
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación Santa Isabel predomina una tendencia hacia un comportamiento normal de la temperatura (con un porcentaje del 26,4%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Santa Isabel, sobre la parte media alta de la cuenca.

Figura 52(c). Anomalías de temperatura estación el Salto



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

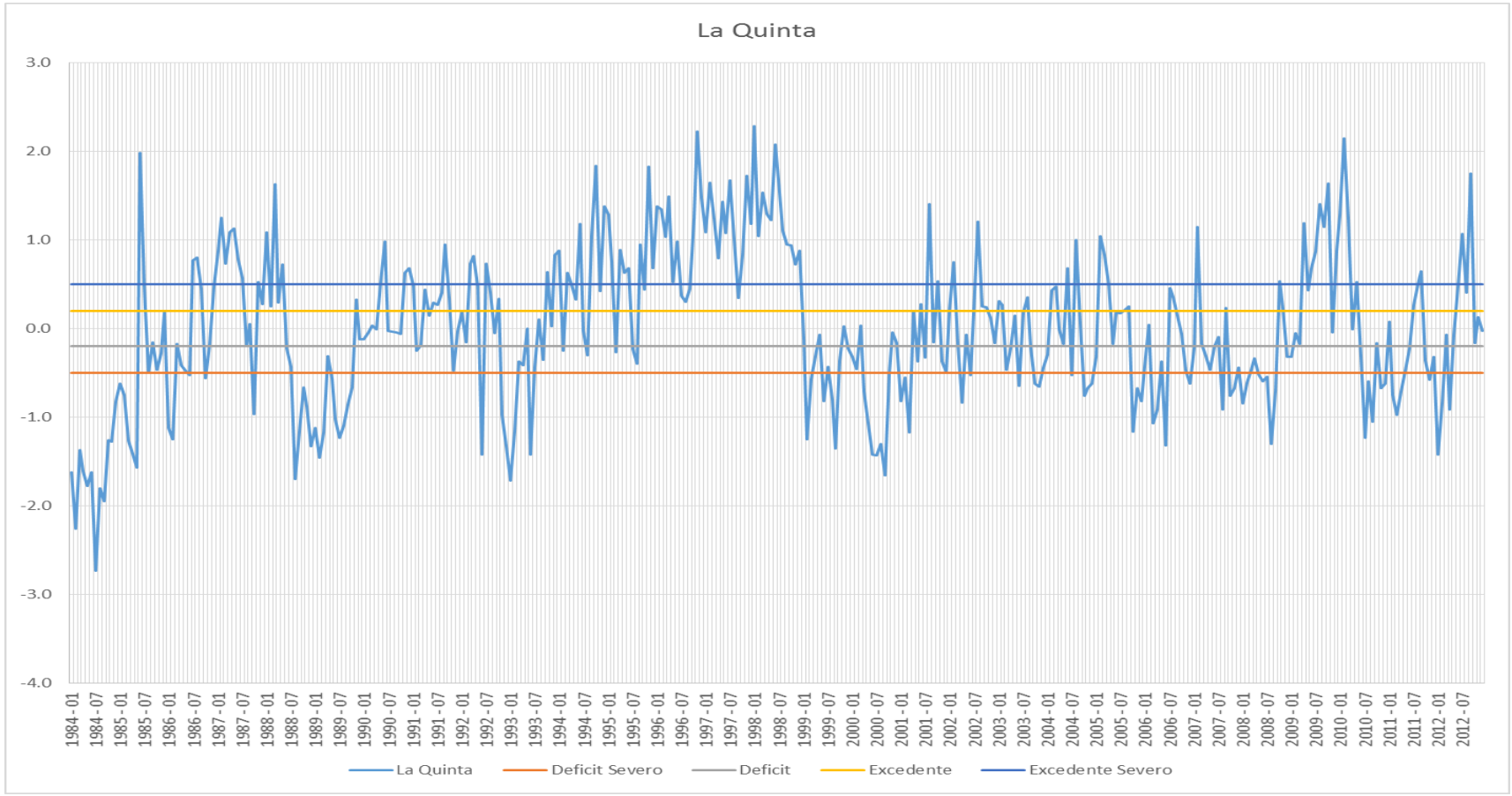
Figura 52(c). Porcentajes anomalías de temperatura estación El Salto



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

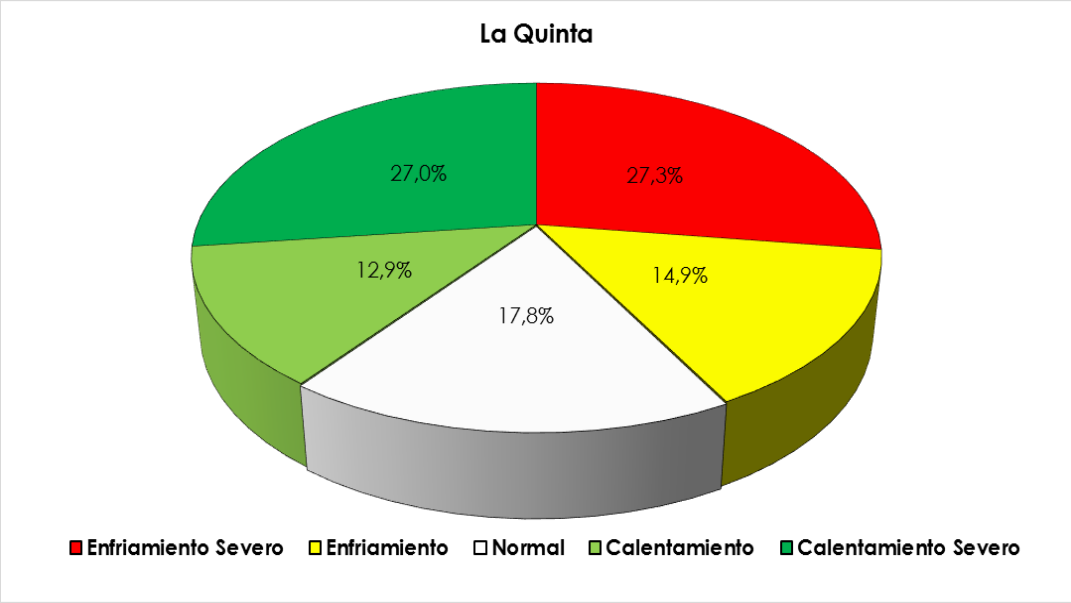
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación El Salto predomina una tendencia hacia un calentamiento severo de temperatura (muy por encima de lo normal) (con un porcentaje del 33,6%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Lérida, sobre la parte más baja de la cuenca.

Figura 52(d). Anomalías de temperatura estación la Quinta



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 52(d). Porcentajes anomalías de temperatura estación La Quinta



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

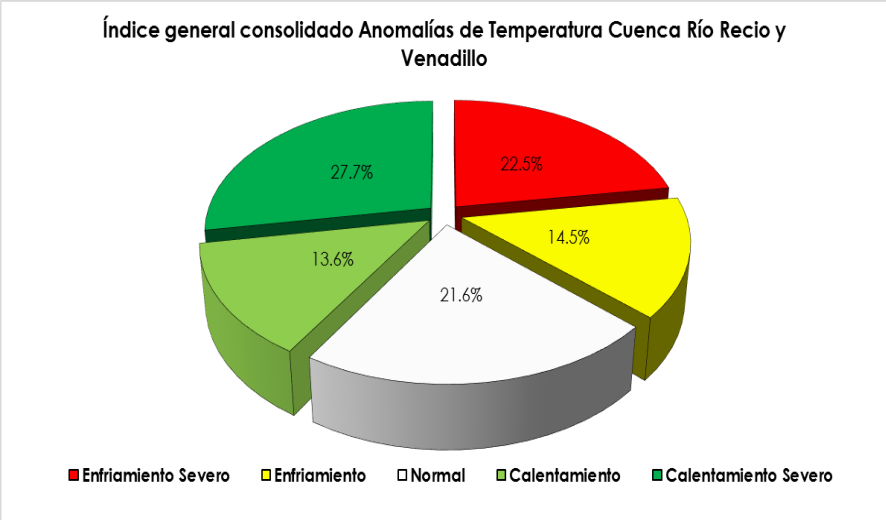
Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los doce (12) meses de los años 1.983 al 2.015, se puede concluir que el comportamiento de la precipitación en la Estación La Quinta predominan tendencias hacia un calentamiento severo de temperatura (muy por encima de lo normal) (con un porcentaje del 27%) y enfriamiento severo (muy por debajo de lo normal) (con un porcentaje de 27,3%) en los últimos 30 años. Es necesario tener en cuenta que esta estación está ubicada en el municipio de Ambalema, sobre la parte media de la cuenca.

Analizando la Figura 52, se observa que en la zona de estudio existen más anomalías hacia el enfriamiento durante los años 1.987 hasta 1.996; en el año de 1.998 se observa un aumento de temperatura; de ahí en adelante se observa un comportamiento moderado que no presenta grandes variaciones. Estas anomalías coinciden con las presentadas por el IDEAM para Colombia con gran intensidad de fenómenos de La Niña y El Niño respectivamente. Las anomalías para cada una de las estaciones medidoras de temperatura se presentan en el Anexo 4. ANOMALÍAS y en las figuras 51 (a) – 51(d).

Por otra parte, teniendo en cuenta uno de los índices macroclimáticos más importantes como el ONI (Oceanic Niño Index), el cual se presenta en la Figura 54, se observa que los periodos en los que se presentan fenómenos El Niño coinciden con los mostrados en el gráfico de anomalías de temperatura de la zona de estudio. Esto una vez más ratifica que estos fenómenos ENSO tienen una gran influencia en las cuencas.

A nivel general, el resultado en promedio de los porcentajes del índice de anomalías de temperatura para la cuenca del río Recio - Venadillo en la Figura 53

Figura 53. Índice general consolidado anomalías de temperatura cuenca río Recio - Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

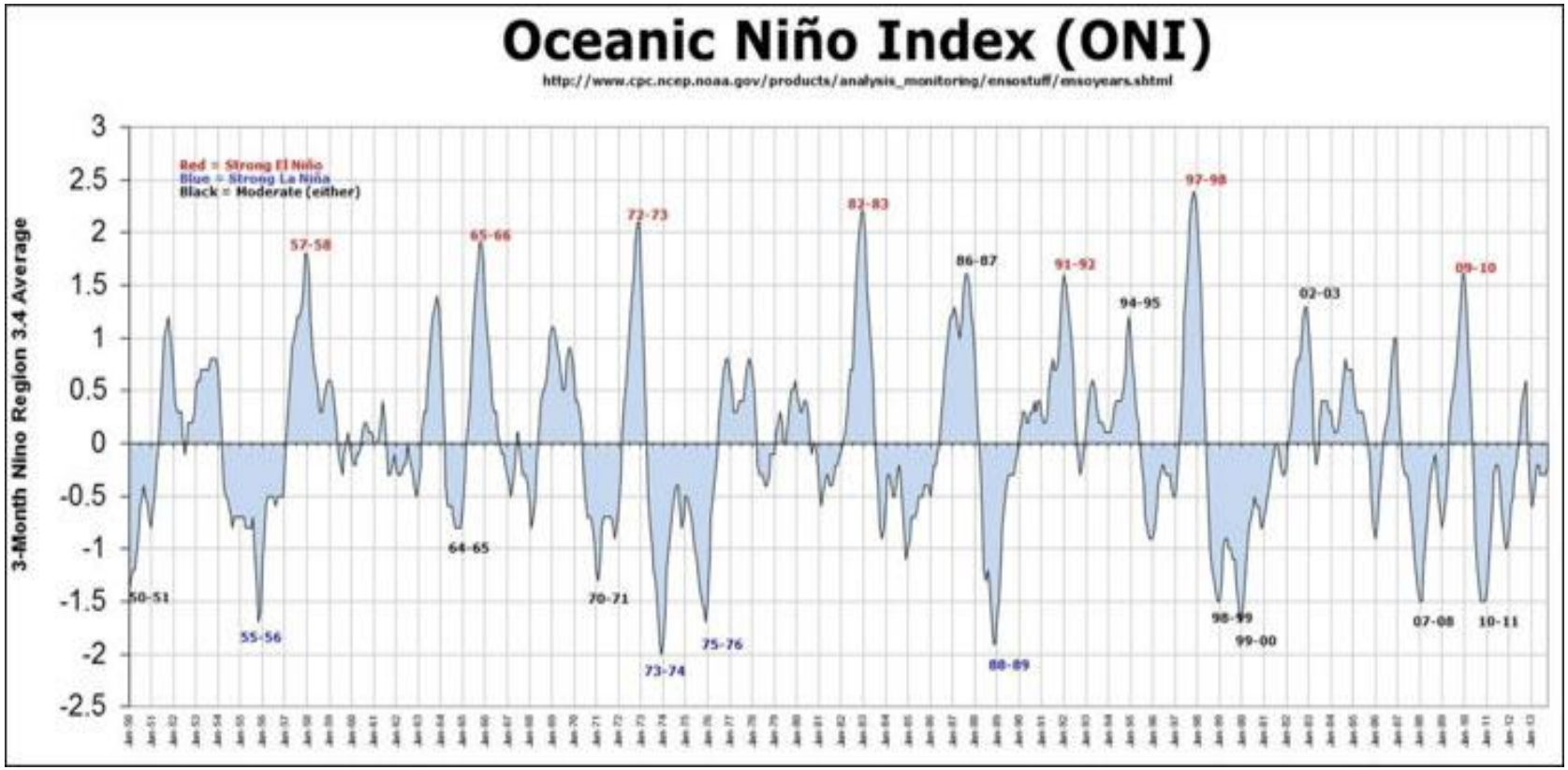
La Figura 53 concluye que la tendencia a nivel general para la cuenca arroja un calentamiento severo de temperatura (muy por encima de lo normal) con un porcentaje del 27,7%. Consecutivamente, la segunda tendencia arroja un enfriamiento severo (muy por debajo de lo normal) con un valor del 22,5%. En tercera medida, se puede concluir la tercera tendencia de temperatura en la cuenca es normal, con un valor del 21,6%, quedando como últimas tendencias, las de enfriamiento y calentamiento con valores de 14,5% y 13,6% respectivamente. Lo anterior, obedece al comportamiento bimodal de temperatura en la cuenca, la cual presenta altos niveles de temperatura entre los meses de enero a marzo y julio a septiembre y así mismo los niveles más bajos entre abril a junio y octubre a diciembre.

Según la Figura 52, se puede concluir que los índices de anomalías de temperatura presentan una tendencia de calentamiento severo en la estaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca como por ejemplo la estación El Salto, con un valor de 33,6%, la cual está ubicada en el municipio de Lérida y la estación La Quinta ubicada en el municipio de Ambalema con un valor de 27%.

Los cálculos que soportan lo anterior, se basan en los resultados individuales reportados en cada estación y su ubicación geográfica sobre la cuenca, los cuales se pueden revisar con mayor detalle dentro del Anexo 4 ANOMALÍAS, archivo “Gráficas anomalías de Temperatura”.

Este análisis corrobora que la cuenca en estudio tiene una tendencia hacia el calentamiento severo en la parte baja de la cuenca durante los meses de mayores temperaturas, lo cual es directamente proporcional con los resultados de índice de anomalías de precipitación reportados en el subnumeral 5.3 del presente documento, donde se menciona que la parte baja de la cuenca tiene una tendencia moderada de déficit de precipitación, lo cual confirma la hipótesis de que esta cuenca tiene una influencia marcada por el fenómeno del Niño, especialmente notoria en la parte baja de la misma. Lo anterior, con respecto al periodo de años efectivamente analizados.

Figura 54. Índice oceánico Niño (ONI)



Fuente: www.ggweather.com

6 EVENTOS EXTREMOS – PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

6.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

Los datos históricos de esta variable hidrológica aleatoria fueron ajustados a distribuciones probabilísticas conocidas, y se calcularon los valores de la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno. Para ello, tales datos históricos se ajustaron a las distribuciones probabilísticas Normal, Gumbel, Pearson Tipo III, Log – Pearson Tipo III, Log – Normal y EV3, a través de métodos estadísticos convencionales.

Para los estudios estadísticos, se siguió la metodología de Chow, en la que expresa que los análisis de frecuencias de variables hidrológicas pueden llevarse a cabo a través de ecuaciones del tipo:

$$X_T = X + SK$$

En donde:

X_T: es la magnitud del evento que tiene un período de retorno T.
X: es el valor medio de la muestra.
S: es la desviación típica de la muestra.
K: es el factor de frecuencia, dependiente de la ley de probabilidades que se seleccione.

A continuación, se presentan los resultados de las distribuciones de probabilidad para cada una de las estaciones medidoras de precipitación máxima en 24 horas, junto la prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado (Tabla 30 a Tabla 39).

Se debe hacer énfasis que la escogencia de la distribución probabilística que mejor ajusta los datos históricos para cada una de las estaciones, es un método adecuado y veraz para cada estación, y es el procedimiento seguido en este informe. El seleccionar una distribución probabilística que mejor ajuste los datos de todas las estaciones al mismo tiempo, trae consigo un resultado que no es adecuado, al promediar todos los datos de diferentes estaciones en diferentes lugares.

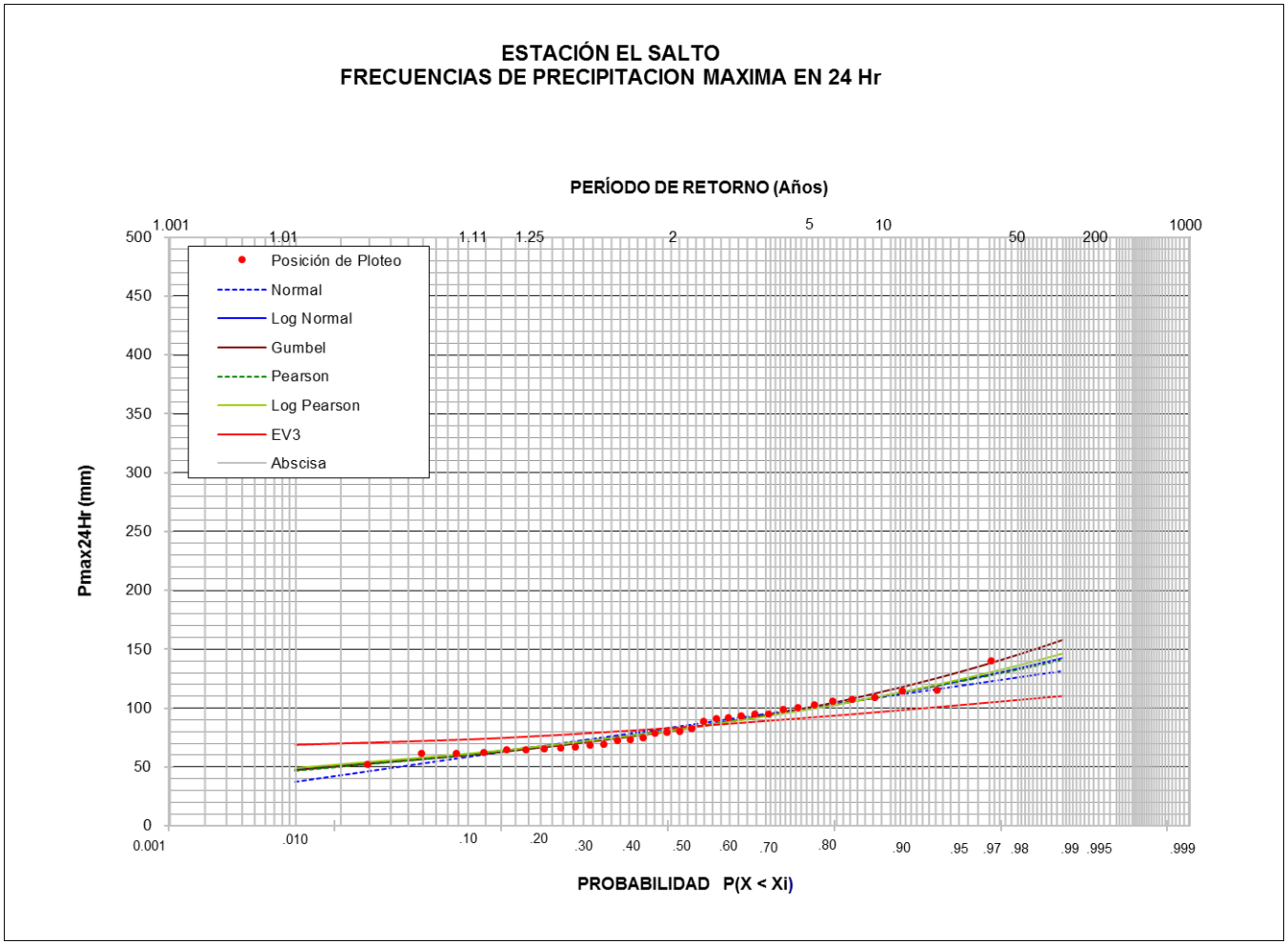
Tabla 30. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación el Salto

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	84,8	81,7	82,6	82,0	82,4	83,7
5	101,8	102,1	100,9	100,3	100,5	92,5
10	110,7	115,6	111,7	111,8	111,5	97,6
15	115,2	123,3	117,4	118,2	117,4	100,2
20	118,1	128,6	121,3	122,6	121,5	101,9
25	120,2	132,7	124,2	126,0	124,5	103,2
30	121,9	136,1	126,6	128,7	127,0	104,2
50	126,4	145,4	132,9	136,3	133,8	106,9
100	131,9	158,0	141,1	146,4	142,6	110,3
500	143,0	187,1	159,0	169,8	162,4	117,4
chi 2	**8,3**	**3,5**	**4,4**	**4,1**	**4,4**	**49,6**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de GUMBEL (Figura 55).

Figura 55. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación El Salto



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

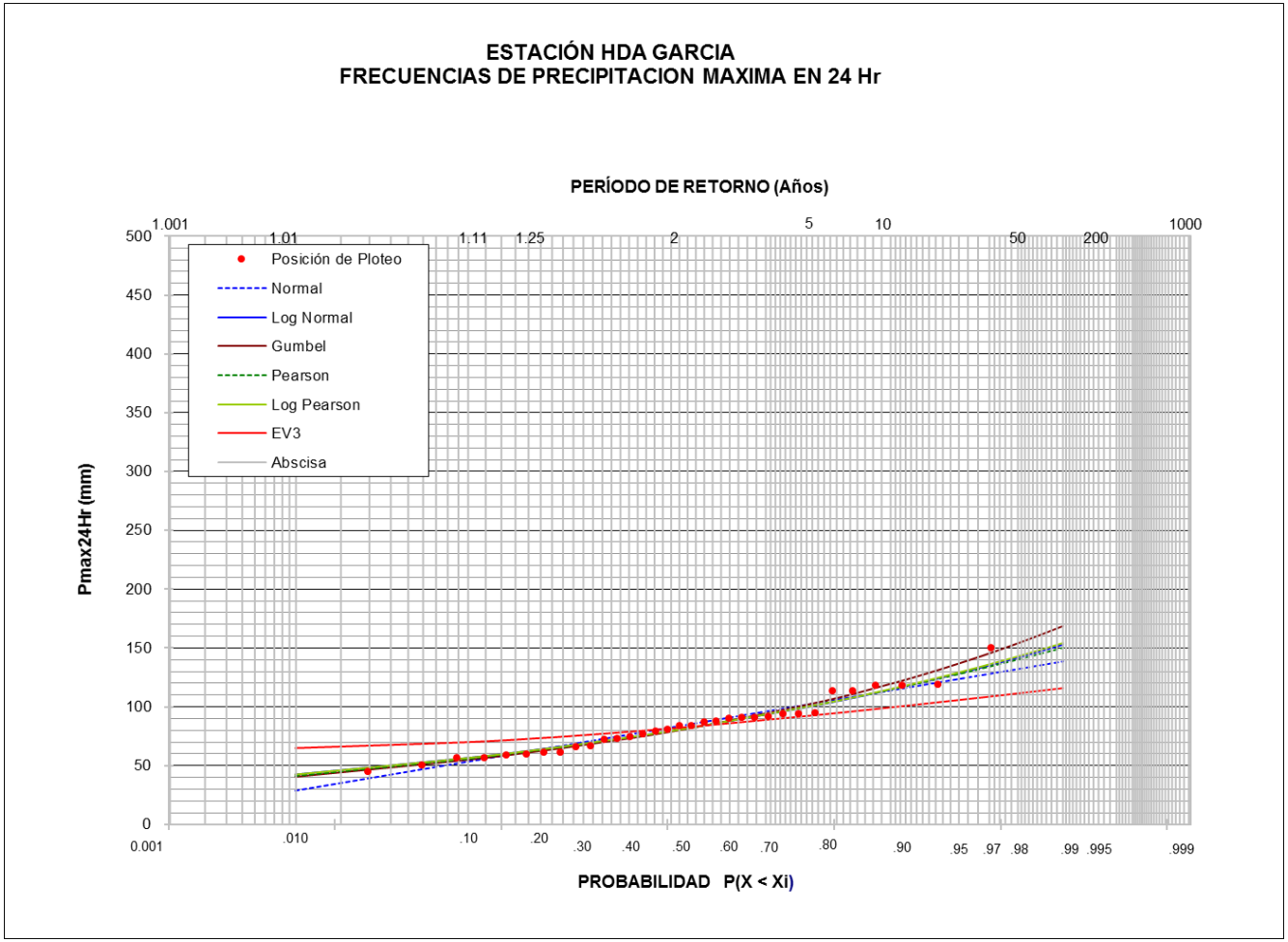
Tabla 31. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Hda García

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	83,8	80,2	81,0	80,7	80,7	82,2
5	103,5	103,9	102,2	101,9	101,7	93,2
10	113,8	119,5	115,0	115,2	114,7	99,5
15	119,0	128,4	121,9	122,4	121,9	102,8
20	122,4	134,6	126,5	127,5	126,8	105,0
25	124,9	139,4	130,0	131,3	130,5	106,7
30	126,8	143,3	132,8	134,4	133,5	108,0
50	132,0	154,1	140,5	142,9	141,9	111,5
100	138,4	168,7	150,5	154,3	152,9	115,9
500	151,3	202,4	172,3	180,1	177,9	125,1
chi 2	**9,6**	**4,4**	**5,4**	**5,3**	**5,6**	**62,0**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de GUMBEL (Figura 56).

Figura 56. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Hda García



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

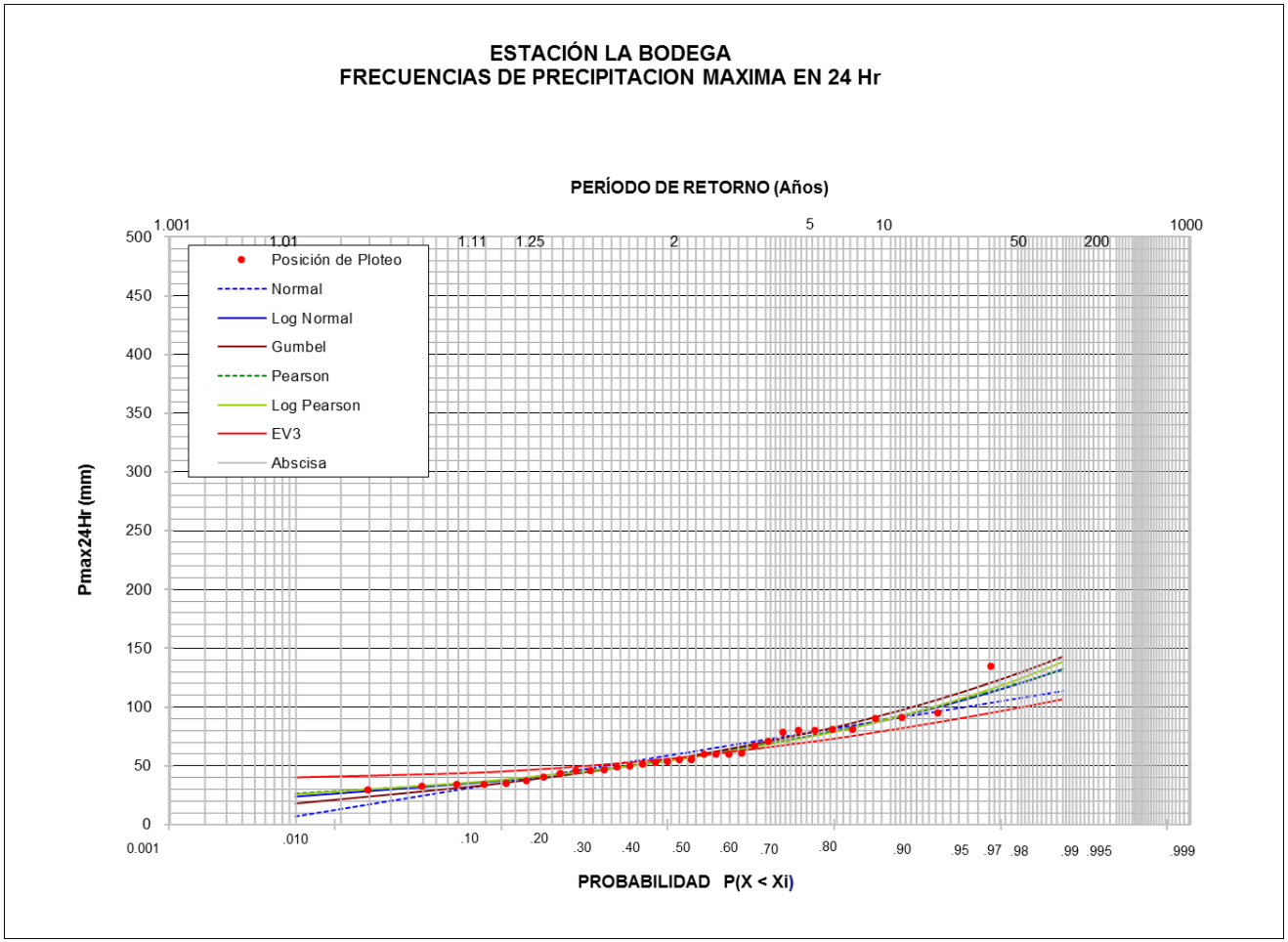
Tabla 32. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Bodega

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	60,1	56,6	55,7	55,6	56,1	56,9
5	79,3	79,7	76,8	76,0	76,5	71,3
10	89,4	95,0	90,6	90,2	90,0	80,5
15	94,4	103,6	98,3	98,5	97,6	85,5
20	97,7	109,7	103,6	104,3	102,9	89,0
25	100,2	114,3	107,6	108,9	107,0	91,6
30	102,1	118,1	110,9	112,7	110,3	93,6
50	107,1	128,7	120,0	123,5	119,6	99,3
100	113,3	142,9	132,1	138,5	132,2	106,6
500	126,0	175,8	159,5	175,9	162,0	122,5
chi 2	**28,9**	**8,5**	**7,6**	**7,6**	**8,1**	**44,8**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de PERSON y LOG-PEARSON (Figura 57).

Figura 57. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación La Bodega



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

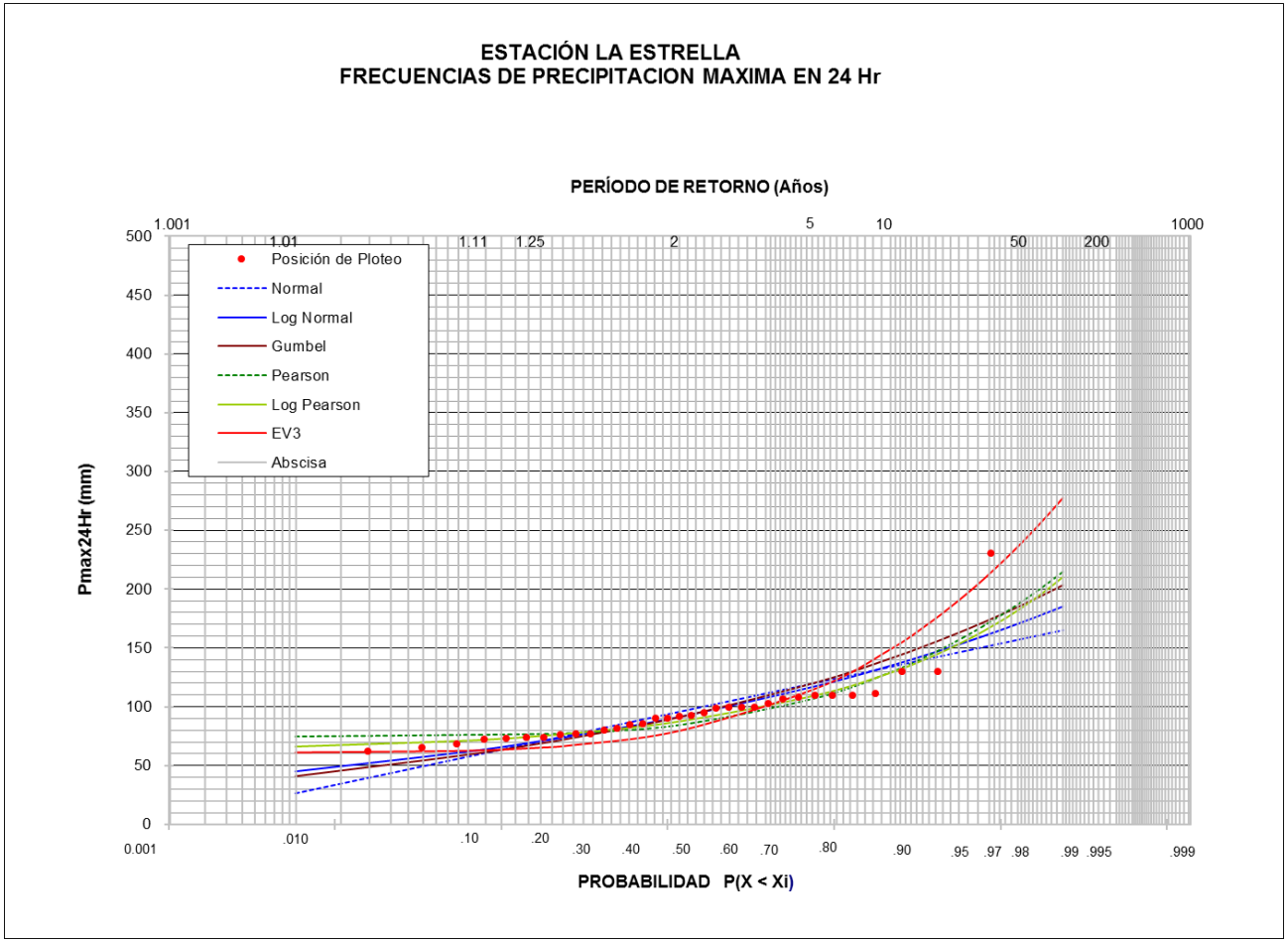
Tabla 33. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Estrella

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	95,8	91,2	84,3	87,6	91,5	79,5
5	120,8	121,2	107,8	110,2	118,1	116,3
10	133,9	141,1	129,3	129,0	134,9	149,0
15	140,4	152,3	143,0	140,9	144,2	169,6
20	144,7	160,2	153,1	150,0	150,7	184,9
25	147,9	166,2	161,1	157,3	155,6	197,0
30	150,3	171,2	167,8	163,5	159,6	207,1
50	156,9	184,9	187,2	182,1	170,6	236,2
100	165,0	203,4	214,8	210,4	185,3	277,6
500	181,4	246,1	283,9	293,4	219,1	380,7
chi 2	**79,5**	**49,4**	**36,9**	**30,3**	**45,4**	**59,0**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de LOG-PEARSON (Figura 58).

Figura 58. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación la Estrella



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

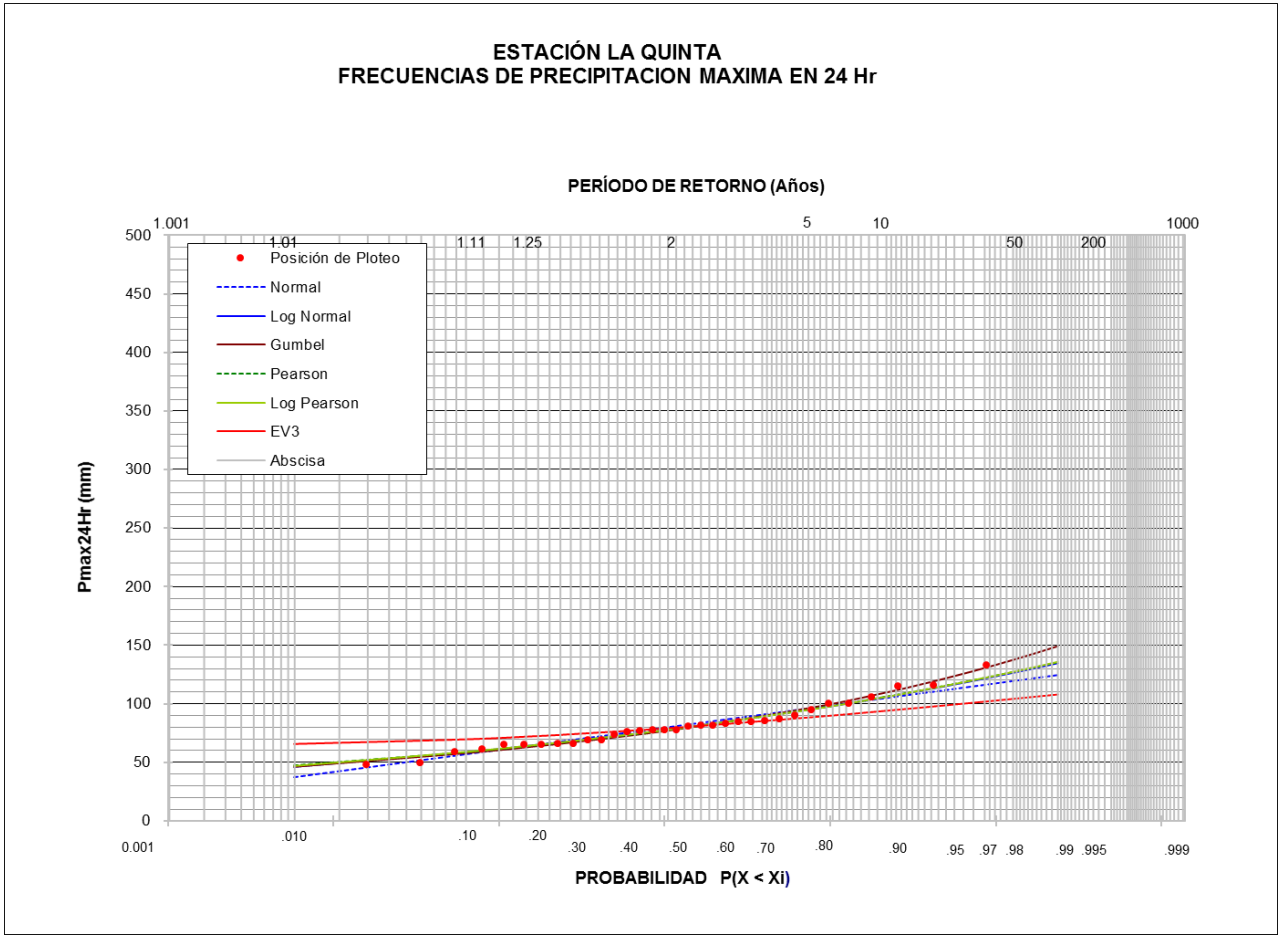
Tabla 34. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Quinta

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	81,0	78,1	78,6	78,7	78,9	79,6
5	96,9	97,1	95,7	95,6	95,7	88,7
10	105,2	109,7	106,1	106,0	105,9	94,1
15	109,3	116,9	111,7	111,6	111,4	96,9
20	112,0	121,8	115,5	115,5	115,1	98,7
25	114,0	125,7	118,4	118,4	118,0	100,1
30	115,6	128,8	120,7	120,8	120,2	101,2
50	119,7	137,5	127,0	127,3	126,5	104,2
100	124,9	149,2	135,2	135,8	134,7	108,0
500	135,3	176,4	153,2	155,2	152,9	115,8
chi 2	**6,4**	**2,6**	**3,6**	**3,5**	**3,6**	**39,3**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de GUMBEL (Figura 59).

Figura 59. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación la Quinta



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

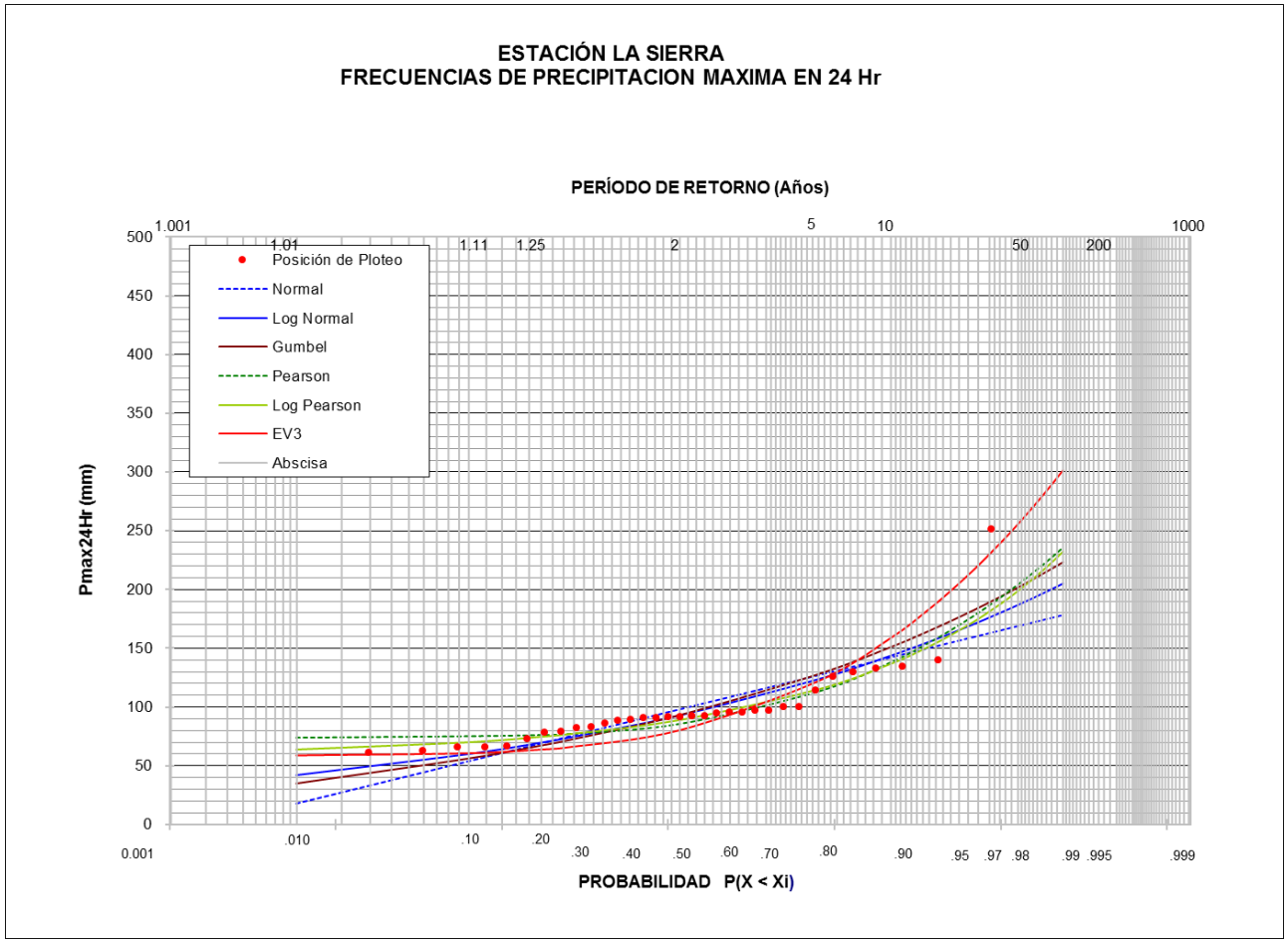
Tabla 35. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación la Sierra

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	98,5	93,2	85,4	89,0	92,9	80,4
5	127,5	128,0	113,0	115,1	123,8	122,1
10	142,7	151,1	137,9	136,8	143,7	158,9
15	150,3	164,1	153,6	150,7	154,9	181,9
20	155,2	173,2	165,2	161,2	162,7	198,9
25	158,9	180,2	174,5	169,8	168,6	212,4
30	161,8	185,9	182,1	177,0	173,5	223,6
50	169,3	201,8	204,3	198,9	186,9	255,8
100	178,7	223,3	235,7	232,3	205,1	301,5
500	197,8	272,9	314,1	331,5	247,5	414,8
chi 2	**111,8**	**67,5**	**41,5**	**36,2**	**56,6**	**69,0**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de LOG-PEARSON (Figura 60).

Figura 60. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación la Sierra



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

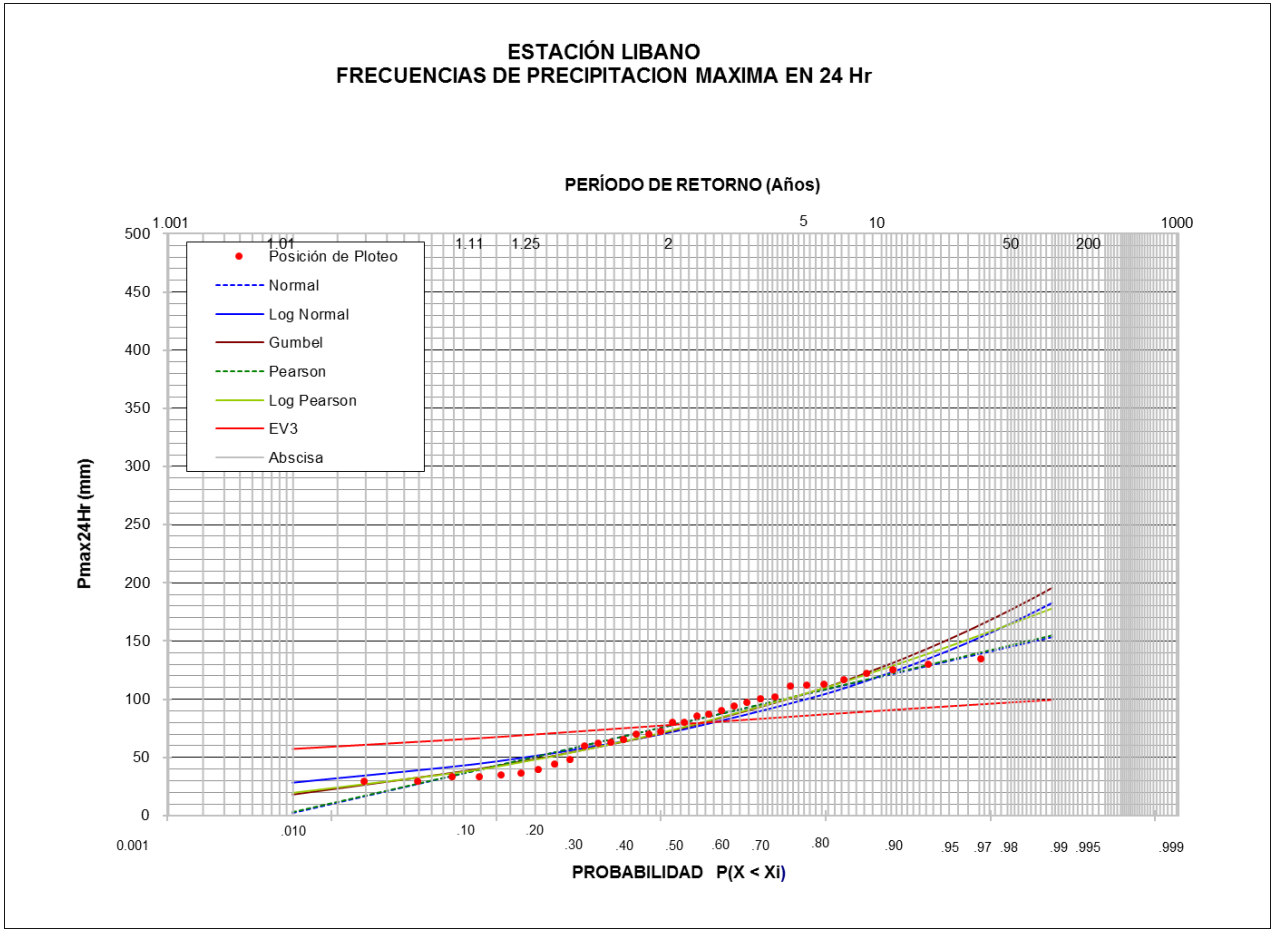
Tabla 36. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Líbano

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	78,0	73,0	77,8	73,6	72,0	78,0
5	105,4	105,9	105,3	106,0	100,9	86,1
10	119,7	127,6	119,9	125,7	120,3	90,2
15	126,9	139,9	127,1	136,1	131,4	92,2
20	131,6	148,5	131,9	143,1	139,2	93,5
25	135,0	155,1	135,4	148,3	145,2	94,5
30	137,7	160,5	138,2	152,5	150,1	95,2
50	144,9	175,5	145,5	163,7	163,9	97,1
100	153,7	195,7	154,6	178,0	182,8	99,5
500	171,7	242,5	173,2	207,9	228,0	104,1
chi 2	**25,7**	**23,6**	**24,5**	**18,1**	**36,8**	**238,4**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de LOG-PEARSON (Figura 61).

Figura 61. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Líbano



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

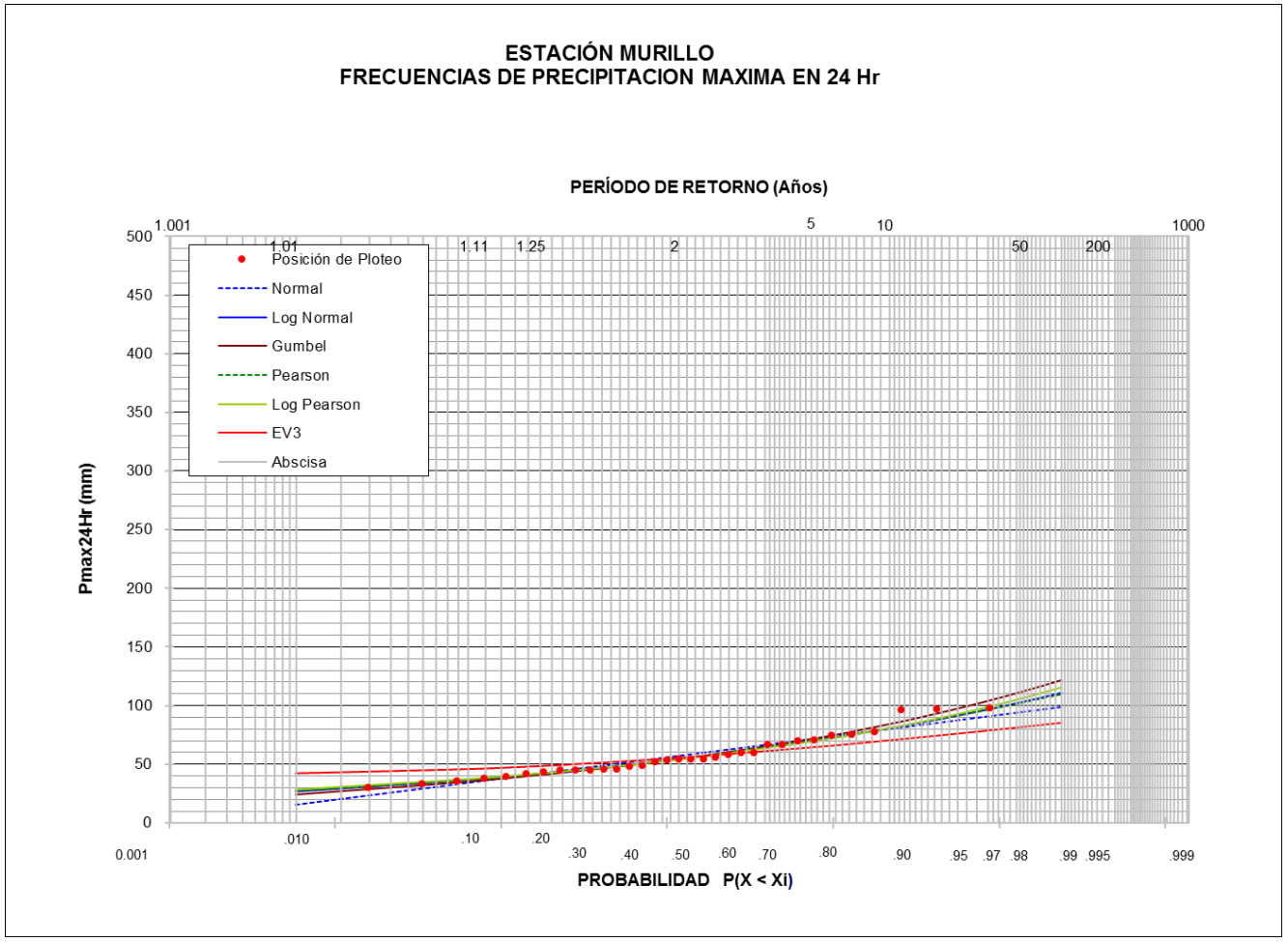
Tabla 37. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Murillo

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	57,1	54,4	54,5	54,0	54,5	55,5
5	72,1	72,4	70,8	70,1	70,5	64,9
10	80,0	84,4	81,0	80,8	80,6	70,5
15	83,9	91,1	86,4	87,0	86,2	73,4
20	86,5	95,8	90,2	91,3	90,1	75,4
25	88,4	99,4	93,1	94,6	93,1	76,9
30	89,9	102,4	95,3	97,4	95,5	78,1
50	93,8	110,6	101,6	105,0	102,1	81,3
100	98,7	121,8	109,8	115,6	111,0	85,4
500	108,5	147,4	128,1	141,2	131,3	94,0
chi 2	**12,0**	**3,6**	**4,5**	**4,4**	**4,6**	**42,8**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de GUMBEL (Figura 62).

Figura 62. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Murillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

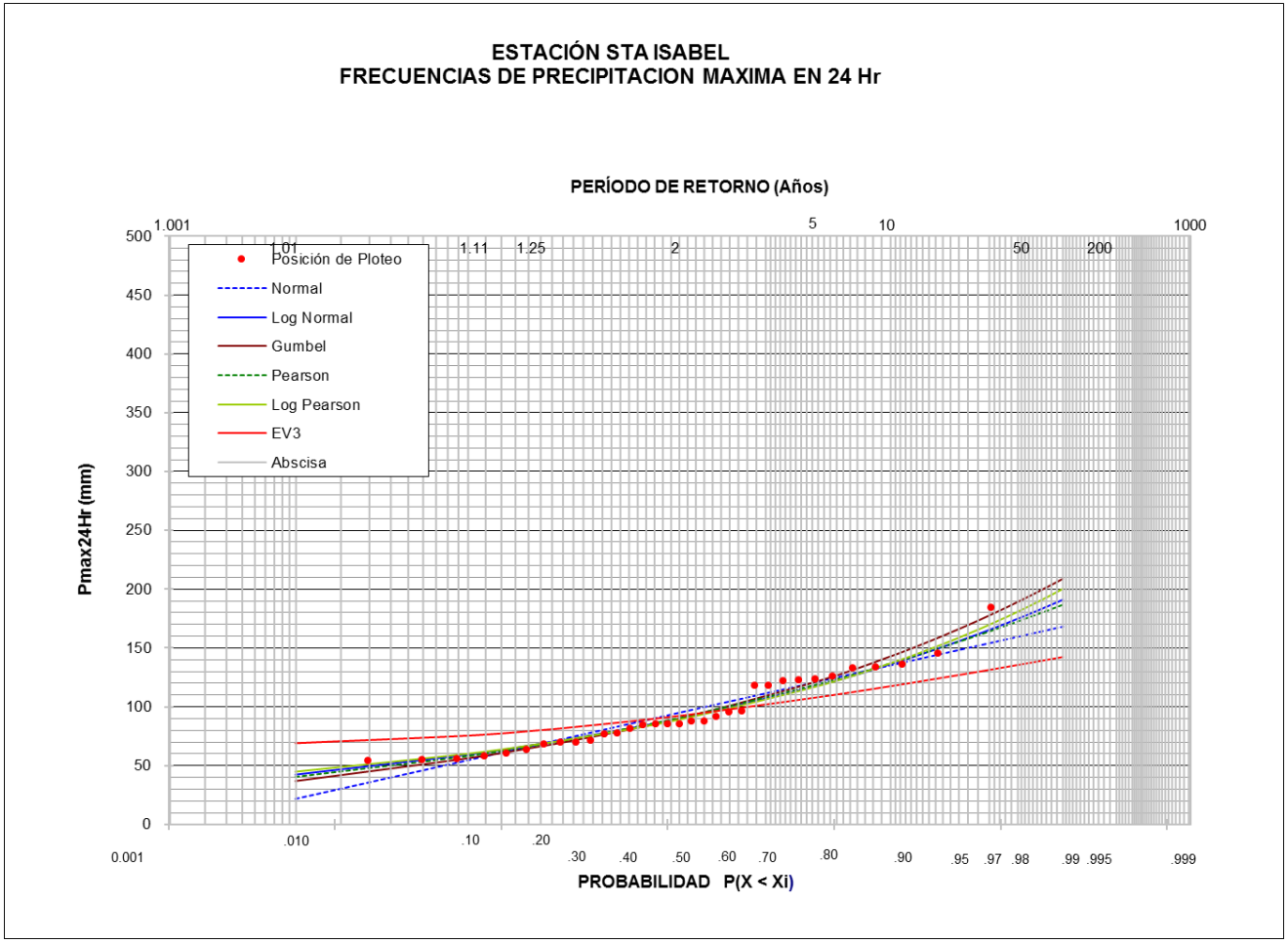
Tabla 38. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Sta. Isabel

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	94,9	90,1	90,7	89,2	90,1	92,4
5	121,4	121,9	119,3	117,8	118,2	108,2
10	135,3	142,9	136,9	137,1	136,3	117,6
15	142,2	154,8	146,4	148,2	146,4	122,6
20	146,7	163,1	152,9	156,0	153,3	125,9
25	150,1	169,6	157,8	162,0	158,7	128,4
30	152,7	174,8	161,8	167,0	163,0	130,3
50	159,6	189,3	172,6	181,0	175,0	135,6
100	168,2	208,9	186,7	200,3	191,1	142,4
500	185,6	254,2	217,8	247,4	228,4	156,5
chi 2	**28,8**	**10,3**	**11,3**	**10,8**	**11,4**	**86,8**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de GUMBEL (Figura 63).

Figura 63. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Sta. Isabel



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

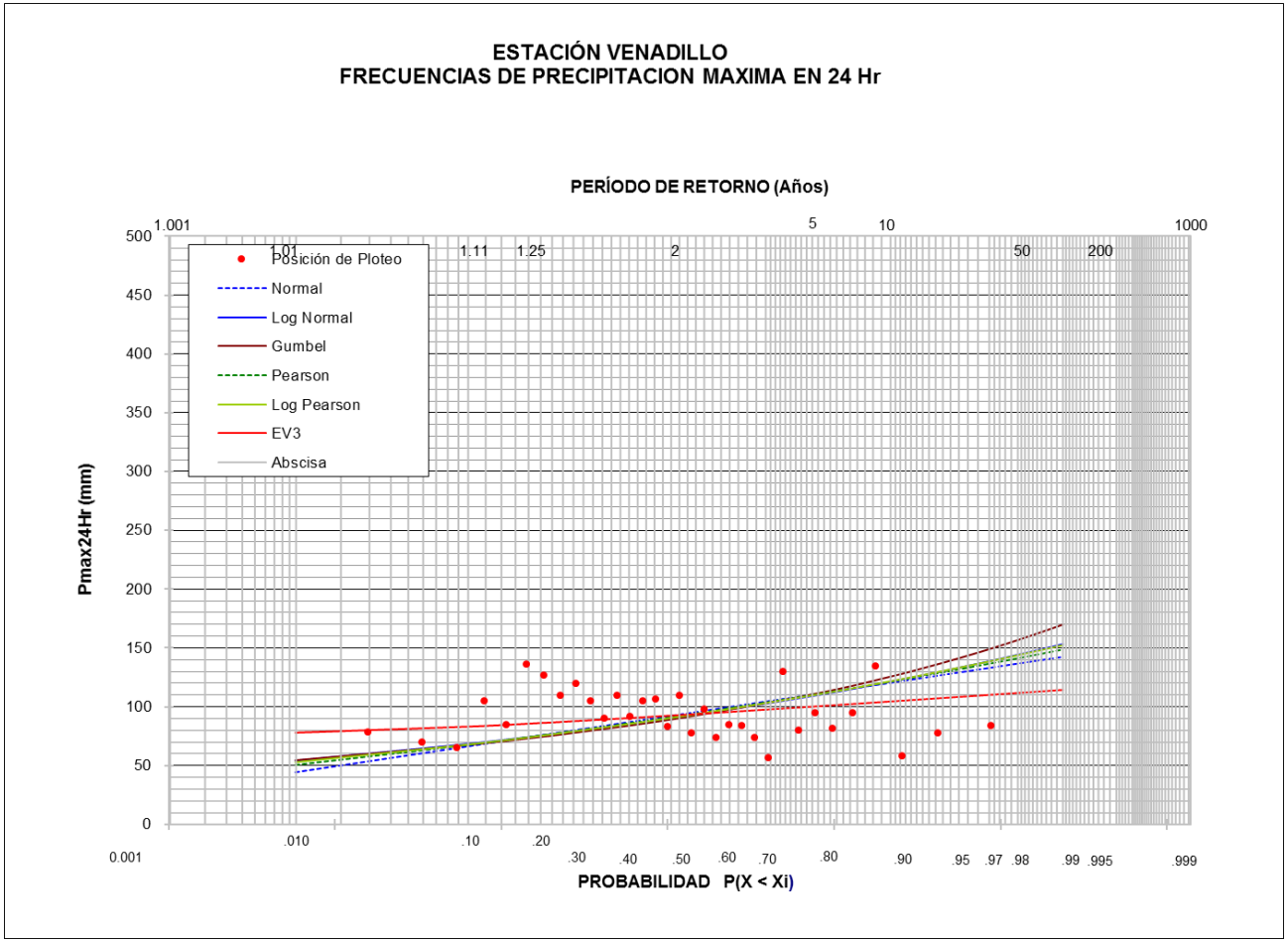
Tabla 39. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual para la estación Venadillo

Tr	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
años	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2	93,5	90,3	92,2	91,5	91,2	93,0
5	111,3	111,6	110,8	110,5	110,1	100,5
10	120,6	125,7	121,3	121,8	121,4	104,5
15	125,2	133,7	126,8	127,7	127,5	106,6
20	128,3	139,3	130,4	131,8	131,7	107,9
25	130,5	143,6	133,2	134,8	134,8	108,9
30	132,3	147,1	135,3	137,3	137,3	109,7
50	136,9	156,8	141,2	143,9	144,2	111,8
100	142,7	169,9	148,6	152,4	153,3	114,4
500	154,3	200,3	164,4	171,1	173,4	119,6
chi 2	**322,7**	**349,9**	**323,0**	**323,8**	**320,1**	**189,6**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para esta estación la distribución probabilística que mejor se ajusta según la prueba de ajuste es la de EV3 (Figura 64).

Figura 64. Gráfico de frecuencia de precipitación máxima en 24 horas estación Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

6.2 CURVA INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA, IDF

Las curvas Intensidad- Duración – Frecuencia (IDF) sintetizan el comportamiento pluvial de una zona, y su determinación es de vital importancia ya que en las zonas en las cuales no se dispone de registros de caudales, éstos se deben determinar mediante modelos hidrológicos lluvia-escorrentía. En estas curvas se puede conocer la intensidad máxima de precipitación que se espera tener durante cierta duración de lluvia, un evento que en promedio ocurriría cada cierto número de años.

En este estudio se dedujo las curvas de intensidad – duración – frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación media anual y la elevación de la estación, de acuerdo con la referencia bibliográfica: Vargas Rodrigo, Díaz-Granados Mario, “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia”, Universidad de Los andes, Bogotá D.C. La expresión resultante está dada por:

$$i = \frac{a \cdot T^b \cdot M^d}{(t/60)^c}$$

Dónde:

i: Intensidad de precipitación, (mm/h)
T: Periodo de retorno, años
M:Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual
t: Duració de lluvia, (min)
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión.

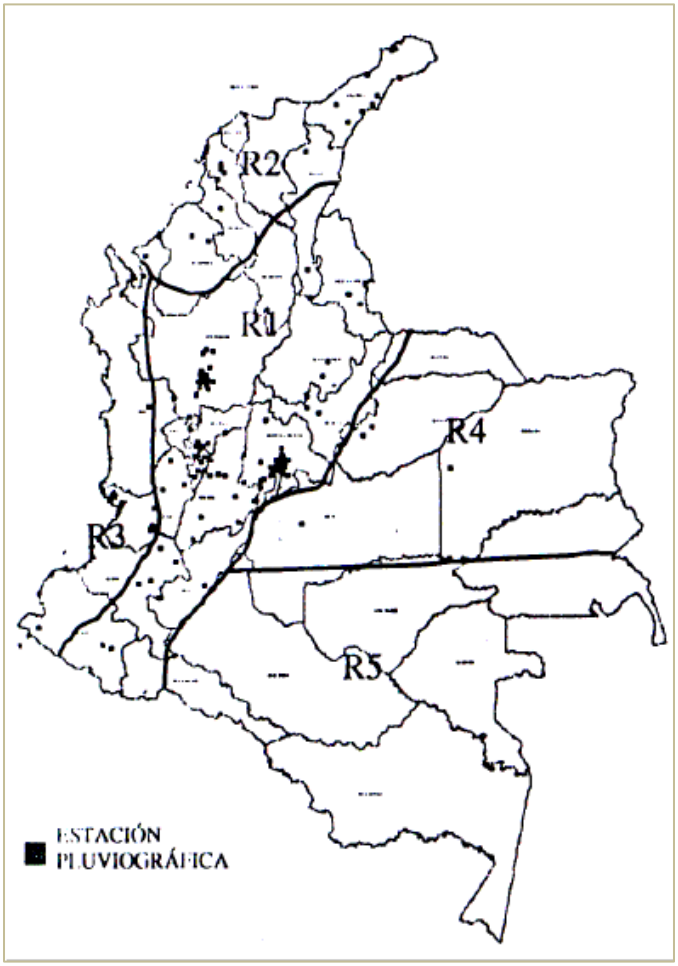
Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la Figura 65 y en la Tabla 40. Se presenta los valores correspondientes según la región.

Tabla 40. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas Intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

Región	a	b	c	d
Andina(R1)	0,94	0,18	0,66	0,83
Caribe (R2)	24,85	0,22	0,5	0,1
Pacifico (R3)	13,92	0,19	0,58	0,2
Orinoquía (R4)	5,53	0,17	0,63	0,42

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 65. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para la zona en estudio, la región en la cual se encentra es la Andina, de modo que los coeficientes de a, b, c y d son 0,94, 0,18, 0,66 y 0,66 respectivamente. A modo de ejemplo, para la estación La Resaca, se determinó la intensidad para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100 y 500 años. En la Tabla 41.

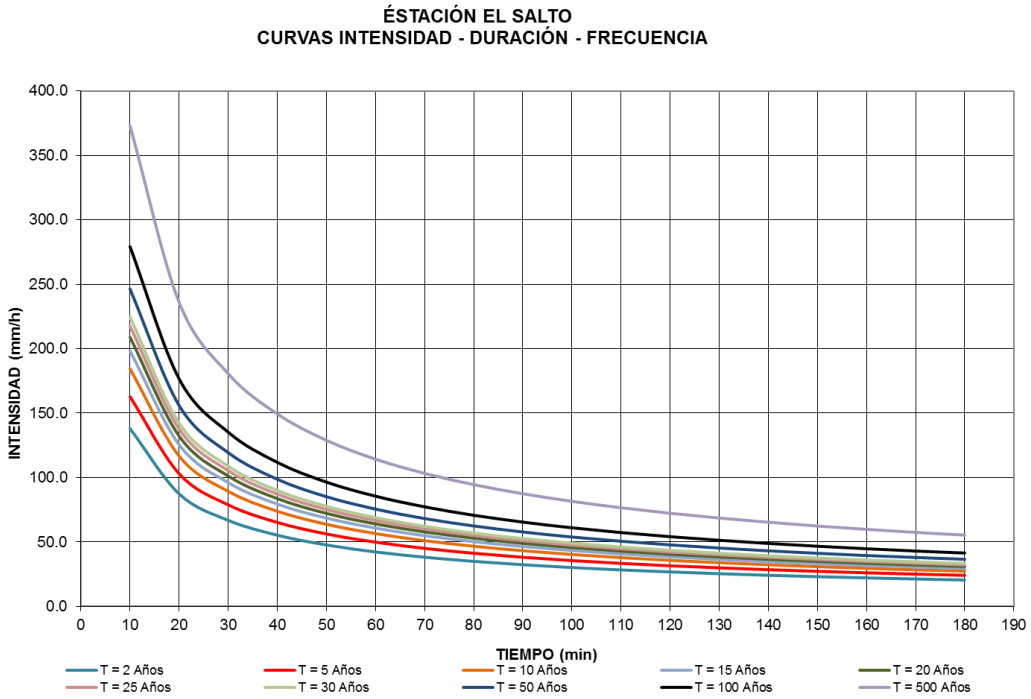
Tabla 41. Calculo de curvas IDF para diferentes periodos de retorno para la estación El Salto

Tiempo (min)	Periodo de Retorno (Años)									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
10	138,0	162,8	184,4	198,4	208,9	217,5	224,7	246,4	279,1	372,9
20	87,4	103,0	116,7	125,5	132,2	137,6	142,2	155,9	176,6	236,0
30	66,8	78,8	89,3	96,1	101,2	105,3	108,8	119,3	135,2	180,6
40	55,3	65,2	73,9	79,5	83,7	87,1	90,0	98,7	111,8	149,4
50	47,7	56,3	63,7	68,6	72,2	75,2	77,7	85,2	96,5	128,9
60	42,3	49,9	56,5	60,8	64,0	66,7	68,9	75,5	85,5	114,3
70	38,2	45,1	51,1	54,9	57,8	60,2	62,2	68,2	77,3	103,2
80	35,0	41,3	46,7	50,3	53,0	55,1	57,0	62,5	70,8	94,5
90	32,4	38,2	43,2	46,5	49,0	51,0	52,7	57,8	65,5	87,5
100	30,2	35,6	40,3	43,4	45,7	47,6	49,2	53,9	61,1	81,6
110	28,4	33,4	37,9	40,8	42,9	44,7	46,2	50,6	57,3	76,6
120	26,8	31,6	35,8	38,5	40,5	42,2	43,6	47,8	54,1	72,3
130	25,4	29,9	33,9	36,5	38,4	40,0	41,3	45,3	51,4	68,6
140	24,2	28,5	32,3	34,8	36,6	38,1	39,4	43,2	48,9	65,3
150	23,1	27,3	30,9	33,2	35,0	36,4	37,6	41,2	46,7	62,4
160	22,1	26,1	29,6	31,8	33,5	34,9	36,1	39,5	44,8	59,8
170	21,3	25,1	28,4	30,6	32,2	33,5	34,6	38,0	43,0	57,5
180	20,5	24,2	27,4	29,4	31,0	32,3	33,4	36,6	41,4	55,3

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

De manera que lo anterior, se puede representar gráficamente en la Figura 66, en donde se presenta la curva de intensidad-duración-frecuencia para cada periodo de retorno ya anteriormente mencionado.

Figura 66. Curva intensidad- duración – frecuencia para la estación El Salto



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para las demás estaciones, las curvas de duración frecuencia se encuentran en el Anexo 5. EVENTOS EXTREMOS, en el cual se adjunta las tablas de los cálculos para cada una de las estaciones seleccionadas, junto con las curvas IDF.

7 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es una herramienta hidrológica para el cálculo de caudales cuando no se cuenta con ellos. El balance parte de la precipitación, el agua que se infiltra en el suelo, la humedad de éste y la evapotranspiración. Contabiliza el agua que se infiltra, la que se convierte en escorrentía superficial, la que percola y la que se convierte en escorrentía subterránea. Todas las escorrentías se resumen en una sola, la escorrentía total, la cual se traduce en el caudal de la corriente.

7.1 PRECIPITACIÓN EFECTIVA O INFILTRACIÓN

Precipitación es, en general, el término que se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera, y depositadas en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada. Para estimar los aportes por precipitación para la zona de proyecto se tomaron los registros de las estaciones analizadas en anteriores numerales.

Se considera para este caso la precipitación efectiva como la precipitación que se infiltra en el suelo. Para el cálculo de la precipitación efectiva se aplica la siguiente fórmula (Monsalve G, 1995):

$$P_e = 0{,}80P_T - 25 \quad si\ P_T > 75\ mm$$
$$P_e = 0{,}60P_T - 10 \quad si\ P_T < 75\ mm$$

Donde:
Pe: Precipitación efectiva, en mm.
Pt: Precipitación total, en mm.

A partir de las isolíneas de precipitación, se calculó el valor de la infiltración en el suelo en la cuenca correspondiente.

7.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Este parámetro se define como la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado e indefinido abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Para la determinación de este fenómeno se ejecutan usualmente estudios en dos sentidos: elaboración de fórmulas teórico-empíricas (métodos de estimación) y elaboración de aparatos y métodos de medida (métodos de medida).

La evapotranspiración potencial de cualquier cultivo se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$ET\ (cultivo) = k_c * ET_0$$

En donde:

ET (cultivo): evapotranspiración potencial de un cultivo cualquiera, (mm/día)
ET_0: evapotranspiración potencial del cultivo de referencia, (mm/día)
K_c: coeficiente de cultivo

La ET (cultivo) se refiere a la evapotranspiración potencial de un cultivo sin enfermedades que crece en un suelo fértil y con suficiente cantidad de agua para dar una producción plena. El valor del coeficiente de cultivo K_c varía de acuerdo al propio cultivo y al periodo vegetativo; para el caso que se analiza este coeficiente se toma como el promedio de los cuatro periodos vegetativos con el fin de obtener un K_c para todo el año.

En la Tabla 42 se presentan los coeficientes de cultivo de acuerdo con: J.L Fuentes y Yagüe – J. Cruz Roche, Curso Elemental de Riego. S.F. sin fecha, y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA (México D.F), Estimación de Las Demandas de Consumo de Agua. S.F. sin fecha.

Tabla 42. Coeficiente de Cultivo (Kc)

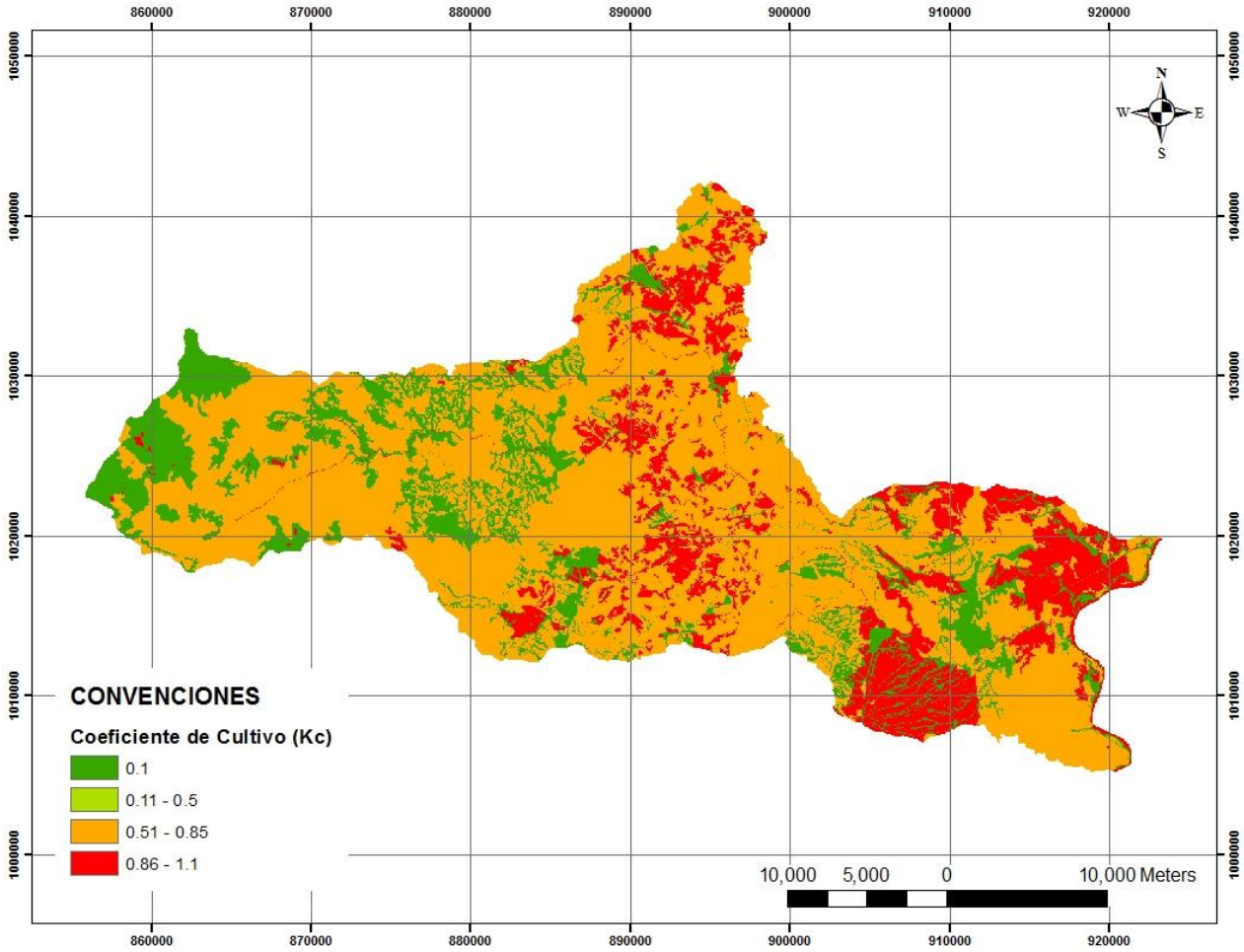
CULTIVO	PERÍODO DE CRECIMIENTO	COEFICIENTE GLOBAL kg
Aguacate	Todo el año	0.50 a 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre heladas	0.80 a 0.85
Alfalfa	En invierno	0.60
Algodón	6 a 7 meses	0.60 a 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00 a 1.20
Cacahuate	5 meses	0.60 a 0.65
Cacao	Todo el año	0.75 a 0.80
Café	Todo el año	0.75 a 0.80
Camote	5 meses	0.60
Caña de azúcar	Todo el año	0.75 a 0.80
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 a 0.65
Cereales grano pequeño	3 a 6 meses	0.75 a 0.85
Cítricos	7 meses	0.50 a 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárrago	6 meses	0.60
Fresa	Todo el año	0.45 a 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 a 0.70
Frutales de hoja caduca	Entre heladas	0.60 a 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 a 0.70
Girasol	4 meses	0.50 a 0.65
Gladiola	3 a 4 meses	0.6
Haba	4 a 5 meses	0.60 a 0.70
Hortalizas	2 a 4 meses	0.6
Jitomate	4 meses	0.7

CULTIVO	PERÍODO DE CRECIMIENTO	COEFICIENTE GLOBAL kg
Lechuga y Col	3 meses	0.7
Lenteja	4 meses	0.60 a 0.70
Lino	7 a 8 meses	0.70 a 0.80
Maíz	4 a 7 meses	0.75 a 0.85
Mango	Todo el año	0.75 a 0.80
Melón	1 a 4 meses	0.6
Nogal	Entre heladas	0.7
Papa	3 a 5 meses	0.65 a 0.75
Palma datilera	Todo el año	0.65 a 0.80
Palma cocotera	Todo el año	0.80 a .090
Papaya	Todo el año	0.60 a 0.80
Plátano	Todo el año	0.80 a 1.00
Pastos de gramíneas	Todo el año	0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sorgo	3 a 4 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60 a 0.70
Tomate	4 a 5 meses	0.70

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

De acuerdo con lo anterior y con el mapa de coberturas, se realizó un mapa de coeficiente de cultivo K_c, el cual se presenta en la Figura 67:

Figura 67. Coeficiente de Cultivo (K_c)



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Posteriormente se realizó el cálculo de la evapotranspiración potencial del cultivo de referencia Para este caso se utilizó el método de estimación de Thorntwaite, el cual consiste en la correlación de datos de evapotranspiración potencial medida en evapotranspirómetros localizados en hoyas hidrológicas, con datos de temperatura media mensual y longitud del día. Existen muchas otras metodologías para el cálculo de la evapotranspiración potencial (Penman, Blaney y Criddle, Turc, Christiansen, Hargreaves, etc.), pero todas requieren para su cálculo parámetros climatológicos tales como humedad relativa, horas de brillo solar, velocidad del viento, brillo solar, etc.; estos parámetros no están disponibles espacialmente para el área de estudio, y menos pueden ser extrapolados a diferentes puntos de las hoyas hidrográficas. Por lo tanto, se ha seleccionado la ecuación de Thorntwaite pues ésta solamente depende de la temperatura y de la latitud y época del año; el parámetro temperatura está disponible espacialmente para el área de interés a nivel anual multianual, y hay una marcada correlación entre la temperatura media del aire con la altitud, luego este parámetro se puede calcular para cualquier sitio de la hoya.

En el método de Thorntwaite, para un mes de 30 días e insolación diaria de 12 horas, se observa en las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) de Monsalve G. “Hidrología en la Ingeniería”1.995, que:

$$(1)\quad Ej = [(10tj / I)\ a] * 1,6$$

En donde:

Ej: Evapotranspiración potencial mensual del mes j, no ajustada (cm).
tj: Temperatura media mensual del mes j, (°C).
I: Índice de calor

$$(2)\quad a = 0,675 \times 10^{-6} I^3 - 0,771 \times 10^{-4} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0,49$$

Y el índice de calor es igual a:

$$(3)\quad I = \sum ij$$

$$(4)\quad ij = (tj/5)1,514, \text{ para los meses de enero a diciembre}$$

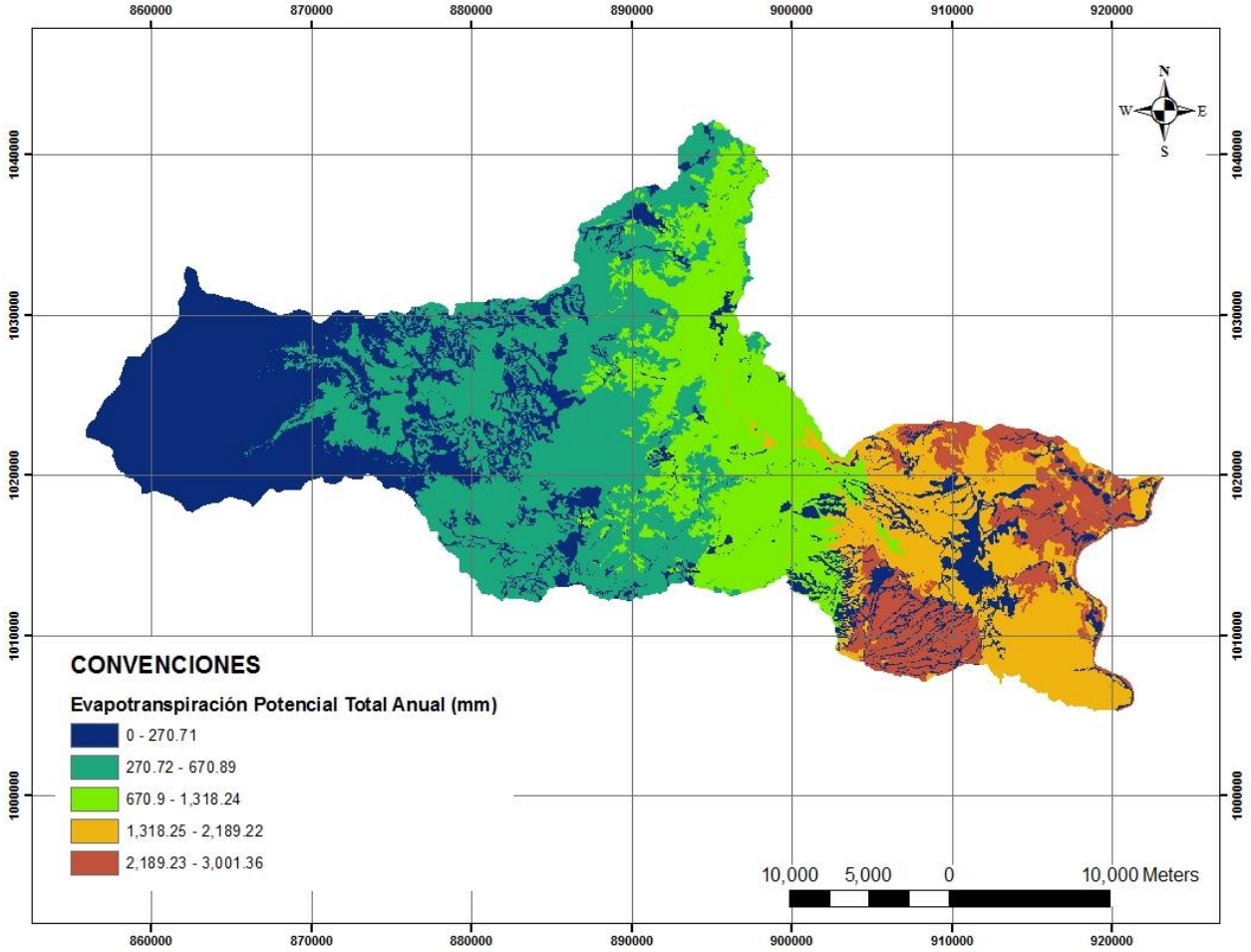
Los valores obtenidos de Ej deben ser ajustados a la longitud del día y al número de días en el mes. Debido a dicho ajuste, los valores de Ej obtenidos deben ser multiplicados por el factor de corrección, el cual depende de la latitud y el mes.

Una vez obtenidos los mapas a nivel mensual para toda el área de las hoyas, de los valores de evapotranspiración mensual, estos fueron multiplicados por el mapa de coeficiente de cultivo K_c, obteniendo así la evapotranspiración potencial a nivel mensual para la zona de estudio.

Los mapas de evapotranspiración potencial a nivel promedio mensual para todos los meses del año para la zona en estudio se presentan en el Plano No. 6.

En la Figura 68 se presenta la evapotranspiración potencial total anual en la zona de estudio, en la cual se observa que en la parte oriental, por ser la parte más baja y con mayor temperatura, se presentan los valores más altos de evapotranspiración potencial, los cuales están en el orden de 2.189 a 3.000 mm.

Figura 68. Isolíneas de evapotranspiración potencial total anual para la cuenca del río Recio y río Venadillo



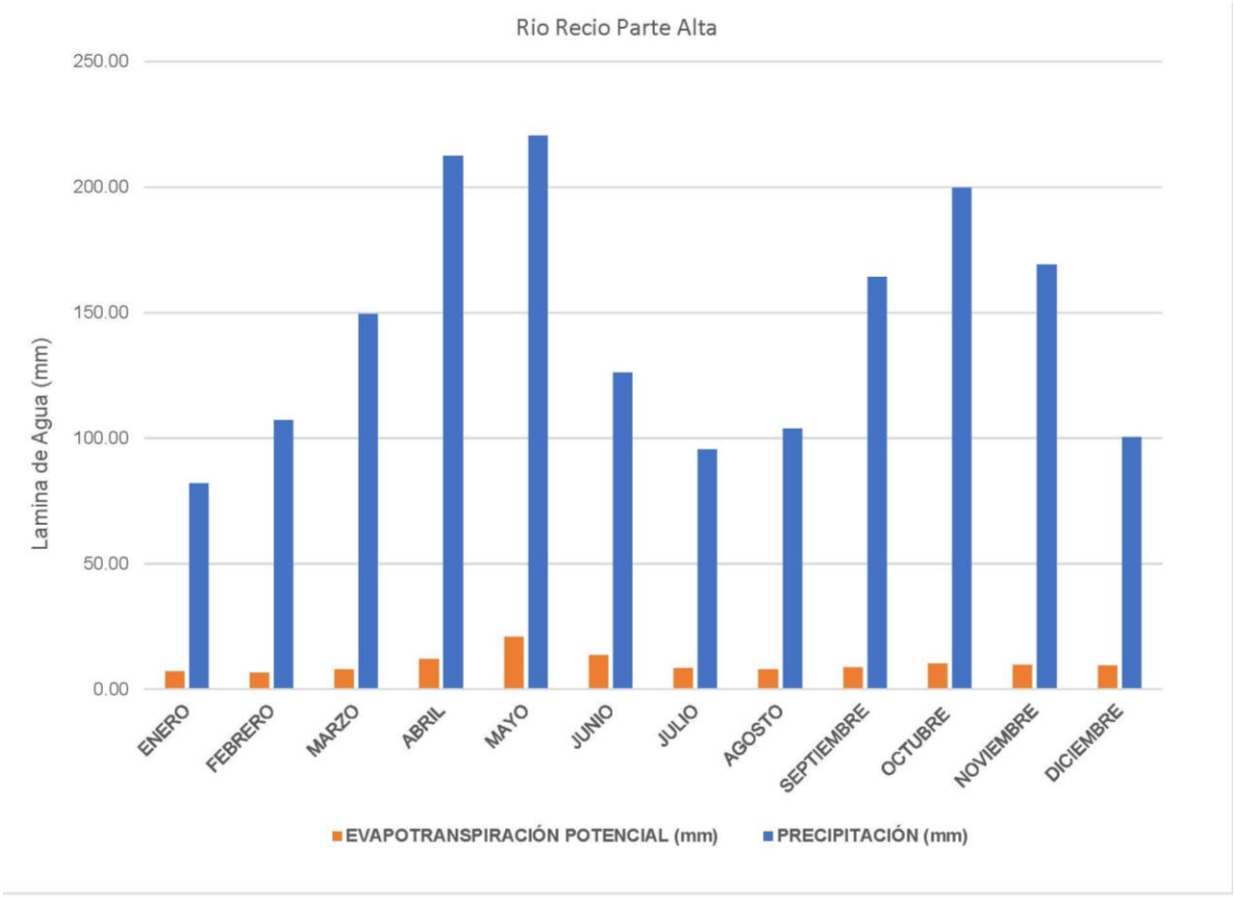
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

7.3 EXCEDENTE Y DÉFICIT PARA LAS SUBCUENCAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Con el fin de evidenciar cual es el excedente y el déficit de agua que presenta cada una de las subcuencas a nivel mensual, se realizó un gráfico de barras con la precipitación media y con la evapotranspiración potencial, en el cual se considera excedente a la diferencia que hay entre la precipitación con la evapotranspiración potencial cuando esta última es menor; el caso contrario se le conoce como déficit.

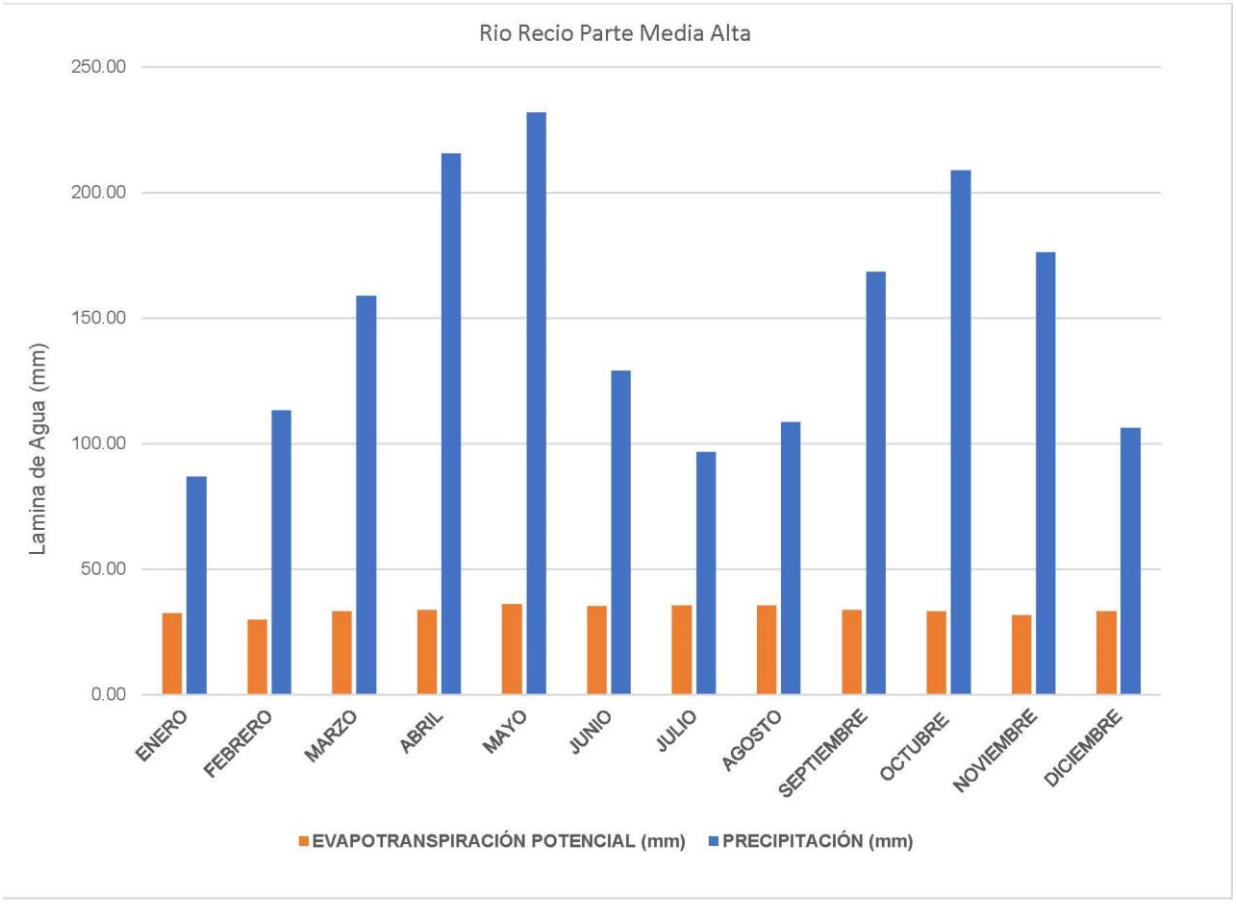
A continuación, desde la Figura 69 hasta la Figura 139 se presentan los gráficos para cada una de las subcuencas en la zona de estudio.

Figura 69. gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Alta



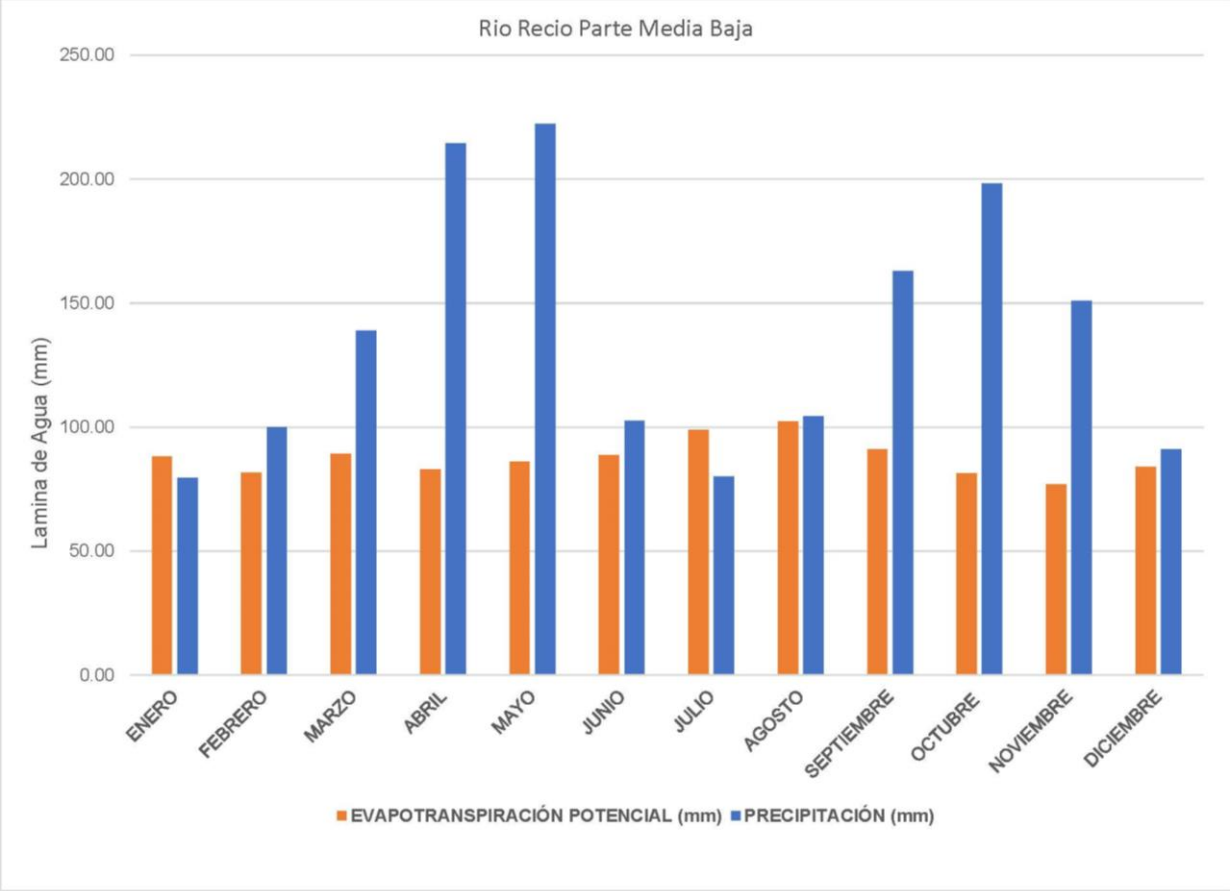
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 70. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Media Alta



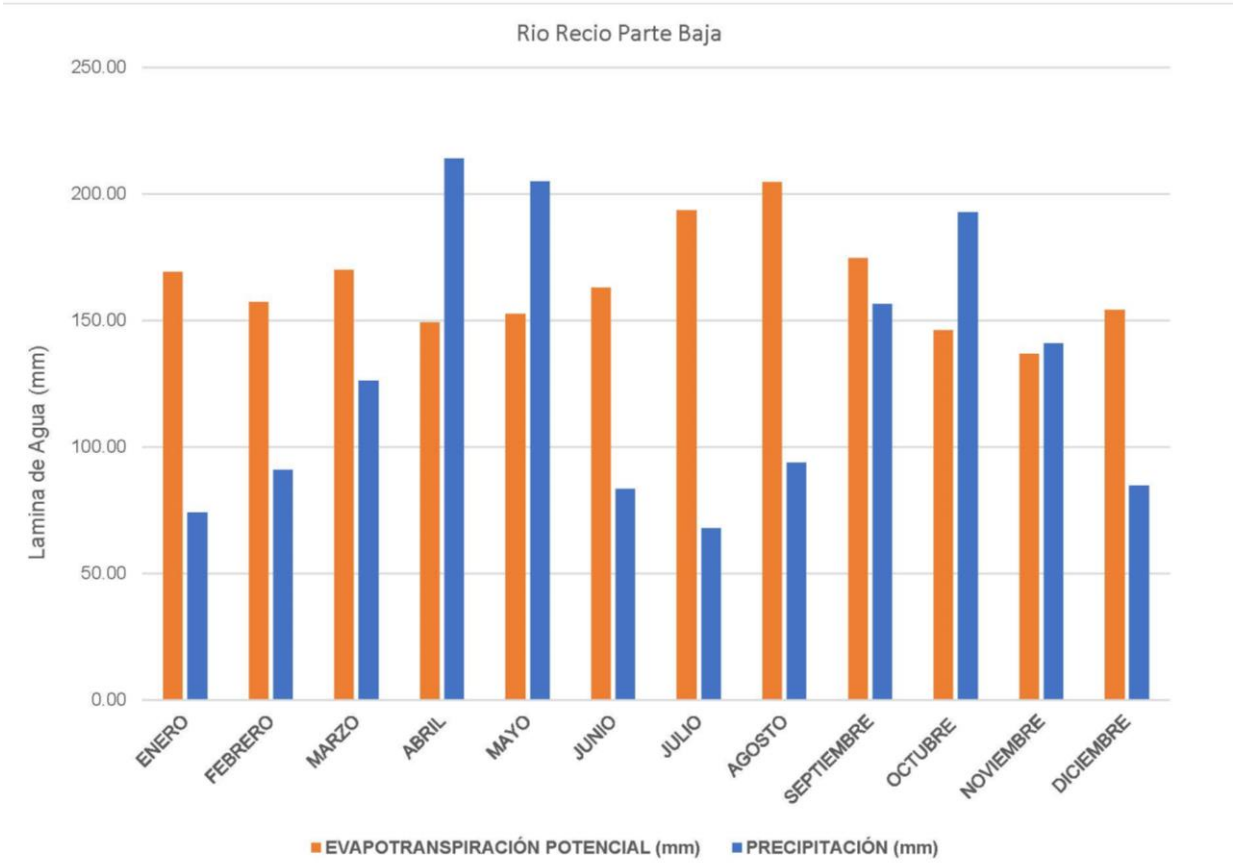
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 71. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Media Baja



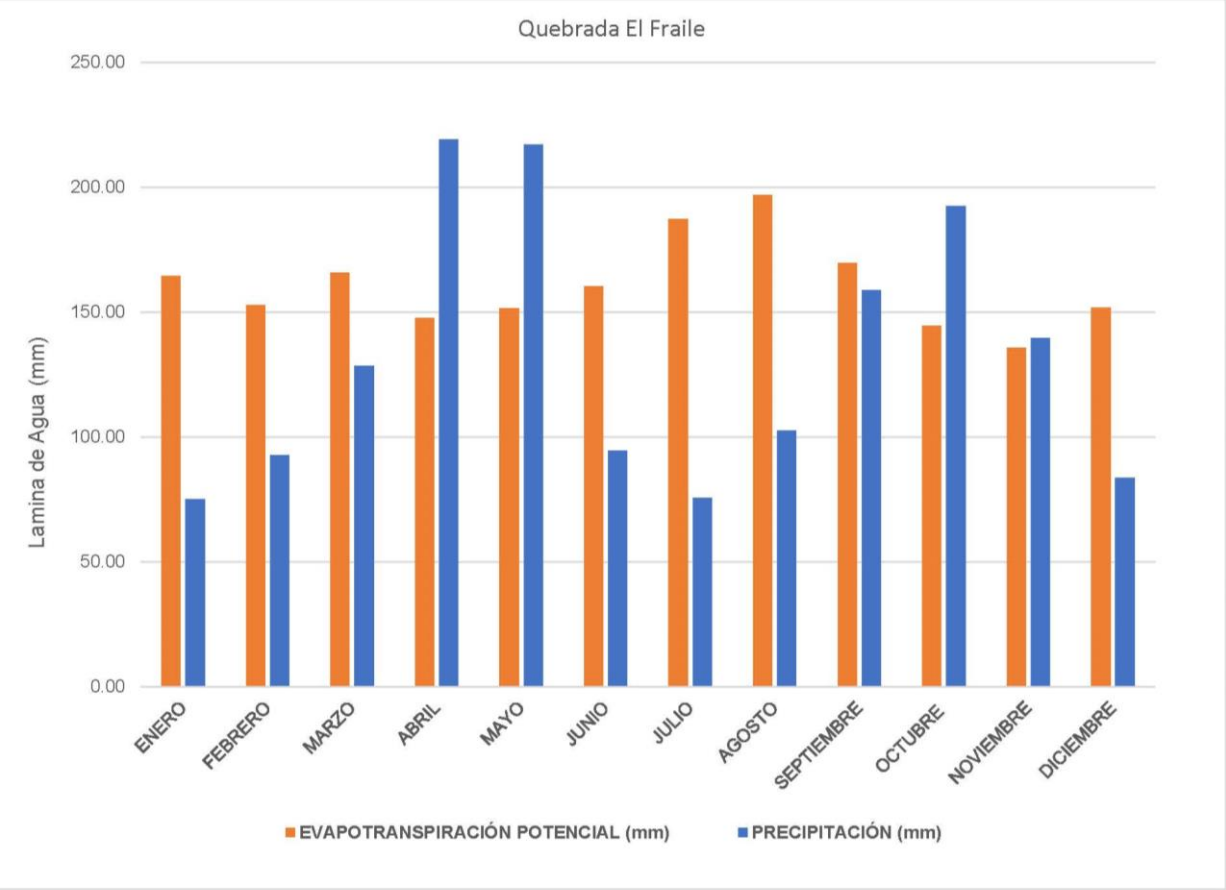
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 72. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Recio Parte Baja



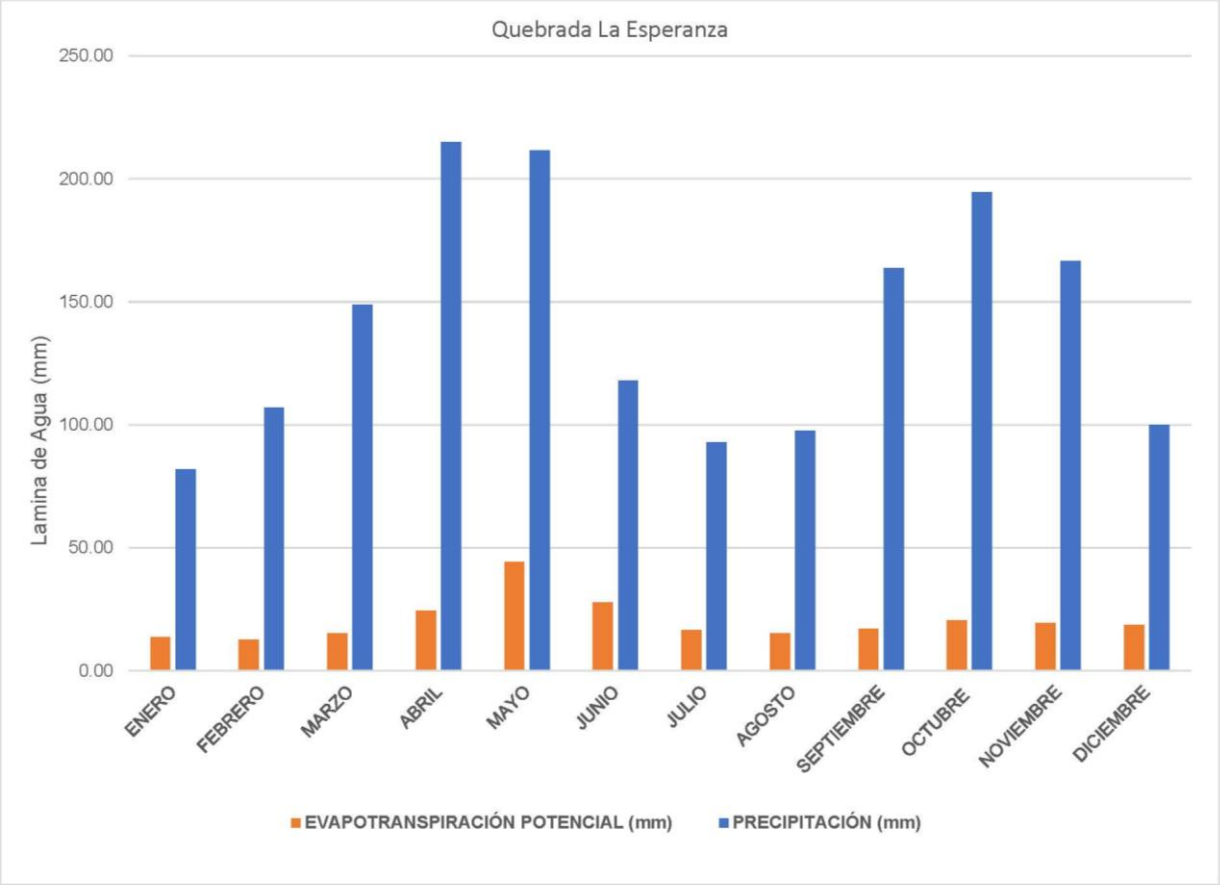
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 73. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada El Fraile



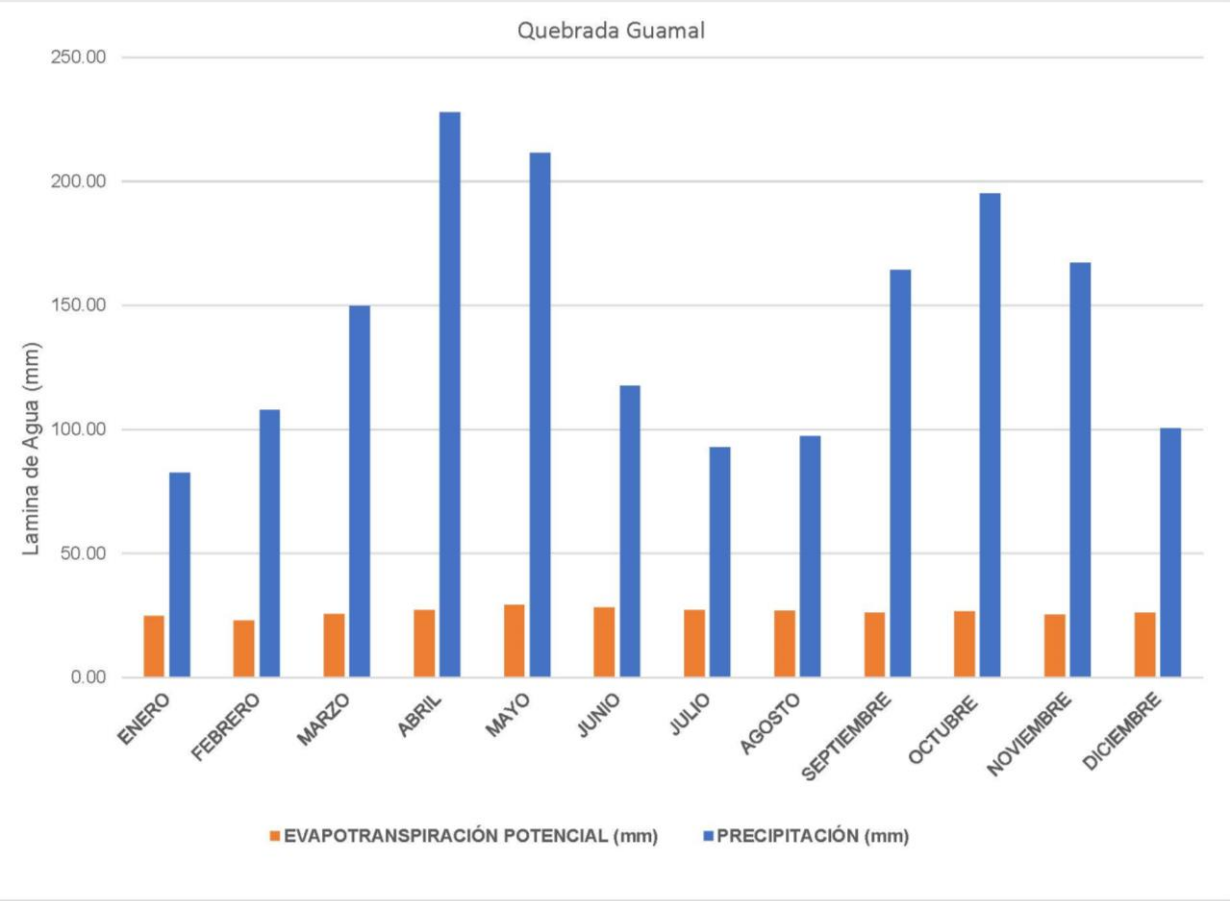
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 74. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Esperanza



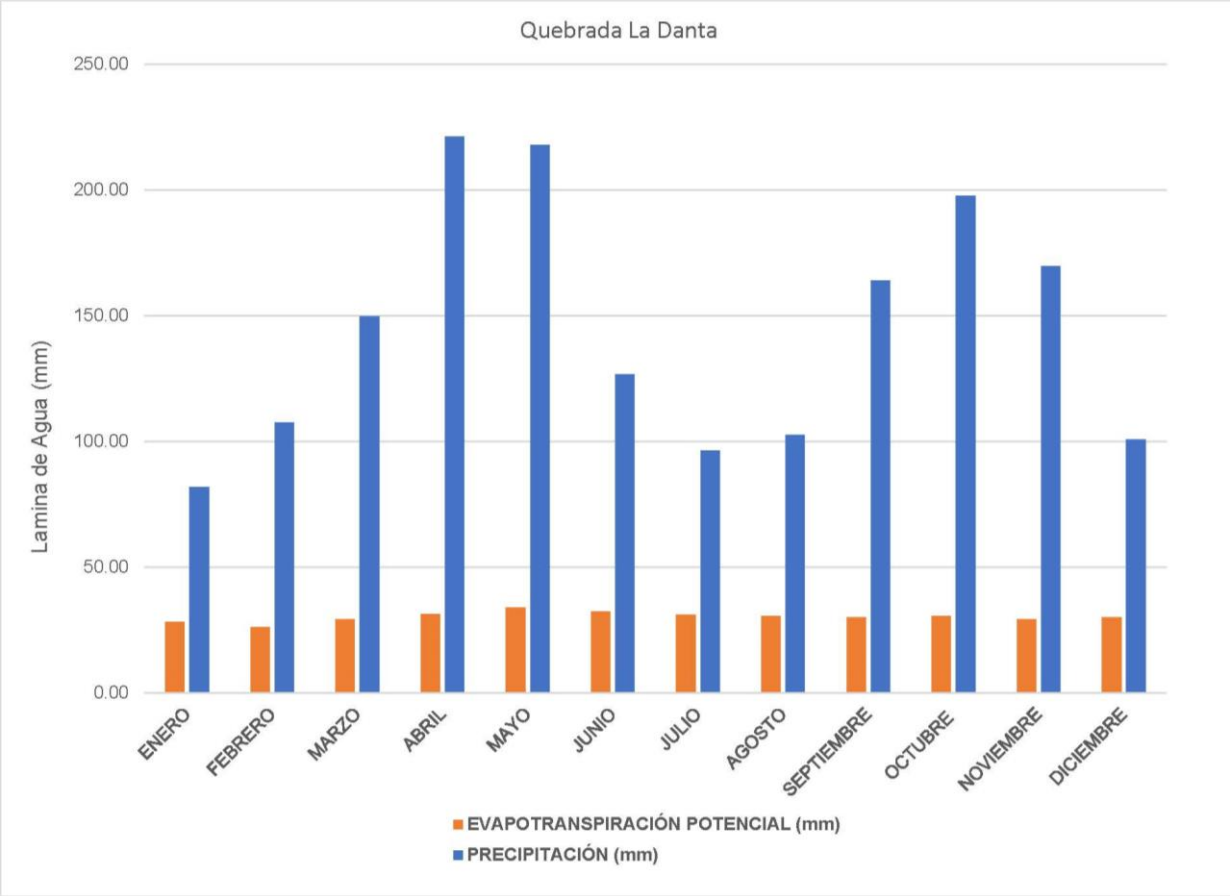
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 75. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Guamal



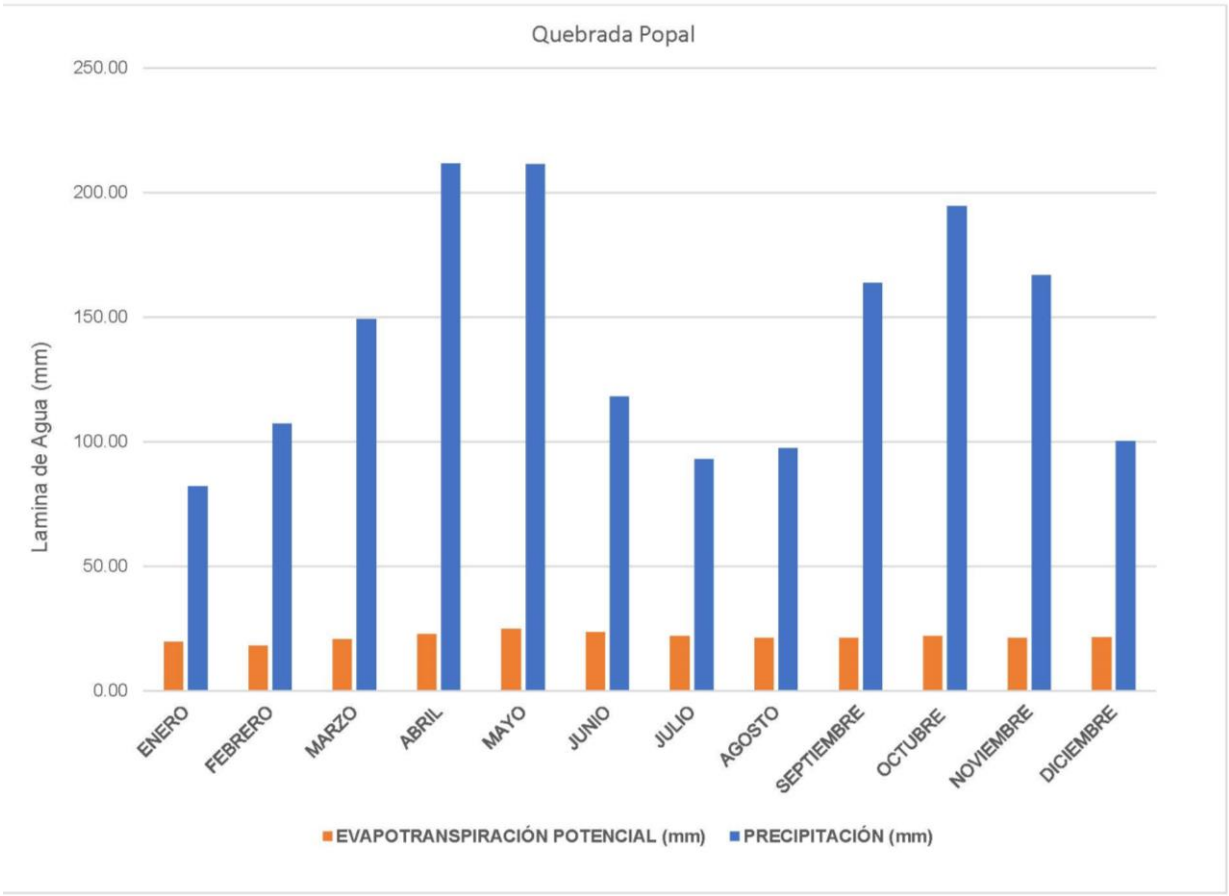
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 76. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Danta



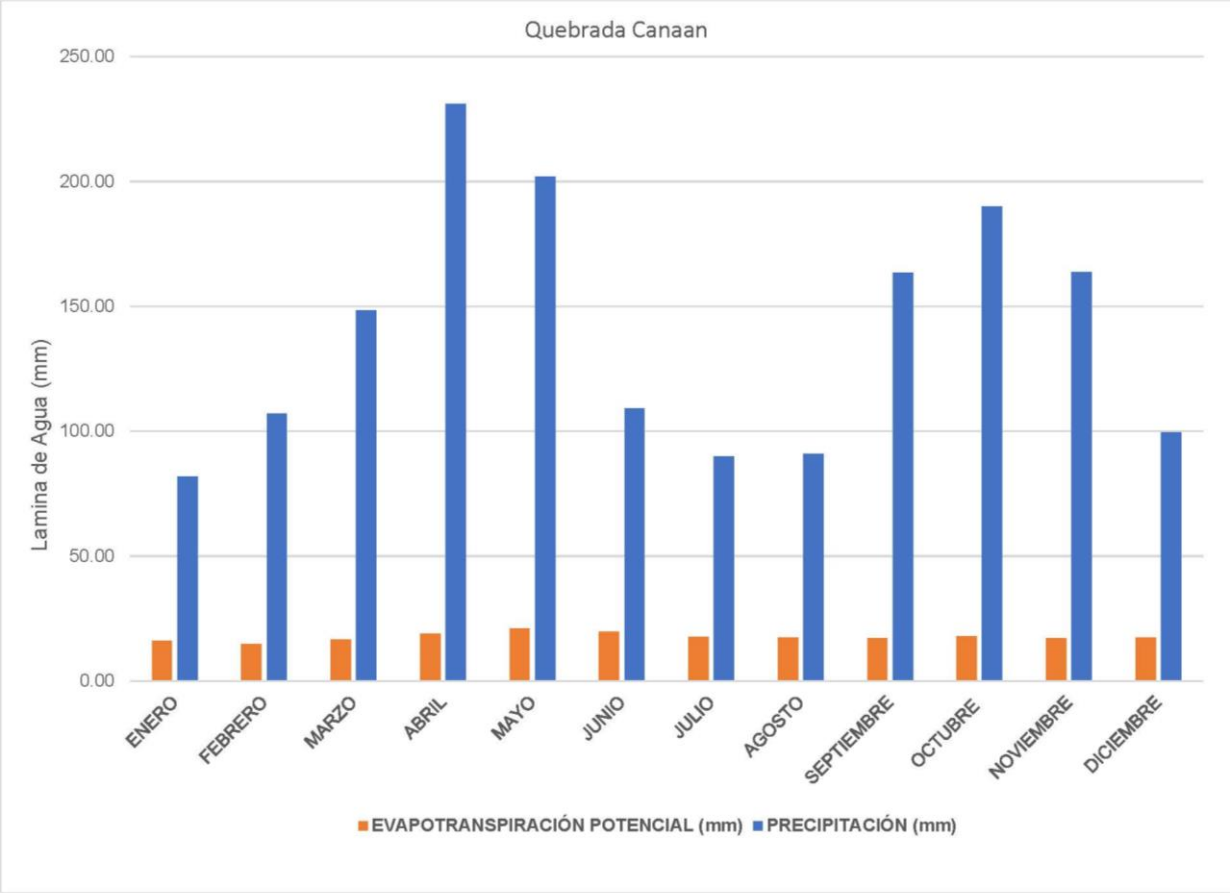
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 77. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Popal



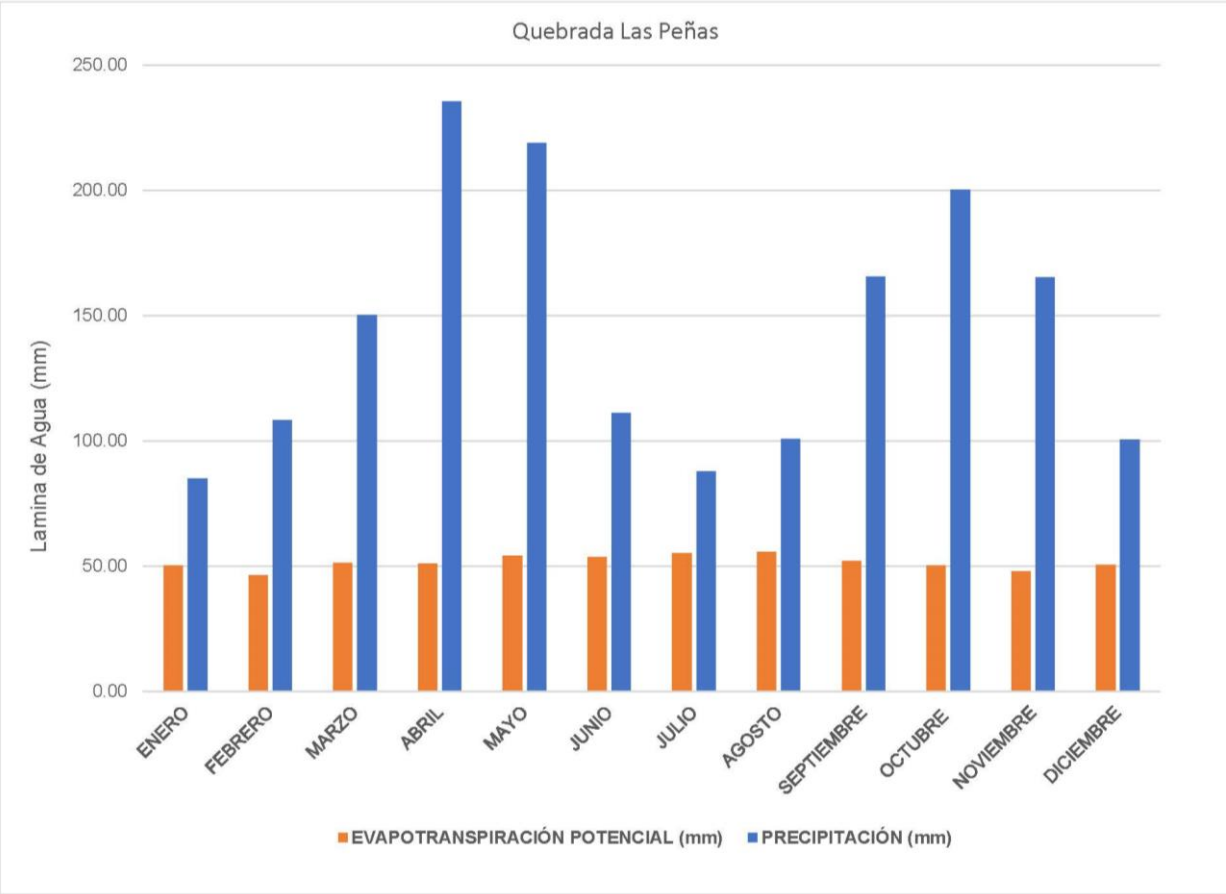
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 78. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Canaán



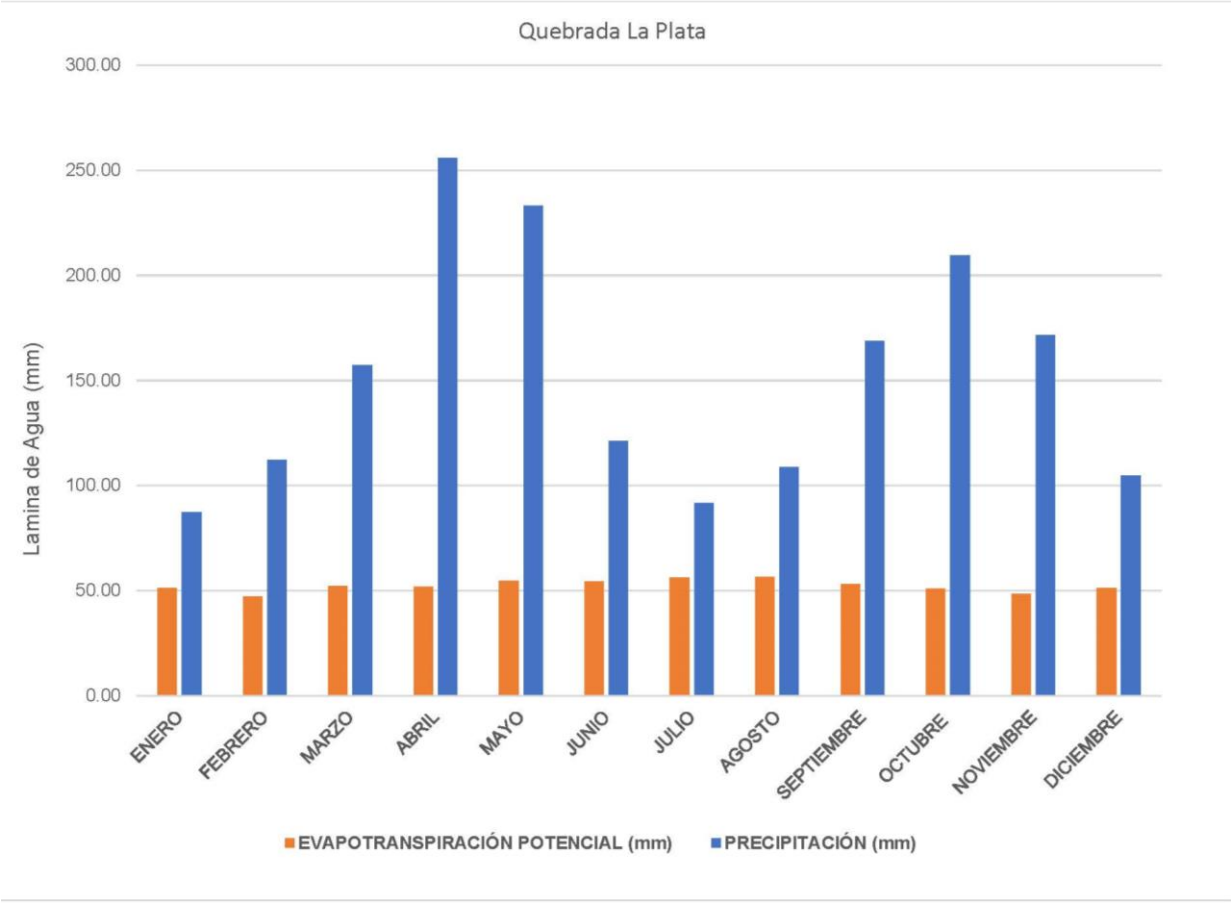
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 79. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Peñas



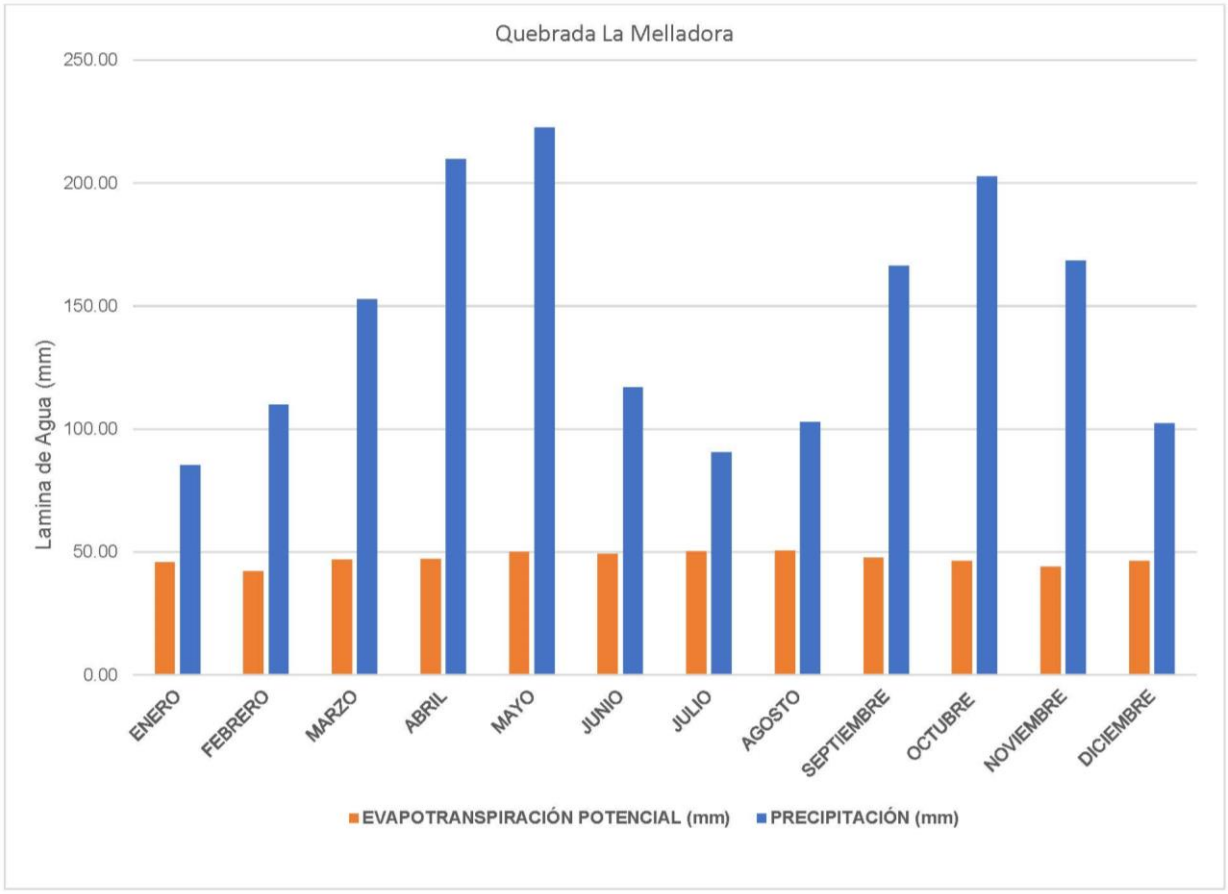
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 80. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Plata



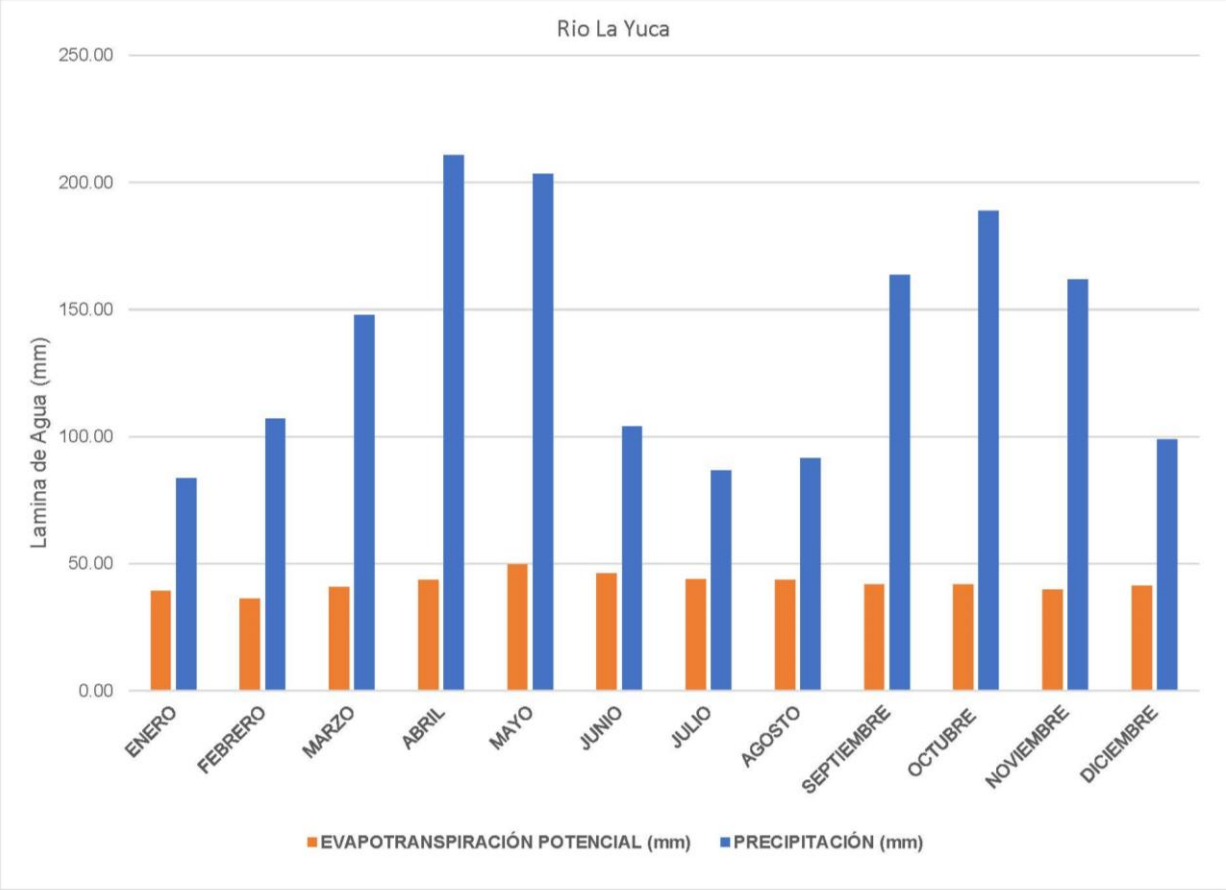
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 81. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Melladora



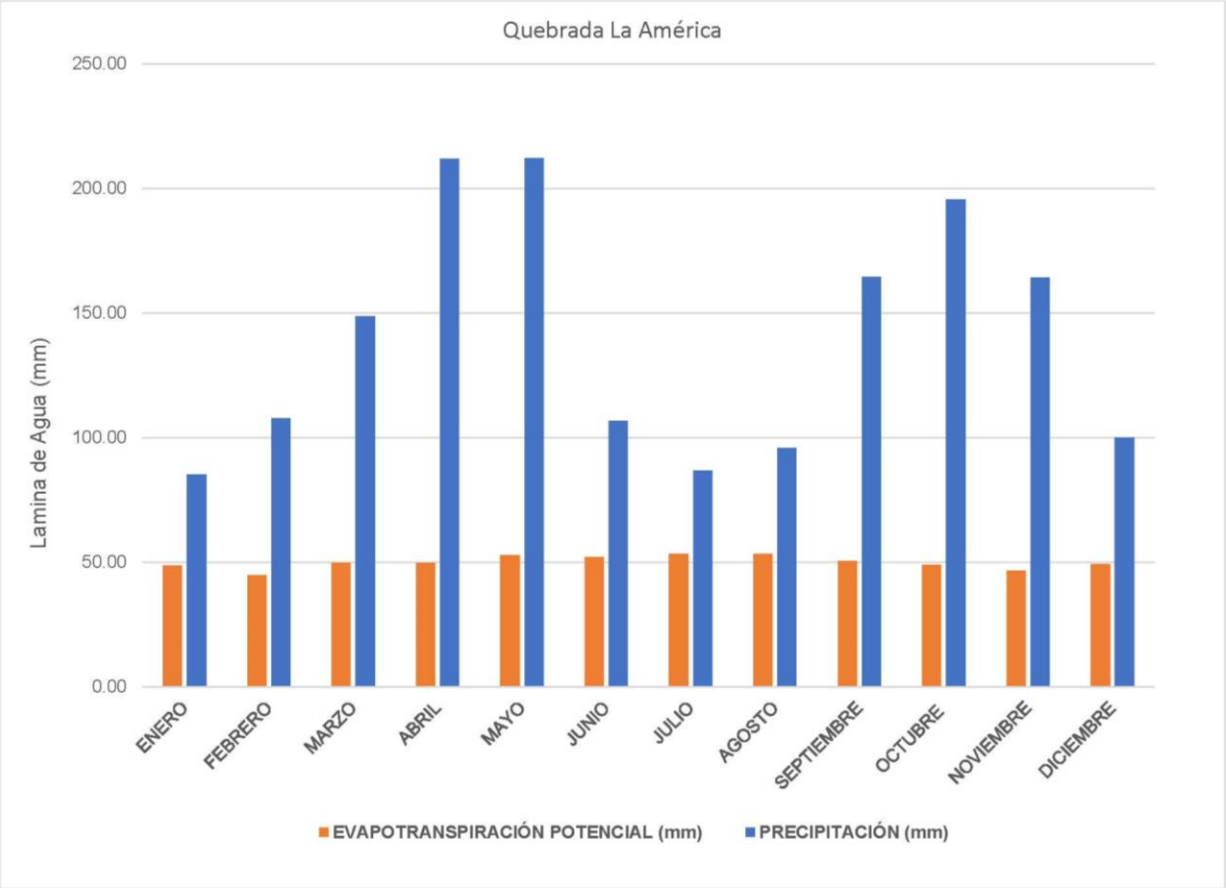
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 82. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río la Yuca



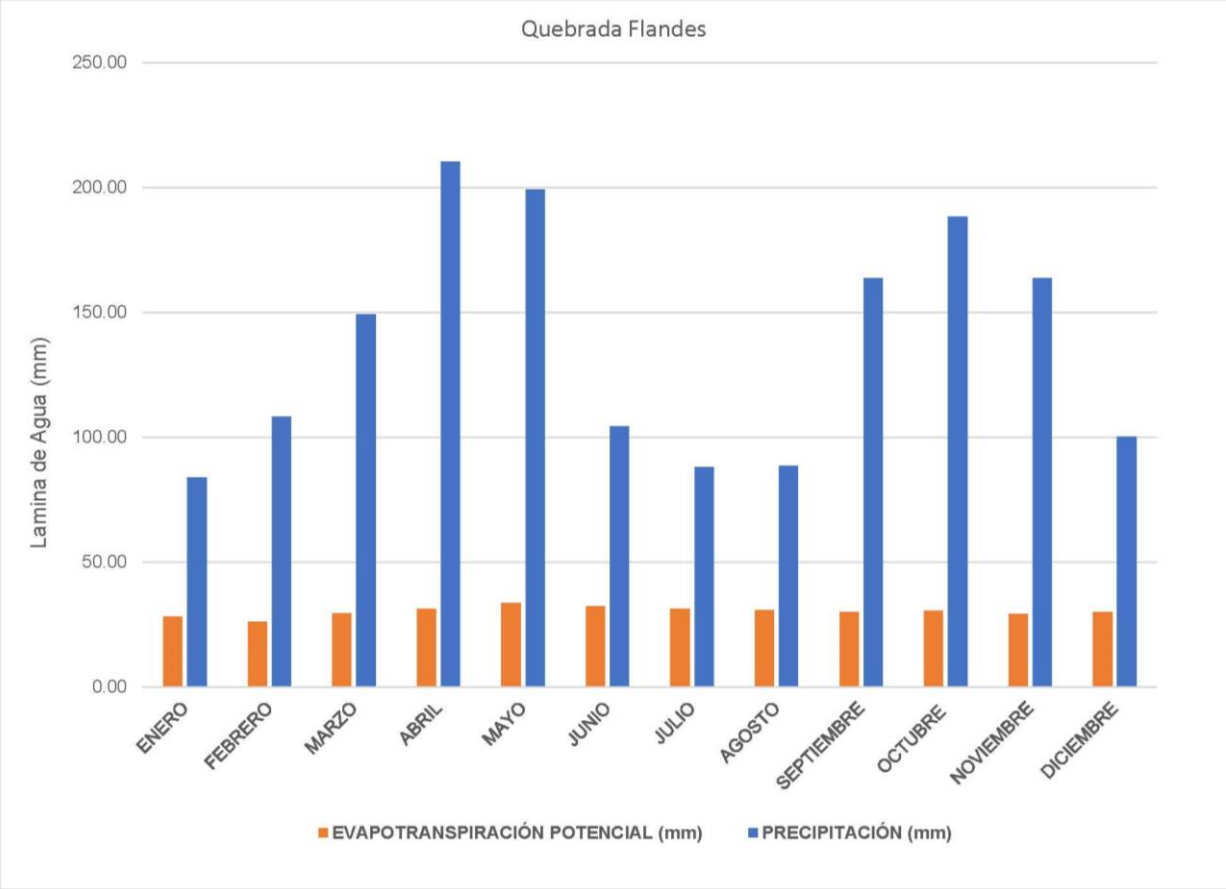
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 83. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la América



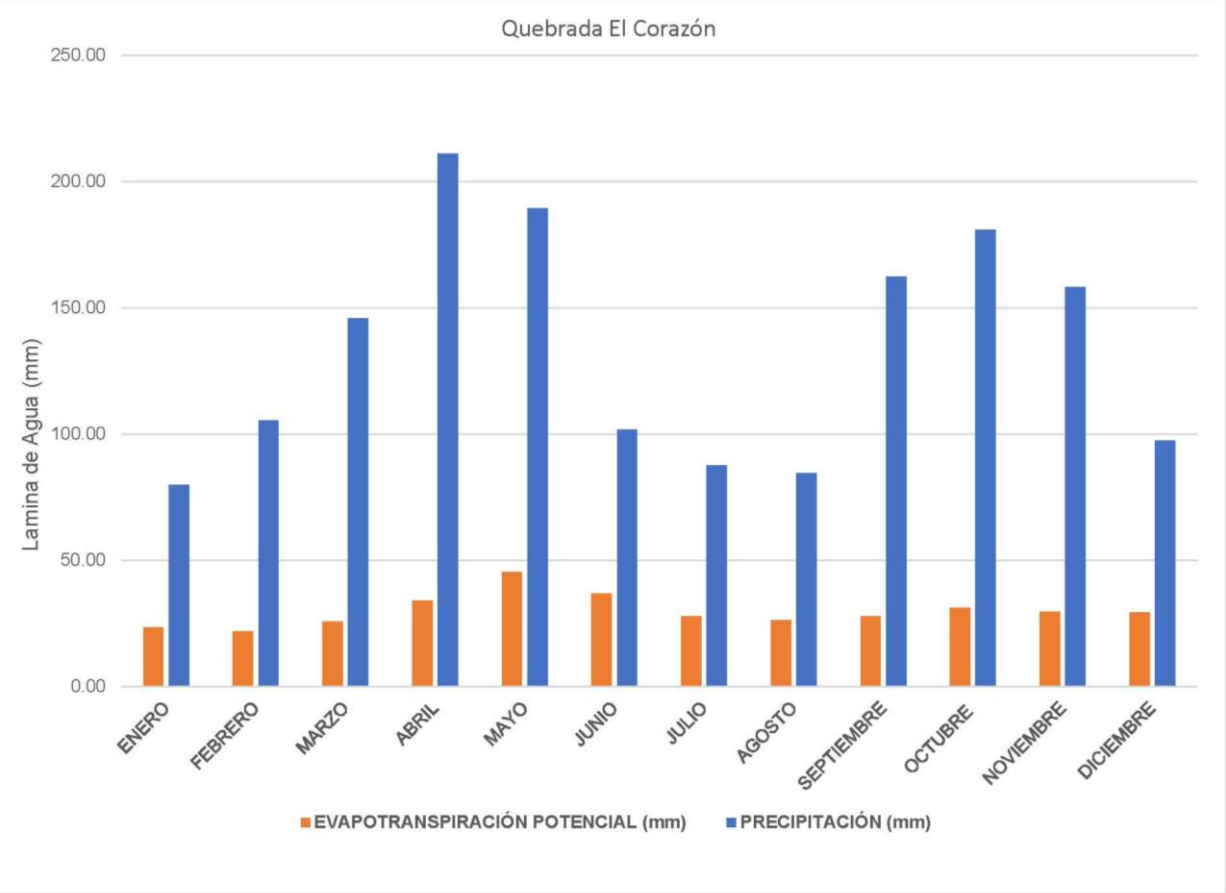
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 84. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Flandes



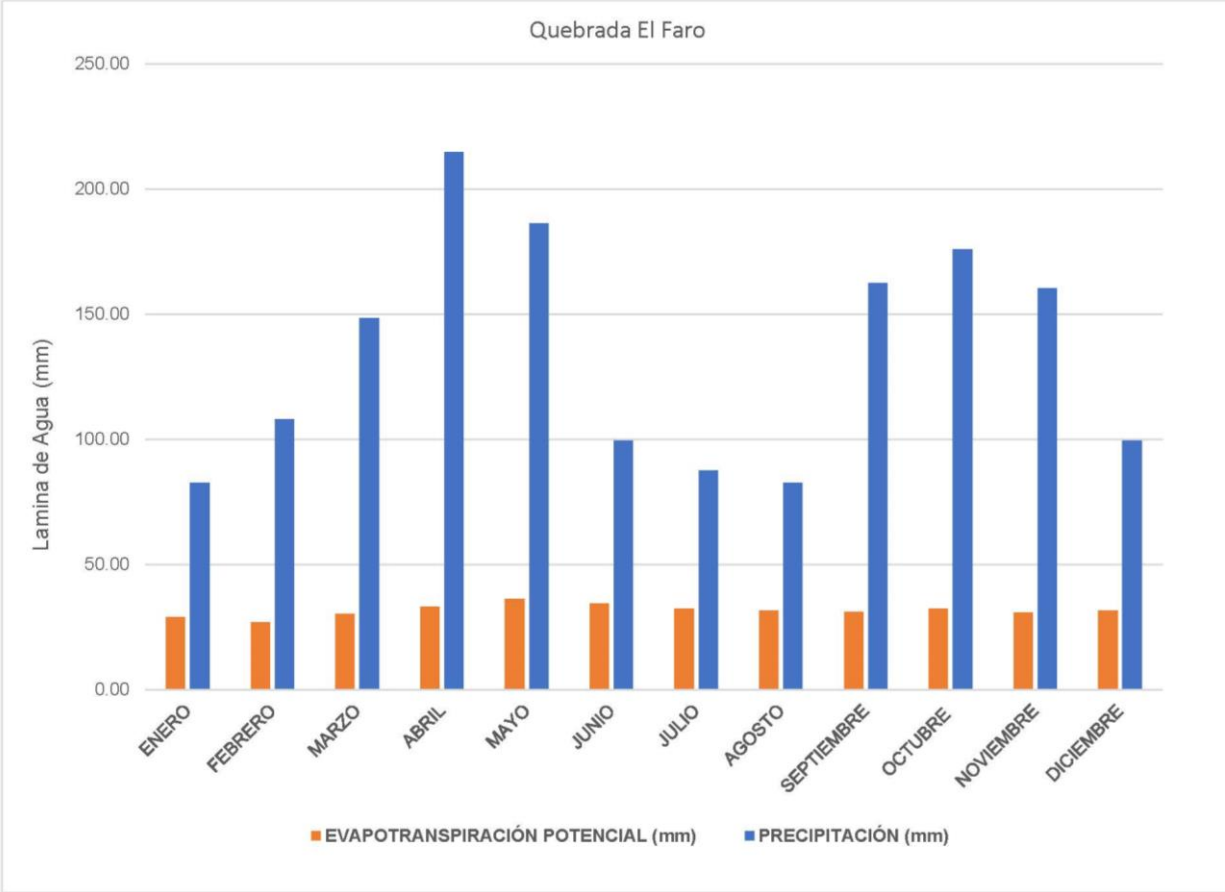
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 85. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Corazón



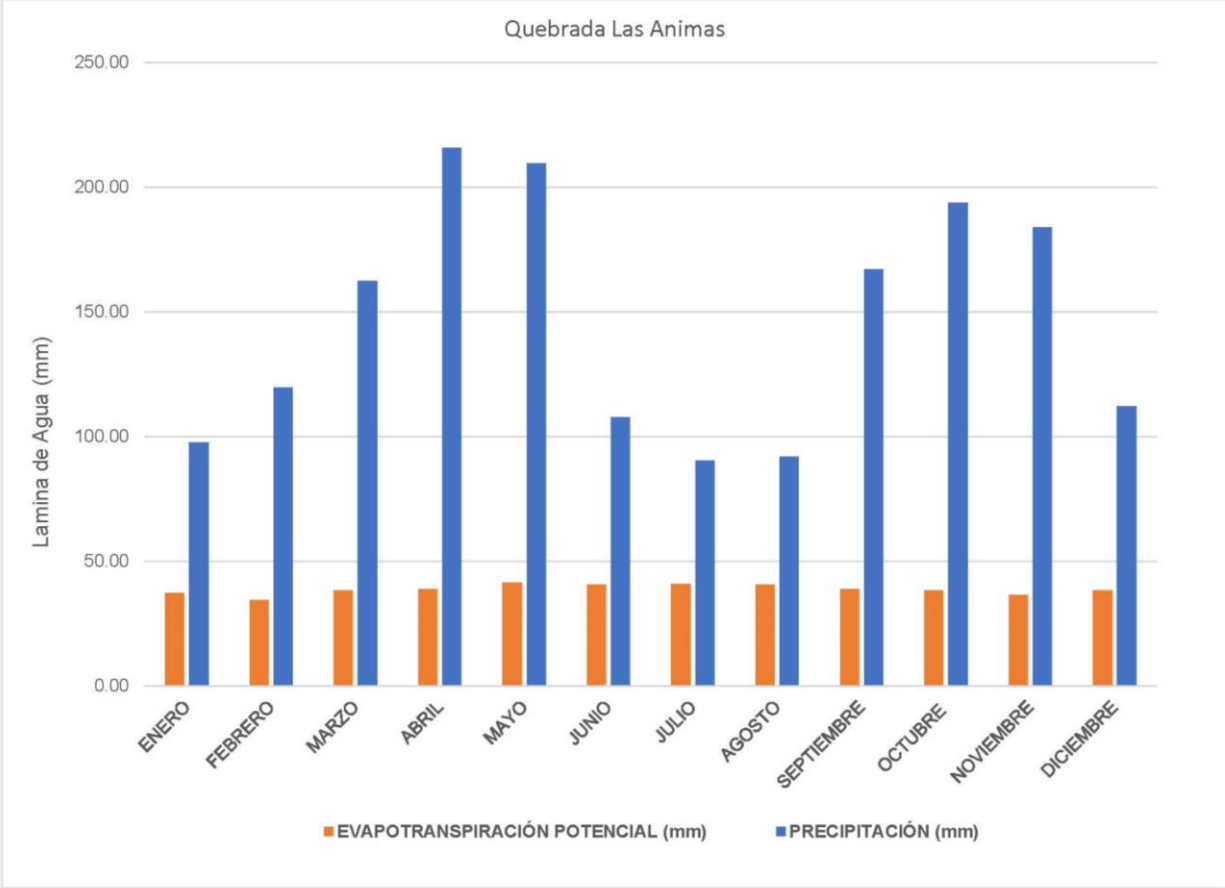
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 86. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Faro



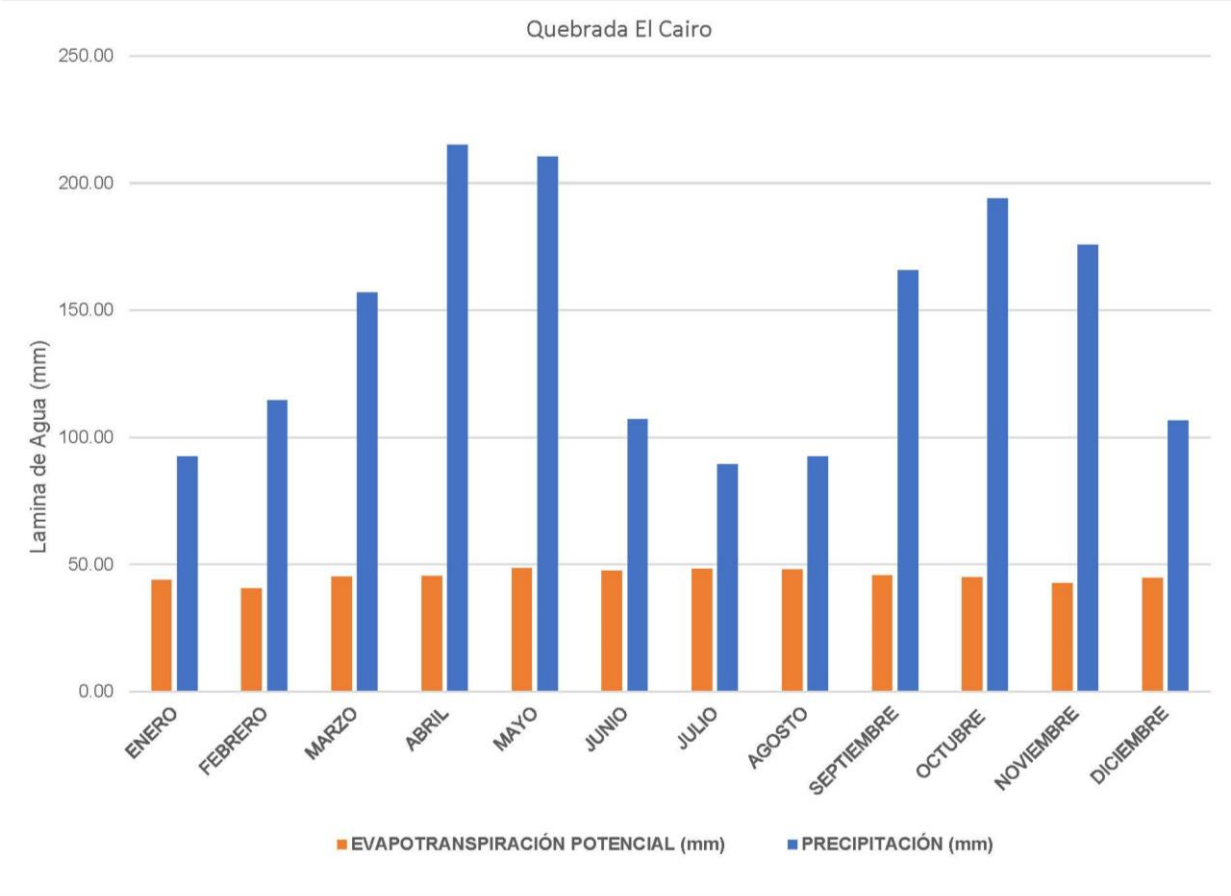
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 87. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Animas



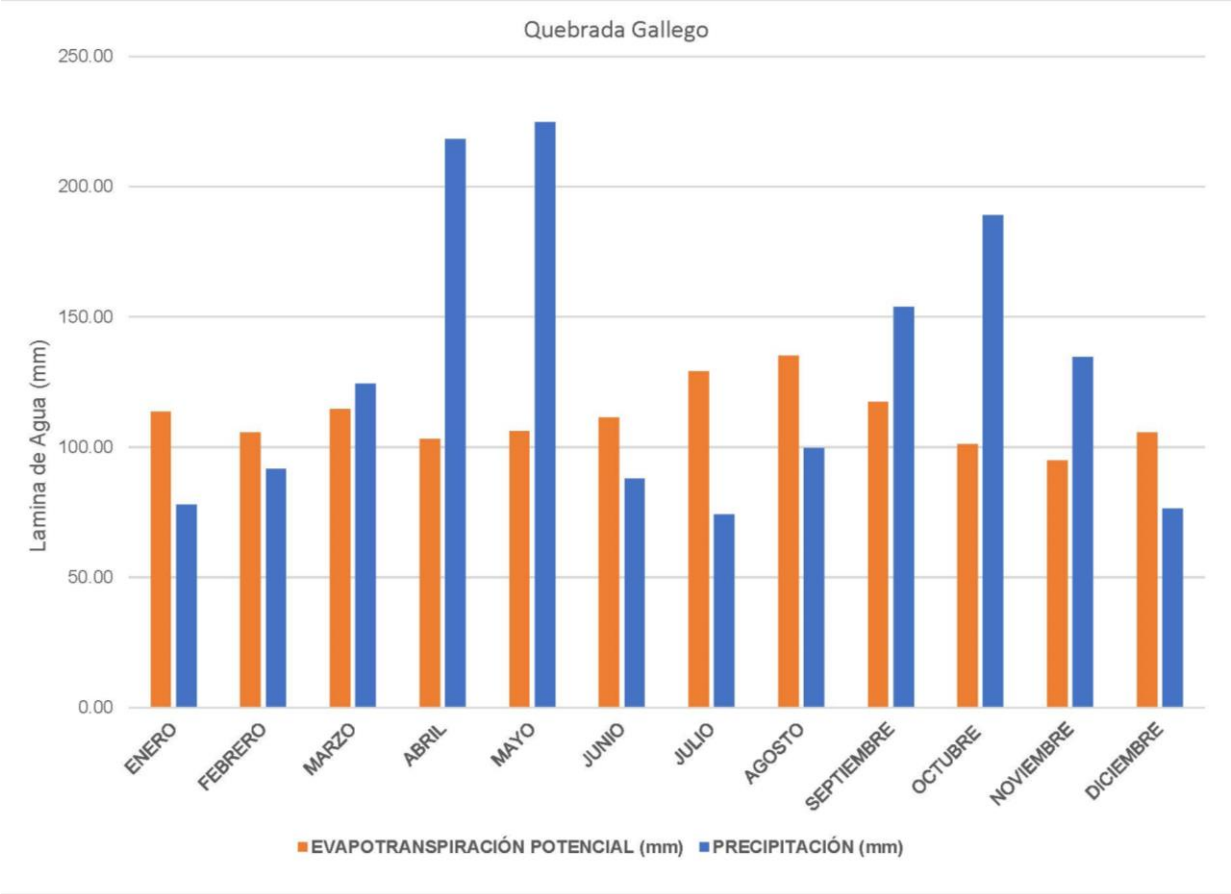
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 88. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Cairo



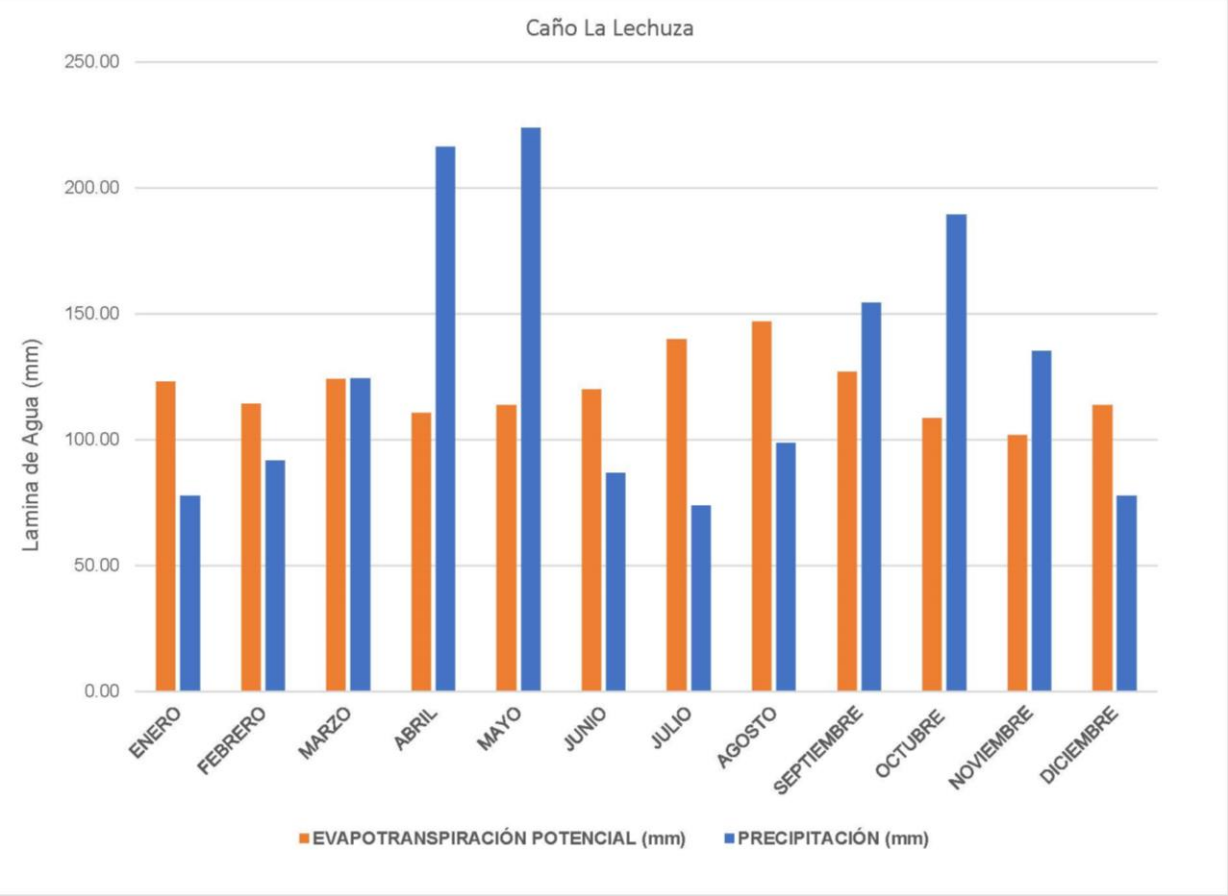
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 89. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Gallego



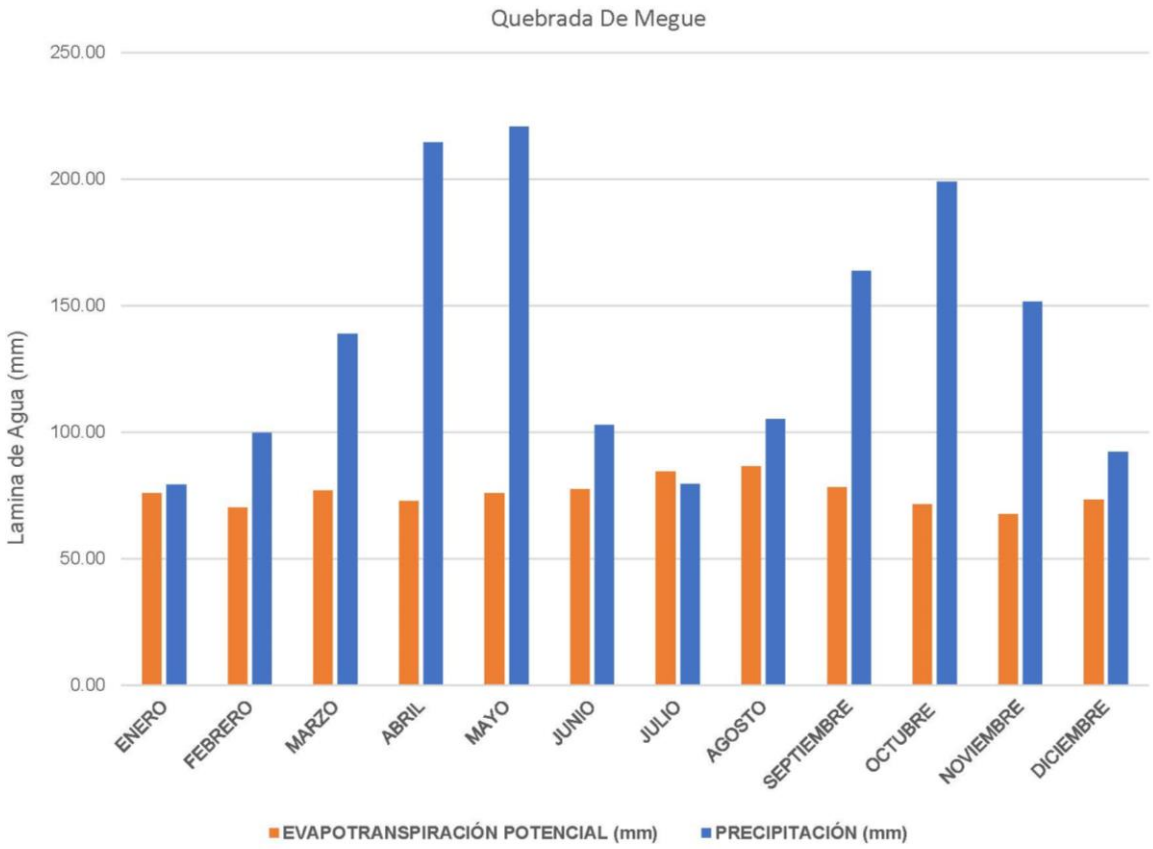
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 90. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Lechuza



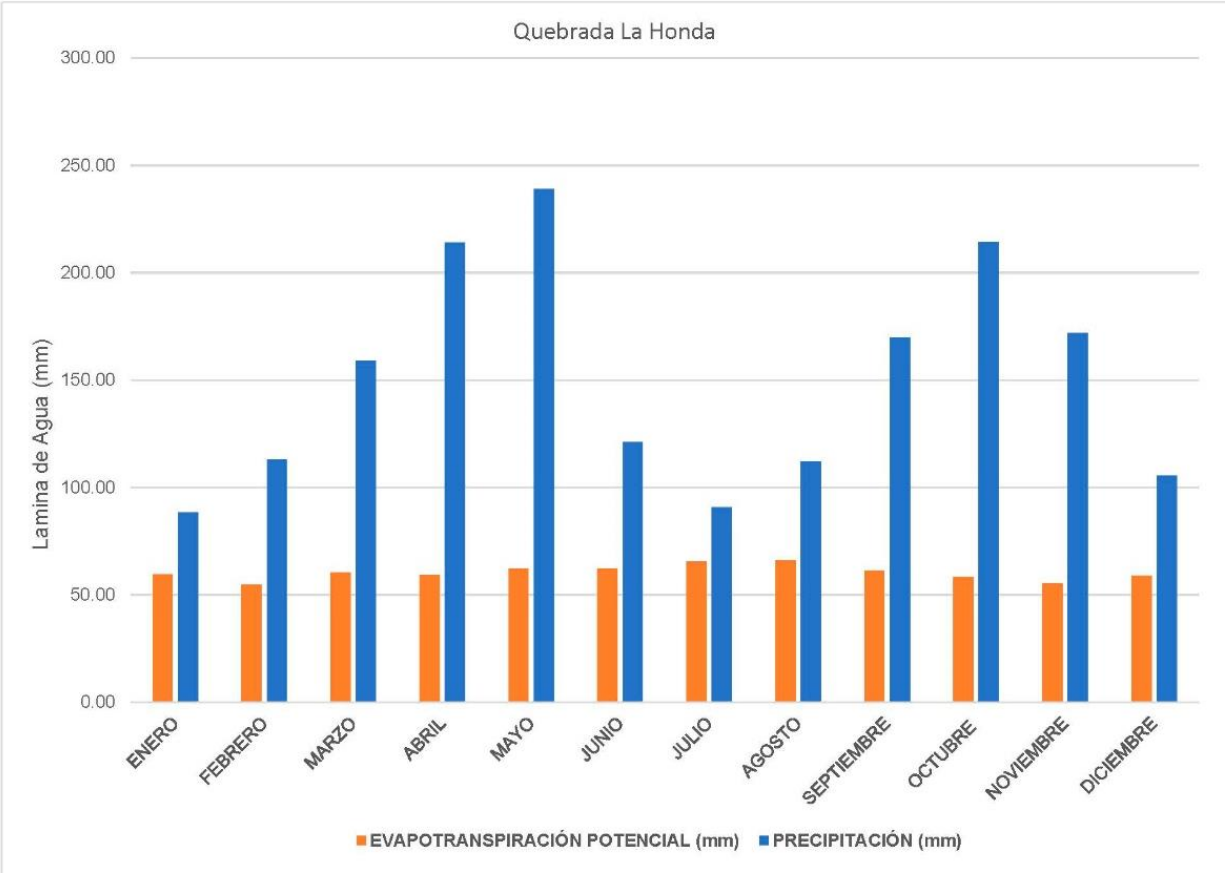
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 91. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada de Megue



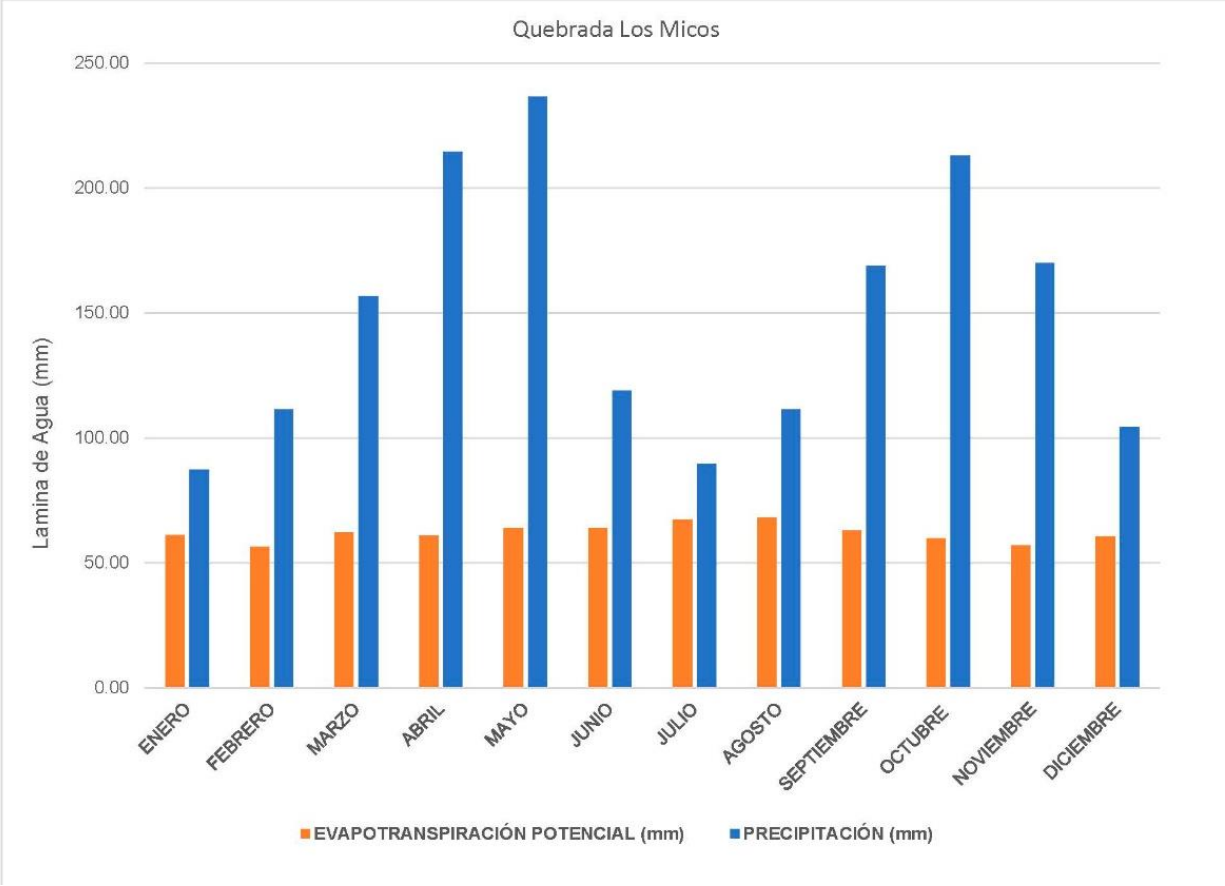
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 92. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Honda



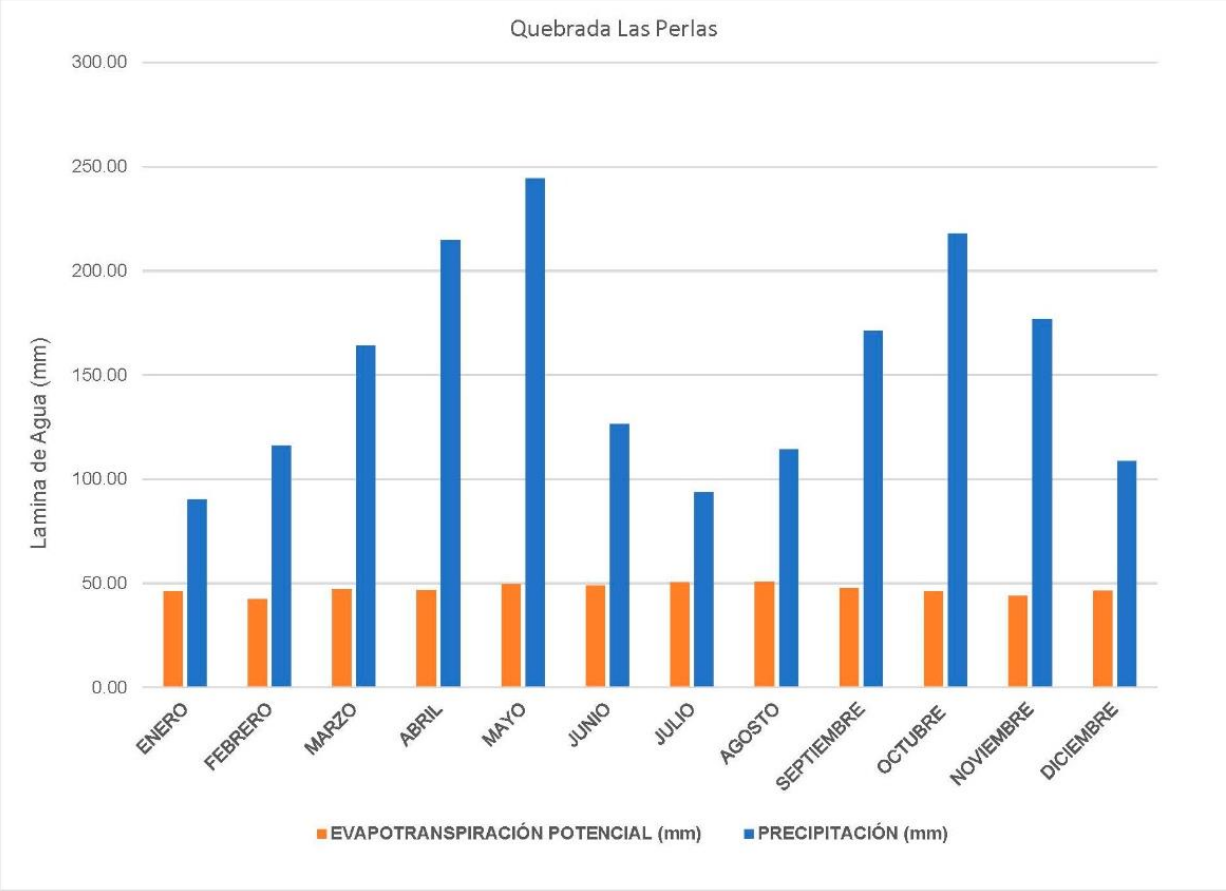
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 93. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada los Micos



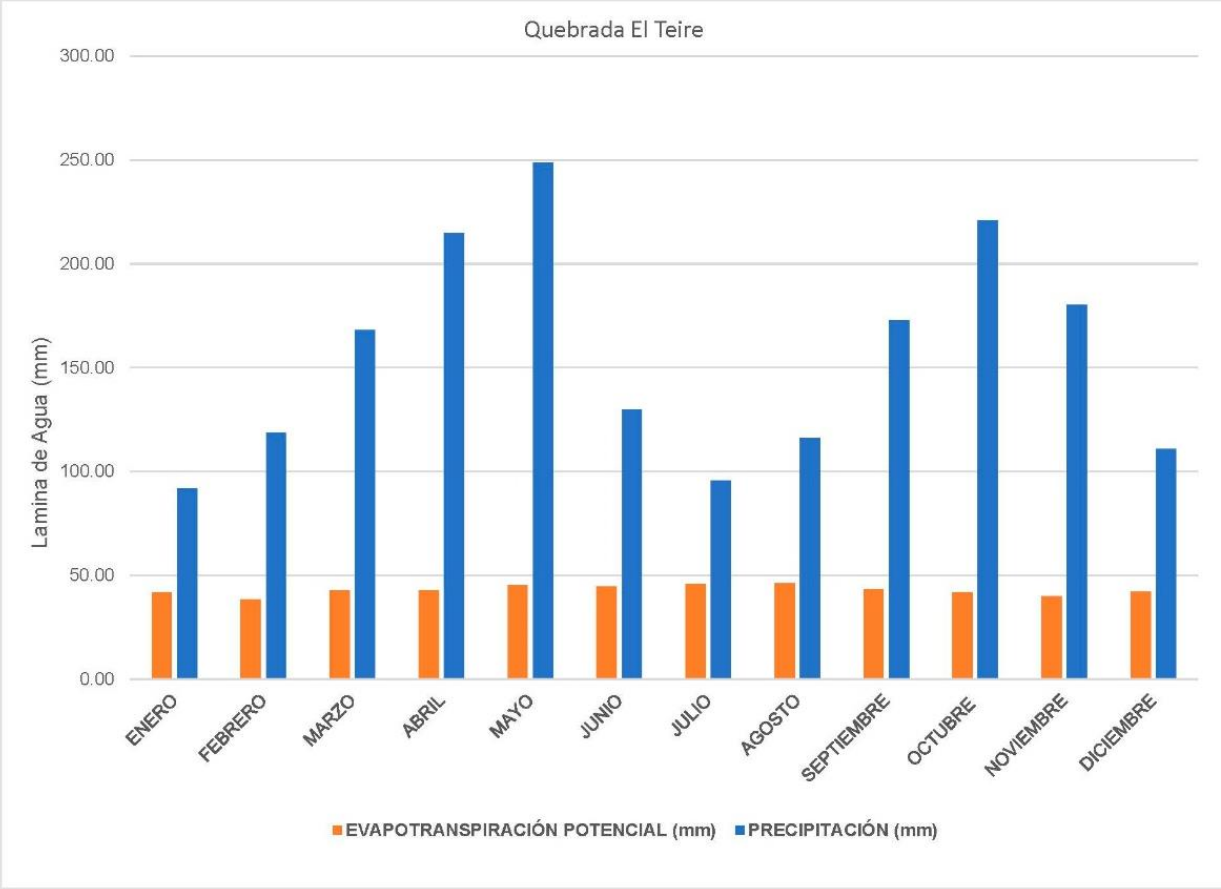
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 94. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Perlas



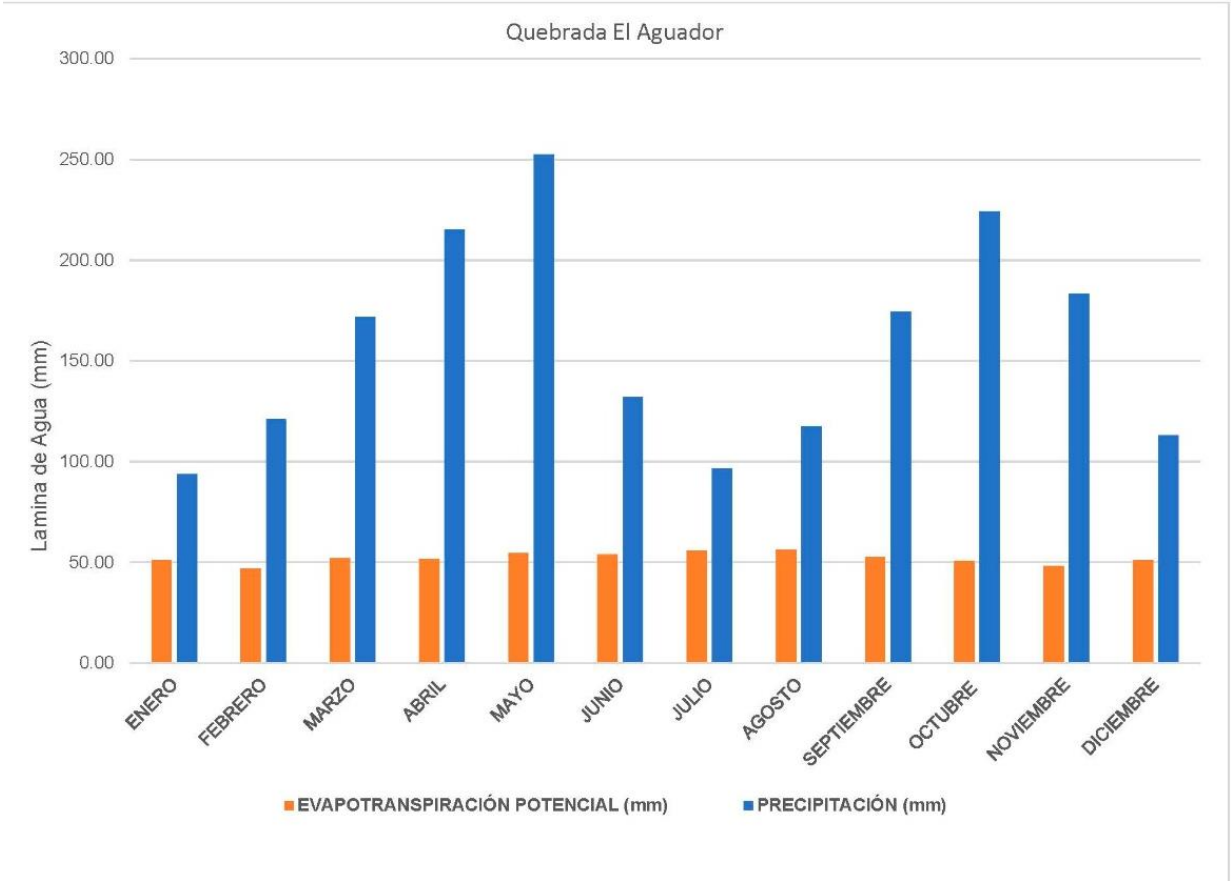
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 95. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Teire



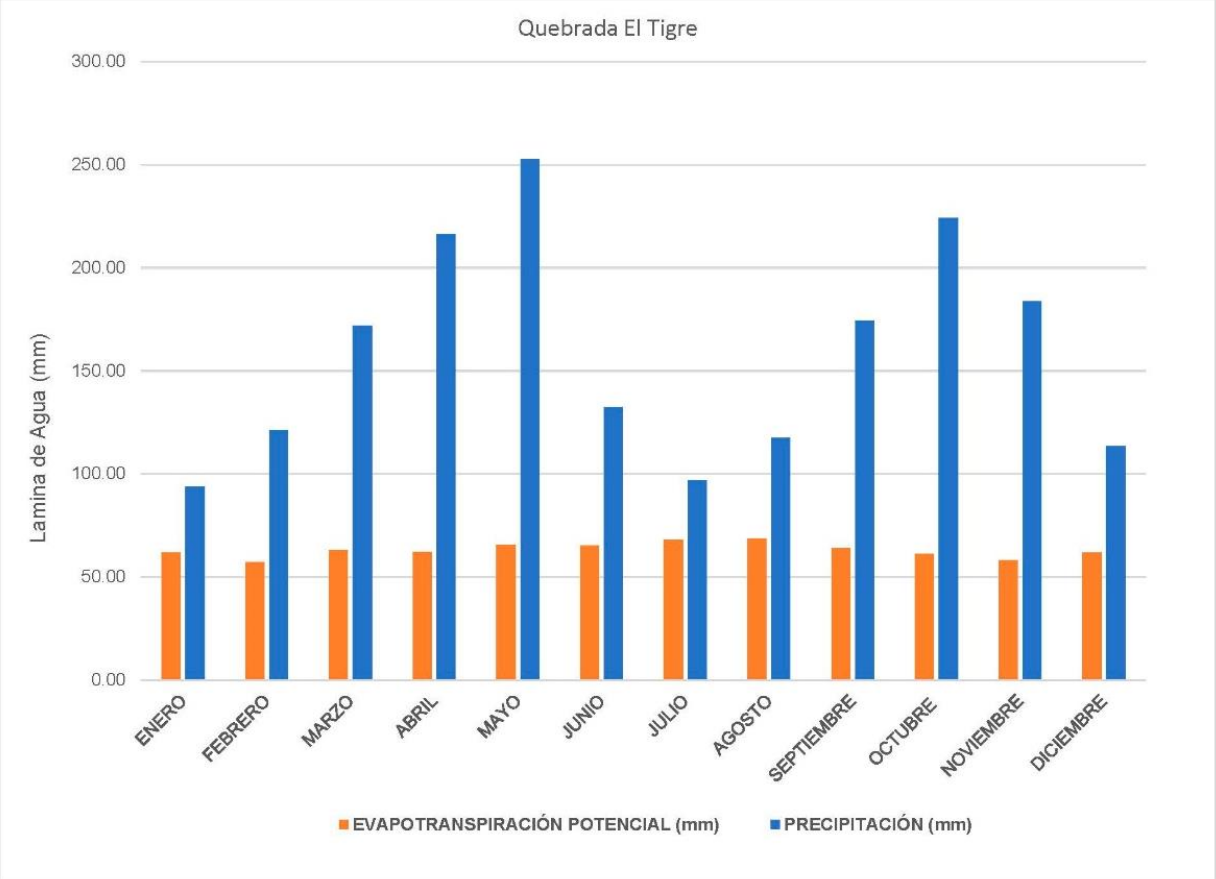
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 96. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Aguador



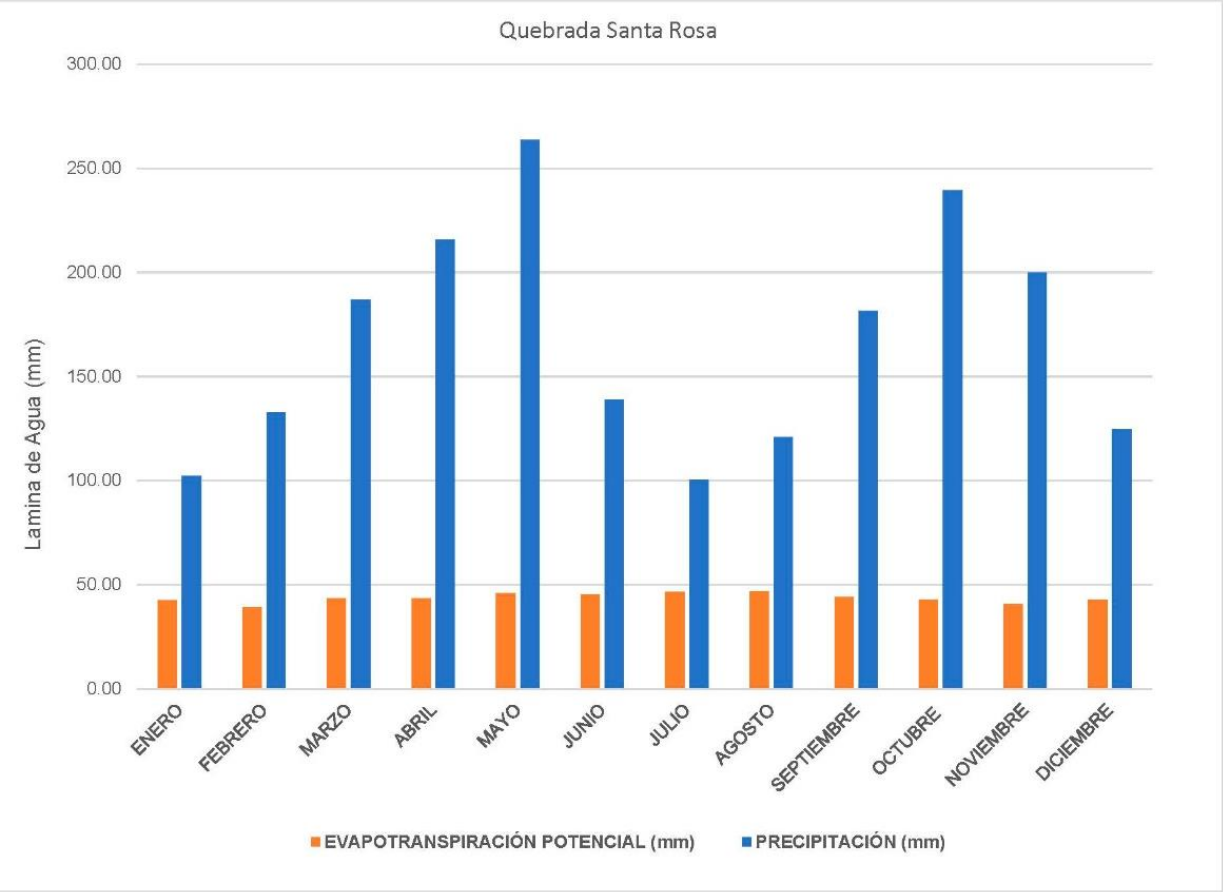
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 97. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Tigre



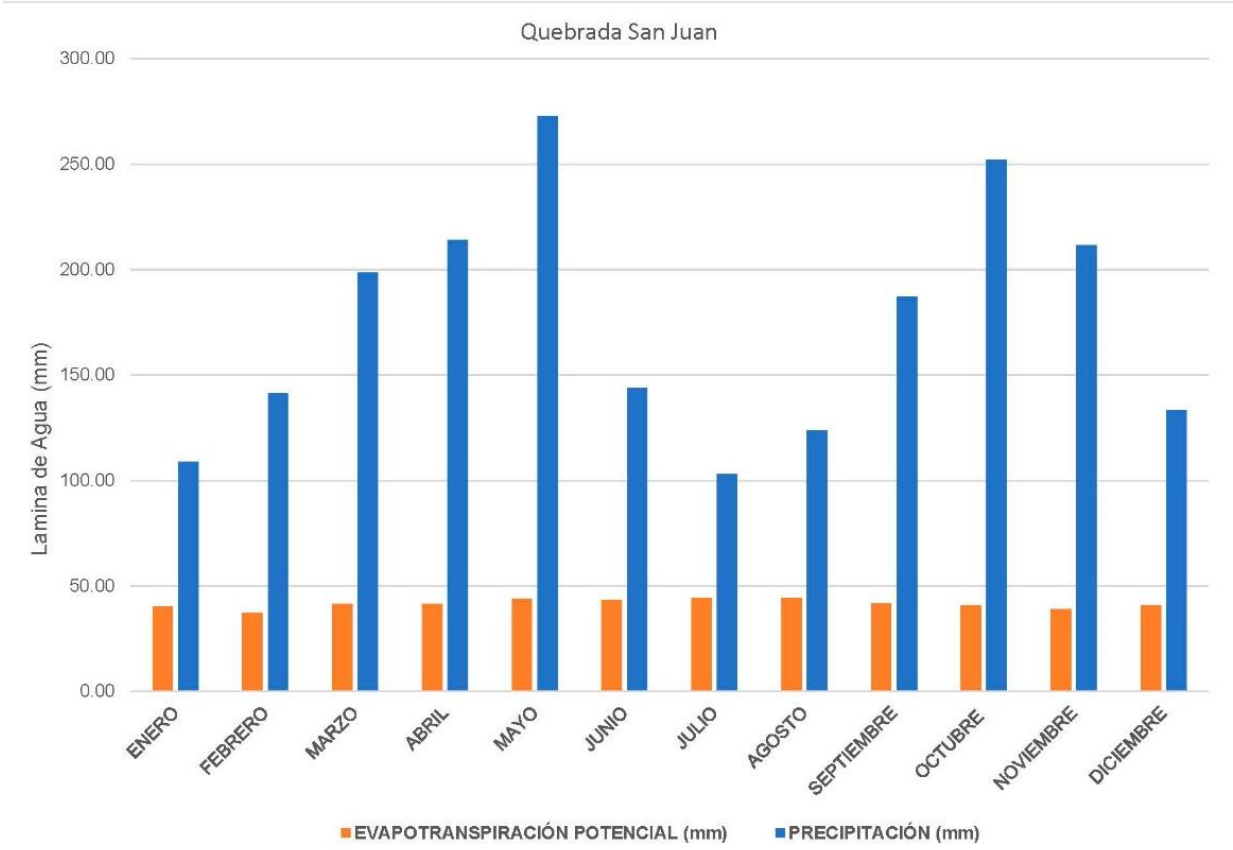
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 98. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Santa Rosa



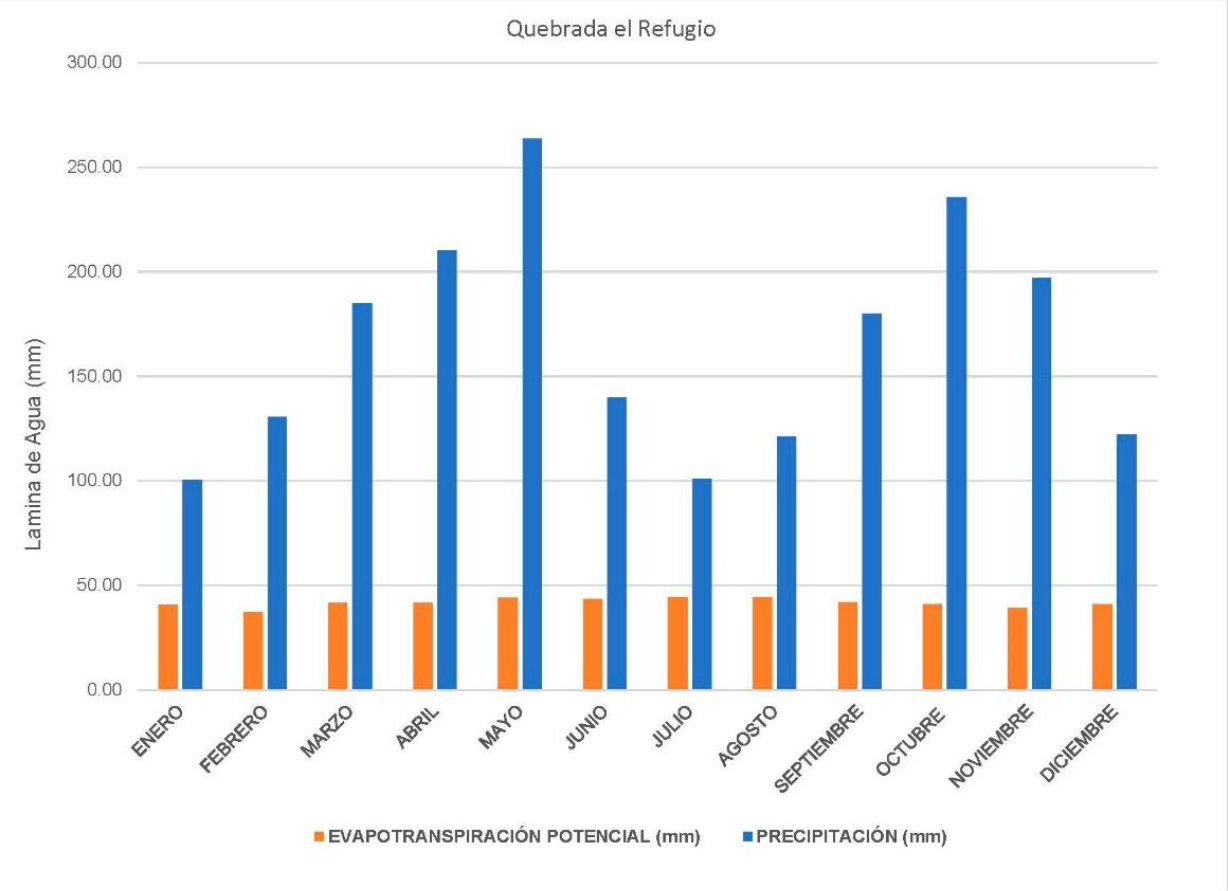
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 99. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada San Juan



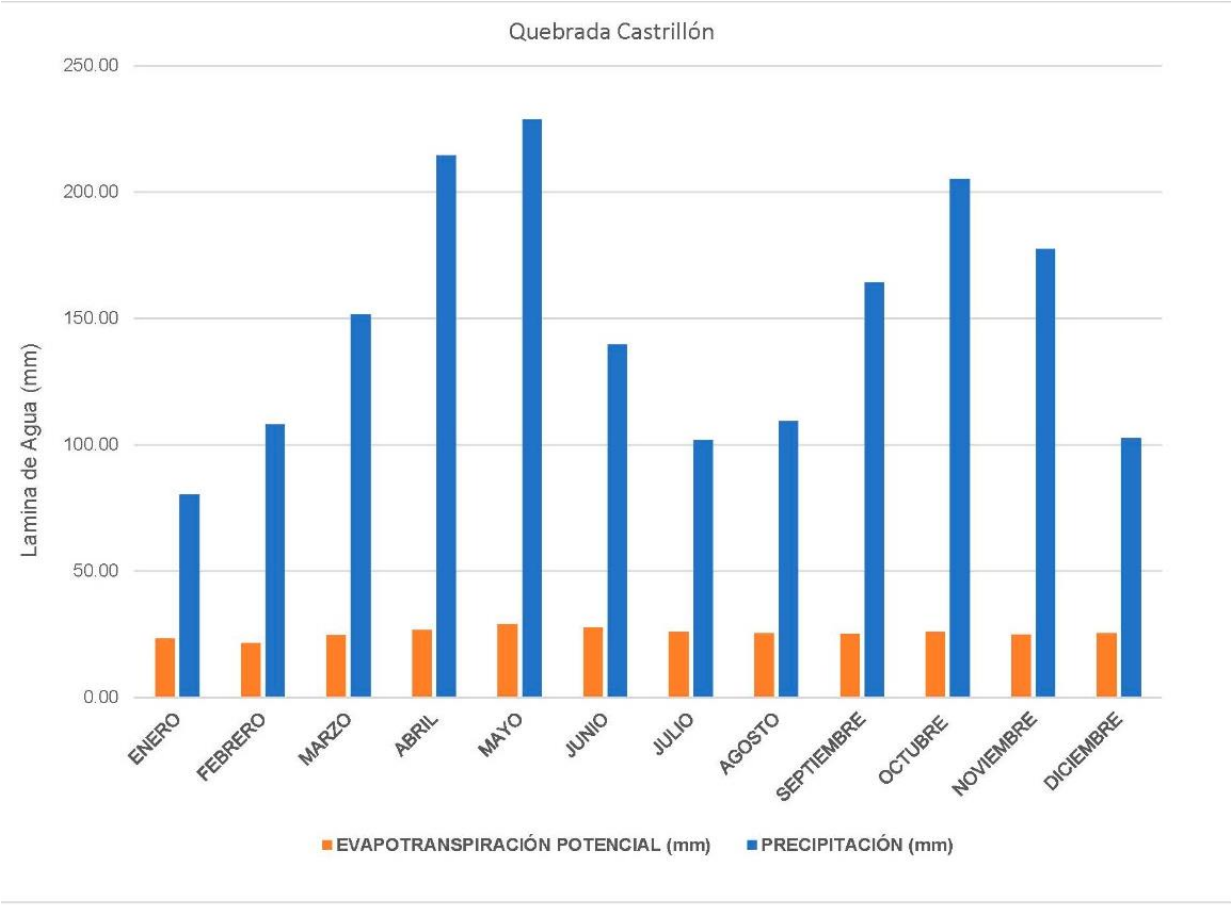
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 100. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Refugio



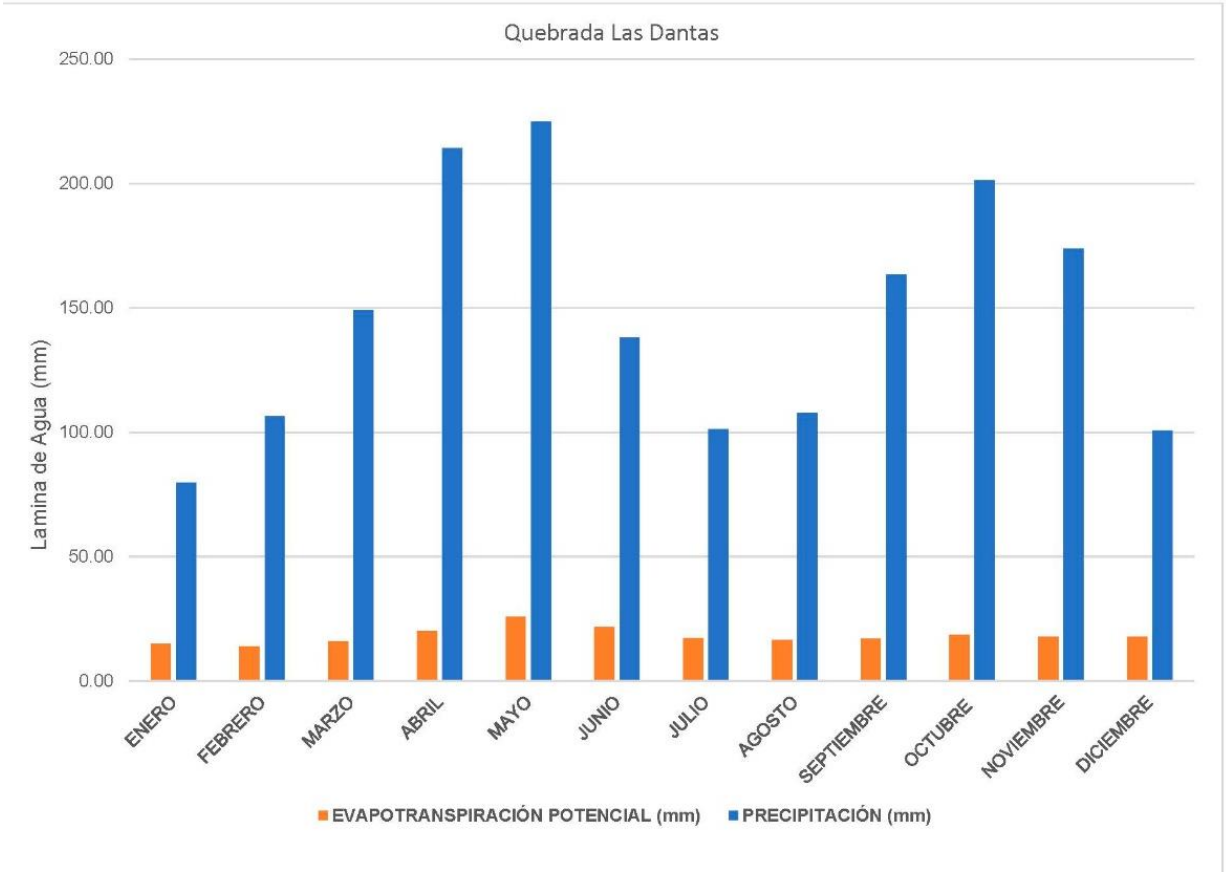
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 101. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Castrillón



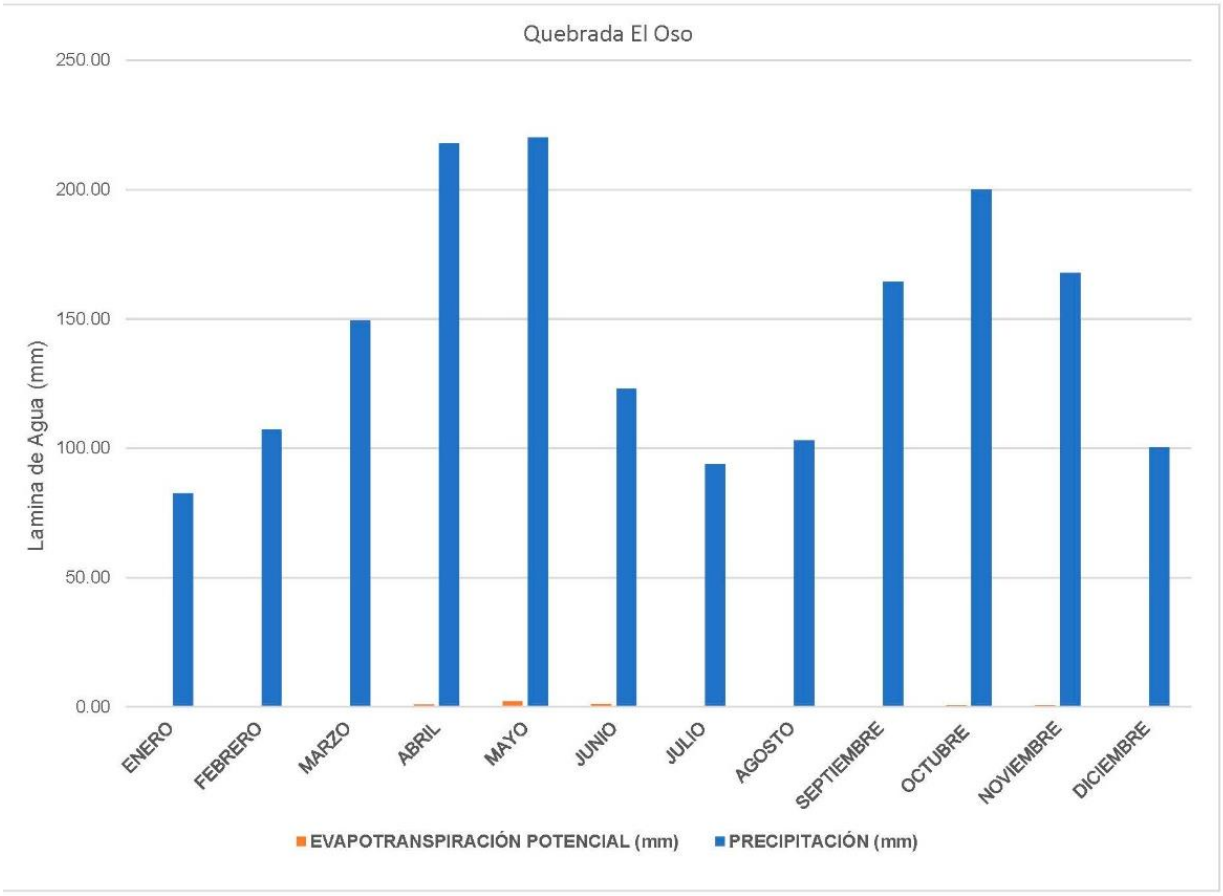
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 102. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Dantas



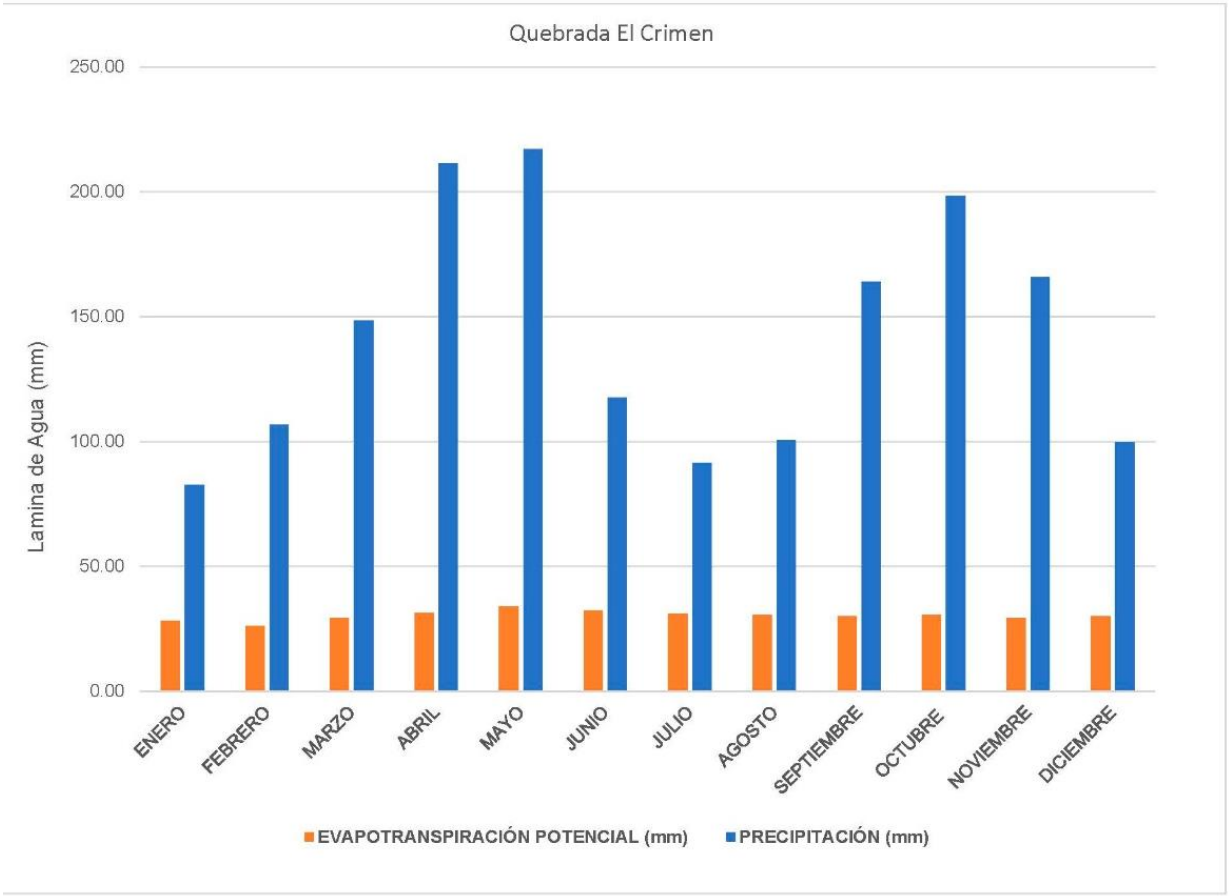
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 103. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Oso



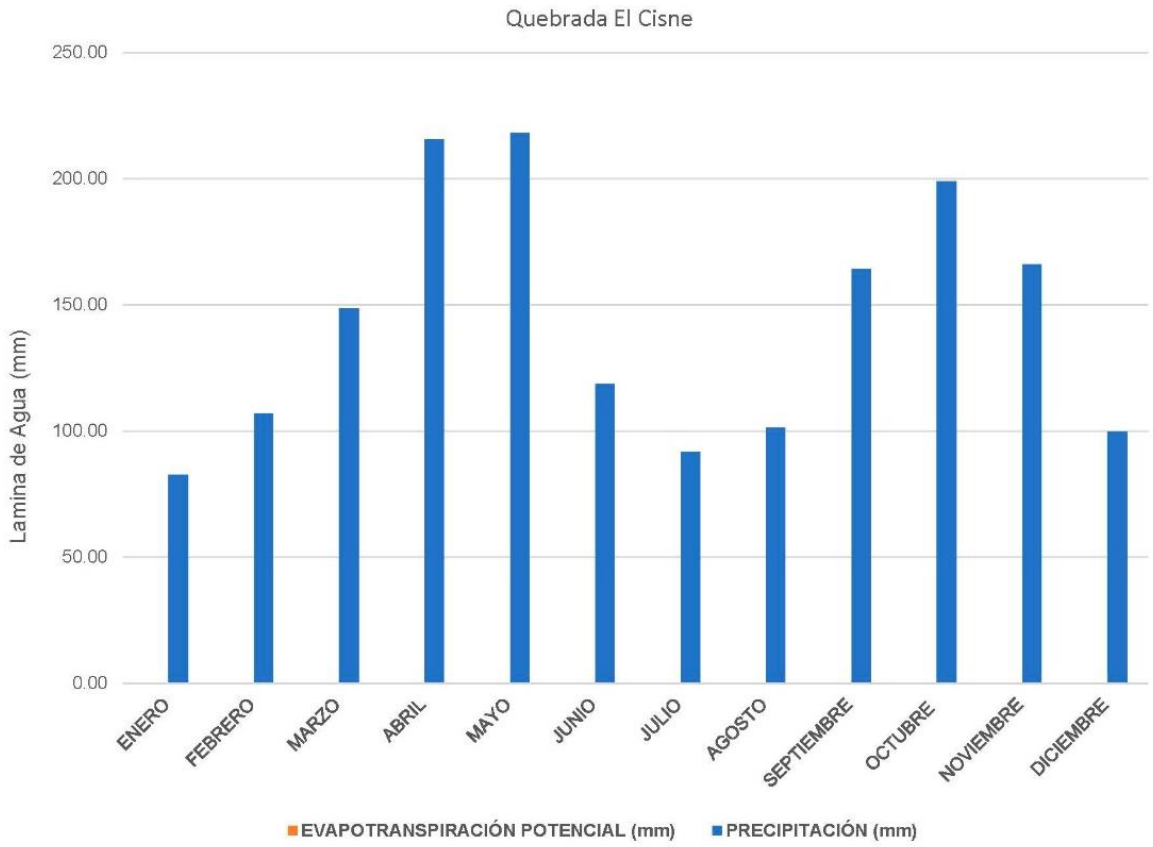
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 104. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Crimen



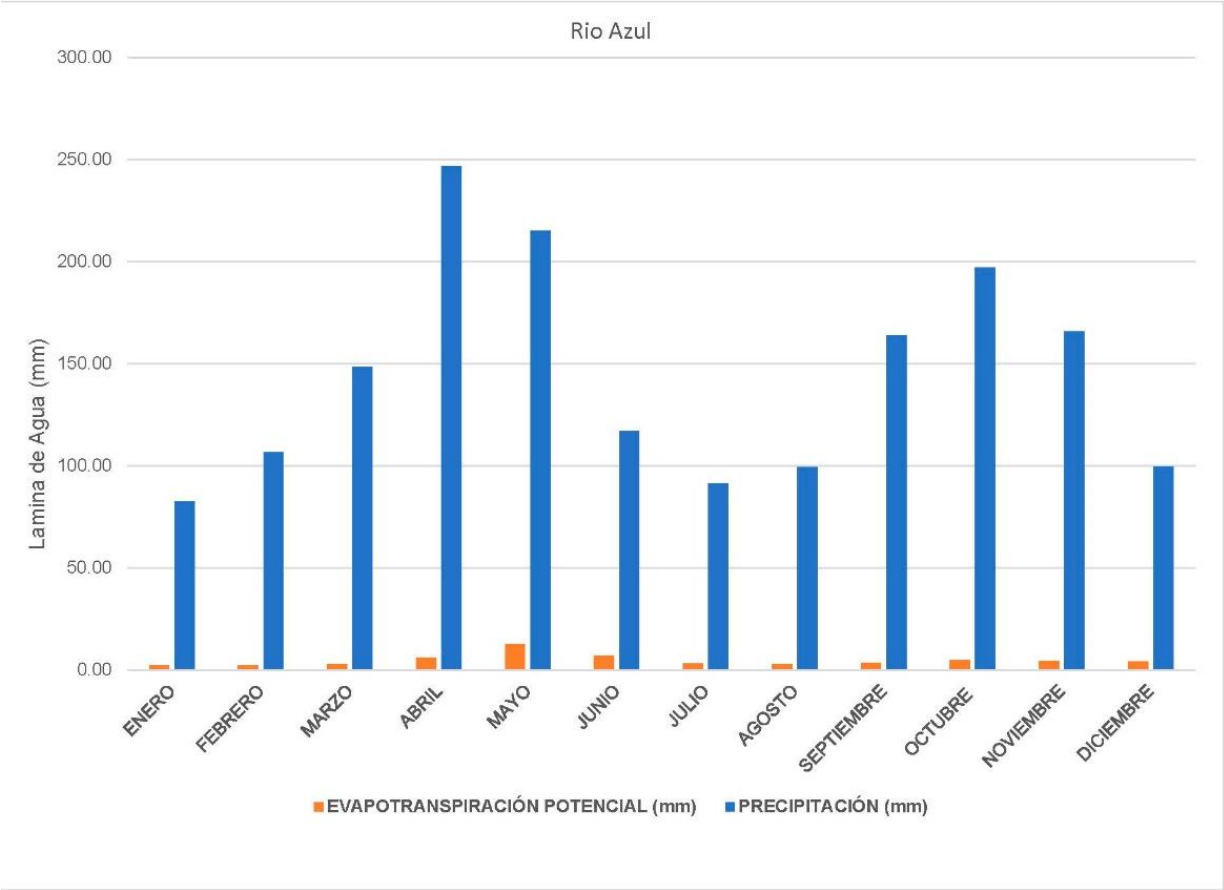
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 105. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Cisne



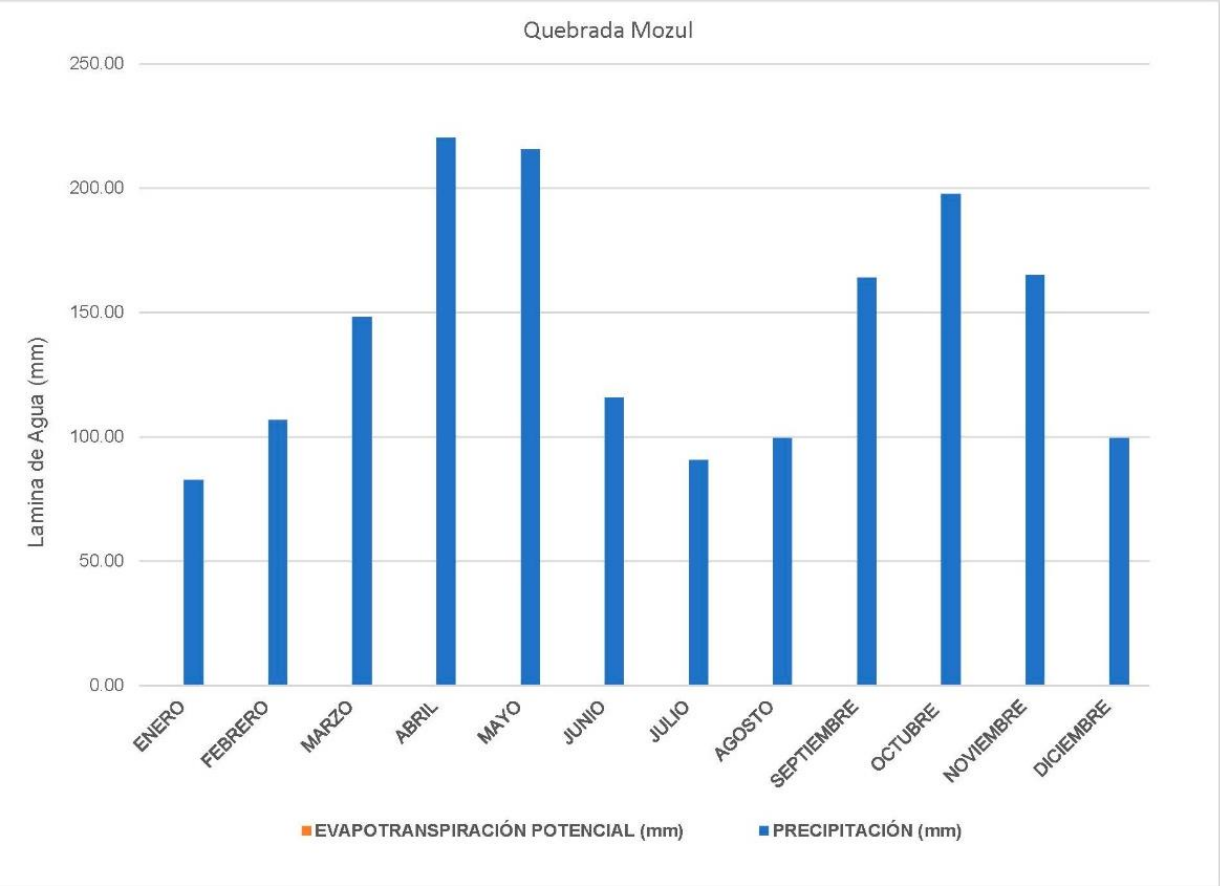
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 106. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca Río Azul



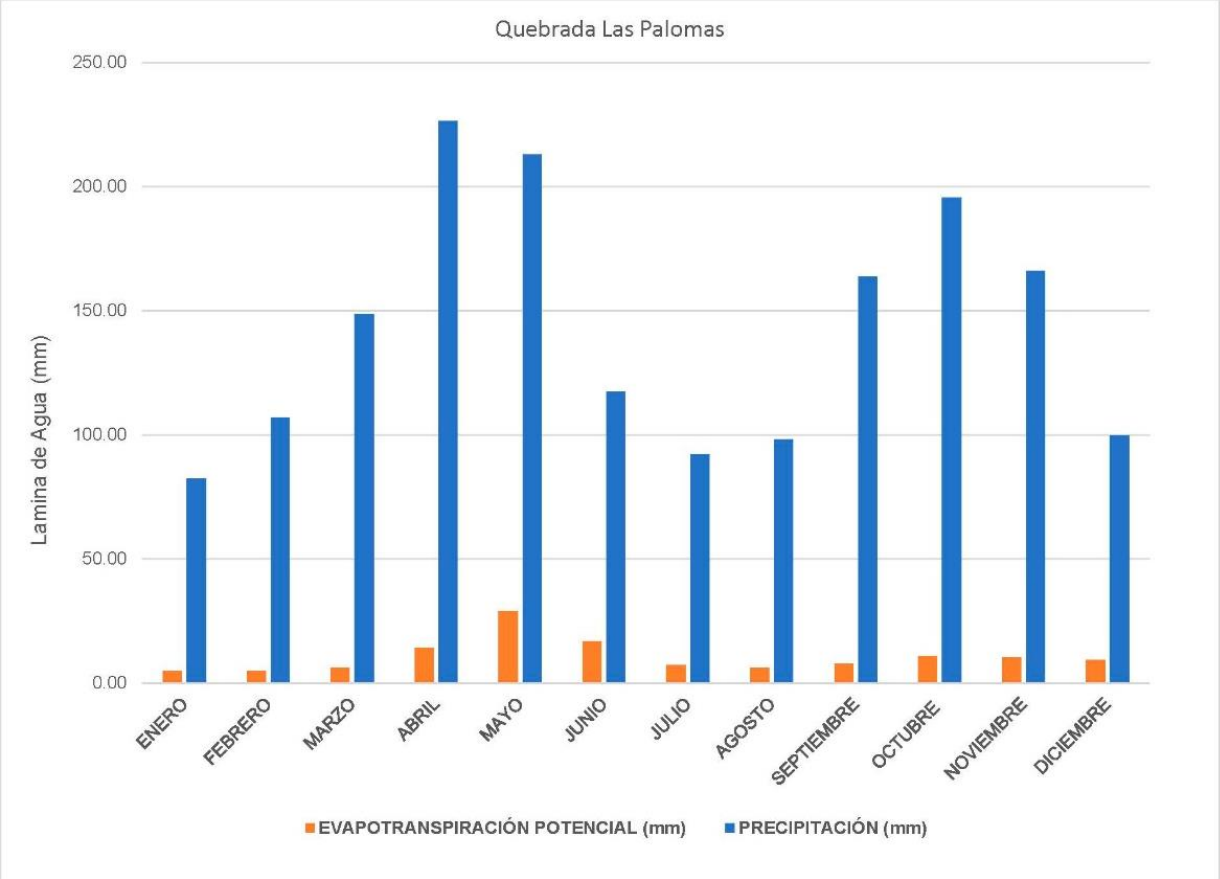
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 107. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Mozul



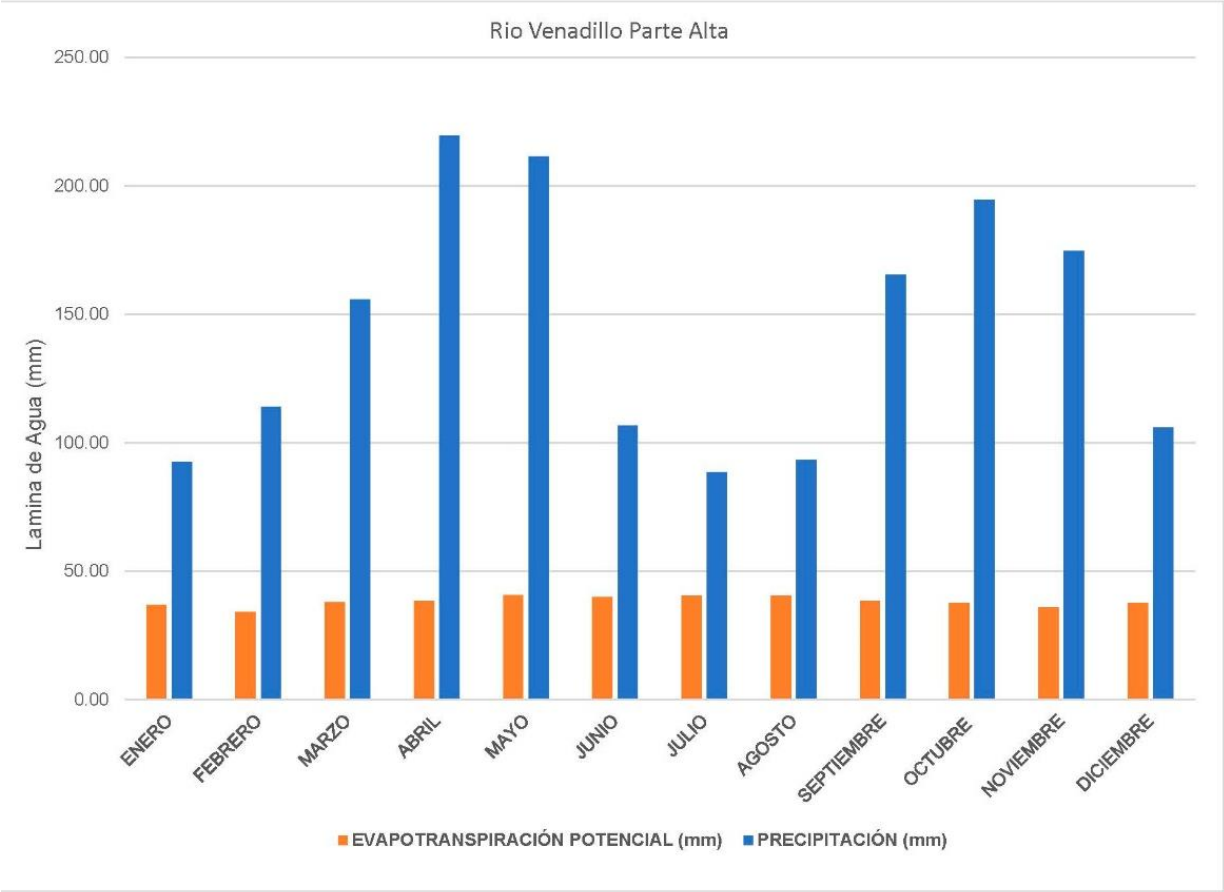
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 108. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada las Palomas



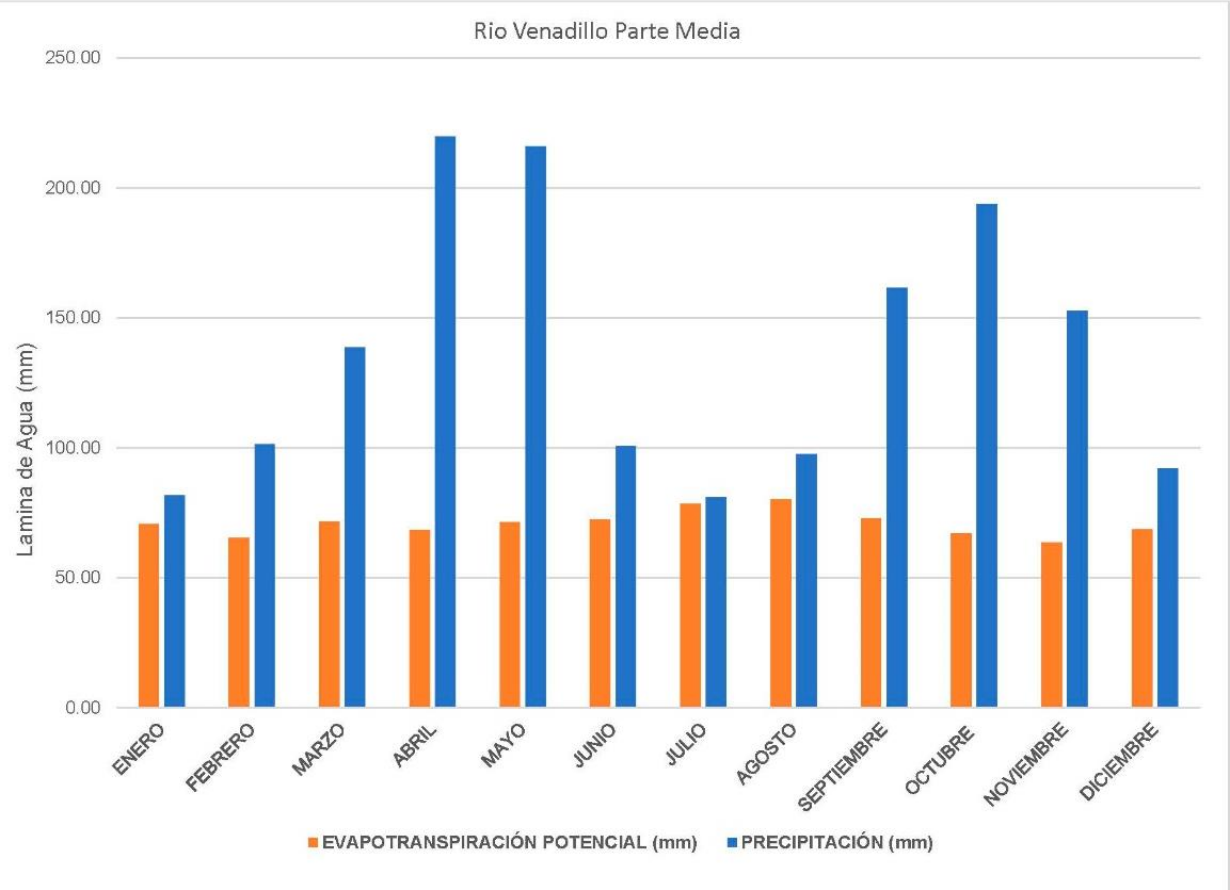
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 109. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Venadillo Parte Alta



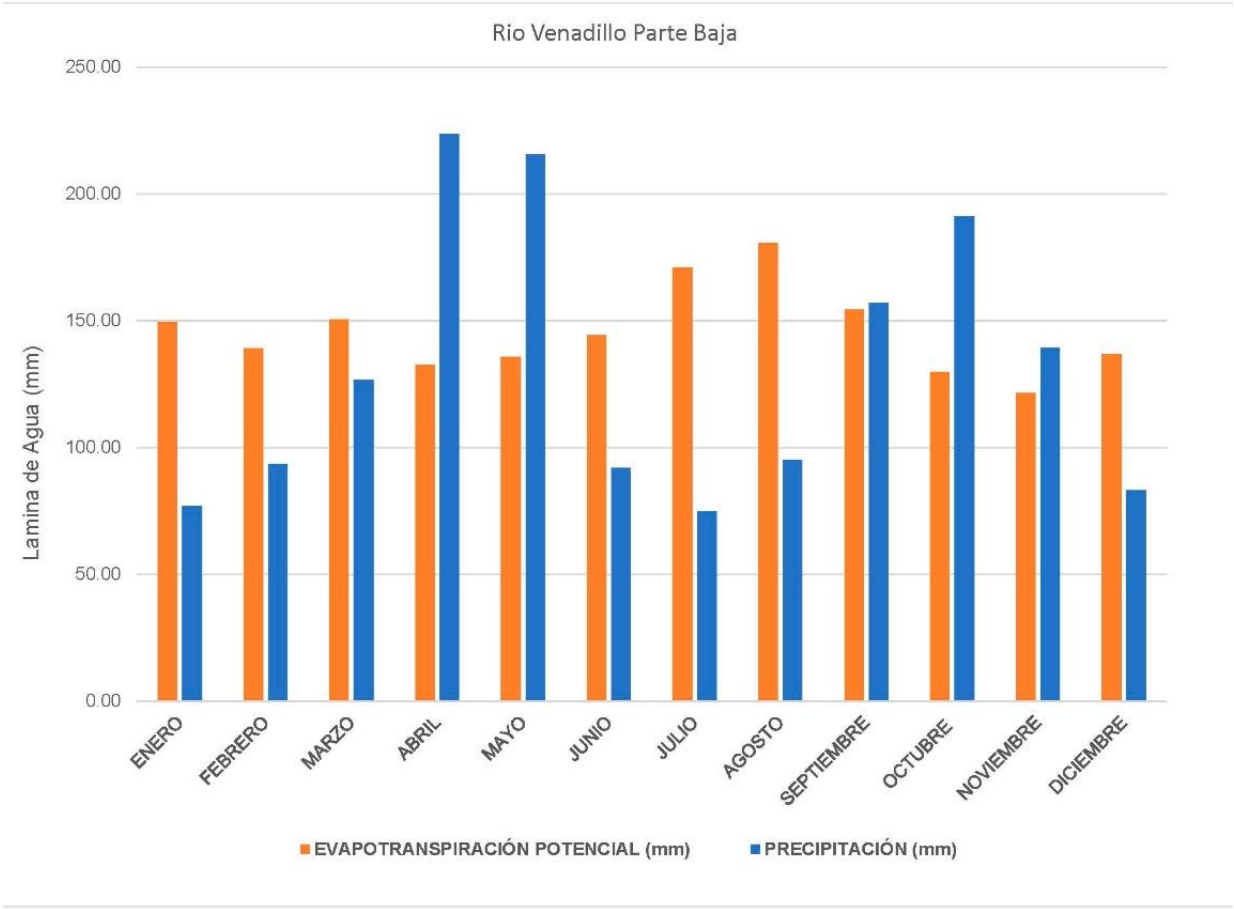
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 110. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Venadillo Parte Media



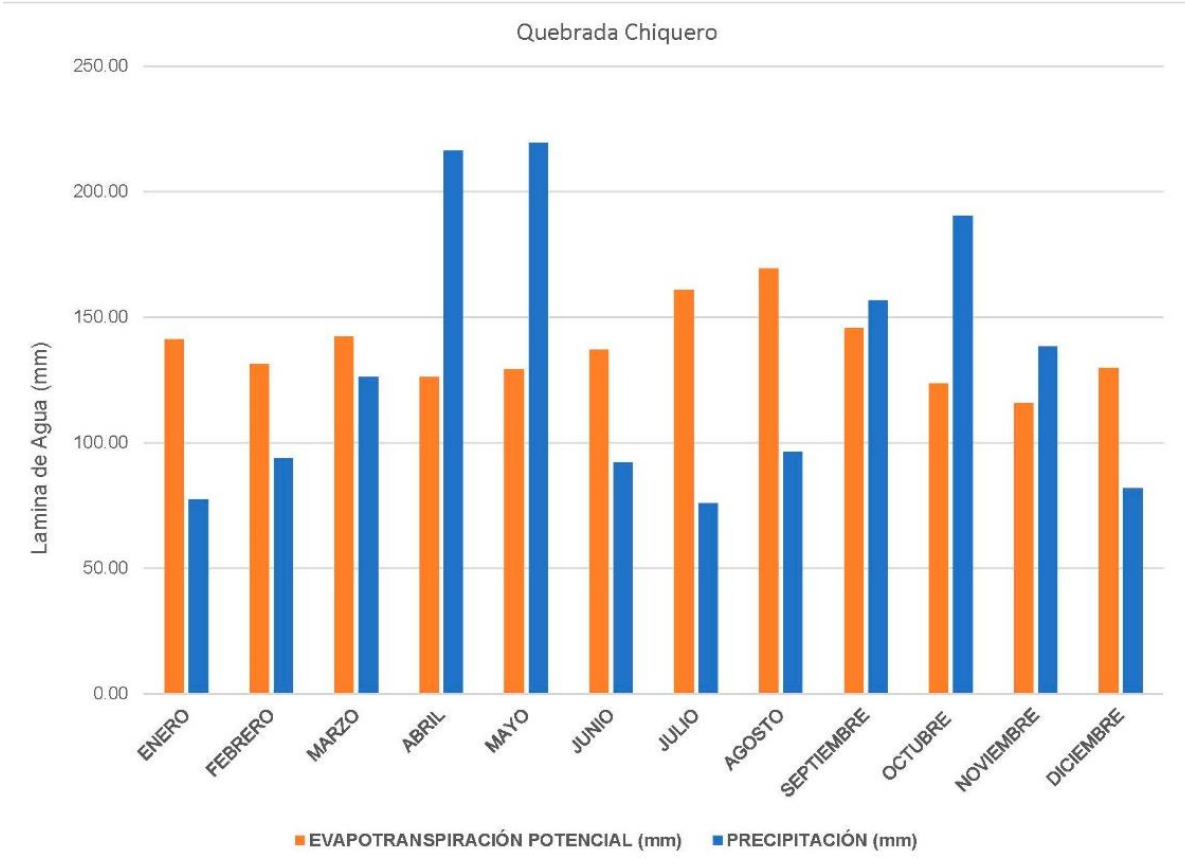
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 111. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Venadillo Parte Baja



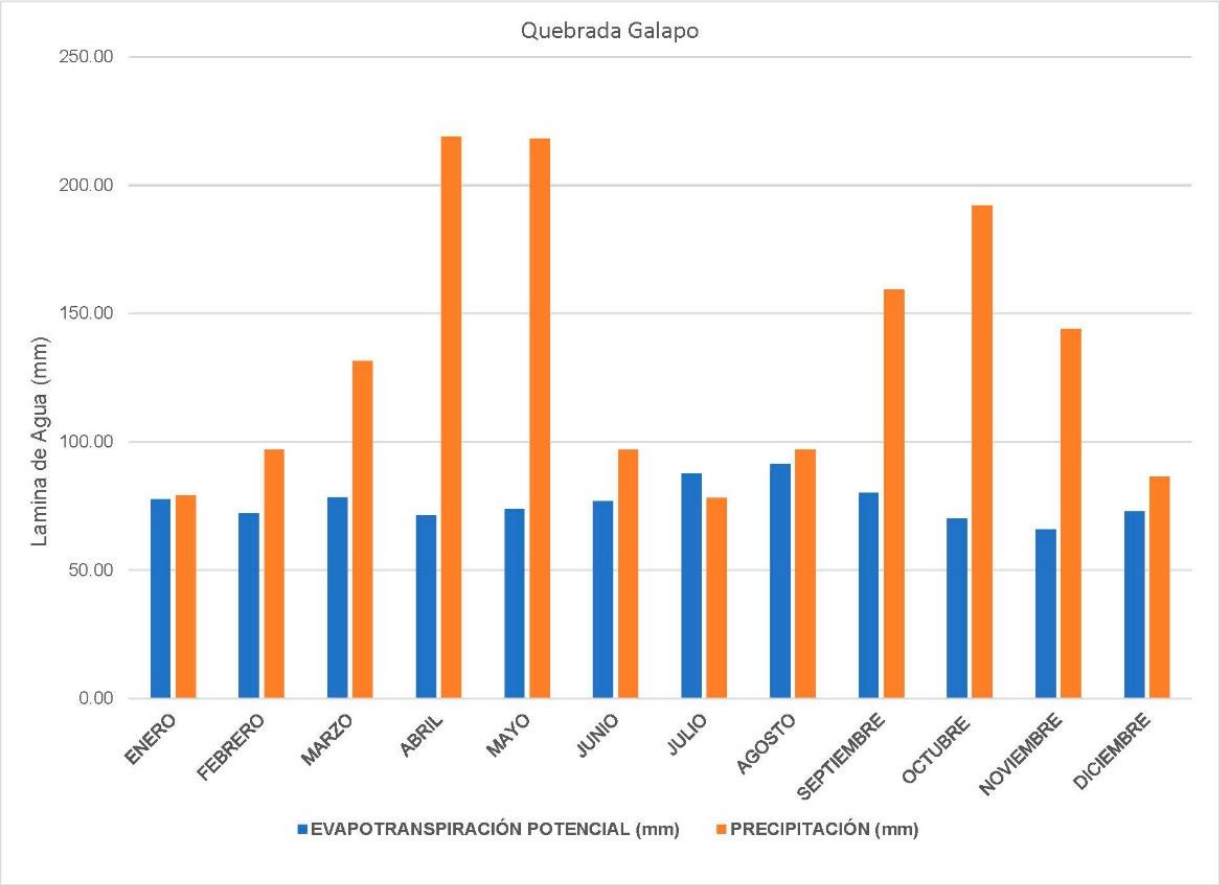
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 112. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Chiquero



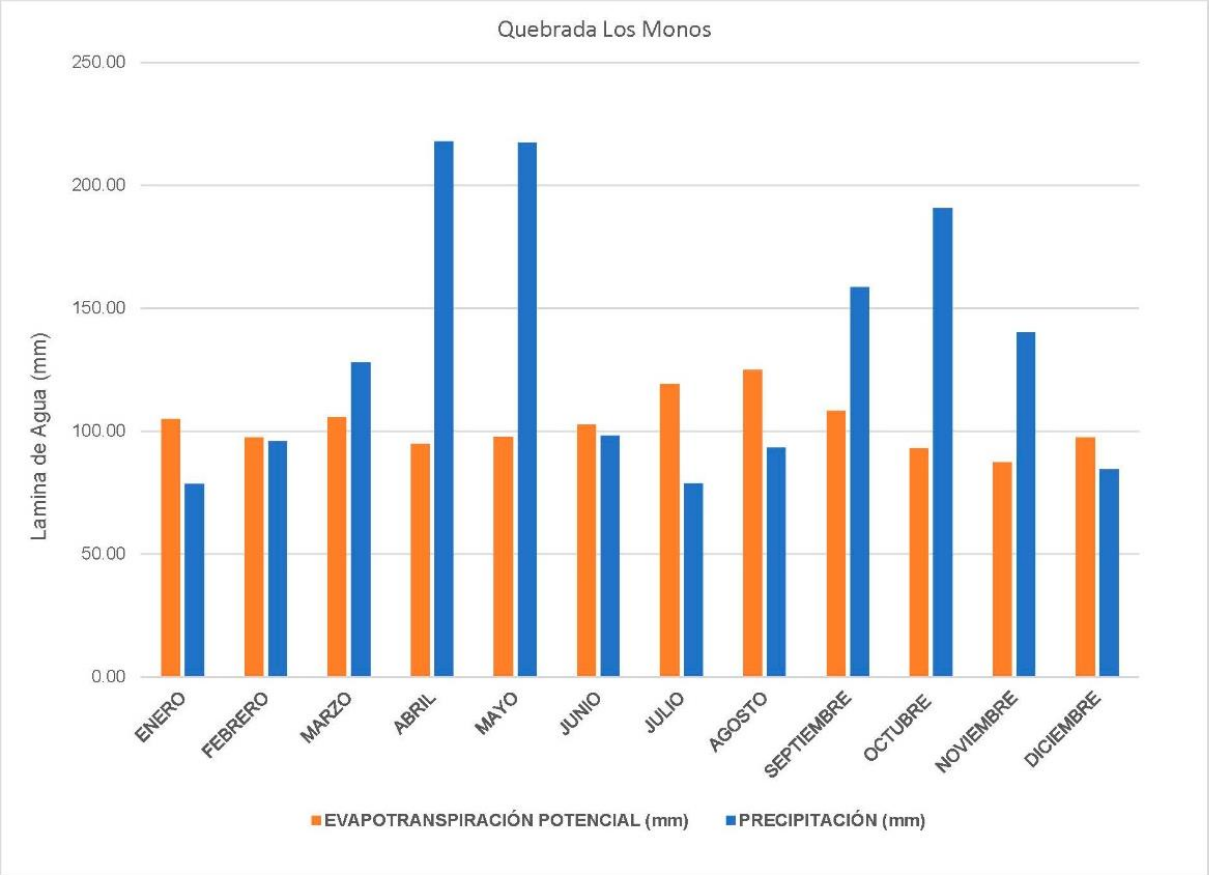
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 113. gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Galapo



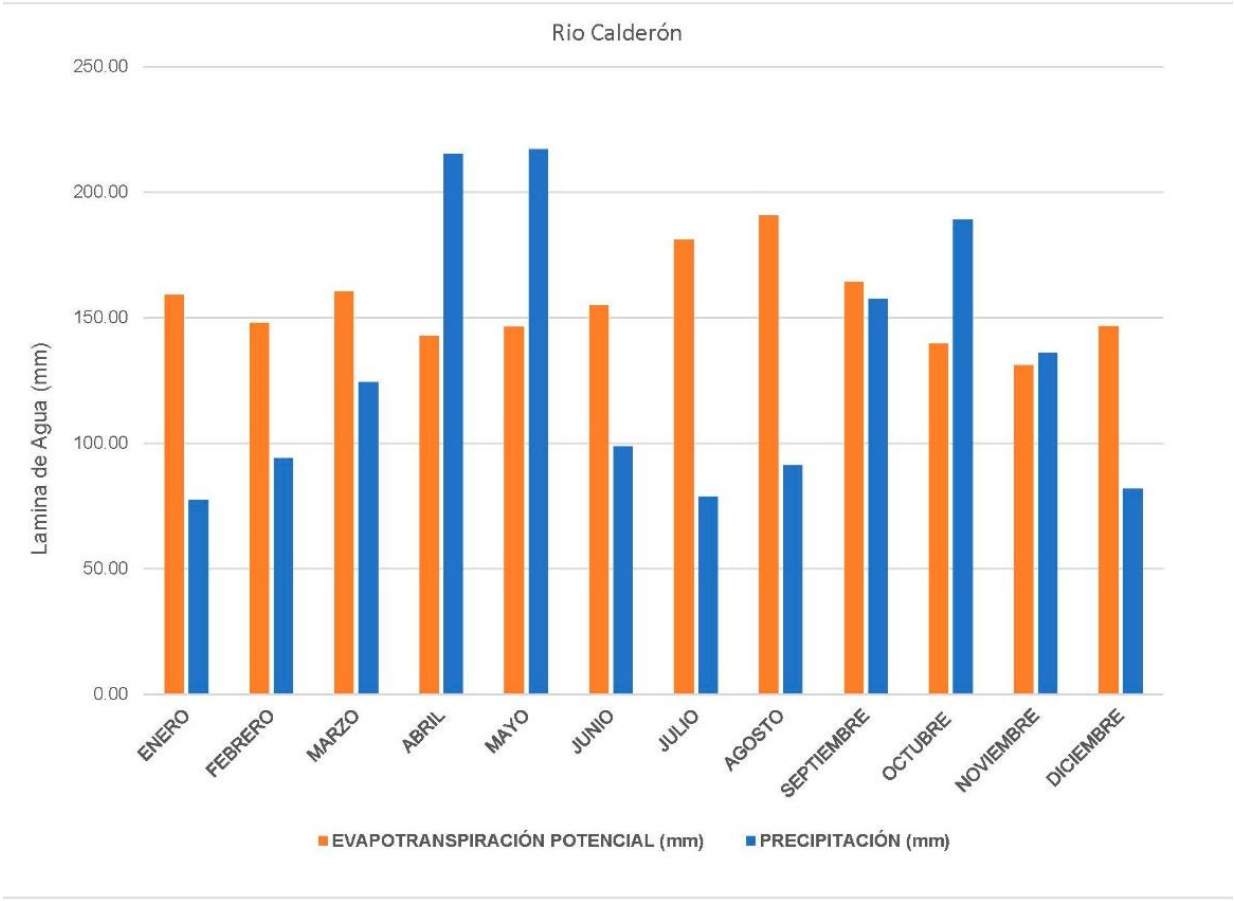
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 114. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada los Monos



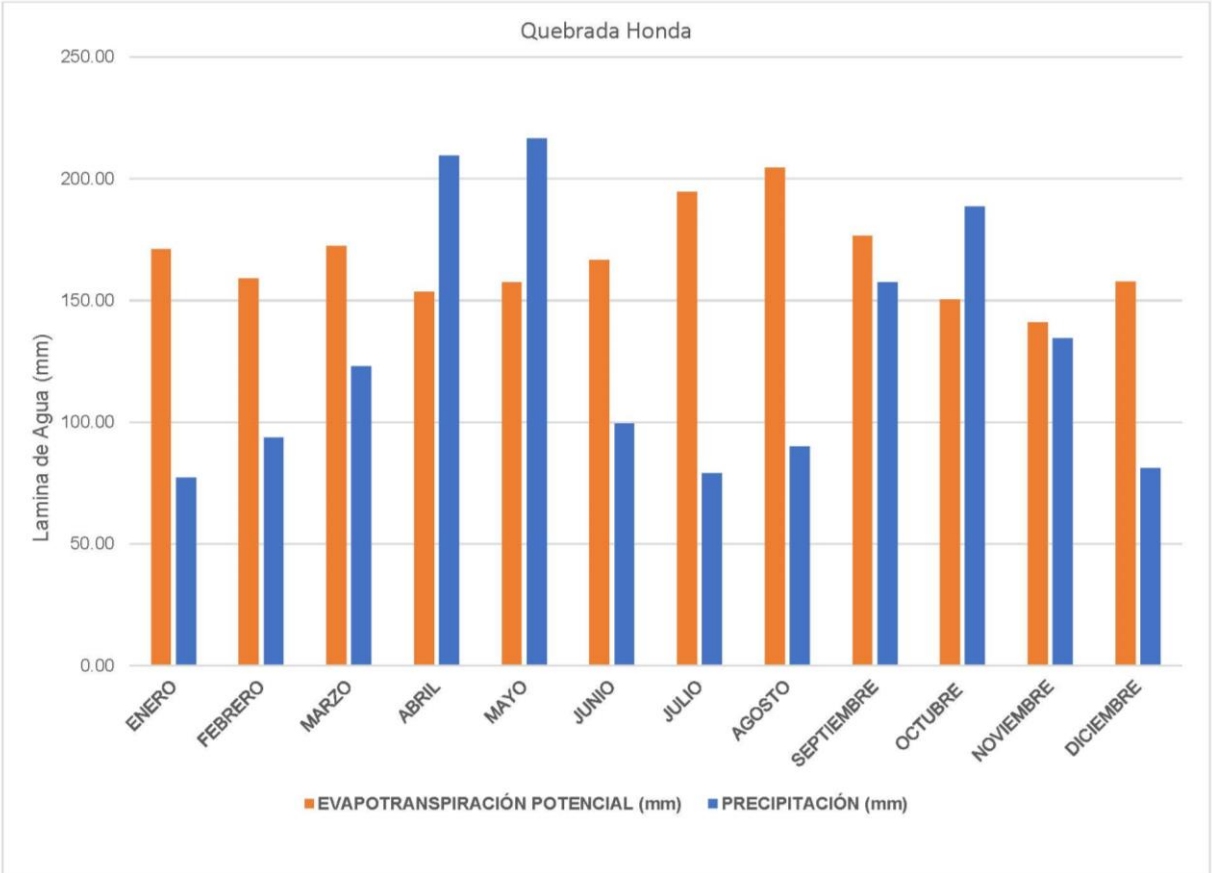
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 115. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Calderón



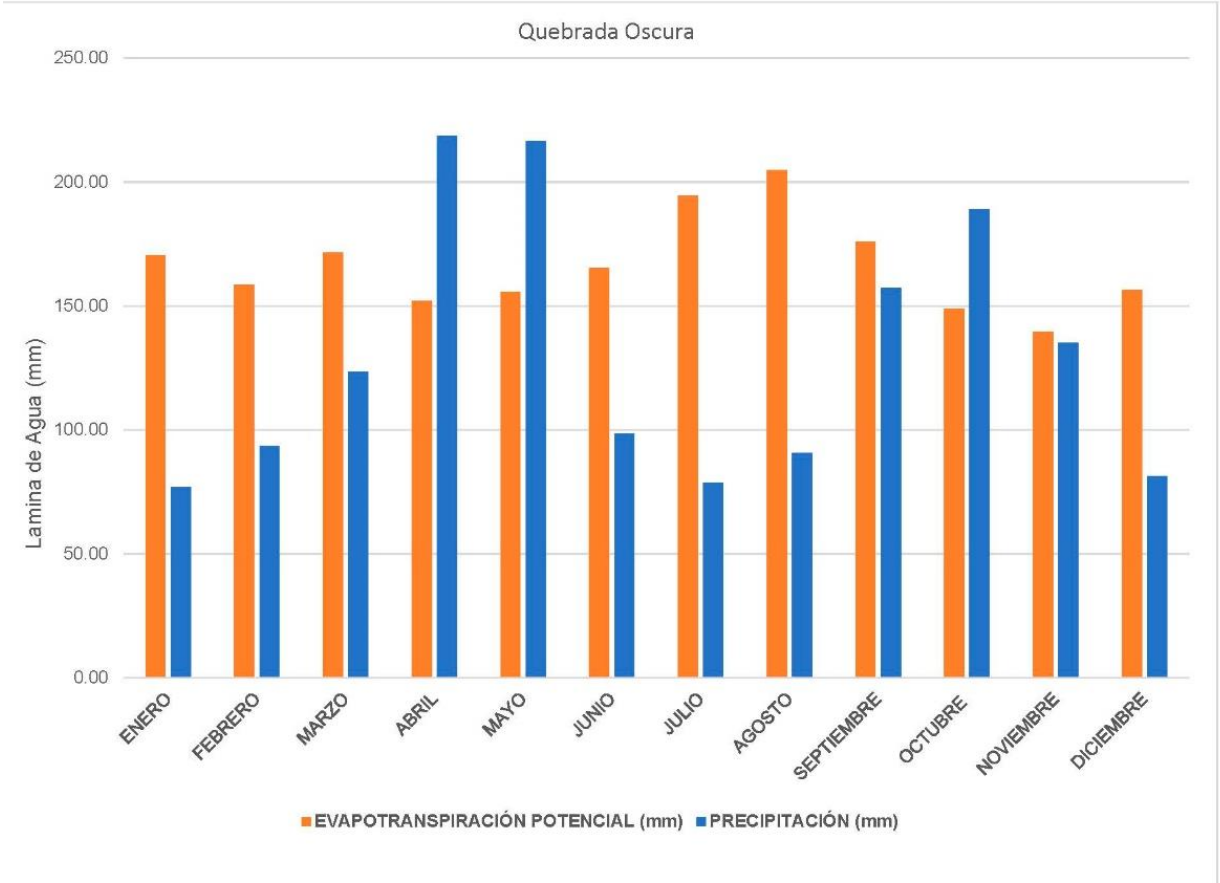
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 116. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Honda



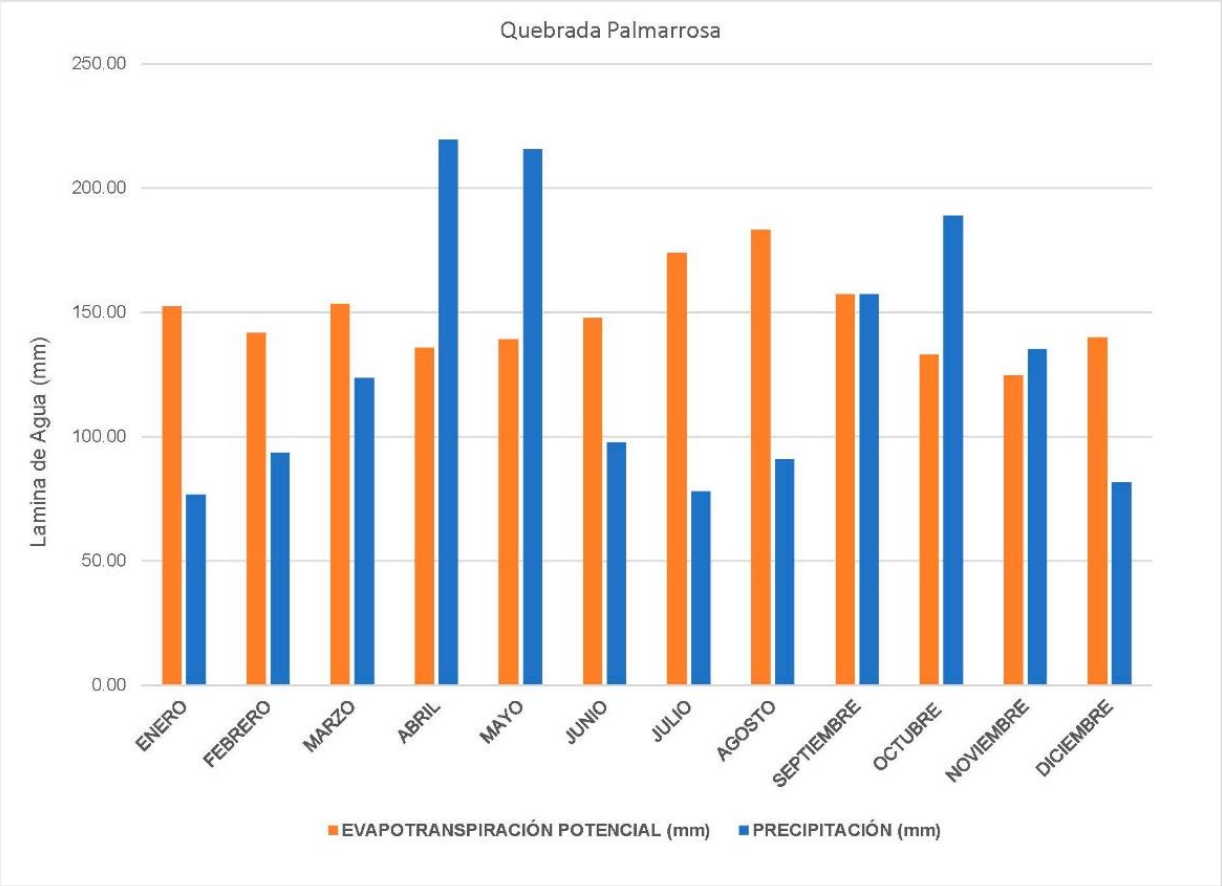
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 117. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Oscura



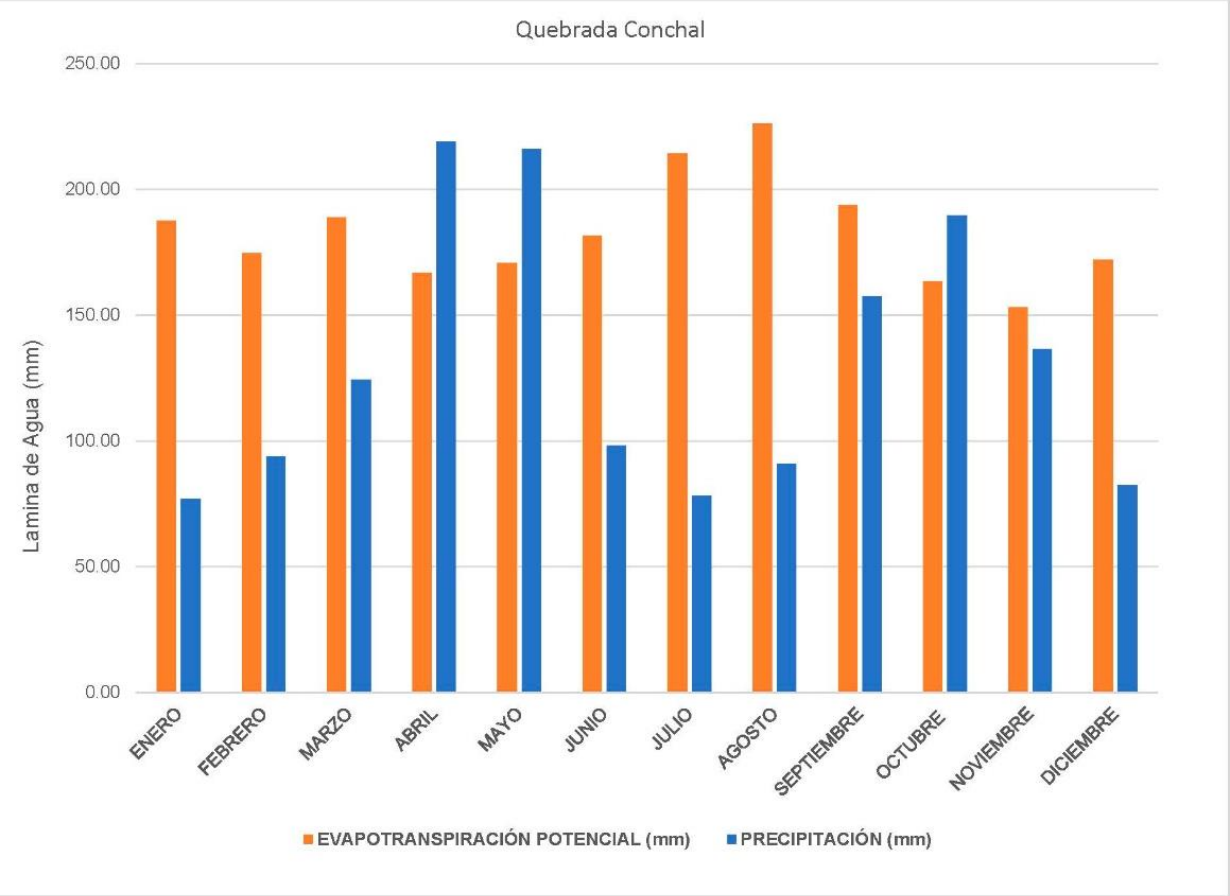
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 118. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Palmarrosa



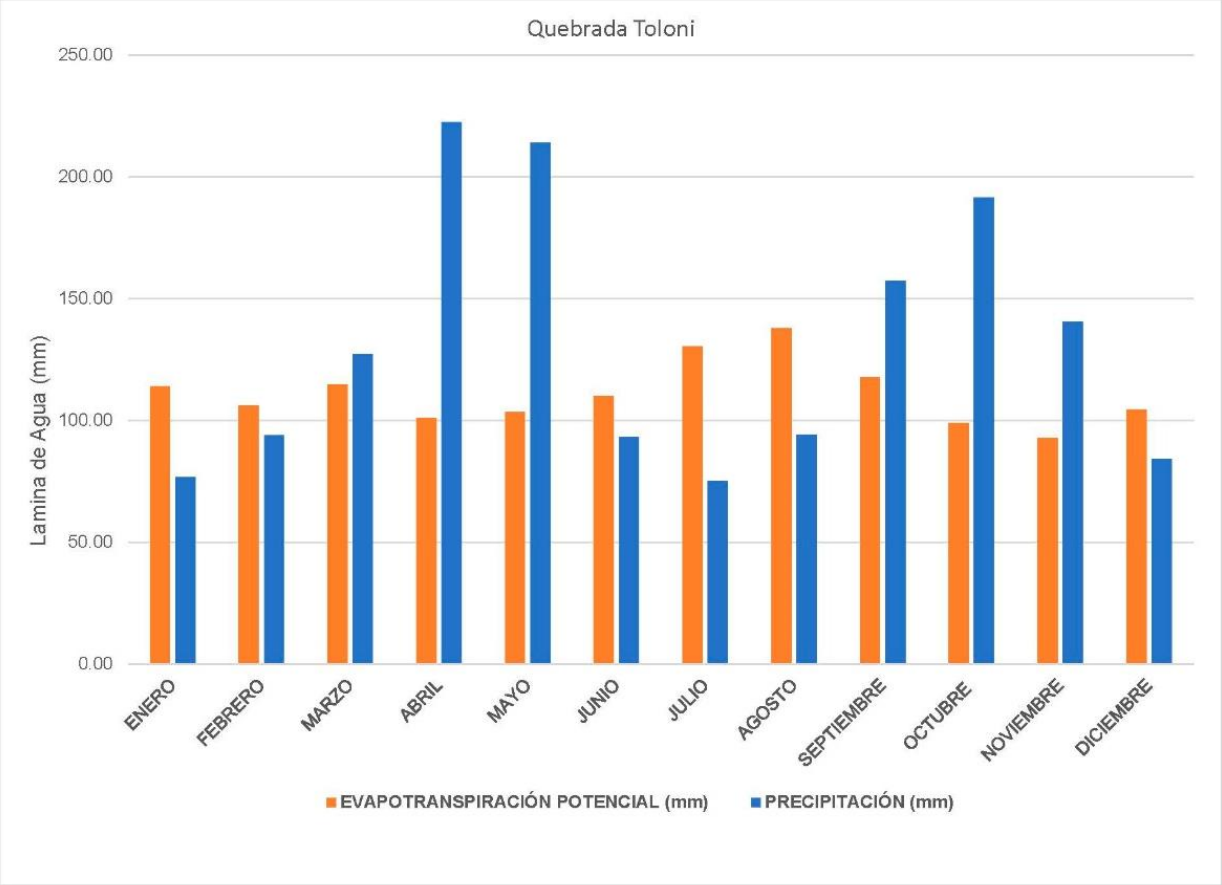
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 119. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Conchal



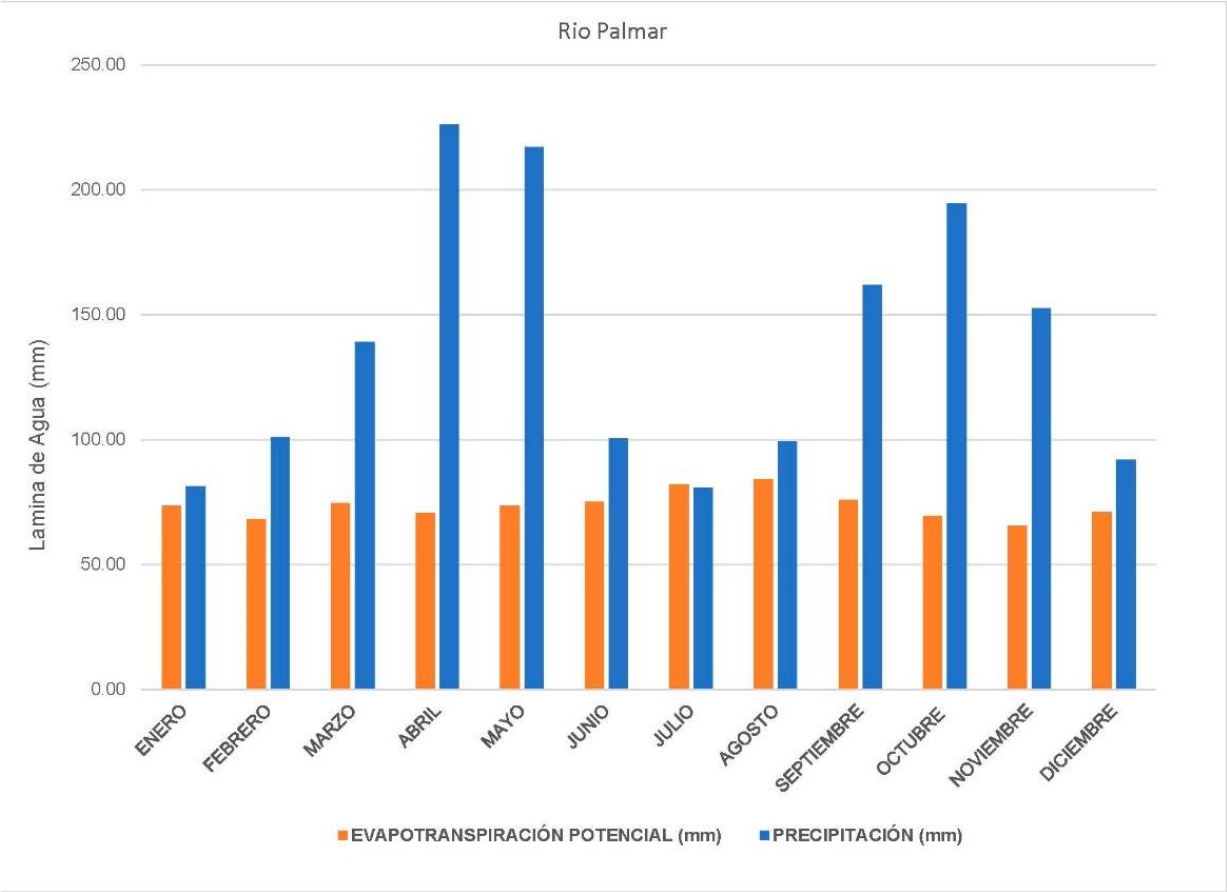
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 120. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Toloni



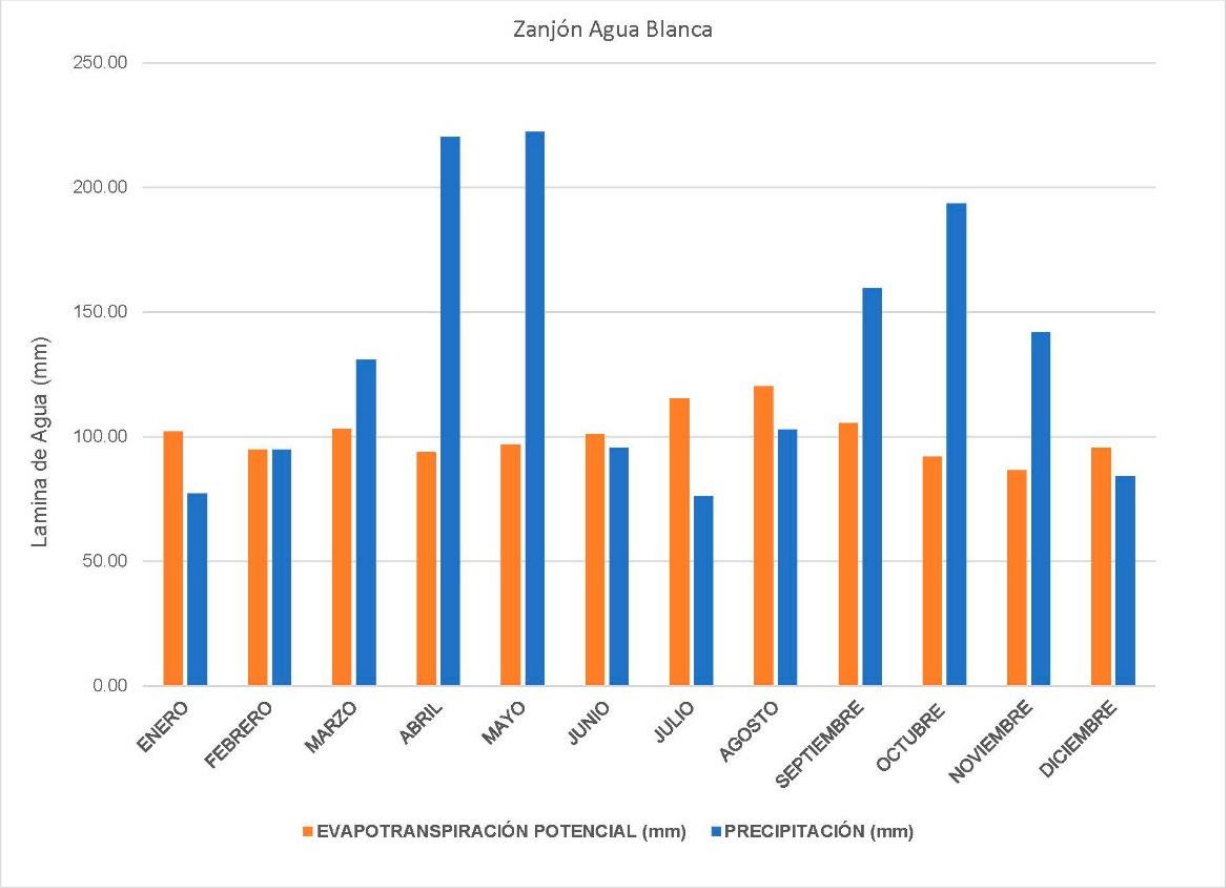
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 121. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Palmar



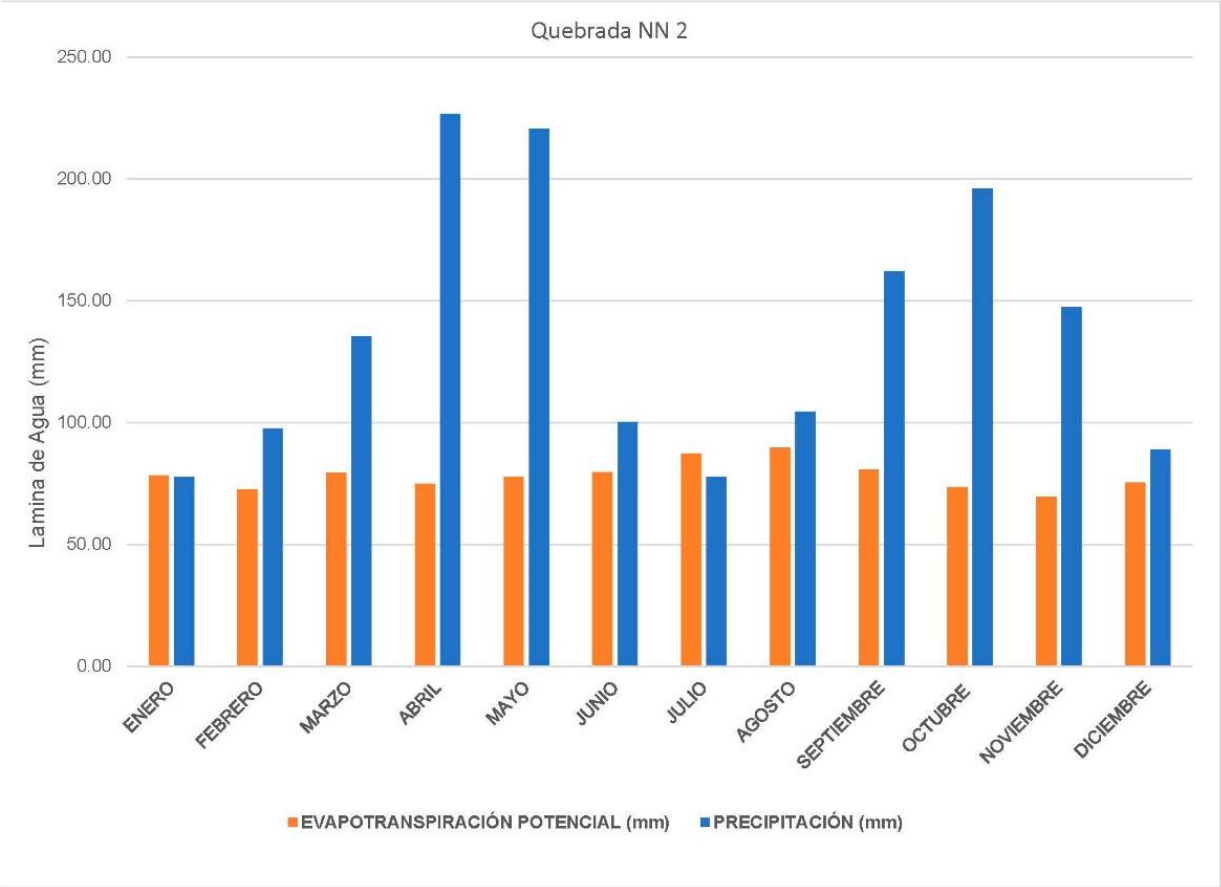
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 122. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca Zanjón Agua Blanca



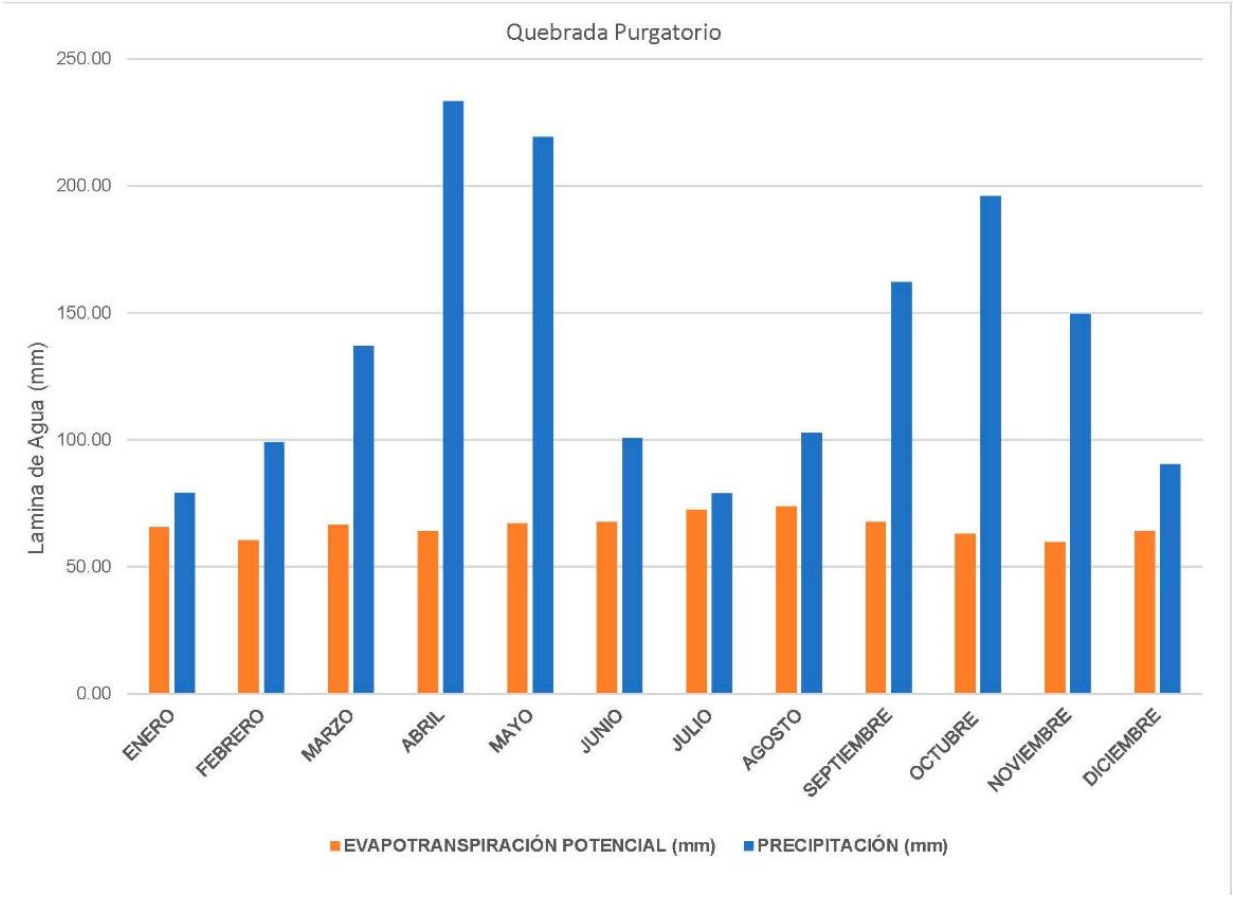
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 123. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN2



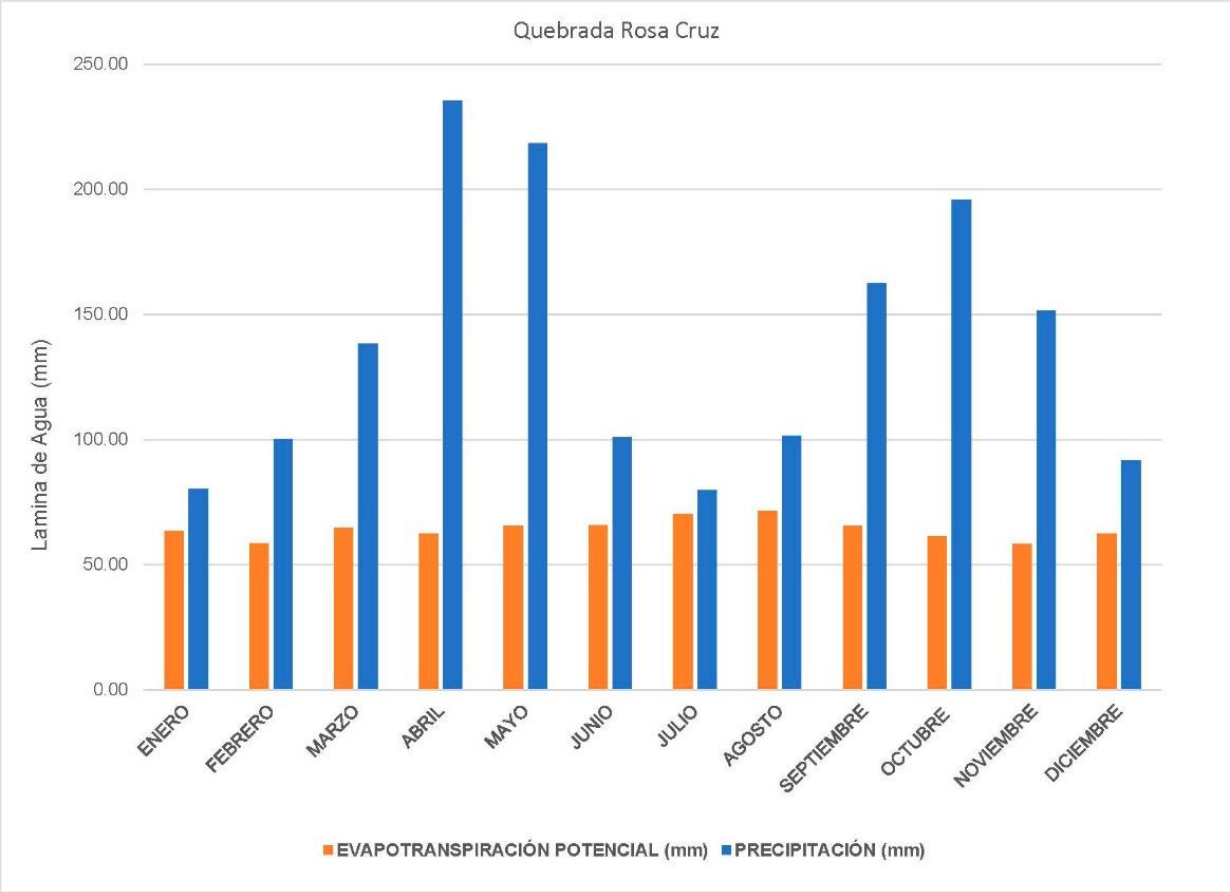
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 124. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Purgatorio



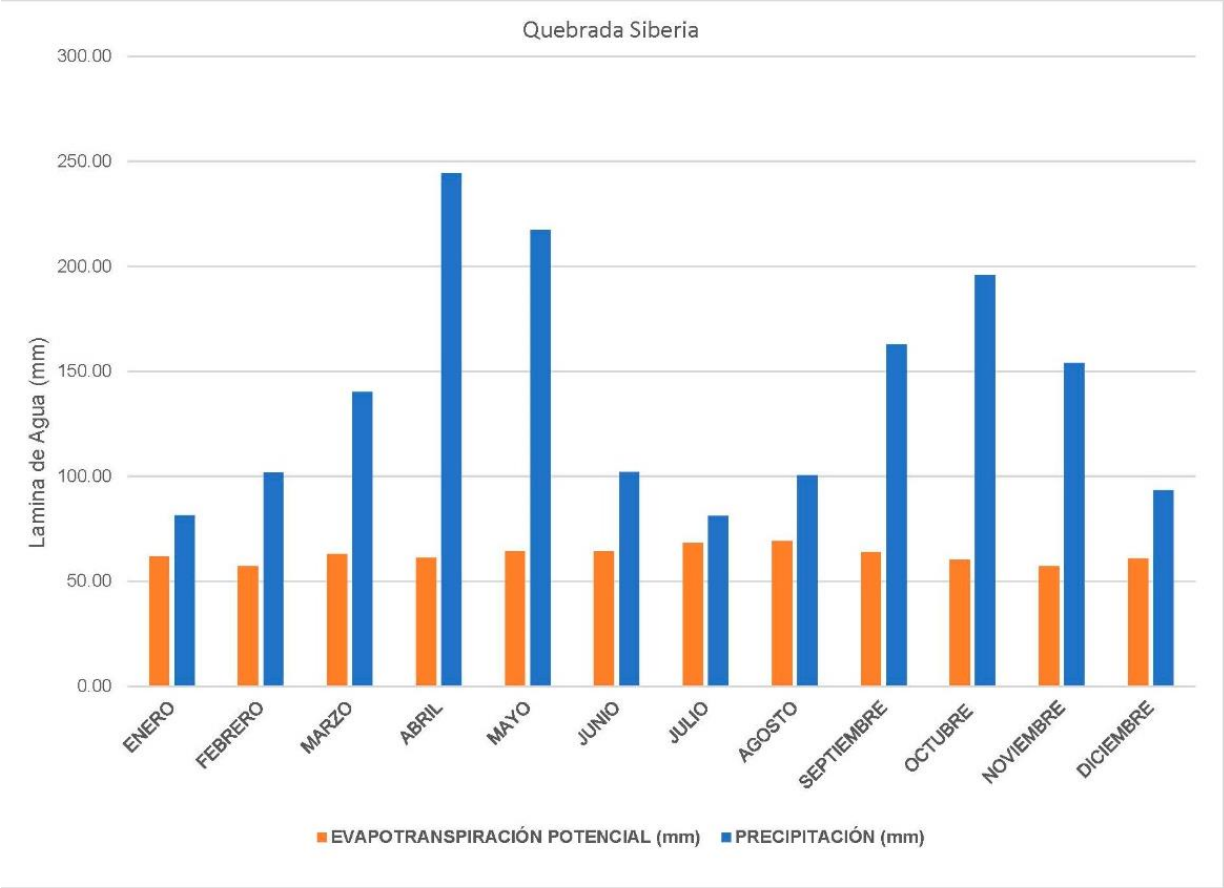
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 125. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Rosa Cruz



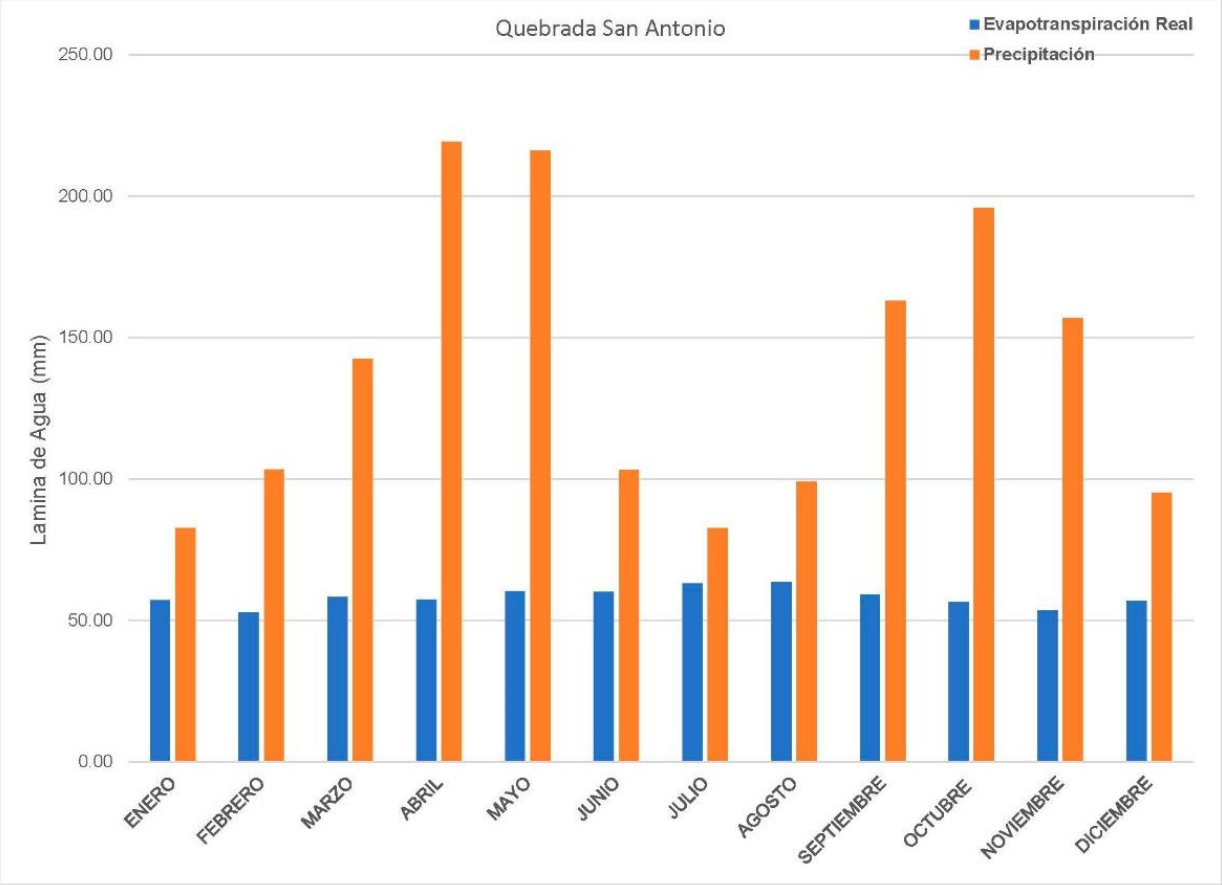
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 126. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Siberia



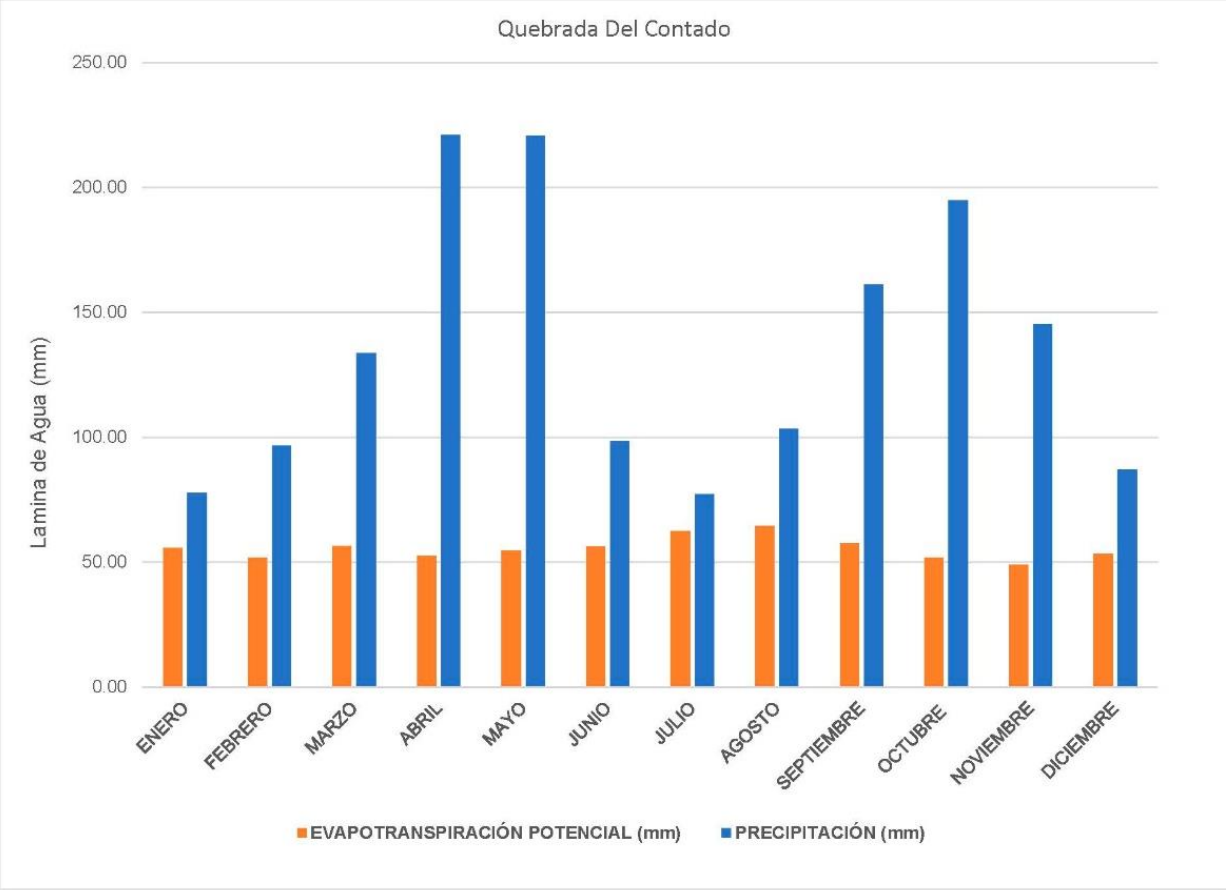
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 127. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada San Antonio



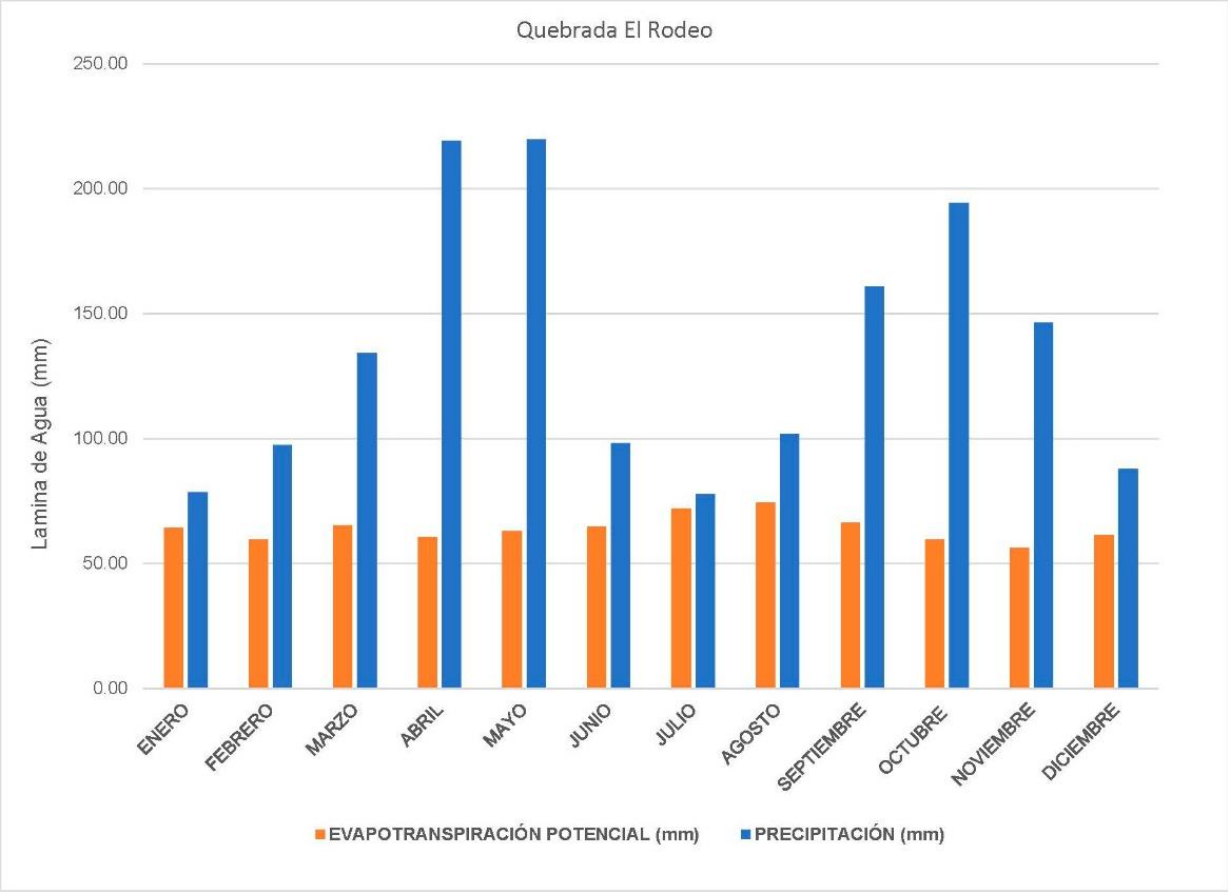
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 128. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada del Contado



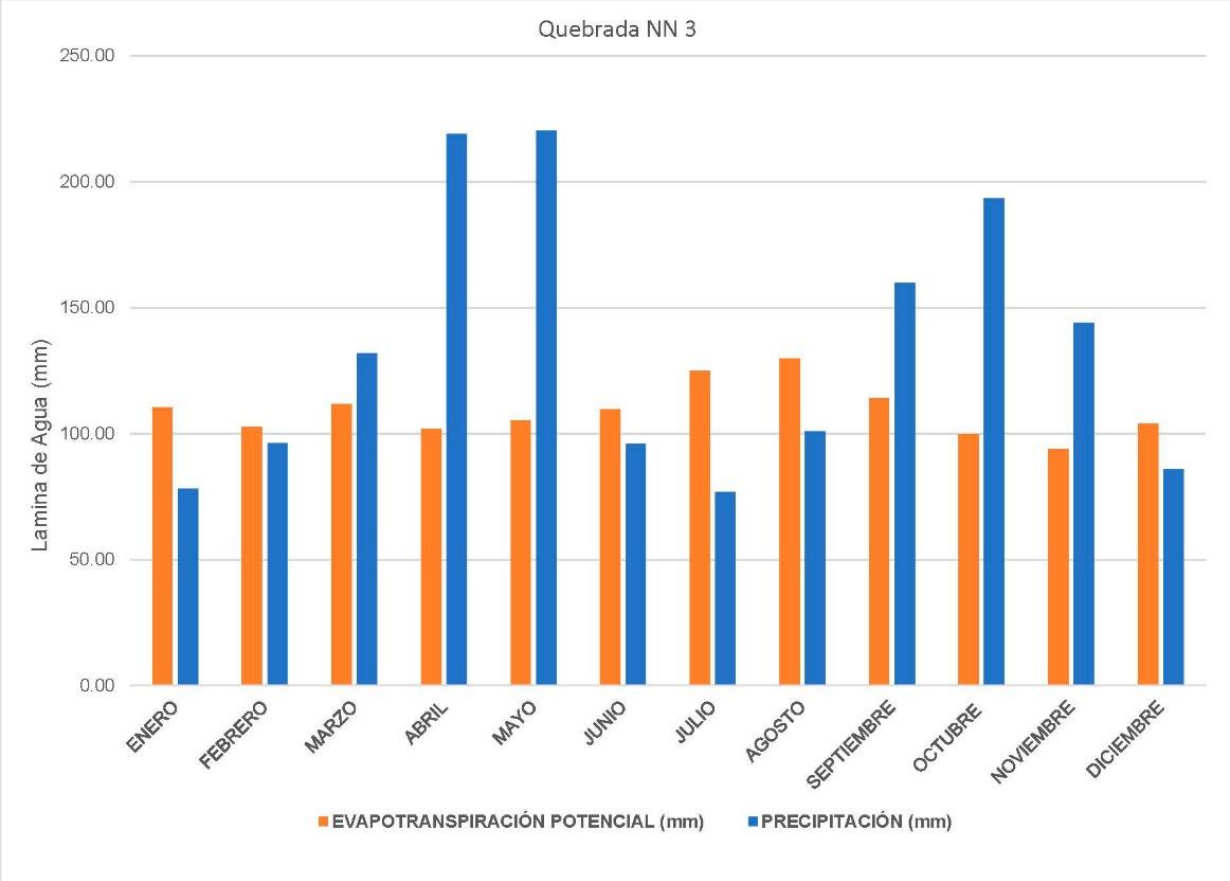
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 129. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada el Rodeo



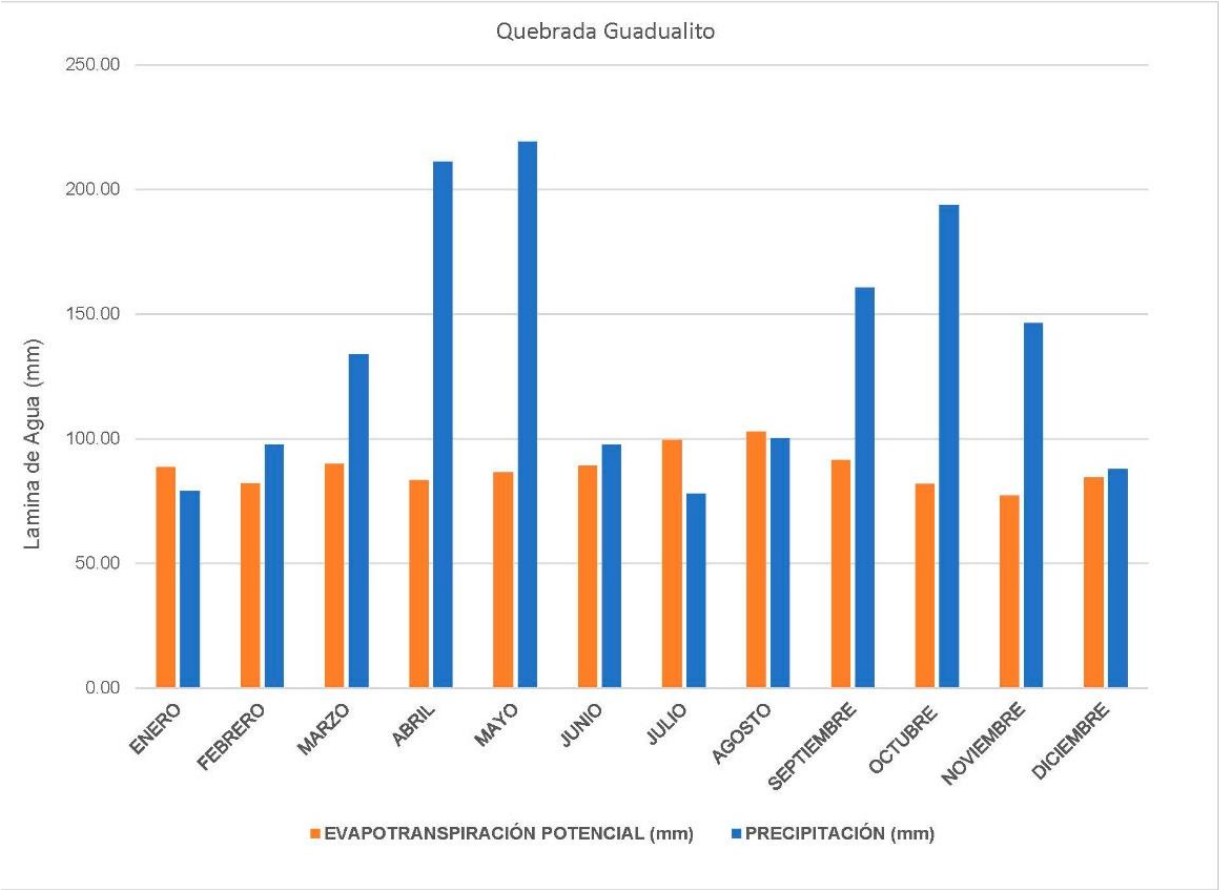
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 130. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN3



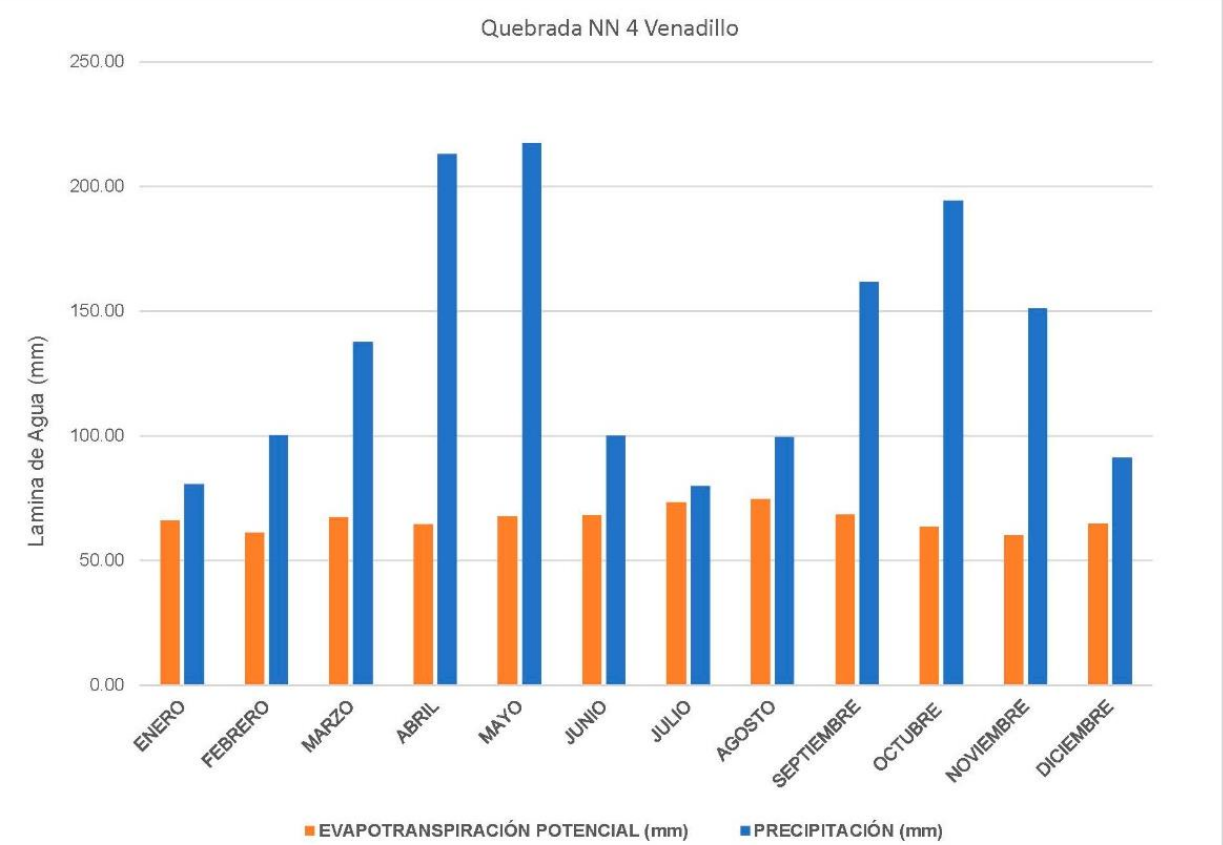
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 131. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Guadualito



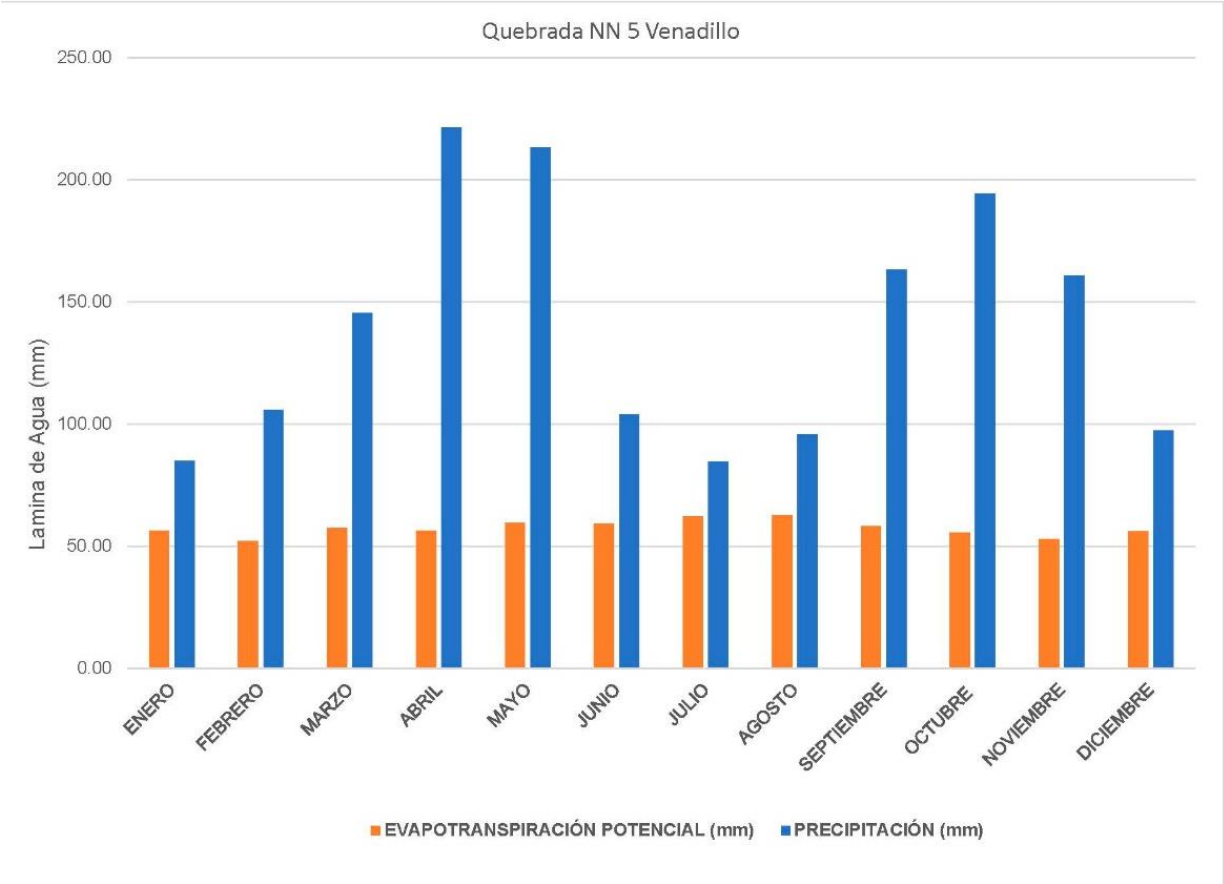
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 132. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN4 Venadillo



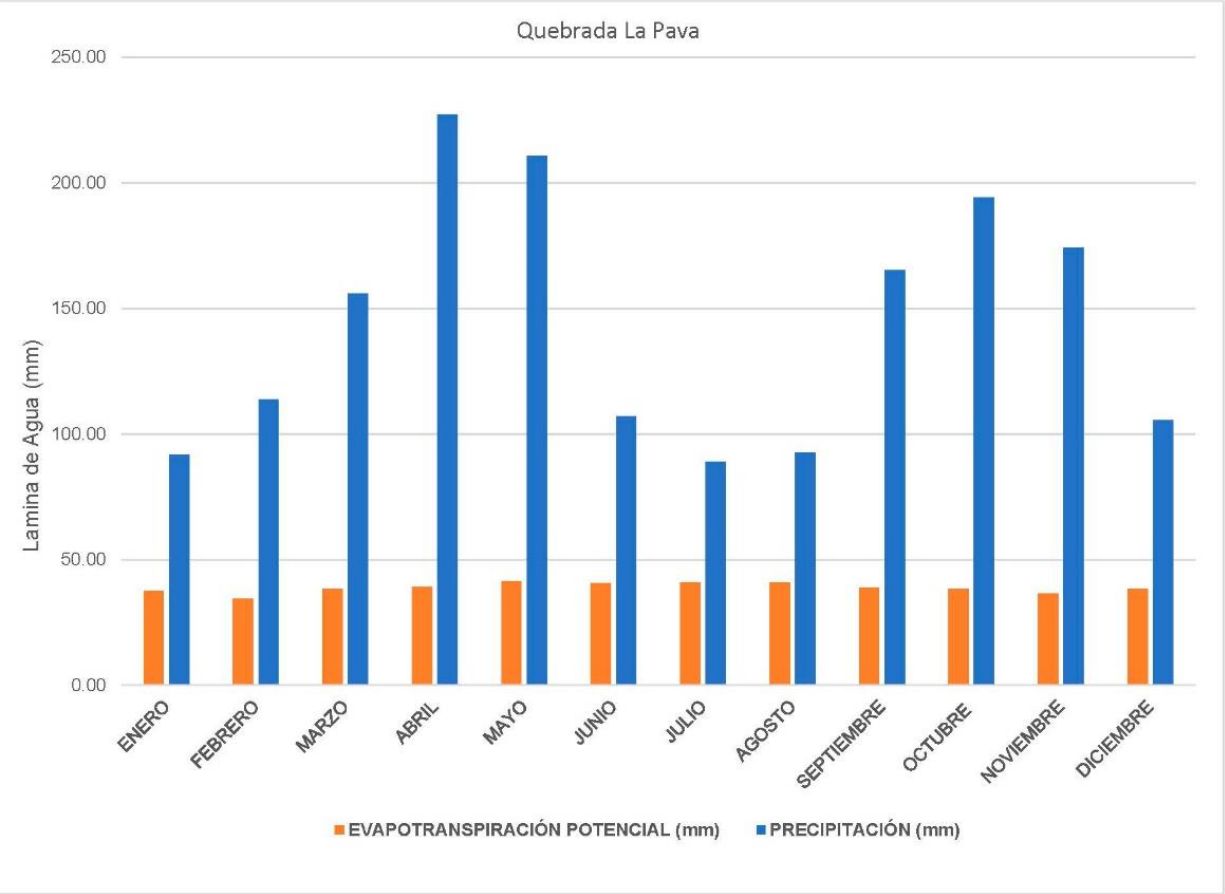
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 133. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN5 Venadillo



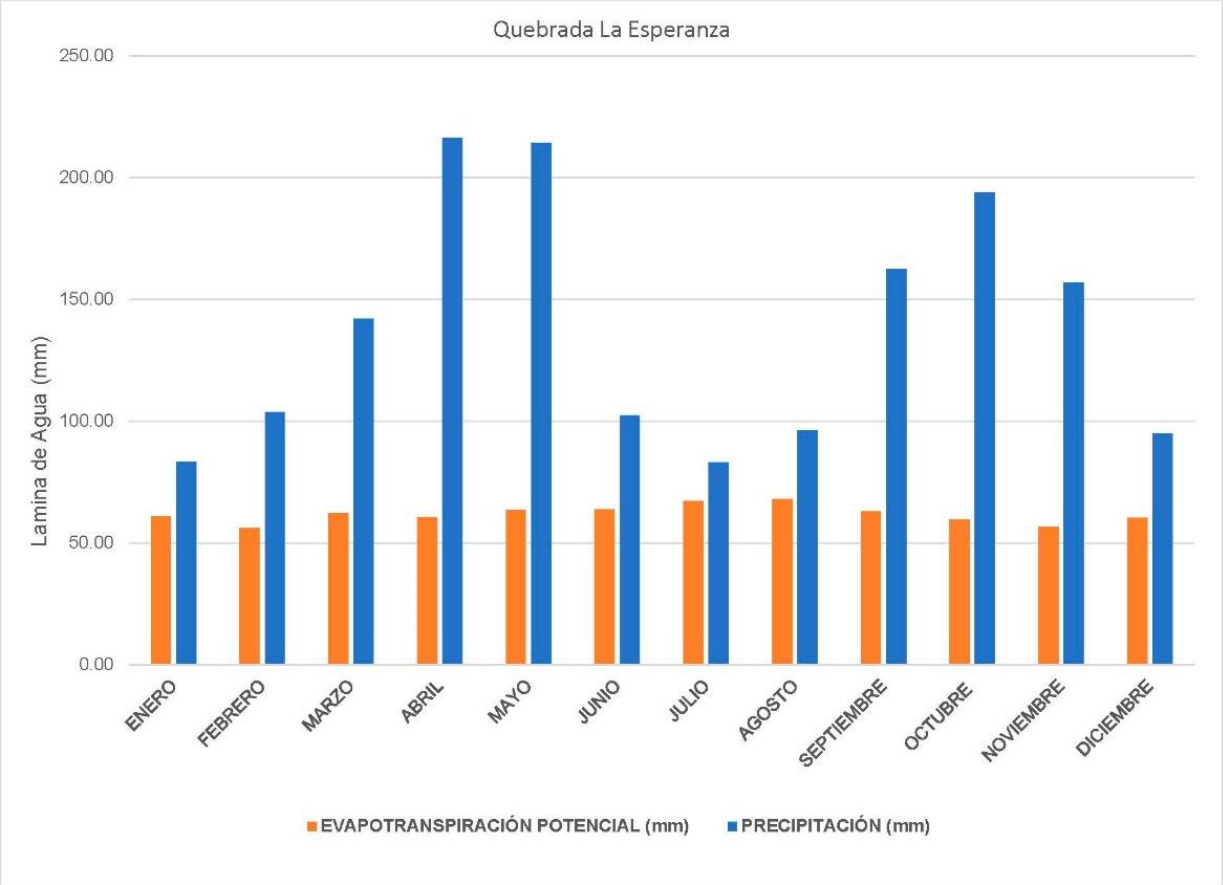
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 134. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Pava



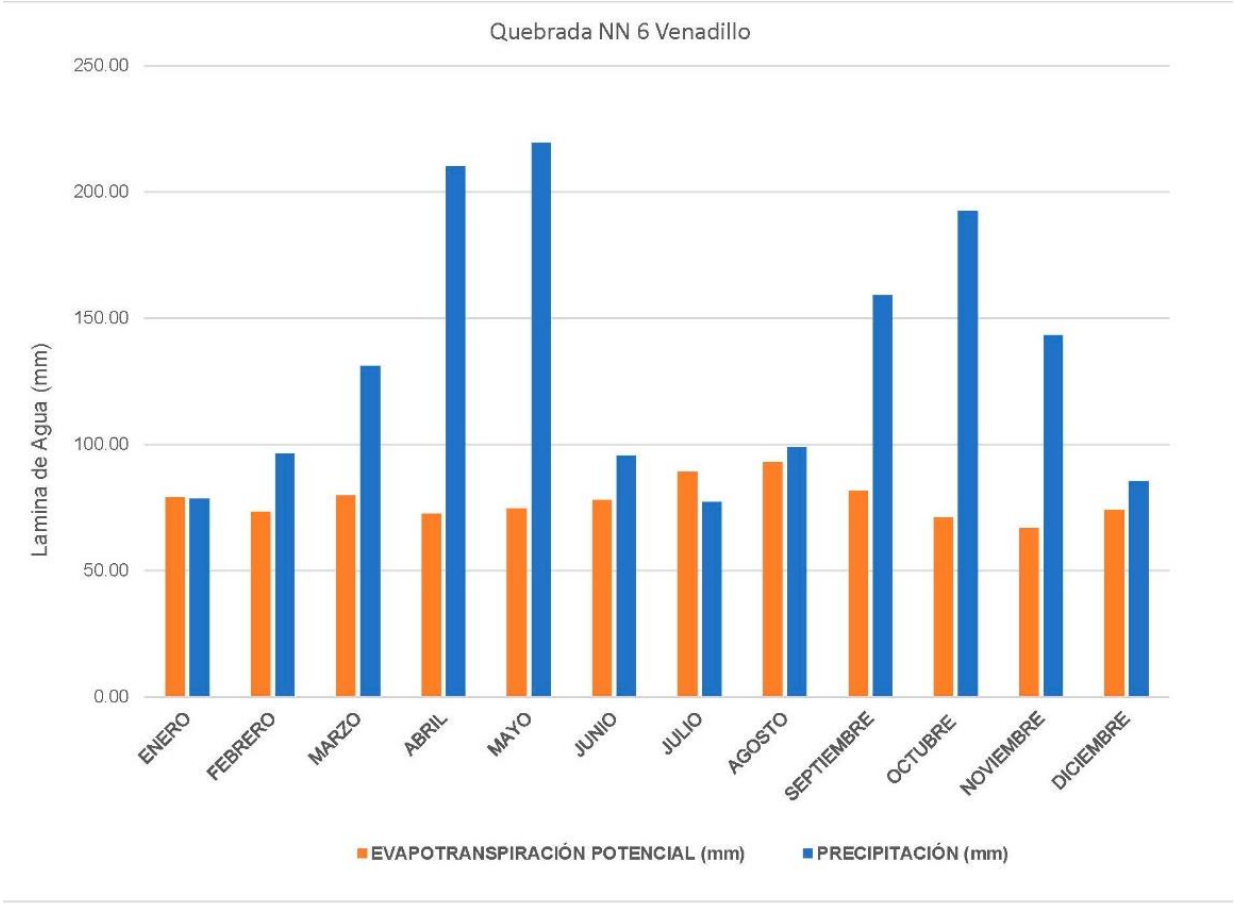
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 135. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada la Esperanza



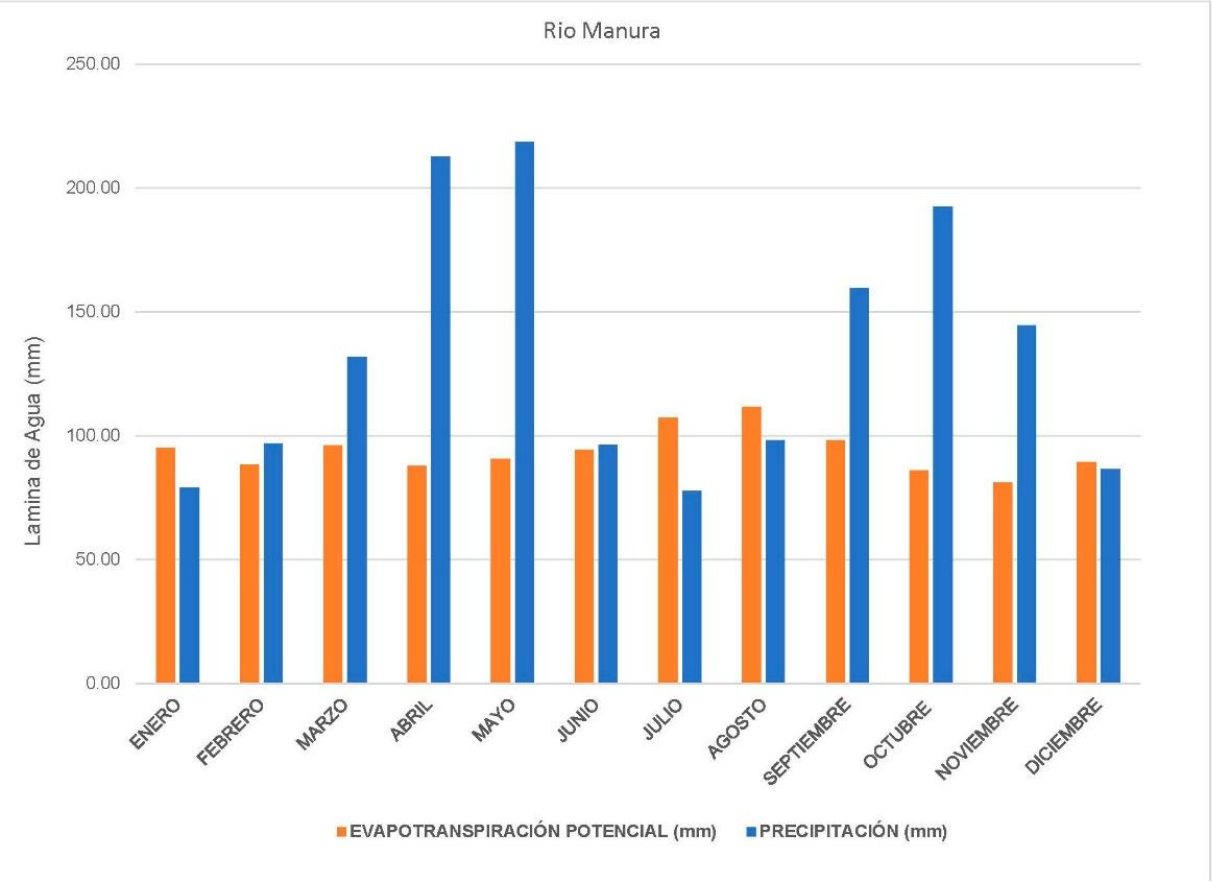
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 136. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada NN6 Venadillo



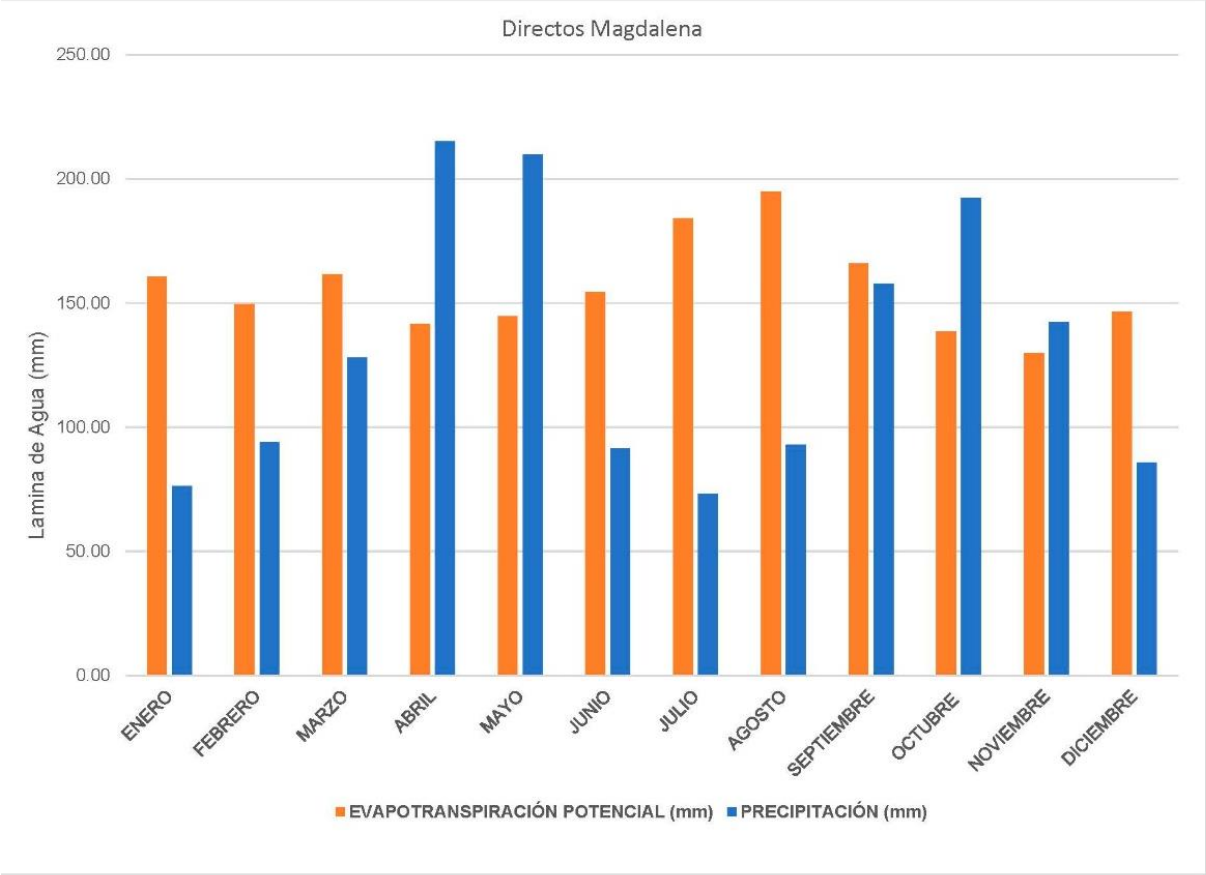
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 137. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca río Manura



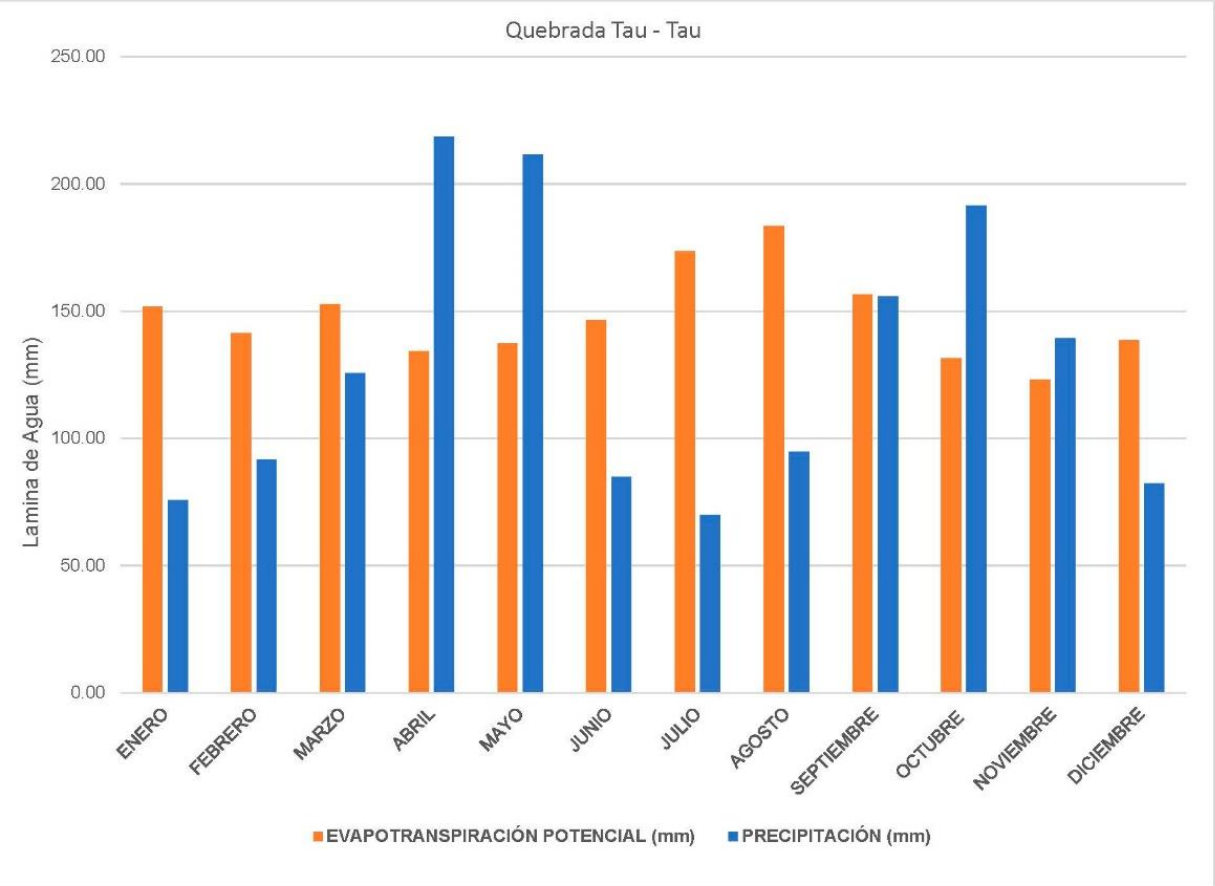
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 138. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca Directos al Magdalena



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 139. Gráfico de excedente y déficit de la subcuenca quebrada Tau-Tau



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En general se evidencia que en toda la zona de estudio se presenta mayor déficit en la parte baja y principalmente en los meses de enero hasta abril. Por el contrario, se presenta mayor excedente en la parte media y alta de la cuenca en su mayoría para los meses entre septiembre y noviembre.

7.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ANUAL Y MENSUAL

La evapotranspiración real es la cantidad de agua, que es efectivamente evaporada desde la capa superficial de suelo y transpirada por las plantas. Para este caso se considera la humedad real en el suelo.

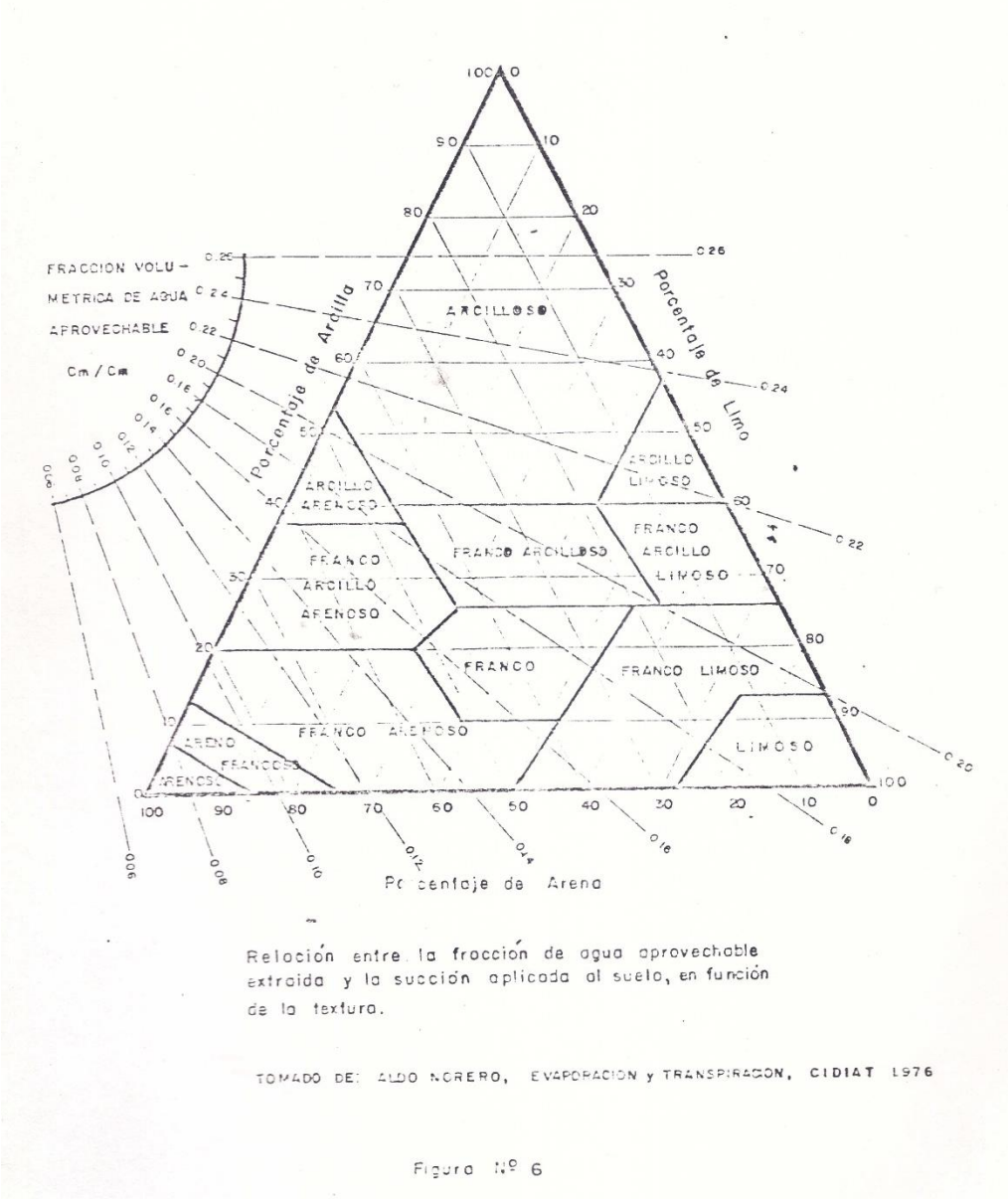
Para un balance hídrico, la evapotranspiración potencial solamente se lleva a cabo cuando el suelo dispone de suficiente agua para suplirla, de manera que en los periodos en que la humedad en el suelo es limitada, el valor de la pérdida de humedad puede ser menos que el calculado como evapotranspiración potencial; eso es lo que se conoce como evapotranspiración real.

Específicamente para un mes, tal valor será la suma de la precipitación efectiva en dicho periodo y la reserva de agua de suelo al inicio del mismo mes. Sólo cuando el valor anterior supera a la evapotranspiración potencial, puede satisfacer ésta y será igual a la real. Por otro lado, para periodos húmedos, dicho exceso puede superar la capacidad de reserva del suelo, y existiría una salida del agua desde el suelo hacia el nivel freático por percolación.

En este caso para calcular la capacidad de almacenamiento del suelo, se tuvieron en cuenta: las diferentes granulometrías presentadas en la zona de estudio, la fracción volumétrica de agua aprovechable, y la profundidad radicular de acuerdo con los cultivos que se presentan.

La fracción volumétrica de agua aprovechable se estimó de acuerdo con el triángulo textural mostrado en la Figura 140. Este parámetro esta dado en milímetros de agua por centímetro de suelo (mm/cm).

Figura 140. Triángulo textural



Relación entre la fracción de agua aprovechable extraida y la succión aplicada al suelo, en función de la textura.

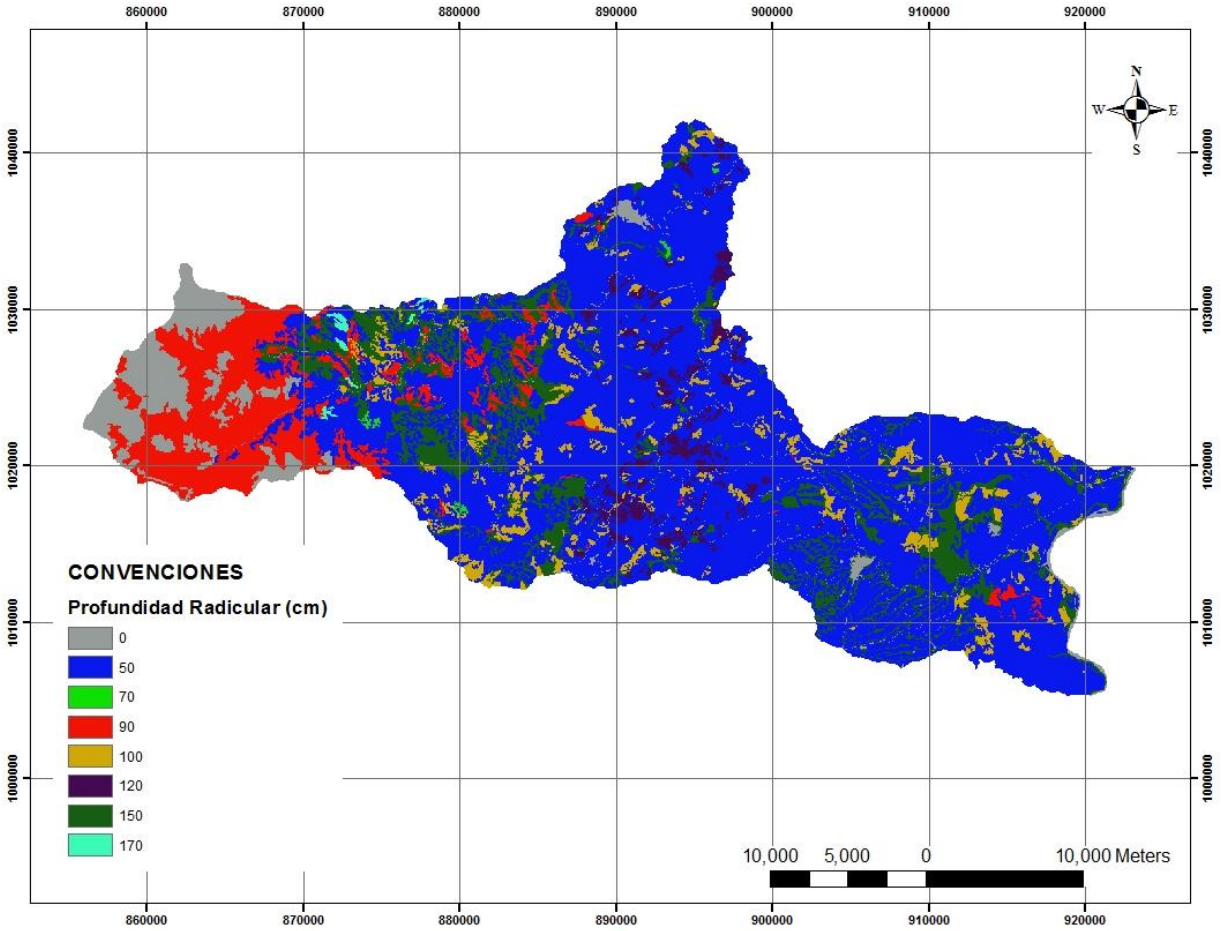
TOMADO DE: ALDO NORERO, EVAPORACION y TRANSPIRACION, CIDIAT 1976

Figura Nº 6

Fuente: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras

Por otra parte, de acuerdo con el mapa de cobertura se estimó un mapa de profundidad radicular (cm) en la zona, en la Figura 141 se presenta el mapa en cuestión.

Figura 141. Profundidad radicular

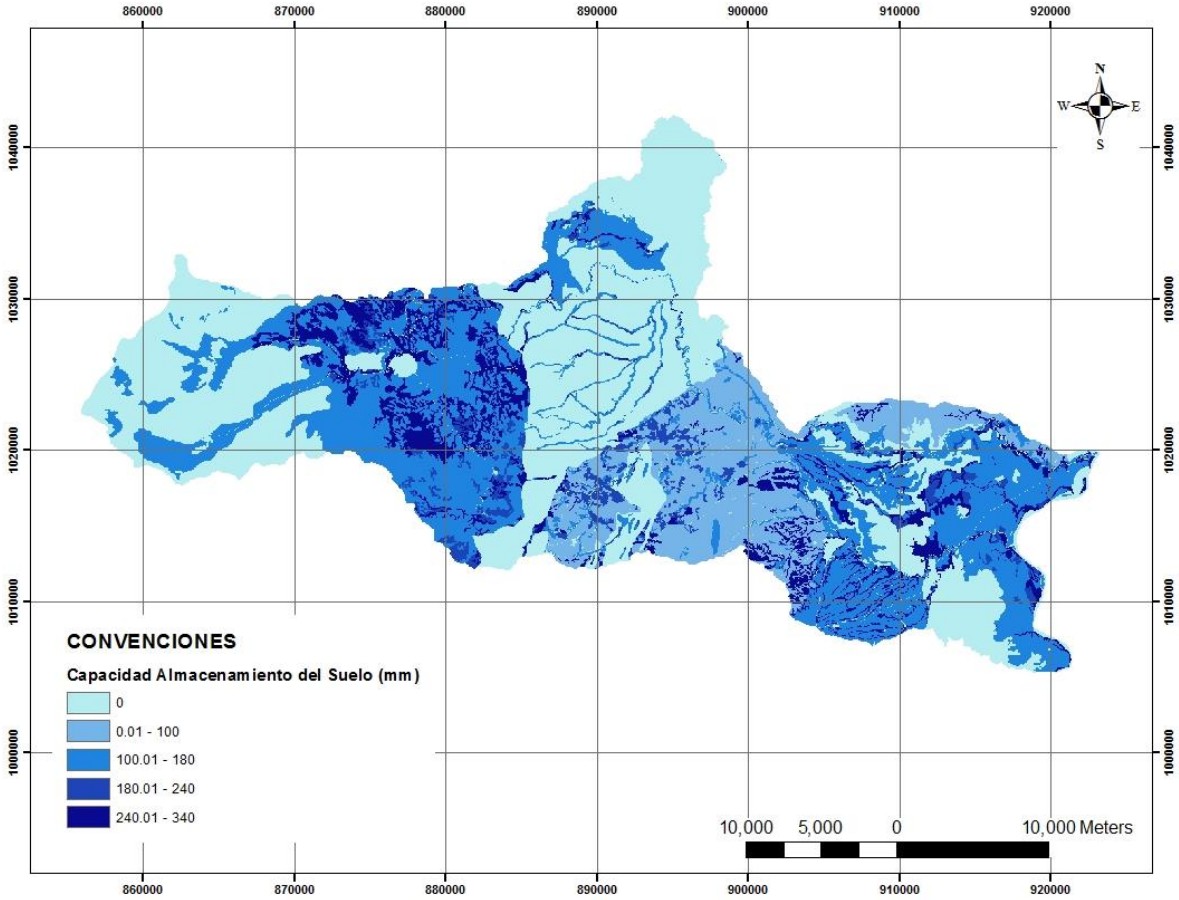


Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

De este modo se tiene que la capacidad de almacenamiento del suelo está dada por la fracción volumétrica de agua aprovechable multiplicada por la profundidad radicular. En la Figura 142 se presenta el mapa generado en milímetros.

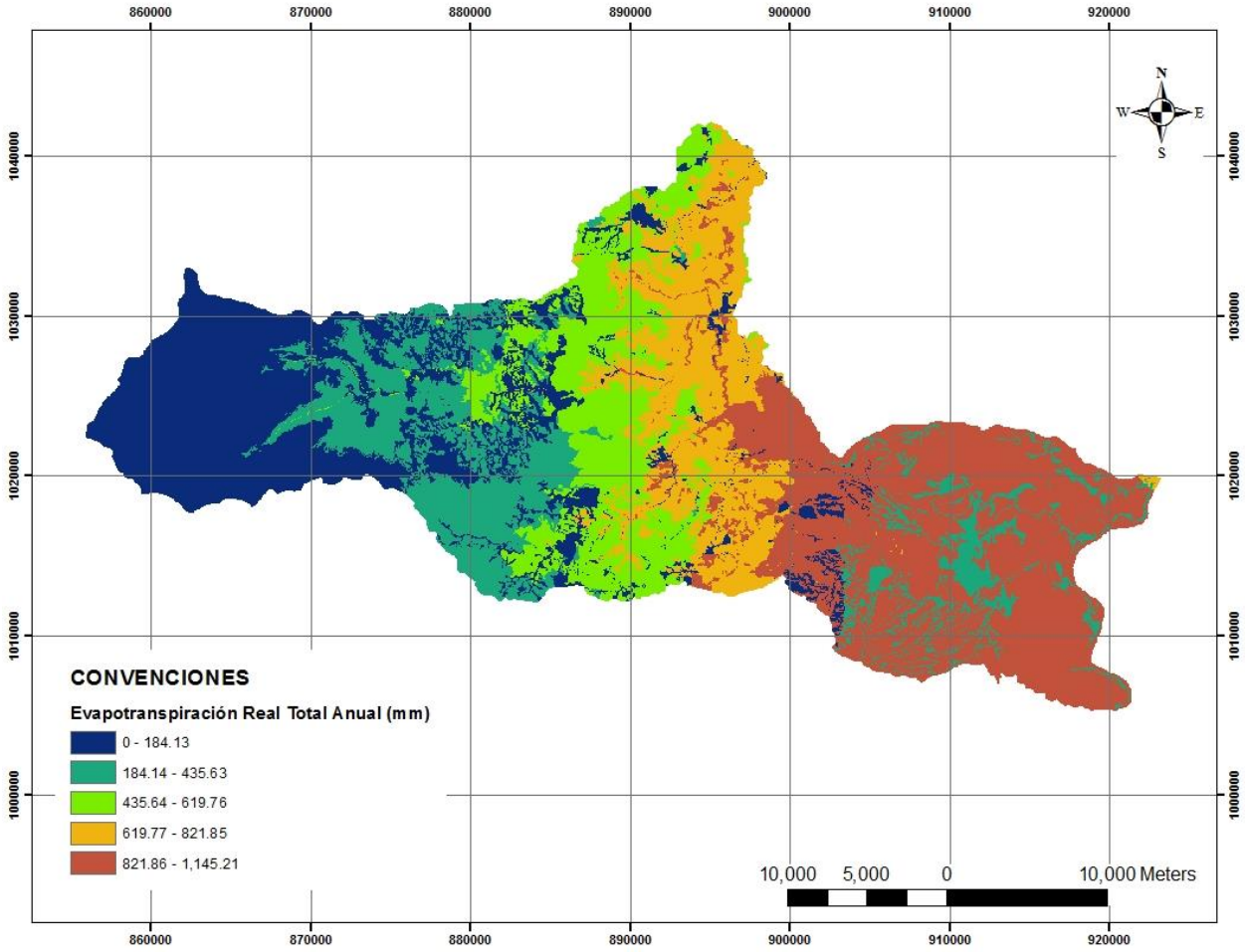
Por último, y teniendo en cuenta lo anterior, se precedió a calcular la evapotranspiración real a nivel mensual y total anual en la zona de estudio. En la Figura 143 y Anexo 7 PLANOS, carpeta Plano No 7, se observa que la evapotranspiración real tiene un mínimo a nivel anual igual a 521 mm en la parte alta y un valor máximo de 1.060 mm en la parte baja; esto último se debe a las altas temperaturas que allí se presentan.

Figura 142. Capacidad de almacenamiento del suelo (mm)



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 143. Isolíneas de evapotranspiración real anual



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

7.5 METODOLOGÍA THORNTWAITE PARA BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico en la zona de proyecto se realiza con el fin de conocer los caudales promedio anuales a largo plazo.

Siguiendo la metodología del balance hídrico de Thorntwaite, a nivel de discretización mensual multianual, y teniendo en cuenta los valores de infiltración (precipitación efectiva en el suelo) y los valores estimados de evapotranspiración potencial, se calculó tanto la reserva de humedad del suelo como el déficit y el excedente de la misma humedad, teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento de humedad, calculada como se describió anteriormente.

De acuerdo con esta metodología de Thorntwaite, el excedente de humedad del suelo en un mes específico, cuando se supera la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, se reparte en un 50 % como agua que percola, convirtiéndose en escorrentía subterránea, y transformándose en escorrentía superficial, y llegando a la corriente respectiva el mismo mes, y el otro 50 % como agua que percola y que refuerza el excedente del mes siguiente, es decir que refuerza el agua subterránea en el nivel freático del siguiente mes; de esta manera, con esta última fracción se tiene en cuenta el proceso lento del agua en su movimiento de percolación en el suelo hasta que se alcanza el nivel freático, y posteriormente su movimiento como escorrentía subterránea hacia la corriente específica transformándose en escorrentía superficial.

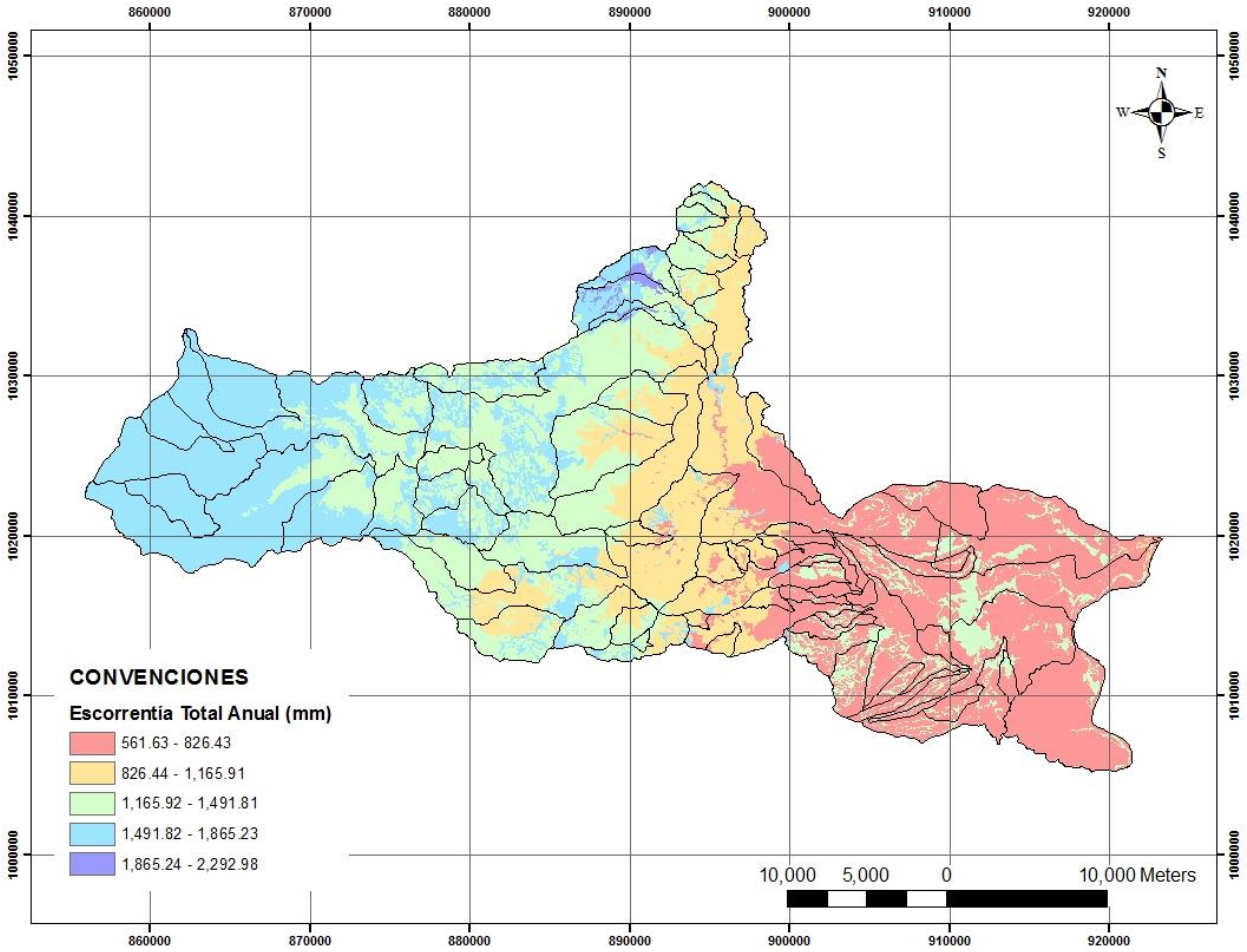
Es verdad que los porcentajes en los balances hídricos para diferir la lámina de agua percolada a lo largo del tiempo suelen ser variables, de acuerdo con las características de los suelos y además con el tamaño de las cuencas consideradas, pero estos porcentajes en la práctica son muy difíciles de determinar. Sin embargo, y siguiendo los lineamientos de la teoría de Thorntwaite, se considera que la proporción mencionada de que el 50 % de los excesos de precipitación se presentan en el mes considerado y que el otro 50 % (escurrimiento subterráneo) es trasladado al mes siguiente, representa valores promedio de características de suelos como los presentados en el área de estudios.

Es claro que en este modelo se tiene en cuenta que existe siempre una conexión entre el nivel freático y la corriente de agua; en caso de que no exista esa conexión, los excedentes del balance hídrico irán a reforzar el agua del nivel freático, y su movimiento se convertirá en escorrentía subterránea que posteriormente podrá convertirse en escorrentía superficial sobre el cauce de otras corrientes que se encuentren a cotas más bajas, pudiendo eventualmente ser utilizada como agua subterránea mediante su explotación por pozos.

Por lo tanto, para este modelo la escorrentía superficial es la diferencia entre la precipitación total determinada espacialmente a partir del cálculo de las isoyetas y el agua que se infiltra a lo largo de toda la hoya.

En el Anexo 7 PLANOS, carpeta Planos No. 10 se presentan los valores de escorrentía total a nivel mensual y total anual. Así mismo, en la Figura 144 se representa este último cálculo, donde el valor total oscila entre los 561,6 mm y los 2.292,98 mm.

Figura 144. Escorrentía total anual de la cuenca en estudio



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Los caudales que se obtengan a partir de este modelo se deben validar con datos de caudales conocidos registrados en una estación hidrológica. Para ello se escogió la estación limnigráfica La Nueva, ubicada sobre la corriente del río Recio, la cual cuenta con las siguientes características (Tabla 43):

Tabla 43. Estación limnigráfica empleada para la validación del balance hidrológico

Código	Te	Nombre De Estación	Corriente	Dpto.	Municipio	Coordenadas		Información Disponible En	Estado
						Lat.	Long.		
2125 7100	LG	LA NUEVA	RECIO	TOLIMA	LERIDA	4°47' N	74°58' W	IDEAM	ACT

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Para el cálculo de los caudales promedio en el punto donde está ubicado la estación limnigráfica, se llevó a cabo la sumatoria de los valores de escorrentía total (mm) en cada una de las celdas que compone el raster de cada mes y el total anual, advirtiendo que dicho valor es pasado a metros para mantener el orden en las unidades. Una vez obtenido este valor, se multiplicó por el área de una celda, que en este caso es de 12,5 x 12,5 m; para finalmente dividir este volumen entre el número de segundos de cada mes y de un año, con lo que se determina el valor de los caudales promedio a partir del modelo planteado.

En la Tabla 44 se incluyen los valores caudal medio anual, determinando el volumen generado en la hoya y el caudal medio en la zona de localización de la estación La Nueva.

Tabla 44. Validación del balance hídrico (valores en m^3/s)

	Caudales Estación La Nueva Vs Modelo												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Q Medio Observado	18,47	18.86	21	27	31.36	26.32	20.5	17.8	19.77	23.8	27.5	23.33	22.97
Q Medio Calculado En La Estación	18,87	20.21	20.7	28.4	29.38	27.11	21.31	19.5	20.18	25.36	29.48	24.02	22.59
ERROR (%)													1,65

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Como se puede observar se obtiene un error del 1,65 % en el cálculo del caudal con respecto al observado, por ser un error tan bajo se considera que el método utilizado para el balance hídrico es acertado.

Por otro lado, mediante la prueba de Chi Cuadrado (Referencia Bibliográfica: Schaums's Ouline Series, Theory and Problems of Statistics, McGraw – Hill, 1.972), se encontró que el valor de este parámetro para los doce meses del año (diferencias entre valores observados y calculados) es igual a 1,09. A los niveles de significancia de 0,05 y 0,01 (Chi $Cuadrado_{0.95}$ y Chi $Cuadrado_{0.99}$, respectivamente), este valor mencionado es menor que los valores requeridos por la prueba de Chi Cuadrado para ser aceptada o rechazada. Por lo tanto, se aprueba la hipótesis de que los valores calculados son adecuados esos niveles de significancia.

7.6 CAUDALES MEDIOS A NIVEL MENSUAL Y ANUAL PARA CUENCAS, SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS ABASTECEDORAS DE ACUEDUCTOS DE CENTROS POBLADOS Y CENTROS URBANOS

Los caudales calculados a partir del modelo del balance hídrico, se presenta a continuación para las cuencas del Río Recio y río Venadillo, el balance hídrico correspondiente a las subcuencas y a las microcuencas abastecedoras de acueductos de centros poblados, por ser una gran cantidad de subcuencas, se presentan en el Anexo 6. BALANCE HÍDRICO (Tabla 45).

Tabla 45. Caudales Medios a nivel mensual para las subcuencas en estudio

Código	Nombre Cuenca	Área (Km²)	Caudal Medio Disponible (m³/s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2125-01.1	Río Recio	734,925	17,93	20,95	24,15	36,49	38,74	26,84	19,73	18,48	26,19	32,55	32,38	22,20	26,39
2125-01.2.10.1	Quebrada Los Monos	9,00	0,14	0,16	0,17	0,23	0,23	0,15	0,14	0,15	0,20	0,21	0,18	0,14	0,18
2125-01.2.2	Rio Palmar	18,69	0,31	0,36	0,38	0,57	0,64	0,41	0,33	0,33	0,43	0,50	0,47	0,34	0,42
2125-01.2.9	Rio Manura	3,92	0,06	0,07	0,08	0,10	0,10	0,07	0,06	0,07	0,09	0,09	0,08	0,06	0,08
2125-01.2.10	Quebrada Galapo	8,53	0,13	0,16	0,16	0,22	0,22	0,15	0,13	0,14	0,19	0,20	0,18	0,13	0,17
2125-01.1.14	Quebrada Gallego	4,79	0,07	0,09	0,09	0,13	0,13	0,08	0,07	0,08	0,10	0,11	0,10	0,07	0,09
2125-01.1.13	Rio La Yuca	62,95	1,34	1,56	1,78	2,82	2,92	1,87	1,39	1,26	1,86	2,33	2,42	1,62	1,93
2125-01.1.3	Quebrada La Honda	22,00	0,43	0,48	0,51	0,85	1,07	0,67	0,48	0,45	0,55	0,75	0,78	0,51	0,63
2125-01.1.7	Quebrada El Oso	17,12	0,65	0,76	0,84	1,21	1,27	0,99	0,75	0,71	0,95	1,11	1,10	0,81	0,93
2125-01.1.13.3	Quebrada El Corazón	11,82	0,27	0,34	0,41	0,61	0,57	0,37	0,27	0,24	0,43	0,52	0,52	0,35	0,41
2125-01.1.3.2	Quebrada Las Perlas	2,06	0,04	0,05	0,06	0,10	0,12	0,07	0,05	0,05	0,06	0,09	0,09	0,06	0,07
2125-01.1.3.4	Quebrada El Aguador	5,85	0,13	0,15	0,18	0,29	0,34	0,22	0,15	0,13	0,18	0,26	0,26	0,17	0,21
2125-01.1.4.1	Quebrada San Juan	7,98	0,22	0,27	0,34	0,49	0,55	0,37	0,23	0,20	0,31	0,45	0,46	0,31	0,35
2125-01.2.14	Quebrada Palmarrosa	14,87	0,22	0,27	0,28	0,38	0,38	0,26	0,23	0,24	0,32	0,35	0,30	0,23	0,29
2125-01.2.14.1	Quebrada Conchal	4,11	0,06	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,09	0,10	0,08	0,06	0,08
2125-01.2.14.2	Quebrada Toloni	2,38	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05
2125-01.2.13	Quebrada Oscura	3,68	0,06	0,07	0,07	0,10	0,09	0,06	0,06	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,07
2125-01.2.11	Rio Calderón	3,53	0,05	0,06	0,07	0,09	0,09	0,06	0,05	0,06	0,08	0,08	0,07	0,05	0,07
2125-01.2.3	Quebrada Guadualito	2,62	0,04	0,05	0,05	0,07	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05
2125-01.2.7	Quebrada La Esperanza	2,10	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
2125-01.2.4	Quebrada NN 4 Venadillo	2,56	0,04	0,05	0,05	0,07	0,08	0,05	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05
2125-01.2.6	Quebrada La Pava	0,92	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
2125-01.2.5	Quebrada NN 5 Venadillo	1,26	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
2125-01.2.8	Quebrada NN 6 Venadillo	1,98	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04

Código	Nombre Cuenca	Área (Km²)	Caudal Medio Disponible (m³/s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2125-01.2.1	Quebrada Chiquero	3,68	0,06	0,07	0,07	0,10	0,09	0,06	0,06	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,07
2125-01.2.2.8	Quebrada El Rodeo	5,74	0,09	0,11	0,11	0,15	0,15	0,10	0,09	0,10	0,13	0,14	0,12	0,09	0,11
2125-01.2.2.9	Quebrada NN 3	1,94	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04
2125-01.2.2.3	Quebrada Purgatorio	1,95	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04
2125-01.2.2.4	Quebrada Rosa Cruz	2,70	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06
2125-01.2.2.6	Quebrada San Antonio	5,27	0,09	0,11	0,11	0,18	0,22	0,14	0,10	0,10	0,12	0,15	0,15	0,10	0,13
2125-01.2.2.5	Quebrada Siberia	1,60	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
2125-01.2.2.2	Quebrada NN 2	3,80	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,07	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,06	0,08
2125-01.2.12	Quebrada Honda	3,64	0,05	0,07	0,07	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,07
2125-01.2.2.1	Zanjón Agua Blanca	1,64	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
2125-01.2.2.7	Quebrada Del Contado	1,12	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
2125-01.1.14.1	Caño La Lechuza	1,81	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
2125-01.1.1	Quebrada El Fraile	12,89	0,19	0,23	0,24	0,33	0,33	0,22	0,19	0,22	0,28	0,31	0,26	0,20	0,25
2125-01.1.2	Quebrada De Megue	11,31	0,18	0,21	0,22	0,31	0,34	0,22	0,19	0,20	0,26	0,28	0,26	0,19	0,24
2125-01.1.4	Quebrada Santa Rosa	15,37	0,40	0,47	0,58	0,87	0,99	0,66	0,42	0,38	0,55	0,79	0,80	0,53	0,62
2125-01.1.12	Quebrada Las Peñas	32,79	0,65	0,73	0,82	1,35	1,55	0,98	0,71	0,65	0,88	1,17	1,19	0,78	0,95
2125-01.1.5	Quebrada Castrillón	14,70	0,34	0,40	0,50	0,80	0,87	0,65	0,44	0,40	0,57	0,73	0,74	0,47	0,58
2125-01.1.9	Rio Azul	57,33	2,08	2,43	2,73	3,89	3,99	3,01	2,31	2,19	3,02	3,56	3,53	2,56	2,94
2125-01.1.8	Quebrada El Crimen	27,69	1,06	1,23	1,36	1,96	2,06	1,59	1,21	1,14	1,53	1,80	1,78	1,31	1,50
2125-01.1.6	Quebrada Las Dantas	13,76	0,33	0,41	0,49	0,76	0,79	0,59	0,42	0,39	0,56	0,69	0,69	0,45	0,55
2125-01.1.11.3	Quebrada Canaán	11,13	0,25	0,31	0,38	0,58	0,58	0,39	0,27	0,23	0,41	0,51	0,51	0,33	0,39
2125-01.1.10	Quebrada La Esperanza	11,35	0,31	0,38	0,45	0,65	0,63	0,44	0,32	0,31	0,48	0,58	0,58	0,40	0,46
2125-01.1.13.1	Quebrada La América	3,70	0,07	0,08	0,09	0,16	0,18	0,11	0,08	0,07	0,10	0,14	0,14	0,09	0,11
2125-01.1.13.2	Quebrada Flandes	20,41	0,45	0,53	0,66	1,04	1,04	0,67	0,48	0,40	0,69	0,88	0,90	0,58	0,69
2125-01.1.13.4	Quebrada El Faro	15,59	0,34	0,42	0,51	0,79	0,76	0,49	0,35	0,29	0,53	0,64	0,67	0,44	0,52
2125-01.1.13.5.1	Quebrada El Cairo	4,92	0,11	0,12	0,15	0,24	0,25	0,15	0,11	0,10	0,14	0,19	0,21	0,13	0,16

Código	Nombre Cuenca	Área (Km²)	Caudal Medio Disponible (m³/s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2125-01.1.13.5	Quebrada Las Animas	10,91	0,27	0,31	0,37	0,55	0,57	0,36	0,25	0,22	0,33	0,44	0,50	0,33	0,37
2125-01.1.9.2	Quebrada Las Palomas	19,82	0,67	0,80	0,91	1,28	1,27	0,94	0,72	0,69	0,99	1,16	1,16	0,83	0,95
2125-01.1.12.2	Quebrada La Melladora	27,70	0,57	0,63	0,74	1,28	1,43	0,92	0,64	0,57	0,80	1,12	1,13	0,72	0,88
2125-01.1.12.1	Quebrada La Plata	10,85	0,22	0,24	0,28	0,47	0,56	0,36	0,25	0,23	0,30	0,42	0,42	0,27	0,33
2125-01.1.8.1	Quebrada El Cisne	8,71	0,33	0,39	0,43	0,62	0,65	0,50	0,38	0,36	0,48	0,57	0,56	0,41	0,47
2125-01.1.3.1	Quebrada Los Micos	4,11	0,08	0,09	0,09	0,16	0,20	0,12	0,09	0,08	0,10	0,14	0,14	0,09	0,12
2125-01.1.3.3	Quebrada El Teire	3,85	0,08	0,09	0,12	0,19	0,23	0,15	0,10	0,09	0,12	0,18	0,17	0,11	0,14
2125-01.1.3.5	Quebrada El Tigre	4,81	0,10	0,11	0,13	0,23	0,27	0,17	0,12	0,11	0,13	0,21	0,21	0,13	0,16
2125-01.1.4.2	Quebrada el Refugio	3,96	0,10	0,12	0,15	0,23	0,26	0,17	0,11	0,10	0,14	0,21	0,21	0,13	0,16
2125-01.1.9.1	Quebrada Mozul	11,17	0,43	0,49	0,55	0,79	0,83	0,63	0,49	0,45	0,62	0,72	0,72	0,53	0,60
2125-01.1.11.1	Quebrada La Danta	5,56	0,12	0,15	0,18	0,30	0,31	0,22	0,15	0,13	0,21	0,26	0,26	0,17	0,21
2125-01.1.11	Quebrada Guamal	5,11	0,11	0,13	0,17	0,27	0,28	0,19	0,13	0,11	0,19	0,24	0,24	0,15	0,18
2125-01.1.11.2	Quebrada Popal	6,68	0,15	0,18	0,22	0,35	0,37	0,25	0,17	0,15	0,25	0,31	0,31	0,20	0,24
2125-01.4	Directos Magdalena	36,09	0,54	0,65	0,68	0,94	0,90	0,60	0,53	0,59	0,79	0,86	0,74	0,57	0,70
2125-01.3	Quebrada Tau – Tau	44,55	0,66	0,80	0,83	1,16	1,12	0,72	0,63	0,73	0,97	1,05	0,91	0,69	0,86
2125-01.2	Rio Venadillo	185,621	2,93	3,49	3,66	5,18	5,39	3,53	2,98	3,15	4,15	4,61	4,18	3,10	3,86

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

7.7 RENDIMIENTO HÍDRICO A NIVEL MENSUAL Y ANUAL PARA SUBCUENCAS

El rendimiento hídrico de las cuencas fue calculado a partir del modelo del balance hídrico, éste se representa en milímetros. A continuación, se presenta el rendimiento hídrico para las subcuencas; esta tabla se presenta en mayor detalle en el Anexo 6. BALANCE HÍDRICO (Tabla 46).

Tabla 46. Rendimiento hídrico a nivel mensual para las subcuencas en estudio

Código	Nombre Cuenca	Área (M²)	Área (Km²)	Escorrentía Total (mm)												
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2125-01.1	Río Recio	734.924.925	734,925	65,33	68,97	88,03	128,71	141,18	94,67	71,91	67,35	92,36	118,61	114,19	80,89	94,35
2125-01.2.10.1	Quebrada Los Monos	8.996.467	9,00	40,66	44,13	50,55	67,46	68,43	44,63	40,72	43,63	56,69	63,11	53,02	41,87	51,24
2125-01.2.2	Rio Palmar	18.692.055	18,69	44,29	46,75	54,62	78,52	91,28	56,54	46,85	47,71	59,26	71,02	65,15	48,21	59,18
2125-01.2.9	Rio Manura	3.920.612	3,92	40,81	44,41	51,40	67,91	68,81	44,32	40,57	44,67	56,93	63,54	53,92	42,32	51,63
2125-01.2.10	Quebrada Galapo	8.532.254	8,53	40,84	44,43	51,31	67,85	68,74	44,46	40,67	44,40	56,91	63,47	53,85	42,31	51,60
2125-01.1.14	Quebrada Gallego	4.790.082	4,79	40,70	43,44	49,99	69,00	70,15	42,66	39,73	45,04	55,92	62,96	52,04	40,06	50,97
2125-01.1.13	Rio La Yuca	62.947.340	62,95	57,11	59,86	75,90	115,92	124,43	76,84	58,93	53,59	76,43	99,05	99,51	68,72	80,53
2125-01.1.3	Quebrada La Honda	21.998.413	22,00	52,77	52,74	61,89	100,35	130,66	78,92	57,99	54,84	64,43	91,63	91,47	62,23	74,99
2125-01.1.7	Quebrada El Oso	17.115.627	17,12	102,29	107,09	132,20	182,63	198,93	149,57	118,11	111,24	143,47	174,46	167,13	126,31	142,79
2125-01.1.13.3	Quebrada El Corazón	11.816.299	11,82	61,97	69,85	93,54	134,63	129,08	80,80	61,53	54,83	94,85	117,35	114,13	78,61	90,93
2125-01.1.3.2	Quebrada Las Perlas	2.060.406	2,06	57,28	56,46	76,54	126,75	152,48	93,97	65,57	58,78	76,92	118,59	113,04	73,85	89,19
2125-01.1.3.4	Quebrada El Aguador	5.853.302	5,85	59,59	60,30	81,11	129,09	157,16	97,95	67,66	60,60	78,74	120,40	116,59	77,06	92,19
2125-01.1.4.1	Quebrada San Juan	7.984.373	7,98	75,45	82,75	115,36	160,32	185,25	119,21	78,30	67,64	100,39	152,13	148,69	102,65	115,68
2125-01.2.14	Quebrada Palmarrosa	14.872.161	14,87	40,33	43,68	49,72	66,96	68,09	44,54	40,59	43,20	56,44	62,80	52,03	41,30	50,81
2125-01.2.14.1	Quebrada Conchal	4.113.273	4,11	40,45	43,81	49,93	67,22	68,28	44,68	40,71	43,25	56,55	62,98	52,34	41,50	50,97
2125-01.2.14.2	Quebrada Toloni	2.375.029	2,38	40,35	43,78	50,45	67,40	67,81	43,63	40,02	43,85	56,50	63,31	53,09	41,85	51,00
2125-01.2.13	Quebrada Oscura	3.682.857	3,68	40,43	43,75	49,73	67,13	68,36	44,74	40,75	43,17	56,48	62,82	52,04	41,30	50,89
2125-01.2.11	Rio Calderón	3.533.389	3,53	40,51	43,84	49,89	67,26	68,46	44,76	40,78	43,24	56,54	62,88	52,22	41,40	50,98
2125-01.2.3	Quebrada Guadualito	2.616.193	2,62	40,75	44,47	51,70	67,83	69,26	44,73	40,67	45,06	57,05	63,68	54,22	42,52	51,83
2125-01.2.7	Quebrada La Esperanza	2.095.749	2,10	45,65	47,72	54,39	76,12	101,61	62,36	50,03	48,44	59,57	65,86	65,37	48.48	60.47
2125-01.2.4	Quebrada NN 4 Venadillo	2.555.319	2,56	41,19	45,09	52,54	68,07	80,77	51,17	44,07	46,45	58,13	64,32	55,49	43.38	54.22
2125-01.2.6	Quebrada La Pava	922.534	0,92	58,97	59,60	83,32	127,78	137,49	82,04	60,57	52,32	74,11	108,33	112,01	73.65	85.85
2125-01.2.5	Quebrada NN 5 Venadillo	1.257.642	1,26	49,25	49,80	55,99	89,10	112,57	68,25	53,16	49,73	60,42	73,63	76,60	54.20	66.06

Código	Nombre Cuenca	Área (M²)	Área (Km²)	Escorrentía Total (mm)												
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2125-01.2.8	Quebrada NN 6 Venadillo	1.977.336	1,98	40,61	44,13	51,07	67,73	68,73	43,98	40,32	44,65	56,69	63,34	53,52	42.00	51.40
2125-01.2.1	Quebrada Chiquero	3.679.353	3,68	40,53	43,76	50,28	67,86	68,91	43,45	40,18	44,27	56,38	63,13	52,68	41.39	51.07
2125-01.2.2.8	Quebrada El Rodeo	5.743.804	5,74	40,70	44,45	51,79	67,88	70,55	45,40	40,92	45,54	57,25	63,89	54,26	42.55	52.10
2125-01.2.2.9	Quebrada NN 3	1.943.875	1,94	40,81	44,43	51,59	68,20	69,33	44,37	40,54	45,35	57,18	63,92	54,00	42.35	51.84
2125-01.2.2.3	Quebrada Purgatorio	1.954.837	1,95	41,29	45,09	52,60	68,31	82,44	51,92	44,21	47,35	58,42	64,75	55,95	43.63	54.66
2125-01.2.2.4	Quebrada Rosa Cruz	2.702.665	2,70	42,38	45,74	53,03	69,26	88,54	55,16	45,95	47,82	58,76	64,87	58,28	44.83	56.22
2125-01.2.2.6	Quebrada San Antonio	5.265.980	5,27	47,64	48,76	55,13	86,32	110,01	66,54	51,98	50,04	60,28	76,19	74,58	53.13	65.05
2125-01.2.2.5	Quebrada Siberia	1.600.293	1,60	43,25	46,30	53,48	71,05	95,28	58,80	47,87	48,39	59,14	65,78	60,67	46.06	58.01
2125-01.2.2.2	Quebrada NN 2	3.798.835	3,80	40,61	44,53	52,12	67,84	74,28	47,66	41,86	46,54	57,77	64,37	54,58	42.82	52.91
2125-01.2.12	Quebrada Honda	3.642.319	3,64	40,42	43,73	49,58	66,99	68,30	44,88	40,81	42,97	56,45	62,68	51,86	41.23	50.83
2125-01.2.2.1	Zanjón Agua Blanca	1.637.135	1,64	40,45	44,00	51,21	67,97	69,48	44,13	40,23	45,58	56,97	63,76	53,41	41.87	51.59
2125-01.2.2.7	Quebrada Del Contado	1.119.725	1,12	40,68	44,47	51,90	68,06	69,45	44,87	40,59	45,82	57,41	64,17	54,24	42.57	52.02
2125-01.1.14.1	Caño La Lechuza	1.809.513	1,81	40,45	43,26	49,74	68,41	69,63	42,24	39,48	44,66	55,74	62,74	51,96	40.44	50.73
2125-01.1.1	Quebrada El Fraile	12.889.783	12,89	39,96	43,55	50,67	67,25	68,38	43,89	40,07	45,49	56,74	63,48	52,93	41.71	51.18
2125-01.1.2	Quebrada De Megue	11.309.818	11,31	42,30	45,71	53,15	70,63	80,84	51,41	43,83	47,53	58,49	66,60	59,11	45.35	55.41
2125-01.1.4	Quebrada Santa Rosa	15.365.552	15,37	69,27	74,57	101,54	146,74	173,00	110,66	74,05	66,09	92,18	138,24	135,15	92.38	106.16
2125-01.1.12	Quebrada Las Peñas	32.794.596	32,79	52,80	53,72	66,86	107,06	126,53	77,34	57,62	52,77	69,92	95,33	94,03	63.84	76.48
2125-01.1.5	Quebrada Castrillón	14.698.778	14,70	61,52	65,72	90,46	141,48	158,84	114,80	80,69	72,34	100,69	133,24	129,88	85.32	102.92
2125-01.1.9	Rio Azul	57.328.822	57,33	97,32	102,70	127,44	175,73	186,64	136,16	107,77	102,17	136,74	166,55	159,45	119.68	134.86
2125-01.1.8	Quebrada El Crimen	27.693.689	27,69	102,64	107,10	131,91	183,00	199,39	148,37	117,19	109,78	143,25	174,20	166,71	126.55	142.51
2125-01.1.6	Quebrada Las Dantas	13.757.566	13,76	64,83	71,67	95,82	142,78	154,13	110,87	81,49	76,17	105,13	134,53	130,04	86.84	104.53
2125-01.1.11.3	Quebrada Canaán	11.127.320	11,13	60,16	66,76	90,44	135,71	140,09	90,03	65,33	56,36	94,92	121,72	117,83	79.62	93.25
2125-01.1.10	Quebrada La Esperanza	11.354.281	11,35	73,98	81,79	106,07	148,71	148,55	100,37	76,43	73,57	110,39	137,93	132,53	93.35	106.97
2125-01.1.13.1	Quebrada La América	3.698.486	3,70	54,13	53,17	67,08	114,87	129,91	78,01	58,22	52,11	67,80	98,61	99,03	65.78	78.23

Código	Nombre Cuenca	Área (M²)	Área (Km²)	Escorrentía Total (mm)												
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2125-01.1.13.2	Quebrada Flandes	20.412.057	20,41	58,45	63,22	86,20	132,23	136,96	85,34	62,42	52,91	87,30	115,51	113,79	76.64	89.25
2125-01.1.13.4	Quebrada El Faro	15.592.957	15,59	58,66	64,88	88,39	130,85	129,77	80,76	60,54	50,56	87,67	109,52	110,82	75.93	87.36
2125-01.1.13.5.1	Quebrada El Cairo	4.915.071	4,92	59,33	59,41	82,02	126,68	136,22	81,51	60,39	52,26	71,36	105,77	111,08	73.28	84.94
2125-01.1.13.5	Quebrada Las Animas	10.914.024	10,91	66,13	68,46	89,88	131,78	139,22	84,63	62,09	52,86	77,85	108,77	118,58	80.84	90.09
2125-01.1.9.2	Quebrada Las Palomas	19.821.203	19,82	91,13	97,69	122,41	167,32	171,77	122,58	97,20	93,27	129,09	157,37	151,05	111.77	126.05
2125-01.1.12.2	Quebrada La Melladora	27.702.607	27,70	55,28	54,91	71,50	119,57	138,20	85,71	61,80	55,00	74,70	108,07	105,65	69.63	83.34
2125-01.1.12.1	Quebrada La Plata	10.849.058	10,85	54,38	53,89	68,58	113,42	137,79	84,83	61,11	55,63	70,93	103,92	101,33	67.26	81.09
2125-01.1.8.1	Quebrada El Cisne	8.711.887	8,71	102,87	107,31	132,21	183,46	200,69	149,68	118,03	110,67	143,77	174,96	167,31	126.94	143.16
2125-01.1.3.1	Quebrada Los Micos	4.106.587	4,11	52,72	52,43	58,97	98,70	129,29	77,30	57,19	54,42	62,37	89,43	90,37	61.58	73.73
2125-01.1.3.3	Quebrada El Teire	3.849.212	3,85	58,74	58,44	81,29	130,81	157,10	97,91	67,58	60,09	79,83	122,55	117,08	76.55	92.33
2125-01.1.3.5	Quebrada El Tigre	4.808.167	4,81	57,99	57,17	75,03	124,33	152,85	93,81	65,54	59,09	71,52	114,91	112,12	73.46	88.15
2125-01.1.4.2	Quebrada el Refugio	3.961.917	3,96	67,06	71,42	102,46	148,35	175,17	112,72	75,08	65,83	93,47	139,65	135,45	90.88	106.46
2125-01.1.9.1	Quebrada Mozul	11.168.609	11,17	102,54	107,00	131,73	182,72	198,88	147,31	116,45	108,89	142,91	173,66	166,16	126.23	142.04
2125-01.1.11.1	Quebrada La Danta	5.561.243	5,56	59,93	64,41	88,54	137,55	151,11	104,45	73,29	64,80	97,38	127,20	122,89	81.56	97.76
2125-01.1.11	Quebrada Guamal	5.110.227	5,11	59,11	63,14	87,26	135,52	146,09	96,75	67,87	58,36	94,17	123,59	119,53	79.49	94.24
2125-01.1.11.2	Quebrada Popal	6.680.389	6,68	60,07	65,96	89,75	137,11	146,94	98,15	69,83	61,41	96,64	125,18	120,80	80.87	96.06
2125-01.4	Directos Magdalena	36.085.070	36,09	40,29	43,83	50,65	67,26	66,99	43,28	39,33	43,61	56,58	63,50	53,51	42.19	50.92
2125-01.3	Quebrada Tau – Tau	44.553.824	44,55	39,95	43,32	50,10	67,59	67,29	41,79	37,90	43,93	56,15	63,29	52,85	41.42	50.46
2125-01.2	Rio Venadillo	185.620.668	185,621	42,34	45,45	52,78	72,32	77,83	49,28	43,03	45,43	58,01	66,56	58,35	44.72	54.68

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

8 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN CALDAS – LANG

La clasificación de las cuencas en ordenación se debe hacer de acuerdo a los lineamientos de la metodología estándar para Colombia de Caldas-Lang, la cual clasifica el clima de las cuencas dependiendo de la temperatura media anual (°C) y de la precipitación anual (mm), datos que fueron calculados anteriormente en este mismo informe, y clasifica en diferentes pisos térmicos dependiendo de la altura y la temperatura media de cada cuenca en ordenación.

Según lo anterior, la clasificación establecida por Caldas se basa en los valores de temperatura, pero con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal, mientras que Lang fija los límites de su clasificación teniendo en cuenta la relación entre la precipitación y la temperatura. Es por esto que la clasificación Caldas-Lang utiliza la variación de la temperatura con respecto a la altitud, que indica los pisos térmicos y la efectividad de la precipitación que muestra la humedad.

Los tipos climáticos Caldas-Lang se muestran en la Tabla 47.

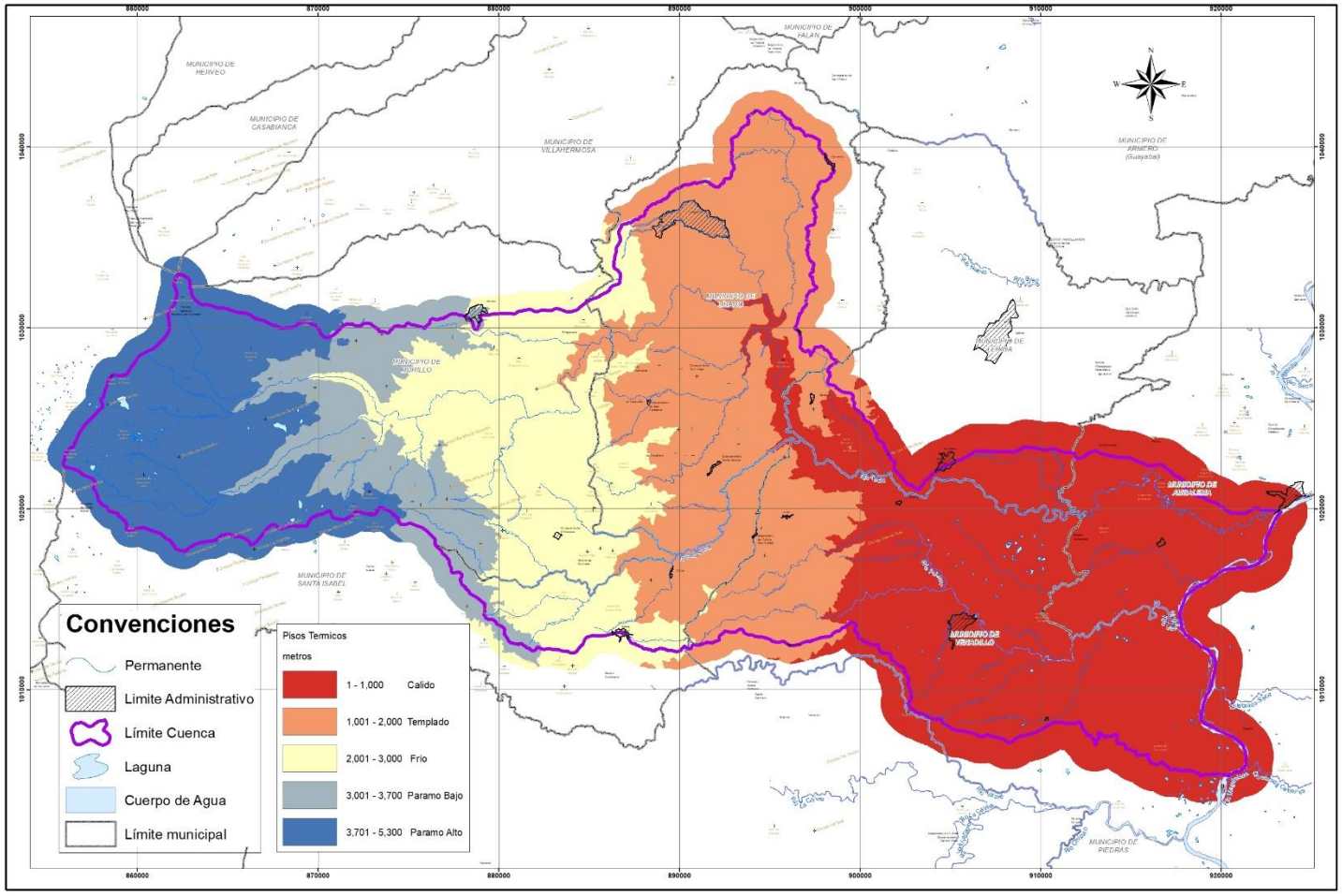
Tabla 47. Tipos climáticos según Caldas-Lang

	No	Tipo Climático	Símbolo
Tipos de Clima Según Caldas-Lang	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	Frío Superhúmedo	FSH
	14	Frío Húmedo	FH
	15	Frío Semihúmedo	Fsh
	16	Frío Semiárido	Fsa
	17	Frío Árido	FA
	18	Frío 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.

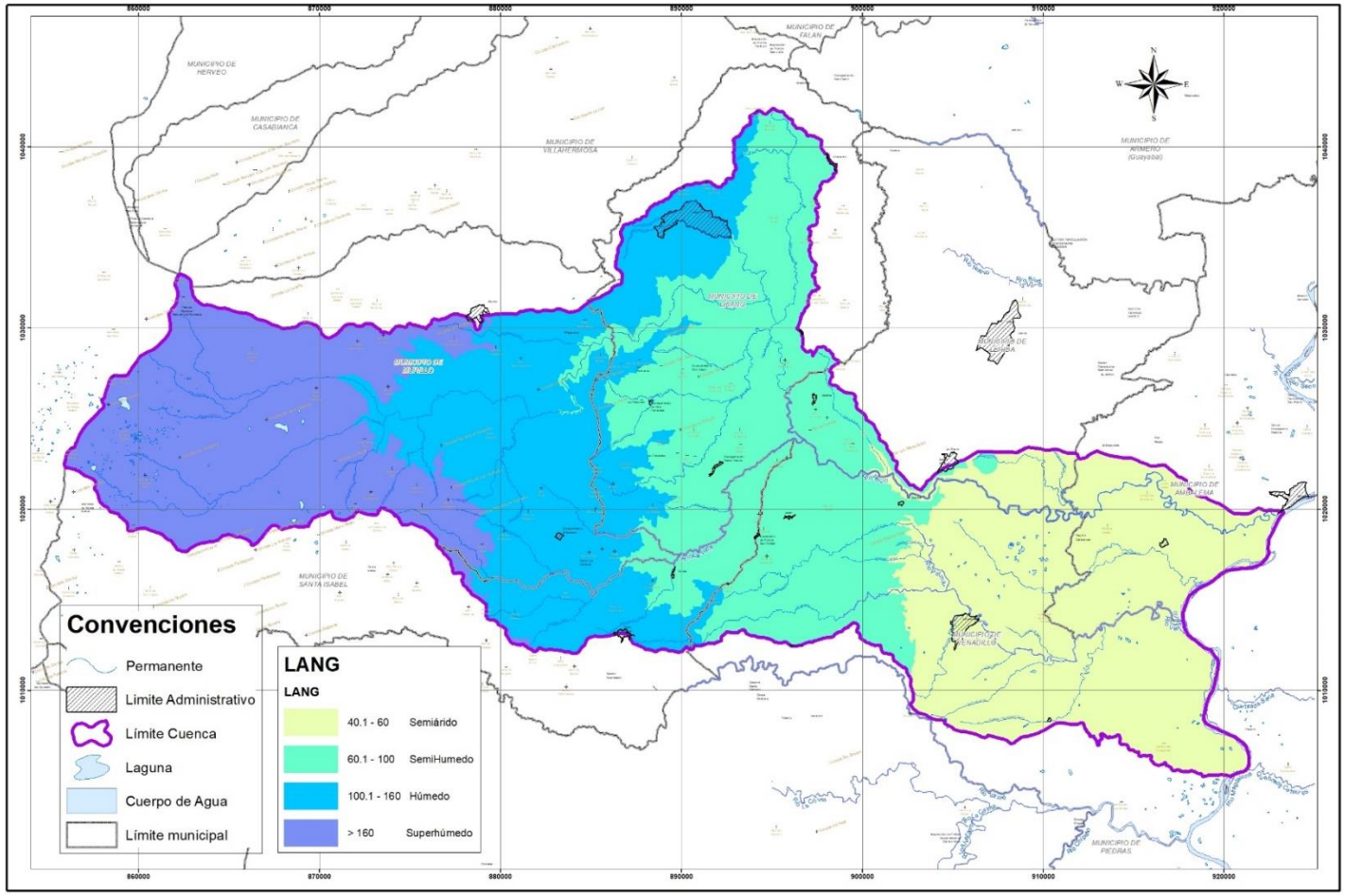
La clasificación climática para la cuenca en ordenación se muestra en EL Anexo 7 PLANOS, carpeta Planos No. 11.1 y No. 11.2 y en la Figura 145 y Figura 146, en los cuales se identifica que para la parte oriental, el clima tiende a ser Cálido Semiárido, dado a que en este lugar se presentan las temperaturas más altas. Dirigiéndonos hacía el costado occidental de la cuenca, se observa que el clima empieza a tomar valores de humedad significativos, pasando desde Templado Semihúmedo a Templado Húmedo en la parte central, y finalizando como Páramo Alto Superhúmedo en la parte occidental de la cuenca en ordenación.

Figura 145. Pisos térmicos según Caldas – Lang. POMCA ríos Recio y Venadillo



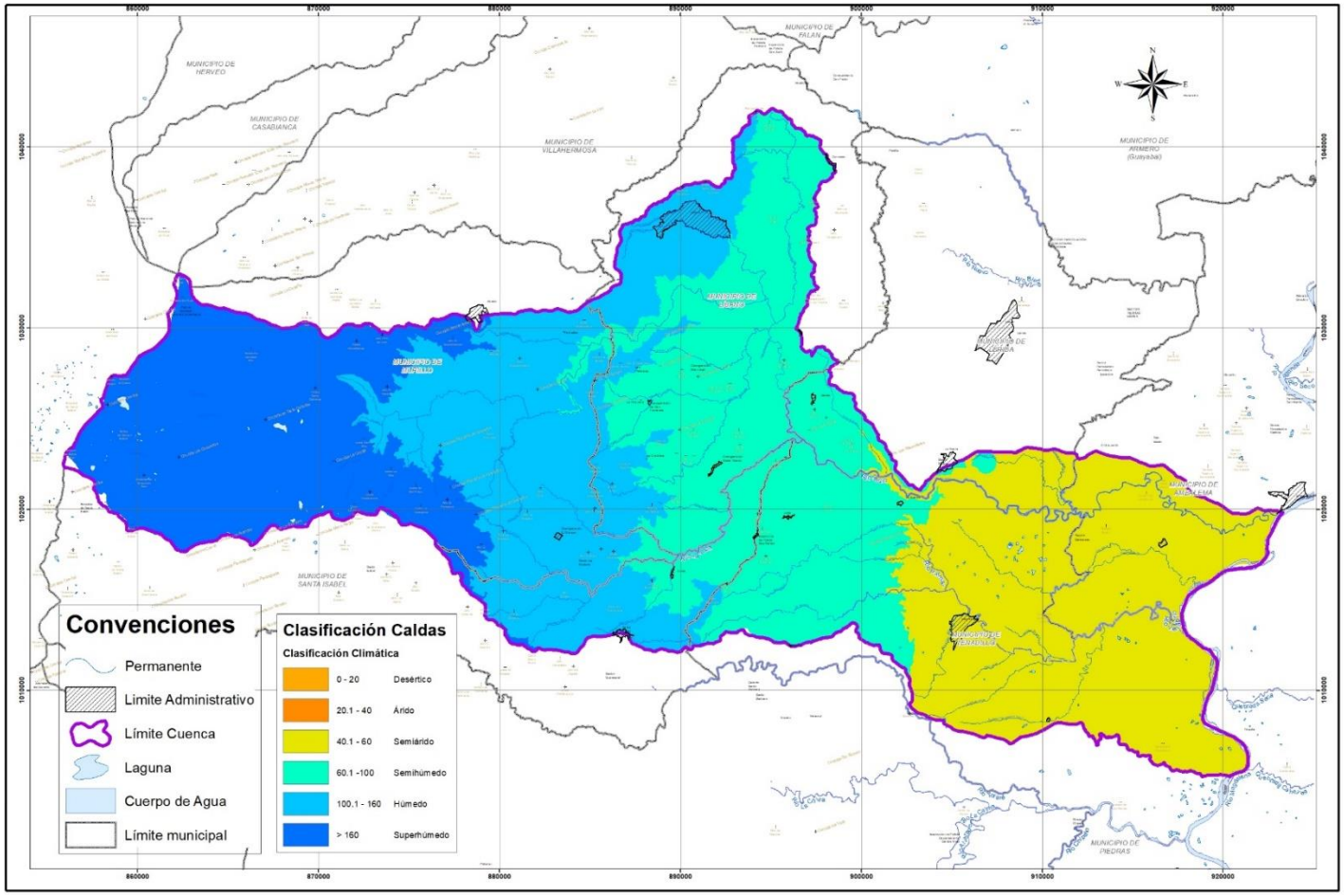
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 146. Clasificación según Lang. POMCA ríos Recio y Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 147. Clasificación según Caldas - Lang. POMCA ríos Recio y Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

A continuación, se presenta el porcentaje de áreas de cada una de las clasificaciones climáticas en la zona, y se muestra que en su mayoría el clima se clasifica como Cálido Semiárido con (26,9 % del área) y en Templado Semihúmedo (26,6 % del área) (Tabla 48).

Tabla 48. Unidades climatológicas por área y porcentaje de la cuenca

Tipo Climático	Área (Ha)	Área (%)
Cálido semiárido (Csa)	26.934,3	26,9
Cálido Semihúmedo (CsH)	5.846,6	5,8
Templado Semihúmedo (Tsh)	26.669,5	26,6
Frío húmedo (FH)	19.149,6	19,1
Páramo Bajo Superhúmedo (PBSH)	8.041,6	8,0
Páramo Alto Superhúmedo (PASH)	12.582,5	12,6
Nieves Perpetuas (NP)	894,4	0,9

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

9 ÍNDICE DE ARIDEZ

Según IDEAM 2.015, el índice de aridez es una característica cualitativa del clima, que permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Este índice identifica áreas deficitarias o excedentes de agua, y se obtiene a partir del balance hídrico superficial, de acuerdo con la ecuación (8):

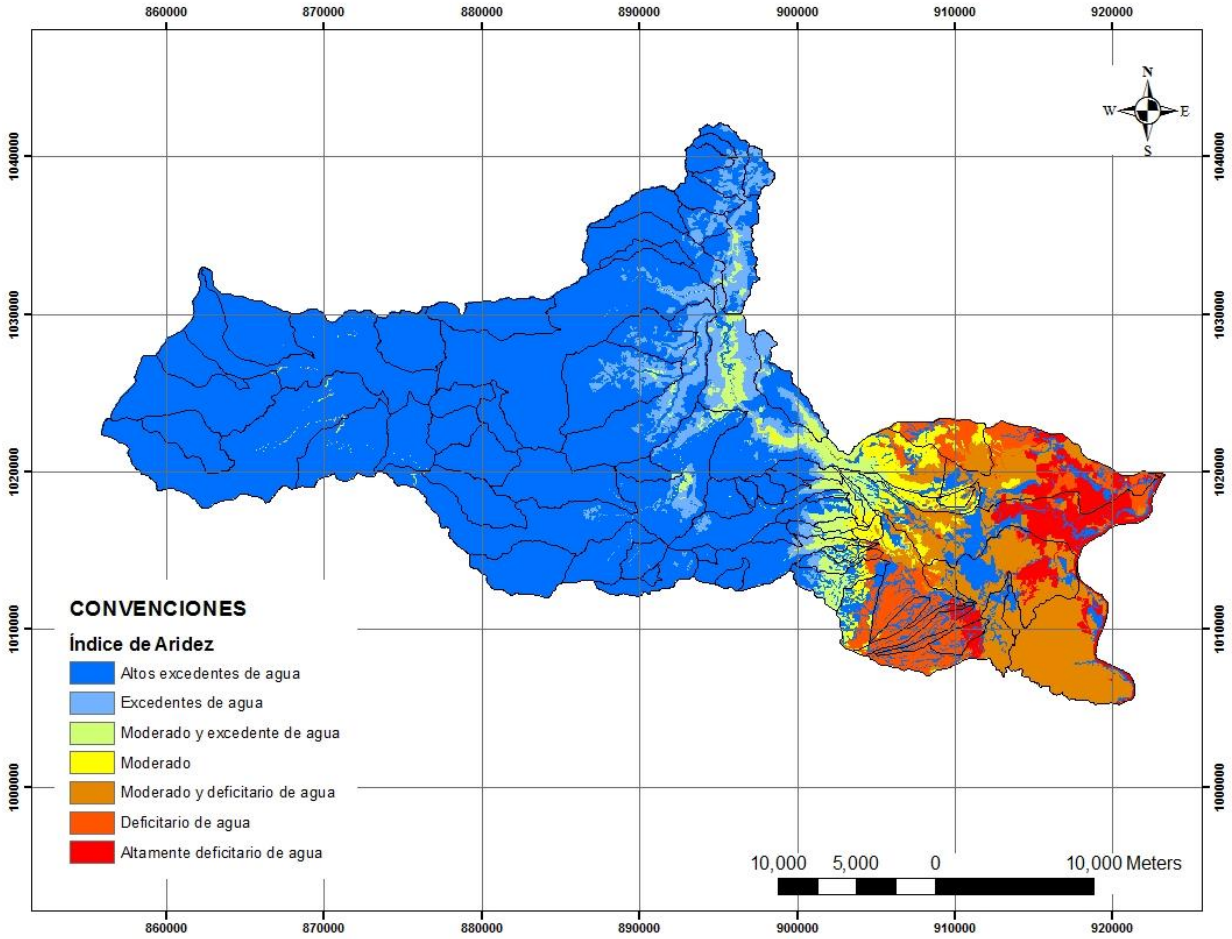
$$(8) \quad Ia = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde,

Ia: Índice de aridez (adimensional)
ETP: Evapotranspiración potencial (mm)
ETR: Evapotranspiración real (mm)

En el Anexo 7 PLANOS, carpeta Plano No. 12 y en la Figura 148 se presentó el mapa de índice de aridez calculado para la zona en estudio, en el que se identifica que las zonas con alto déficit de agua están ubicadas en la parte oriental de la zona, esto es causado, como se mencionó anteriormente, por el piso térmico al que pertenece esta zona y las temperaturas altas que allí se presentan. Por otra parte, en la zona occidental de la hoya hidrográfica se observan altos excedentes de agua, los cuales en algún momento pueden llegar a suplir la demanda de los sectores poblados más aguas abajo que no tienen un grado adecuado del recurso hídrico.

Figura 148. Índice de aridez. POMCAS ríos Recio y Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

En el Anexo 7 PLANOS, carpeta Plano No. 13 se presenta el mapa de índice de aridez calculado para la zona en estudio, en el que se identifica que las zonas con alto déficit de agua están ubicadas en la parte oriental del área (parte baja de las cuencas), esto es causado, como se mencionó anteriormente, por el piso térmico al que pertenecen y las temperaturas altas que allí se presentan, ocasionando un grado alto de insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas que allí se presentan. Las cuencas que tienen un índice de aridez mayor a 0,50 son: Río Venadillo Parte Baja (código 2125012), Quebrada Palmarrosa (código 212501214), Quebrada Conchal (código 2125012141), Quebrada Toloni (código 2125012142), Quebrada Oscura (código 212501213), Quebrada Chiquero (código21250121), Directos Magdalena (código 2125013a), ubicadas en el municipio de Venadillo; y Rio Venadillo Parte Baja (código 2125012), Quebrada El Fraile (código 21250111), Directos Magdalena (código 2125013b), Río Recio Parte Baja (código 2125011d), ubicadas en el municipio de Ambalema.

Por otra parte, con color azul, en la zona occidental del área de estudio se observan altos excedentes de agua, los cuales en algún momento pueden llegar a suplir la demanda de los sectores poblados que no tienen un grado moderado del recurso hídrico. Este caso corresponde con la gran mayoría de las cuencas las que tienen un índice de aridez menor a 0,15, lo que indica que en general el área de estudio tiene un gran excedente de agua.

Tabla 49. Índice de aridez por área y porcentaje de la cuenca

Índice de Aridez	Área (Ha)	Área (%)
Altos excedentes de agua	68.815,08	68,7
Excedentes de agua	661,44	0,7
Moderado y excedente de agua	1.536,89	1,5
Moderado	1.775,51	1,8
Moderado y deficitario de agua	2.658,90	2,7
Deficitario de agua	9.597,20	9,6
Altamente deficitario de agua	15.073,43	15,1

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Como se muestra en la Tabla 49 existen altos excedentes de agua en la parte alta de la cuenca, teniendo un 68,7 % del total de la zona de estudio.

Por último, en el Anexo 7. PLANOS, se presentan los planos mencionados a lo largo de todo el informe.

10 NECESIDADES DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO

A diferencia de otras cuencas a nivel nacional, las cuencas del río Recio y río Venadillo cuentan con una red consistente de estaciones operada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. La red pluviométrica es suficiente para el análisis requerido, pero sin embargo, los parámetros climatológicos tienen bastantes deficiencias, ya que son muy pocas las estaciones que poseen información consistente en lo que respecta a series de tiempo suficientes para un análisis climatológico, especialmente, para la variable de velocidad del viento, ya que en las condiciones actuales se hace particularmente difícil e inexacta a nivel local la modelación del clima con datos diarios. Además, las estaciones con información disponible no contaban con datos de otros parámetros climatológicos de importancia, como son el brillo solar y la dirección del viento.

Según la Guía de Prácticas Climatológicas (OMM, 2011), la manera más apropiada para mejorar las condiciones de la red hidroclimatológica de una región estaría dada por la implementación de programas que contengan los siguientes puntos de manejo:

- Planificación de redes de estaciones
- Ubicación o reubicación de las estaciones climatológicas
- Cuidado y la seguridad de los emplazamientos de observación
- Inspección periódica de las estaciones
- Selección y formación profesional de observadores
- Instrumentos o sistemas de observación que habrán de instalarse para garantizar la obtención de registros representativos y homogéneos.

De acuerdo con lo anterior, se recomienda que se siga operando y se realicen mejoras en la red climatológica y pluviométrica por parte del IDEAM. Así mismo, es necesario que la información de coordenadas de estaciones que presentan inconsistencias respecto a la cartografía de mayor detalle que se está desarrollando en el país, sea actualizada en los catálogos de estaciones de la institución.

BIBLIOGRAFÍA

Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W. (1990). Applied Hydrology. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series. New York, U.S.A.

IDEAM, (2013). Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático IPCC., IDEAM. (2.015). Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales.

Monsalve, G. (1995). Hidrología en la Ingeniería, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C.

Ponce, V, M (1989). Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.