RED DE MONITOREO RÍO CHINCHINÁ

CONVENIO 189 DE 2019

INFORME SEMESTRE I

2020

Corpocaldas
Corporación Autónoma Regional de Caldas

Universidad Tecnológica de Pereira

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN AGUA Y SANEAMIENTO
GIAS
FCA - UTP

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS – CORPOCALDAS

Director
Dr. Juan David Arango Gartner

Supervisor
Ana Lucía Rosero

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN AGUA Y SANEAMIENTO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

Director
Dr. Ingeniero Diego Paredes cuervo

Pereira, septiembre de 2020

EQUIPO DE TÉCNICO
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN AGUA Y SANEAMIENTO – GIAS
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA – UTP

Director
Diego Paredes Cuervo
Ingeniero Sanitario
M.Sc. in Water and Environmental Resources Management
Ph.D. Ingeniería

Equipo Técnico

Cristhian Alfredo Galeano León	*Químico Industrial, MSc. (C) Ecotecnología*
María del Pilar Pulgarín	*Ingeniera Ambiental, MSc. Ecotecnología; PhD. Ciencias Ambientales*
Ana María Buitrago Ramírez	*Administradora Ambiental, MSc. (C) Gestión de Recursos Hídricos*
John Mario Mosquera Calle	*Químico Industrial*
Juan Carlos Sierra Ríos	*Administrador Ambiental, Magister en Sistemas de Información Geográfica*
Jonathan Correa Ladino	*Técnico en Producción Agrícola*
Luis Fernando Prieto Lozano	*Técnico en Control Ambiental*
Juan Lavid Ramírez	*Técnico en Agua Potable y Saneamiento*

Pereira, Colombia
Septiembre de 2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 15
2. OBJETIVOS 16
2.1. OBJETIVO GENERAL 16
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 16
3. CONCEPTUALIZACIÓN 17
3.1. Calidad del agua 17
3.1.1. Temperatura 18
3.1.2. Oxígeno disuelto 19
3.1.3. Turbidez 19
3.1.4. Alcalinidad 19
3.1.5. Dureza 19
3.1.6. Cloruros 20
3.1.7. Nitrógeno, Nitritos y Nitratos 20
3.1.8. Fósforo y fosfatos 20
3.1.9. Sólidos suspendidos 20
3.1.10. Sólidos totales 20
3.1.11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) 21
3.1.12. Demanda Química de Oxígeno (DQO) 21
3.2. Carga contaminante 21
3.3. Índice de calidad del agua (ICA) 21
3.4. Índices de contaminación 22
3.4.1. Índice de contaminación por mineralización – ICOMI 23
3.4.2. Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO 23
3.4.3. Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS 24
3.4.4. Índice de contaminación por trofia – ICOTRO 24
3.5. Objetivos de calidad – Resolución 469 de 2014 25
3.6. Normatividad ambiental – Decreto 1076 de 2015 y Resolución 0631 de 2015 25

4. METODOLOGÍA 26
4.1. Revisión de información 26
4.2. Planificación campaña de monitoreo 28
4.2.1. Zona de estudio 28
4.2.2. Estaciones de monitoreo 29
4.2.3. Tramos río Chinchiná 32
4.2.4. Ensayos determinados en campo 34
4.2.5. Ensayos determinados en laboratorio 35
4.2.6. Carga contaminante 37
5. RESULTADOS 37
5.1. Campaña de monitoreo 37
5.2. Parámetros in situ tramos I, II y III 39
5.2.1. Caudal 41
5.2.2. pH 41
5.2.3. Conductividad eléctrica 42
5.2.4. Temperatura 43
5.2.1. Oxígeno disuelto 44
5.3. Resultados de laboratorio tramos I, II y III 45
5.3.1. DBO_5 y DQO 49
5.3.2. SST y ST 49
5.3.3. Color real y turbiedad 50
5.3.4. Nitratos y nitritos 51
5.3.5. Nitrógeno Kjeldahl y amoniacal 52
5.3.6. Fósforo total y soluble 53
5.3.7. Grasas & Aceites y Detergentes 54
5.3.8. Cloruros y sulfatos 55
5.3.9. Alcalinidad y dureza total 56
5.3.10. Coliformes totales y fecales 57
5.3.11. Otros análisis (Mercurio, Cianuro y Cromo) 58
5.4. Parámetros in situ tramo IV 58

5.4.1. Caudal 59
5.4.2. pH 60
5.4.3. Conductividad eléctrica 61
5.4.4. Temperatura 62
5.4.5. Oxígeno disuelto 63
5.5. Parámetros en laboratorio tramo IV 64
5.5.1. DBO_5 y DQO 68
5.5.2. SST y ST 69
5.5.3. Color real y Turbiedad 69
5.5.4. Nitratos y Nitritos 70
5.5.5. Nitrógeno Kjeldahl y amoniacal 71
5.5.6. Fósforo total y soluble 72
5.5.7. Grasas & Aceites y Detergentes 73
5.5.8. Cloruros y Sulfatos 74
5.5.9. Alcalinidad y dureza total 75
5.5.10. Coliformes totales y fecales 76
5.5.11. Otros análisis 77
5.6. Parámetros in situ tramo V 77
5.6.1. Caudal 79
5.6.2. pH 79
5.6.3. Conductividad eléctrica 80
5.6.4. Temperatura 81
5.6.5. Oxígeno disuelto 82
5.7. Parámetros en laboratorio tramo V 83
5.7.1. DBO_5 y DQO 87
5.7.2. SST y ST 87
5.7.3. Color real y turbiedad 88
5.7.4. Nitratos y Nitritos 89
5.7.5. Nitrógeno kjeldahl y amoniacal 90
5.7.6. Fósforo total y soluble 91

5.7.7. Grasas & Aceites y Detergentes 92
5.7.8. Cloruros y Sulfatos 93
5.7.9. Alcalinidad y Dureza total 94
5.7.10. Coliformes totales y fecales 95
5.7.11. Otros análisis 96
6. VARIACIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA 96
6.1. Tramos I, II y III 96
6.1.1. Estaciones Río Chinchiná 96
6.1.2. Tributarios Río Chinchiná 112
6.2. Tramo IV 131
6.2.1. Estaciones Río Chinchiná 131
6.2.2. Tributarios Río Chinchiná 149
6.3. Tramo V 178
6.3.1. Estaciones Río Chinchiná 178
6.3.2. Tributarios Río Chinchiná 190
7. INDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA 207
7.1. Índices de calidad y contaminación históricos 207
7.1.1. Tramos I, II y III 207
7.1.2. Tramo IV 213
7.1.3. Tramo V 219
7.2. Índices de calidad y contaminación año 2020 222
7.2.1. ICA-IDEAM 222
7.2.2. ICA-CETESB 223
7.2.3. ICOMO, ICOMI e ICOSUS 223
7.2.4. ICOTRO 224
8. CARGAS CONTAMINANTES 225
9. OBJETIVOS DE CALIDAD (RESOLUCIÓN 469 DE 2014) 229
10. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS NORMATIVO DE LA DESTINACIÓN DEL RECURSO HIDRICO (DECRETO 1076 DE 2015) 233
11. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE VERTIMIENTOS (RESOLUCIÓN 0631 DE 2015) 235

12. CONCLUSIONES 238
13. BIBLIOGRAFÍA 241
14. ANEXOS 242

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Localización geográfica cuenca río Chinchiná, Caldas. *29*
Figura 2. Localización geográfica estaciones río Chinchiná.(Fuente: Elaboración propia) *31*
Figura 3. Esquema localización de las estaciones y tributarios que conforman los tramos con Objetivos de Calidad definidos sobre el Río Chinchiná *34*
Figura 4 Variación de caudal río Chinchiná Tramos I, II y III. *41*
Figura 5 Variación de pH río Chinchiná Tramos I, II y III *42*
Figura 6. Variación de conductividad eléctrica río Chinchiná Tramos I, II y III. *43*
Figura 7 Variación de temperatura río Chinchiná Tramos I, II y III. *44*
Figura 8 Variación de oxígeno disuelto río Chinchiná Tramos I, II y III. *45*
Figura 9. Variación concentración de DBO_5 y DQO río Chinchiná Tramos I, II y III. *49*
Figura 10 Variación concentración de SST y ST río Chinchiná Tramos I, II y III. *50*
Figura 11 Variación concentración de Color real y Turbiedad río Chinchiná Tramos I, II y III. *51*
Figura 12 Variación concentración de Nitratos y Nitritos río Chinchiná Tramos I, II y III. *52*
Figura 13 Variación concentración de NTK y NH_3 río Chinchiná Tramos I, II y III. *53*
Figura 14 Variación concentración de Fósforo total y soluble río Chinchiná Tramos I, II y III. *54*
Figura 15 Variación concentración de Grasas & Aceites y Tensoactivos (SAAM) río Chinchiná Tramos I, II y III. *55*
Figura 16 Variación concentración de Cloruros y Sulfatos río Chinchiná Tramos I, II y III. *56*
Figura 17 Variación concentración de Alcalinidad y Dureza total río Chinchiná Tramos I, II y III. *57*
Figura 18 Variación concentración de Coliformes totales y fecales río Chinchiná Tramos I, II y III. *58*
Figura 19 Variación de caudal río Chinchiná Tramo IV. *60*
Figura 20 Variación de caudal río Chinchiná Tramo IV. *61*
Figura 21 Variación de conductividad eléctrica río Chinchiná Tramo IV. *62*
Figura 22 Variación de temperatura río Chinchiná Tramo IV. *63*
Figura 23 Variación de oxígeno disuelto río Chinchiná Tramo IV. *64*
Figura 24 Variación concentración de DBO_5 y DQO río Chinchiná Tramo IV. *68*
Figura 25 Variación concentración de SST y ST río Chinchiná Tramo IV. *69*
Figura 26 Variación concentración de Color real y Turbiedad río Chinchiná Tramo IV. *70*
Figura 27 Variación concentración de Nitratos y Nitritos río Chinchiná Tramo IV. *71*
Figura 28 Variación concentración de NTK y NH_3 río Chinchiná Tramo IV. *72*
Figura 29 Variación concentración de Fósforo total y soluble río Chinchiná Tramos IV. *73*
Figura 30 Variación concentración de Grasas & Aceites y Tensoactivos (SAAM) río Chinchiná Tramo IV. *74*
Figura 31 Variación concentración de Cloruros y Sulfatos río Chinchiná Tramo IV. *75*
Figura 32 Variación concentración de Alcalinidad y Dureza total río Chinchiná Tramo IV. *76*

Figura 33 Variación concentración de Coliformes totales y fecales río Chinchiná Tramo IV. *77*
Figura 34 Variación de caudal río Chinchiná Tramo V..... *79*
Figura 35 Variación de pH río Chinchiná Tramo V...... *80*
Figura 36 Variación de conductividad eléctrica río Chinchiná Tramo V. *81*
Figura 37 Variación de temperatura río Chinchiná Tramo V. *82*
Figura 38 Variación de oxígeno disuelto río Chinchiná Tramo V. *83*
Figura 39 Variación concentración de DBO5 y DQO río Chinchiná Tramo V. *87*
Figura 40 Variación concentración de SST y ST río Chinchiná Tramo V. *88*
Figura 41 Variación concentración de Color real y Turbiedad río Chinchiná Tramo V. *89*
Figura 42 Variación concentración de Nitratos y Nitritos río Chinchiná Tramo V. *90*
Figura 43 Variación concentración de NTK y NH_3 río Chinchiná Tramo V. *91*
Figura 44 Variación concentración de Fósforo total y soluble río Chinchiná Tramo V. *92*
Figura 45 Variación concentración de Grasas & Aceites y Tensoactivos (SAAM) río Chinchiná Tramo V. *93*
Figura 46 Variación concentración de Cloruros y Sulfatos río Chinchiná Tramo V. *94*
Figura 47 Variación concentración de Alcalinidad y Dureza total río Chinchiná Tramo V...... *95*
Figura 48 Variación concentración de Coliformes totales y fecales río Chinchiná Tramo V *96*
Figura 49. Distribución de datos históricos de la Temperatura del agua, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *97*
Figura 50. Variación histórica de la Temperatura del agua, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *98*
Figura 51. Variación histórica de la Temperatura del agua, Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación *99*
Figura 52. Distribución de datos históricos del pH, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *100*
Figura 53. Variación histórica del pH, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *101*
Figura 54. Variación histórica del pH Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación *102*
Figura 55. Distribución de datos históricos del DBO_5, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *103*
Figura 56. Variación histórica de la DBO_5, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *104*
Figura 57. Variación histórica de la DBO_5 Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación..... *105*
Figura 58. Distribución de datos históricos del OD, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) *106*
Figura 59. Variación histórica del OD, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) *107*
Figura 60. Variación histórica del OD Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación *108*
Figura 61. Distribución de datos históricos SST, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) *108*
Figura 62. Variación histórica de la SST, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *109*
Figura 63. Variación histórica de la SST, Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación..... *110*
Figura 64. Distribución de datos históricos del Coliformes fecales, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) *111*
Figura 65. Variación histórica de los Coliformes fecales, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *111*
Figura 66. Variación histórica de los Coliformes fecales Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación *112*
Figura 67. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *113*
Figura 68. Variación histórica de la temperatura del agua, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *114*
Figura 69. Variación histórica de la temperatura del agua, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación *115*
Figura 70. Distribución de datos históricos del pH, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020).. *116*
Figura 71. Variación histórica del pH, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... *117*
Figura 72. Variación histórica del pH, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación..... *118*

Figura 73. Distribución de datos históricos DBO_5, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020).... 119
Figura 74. Variación histórica de la DBO_5, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) 120
Figura 75. Variación histórica de la DBO_5, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación 121
Figura 76. Distribución de datos históricos del oxígeno disuelto, de los tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 122
Figura 77. Variación histórica del oxígeno disuelto, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) 123
Figura 78. Variación histórica del oxígeno disuelto, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación .. 124
Figura 79. Distribución de datos históricos de SST, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020).. 125
Figura 80. Variación histórica de los SST, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) 126
Figura 81. Variación histórica de los SST, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación 127
Figura 82. Distribución de datos históricos de los Coliformes fecales, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) 128
Figura 83. Variación histórica de los Coliformes fecales, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020) 129
Figura 84. Variación histórica de los Coliformes fecales, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación 130
Figura 85. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020) 131
Figura 86.Variación histórica de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 132
Figura 87. Variación histórica de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 133
Figura 88. Distribución de datos históricos del pH Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 134
Figura 89. Distribución de datos históricos del pH Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 135
Figura 90. Variación histórica del pH en el Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 136
Figura 91. Distribución de datos históricos de la DBO_5 Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 137
Figura 92. Variación histórica de la DBO_5 Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 138
Figura 93. Variación histórica de la DBO_5 Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 139
Figura 94. Distribución de datos históricos del oxígeno disuelto Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 140
Figura 95.Variación histórica del oxígeno disuelto Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 141
Figura 96.Variación histórica de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 142
Figura 97. Distribución de datos históricos de los SST del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 143
Figura 98. Variación histórica de los SST Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 144
Figura 99. Variación histórica de los SST Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación..... 145
Figura 100. Distribución de datos históricos de los Coliformes fecales Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020) 146
Figura 101. Variación histórica Coliformes fecales Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 147
Figura 102. Variación histórica de Coliformes fecales Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación .. 148
Figura 103. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 149
Figura 104. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 150
Figura 105. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 153

Figura 106. Distribución de datos históricos del pH en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020) 154
Figura 107. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 154
Figura 108. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 158
Figura 109. Distribución de datos históricos de la DBO_5 en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 159
Figura 110. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 159
Figura 111. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 163
Figura 112. Distribución de datos históricos del oxígeno disuelto en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020) 164
Figura 113. Variación histórica del oxígeno disuelto en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 164
Figura 114. Variación histórica del oxígeno disuelto en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 168
Figura 115. Distribución de datos históricos de los SST en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 169
Figura 116. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 169
Figura 117. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 173
Figura 118.Distribución de datos históricos de los Coliformes fecales en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 174
Figura 119. Variación histórica de los Coliformes fecales en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 174
Figura 120. Variación histórica de los Coliformes fecales en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río por estación 178
Figura 121. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 179
Figura 122. Variación histórica de la temperatura del agua en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 180
Figura 123. Variación histórica de la temperatura del agua en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 181
Figura 124. Distribución de datos históricos del pH en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 181
Figura 125. Variación histórica del pH en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 182
Figura 126. Variación histórica del pH en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación..... 182
Figura 127. Distribución de datos históricos de la DBO_5 en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 183
Figura 128. Variación histórica de la DBO_5 en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 184
Figura 129. Variación histórica de la DBO_5 en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación..... 184
Figura 130. Distribución de datos históricos del OD en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 185
Figura 131. Variación histórica del OD en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 185
Figura 132. Variación histórica del OD en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 186

Figura 133. Distribución de datos históricos de los SST en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 187
Figura 134. Variación histórica de los SST en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020) 187
Figura 135. Variación histórica de los SST en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 188
Figura 136. Distribución de datos históricos de los coliformes fecales en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 189
Figura 137. Variación histórica de los coliformes fecales en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 189
Figura 138. Variación histórica los coliformes fecales en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 190
Figura 139. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 191
Figura 140. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 191
Figura 141. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 193
Figura 142. Distribución de datos históricos del pH en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 193
Figura 143. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 194
Figura 144. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 195
Figura 145. Distribución de datos históricos de la DBO_5 en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 196
Figura 146. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 196
Figura 147. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná por estación 198
Figura 148. Distribución de datos históricos del OD en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 199
Figura 149. Variación histórica del OD en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 199
Figura 150. Variación histórica del OD en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación 201
Figura 151. Distribución de datos históricos de SST en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 202
Figura 152. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 202
Figura 153. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná por estación 204
Figura 154. Distribución de datos históricos de coliformes fecales en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020) 205
Figura 155. Variación histórica de coliformes fecales en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)..... 205
Figura 156. Variación histórica de Coliformes fecales en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná por estación 207
Figura 157. Resultados ICA-IDEAM históricos tramos I, II y III Río Chinchiná 209
Figura 158. Resultados ICA-CETESB históricos tramos I, II y III Río Chinchiná 210
Figura 159. Resultados ICOS históricos tramos I, II y III Río Chinchiná 211

Figura 160. Resultados ICOTRO históricos tramos I, II y III Río Chinchiná 212
Figura 161. Resultados ICA-IDEAM históricos tramo IV Río Chinchiná..... 214
Figura 162. Resultados ICA-CETESB históricos tramo IV Río Chinchiná..... 216
Figura 163. Resultados ICOS históricos tramo IV Río Chinchiná..... 217
Figura 164. Resultados ICOTRO históricos tramos IV Río Chinchiná..... 219
Figura 165. Resultados ICA-IDEAM históricos tramo V Río Chinchiná..... 219
Figura 166. Resultados ICA-CETESB históricos tramo V Río Chinchiná..... 220
Figura 167. Resultados ICOS históricos tramo V Río Chinchiná..... 221
Figura 168. Resultados ICOTRO históricos tramos V Río Chinchiná..... 222
Figura 169. ICA-IDEAM Río Chinchiná año 2020 222
Figura 170. ICA-CETESB Río Chinchiná año 2020..... 223
Figura 171. Índices de contaminación Río Chinchiná año 2020 224
Figura 172. ICOTRO Río Chinchiná año 2020..... 225
Figura 173. Variación de la CC DBO_5 (Kg/día) sobre el Río Chinchiná 226
Figura 174. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre el Río Chinchiná 226
Figura 175. Variación de la CC DBO_5 (Kg/día) sobre los tramos I, II y III del Río Chinchiná 227
Figura 176. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre los tramos I, II y III del Río Chinchiná 227
Figura 177. Variación de la CC DBO5 (Kg/día) sobre el tramo IV del Río Chinchiná..... 228
Figura 178. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre el tramo IV del Río Chinchiná..... 228
Figura 179. Variación de la CC DBO_5 (Kg/día) sobre el tramo V del Río Chinchiná..... 229
Figura 180. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre el tramo V del Río Chinchiná..... 229

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Información histórica monitoreo red Departamental de Caldas. 27
Tabla 2 Estaciones de monitoreo red río Chinchiná. 29
Tabla 3 Estaciones por tramos río Chinchiná..... 32
Tabla 4 Ensayos determinados en campo. 34
Tabla 5 Ensayos determinados en laboratorio. 36
Tabla 6. Fecha recolección muestras red río Chinchiná..... 37
Tabla 7. Resultados ensayos determinados en campo red río Chinchiná - 2020..... 40
Tabla 8. Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramos I, II y III. 46
Tabla 9 Continuación Tabla 8 Resultados ensayos determinados en laboratorio Tramos I, II y III..... 47
Tabla 10 Continuación Tabla 8 Resultados ensayos determinados en laboratorio Tramos I, II y III..... 48
Tabla 11 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo IV. 59
Tabla 12 Resultados ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná estaciones tramo IV. 65
Tabla 13 Continuación Tabla 12 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo IV..... 66
Tabla 14 Continuación Tabla 12 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo IV..... 67
Tabla 15 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo V. 78
Tabla 16 Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramo V. 84
Tabla 17 Continuación Tabla 15 Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramo V. 85

Tabla 18 Continuación Tabla 15 Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramo V. 86
Tabla 19 Clasificación de valores ICA-IDEAM 208
Tabla 20 Clasificación de valores ICA-CETESB 209
Tabla 21. Clasificación ICOS..... 210
Tabla 22. Clasificación de valores ICOTRO..... 211
Tabla 23 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Consumo humano y doméstico con tratamiento convencional - Tramo I 230
Tabla 24. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Recreativo Contacto secundario - Tramo II..... 231
Tabla 25. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Recreativo Contacto secundario - Tramo III..... 232
Tabla 26. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Generación de energía eléctrica - Tramo IV..... 233
Tabla 27. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Recreativo Contacto secundario - Tramo V..... 233
Tabla 28. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado en Decreto 1076 de 2015 para el uso Consumo Humano con Tratamiento Convencional - Tramo I..... 234
Tabla 29. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado en Decreto 1076 de 2015 para el uso Contacto Secundario - Tramos II, III y V..... 235
Tabla 30. Comparación de los parámetros de calidad del agua de vertimientos para el año 202 con lo definido por la Resolución 0631 de 2015..... 237

1. INTRODUCCIÓN

Las campañas de monitoreo del recurso hídrico son herramientas que buscan la recolección de información sobre la cantidad y calidad del recurso de manera precisa y confiable. Un protocolo de monitoreo y seguimiento, se soporta en datos, información y conocimiento, así como también en fundamentos teóricos y prácticos cuya única finalidad es la de aportar conocimiento de la calidad estandarizado y homologado que ayude a fortalecer los distintos programas de toma de decisiones sobre una adecuada gestión del recurso hídrico y así asegurar la calidad del recurso en beneficio de las distintas actividades productivas, procurando mantener el equilibrio ecológico en los hábitat acuáticos.

Esta información se constituye en una herramienta indispensable para la orientación y seguimiento del agua a través de indicadores, de tal manera que las decisiones a tomar por parte de autoridades locales, departamentales y nacionales, se tomen basadas en datos e información debidamente gestionada, siguiendo protocolos o procedimientos estandarizados (nacionales e internacionales) permitiendo así una mejor descripción o estimación del estado actual, así como proyecciones o pronósticos acertados por parte de la administración del agua y gestión del recurso hídrico.

La planificación de una campaña de monitoreo busca minimizar el impacto de los factores que puedan afectar la calidad de los resultados obtenidos. Muchas de las variables que son analizadas en aguas superficiales, son susceptibles de cambio como resultado de reacciones físicas, químicas o biológicas que pueden ocurrir entre el tiempo de recolección y el análisis en el laboratorio y que sino no son minimizadas pueden afectar la calidad de los resultados obtenidos. La naturaleza química y biológica de las muestras, su temperatura, grado de exposición a la luz, tipo de recipiente, tiempo entre el muestreo y el análisis en laboratorio, son algunos de los factores que se deben controlar para evitar alteraciones en los análisis de las variables de interés. De acuerdo con lo anterior, en toda campaña de monitoreo se deben establecer criterios fundamentales para su desarrollo, considerando valores o información histórica, identificando los parámetros o variables de interés, estaciones de monitoreo, procedimientos para toma de muestras, preservación, conservación, envío o traslado de las muestras, así como toda la documentación necesaria para incorporar el aseguramiento y control de calidad del monitoreo.

Como parte del aseguramiento de la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, el grupo de investigación en agua y saneamiento (GIAS), se encuentra acreditado por el IDEAM mediante la Resolución N° 1354 del 13 de noviembre de 2019, por la cual se modifica el alcance de la acreditación inicial dada en la

Resolución No. 0287 del 06 de febrero de 2018 y se adoptan otras determinaciones. Las variables acreditadas para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, son para la matriz agua: Toma de muestra Puntual: pH (SM 4500 – H+ B), Conductividad eléctrica (SM 2510 B), Caudal, Toma de muestra Compuesta: pH (SM 4500 – H+ B), Conductividad eléctrica (SM 2510 B), Caudal. Además, el Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento aplica los métodos de ensayo de la versión 23rd de 2017 del Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la operación de la Red de Monitoreo del Recurso Hídrico para el río Chinchiná y sus principales tributarios en jurisdicción de CORPOCALDAS

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar y ejecutar una campaña de monitoreo de cantidad y calidad sobre el río Chinchiná y sus principales corrientes y vertimientos tributarios.
- Realizar una visita técnica de reconocimiento de las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná y sus principales corrientes y vertimientos tributarios.
- Realizar determinación de ensayos en campo (caudal, pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto) en las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná, sus principales corrientes y vertimientos tributarios
- Tomar muestras de agua para análisis en laboratorio de las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná, sus principales corrientes y vertimientos tributarios.
- Analizar los resultados de las concentraciones de los ensayos determinados en campo y en laboratorio para las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná, sus principales corrientes y vertimientos tributarios.
- Determinar y analizar las cargas contaminantes para los parámetros DBO_5 y SST para las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná y sus principales corrientes y vertimientos tributarios.
- Analizar e interpretar los datos históricos de calidad para el río Chinchiná y sus principales corrientes tributarias entre el periodo 2006 – 2020 como herramienta

estadística para la identificación de variaciones o afectaciones en la calidad del recurso hídrico.

- Determinar y analizar los índices de calidad del agua (ICA) y contaminación (ICO) en las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná y sus principales corrientes tributarias
- Determinar y analizar los índices de calidad del agua (ICA) y contaminación (ICO) históricos en las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná y sus principales corrientes tributarias como herramienta estadística para la identificación de variaciones o afectaciones en la calidad del recurso hídrico.
- Elaborar análisis comparativo del cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 para los resultados de los ensayos fisicoquímicos determinados en campo y en laboratorio para las estaciones de monitoreo sobre el río Chinchiná asociadas con vertimientos de agua residual no doméstica (ARnD)
- Evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 469 de 2014 para el río Chinchiná.
- Sistematizar la información recolectada y analizada sobre el río Chinchiná y sus principales corrientes y vertimientos tributarios, de acuerdo al procedimiento de entrega de información al Proceso de Gestión de Información Ambiental- SIAR (previa validación)
- Actualizar la cartografía asociada a la información recolectada y analizada, de acuerdo al procedimiento de entrega de información al proceso de Gestión de Información Ambiental SIAR

3. CONCEPTUALIZACIÓN

3.1. Calidad del agua

La calidad del agua es la condición general que permite que el agua sea empleada para distintos usos y además está definida por la hidrología, la fisicoquímica y las propias condiciones biológicas de la masa de agua de estudio, las cuales se ven afectadas por procesos de alteración relacionados con actividades antrópicas (ENA, 2018). Los factores hidrológicos poseen gran relevancia debido a que nos permiten conocer información sobre el origen, cantidad de agua, tiempo de residencia, entre otros. Dependiendo de los tipos de sustratos de los cuales este compuesto el lecho de las fuentes superficiales, estos van a ser parte de la composición de las fuentes superficiales dependiendo de factores como la solubilidad.

El concepto de calidad del agua debe considerar que la necesidad de proteger un cuerpo de agua se da prioritariamente por su categoría de bien ambiental, más que como un recurso para ser explotado y que además su caracterización no debe realizarse únicamente en función de su uso (ENA, 2018).Dentro de los principales factores que afectan la calidad del agua se encuentran los vertimientos a cuerpos de aguas lenticos y loticos provenientes de fuentes puntuales o difusas con y sin tratamiento generados por diferentes actividades antrópicas tales como el uso del agua para abastecimiento, la industria, el beneficio del ganado, la agricultura, la minería, el sector pecuario, entre otros (ENA, 2018).

El deterioro de la calidad de las fuentes superficiales está asociado principalmente a los afluentes de actividades industriales, domésticas, escorrentía por el uso del suelo, entre otras. Esta presión sobre los recursos naturales se ha ido intensificando cada vez más, debido a la concentración de población en las zonas urbanas, lo cual ha conllevado a aumentar la cantidad de descargas de aguas residuales no tratadas provenientes de los sistemas de alcantarillado que prestan el servicio de saneamiento básico a estas poblaciones (PMAR, 2004). Esta situación ha provocado una disminución en la oferta hídrica en términos de calidad debido a la presencia de sustancias nocivas, patógenas, toxicas, recalcitrantes, que afectan la destinación del recurso, incluido el consumo humano.

Considerando este escenario, es necesario realizar una caracterización de la calidad fisicoquímica y microbiológica que permita visualizar los efectos de la intervención antrópica sobre la quebrada Manizales

3.1.1. Temperatura

Es un parámetro que está relacionado con la radiación solar. En zonas templadas, esta puede variar por el cambio de estaciones, sin embargo, en zonas tropicales sus valores pueden considerarse constantes; bajas temperaturas en partes altas y temperaturas cálidas a nivel del mar. Las descargas de aguas residuales con elevadas temperaturas ocasionan dalos a nivel de fauna y flora de la fuente receptoras cada vez que se afecta la reproducción de especies y se fomenta el crecimiento de bacterias u otros microorganismos ajenos a la fuente superficial. Además, la solubilidad del oxígeno disuelto (OD) está directamente relacionado con la temperatura del agua, teniendo entonces que a mayor temperatura se tiene una menor solubilidad y viceversa (Roldan, 2003).

3.1.2. Oxígeno disuelto

Este parámetro es uno de los principales indicadores sobre la calidad de un cuerpo de agua. Su presencia y concentración define todo el comportamiento de la estructura y funcionamiento biótico de estos ecosistemas. Su concentración oscila entre 7.0 mg O_2/L y 8.0 mg O_2/L y su principal fuente es el aire, desde donde el oxígeno se incorpora por factores tales como la turbulencia generada por la morfología e hidráulica de las fuentes superficiales. Este comportamiento es bastante común en ríos de montaña, los cuales presentan condiciones con terrenos escarpados y pendientes pronunciadas que permiten procesos de incorporación de oxígeno disuelto. En ocasiones se generan condiciones de supersaturación de OD debido a condiciones de turbulencia de la corriente, por lo general esta super-saturación es de corta duración. Su permanencia en fuentes superficiales depende de factores tales como solubilidad, presión atmosférica, temperatura, la reoxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica, demanda bioquímica (Roldan, 2003).

3.1.3. Turbidez

Expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en lugar de transmitir en línea recta a través de una muestra. Se produce por la presencia de material en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y otros microorganismos. Afecta directamente la producción y flujo de energía dentro del ecosistema. Está definida como el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión. Debido a que las sustancias que causan la turbiedad son responsables del color, su concentración determina la transparencia del agua puesto que limita el paso de luz a través de ella (Roldan, 2003).

3.1.4. Alcalinidad

El la capacidad de neutralizar o amortiguar ácidos. Su presencia en aguas superficiales está asociada al contenida de hidroxilos, carbonatos y bicarbonatos (calcio, potasio, sodio, magnesio), razón por la cual se utiliza como un indicador de la presencia de estas sustancias. Este parámetro permite conocer la capacidad amortiguadora de cambios de pH en el agua, lo cual es fundamental para determinar la capacidad para mantener procesos biológicos con productividad de biomasa adecuada (Roldan, 2003).

3.1.5. Dureza

La dureza del agua se define por el contenido de iones calcio y magnesio presentes en ella. Un agua con valores dureza bajos, se denominan aguas blandas, por el

contrario, aguas con durezas altas, se denominan aguas duras. Biológicamente, las aguas duras son más productivas que las aguas blandas. La productividad está relacionada con especies que se adaptan a estas condiciones. Una dureza intermedia posee fauna y flora variada, pero es menos productiva en términos de biomasa (Roldan, 2003).

3.1.6. Cloruros

Su presencia en agua superficiales se relaciona de forma natural con la disolución de depósitos minerales. Los principales aportes antrópicos tienen su origen en actividades industriales, riegos agrícolas y en menor medida agua residual doméstica (Saenz, 2001).

3.1.7. Nitrógeno, Nitritos y Nitratos

El nitrógeno es un elemento considerado esencial para el crecimiento y desarrollo de organismos tales como algas, lo cual a su vez genera un consumo del oxígeno al ser oxidado por las bacterias disminuyendo su concentración. La distintas especies nitrogenadas permiten inferir el tiempo transcurrido de descarga de contaminación sobre la fuente superficial (Roldan, 2003).

3.1.8. Fósforo y fosfatos

La presencia de fosforo en un cuerpo de agua es fundamental para la producción de biomasa, la cual aumenta la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, sumado a los procesos de eutrofización y crecimiento de fitoplancton. En su forma soluble de fosfatos, es un componente limitante para el desarrollo de comunidades, puesto que es un nutriente para los organismos fotosintetizadores. De allí la importancia de su determinación para conocer el grado de polución o procesos biológicos en fuentes superficiales (Roldán, 2003).

3.1.9. Sólidos suspendidos

En general es un material en suspensión que está compuesto por limos, arena, arcillas, bacterias, virus, entre otros. Dichas partículas no son susceptibles de remoción por procesos de deposición naturales (Saenz, 2001).

3.1.10. Sólidos totales

Son definidos como el contenido de materia que se obtiene como residuo después de someter una muestra a un proceso de evaporación entre 103°C-105°C. En esta categoría se incluyen solidos disueltos y suspendidos (Metcalf y Heddy,1985).

3.1.11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Es considerada uno de los principales indicadores de contaminación en fuentes superficiales, ya que está directamente relacionada con el grado de contaminación de una fuente superficial, teniendo entonces que, a mayores concentraciones de materia orgánica, mayor grado de contaminación y viceversa. Se define como la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada a través de medios biológicos como la actividad respiratoria de los microorganismos que utilizan la materia orgánica del agua residual para crecer y para metabolizar a partir de ella y de otros microorganismos sus componentes celulares (Saenz, 2001).

3.1.12. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Está definido como la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica presente en una muestra líquida. A partir de su correlación con la DBO_5, se puede determinar el grado de biodegrabilidad de un afluente o efluente líquido (Saenz, 2001).

3.2. Carga contaminante

Es el producto de la concentración másica de una sustancia por el caudal volumétrico del líquido que la contiene en determinado sitio. Se expresa en unidades de tiempo (ERA, 2018).

3.3. Índice de calidad del agua (ICA)

Es una herramienta que permite determinar la calidad del agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado en el momento que se realiza la medición. De manera general, el ICA reúne mediante una ecuación matemática datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, que permite evaluar el estado del cuerpo de agua. A través del ICA, se puede realizar un análisis general a diferentes niveles y conocer la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales. Su implementación, permite mayor eficiencia en los procesos de formulación de políticas públicas y seguimiento de los impactos sobre los cuerpos de agua. En el ámbito nacional, el IDEAM en el ENA (Estudio Nacional del Agua) adopto la metodología UWQI (por sus siglas en ingles Universal Water Quality). Esta metodología fue desarrollada y aplicada con el fin de obtener un índice simplificado para establecer la calidad del agua usada para el consumo humano. Para su determinación se emplea una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada, y se expresa de la siguiente manera:

$$UWQI = \sum_{i=1}^{n} W_i I_i \quad (I)$$

En donde:

Wi: Peso o porcentaje asignado al i-esimo parámetro

I_i: es el subíndice del i-esimo parámetro.

En el 2015, el IDEAM adoptó seis (6) variables básicas para la determinación del ICA en los cuerpos de agua y estas son:

- Oxígeno disuelto
- Demanda química de oxígeno
- Conductividad eléctrica
- Sólidos suspendidos totales
- pH
- Relación Nitrógeno total/Fósforo total

Los valores de este índice comprenden una escala de cero (0) a uno (1), con cinco (5) categorías: muy mala entre 0.00 y 0.25 (representado en color rojo), mala entre 0.26 y 0.50 (color naranja), regular entre 0.51 y 0.70 (color amarillo), aceptable entre 0.71 y 0.90 (color verde) y buena entre 0.91 y 1.00 (color azul).

3.4. Índices de contaminación

Los índices de contaminación (ICO) constituyen una herramienta poderosa de fácil determinación, que prestan gran utilidad en la caracterización de la calidad de las aguas continentales, tarea que realizan con mayor objetividad y claridad que los tradicionales índices de calidad (ICA). Su empleo cobra mayor relevancia que los componentes principales cuando se estudia un reducido número de cursos y se complementa con éste cuando se caracterizan numerosas estaciones (Ramírez, 1997). Los índices de contaminación ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO, permiten cuantificar el grado de contaminación de un cuerpo de agua respecto a su condición general y no un contaminante especifico. Reúnen propiedades fundamentales de las aguas y por eso son determinadas de manera regular en cualquier estudio rinológico o ambiental. Adicionalmente, la mayoría de estas variables no están incluidos dentro de las regulaciones ambientales del orden nacional, por lo cual su determinación y análisis cobra relevancia.

3.4.1. Índice de contaminación por mineralización – ICOMI

Integra la conductividad eléctrica, la dureza y la alcalinidad, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I._{Conductividad} + I._{Dureza} + I._{Alcalinidad})$$

En donde:

$$I._{Conductividad} = Log_{10}.I._{Conductividad} = 3.26 + 1.34 Log_{10}.Conductivida(\mu S/cm)$$

$$I._{Conductividad} = 10^{Log.I.Conductividad}$$

Conductividades mayores a 270 µS/cm, tienen un índice de conductividad igual = 1

$$I._{Dureza} = Log_{10}.I._{Dureza} = -9.09 + 4.40 Log_{10}.Dureza(mg/lt)$$

$$I._{Dureza} = 10^{Log.I.Dureza}$$

Durezas mayores a 110 mg/L tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/L tienen un índice = 0

$$I._{Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 Alcalinidad(mg/lt)$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un índice = 1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un índice = 0

3.4.2. Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO

Conformado por las variables demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y el porcentaje de saturación de oxígeno, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I._{DBO} + I._{Coliformes} + I._{Oxigeno\ \%})$$

En donde:

$$I._{DBO} = -0.05 + 0.70 Log_{10} DBO(mg/L)$$

DBO_5 > 30 mg O_2/L, tienen un índice = 1

DBO_5 < 2 mg O_2/L, tienen un índice = 0

$$I._{Coliformes\ Totales} = -1.44 + 0.56 Log_{10} .Col.Tot.(NMP/100ml)$$

Coliformes totales > 20000 NMP/100 mL, tienen un índice = 1

Coliformes totales < 500 NMP/100 mL, tienen un índice = 0

$$I._{Oxigeno\,\%} = 1 - 0.01 Oxigeno\%$$

Porcentajes (%) superiores a 100 %, tienen un índice = 0

Para sistemas lenticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100% se sugiere reemplazar la expresión por:

$$I._{Oxigeno\,\%} = 0.01 Oxigeno\% - 1$$

3.4.3. Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS

Conformado por la variable sólidos suspendidos totales, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 SólidosSuspendidos(mg/L)$$

Sólidos suspendidos > 340 mg/L, tienen un índice = 1

Sólidos suspendidos < 10 mg/L, tienen un índice = 0

3.4.4. Índice de contaminación por trofia – ICOTRO

Se calcula sobre la base de la concentración de fósforo total en mg/L, teniéndose entonces que:

- Oligotrofia: <0.01
- Mesotrofia: 0.01 – 0.02
- Eutrofia: 0.02 – 1.00
- Hipereutrofia: > 1.00

3.5. Objetivos de calidad – Resolución 469 de 2014

Los objetivos de calidad se plantean para la protección de los cuerpos de agua como una estrategia que permita garantizar su calidad de acuerdo con el uso. Se han definido para esto varios parámetros base como DBO_5, Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto y Sólidos Suspendidos Totales para disminuir la carga orgánica en las fuentes hídricas. Además, las aguas superficiales deberán estar libres de sustancias que se sedimenten en forma de depósitos objetables; desechos flotantes como basuras, aceite, u otras materias sustancias que produzcan olor, color, sabor, turbidez desagradable, que causen condiciones extremadamente toxicas, indeseables y molestas en la vida acuática.

La Corporación en su labor administrativa de conservación, fomento y reglamentación de las aguas superficiales y subterráneas, así como el seguimiento, monitoreo, control y manejo de cuencas hidrográficas, planteando varias estrategias con el ánimo de controlar la contaminación hídrica, como metas de reducción de carga contaminante y el sistema de facturación de tasa retributiva para vertimientos puntuales a cuerpos de agua. La definición de los objetivos de calidad constituye una base fundamental para el diseño y ejecución de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos entendiendo que estos deben estar articulados para lograr dicha meta en el tiempo. De acuerdo con los estudios que se han realizado desde el 2008 se han ajustado los objetivos de calidad para la cuenca del río Chinchiná, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS.

Este capítulo presenta la comparación de la calidad del agua sobre el río Chinchiná, con los valores establecidos en la Resolución 469 de 2014, por medio de la cual se ajustan los objetivos de calidad del recurso hídrico en la cuenca del río Chinchiná, subcuenca río Chinchiná, corriente hídrica río Chinchiná.

3.6. Normatividad ambiental – Decreto 1076 de 2015 y Resolución 0631 de 2015

Partiendo de la obligación que tiene el estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir la contaminación hídrica en todo el territorio nacional se establece el objeto y ámbito de la aplicación de la presente resolución, la cual, presenta los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público

Estos capítulos presentan la comparación y análisis del cumplimiento tanto del decreto único 1076 de 2015 del MADS, el cual es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, está encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores, como de la de la norma de vertimientos, valores establecidos en la Resolución 0631 de 2015 del MADS, por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones para los principales vertimientos de agua residual sobre la corriente principal río Chinchiná

4. METODOLOGÍA

4.1. Revisión de información

En el marco del desarrollo de la planificación y análisis de información relacionada con la operación de la red de monitoreo departamental del recurso hídrico en el departamento de Caldas, contrato 189 de 2019 celebrado entre la Universidad Tecnológica de Pereira – Grupo de Investigación en agua y saneamiento (GIAS) y la corporación autónoma regional de Caldas (CORPOCALDAS), se hace necesario conocer las principales herramientas o productos desarrollados históricamente sobre el río Chinchiná y sus principales tributarios a fin de poder estimar un diagnóstico inicial de las condiciones actuales y/o posibles vulnerabilidades que puedan afectar el adecuado desarrollo de monitoreo y operación de la red departamental. La información revisada fue la suministrada por el área de subdirección de planificación ambiental y territorio de la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS. Dicha información fue adquirida a través de la interventoría del proyecto y consistió principalmente en información histórica de los monitoreos de la red de calidad de agua en el departamento de Caldas y la información cartográfica en formato ***.Shp*** con la localización de las estaciones de monitoreo de calidad de agua en el departamento de Caldas. Esta información ha sido recopilada por la autoridad ambiental a través de los distintos estudios realizados entre los años 2005 y 2019. A continuación, en la Tabla 1 se mencionan los documentos o informes técnicos asociados al monitoreo histórico de la calidad del agua en el Departamento de Caldas.

Tabla 1.Información histórica monitoreo red Departamental de Caldas.

Actividad	No. De Contrato	Responsable	Año
Caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Manizales hasta su desembocadura en el río Chinchiná y del río Chinchiná	Contrato 087-2004	Fundación profesional para el manejo integral del agua-PROAGUA	2005
Diseño del Plan proceso de monitoreo y seguimiento de aguas en la jurisdicción de Corpocaldas	Contrato 158 – 2008	Grupo GIAS - Universidad Tecnológica de Pereira – UTP	2009
Realizar la caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Manizales	Contrato C 119-2008	CORPOCALDAS y la Fundación para el Saneamiento Ambiental de los Recursos Naturales – SANEAR	2009
Toma de muestra y análisis a las 12 estaciones, 17 tributarios sobre la Quebrada Manizales y sobre las 12 estaciones, 9 vertimientos establecidos sobre la Quebrada Cimitarra, Tesorito, Cristales y 2615-098-003Calibración y verificación del modelo matemático de simulación de calidad QUAL2Kw	Contrato C 012-2010	Fundación para el Saneamiento Ambiental de los Recursos Naturales – SANEAR	2010
Operar la red de monitoreo de la calidad de agua en la subcuenca del río Chinchiná, Quebrada aguas claras – rio Marmato y fuentes receptoras de vertimientos municipales en el departamento de Caldas; y optimizar el modelo matemático de simulación de calidad del agua QUAL2KW en el río Chinchiná y Quebrada Manizales	Contrato 278 – 2012	Fundación profesional para el manejo integral del agua – PROAGUA	2012
Prestación de servicios profesionales y técnicos, para operar La Red de Monitoreo departamental del recurso hídrico, estaciones Subcuenca río	Contrato 171– 2014	ONG Servicios Ambientales de Caldas	2015

Actividad	No. De Contrato	Responsable	Año
Chinchiná y Quebrada Manizales en el departamento de Caldas			
Prestación de servicios profesionales y técnicos, para operar La Red de Monitoreo departamental del recurso hídrico, estaciones Subcuenca río Chinchiná y Quebrada Manizales en el departamento de Caldas	Contrato 249 – 2016	ONG Servicios Ambientales de Caldas	2017
Prestación de servicios profesionales y técnicos, para operar La Red de Monitoreo departamental del recurso hídrico	Contrato 039 – 2018	ONG Servicios Ambientales de Caldas	2019

4.2. Planificación campaña de monitoreo

4.2.1. Zona de estudio

La cuenca del río Chinchiná, se encuentra localizada en la región centro-sur del departamento de Caldas, sobre la vertiente occidental de la cordillera central; pertenece a la zona hidrográfica Magdalena – Cauca y es el afluente más importante del río Cauca por su margen derecha. Tienen jurisdicción los municipios Manizales, Chinchiná, Villamaría, Neira y Palestina. La extensión de la cuenca es de 1052.25 km^2, y corresponden al 14% del departamento de Caldas. En la Figura 1se muestra la localización geográfica del área de estudio cuenca río Chinchiná.

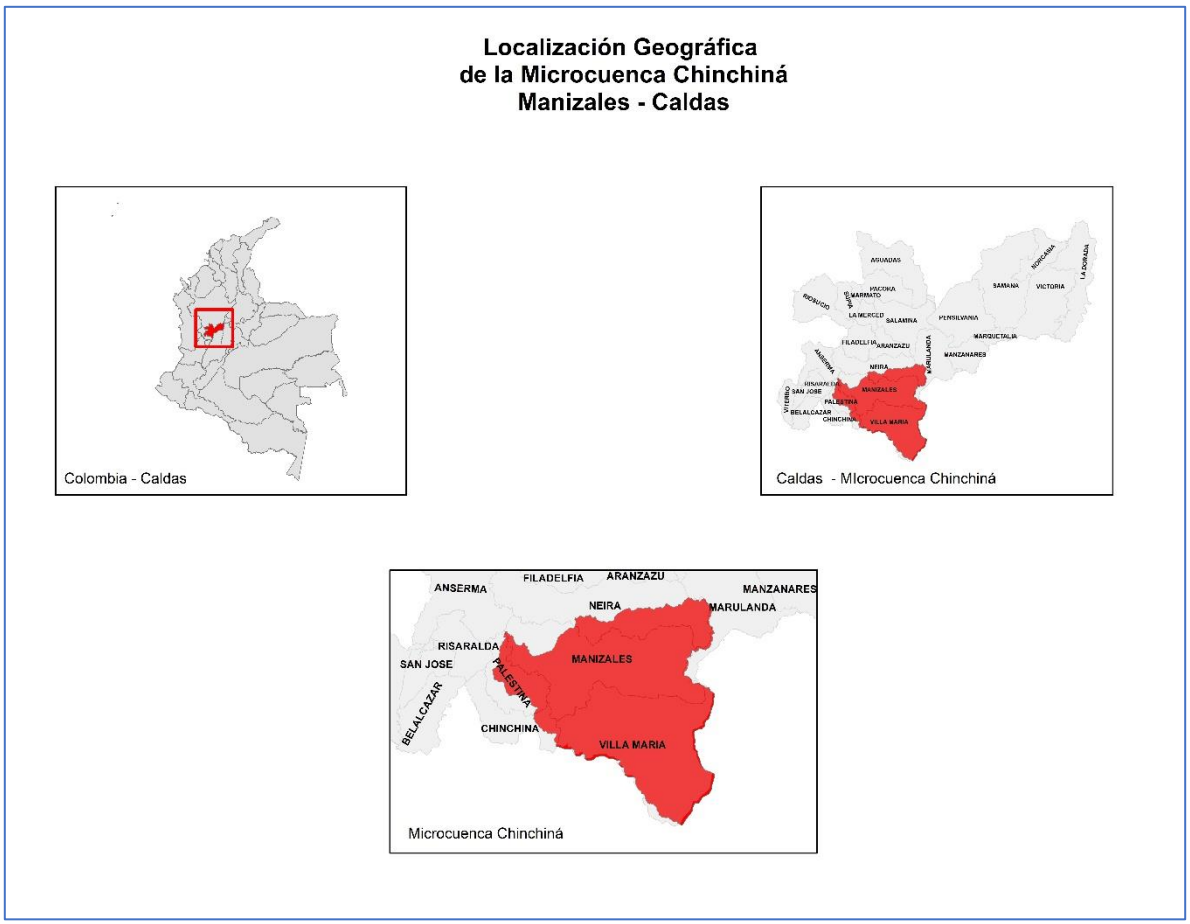


Figura 1.Localización geográfica cuenca río Chinchiná, Caldas.
(Fuente: Elaboración propia)

Dentro de los principales aspectos que afectan la cantidad y calidad del recurso hídrico relacionado con el río Chinchiná, se encuentran las captaciones para el abastecimiento de la población y generación de energía, así como la descarga directa o indirecta de agua residual a través de sus principales tributarios

4.2.2. Estaciones de monitoreo

La red de monitoreo del río Chinchiná, actualmente se componente por dieciocho (18) estaciones sobre la corriente superficial principal y cincuenta (50) tributarios que realizan sus descargas en distintos tramos del río hasta su desembocadura sobre el río Cauca. En la Tabla 2 se muestran las estaciones y distintos tributarios que conforman la red de monitoreo río Chinchiná.

Tabla 2 Estaciones de monitoreo red río Chinchiná.

Consecutivo	Código estación de monitoreo	Tipo	Denominación
1	CHI-E01	Estación	Finca La Zulia

Consecutivo	Código estación de monitoreo	Tipo	Denominación
2	CHI-E02	Estación	Antes Bocatoma Aguas de Manizales
3	CHI-E03	Estación	Después Bocatoma Aguas de Manizales
4	CHI-E05	Estación	Después de Quebrada Tolda Fría
5	CHI-E07	Estación	Puente Lusitania Vía Panamericana
6	CHI-E08	Estación	Fabrica Mayco S.A
7	CHI-E09	Estación	Horno Crematorio
8	CHI-E09A	Estación	Antes Colector La Playita
9	CHI-E11	Estación	Puente Villamaría
10	CHI-E12	Estación	Antes Quebrada Palogrande
11	CHI-E15	Estación	Antes Quebrada El Chiflón
12	CHI-E17	Estación	Finca Los Naranjos
13	CHI-E19	Estación	Antes Río Claro
14	CHI-E20	Estación	Antes Quebrada San Juan
15	CHI-E23	Estación	Puente Cenicafé
16	CHI-E24	Estación	Puente Doménico Parma
17	CHI-E27	Estación	Estadero La Barraquera
18	CHI-E30	Estación	Puente Finca El Retiro
19	CHI-T01	Tributario	Quebrada La Negra
20	CHI-T02	Tributario	Quebrada San Eugenio
21	CHI-T03	Tributario	Quebrada El Diamante
22	CHI-T04	Tributario	Quebrada La Rochela
23	CHI-T05	Tributario	Quebrada La Oliva
24	CHI-T06	Tributario	Quebrada Tolva Fría
25	CHI-T07	Tributario	Quebrada 2615-002-101
26	CHI-T08	Tributario	Quebrada Palmichal
27	CHI-T09	Tributario	Quebrada Chupaderos
28	CHI-T10	Tributario	Quebrada Manizales
29	CHI-T11	Tributario	Quebrada El Perro
30	CHI-T12	Tributario	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita
31	CHI-T13	Tributario	Descole 31004D Puente Barrio La Playita
32	CHI-T14	Tributario	Quebrada El Molino
33	CHI-T15	Tributario	Quebrada de La Monina
34	CHI-T16	Tributario	Quebrada 2615-002-092
35	CHI-T17	Tributario	Descole 31085D Interceptor de Maltería
36	CHI-T18	Tributario	Quebrada 2615-002-091 La Cuba
37	CHI-T19	Tributario	Quebrada Camelia
38	CHI-T20	Tributario	Descole N° 2 Villamaría
39	CHI-T21	Tributario	Quebrada 2615-002-087
40	CHI-T22	Tributario	Descole N° 3 y 4 Villamaría
41	CHI-T23	Tributario	Quebrada de Palogrande
42	CHI-T24	Tributario	Descole N° 6 Villamaría
43	CHI-T25	Tributario	Quebrada 2615-002-083
44	CHI-T26	Tributario	Descole N° 8 Villamaría
45	CHI-T27	Tributario	Descarga Planta Intermedia
46	CHI-T28	Tributario	Quebrada Marmato
47	CHI-T29	Tributario	Quebrada El Chiflón
48	CHI-T30	Tributario	Quebrada La Diana
49	CHI-T31	Tributario	Quebrada 2615-002-077
50	CHI-T32	Tributario	Quebrada 2615-002-076
51	CHI-T33	Tributario	Descarga de Planta Municipal
52	CHI-T34	Tributario	Quebrada La Floresta

Consecutivo	Código estación de monitoreo	Tipo	Denominación
53	CHI-T35	Tributario	Quebrada El Arroyo
54	CHI-T36	Tributario	Quebrada San Miguel
55	CHI-T37	Tributario	Río Claro
56	CHI-T38	Tributario	Quebrada San Juan
57	CHI-T39	Tributario	Quebrada 2615-002-047
58	CHI-T40	Tributario	Quebrada 2615-002-045
59	CHI-T41	Tributario	Quebrada Los Cuervos
60	CHI-T42	Tributario	Descole Chinchiná
61	CHI-T43	Tributario	Quebrada Cameguadua
62	CHI-T44	Tributario	Quebrada El Rosario
63	CHI-T45	Tributario	Quebrada Manzanares
64	CHI-T46	Tributario	Quebrada El Purgatorio
65	CHI-T47	Tributario	Quebrada Cartagena
66	CHI-T48	Tributario	Quebrada Los Lobos
67	CHI-T49	Tributario	Río Guacáica
68	CHI-T50	Tributario	Quebrada Carminales

En la Figura 2 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo que actualmente conforman la red de monitoreo del río Chinchiná.

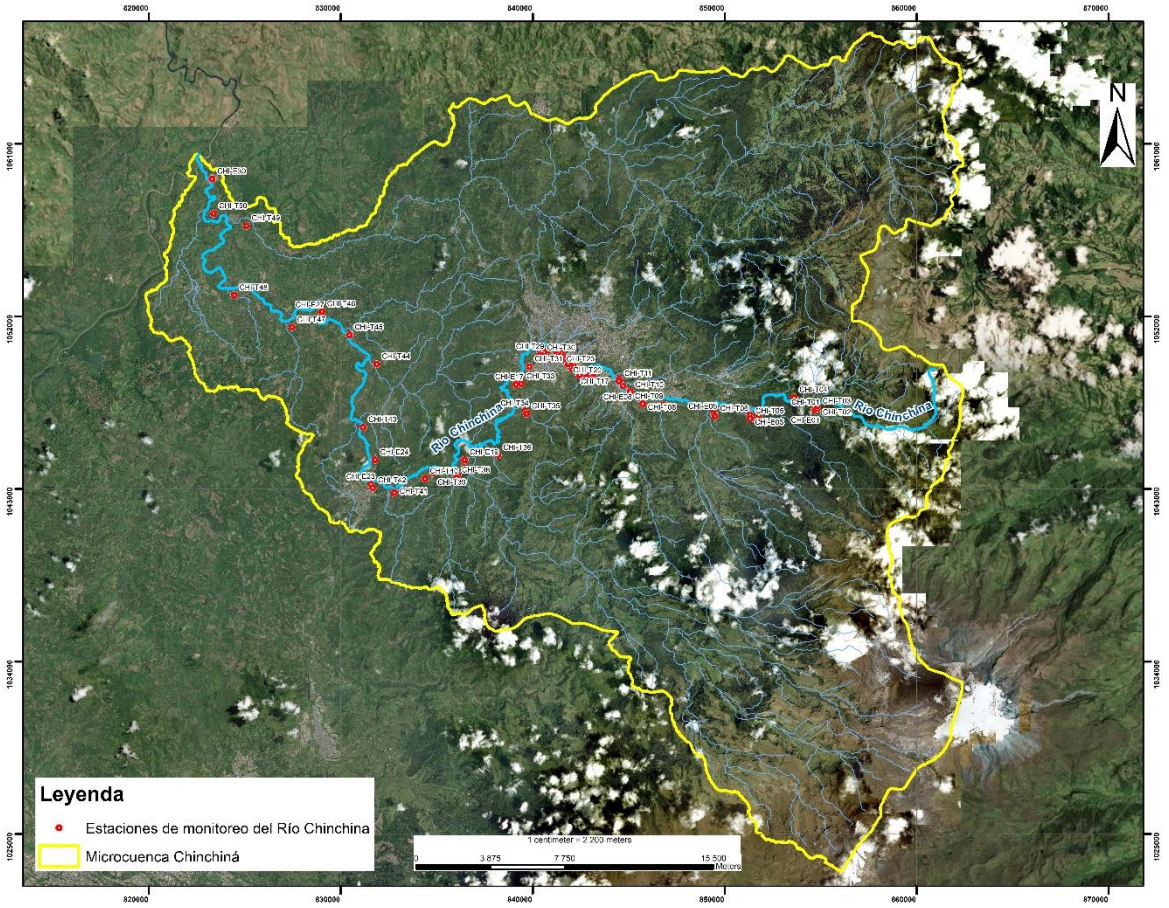


Figura 2. Localización geográfica estaciones río Chinchiná.(Fuente: Elaboración propia)

4.2.3. Tramos río Chinchiná

La Resolución 469 de 2014 ordenada por la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS), establece los objetivos de calidad definiendo los usos genéricos para el recurso hídrico en cinco (5) tramos del río Chinchiná, los cuales han sido validados mediante la modelación de calidad (Modelo Qual2K), soportada en los resultados de la red de monitoreo, conformada por 68 estaciones localizadas sobre la corriente principal, principales tributarios y vertimientos provenientes de los sistemas de alcantarillado de los municipios de Manizales y Villa María (Tabla 3).

Tabla 3 Estaciones por tramos río Chinchiná.

Tramo	Código	Estación	Coordenadas	
			N	W
Tramo I (E1-E3) Desde Finca La Zulia (E1) hasta después Bocatoma Aguas de Manizales (E3)	**CHI - T01**	Quebrada La Negra	5 1 25.44	75 23 26.94
	CHI - T02	Quebrada San Eugenio	5 1 28.17	75 23 23.20
	CHI - E01	Finca La Zulia	5°1'37.16	75 23 40.26
	CHI - T03	Quebrada El Diamante	5 1 32.49	75 23 23.32
	CHI - T04	Quebrada La Rochela	5 1 46.89	75 24 2.66
	CHI - E02	Antes Bocatoma Aguas De Manizales	5°1´16.6	75°25´2.08
	CHI - E03	Después Bocatoma Aguas De Manizales	5°1´17.31	75°25´17.37
Tramo II (E3-E5) Desde después Bocatoma Aguas de Manizales (E3) hasta después Quebrada Tolda Fría (E5)	**CHI - E03**	Después Bocatoma Aguas De Manizales	5°1´17.31	75°25´17.37
	CHI - T05	Quebrada La Oliva	5 1 10.65	75 25 16.65
	CHI - T06	Quebrada Tolva Fría	5 1 14.65	75 26 16.53
	CHI - E05	Después De Quebrada Tolda Fría	5°1´18.32	75°26´17.98
Tramo III (E5-E7) Desde después de la quebrada Tolda Fría (E5) hasta el puente Lusitania-Vía Panamericana CHEC (E7)	**CHI - E05**	Después De Quebrada Tolda Fría	5°1´18.32	75°26´17.98
	CHI - T07	Quebrada 2615-002-101	5 1 34.00	75 27 42.65
	CHI - T08	Quebrada Palmichal	5 1 35.89	75 28 18.68
	CHI - T09	Quebrada Chupaderos	5 1 48.15	75 28 40.70
	CHI - E07	Puente Lusitania - Vía Panamericana	5°1´53.10	75°28´42.47
Tramo IV (E7–E20) Desde el puente de Lusitania en la vía Panamericana CHEC (E7), hasta antes de la quebrada San Juan (E20)	**CHI - E07**	Puente Lusitania - Vía Panamericana	5°1´53.10	75°28´42.47
	CHI - T10	Quebrada Manizales	5 1 56.06	75 28 39.76
	CHI - E08	Fabrica Mayco S.A	5°2´5.70	75°28´51.89
	CHI - T11	Quebrada El Perro	5 2 13.66	75 28 58.54
	CHI - E09	Horno Crematorio	5°2´17.07	75°28´59.07
	CHI - E09A	Antes Colector La Playita	5°2´23.93	75°29´42.77
	CHI - T12	Descole 31007d Y 31002d Barrio La Playita	5 2 25.32	75 29 44.39
	CHI - T13	Descole 31004d Puente Barrio La Playita	5 2 24.41	75 29 47.21
	CHI - T14	Quebrada El Molino	5 2 19.02	75 29 50.44
	CHI - T15	Quebrada La Monina	5 2 19.93	75 29 53.73
	CHI - T16	Quebrada 2615-002-092	5 2 23.92	75 30 5.70
	CHI - E11	Puente Villamaría	5°2´27.77	75°30´8.80

Tramo	Código	Estación	Coordenadas	
			N	W
	CHI - T17	Descole 31085d Interceptor De Maltería	5 2 31.64	75 30 12.37
	CHI - T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	5 2 34.39	75 30 17.88
	CHI - T19	Quebrada Camelia	5 2 38.38	75 30 14.75
	CHI - T20	Descole N° 2 Villamaría	5 2 43.10	75 30 24.88
	CHI - E12	Antes Quebrada Palogrande	5°2´50.11	75°30´29.37
	CHI - T21	Quebrada 2615-002-087	5 2 51.80	75 30 29.39
	CHI - T22	Descole N° 3 Y 4 De Villamaría	5 2 56.59	75 30 34.23
	CHI - T23	Quebrada Palogrande	5 3 1.03	75 30 36.60
	CHI - T24	Descole N° 6 Villamaría	5 3 3.54	75 30 41.57
	CHI - T25	Quebrada 2615- 002-083	5 3 5.21	75 30 46.69
	CHI - T26	Descole N° 8 Villamaría	5 3 0,51	75 31 4.07
	CHI - T27	Descarga Planta Intermedia	5 3 2.51	75 31 4.75
	CHI - T28	Quebrada Marmato	5 3 2.67	75 31 5.74
	CHI - E15	Antes De La Quebrada El Chiflón	5°2´59.78	75°31´10.86
	CHI - T29	Quebrada El Chiflón	5 2 59.06	75 31 11.63
	CHI - T30	Quebrada La Diana	5 2 57.31	75 31 9.32
	CHI - T31	Quebrada 2615-002-077	5 2 38.06	75 31 30.27
	CHI - T32	Quebrada 2615-002-076	5 2 21.60	75 31 28.14
	CHI - T33	Descarga De Planta Municipal	5 2 8.81	75 31 43.90
	CHI – E17	Finca Los Naranjos	5°2´7.63	75°31´53.19
	CHI - T34	Quebrada La Floresta	5 1 22.85	75 31 36.87
	CHI - T35	Quebrada El Arroyo	5 1 18.08	75 31 34.97
	CHI - T36	Quebrada San Miguel	5 0 7.70	75 32 23.04
	CHI - E19	Antes De Rio Claro	4°59´59.57	75°33´19.43
	CHI - E20	Antes Quebrada San Juan	4°59´33.90	75°33´30.95
Tramo V (E20– E30) Desde antes de la quebrada San Juan (E20) hasta el puente de la Finca El Retiro (E30)	**CHI - E20**	Antes Quebrada San Juan	4°59´33.90	75°33´30.95
	CHI - T37	Rio Claro	4 59 46.41	75 33 20.21
	CHI - T38	Quebrada San Juan	4 59 29.29	75 33 33.09
	CHI - T39	Quebrada 2615- 002-047	4 59 37.14	75 34 13.85
	CHI - T40	Quebrada 2615- 002-045	4 59 27.47	75 34 26.80
	CHI - T41	Quebrada Los Cuervos	4 59 3.93	75 35 18.20
	CHI - E23	Puente Cenicafé	4°59´17.64	75°35´57.96
	CHI - E24	Puente Doménico Parma	4°59´59.33	75°35´50.96
	CHI - T42	Descole Chinchiná	4 59 11.75	75 35 54.79
	CHI -T43	Quebrada Cameguadua	5 0 54.73	75 36 11.04
	CHI. T44	Quebrada El Rosario	5 2 41.92	75 35 48.42
	CHI - T45	Quebrada Manzanares	5 3 31.20	75 36 34.84
	CHI - E27	Estadero La Barraquera	5°4´9.07	75°37´22.42
	CHI - T46	Quebrada El Purgatorio	5 4 10.87	75 37 21.40
	CHI - T47	Quebrada Cartagena	5 3 44.14	75 38 11.74
	CHI - T48	Quebrada Los Lobos	5 4 38.12	75 39 49.61
	CHI - T49	Rio Guacaica	5 6 35.95	75 39 29.04
	CHI - T50	Quebrada Carminales	5 6 56.43	75 40 24.67
	CHI - E30	Puente Finca El Retiro	5°7´55.44	75°40´27.47

Para una mayor claridad, la localización de cada una de las estaciones que integra la red de monitoreo del río Chinchiná, se describe en la Figura 3.

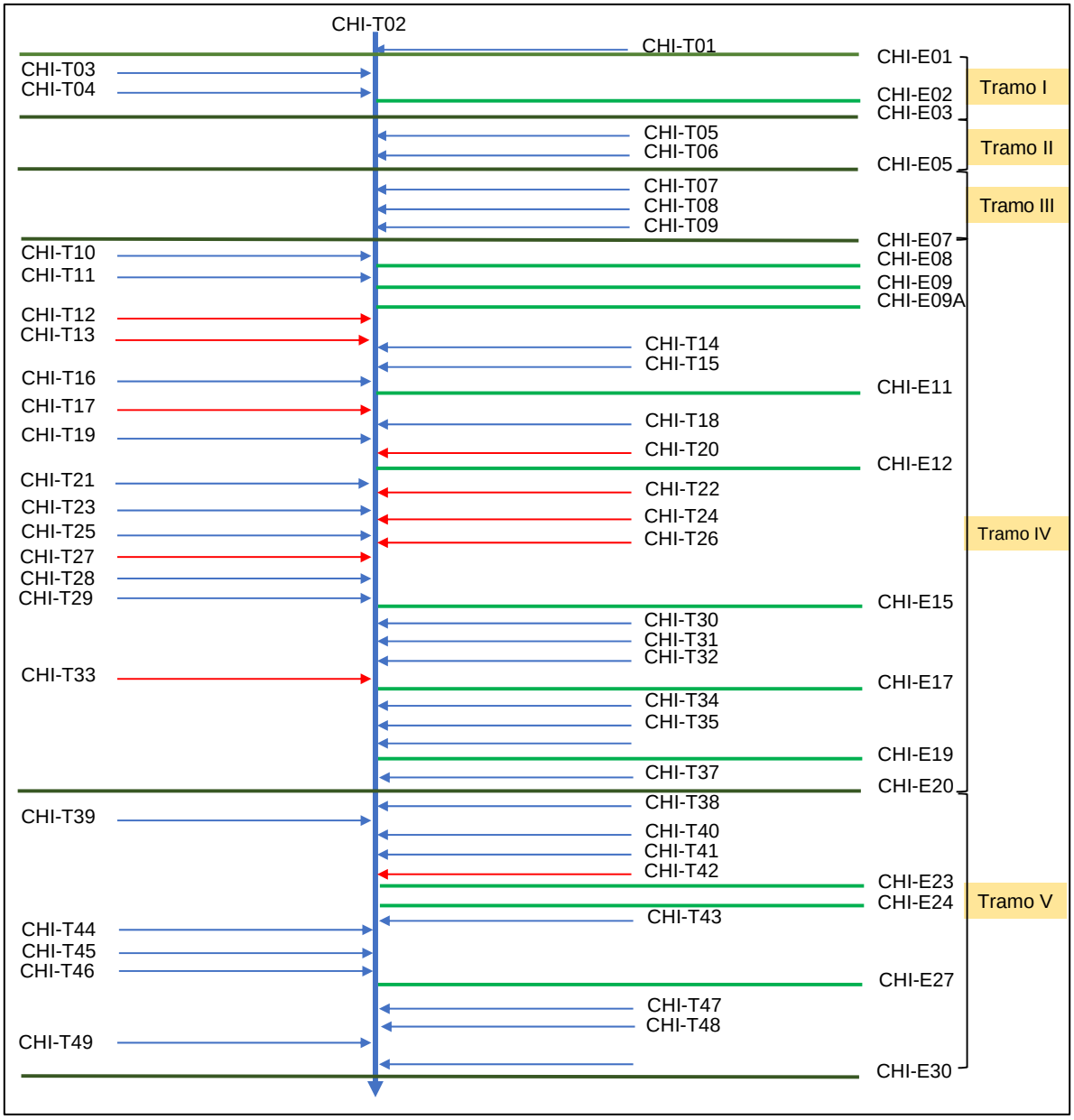


Figura 3. Esquema localización de las estaciones y tributarios que conforman los tramos con Objetivos de Calidad definidos sobre el Río Chinchiná

4.2.4. Ensayos determinados en campo

En la Tabla 4 se muestra los ensayos determinados en campo para cada uno de las estaciones y vertimientos tributarios de interés.

Tabla 4 Ensayos determinados en campo.

Punto (s)	Ensayo (s)	Unidades	Método (s)
Todos	pH	UpH	SM 4500 H^+-B

Punto (s)	Ensayo (s)	Unidades	Método (s)
Todos	Conductividad eléctrica	µS/cm	SM 2510 B
Todos	Temperatura	°C	SM 2550 B
Todos	Oxígeno disuelto	mgO_2/L	SM 4500-O, G
Todos	Caudal	m^3/s - L/s	Correntómetro - Volumétrico

Los equipos para medición de pH y conductividad están direccionados bajo procedimientos establecidos en el Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento, basados en los requisitos de la norma NTC ISO/IEC 17025. De manera complementaria, anualmente se adquieren muestras de proveedores acreditados bajo la norma NTC ISO/IEC 17043 para participar en ensayos de aptitud, lo que refuerza la confiabilidad de la operación de los procesos analíticos del grupo de investigación. Como evidencia de lo establecido en este procedimiento y como parte del control metrológico, en el laboratorio se cuenta para cada pH-metro y conductímetro con:

- Instrucciones de uso.
- Bitácora de control de uso.
- Cartas de control donde se registra el valor de pH reportado por el equipo para el material de referencia de pH 7,00 y el valor de conductividad eléctrica reportado por el equipo para el material de referencia 1,41 mS/cm.
- Material de referencia certificado de grado analítico (empleado para el ajuste de los equipos y la ejecución de los controles de calidad en campo), lo cual permite darles trazabilidad a las mediciones y obtener datos confiables.

Los equipos para determinación de caudal cuentan con certificado de calibración vigente para las respectivas hélices emitido por el laboratorio de hidráulica de la universidad nacional de Colombia, sede Bogotá.

4.2.5. Ensayos determinados en laboratorio

En la Tabla 5 se muestra los ensayos determinados en laboratorio para cada uno de las estaciones y vertimientos tributarios de interés sobre la red río Chinchiná.

Tabla 5 Ensayos determinados en laboratorio.

Parámetro	Unidades	Método	Laboratorio
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg O_2/L	Electrodo de membrana (SM4500 - O G), Incubación 5 días (SM 5210 B)	CORPOCALDAS
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg O_2/L	SM 5210 B – ASTM D 88-12 Método C	ANASCOL SAS
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O_2/L	Reflujo cerrado - Titulométrico (SM 5220 C)	CORPOCALDAS
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O_2/L	SM 5220 D	ANASCOL SAS
Sólidos totales	mg/L	Secada a 103-105 °C (SM 2540 B)	CORPOCALDAS
Sólidos suspendidos totales	mg/L	Secada a 103-105 °C (SM 2540 D)	CORPOCALDAS
Nitrógeno total kjeldahl	mg N/L	Macro kjeldahl (SM 4500 Norg B - 4500 NH3 B C)	CORPOCALDAS
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	Destilación Preliminar (SM 4500 NH_3 B), (4500-NH_3 C) Método Titulométrico	CORPOCALDAS
Nitratos	mg NO_3/L	Fotometría	CORPOCALDAS
Nitritos	mg NO_2/L	Colorimetría (SM 4500 - NO_2 B)	CORPOCALDAS
Alcalinidad total	mg $CaCO_3$/L	Titulometría (SM 2320 B)	CORPOCALDAS
Coliformes totales y fecales	UFC/100 mL	Filtración por membrana (SM 9222 B)	CORPOCALDAS
Dureza total	mg $CaCO_3$/L	Volumetría con EDTA (SM 2340 A C)	CORPOCALDAS
Dureza cálcica	mg $CaCO_3$/L	Volumetría con EDTA (SM SM 3500 Ca B)	CORPOCALDAS
Turbidez	UNT	Nefelometría (SM 2130 B)	CORPOCALDAS
Grasas & Aceites	mg/L	Extracción soxhlet (SM 5520 D)	CORPOCALDAS
Cloruros	mg Cl-/L	Argentométrico (SM 4500 Cl - B)	CORPOCALDAS
Sulfatos	mg SO42-/L	Turbidímetro (SM 4500 SO42- E)	CORPOCALDAS
Color real	U Pt- Co	Espectrofotometría (SM 2120 D)	CORPOCALDAS
Fósforo total	mg PO_4/L	Test de fosfatos procedimiento análogo SM 4500 P E	CORPOCALDAS
Fósforo soluble	mg PO_4/L	Test de fosfatos procedimiento análogo SM 4500 P E	CORPOCALDAS
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	Test en cubetas tensioactivos aniónicos - procedimiento análogo SM 5540 C	CORPOCALDAS

Parámetro	Unidades	Método	Laboratorio
Cianuro	mg CN/L	Test cianuros - procedimiento análogo SM 4500 CN-	CORPOCALDAS
Mercurio	mg Hg/L	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frio (SM 3112 B - SM 3500 Hg)	CORPOCALDAS

4.2.6. Carga contaminante

La carga contaminante vertida, es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de la sustancia contaminante, por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de duración o proyección del vertimiento del usuario medido en horas, es decir:

$$Cc = Q * C * t$$

En donde:

Cc = Carga contaminante, en kilogramos por día (kg/d).

Q = Caudal promedio encontrado, en metros cúbicos por segundo (m3/s).

C = Concentración obtenida de los ensayos analizados en laboratorio, en miligramos por litro (mg/L).

t = Tiempo de duración o proyección de la corriente o vertimiento, en horas (h).

NOTA: La determinación de carga contaminante para la presente campaña de monitoreo, únicamente hacen referencia a la carga orgánica contaminante transportada para el momento puntual de recolección de las muestras.

5. RESULTADOS

5.1. Campaña de monitoreo

La toma de muestras de la red de monitoreo del río Chinchiná fue realizada durante los días 09, 10 y 11 de junio de 2020. En la Tabla 6 se muestra en detalle la fecha y hora de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo río Chinchiná.

Tabla 6. Fecha recolección muestras red río Chinchiná.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
CHI - E01	Finca La Zulia	9/06/2020

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
CHI - E02	Antes Bocatoma Aguas de Manizales	9/06/2020
CHI - E03	Después Bocatoma Aguas de Manizales	9/06/2020
CHI - E05	Después de Quebrada Tolda Fría	9/06/2020
CHI - T01	Quebrada La Negra	9/06/2020
CHI - T02	Quebrada San Eugenio	9/06/2020
CHI - T03	Quebrada El Diamante	9/06/2020
CHI - T04	Quebrada La Rochela	9/06/2020
CHI - T05	Quebrada La Oliva	9/06/2020
CHI - T06	Quebrada Tolva Fría	9/06/2020
CHI - T07	Quebrada 2615-002-101	9/06/2020
CHI - T08	Quebrada Palmichal	9/06/2020
CHI - T09	Quebrada Chupaderos	9/06/2020
CHI - E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	9/06/2020
CHI - E08	Fabrica Mayco S.A	9/06/2020
CHI - E09	Horno Crematorio	9/06/2020
CHI - E09A	Antes Colector La Playita	9/06/2020
CHI - T10	Quebrada Manizales	9/06/2020
CHI - T11	Quebrada El Perro	9/06/2020
CHI - T12	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita	9/06/2020
CHI - T13	Descole 31004D Puente Barrio La Playita	9/06/2020
CHI - T14	Quebrada El Molino	9/06/2020
CHI - T15	Quebrada de La Monina	9/06/2020
CHI - T16	Quebrada 2615-002-092	9/06/2020
CHI - T17	Descole 31085D Interceptor de Maltería	9/06/2020
CHI-E11	Puente Villa maria	10/06/2020
CHI - T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	10/06/2020
CHI - T19	Quebrada Camelia	10/06/2020
CHI - T20	Descole N° 2 Villamaría	10/06/2020
CHI - T21	Quebrada 2615-002-087	10/06/2020
CHI - T22	Descole N° 3 y 4 Villamaría	10/06/2020
CHI-E12	Antes quebrada palogrande	10/06/2020
CHI - T23	Quebrada de Palogrande	10/06/2020
CHI - T24	Descole N° 6 Villamaría	10/06/2020
CHI - T25	Quebrada 2615-002-083	10/06/2020
CHI - T26	Descole N° 8 Villamaría	10/06/2020
CHI-E15	Antes Quebrada el Chiflon	10/06/2020
CHI - T27	Descarga Planta Intermedia	10/06/2020
CHI - T28	Quebrada Marmato	10/06/2020
CHI - T29	Quebrada El Chiflón	10/06/2020

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
CHI - T30	Quebrada La Diana	10/06/2020
CHI - T31	Quebrada 2615-002-077	10/06/2020
CHI - T32	Quebrada 2615-002-076	10/06/2020
CHI - T33	Descarga de Planta Municipal	10/06/2020
CHI - E17	Finca Los Naranjos	10/06/2020
CHI - T34	Quebrada La Floresta	10/06/2020
CHI - T35	Quebrada El Arroyo	10/06/2020
CHI - E19	Antes Río Claro	11/06/2020
CHI - T36	Quebrada San Miguel	11/06/2020
CHI - T37	Río Claro	11/06/2020
CHI - E20	Antes Quebrada San Juan	11/06/2020
CHI - T38	Quebrada San Juan	11/06/2020
CHI - T39	Quebrada 2615-002-047	11/06/2020
CHI - T40	Quebrada 2615-002-045	11/06/2020
CHI - T41	Quebrada Los Cuervos	11/06/2020
CHI - T42	Descole Chinchiná	11/06/2020
CHI - E23	Puente Cenicafé	11/06/2020
CHI - E24	Puente Doménico Parma	11/06/2020
CHI - T43	Quebrada Cameguadua	11/06/2020
CHI - T44	Quebrada El Rosario	11/06/2020
CHI - T45	Quebrada Manzanares	11/06/2020
CHI - T46	Quebrada El Purgatorio	11/06/2020
CHI - E27	Estadero La Barraquera	11/06/2020
CHI - T47	Quebrada Cartagena	11/06/2020
CHI - T48	Quebrada Los Lobos	11/06/2020
CHI - T49	Río Guacáica	11/06/2020
CHI - T50	Quebrada Carminales	11/06/2020
CHI - E30	Puente Finca El Retiro	11/06/2020

5.2. Parámetros in situ tramos I, II y III

En la Tabla 7 se muestra el resultado de los ensayos determinados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo red río Chinchiná.

Tabla 7. Resultados ensayos determinados en campo red río Chinchiná - 2020.

Código estacion	Estación	Parámetros				
		OD	*pH*	*Conductividad (µS/cm)*	*Temperatura (°C)*	*Caudal (m^3/s)*
CHI-E01	Finca La Zulia	7,92	7,18	96,7	12,00	0,879
CHI-E02	Antes Bocatoma Aguas de Manizales	6,14	7,93	98,1	14,00	1,004
CHI-E03	Después Bocatoma Aguas de Manizales	7,90	7,38	97,9	14,00	0,100
CHI-E05	Despues de Quebrada Tolda Fría	7,50	4,28	393,0	16,00	0,547
CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	7,86	4,47	344,0	16,90	1,711
CHI-E08	Fabrica Mayco S.A	7,84	5,68	285,2	17,50	2,504
CHI-E09	Horno Crematorio	7,84	5,68	285,2	17,50	2,988
CHI-E09A	Antes Colector La Playita	7,76	6,55	344,0	17,60	1,094
CHI-E11	Puente Villamaría	7,45	7,14	273,0	18,00	3,333
CHI-E12	Antes Quebrada Palogrande	6,92	7,33	485,0	18,30	3,180
CHI-E15	Antes Quebrada El Chiflón	6,92	7,33	485,0	18,30	0,856
CHI-E17	Finca Los Naranjos	8,14	7,33	343,0	16,80	3,947
CHI-E19	Antes Río Claro	7,49	7,12	295,0	19,00	4,796
CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	7,67	7,25	318,0	19,00	
CHI-E23	Puente Cenicafé	7,12	7,55	261,0	22,00	2,191
CHI-E24	Puente Doménico Parma	7,85	7,02	309,0	19,00	2,790
CHI-E27	Estadero La Barraquera	7,91	7,22	301,0	23,00	3,552
CHI-E30	Puente Finca El Retiro	7,72	7,42	289,5	24,60	7,646
CHI-T01	Quebrada La Negra	7,7	6,99	124	12,0	0,123
CHI-T02	Quebrada San Eugenio	7,94	7,18	93	12,0	0,381
CHI-T03	Quebrada El Diamante	7,87	7,71	85,9	10,0	0,048
CHI-T04	Quebrada La Rochela	7,98	7,54	70,10	14,00	0,0001
CHI-T05	Quebrada La Oliva	7,84	7,35	114,3	14,0	0,409
CHI-T06	Quebrada Tolva Fría	7,72	3,34	497,0	15,0	1,934
CHI-T07	Quebrada 2615-002-101	7,38	6,80	120,8	17,00	0,0400
CHI-T08	Quebrada Palmichal	7,70	7,03	146,5	16,00	0,0270
CHI-T09	Quebrada Chupaderos	7,87	7,08	123,5	16,0	0,365
CHI-T10	Quebrada Manizales	7,69	7,13	677,0	16,6	1,056
CHI-T11	Quebrada El Perro	7,65	7,31	379	16,5	0,026
CHI-T12	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita	1,79	6,45	435,0	19,3	0,002
CHI-T13	Descole 31004D Puente Barrio La Playita	4,91	6,82	861,0	22,2	0,040
CHI-T14	Quebrada El Molino	7,48	6,89	251	18,5	0,032
CHI-T15	Quebrada de La Monina	6,13	7,04	210,00	18,4	ND
CHI-T16	Quebrada 2615-002-092	6,86	6,61	425,0	17,7	0,001
CHI-T17	Descole 31085D Interceptor de Maltería	7,39	6,87	362,0	18,9	ND
CHI-T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	5,85	7,31	279,0	19,0	0,0280
CHI-T19	Quebrada Camelia	6,85	7,66	539,0	19,0	0,0860
CHI-T20	Descole N° 2 Villamaría	3,60	6,83	832,0	21,0	0,000
CHI-T21	Quebrada 2615-002-087	ND	ND	ND	ND	ND
CHI-T22	Descole N° 3 y 4 Villamaría	5,52	7,63	688,0	21,0	0,0190
CHI-T23	Quebrada de Palogrande	6,62	7,63	638,00	20,0	0,1100
CHI-T24	Descole N° 6 Villamaría	5,27	7,15	423,0	20,0	0,008
CHI-T25	Quebrada 2615-002-083	3,30	7,31	607,0	20,0	0,0010
CHI-T26	Descole N° 8 Villamaría	5,7	7,68	803	22	0,03
CHI-T27	Descarga Planta Intermedia	7,4	7,34	372	17,9	ND
CHI-T28	Quebrada Marmato	6,68	7,46	751	19	0,099
CHI-T29	Quebrada El Chiflón	5,6	7,78	717	18,5	0,108
CHI-T30	Quebrada La Diana	5,6	7,44	724	19,9	ND
CHI-T31	Quebrada 2615-002-077	5,82	7,44	676	20,6	0,02
CHI-T32	Quebrada 2615-002-076	5,84	7,22	680	18,9	0,011
CHI-T33	Descarga de Planta Municipal	5,75	7,22	338	17	1,88
CHI-T34	Quebrada La Floresta	8,1	7,19	195,7	17,5	0,024
CHI-T35	Quebrada El Arroyo	8,19	7,07	237,3	17,5	0,091
CHI-T36	Quebrada San Miguel	7,53	7,79	210	19	0,025
CHI-T37	Río Claro	8,09	6,9	336	17	6,143
CHI-T38	Quebrada San Juan	7,28	7,61	262	21	0,593
CHI-T39	Quebrada 2615-002-047	7,15	7,92	270	21	0,028
CHI-T40	Quebrada 2615-002-045	7,39	8,04	238	20	0,013
CHI-T41	Quebrada Los Cuervos	7,38	8,03	146,7	21	0,775
CHI-T42	Descole Chinchiná	2,89	7,27	602	23	0,031
CHI-T43	Quebrada Cameguadua	7,84	7,51	280,7	23	0,264
CHI-T44	Quebrada El Rosario	8,06	7,23	375	22	0,622
CHI-T45	Quebrada Manzanares	8,03	6,89	230,7	23	0,492
CHI-T46	Quebrada El Purgatorio	7,96	7,47	164,4	23	0,08
CHI-T47	Quebrada Cartagena	ND	ND	ND	ND	ND
CHI-T48	Quebrada Los Lobos	8,17	7,23	185,6	23	0,056
CHI-T49	Río Guacáica	7,47	7,44	258,7	23	6,508
CHI-T50	Quebrada Carminales	ND	ND	ND	ND	ND

5.2.1. Caudal

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E02 se observa un aumento del caudal asociado principalmente a los aportes de caudal de los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03 y CHI T04. Para la estación CHI E03, se aprecia una disminución del caudal cercana al 90%. Cabe recordar, que antes de dicha estación está ubicada la bocatoma de la empresa Aguas de Manizales. Finalmente, entre las estaciones CHI E03 y CHI E07, el caudal vuelve a recuperarse debido a los aportes de caudal de los tributarios CHI T05, CHI T06, CHI T07, CHI T08 y CHI T09. El caudal promedio determinado para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue de 0.848 m^3/s, con un caudal máximo de 1.711 m^3/s en la estación CHI E07 y un caudal mínimo de 0.100 m^3/s en la estación CHI E03. En la Figura 4 se muestra la variación de caudal en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

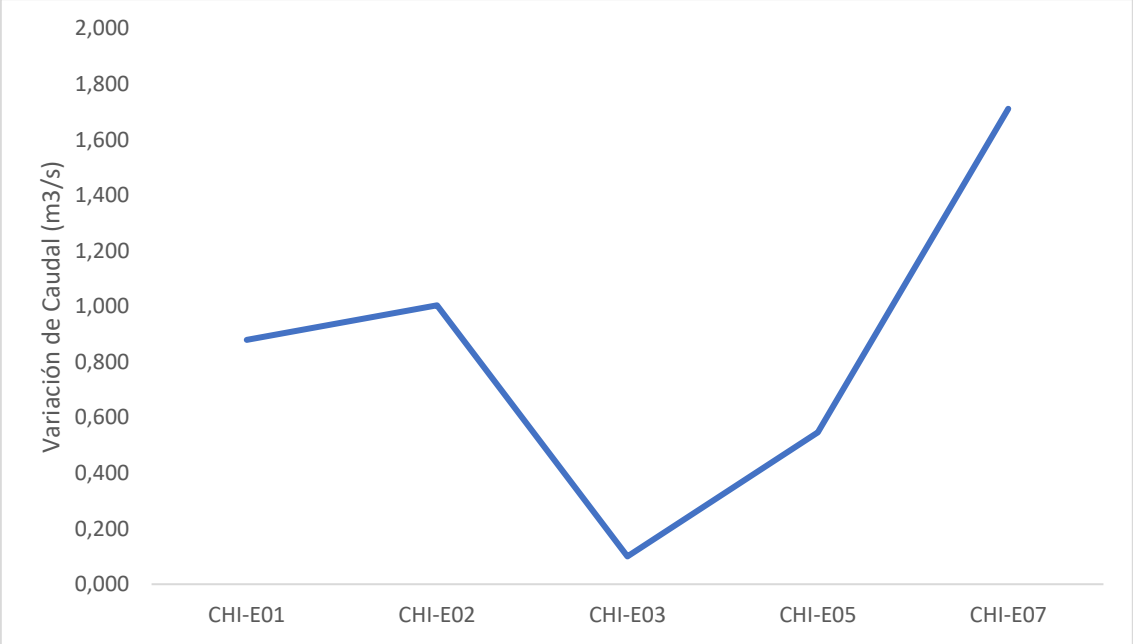


Figura 4 Variación de caudal río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.2.2. pH

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E03, los valores registrados de pH se encontraron superiores a 7.00 UpH, sin embargo, para la estación CHI E05 (Después de Quebrada Tolda Fría) el pH muestra un descenso notable. La disminución de pH se asocia principalmente al aporte realizado por el tributario CHI T06 (Quebrada Tolda Fría) el cual presentó un valor de pH de 3.34 UpH. Los valores bajos de pH en el tributario CHI T06 son el resultado del desarrollo de actividad minera en la parte alta de la microcuenca. Finalmente, para la estación CHI E07, los valores de pH empiezan a recuperarse levemente gracias a los aportes realizado

por los tributarios CHI T07, CHI T08 y CHI T09. El pH promedio determinado para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue de 6.25 UpH, con un pH máximo de 7.93 UpH en la estación CHI E02 y un pH mínimo de 4.28 UpH en la estación CHI E05. En la Figura 5 se muestra la variación de pH en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

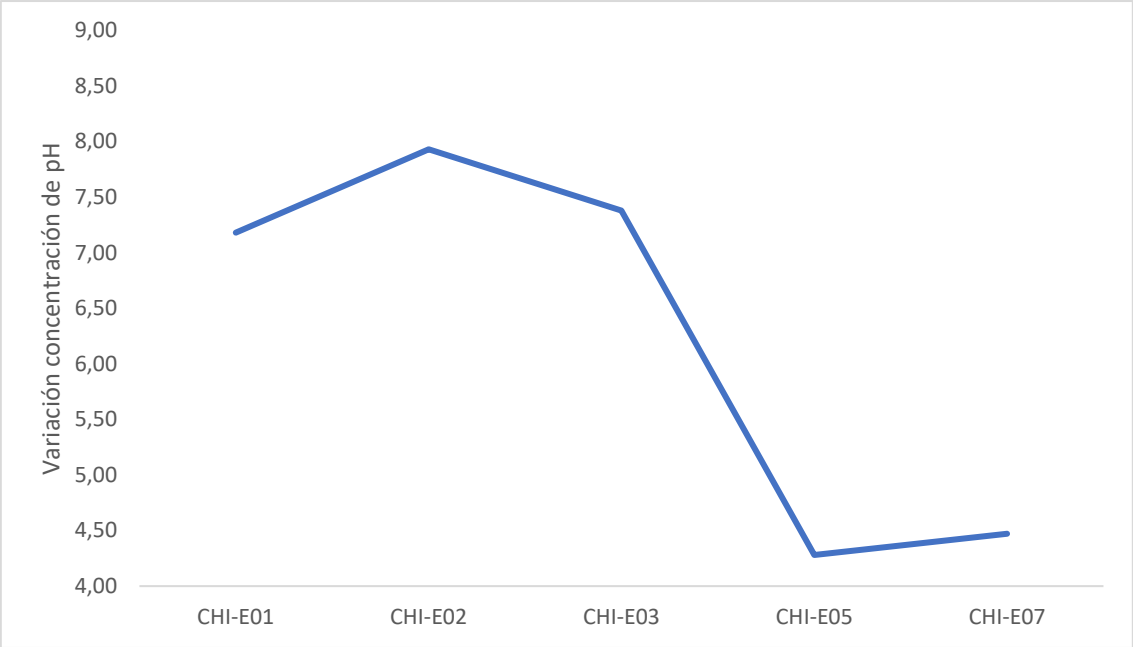


Figura 5 Variación de pH río Chinchiná Tramos I, II y III

5.2.3. Conductividad eléctrica

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E03, los valores registrados de conductividad eléctrica se mostraron constantes alrededor de 100 µS/cm, sin embargo, para la estación CHI E05, se nota un aumento en los valores registrados, esta condición se relaciona principalmente al aporte realizado por el tributario CHI T06 (Quebrada Tolda Fría) antes de dicha estación. La conductividad eléctrica promedio determinada para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue de 205.9 µS/cm, con una conductividad máxima de 393 µS/cm en la estación CHI E05 y una conductividad mínima de 393 µS/cm en la estación CHI E01. En la Figura 6 se muestra la variación de conductividad eléctrica en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

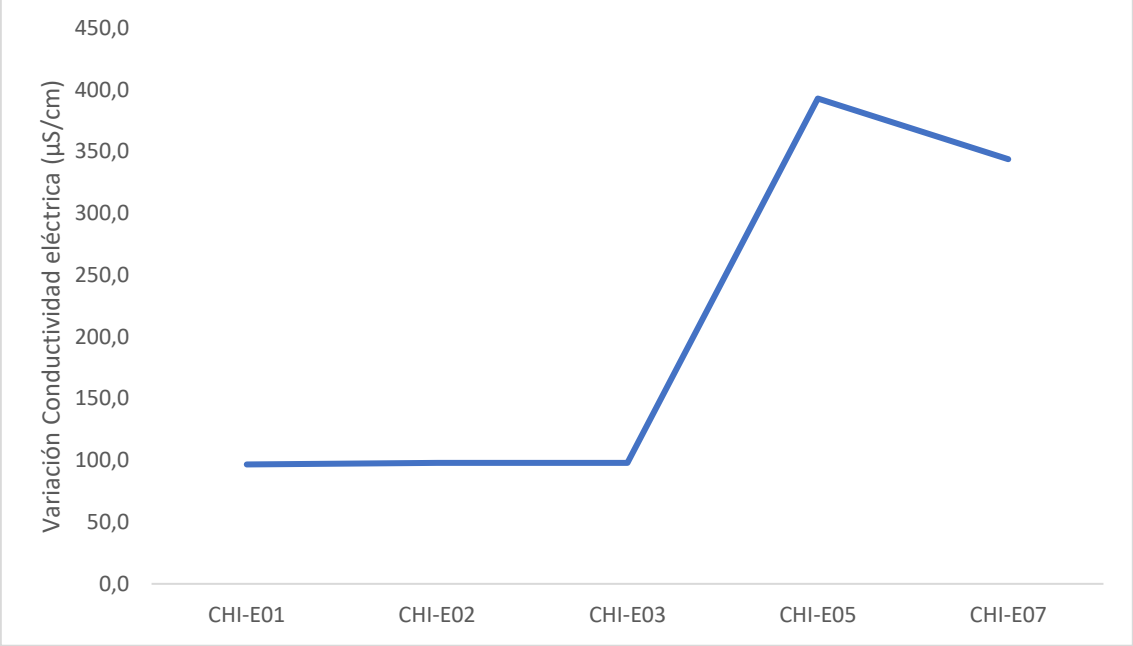


Figura 6. Variación de conductividad eléctrica río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.2.4. Temperatura

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E07, los valores registrados de temperatura muestran una tendencia a aumentar. Es importante resaltar, que la temperatura del agua es un parámetro que depende de factores ambientales tales como temperatura ambiente e intensidad de la radiación solar. De acuerdo a lo anterior, no se evidencia ningún tipo de afectación por factores antropogénicos sobre la temperatura del tramo de la fuente superficial. La temperatura promedio determinada para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue de 14.58°C, con una temperatura máxima de 16.9 °C en la estación CHI E07 y una temperatura mínima de 14°C en las estaciones CHI E02 y CHI E03. En la Figura 7 se muestra la variación de temperatura en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

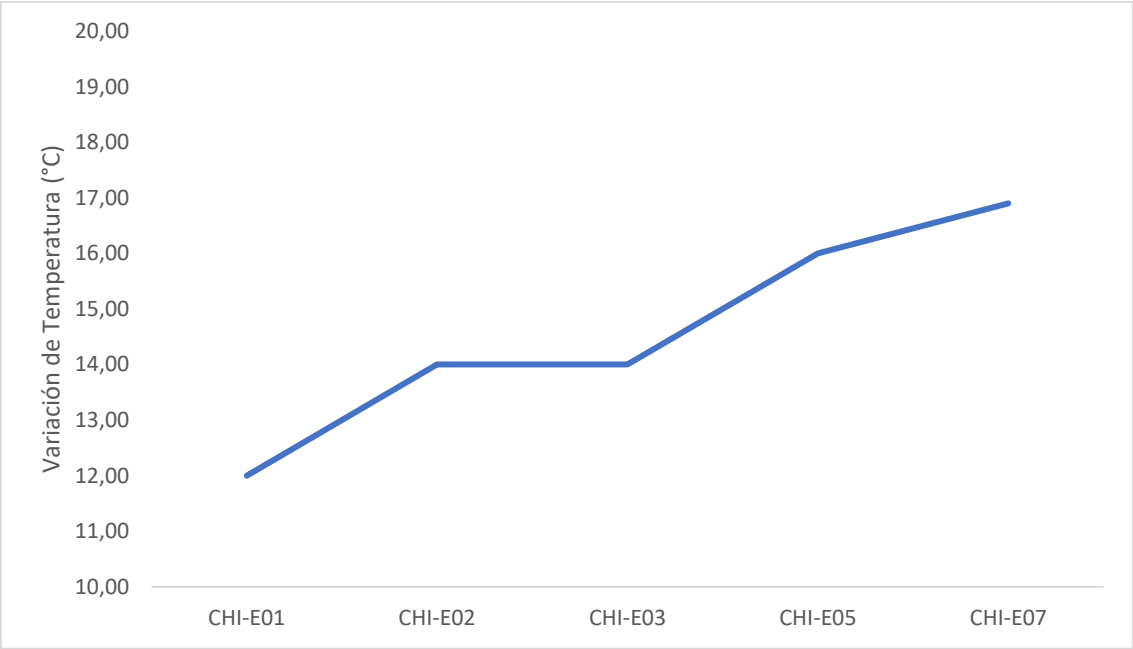


Figura 7 Variación de temperatura río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.2.1. Oxígeno disuelto

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E07, se evidencia variabilidad en los valores registrados para oxígeno disuelto encontrándose valores entre 6.00 mg O_2/L y 8.00 mg O_2/L. Este comportamiento es bastante común en ríos de montaña que presentan procesos de reaireación favorecidos por la morfología e hidráulica asociada a la fuente superficial. Lo anterior, permite inferir que el aporte de los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03, CHI T04, CHI T05, CHI T06, CHI T07, CHI T08 y CHI T09, no afecta la concentración de oxígeno disuelto en los tramos de la fuente superficial. El oxígeno disuelto promedio determinado para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue de 7.46 mg O_2/L, con una concentración máxima de 7.86 mg O_2/L en la estación CHI E07 y una concentración mínima de 6.14 mg O_2/L en la estación CHI E02. En la Figura 8 se muestra la variación de oxígeno disuelto en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

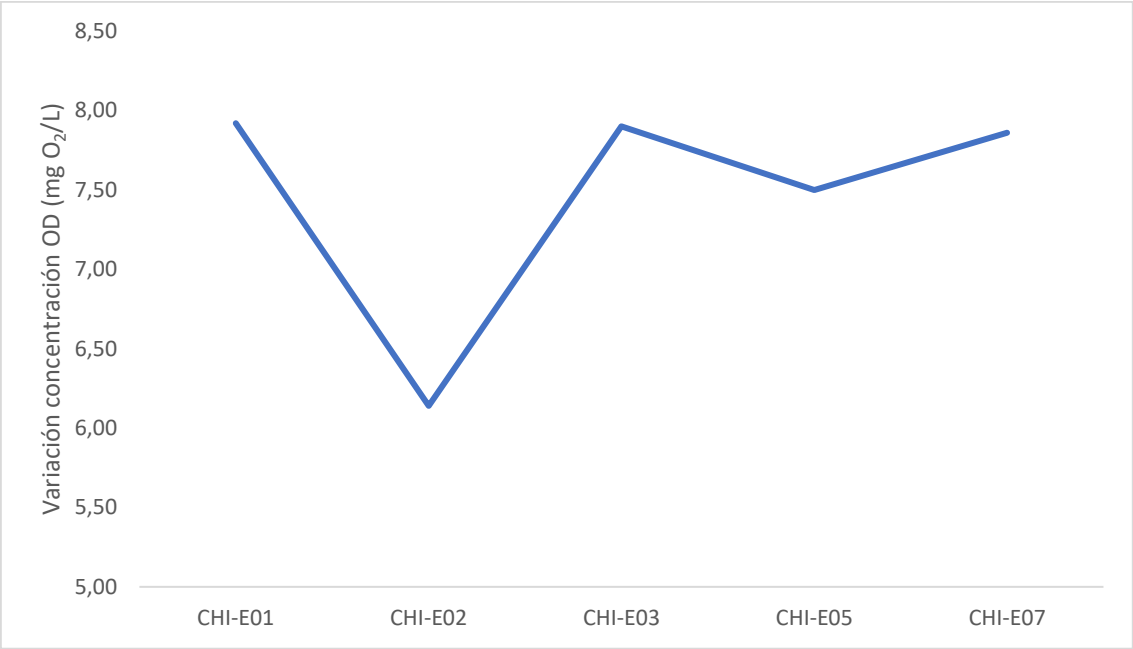


Figura 8 Variación de oxígeno disuelto río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3. Resultados de laboratorio tramos I, II y III

En la Tabla 8, Tabla 10 y Tabla 10, se presenta el resultado de los ensayos determinados en laboratorio para los tramos I, II y III del río Chinchiná.

Tabla 8. Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramos I, II y III.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	TURBIDEZ (UNT)	COLOR REAL (UPC)	G&A (mg/L)
I - II - III	Tributario	CHI-T01	Quebrada La Negra	<5	<5.00	110,00	10,00	5,43	22,5	13,00
I - II - III	Tributario	CHI-T02	Quebrada San Eugenio	<5	<5.00	83,00	10,00	3,25	24,3	8,00
I - II - III	Estación	CHI-E01	Finca La Zulia	5,00	8,28	83,00	10,00	3,73	18,40	5,00
I - II - III	Tributario	CHI-T03	Quebrada El Diamante	<5	<5.00	91,00	10,00	4,23	17,4	9,00
I - II - III	Tributario	CHI-T04	Quebrada La Rochela	<5	<5.00	167,00	89,00	19,05	12,4	8,00
I - II - III	Estación	CHI-E02	Antes Bocatoma Aguas de Manizales	5,00	5,98	107,00	10,00	3,47	20,50	11,00
I - II - III	Estación	CHI-E03	Después Bocatoma Aguas de Manizales	5,00	5,00	107,00	10,00	4,18	19,50	8,00
I - II - III	Tributario	CHI-T05	Quebrada La Oliva	<5	<5.00	107,00	10,00	3,95	26,5	10,00
I - II - III	Tributario	CHI-T06	Quebrada Tolda Fría	<5	<5.00	292,00	10,00	3,17	15,8	12,00
I - II - III	Estación	CHI-E05	Despues de Quebrada Tolda Fría	5,00	8,85	236,00	10,00	4,98	19,70	9,00
I - II - III	Tributario	CHI-T07	Quebrada 2615-002-101	<5	<5.00	161,00	38,00	28,37	41,5	9,00
I - II - III	Tributario	CHI-T08	Quebrada Palmichal	<5	<5.00	116,00	10,00	7,12	25,30	27,00
I - II - III	Tributario	CHI-T09	Quebrada Chupaderos	<5	<5.00	164,00	43,00	28,86	20,8	33,00
I - II - III	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	5,00	5,00	262,00	29,00	18,98	18,10	10,00

Tabla 9 Continuación Tabla 8 Resultados ensayos determinados en laboratorio Tramos I, II y III.

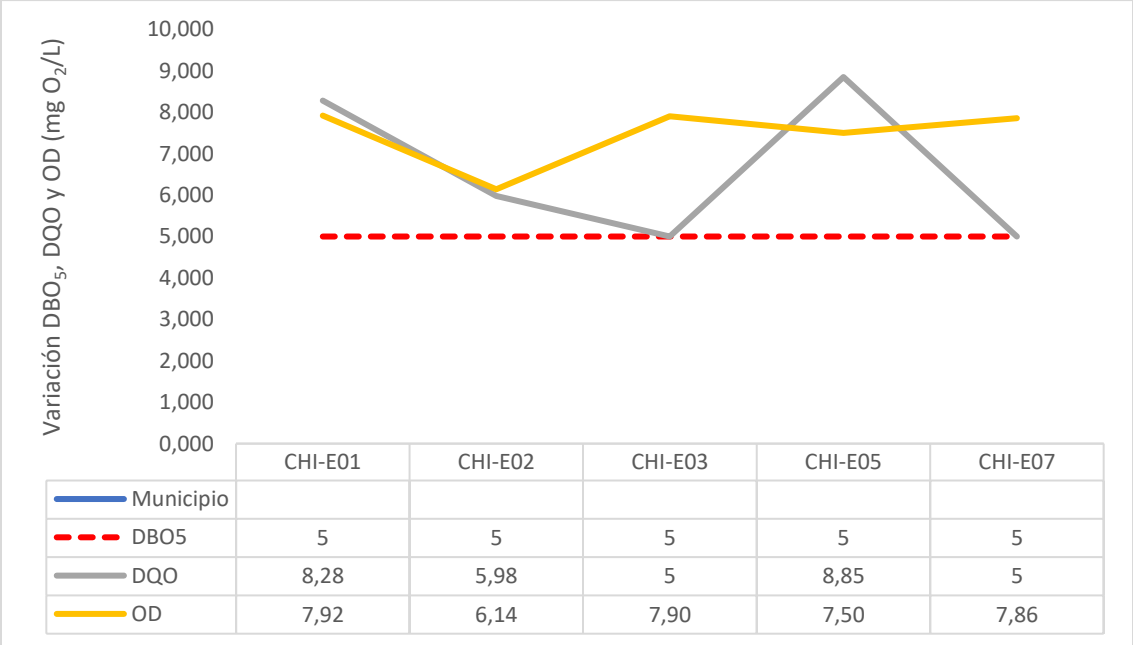
Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	SAAM (mg/L)	NTK (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mg/L)	NO2 (mg/L)	FOSFORO TOTAL (mg/L)	FOSFORO SOLUBLE (mg/L)
I - II - III	Tributario	CHI-T01	Quebrada La Negra	0,26	0,17	0,11	2,2	0,01	0,21	0,17
I - II - III	Tributario	CHI-T02	Quebrada San Eugenio	0,33	0,63	0,23	2,2	0,01	0,22	0,16
I - II - III	Estación	CHI-E01	Finca La Zulia	0,10	0,75	0,23	2,20	0,01	0,58	0,15
I - II - III	Tributario	CHI-T03	Quebrada El Diamante	0,05	0,11	ND	2,2	0,01	0,55	0,23
I - II - III	Tributario	CHI-T04	Quebrada La Rochela	0,05	0,80	0,23	2,2	0,02	0,64	0,16
I - II - III	Estación	CHI-E02	Antes Bocatoma Aguas de Manizales	0,10	0,92	0,29	2,20	0,01	0,62	0,12
I - II - III	Estación	CHI-E03	Después Bocatoma Aguas de Manizales	0,28	0,80	0,57	2,20	0,01	0,51	0,14
I - II - III	Tributario	CHI-T05	Quebrada La Oliva	0,07	0,57	0,29	2,2	0,01	0,45	0,11
I - II - III	Tributario	CHI-T06	Quebrada Tolda Fría	0,14		ND	2,2	0,01	0,22	0,15
I - II - III	Estación	CHI-E05	Despues de Quebrada Tolda Fría	0,29	0,17	ND	2,20	0,00	1,35	0,24
I - II - III	Tributario	CHI-T07	Quebrada 2615-002-101	0,07	0,17	0,11	2,2	0,04	0,65	0,32
I - II - III	Tributario	CHI-T08	Quebrada Palmichal	0,86	0,75	0,34	2,2	0,08	0,18	0,11
I - II - III	Tributario	CHI-T09	Quebrada Chupaderos	0,11	0,34	0,17	2,2	0,04	0,27	0,14
I - II - III	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	0,19	1,95	1,03	2,20	0,03	0,52	0,15

Tabla 10 Continuación Tabla 8 Resultados ensayos determinados en laboratorio Tramos I, II y III.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	CLORUROS (mg/L)	SULFATOS (mg/L)	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L)	DUREZA TOTAL (mg/L)	DUREZA CALCICA (mg/L)	COLIFORMES TOTALES (UFC/mL)	COLIFORMES FECALES (UFC/mL)
I - II - III	Tributario	CHI-T01	Quebrada La Negra	1,49	27,00	58,7	82,00	30,00	420	270
I - II - III	Tributario	CHI-T02	Quebrada San Eugenio	1,74	27,5	49,5	50,00	24,00	220	90
I - II - III	Estación	CHI-E01	Finca La Zulia	0,99	27,00	55,00	43,00	22,00	220,00	100,00
I - II - III	Tributario	CHI-T03	Quebrada El Diamante	1,74	28,5	43,1	39,00	23,00	320	180
I - II - III	Tributario	CHI-T04	Quebrada La Rochela	0,74	25,5	36,9	37,00	15,00	170	50
I - II - III	Estación	CHI-E02	Antes Bocatoma Aguas de Manizales	0,89	10,80	58,10	51,00	22,00	290,00	150,00
I - II - III	Estación	CHI-E03	Después Bocatoma Aguas de Manizales	2,98	7,60	51,80	44,00	24,00	200,00	130,00
I - II - III	Tributario	CHI-T05	Quebrada La Oliva	4,71	28,00	49,00	60,00	23,00	360	220
I - II - III	Tributario	CHI-T06	Quebrada Tolda Fría	35,00	138,00		95,00	41,00	230	40
I - II - III	Estación	CHI-E05	Despues de Quebrada Tolda Fría	27,50	151,00	85,00	85,00	34,00	80,00	30,00
I - II - III	Tributario	CHI-T07	Quebrada 2615-002-101	2,48	40,5	55,8	58,00	24,00	42000	18000
I - II - III	Tributario	CHI-T08	Quebrada Palmichal	2,48	30,5	53,7	70,00	31,00	7200	4800
I - II - III	Tributario	CHI-T09	Quebrada Chupaderos	2,48	57,00	41,00	80,00	28,00	5600	3700
I - II - III	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	20,10	64,00	10,80	77,00	39,00	120,00	80,00

5.3.1. DBO_5 y DQO

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E07, los valores obtenidos para DBO_5 se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5.00 mg O_2/L). Por su parte, para DQO entre las estaciones CHI E01 y CHI E07 se observa concentraciones inferiores a 10 mg O_2/L. De acuerdo a lo anterior, se puede inferir que en términos de DBO_5 y DQO, los aportes realizados por los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03, CHI T04, CHI T05, CHI T06, CHI T07, CHI T08 y CHI T09, no afectan la concentración de estos parámetros al tratarse de fuentes superficiales de buena calidad. La concentración promedio de DBO_5 determinado para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue inferior a 5.00 mg O_2/L en todas las estaciones monitoreadas. Por su parte, la concentración promedio determinada para DQO fue de 6.62 mg O_2/L, con un valor máximo de 8.85 mg O_2/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de < 5.00 mg O_2/L para las estaciones CHI E03 y CHI E07. En la Figura 9 se muestra la variación de DBO_5 y DQO en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.



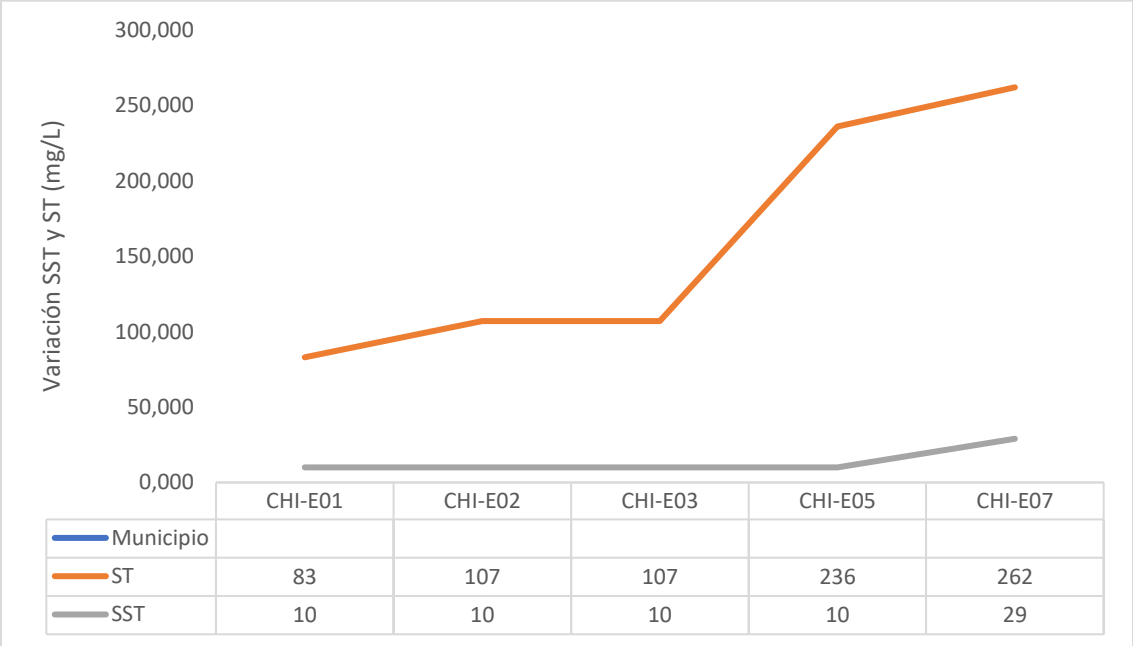
	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
DBO5	5	5	5	5	5
DQO	8,28	5,98	5	8,85	5
OD	7,92	6,14	7,90	7,50	7,86

Figura 9. Variación concentración de DBO_5 y DQO río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.2. SST y ST

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E05, para el parámetro SST se observa una valor constante de concentración, para la estación CHI E07 se evidencia un aumento en la concentración. Para el parámetro ST, en este mismo tramo se puede apreciar una tendencia a aumentar. Este aumento en la concentración de ambos parámetros en la estación CHI E07, se asocia al aporte de los distintos tributarios,

pero principalmente el tributario CHI T06 (Quebrada Tolda Fría). La concentración promedio de SST determinado para los tramos I, II y III del río Chinchiná fue inferior a 10.00 mg/L en todas las estaciones monitoreadas. Por su parte, la concentración promedio determinada para ST fue de 133.25 mg/L, con un valor máximo de 236 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 83 mg/L en la estación CHI E01. En la Figura 10 se muestra la variación de SST y ST en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.



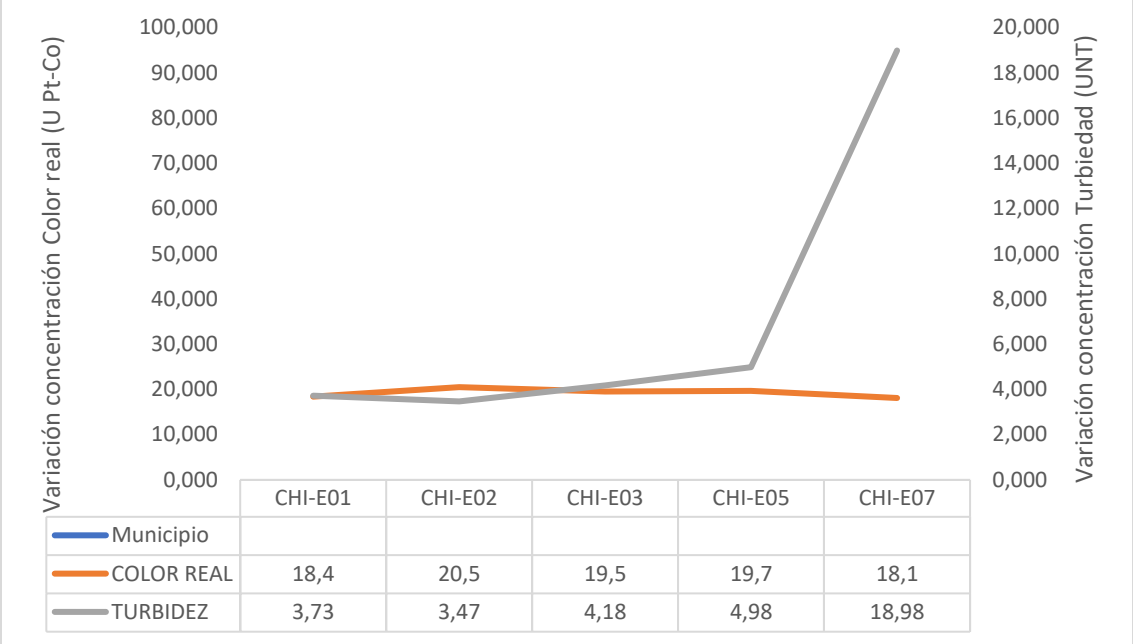
	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
ST	83	107	107	236	262
SST	10	10	10	10	29

Figura 10 Variación concentración de SST y ST río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.3. Color real y turbiedad

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E07 para el parámetro Color real no se observan grandes variaciones en su concentración. Esta situación se asocia a la ausencia de sustancias disueltas en cada uno de los diferentes tributarios que aportan sus caudales en este tramo. Para el caso de la Turbiedad, se observa un comportamiento de concentración estable entre las estaciones CHI E01 y CHI E05, sin embargo, para la estación CHI E07 se puede apreciar un aumento en concentración. Este aumento se asocia al aporte realizado por el tributario CHI T06 (Quebrada Tolda Fría), que descarga justo antes de dicha estación. La concentración promedio de Color real fue de 19.53 U Pt-Co, con un valor máximo de 20.5 U Pt-Co en la estación CHI E02 y un valor mínimo de 18.1 U Pt-Co en la estación CHI E07. Por su parte, la concentración promedio determinada para Turbiedad fue de 7.07 UNT, con un valor máximo de 18.98 UNT en la estación CHI E07 y un valor mínimo de 3.47 UNT en la estación CHI E02. En la Figura 11 se

muestra la variación de Color real y turbiedad en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

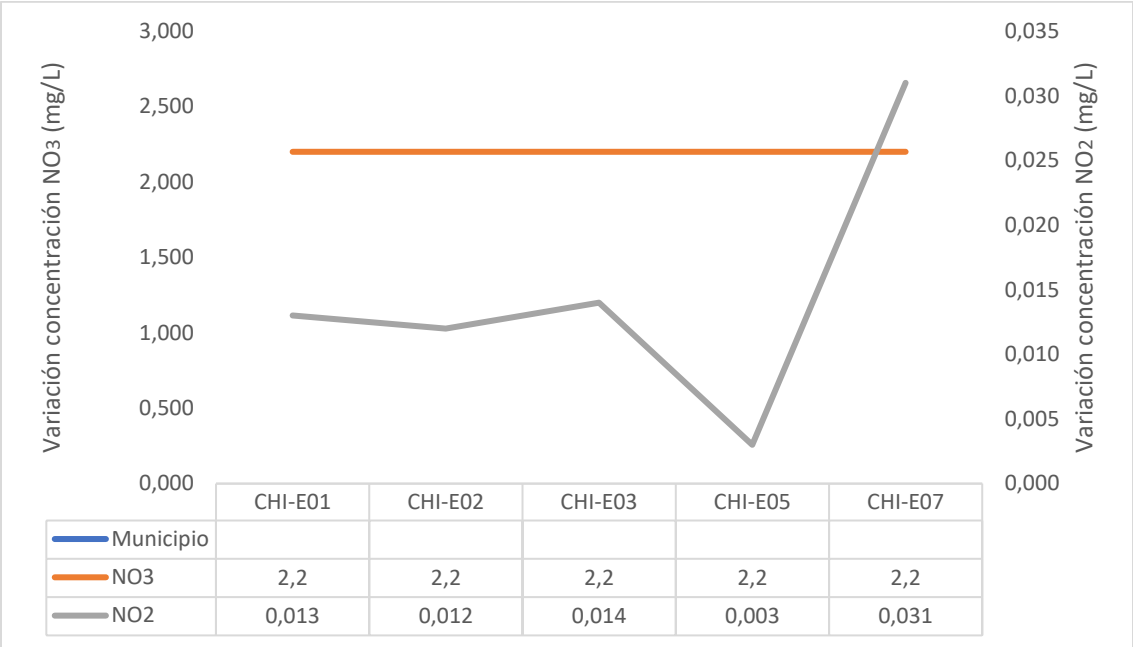


	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
COLOR REAL	18,4	20,5	19,5	19,7	18,1
TURBIDEZ	3,73	3,47	4,18	4,98	18,98

Figura 11 Variación concentración de Color real y Turbiedad río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.4. Nitratos y nitritos

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E07, para nitratos se observa una concentración estable e inferior al límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<2.2 mg/L), se puede inferir que no se evidencian aportes significativos por parte de los distintos tributarios que realizan sus aportes en este tramo. Respecto al parámetro nitritos, entre las estaciones CHI E01 y CHI E05, se puede observar una tendencia a la disminución de su concentración, esta vez por fenómenos de dilución gracias al aporte de caudal de los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03, CHI T04, CHI T05 y CHI T06, sin embargo, se aprecia un aumento de concentración para la estación CHI E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana) que puede ser asociado a uno de los tributarios que aportan a este tramo CHI T07, CHI T08 o CHI T09 o por un vertimiento difuso en área aledañas. La concentración promedio de Nitratos fue de <2.2 mg/L en todas las estaciones. Por su parte, la concentración promedio determinada para Nitritos fue de 0.015 mg/L, con un valor máximo de 0.014 mg/L en la estación CHI E03 y un valor mínimo de 0.003 mg/L en la estación CHI E05. En la Figura 12 se muestra la variación de Nitratos y Nitritos en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

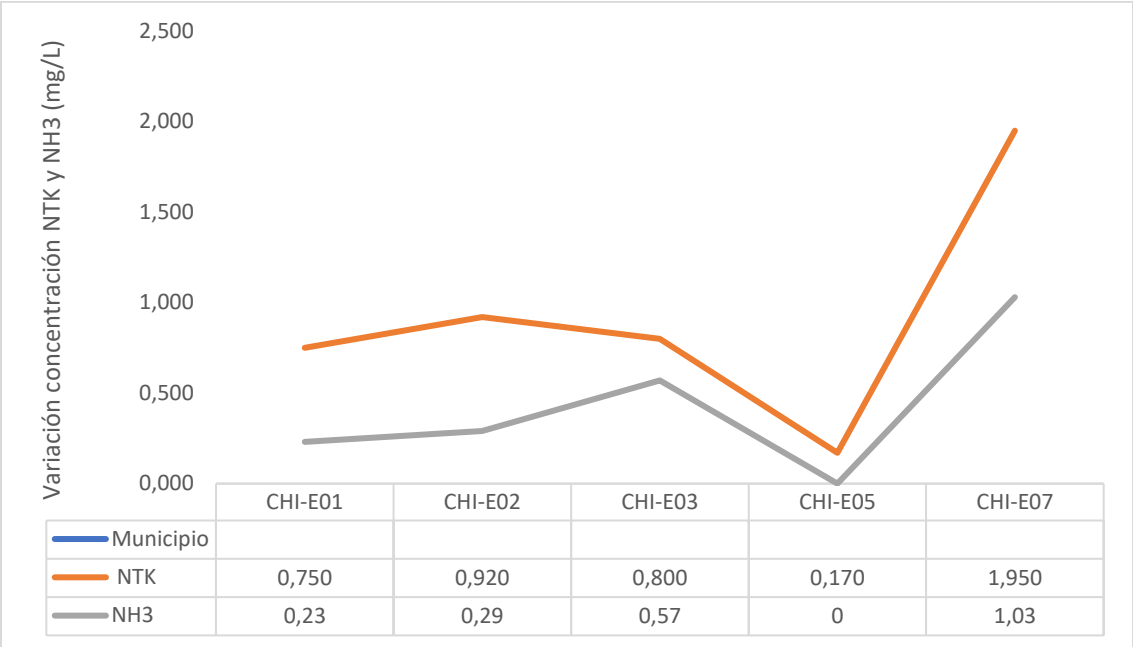


	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
NO3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
NO2	0,013	0,012	0,014	0,003	0,031

Figura 12 Variación concentración de Nitratos y Nitritos río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.5. Nitrógeno Kjeldahl y amoniacal

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E05, ambos parámetros presentan un comportamiento similar con tendencia a disminuir, sin embargo, para la estación CHI E07 es posible evidenciar un aumento en la concentración tanto de NTK como de la de NH_3. Esta situación puede ser asociada inicialmente a procesos de dilución debido a los aportes de caudal de los tributarios, y descargas difusas por actividades agrícolas para el tramo III. La concentración promedio determinada de NTK fue de 0.918 mg/L con un valor máximo de 1.95 mg/L en la estación CHI E07 y un valor mínimo de 0.750 mg/L en CHI E01. Por su parte, la concentración promedio determinada para NH_3 fue de 0.53 mg/L, con un valor máximo de 1.03 mg/L en la estación CHI E07 y un valor mínimo por debajo del LCM en la estación CHI E05. En la Figura 13 se muestra la variación de NTK y NH_3 en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

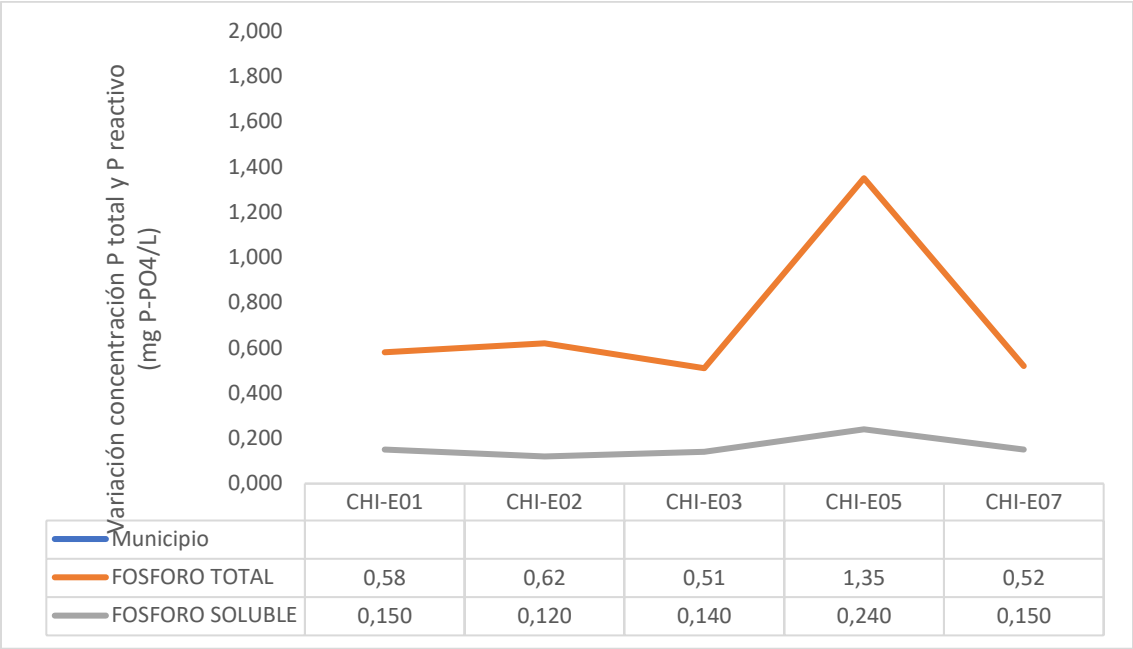


	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
NTK	0,750	0,920	0,800	0,170	1,950
NH3	0,23	0,29	0,57	0	1,03

Figura 13 Variación concentración de NTK y NH_3 río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.6. Fósforo total y soluble

Entre las estaciones CHI E03 y CHI E03, ambos parámetros presentan concentraciones bajas y estables, lo cual indica que el aporte de los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03 y CHI T04, no presentan especies de fósforo. Para la estación CHI E05, se presentó un aumento en la concentración de ambos parámetros, situación relacionada con vertimiento de fuentes difusas asociadas a actividades agrícolas, puesto que los tributarios CHI T05 y CHI T06 no poseen concentraciones considerables para ser responsable de dicho aumento. Para la estación CHI E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana), se observa disminución en la concentración de los dos parámetros, lo cual podría ser explicado por fenómenos de dilución. La concentración promedio determinada de fósforo total fue de 0.716 mg/L con un valor máximo de 1.35 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 0.51 mg/L en CHI E03. Por su parte, la concentración promedio determinada para fósforo soluble fue de 0.16 mg/L, con un valor máximo de 0.24 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 0.12 mg/L en la estación CHI E02. En la Figura 14 se muestra la variación de fósforo total y soluble en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.



	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
FOSFORO TOTAL	0,58	0,62	0,51	1,35	0,52
FOSFORO SOLUBLE	0,150	0,120	0,140	0,240	0,150

Figura 14 Variación concentración de Fósforo total y soluble río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.7. Grasas & Aceites y Detergentes

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E07, es posible observar variabilidad en la concentración reportada para ambos parámetros, sin embargo, estas concentraciones pueden considerarse “bajas” y además son coherentes con la inexistencia de descargas directas de aguas residuales domésticas o no domésticas en estos tramos. Se puede inferir que los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03, CHI T04, CHI T05, CHI T06, CHI T07, CHI T08 y CHI T09, no aportan este tipo de sustancia a la fuente superficial. La concentración promedio determinada de G&A fue de 8.6 mg/L con un valor máximo de 11 mg/L en la estación CHI E02 y un valor mínimo de 5 mg/L en la estación CHI E01. Por su parte, la concentración promedio determinada para SAAM fue de 0.19 mg/L, con un valor máximo de 0.29 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 0.10 mg/L en las estaciones CHI E01 y CHI E02. En la Figura 15 se muestra la variación de G&A y SAAM en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

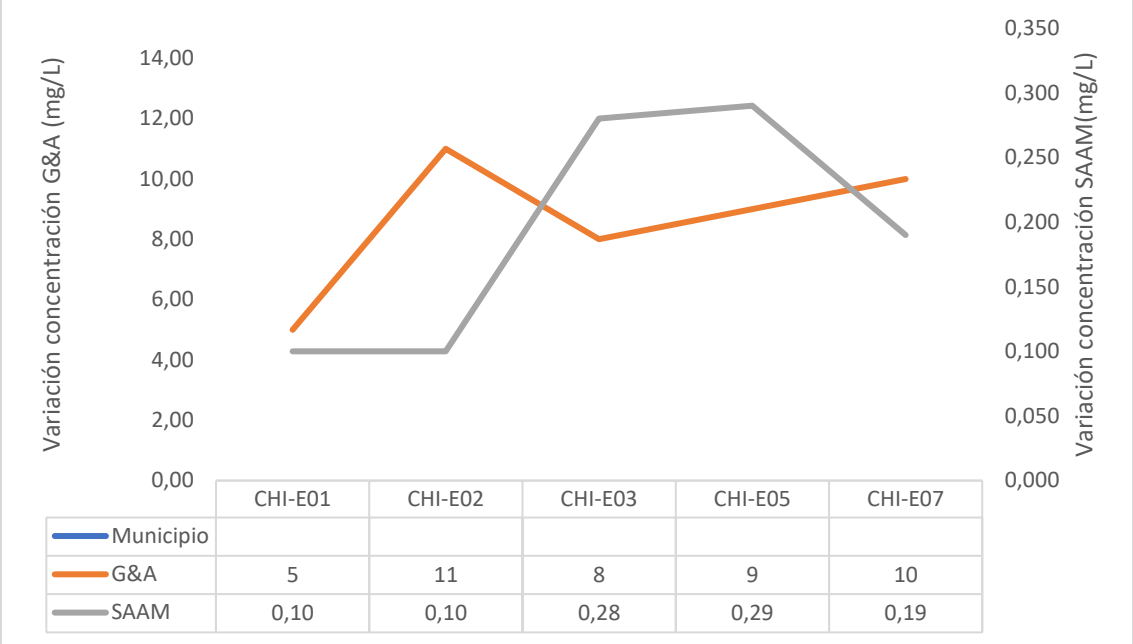
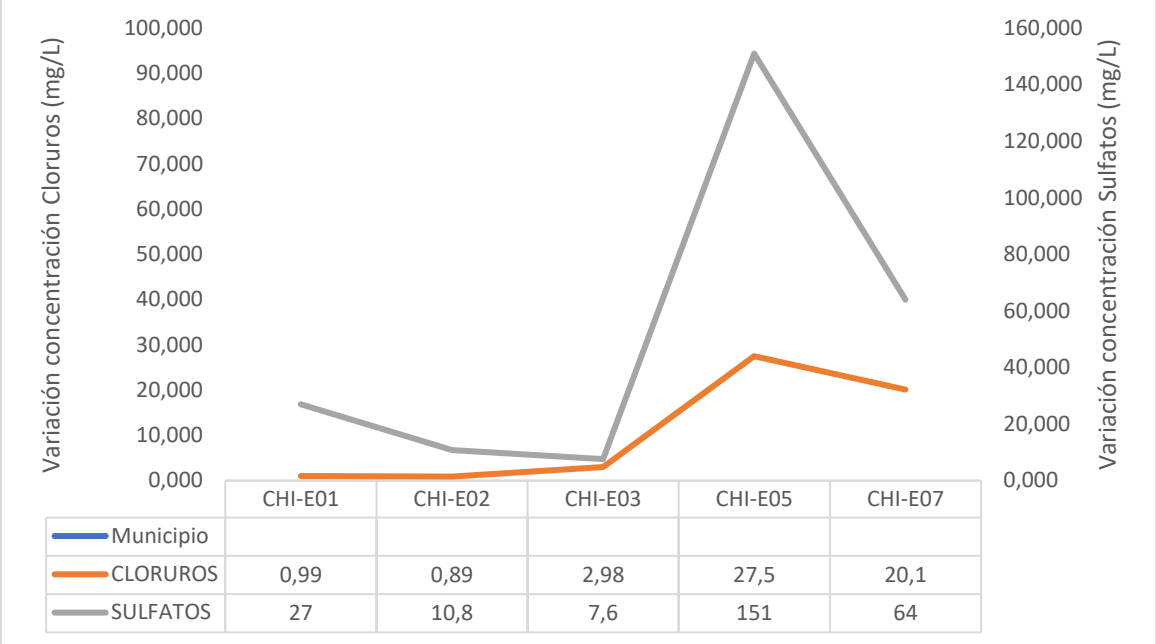


Figura 15 Variación concentración de Grasas & Aceites y Tensoactivos (SAAM) río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.8. Cloruros y sulfatos

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E03, ambos parámetros presentaron poca variación en sus bajas concentraciones, sin embargo, para la estación CHI E05, se puede observar un fuerte aumento en la concentración de ambos parámetros. Esta situación se asocia principalmente al aporte realizado por el tributario CHI T06 (Quebrada Tolda Fría), el cual posee elevadas concentraciones de Cloruros (35 mg/L) y Sulfatos (138 mg/L). Para la estación CHI E07 y gracias a los aportes de caudal de los tributarios CHI T07, CHI T08 y CHI T09, se logra una disminución en la concentración de estas sustancias. La concentración promedio determinada de Cloruros fue de 10.49 mg/L con un valor máximo de 27.5 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 0.89 mg/L en la estación CHI E02. Por su parte, la concentración promedio determinada para Sulfatos fue de 52.08 mg/L, con un valor máximo de 151 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 7.6 mg/L en la estación CHI E03. En la Figura 16 se muestra la variación de Cloruros y Sulfatos en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

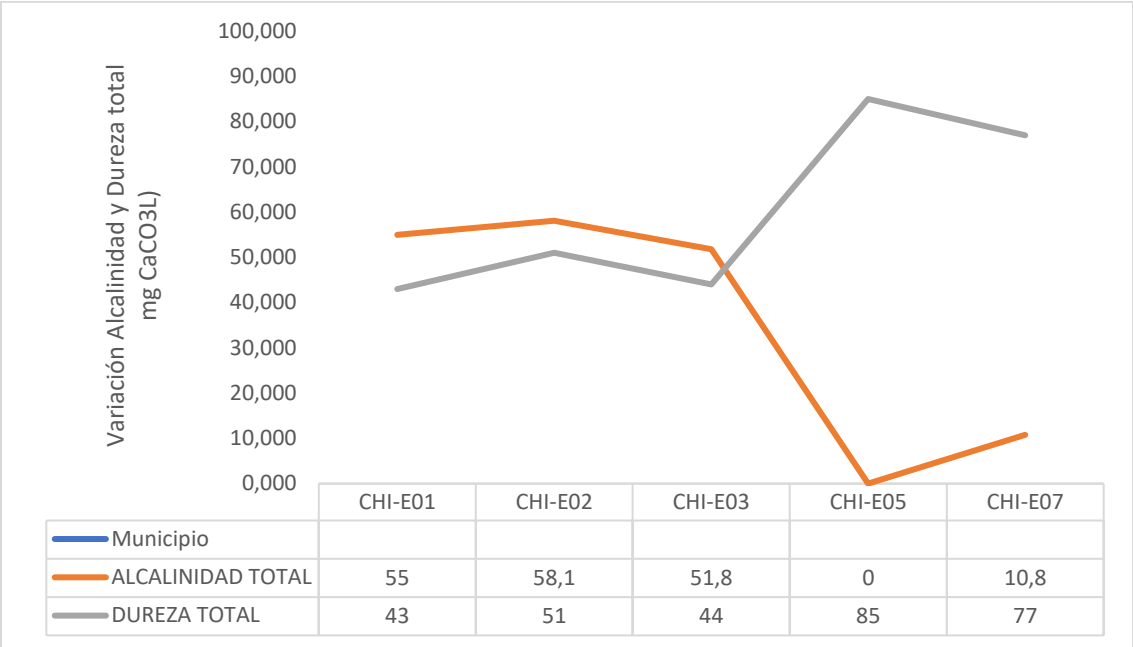


	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
CLORUROS	0,99	0,89	2,98	27,5	20,1
SULFATOS	27	10,8	7,6	151	64

Figura 16 Variación concentración de Cloruros y Sulfatos río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.9. Alcalinidad y dureza total

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E03, ambos parámetros presentan concentración estables entre 50 y 60 mg $CaCO_3$/L para Alcalinidad y entre 40 y 50 mg $CaCO_3$/L para Dureza total. Esta situación debido al aporte de los tributarios CHI T01, CHI T02 y CHI T03 cuyas características de calidad corresponde a aguas naturales en buen estado. Por su parte, para la estación CHI E05 se presenta un aumento en la Dureza total y una interferencia por pH ácido para Alcalinidad total. Esta situación, se asocia al aporte realizado por el tributario CHI T06 (Quebrada Tolda Fría), el cual posee características fisicoquímicas asociadas a actividades de explotación minera, lo cual se ve reflejado en el tramo receptor. Para la estación CHI E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana), se puede notar una mejoría en la calidad de dichos parámetros. La concentración promedio determinada de Alcalinidad total fue de 43.93 mg $CaCO_3$/L con un valor máximo de 58.1 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E02 y un valor mínimo < LCM en la estación CHI E05. Por su parte, la concentración promedio determinada para Dureza total fue de 60 mg $CaCO_3$/L, con un valor máximo de 85 mg/L en la estación CHI E05 y un valor mínimo de 43 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E01. En la Figura 17 se muestra la variación de Alcalinidad y Dureza total en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

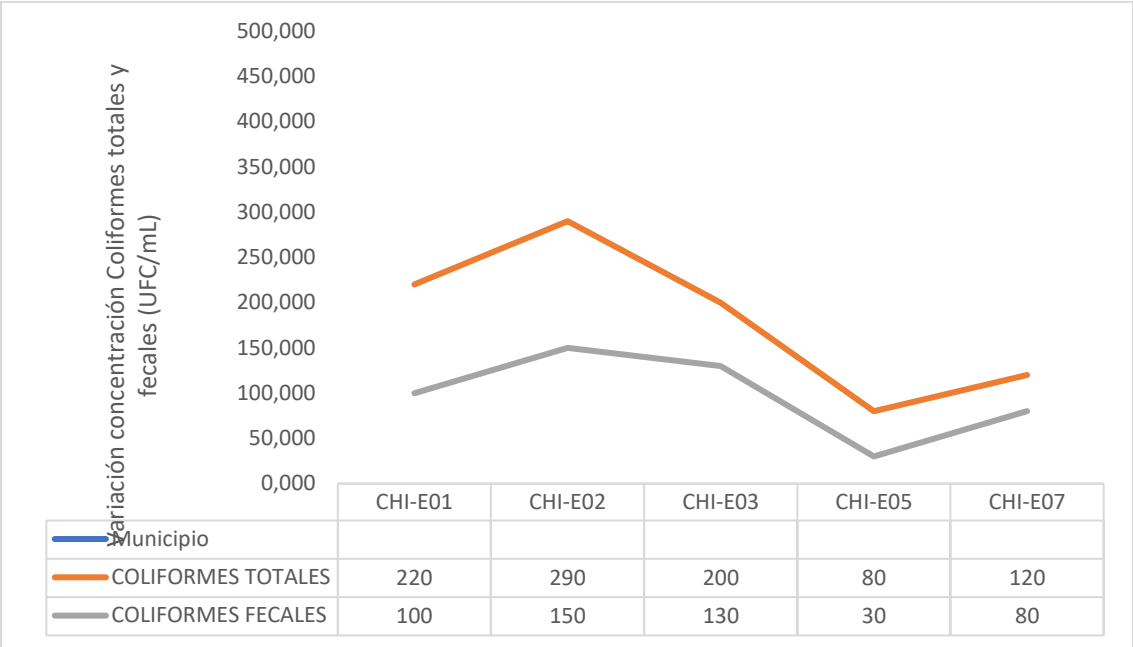


	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
ALCALINIDAD TOTAL	55	58,1	51,8	0	10,8
DUREZA TOTAL	43	51	44	85	77

Figura 17 Variación concentración de Alcalinidad y Dureza total río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.10. Coliformes totales y fecales

Entre las estaciones CHI E01 y CHI E05, ambos parámetros muestran un comportamiento a disminuir su concentración, en parte por efectos de dilución y bajos aportes de los tributarios CHI T01, CHI T02, CHI T03, CHI T04 y CHI T06, así como los procesos de oxigenación derivados de la morfología e hidráulica de la fuente superficial en este tramo que benefician el proceso de reaireación. Para la estación CHI E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana), se nota un aumento en la concentración de ambos parámetros, situación asociada a los aportes CHI T07 (Quebrada 2615-002-101), CHI T08 (Quebrada Palmichal) y CHI T09 (Quebrada Chupaderos). La concentración promedio determinada de Coliformes totales fue de 182 UFC/100 mL con un valor máximo de 290 UFC/100 mL en la estación CHI E02 y un valor mínimo de 80 UFC/100 mL en la estación CHI E05. Por su parte, la concentración promedio determinada Coliformes fecales fue de 98 UFC/100 mL, con un valor máximo de 150 UFC/100 mL en la estación CHI E02 y un valor mínimo de 30 UFC/100 mL en la estación CHI E05. En la Figura 18 se muestra la variación de Coliformes totales y fecales en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.



	CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03	CHI-E05	CHI-E07
Municipio					
COLIFORMES TOTALES	220	290	200	80	120
COLIFORMES FECALES	100	150	130	30	80

Figura 18 Variación concentración de Coliformes totales y fecales río Chinchiná Tramos I, II y III.

5.3.11. Otros análisis (Mercurio, Cianuro y Cromo)

En la estación CHI E05, la concentración reportada para Cianuro y Cromo se encontró por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación. Por su parte, la concentración reportada para Mercurio fue de 0.001 mg/L. Lo anterior, permite inferir en términos de concentración que la fuente en este tramo tiene la capacidad para amortiguar el efecto del aporte del tributario CHI T05 (Quebrada La Oliva), el cual se encuentra en área de influencia minera.

5.4. Parámetros in situ tramo IV

A continuación, se presenta los resultados para los ensayos determinados in situ para el tramo IV del río Chinchiná (ver Tabla 11).

Tabla 11 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo IV.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	OD (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m^3/s)
IV	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	7,86	4,47	344	16,9	1,711
IV	Tributario	CHI-T10	Quebrada Manizales	7,69	7,13	677	16,6	1,056
IV	Estación	CHI-E08	Fabrica Mayco S.A	7,84	5,68	285,2	17,5	2,504
IV	Tributario	CHI-T11	Quebrada El Perro	7,65	7,31	379	16,5	0,026
IV	Estación	CHI-E09	Horno Crematorio	7,84	5,68	285,2	17,5	2,988
IV	Estación	CHI-E09A	Antes Colector La Playita	7,76	6,55	344	17,6	1,094
IV	Tributario	CHI-T12	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita	1,79	6,45	435	19,3	0,002
IV	Tributario	CHI-T13	Descole 31004D Puente Barrio La Playita	4,91	6,82	861	22,2	0,04
IV	Tributario	CHI-T14	Quebrada El Molino	7,48	6,89	251,1	18,5	8
IV	Tributario	CHI-T15	Quebrada de La Monina	6,13	7,04	210	18,4	<5
IV	Tributario	CHI-T16	Quebrada 2615-002-092	6,86	6,61	425	17,7	8
IV	Estación	CHI-E11	Puente Villamaría	7,45	7,14	273	18	24
IV	Tributario	CHI-T17	Descole 31085D Interceptor de Maltería	7,39	6,87	362	18,9	-
IV	Tributario	CHI-T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	5,85	7,31	279	19	0,028
IV	Tributario	CHI-T19	Quebrada La Camelia	6,85	7,66	539	19	0,086
IV	Tributario	CHI-T20	Descole N° 2 Villamaría	3,60	6,83	832	21	0,000
IV	Estación	CHI-E12	Antes Quebrada Palogrande	6,92	7,33	485	18,3	3,180
IV	Tributario	CHI-T21	Quebrada 2615-002-087					
IV	Tributario	CHI-T22	Descole N° 3 y 4 Villamaría	5,52	7,63	688	21	0,019
IV	Tributario	CHI-T23	Quebrada de Palogrande	6,62	7,63	638	20	0,110
IV	Tributario	CHI-T24	Descole N° 6 Villamaría	5,27	7,15	423	20	0,008
IV	Tributario	CHI-T25	Quebrada 2615-002-083	3,30	7,31	607	20	0,001
IV	Tributario	CHI-T26	Descole N° 8 Villamaría	5,70	7,68	803	22	0,030
IV	Tributario	CHI-T27	Descarga Planta Intermedia	7,40	7,34	372	17,9	
IV	Tributario	CHI-T28	Quebrada Marmato	6,68	7,46	751	19	0,099
IV	Estación	CHI-E15	Antes Quebrada El Chiflón	6,92	7,33	485	18,3	131
IV	Tributario	CHI-T29	Quebrada El Chiflón	5,60	7,78	717	18,5	0,108
IV	Tributario	CHI-T30	Quebrada La Diana	5,60	7,44	724	19,9	
IV	Tributario	CHI-T31	Quebrada 2615-002-077	5,82	7,44	676	20,6	0,020
IV	Tributario	CHI-T32	Quebrada 2615-002-076	5,84	7,22	680	18,9	0,011
IV	Tributario	CHI-T33	Descarga de Planta Municipal	5,75	7,22	338	17	1,880
IV	Estación	CHI-E17	Finca Los Naranjos	8,14	7,33	343	16,8	3,947
IV	Tributario	CHI-T34	Quebrada La Floresta	8,10	7,19	195,7	17,5	0,024
IV	Tributario	CHI-T35	Quebrada El Arroyo	8,19	7,07	237,3	17,5	0,091
IV	Tributario	CHI-T36	Quebrada San Miguel	7,53	7,79	210	19	0,025
IV	Estación	CHI-E19	Antes Río Claro	7,49	7,12	295	19	4,796
IV	Tributario	CHI-T37	Río Claro	8,09	6,9	336	17	6,143
IV	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	7,67	7,25	318	19	10,939

5.4.1. Caudal

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E15, se puede apreciar la gran variabilidad que existe para los registros de caudal determinados, esta situación en parte a las condiciones morfológicas e hidráulica propia, así como la captación de caudal para la generación de energía eléctrica, también es causante de esta gran variabilidad el numeroso aporte de caudal, puesto que en este tramo realizan su aporte importantes tributarios tales como el CHI T10 (Quebrada Manizales) y CHI T33 (Descarga de Planta Municipal). Finalmente, entre las estaciones CHI E17 y CHI

E20, el río recibe el aporte de uno de sus principales tributarios CHI T37 (Río Claro). El caudal promedio determinado para el tramo IV del río Chinchiná fue de 3.574 m^3/s, con un caudal máximo de 10.939 m^3/s en la estación CHI E20 y un caudal mínimo de 0.856 m^3/s en la estación CHI E15. En la Figura 19 se muestra la variación de caudal en el río Chinchiná para el tramo IV.

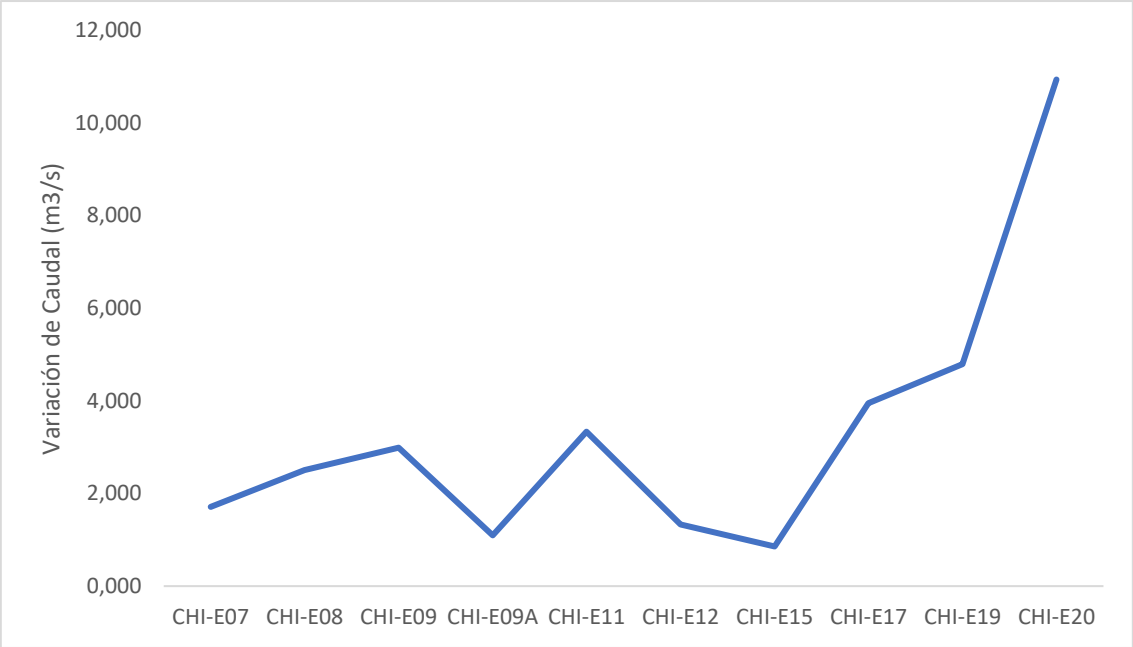


Figura 19 Variación de caudal río Chinchiná Tramo IV.

5.4.2. pH

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E12, se puede apreciar una recuperación del pH pasando de valores ácidos a estar cerca de la zona de neutralidad. A partir de la estación CHI E12 y hasta la estación CHI E20, los registros de pH no presentan una variación considerable. Lo anterior, permite inferir que, en términos de pH este tramo no recibe aportes de tributarios que puedan afectar esta característica y por el contrario favorecen la capacidad de amortiguamiento frente a cambios abruptos de pH. El pH promedio determinado para el tramo IV del río Chinchiná fue de 6.59 UpH, con un pH máximo de 7.33 UpH en la estaciones CHI E12, E15 y E7 y un pH mínimo de 4.47 UpH en la estación CHI E07. En la Figura 20 se muestra la variación de pH en el río Chinchiná para los tramos I, II y III.

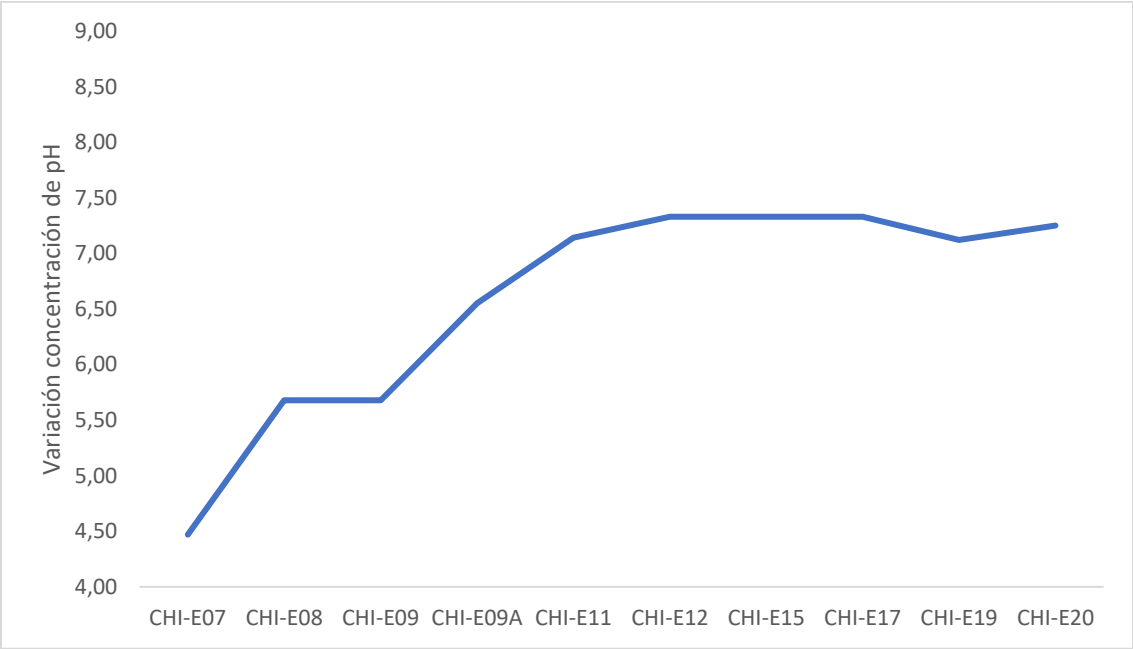


Figura 20 Variación de caudal río Chinchiná Tramo IV.

5.4.3. Conductividad eléctrica

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E11, el tramo presenta variaciones de conductividad alrededor de 100 µS/cm, sin embargo, entre las estaciones CHI E12 y CHI E15, se observan los registros más altos de conductividad. Este aumento de conductividad se asocia al aporte realizado por importantes tributarios tales como CHI T17 (Descole 31085D Interceptor de Maltería), CHI T18 (Quebrada 2615-002-091 La Cuba), CHI T19 (Quebrada Palogrande), CHI T20 (Descole N° 2 Villamaría), CHI T21 (Quebrada 2615-002-087), CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T24 (Descole N° 6 Villamaría), CHI T25 (Quebrada 2615-002-083), CHI T26 (Descole N° 8 Villamaría), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato), los cuales son receptores directos de aguas residuales y poseen valores de conductividad eléctrica por encima de 400 µS/cm. Finalmente, entre las estaciones CHI E17 y CHI E20, los valores de conductividad disminuyen, indicando una mejoría en la calidad de la fuente para el final de dicho tramo. La conductividad eléctrica promedio determinada para el tramo IV del río Chinchiná fue de 345.7 µS/cm, con una conductividad máxima de 485 µS/cm en las estaciones CHI E12 y CHI E15 y una conductividad mínima de 273 µS/cm en la estación CHI E11. En la Figura 21 se muestra la variación de conductividad eléctrica en el río Chinchiná para el tramo IV.

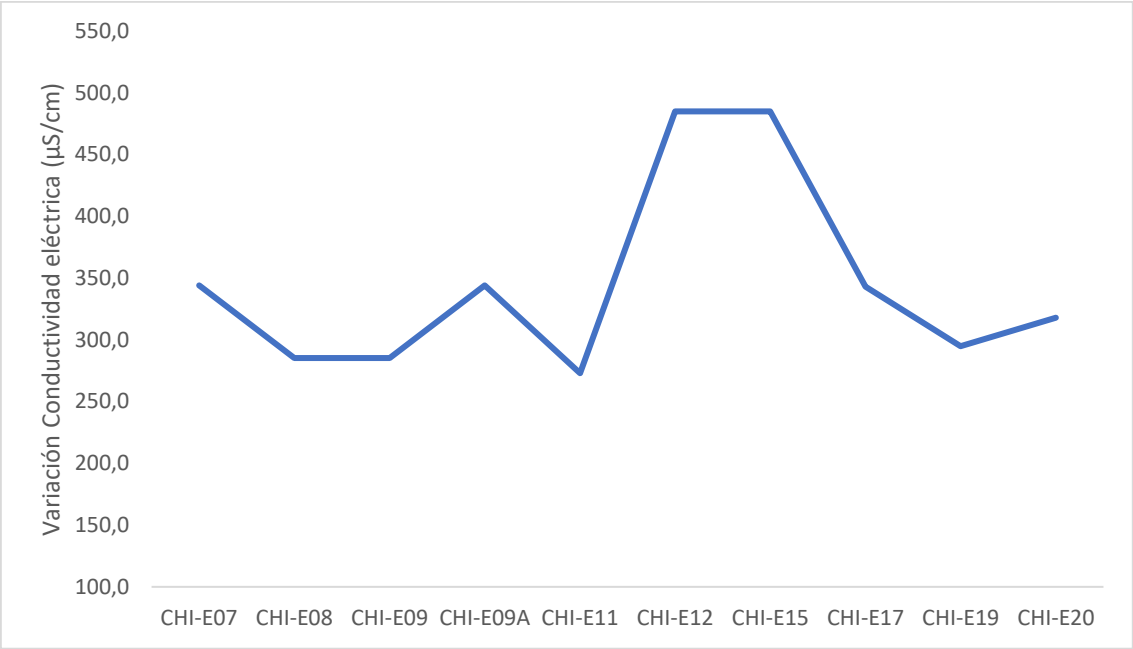


Figura 21 Variación de conductividad eléctrica río Chinchiná Tramo IV.

5.4.4. Temperatura

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E20, se observa valores muy estables de temperatura con un ligero descenso y nuevamente un aumento al final del tramo. Lo anterior, permite evidenciar que los aportes realizados por los diferentes tributarios no generan afectaciones en términos de temperatura en el tramo objeto de estudio. La temperatura promedio determinada para el tramo IV del río Chinchiná fue de 17.89°C, con una temperatura máxima de 19 °C en la estaciones CHI E19 y CHI E20 y una temperatura mínima de 16.9°C en la estación CHI E07. En la Figura 22 se muestra la variación de temperatura en el río Chinchiná para el tramo IV.

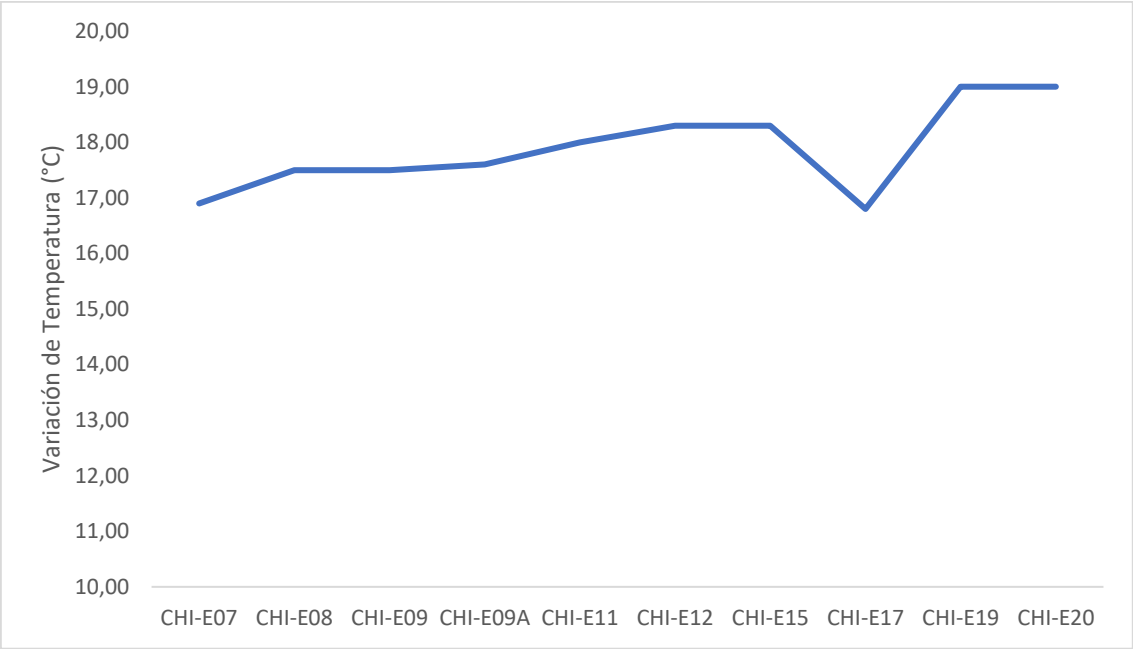


Figura 22 Variación de temperatura río Chinchiná Tramo IV.

5.4.5. Oxígeno disuelto

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E15, es posible apreciar la tendencia a disminuir para la concentración de oxígeno disuelto. Esta situación se asocia al aporte de materia orgánica de los tributarios CHI T17 (Descole 31085D Interceptor de Maltería), CHI T18 (Quebrada 2615-002-091 La Cuba), CHI T19 (Quebrada Palogrande), CHI T20 (Descole N° 2 Villamaría), CHI T21 (Quebrada 2615-002-087), CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T24 (Descole N° 6 Villamaría), CHI T25 (Quebrada 2615-002-083), CHI T26 (Descole N° 8 Villamaría), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato),, que son receptores de aguas residuales y agotan la concentración de dicho parámetro, sin embargo, para las estaciones al final del tramo CHI E17, CHI E19 y CHI E20, la concentración de esta parámetro muestra tendencia a aumentar. Lo anterior, por las condiciones hidráulicas y/o morfológicas de este tramo en donde las pendientes inclinadas permiten la reaireación de la fuente superficial. El oxígeno disuelto promedio determinado para el tramo IV del río Chinchiná fue de 7.59 mg O_2/L, con una concentración máxima de 8.14 mg O_2/L en la estación CHI E17 y un valor mínimo de 6.92 mg O_2/L en las estaciones CHI E15 y CHI E15. En la Figura 23 se muestra la variación de oxígeno disuelto en el río Chinchiná para el tramo IV.

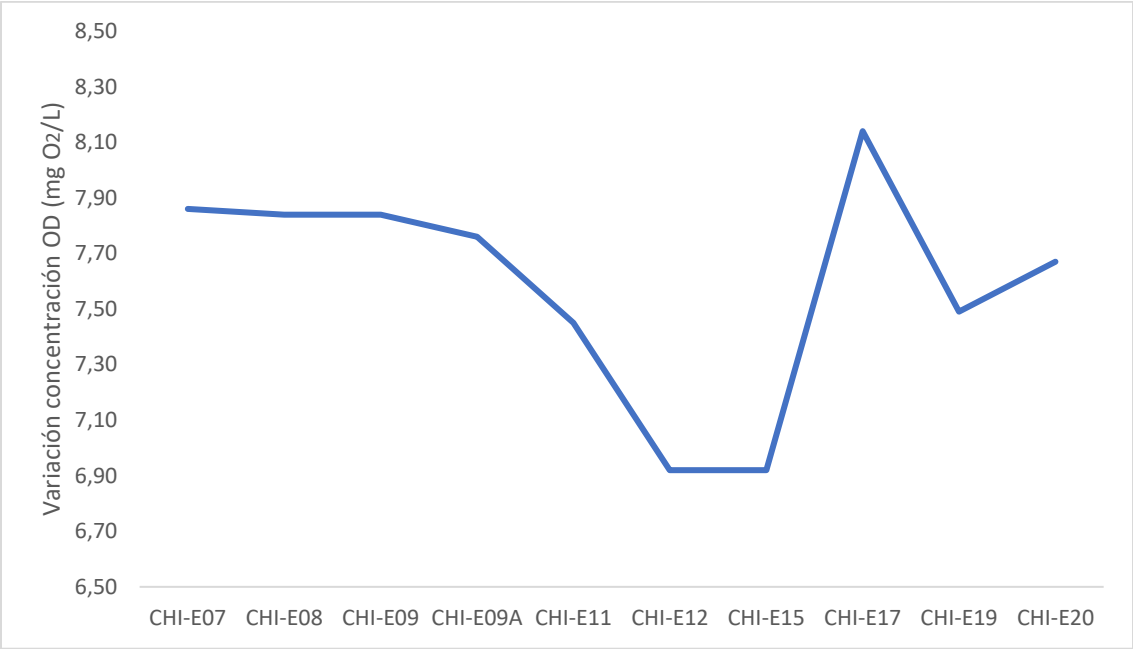


Figura 23 Variación de oxígeno disuelto río Chinchiná Tramo IV.

5.5. Parámetros en laboratorio tramo IV

En la Tabla 12 se muestra el resultado de los ensayos determinados en campo para las estaciones de monitoreo red río Chinchiná pertenecientes al tramo IV.

Tabla 12 Resultados ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná estaciones tramo IV.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	TURBIDEZ (UNT)	COLOR REAL (UPC)	G&A (mg/L)
IV	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	5,00	5,00	262,00	29,00	18,98	18,10	10,00
IV	Tributario	CHI-T10	Quebrada Manizales	149,00	247,00	573,00	190,00	142,74	162,00	13,00
IV	Estación	CHI-E08	Fabrica Mayco S.A	15,00	138,00	306,00	74,00	47,90	64,60	4,00
IV	Tributario	CHI-T11	Quebrada El Perro	17,00	60,00	203,00	17,00	13,66	40,6	9,00
IV	Estación	CHI-E09	Horno Crematorio	24,00	64,00	330,00	85,00	52,78	60,20	7,00
IV	Estación	CHI-E09A	Antes Colector La Playita	19,00	39,00	301,00	68,00	49,24	51,10	5,00
IV	Tributario	CHI-T12	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita	13,00	29,00	312,00	19,00	33,28	88,3	4,00
IV	Tributario	CHI-T13	Descole 31004D Puente Barrio La Playita	337,00	721,00	814,00	262,00	240,12	448,00	100,00
IV	Tributario	CHI-T14	Quebrada El Molino	8,00	13,40	196,00	27,00	20,85	46,8	17,00
IV	Tributario	CHI-T15	Quebrada de La Monina	<5	<5.00	192,00	16,00	2,34	31,5	17,00
IV	Tributario	CHI-T16	Quebrada 2615-002-092	8,00	26,00	345,00	10,00	4,00	35,2	16,00
IV	Estación	CHI-E11	Puente Villamaría	24,00	46,00	270,00	76,00	44,07	40,10	8,00
IV	Tributario	CHI-T17	Descole 31085D Interceptor de Maltería	19,00	102,00	315,00	78,00	46,11	61,6	16,00
IV	Tributario	CHI-T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	11,00	16,30	231,00	34,00	22,75	51,1	8,00
IV	Tributario	CHI-T19	Quebrada La Camelia	187,00	280,00	623,00	186,00	36,41	328,00	41,00
IV	Tributario	CHI-T20	Descole N° 2 Villamaría	106,00	250,00	341,00	94,00	77,18	183,00	32,00
IV	Estación	CHI-E12	Antes Quebrada Palogrande	27,00	37,00	328,00	111,00	78,75	64,90	2,00
IV	Tributario	CHI-T21	Quebrada 2615-002-087							
IV	Tributario	CHI-T22	Descole N° 3 y 4 Villamaría	474,00	764,00	795,00	302,00	308,88	459,00	126,00
IV	Tributario	CHI-T23	Quebrada de Palogrande	106,00	179,00	409,00	80,00	70,11	178,00	11,00
IV	Tributario	CHI-T24	Descole N° 6 Villamaría	199,00	324,00	550,00	168,00		250,00	57,00
IV	Tributario	CHI-T25	Quebrada 2615-002-083	77,00	149,00	394,00	36,00	43,73	140,00	38,00
IV	Tributario	CHI-T26	Descole N° 8 Villamaría	373,00	722,00	761,00	244,00	267,8	480,00	89,00
IV	Tributario	CHI-T27	Descarga Planta Intermedia	45,00	87,00	446,00	218,00	148,87	64,8	24,00
IV	Tributario	CHI-T28	Quebrada Marmato	174,00	322,00	529,00	122,00	127,03	276,00	61,00
IV	Estación	CHI-E15	Antes Quebrada El Chiflón	70,00	131,00	356,00	78,00	59,66	106,00	23,00
IV	Tributario	CHI-T29	Quebrada El Chiflón	135,00	291,00	491,00	140,00	112,84	252,00	43,00
IV	Tributario	CHI-T30	Quebrada La Diana	287,00	461,00	582,00	190,00	177,55	281,00	63,00
IV	Tributario	CHI-T31	Quebrada 2615-002-077	354,00	591,00	595,00	167,00	183,53	366,00	84,00
IV	Tributario	CHI-T32	Quebrada 2615-002-076	208,00	372,00	515,00	132,00	134,9	276,00	64,00
IV	Tributario	CHI-T33	Descarga de Planta Municipal	23,00	46,00	319,00	90,00	58,36	62,3	12,00
IV	Estación	CHI-E17	Finca Los Naranjos	16,00	26,00	284,00	55,00	41,43	49,50	9,00
IV	Tributario	CHI-T34	Quebrada La Floresta	<5	<5.00	156,00	10,00	3,97	13,4	7,00
IV	Tributario	CHI-T35	Quebrada El Arroyo	<5	<5.00	185,00	10,00	4,18	13,2	13,00
IV	Tributario	CHI-T36	Quebrada San Miguel	2,00	15,00	185,00	10,00	1,84	6,2	10,00
IV	Estación	CHI-E19	Antes Río Claro	9,00	26,00	273,00	38,00	19,55	25,90	6,00
IV	Tributario	CHI-T37	Río Claro	<5	12,30	324,00	35,00	12,38	27,7	1,00
IV	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	11,15	38,75	276,00	40,00	3,09	23,40	14,00

Tabla 13 Continuación Tabla 12 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo IV.

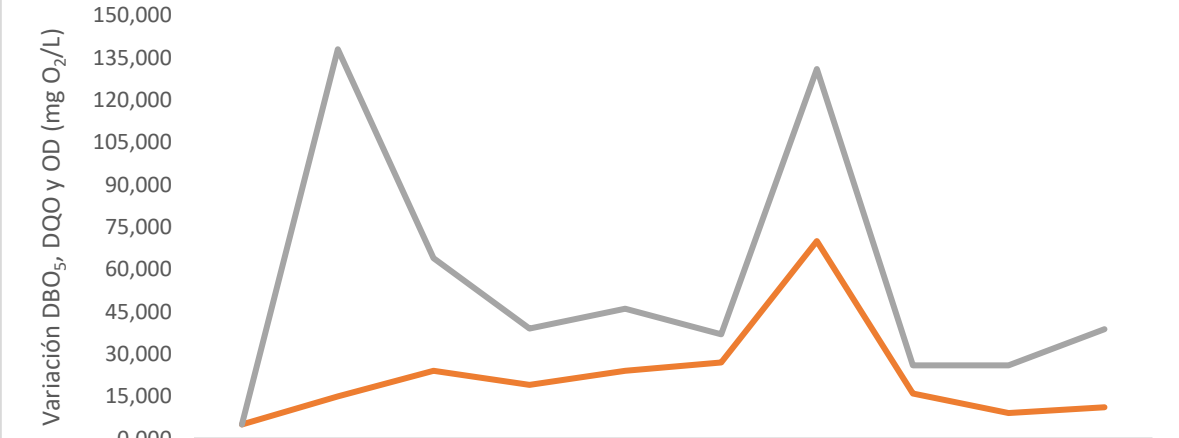
Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	SAAM (mg/L)	NTK (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO_3 (mg/L)	NO_2 (mg/L)	FOSFORO TOTAL (mg/L)	FOSFORO SOLUBLE (mg/L)
IV	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	0,19	1,95	1,03	2,20	0,03	0,520	0,150
IV	Tributario	CHI-T10	Quebrada Manizales	0,69	0,75	0,17	2,9	0,42	1,21	1,03
IV	Estación	CHI-E08	Fabrica Mayco S.A	0,07	1,15	0,57	2,20	0,11	0,360	0,260
IV	Tributario	CHI-T11	Quebrada El Perro	0,36	0,17	0,11	2,3	0,54	1,07	0,71
IV	Estación	CHI-E09	Horno Crematorio	0,29	0,57	0,34	2,20	0,14	0,690	0,290
IV	Estación	CHI-E09A	Antes Colector La Playita	0,26	ND	ND	2,20	0,12	0,860	0,260
IV	Tributario	CHI-T12	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita	0,67	0,06	ND	2,2	0,08	1,11	0,55
IV	Tributario	CHI-T13	Descole 31004D Puente Barrio La Playita	2,84	6,14	1,78	3,8	0,89	5,16	4,12
IV	Tributario	CHI-T14	Quebrada El Molino	1,1	1,89	1,61	2,6	0,48	0,55	0,33
IV	Tributario	CHI-T15	Quebrada de La Monina	0,44	2,35	1,66	2,2	0,25	0,8	0,32
IV	Tributario	CHI-T16	Quebrada 2615-002-092	0,06	7,35	1,72	4,6	0,3	0,45	0,26
IV	Estación	CHI-E11	Puente Villamaría	0,38	0,23	0,17	2,20	0,13	0,360	0,330
IV	Tributario	CHI-T17	Descole 31085D Interceptor de Maltería	0,28		ND	2,2	0,14	0,35	0,3
IV	Tributario	CHI-T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	0,79	0,29	ND	2,2	0,46	1,01	0,65
IV	Tributario	CHI-T19	Quebrada Palogrande	3,00	1,09	0,29	7,1	0,28	4,33	2,75
IV	Tributario	CHI-T20	Descole N° 2 Villamaría	2,26	2,07	0,57	2,2	0,29	2,53	2,11
IV	Estación	CHI-E12	Antes Quebrada Palogrande	0,45	0,46	0,06	2,20	0,20	0,690	0,570
IV	Tributario	CHI-T21	Quebrada 2615-002-087							
IV	Tributario	CHI-T22	Descole N° 3 y 4 Villamaría	1,02	5,11	0,34	5,9	0,55	4,31	4,17
IV	Tributario	CHI-T23	Quebrada de Palogrande	3,12	1,44	0,17	2,2	0,36	4,2	2,76
IV	Tributario	CHI-T24	Descole N° 6 Villamaría	2,44	1,38	0,17	3,4	0,6	2,77	2,64
IV	Tributario	CHI-T25	Quebrada 2615-002-083	3,24	1,32	0,17	2,2	0,23	2,26	2,07
IV	Tributario	CHI-T26	Descole N° 8 Villamaría	1,24	4,48	0,80	4,2	0,52	5,53	4,81
IV	Tributario	CHI-T27	Descarga Planta Intermedia	1,06	0,52	0,29	2,3	0,28	1,58	0,79
IV	Tributario	CHI-T28	Quebrada Marmato	1,12	3,27	1,03	2,2	0,57	3,15	2,02
IV	Estación	CHI-E15	Antes Quebrada El Chiflón	1,14	1,38	0,29	2,50	0,24	1,210	0,940
IV	Tributario	CHI-T29	Quebrada El Chiflón	0,97	3,44	0,29	2,4	0,47	3,98	2,44
IV	Tributario	CHI-T30	Quebrada La Diana	1,18	2,12	0,17	2,7	0,73	3,55	2,42
IV	Tributario	CHI-T31	Quebrada 2615-002-077	1,79	0,34	0,06	4,5	0,8	4,06	2,43
IV	Tributario	CHI-T32	Quebrada 2615-002-076	1,12	2,53	0,75	3,1	0,55	3,15	2,02
IV	Tributario	CHI-T33	Descarga de Planta Municipal	0,36	0,40	0,17	3,3	0,2	0,89	0,47
IV	Estación	CHI-E17	Finca Los Naranjos	0,50	1,66	0,34	2,20	0,21	0,680	0,480
IV	Tributario	CHI-T34	Quebrada La Floresta	0,14	1,09	0,11	2,9	0,01	0,17	0,13
IV	Tributario	CHI-T35	Quebrada El Arroyo	0,05	0,92	0,29	2,2	0,01	0,39	0,14
IV	Tributario	CHI-T36	Quebrada San Miguel	0,05	0,63	0,29	4,5	0,08	0,34	0,23
IV	Estación	CHI-E19	Antes Río Claro	0,24	0,23	0,17	2,20	0,37	0,400	0,260
IV	Tributario	CHI-T37	Río Claro	0,07	0,40	0,23	2,2	0,05	0,61	0,23
IV	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	0,20	0,75	0,40	2,20	0,23	0,330	0,130

Tabla 14 Continuación Tabla 12 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo IV.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	SAAM (mg/L)	NTK (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO_3 (mg/L)	NO_2 (mg/L)	FOSFORO TOTAL (mg/L)	FOSFORO SOLUBLE (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	SULFATOS (mg/L)	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L)	DUREZA TOTAL (mg/L)	DUREZA CALCICA (mg/L)	COLIFORMES TOTALES (UFC/mL)	COLIFORMES FECALES (UFC/mL)
IV	Estación	CHI-E07	Puente Lusitania Vía Panamericana	0,19	1,95	1,03	2,20	0,03	0,520	0,150	20,10	64,00	10,80	77,00	39,00	120,00	80,00
IV	Tributario	CHI-T10	Quebrada Manizales	0,69	0,75	0,17	2,9	0,42	1,21	1,03	21,3	143,00	187,00	181,00	70,00	760000	490000
IV	Estación	CHI-E08	Fabrica Mayco S.A	0,07	1,15	0,57	2,20	0,11	0,360	0,260	19,10	71,00	21,00	160,00	45,00	2500,00	1300,00
IV	Tributario	CHI-T11	Quebrada El Perro	0,36	0,17	0,11	2,3	0,54	1,07	0,71	7,69	57,5	111,00	94,00	58,00	65000	42000
IV	Estación	CHI-E09	Horno Crematorio	0,29	0,57	0,34	2,20	0,14	0,690	0,290	23,10	68,50	20,80	73,00	42,00	30000,00	15000,00
IV	Estación	CHI-E09A	Antes Colector La Playita	0,26	ND	ND	2,20	0,12	0,860	0,260	20,10	78,00	22,10	87,00	45,00	5200,00	3200,00
IV	Tributario	CHI-T12	Descole 31007D y 31002D Barrio La Playita	0,67	0,06	ND	2,2	0,08	1,11	0,55	8,18	27,00	185,00	150,00	83,00	56000	38000
IV	Tributario	CHI-T13	Descole 31004D Puente Barrio La Playita	2,84	6,14	1,78	3,8	0,89	5,16	4,12	63,2	243,00	199,00	209,00	110,00	6800000	3200000
IV	Tributario	CHI-T14	Quebrada El Molino	1,1	1,89	1,61	2,6	0,48	0,55	0,33	7,94	71,5	165,00	87,00	45,00	400000	120000
IV	Tributario	CHI-T15	Quebrada de La Monina	0,44	2,35	1,66	2,2	0,25	0,8	0,32	4,96	31,00	86,3	81,00	38,00	55000	23000
IV	Tributario	CHI-T16	Quebrada 2615-002-092	0,06	7,35	1,72	4,6	0,3	0,45	0,26	19,6	65,00	100,00	151,00	82,00	63000	40000
IV	Estación	CHI-E11	Puente Villamaría	0,38	0,23	0,17	2,20	0,13	0,360	0,330	15,90	116,00	34,50	71,00	36,00	57000,00	23000,00
IV	Tributario	CHI-T17	Descole 31085D Interceptor de Maltería	0,28		ND	2,2	0,14	0,35	0,3	20,1	82,00	21,00	133,00	44,00	6500	4300
IV	Tributario	CHI-T18	Quebrada 2615-002-091 La Cuba	0,79	0,29	ND	2,2	0,46	1,01	0,65	8,93	93,00	103,00	91,00	55,00	75000	43000
IV	Tributario	CHI-T19	Quebrada La Camelia	3,00	1,09	0,29	7,1	0,28	4,33	2,75	36,5	140,00	397,00	262,00	164,00	4500000	2700000
IV	Tributario	CHI-T20	Descole N° 2 Villamaría	2,26	2,07	0,57	2,2	0,29	2,53	2,11	30,5	131,00	203,00	95,00	56,00	420000	150000
IV	Estación	CHI-E12	Antes Quebrada Palogrande	0,45	0,46	0,06	2,20	0,20	0,690	0,570	19,10	107,00	39,10	70,00	39,00	56000,00	22000,00
IV	Tributario	CHI-T21	Quebrada 2615-002-087														
IV	Tributario	CHI-T22	Descole N° 3 y 4 Villamaría	1,02	5,11	0,34	5,9	0,55	4,31	4,17	58,5	334,00	175,00	168,00	74,00	830000	420000
IV	Tributario	CHI-T23	Quebrada de Palogrande	3,12	1,44	0,17	2,2	0,36	4,2	2,76	57,00	163,00	195,00	137,00	75,00	76000	27000
IV	Tributario	CHI-T24	Descole N° 6 Villamaría	2,44	1,38	0,17	3,4	0,6	2,77	2,64	31,2	232,00	168,00	186,00	55,00	64000	39000
IV	Tributario	CHI-T25	Quebrada 2615-002-083	3,24	1,32	0,17	2,2	0,23	2,26	2,07	39,9	124,00	223,00	125,00	91,00	75000	62000
IV	Tributario	CHI-T26	Descole N° 8 Villamaría	1,24	4,48	0,80	4,2	0,52	5,53	4,81	65,00	328,00	231,00	171,00	58,00	490000	310000
IV	Tributario	CHI-T27	Descarga Planta Intermedia	1,06	0,52	0,29	2,3	0,28	1,58	0,79	20,3	103,00	45,00	88,00	45,00	620000	340000
IV	Tributario	CHI-T28	Quebrada Marmato	1,12	3,27	1,03	2,2	0,57	3,15	2,02	7,44	175,00	186,00	91,00	63,00	5400000	2700000
IV	Estación	CHI-E15	Antes Quebrada El Chiflón	1,14	1,38	0,29	2,50	0,24	1,210	0,940	31,20	104,00	84,20	91,00	44,00	3900,00	14000,00
IV	Tributario	CHI-T29	Quebrada El Chiflón	0,97	3,44	0,29	2,4	0,47	3,98	2,44	43,9	150,00	201,00	103,00	57,00	9400000	5200000
IV	Tributario	CHI-T30	Quebrada La Diana	1,18	2,12	0,17	2,7	0,73	3,55	2,42	52,1	240,00	188,00	135,00	100,00	950000	420000
IV	Tributario	CHI-T31	Quebrada 2615-002-077	1,79	0,34	0,06	4,5	0,8	4,06	2,43	49,6	254,00	177,00	156,00	85,00	880000	370000
IV	Tributario	CHI-T32	Quebrada 2615-002-076	1,12	2,53	0,75	3,1	0,55	3,15	2,02	7,44	175,00	186,00	121,00	59,00	650000	380000
IV	Tributario	CHI-T33	Descarga de Planta Municipal	0,36	0,40	0,17	3,3	0,2	0,89	0,47	19,3	88,00	56,2	79,00	43,00	69000	42000
IV	Estación	CHI-E17	Finca Los Naranjos	0,50	1,66	0,34	2,20	0,21	0,680	0,480	18,80	68,50	59,10	72,00	53,00	53000,00	22000,00
IV	Tributario	CHI-T34	Quebrada La Floresta	0,14	1,09	0,11	2,9	0,01	0,17	0,13	2,48	24,5	79,6	86,00	41,00	6200	2700
IV	Tributario	CHI-T35	Quebrada El Arroyo	0,05	0,92	0,29	2,2	0,01	0,39	0,14	4,96	48,00	88,00	99,00	62,00	6400	3100
IV	Tributario	CHI-T36	Quebrada San Miguel	0,05	0,63	0,29	4,5	0,08	0,34	0,23	4,96	26,00	110,00	98,00	58,00	6300	200
IV	Estación	CHI-E19	Antes Río Claro	0,24	0,23	0,17	2,20	0,37	0,400	0,260	19,80	91,50	46,60	91,00	47,00	85000,00	32000,00
IV	Tributario	CHI-T37	Río Claro	0,07	0,40	0,23	2,2	0,05	0,61	0,23	26,3	70,5	73,1	119,00	78,00	7900	2900
IV	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	0,20	0,75	0,40	2,20	0,23	0,330	0,130	25,80	74,00	63,20	98,00	57,00	85000,00	46000,00

5.5.1. DBO_5 y DQO

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E08 se nota un pico de concentración para DBO_5 asociado principalmente a la descarga del tributario CHI T10 (Quebrada Manizales), sin embargo, entre las estaciones CHI E09 y CHI E12, y gracias al aporte de tributarios con buenas condiciones de calidad en términos de materia orgánica, se aprecia una mejoría para este parámetro. La concentración de DQO muestra una tendencia a aumentar, alcanzando su pico máximo de concentración en la estación CHI E15, esto después de recibir los aportes de los tributarios CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T24 (Descole N° 6 Villamaría), CHI T25 (Quebrada 2615-002-083), CHI T26 (Descole N° 8 Villamaría), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato), los cuales son receptores de aguas residuales domésticas y no domésticas. Para el final del tramo, entre las estaciones CHI E17 y CHI E20 (Antes Quebrada San Juan), y después de recibir a CHI T37 (Río Claro), se observa una considerable disminución en la concentración de ambos parámetros. La concentración promedio de DBO_5 determinado para el tramo IV del río Chinchiná fue de 22.02 mg O_2/L con un valor máximo de 70 mg O_2/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo inferior a 5.0 mg O_2/L en la estación CHI E07. Por su parte, la concentración promedio determinada para DQO fue de 55.08 mg O_2/L, con un valor máximo de 138 mg O_2/L en la estación CHI E08 y un valor mínimo de < 5.00 mg O_2/L en la estación CHI E07. En la Figura 24 se muestra la variación de DBO_5 y DQO en el río Chinchiná para el tramo IV.

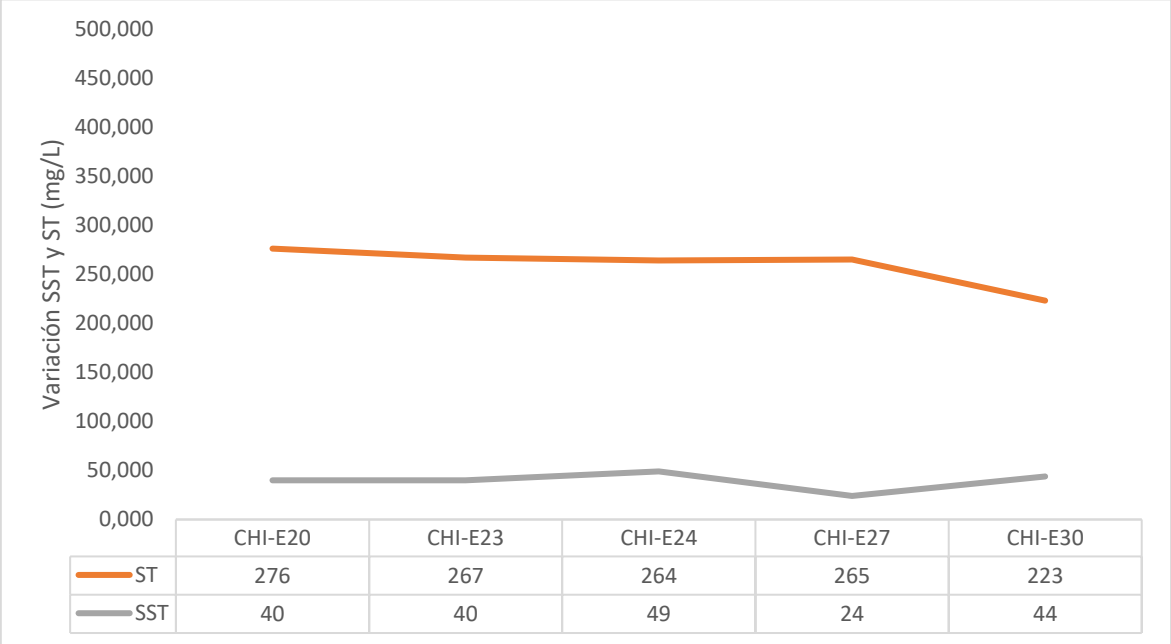


	CHI-E07	CHI-E08	CHI-E09	CHI-E09A	CHI-E11	CHI-E12	CHI-E15	CHI-E17	CHI-E19	CHI-E20
DBO5	5	15	24	19	24	27	70	16	9	11,15
DQO	5	138	64	39	46	37	131	26	26	38,75
OD	7,67									

Figura 24 Variación concentración de DBO_5 y DQO río Chinchiná Tramo IV.

5.5.2. SST y ST

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E11, el tramo no presenta grandes variaciones de concentración para ambos parámetros, y tan solo en el tránsito por las estaciones CHI E12 y CHI E15, después de recibir una cantidad importante de tributarios receptores de aguas residuales, tales como CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T24 (Descole N° 6 Villamaría), CHI T25 (Quebrada 2615-002-083), CHI T26 (Descole N° 8 Villamaría), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato), se encontraron picos máximo de concentración. Después de la estación CHI E17 y hasta la estación CHI E20, la concentración de los dos parámetros tiende a disminuir. La concentración promedio de SST determinado para el tramo IV del río Chinchiná fue 65.40 mg/L con un valor máximo de 111 mg/L en la estación CHI E12 y un valor mínimo de 29 mg/L en la estación CHI E07. Por su parte, la concentración promedio determinada para ST fue de 298.6 mg/L, con un valor máximo de 356 mg/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 262 mg/L en la estación CHI E07. En la Figura 25 se muestra la variación de SST y ST en el río Chinchiná para el tramo IV.



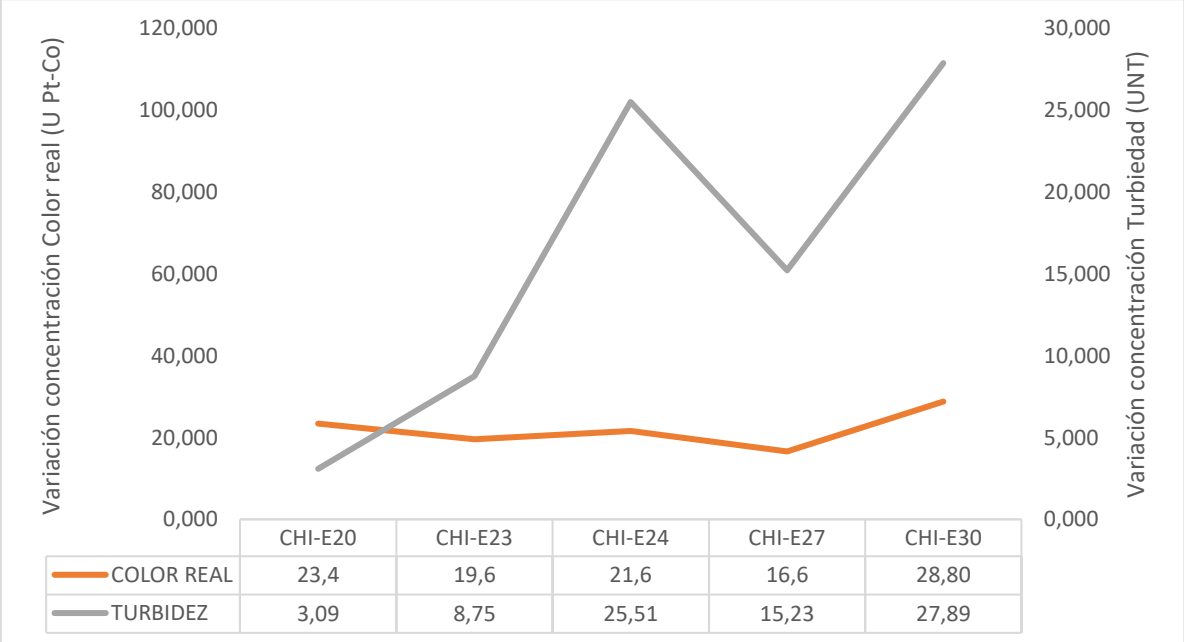
	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
ST	276	267	264	265	223
SST	40	40	49	24	44

Figura 25 Variación concentración de SST y ST río Chinchiná Tramo IV.

5.5.3. Color real y Turbiedad

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E11, la concentración de ambos parámetros muestra gran variabilidad con tendencia a aumentar, siendo en las estaciones CHI E12 y E15 en donde se obtienen los picos máximos de concentración para este tramo. Esta situación está relacionada con el ingreso en este tramo de tributarios

tales como CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato), que cuentan con una concentración elevada para Color real y Turbiedad, además de tener un caudal considerablemente alto. A partir de la estación CHI E17 y hasta la estación CHI E20, la fuente recupera la calidad en términos de estos dos parámetros ya sea por la hidráulica del tramo o procesos de dilución debido al aporte de caudal del tributario CHI T37 (Río Claro). La concentración promedio determinada de Color real fue de 50.38 U Pt-Co, con un valor máximo de 106 U Pt-Co en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 18.1 U Pt-Co en la estación CHI E07. Por su parte, la concentración promedio determinada para Turbiedad fue de 41.55 UNT, con un valor máximo de 78.75 UNT en la estación CHI E12 y un valor mínimo de 3.09 UNT en la estación CHI E20. En la Figura 26 se muestra la variación de Color real y turbiedad en el río Chinchiná para el tramo IV.



	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
COLOR REAL	23,4	19,6	21,6	16,6	28,80
TURBIDEZ	3,09	8,75	25,51	15,23	27,89

Figura 26 Variación concentración de Color real y Turbiedad río Chinchiná Tramo IV.

5.5.4. Nitratos y Nitritos

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E20, la concentración determinada para nitratos permanece casi constante e inferior a 2.0 mg/L, mientras la concentración de nitritos muestra una tendencia a aumentar en este mismo tramo. Lo anterior, permite inferir la ausencia de fuentes nitrogenadas dentro del grupo de tributarios que realizan sus respectivos aportes en este tramo y procesos de oxidación tendientes a la formación de nitritos como especie intermedia en la eliminación de nitrógeno amoniacal. La concentración promedio de Nitratos se encontró por debajo del límite de cuantificación (<2.2 mg/L) en 9 de las 10 estaciones. Por su parte, la concentración promedio determinada para Nitritos fue de 0.18 mg/L, con un valor máximo de 0.368

mg/L en la estación CHI E19 y un valor mínimo de 0.031 mg/L en la estación CHI E07. En la Figura 27 se muestra la variación de Nitratos y Nitritos en el río Chinchiná para el tramo IV.

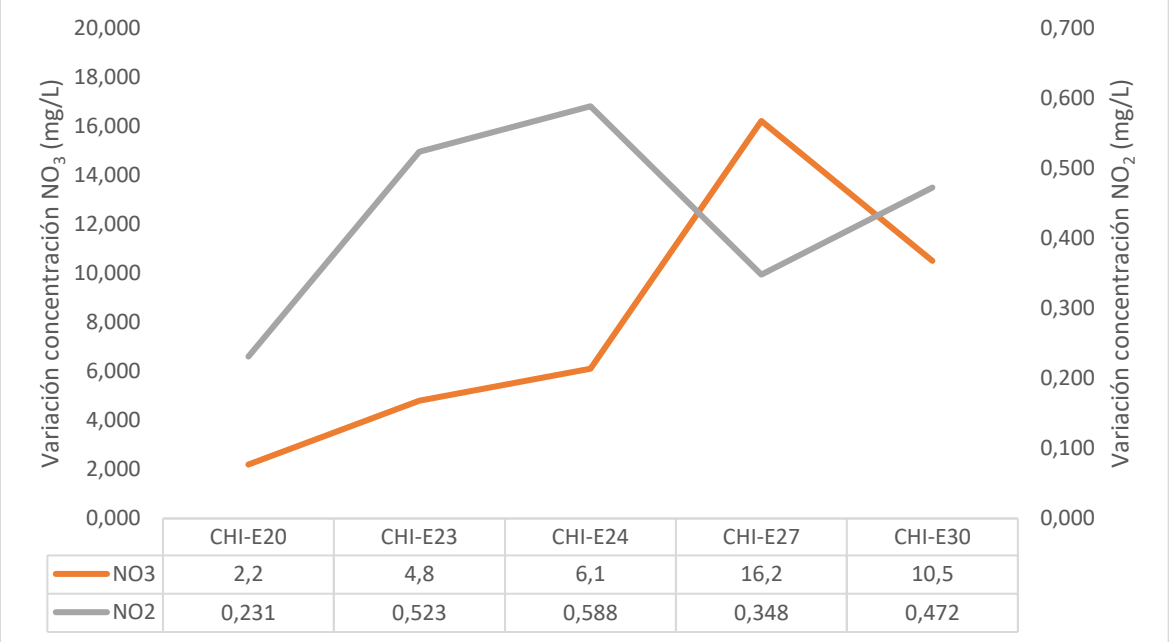
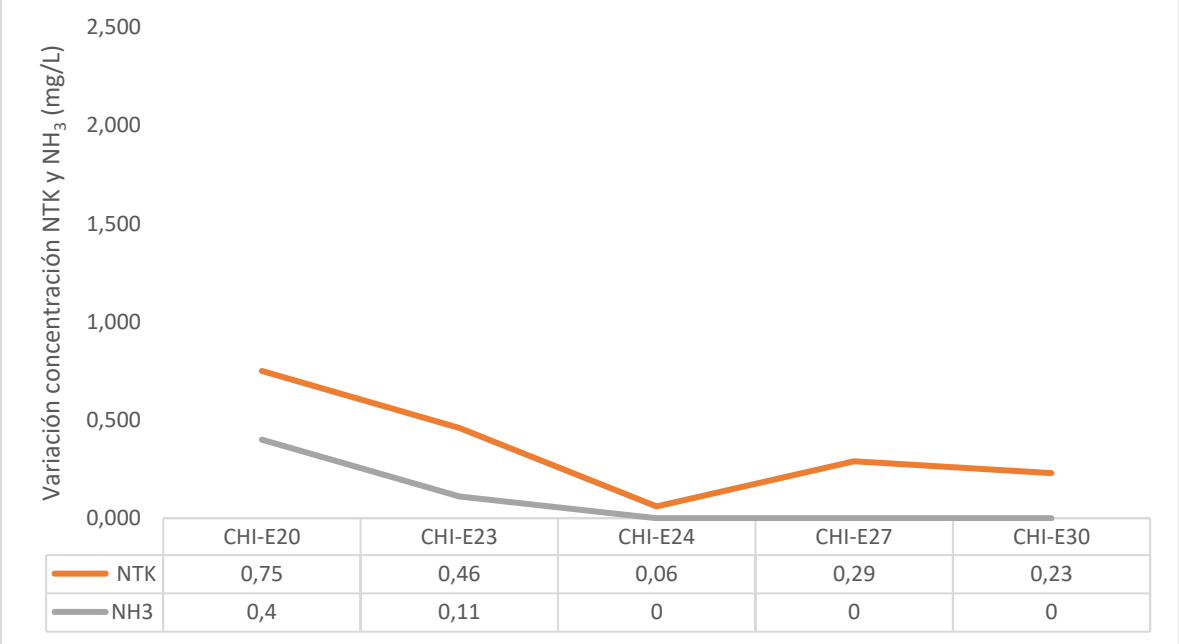


Figura 27 Variación concentración de Nitratos y Nitritos río Chinchiná Tramo IV.

5.5.5. Nitrógeno Kjeldahl y amoniacal

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E09A, se aprecia una marcada tendencia a disminuir la concentración de ambos parámetros. Posteriormente, y después de la estación CHI E11 y hasta CHI E19, se observa los picos máximos de concentración para estos ensayos, lo cual se asocia a la descarga de tributarios tales CHI T21 (Quebrada 2615-002-087), CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T28 (Quebrada Marmato), CHI T29 (Quebrada El Chiflón), CHI T30 (Quebrada La Diana). Finalmente, para las estaciones CHI E19 y CHI E20, la fuente superficial logra disminuir tanto la concentración de NTK, así como la de NH_3. El anterior comportamiento, está asociado a la gran cantidad de tributarios que realizan sus aportes en este tramo. En primera instancia se observa un efecto de dilución, seguido del incremento a causa de la carga contaminante de tributarios como CHI T27 y CHI T28, sin embargo, después del aporte del CHI T37 (Río Claro), se obtienen nuevamente concentraciones inferiores a 2.00 mg/L para ambos parámetros. La concentración promedio determinada de NTK fue de 0.93 mg/L con un valor máximo de 1.95 mg/L en la estación CHI E07 y un valor mínimo ND en la estación CHI E09A. Por su parte, la concentración promedio determinada para NH_3 fue de 0.37 mg/L, con un valor máximo de 1.03 mg/L en la estación CHI

E07 y un valor mínimo por debajo del LCM en la estación CHI E09A. En la Figura 28 se muestra la variación de NTK y NH_3 en el río Chinchiná para el tramo IV.

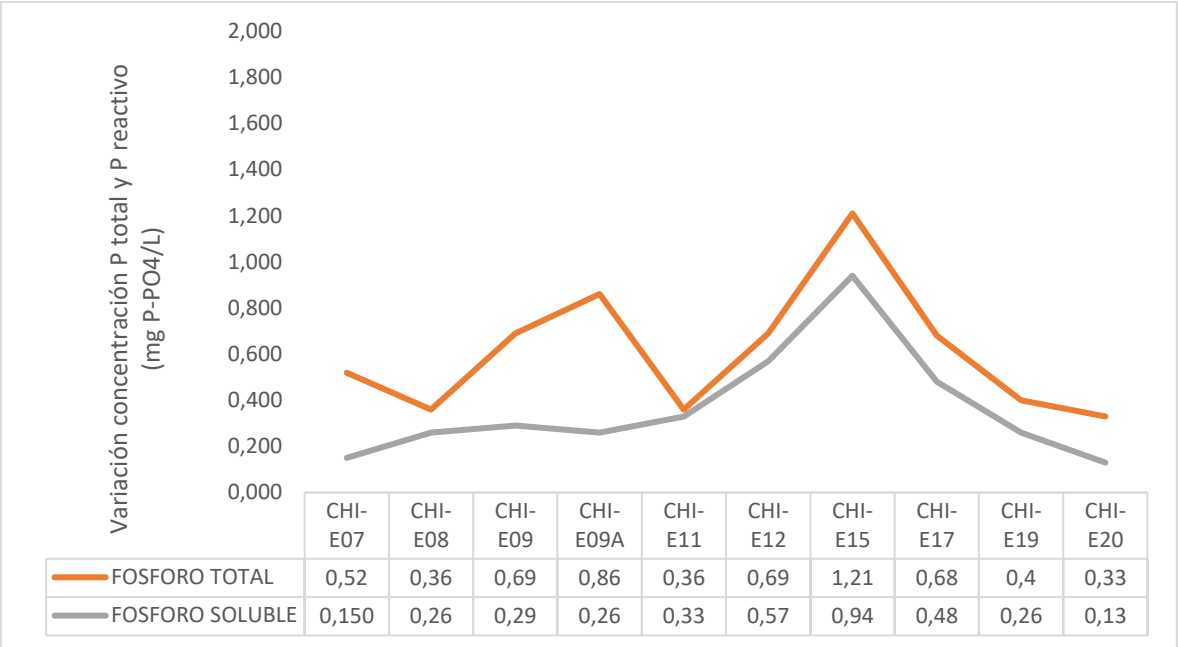


	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
NTK	0,75	0,46	0,06	0,29	0,23
NH3	0,4	0,11	0	0	0

Figura 28 Variación concentración de NTK y NH_3 río Chinchiná Tramo IV.

5.5.6. Fósforo total y soluble

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E15, se evidencia tendencia al aumento en la concentración de ambos parámetros, alcanzando el máximo de concentración en la estación CHI E15. Si bien las concentraciones obtenidas para estos ensayos pueden considerarse bajas, es notorio el impacto en la concentración que tienen los aportes de los tributarios como CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato). Entre las estaciones CHI E17 y CHI E20, la fuente logra disminuir por factores de dilución CHI T37 (Río Claro) y/o asimilación del tramo. La concentración promedio determinada de fósforo total fue de 0.610 mg/L con un valor máximo de 1.21 mg/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 0.33 mg/L en CHI E20. Por su parte, la concentración promedio determinada para fósforo soluble fue de 0.367 mg/L, con un valor máximo de 0.94 mg/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 0.13 mg/L en la estación CHI E20. En la Figura 29 se muestra la variación de fósforo total y soluble en el río Chinchiná para el tramo IV.

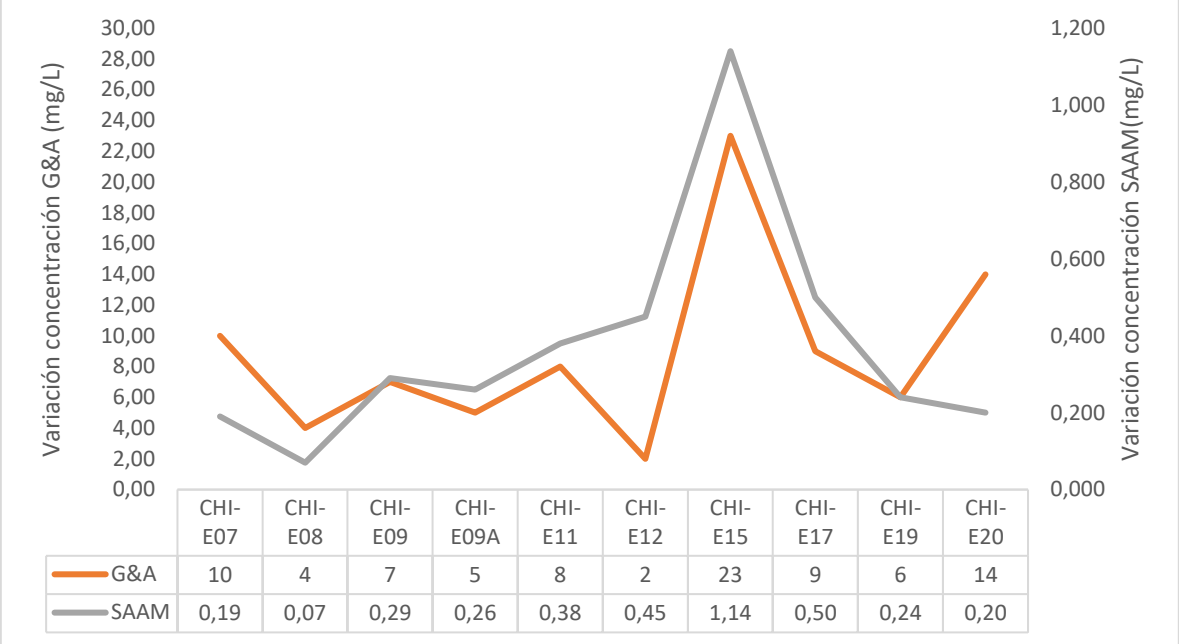


	CHI-E07	CHI-E08	CHI-E09	CHI-E09A	CHI-E11	CHI-E12	CHI-E15	CHI-E17	CHI-E19	CHI-E20
FOSFORO TOTAL	0,52	0,36	0,69	0,86	0,36	0,69	1,21	0,68	0,4	0,33
FOSFORO SOLUBLE	0,150	0,26	0,29	0,26	0,33	0,57	0,94	0,48	0,26	0,13

Figura 29 Variación concentración de Fósforo total y soluble río Chinchiná Tramos IV.

5.5.7. Grasas & Aceites y Detergentes

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E12, se observa variabilidad de las concentraciones obtenidas para ambos parámetros. Esto permite inferir sobre la calidad de los tributarios que descargan en este tramo. En contraste, para la estación CHI E15 y después de recibir las descargas de los tributarios CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato), se pueden apreciar los valores máximos de concentración para estas variables, sin embargo, después de recibir los aporte del tributario CHI T37 (Río Claro), ambos parámetros disminuyen su concentración para la estación CHI E20. La concentración promedio determinada de G&A fue de 8.80 mg/L con un valor máximo de 23 mg/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 2 mg/L en la estación CHI E12. Por su parte, la concentración promedio determinada para SAAM fue de 0.37 mg/L, con un valor máximo de 1.14 mg/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 0.07 mg/L en la estación CHI E08. En la Figura 30 se muestra la variación de G&A y SAAM en el río Chinchiná para el tramo IV.

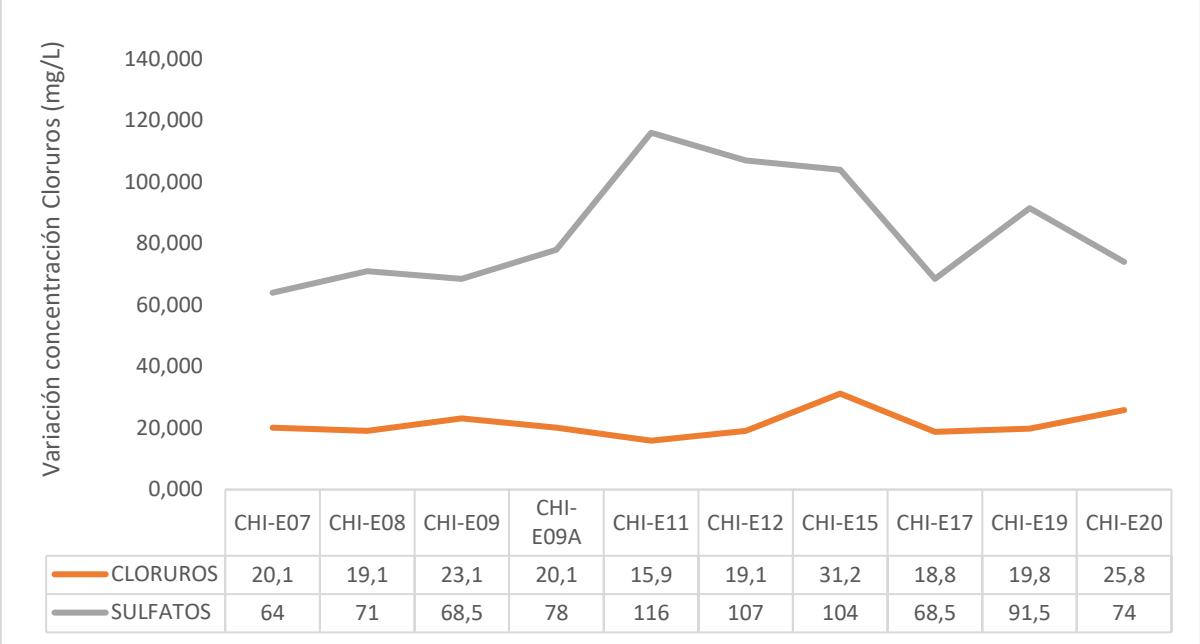


	CHI-E07	CHI-E08	CHI-E09	CHI-E09A	CHI-E11	CHI-E12	CHI-E15	CHI-E17	CHI-E19	CHI-E20
G&A	10	4	7	5	8	2	23	9	6	14
SAAM	0,19	0,07	0,29	0,26	0,38	0,45	1,14	0,50	0,24	0,20

Figura 30 Variación concentración de Grasas & Aceites y Tensoactivos (SAAM) río Chinchiná Tramo IV.

5.5.8. Cloruros y Sulfatos

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E09A, los dos parámetros presentan un comportamiento estable en cuanto a su concentración. Para el caso de los Cloruros, este comportamiento se mantiene hasta la estación CHI E15, en donde se aprecia su máximo valor de concentración y posteriormente es regulado por el aporte de tributarios con bajas concentraciones de sales disueltas. Los sulfatos después de la estación CHI E11 y hasta la estación CHI E15, muestran un pico máximo de concentración asociado a los aportes de tributarios receptores de aguas residuales tales como, CHI T23 (Quebrada de Palogrande), CHI T27 (Descarga Planta Intermedia) y CHI T28 (Quebrada Marmato), de igual manera el aporte del tributario CHI T37 (Río Claro) antes de la estación CHI E20, ayuda a disminuir la concentración de este parámetro posiblemente por efectos de dilución. La concentración promedio determinada de Cloruros fue de 21.30 mg/L con un valor máximo de 31.2mg/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 15.9 mg/L en la estación CHI E11. Por su parte, la concentración promedio determinada para Sulfatos fue de 84.25 mg/L, con un valor máximo de 116 mg/L en la estación CHI E11 y un valor mínimo de 64 mg/L en la estación CHI E07. En la Figura 31 se muestra la variación de Cloruros y Sulfatos en el río Chinchiná para el tramo IV.

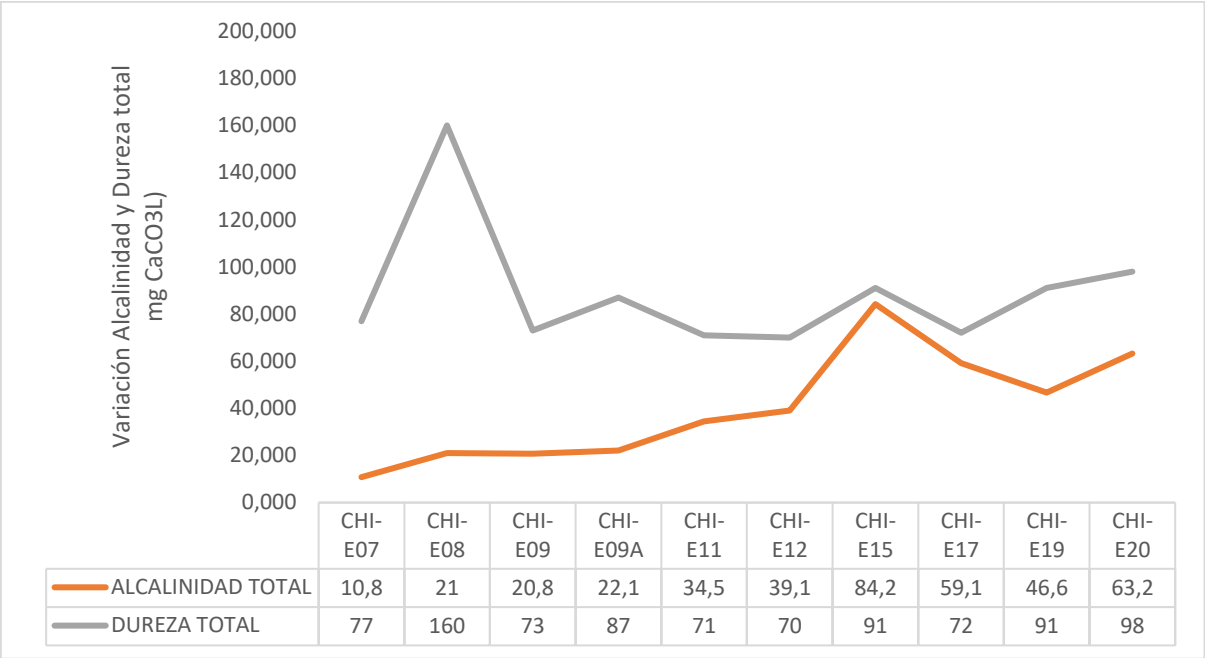


	CHI-E07	CHI-E08	CHI-E09	CHI-E09A	CHI-E11	CHI-E12	CHI-E15	CHI-E17	CHI-E19	CHI-E20
CLORUROS	20,1	19,1	23,1	20,1	15,9	19,1	31,2	18,8	19,8	25,8
SULFATOS	64	71	68,5	78	116	107	104	68,5	91,5	74

Figura 31 Variación concentración de Cloruros y Sulfatos río Chinchiná Tramo IV.

5.5.9. Alcalinidad y dureza total

En la estación CHI E08, se encuentra el valor máximo de concentración para la Dureza total, esta situación asociada al aporte realizado por el tributario CHI T10 (Quebrada Manizales), el cual cuenta con elevada concentración para este parámetro. Después de esta estación y hasta la estación CHI E20, el tramo muestra tendencia disminuir la concentración, ya sea por dilución gracias al aporte de los tributarios o a la capacidad de amortiguamiento que posee la fuente en este tramo en particular. Para el caso de la Alcalinidad total, su tendencia es a aumentar entre las estaciones CHI E07 hasta la estación CHI E15, en donde obtiene su máximo valor de concentración. Ambos parámetros permanecen estables en términos de su concentración hasta la estación CHI E20. La concentración promedio determinada de Alcalinidad total fue de 40.14 mg $CaCO_3$/L con un valor máximo de 84.2 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E15 y un valor mínimo de 10.8 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E07. Por su parte, la concentración promedio determinada para Dureza total fue de 89 mg $CaCO_3$/L, con un valor máximo de 160 mg/L en la estación CHI E08 y un valor mínimo de 70 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E12. En la Figura 32 se muestra la variación de Alcalinidad y Dureza total en el río Chinchiná para el tramo IV.

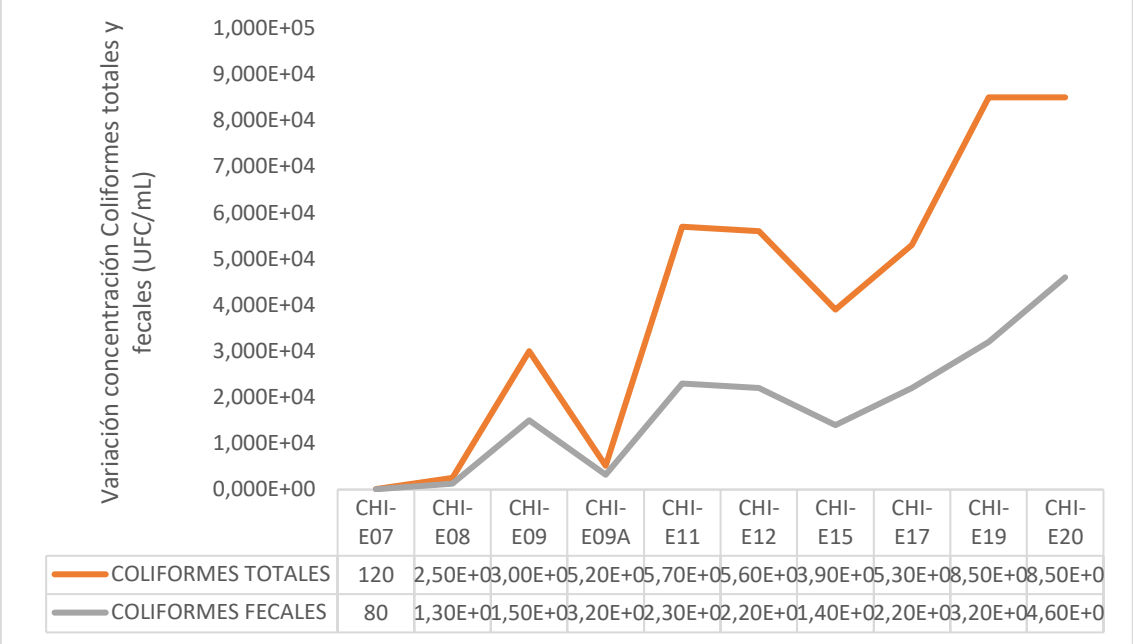


	CHI-E07	CHI-E08	CHI-E09	CHI-E09A	CHI-E11	CHI-E12	CHI-E15	CHI-E17	CHI-E19	CHI-E20
ALCALINIDAD TOTAL	10,8	21	20,8	22,1	34,5	39,1	84,2	59,1	46,6	63,2
DUREZA TOTAL	77	160	73	87	71	70	91	72	91	98

Figura 32 Variación concentración de Alcalinidad y Dureza total río Chinchiná Tramo IV.

5.5.10. Coliformes totales y fecales

Entre las estaciones CHI E07 y CHI E20, se observa una tendencia a aumentar la concentración de ambos parámetros. Este aumento se vuelve más notorio, a partir de las estaciones CHI E12 y CHI E15, en donde la fuente superficial recibe los aporte de tributarios receptores de aguas residuales doméstica CHI T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría), CHI T24 (Descole N° 6 Villamaría), CHI T26 (Descole N° 8 Villamaría) y CHI T28 (Quebrada Marmato). Esta tendencia continua hasta el final del tramo, a pesar del aporte del tributario CHI T37 (Río Claro), el cual posee una baja carga microbiológica en comparación con otros tributarios y mayor caudal. La concentración promedio determinada de Coliformes totales fue de 37772 UFC/100 mL con un valor máximo de 85000 UFC/100 mL en las estaciones CHI E19 y CHI E20 y un valor mínimo de 120 UFC/100 mL en la estación CHI E07. Por su parte, la concentración promedio determinada Coliformes fecales fue de 17858 UFC/100 mL, con un valor máximo de 46000 UFC/100 mL en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 80 UFC/100 mL en la estación CHI E07. En la Figura 33 se muestra la variación de Coliformes totales y fecales en el río Chinchiná para el tramo IV.



	CHI-E07	CHI-E08	CHI-E09	CHI-E09A	CHI-E11	CHI-E12	CHI-E15	CHI-E17	CHI-E19	CHI-E20
COLIFORMES TOTALES	120	2,50E+03	3,00E+05	2,20E+05	5,70E+05	5,60E+03	3,90E+05	5,30E+08	8,50E+08	8,50E+0
COLIFORMES FECALES	80	1,30E+01	1,50E+03	3,20E+02	2,30E+02	2,20E+01	1,40E+02	2,20E+03	3,20E+04	4,60E+0

Figura 33 Variación concentración de Coliformes totales y fecales río Chinchiná Tramo IV.

5.5.11. Otros análisis

Para las estaciones CHI E09 y CHI E11, así como para los tributarios CHI T10 y CHI T17, la concentración reportada para Cianuro, Mercurio, Plomo, Níquel y Cromo se encontró por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación. Por su parte, la concentración reportada para Mercurio fue de 0.001 mg/L. Lo anterior, permite inferir en términos de concentración que la fuente en este tramo tiene la capacidad para amortiguar el efecto del aporte del tributario CHI T05, el cual se encuentra en área de influencia minera

5.6. Parámetros in situ tramo V

En la Tabla 15 se muestra el resultado de los ensayos determinados en campo para las estaciones de monitoreo red río Chinchiná pertenecientes al tramo V.

Tabla 15 Resultados ensayos determinados en campo río Chinchiná estaciones tramo V.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	OD (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m^3/s)
V	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	7,67	7,25	318	19	10,939
V	Tributario	CHI-T38	Quebrada San Juan	7,28	7,61	262	21	0,593
V	Tributario	CHI-T39	Quebrada 2615-002-047	7,15	7,92	270	21	0,028
V	Tributario	CHI-T40	Quebrada 2615-002-045	7,39	8,04	238	20	0,013
V	Tributario	CHI-T41	Quebrada Los Cuervos	7,38	8,03	146,7	21	0,775
V	Tributario	CHI-T42	Descole Chinchiná	2,89	7,27	602	23	0,031
V	Estación	CHI-E23	Puente Cenicafé	7,12	7,55	261	22	2,191
V	Estación	CHI-E24	Puente Doménico Parma	7,85	7,02	309	19	2,790
V	Tributario	CHI-T43	Quebrada Cameguadua	7,84	7,51	280,7	23	0,264
V	Tributario	CHI-T44	Quebrada El Rosario	8,06	7,23	375	22	0,622
V	Tributario	CHI-T45	Quebrada Manzanares	8,03	6,89	230,7	23	0,492
V	Tributario	CHI-T46	Quebrada El Purgatorio	7,96	7,47	164,4	23	0,080
V	Estación	CHI-E27	Estadero La Barraquera	7,91	7,22	301	23	3,552
V	Tributario	CHI-T48	Quebrada Los Lobos	8,17	7,23	185,6	23	0,056
V	Tributario	CHI-T49	Río Guacáica	7,47	7,44	258,7	23	6,508
V	Estación	CHI-E30	Puente Finca El Retiro	7,72	7,42	289,5	24,6	7,646

5.6.1. Caudal

Entre la estación CHI E20 y CHI E23, el caudal muestra una disminución cercana al 80% del total de su caudal, situación que se asocia a la captación realizada para generación de energía por parte de la CHEC, la cual tiene una infraestructura de captación en este trayecto. Después de dicho tramo, y gracias al aporte de tributarios tales como CHI T41 (Quebrada Los Cuervos), CHI T43 (Quebrada Cameguadua), CHI T44 (Quebrada El Rosario), CHI T45 (Quebrada Manzanares) y en especial el CHI T49 (Río Guacaica), el caudal muestra una tendencia a aumentar hasta la estación CHI E30. El caudal promedio determinado para el tramo V del río Chinchiná fue de 5.424 m^3/s, con un caudal máximo de 10.939 m^3/s en la estación CHI E20 y un caudal mínimo de 2.191 m^3/s en la estación CHI E23. En la Figura 34 se muestra la variación de caudal en el río Chinchiná para el tramo V.

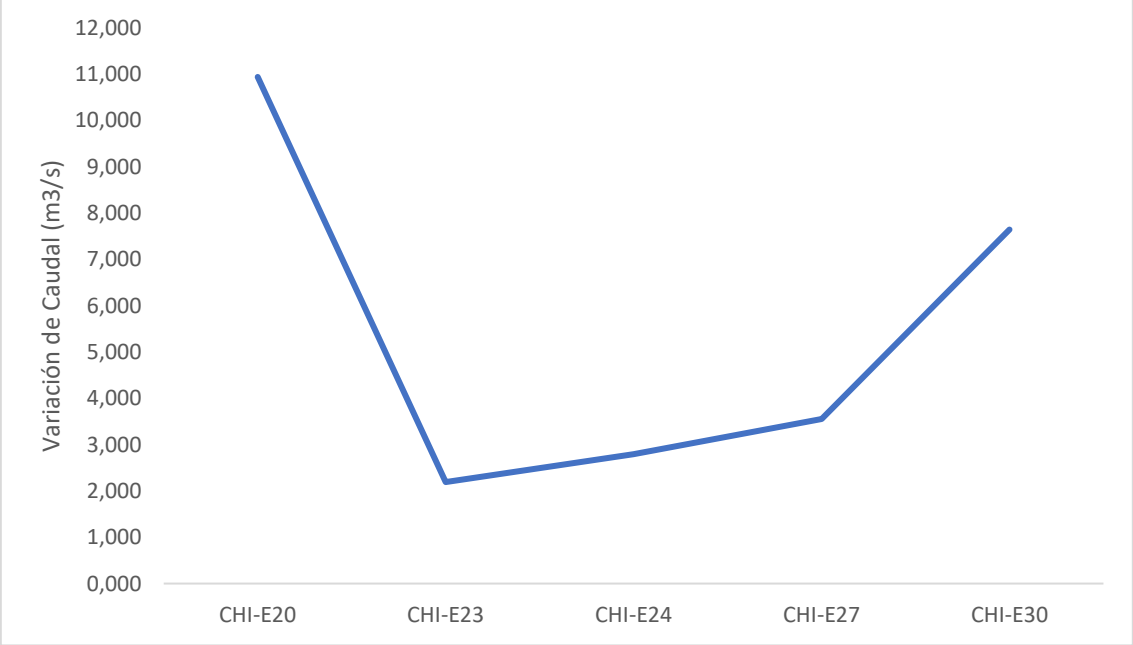


Figura 34 Variación de caudal río Chinchiná Tramo V

5.6.2. pH

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, los valores de pH presentan un comportamiento poco variable y cercano a la zona de neutralidad (7.00 UpH). Lo anterior, permite inferir que en términos de pH los tributarios que realizan sus aportes en este tramo no generan afectaciones negativas, siendo este un indicador de su calidad. El pH promedio determinado para el tramo V del río Chinchiná fue de 7.29 UpH, con un pH máximo de 7.55 UpH en la estación CHI E23 y un pH mínimo de 7.02 UpH en la estación CHI E24. En la Figura 35 se muestra la variación de pH en el río Chinchiná para el tramo V.

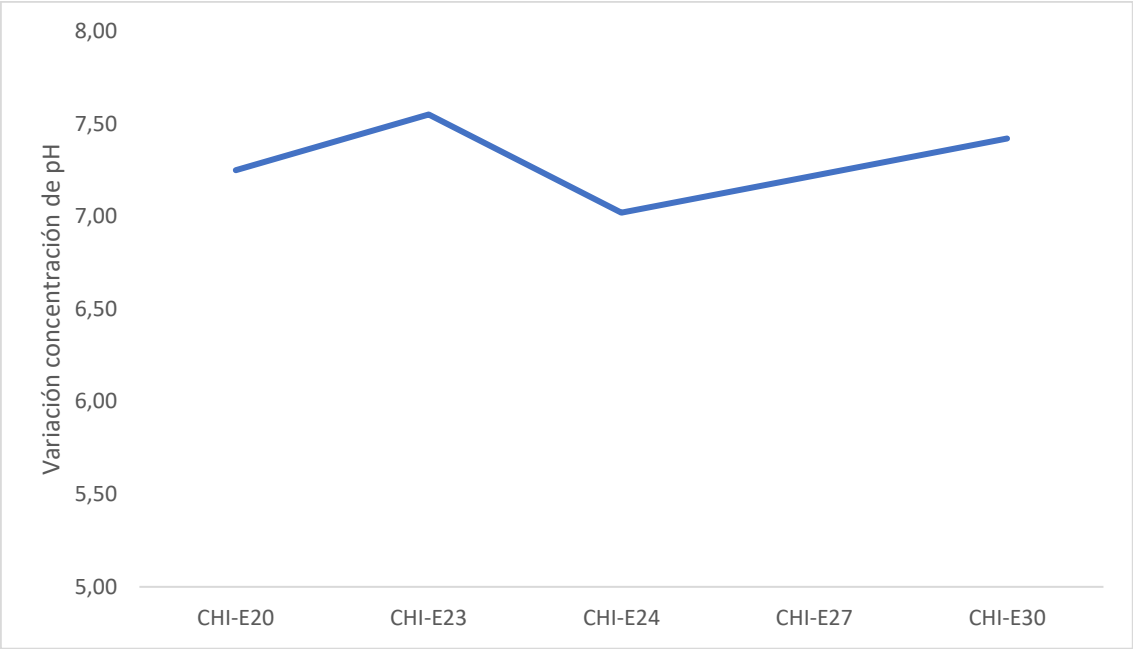


Figura 35 Variación de pH río Chinchiná Tramo V.

5.6.3. Conductividad eléctrica

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, se puede observar pocas variaciones y un comportamiento estable alrededor de 300 µS/cm. De lo anterior, se puede inferir entonces que los aportes realizados por los tributarios no representan una afectación a la calidad de la fuente superficial en este tramo. De igual manera, los aportes de caudal realizados por tributarios de excelente calidad fisicoquímica generan condiciones de dilución que ayuda la depuración de sustancias disueltas. La conductividad eléctrica promedio determinada para el tramo V del río Chinchiná fue de 295.7 µS/cm, con una conductividad máxima de 318 µS/cm en la estación CHI E20 y una conductividad mínima de 261 µS/cm en la estación CHI E23. En la Figura 36 se muestra la variación de conductividad eléctrica en el río Chinchiná para el tramo V.

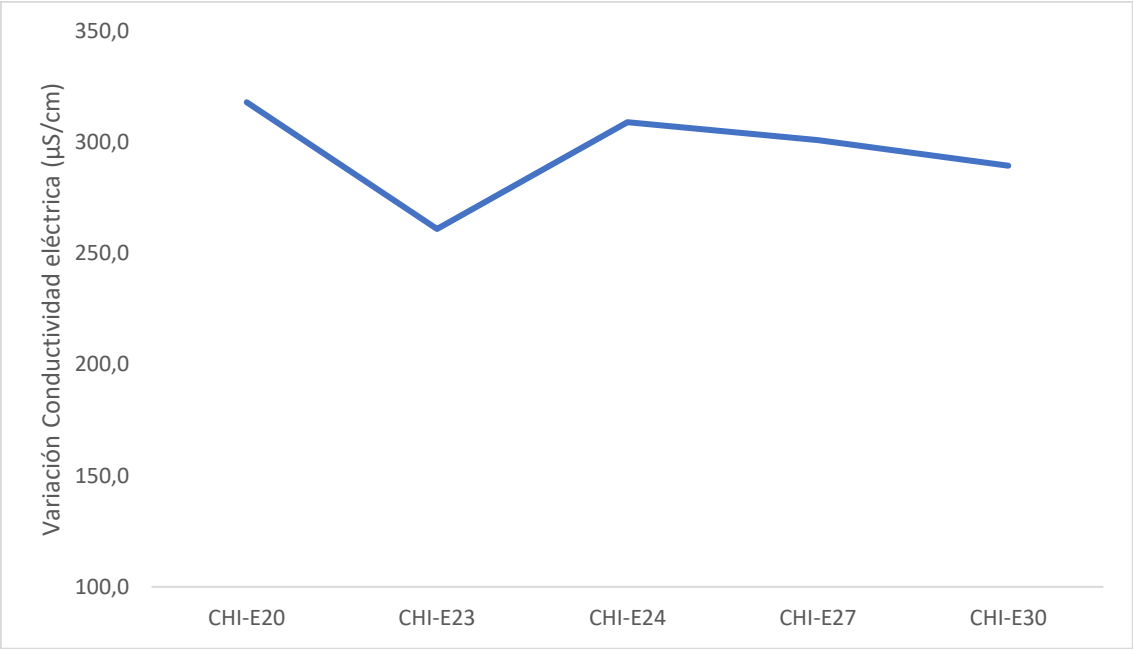


Figura 36 Variación de conductividad eléctrica río Chinchiná Tramo V.

5.6.4. Temperatura

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, se observa variación con tendencia a aumentar hacia el final del tramo para los valores registrados, sin embargo, dicha variación no representa afectaciones en términos de calidad y puede ser asociada a un comportamiento dado por la intensidad solar al momento de recolección de las muestras. La temperatura promedio determinada para el tramo V del río Chinchiná fue de 21.52°C, con una temperatura máxima de 24.6 °C en la estación CHI E30 y una temperatura mínima de 19°C en las estaciones CHI E20 y CHI E24. En la Figura 37 se muestra la variación de temperatura en el río Chinchiná para el tramo V.

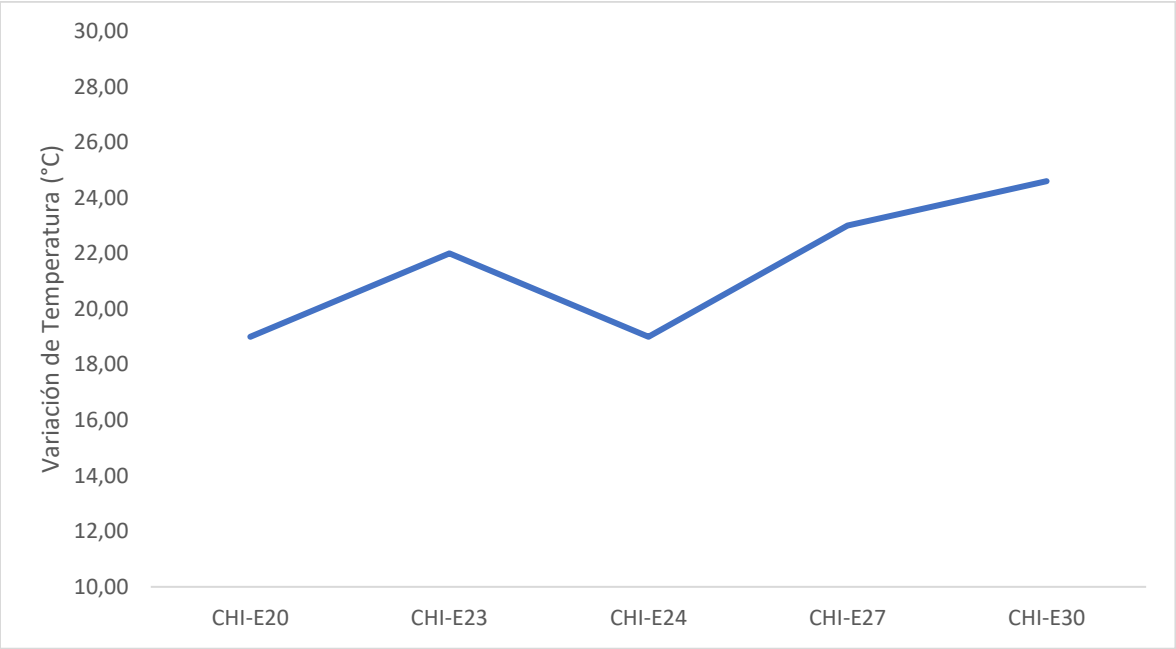


Figura 37 Variación de temperatura río Chinchiná Tramo V.

5.6.5. Oxígeno disuelto

Entre la estación CHI E20 y la estación CHI E23, se nota una disminución en la concentración de OD. Esta disminución coincide con la captación del 80% del caudal, lo cual afecta las condiciones hidráulicas y de reaireación de la fuente superficial, sin embargo, a partir de esta estación los valores registrados de OD muestran tendencia a aumentar hasta la estación CHI E27 con un leve decaimiento en la estación CHI E30, pero sin obtener valores por debajo de 7.00 mg O_2/L. De acuerdo a lo anterior, los aportes realizados por los tributarios, así como las condiciones hidráulicas y morfológicas del tramo de la fuente superficial, permiten que se tengan una buena calidad de oxígeno disuelto en este tramo. El oxígeno disuelto promedio determinado para el tramo V del río Chinchiná fue de 7.65 mg O_2/L, con una concentración máxima de 7.91 mg O_2/L en la estación CHI E27 y un valor mínimo de 7.12 mg O_2/L en la estación CHI E23. En Figura 38 la se muestra la variación de oxígeno disuelto en el río Chinchiná para el tramo V.

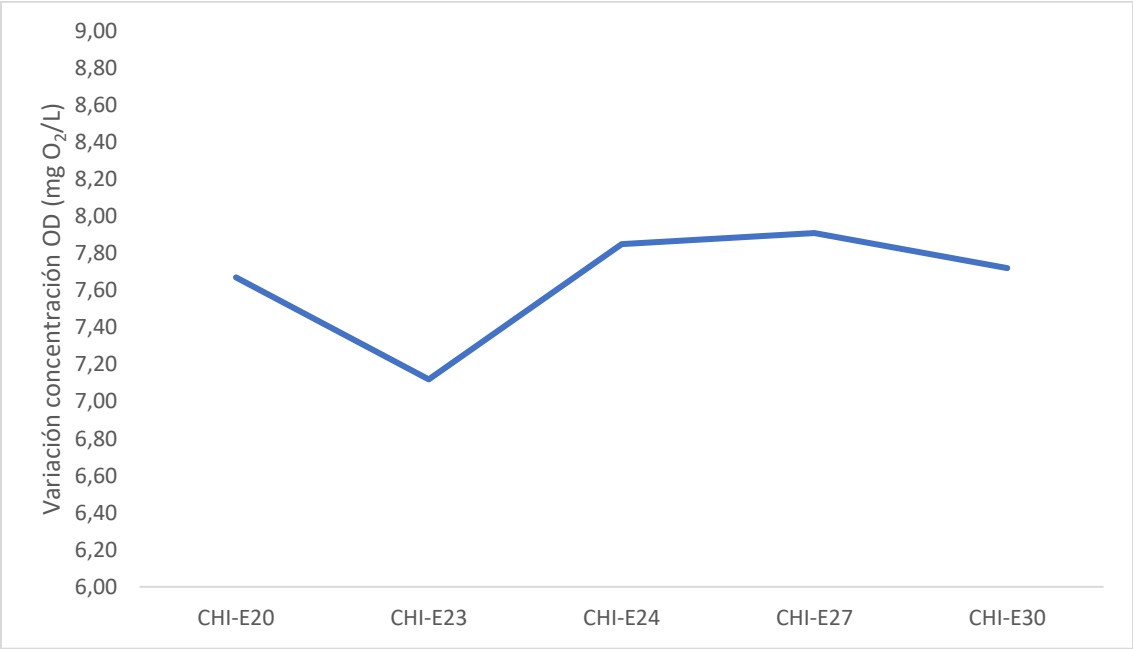


Figura 38 Variación de oxígeno disuelto río Chinchiná Tramo V.

5.7. Parámetros en laboratorio tramo V

En la Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18, se presenta el resultado de los ensayos determinados en laboratorio para el tramo V del río Chinchiná.

Tabla 16 Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramo V.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	TURBIDEZ (UNT)	COLOR REAL (UPC)	G&A (mg/L)
V	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	11,15	38,75	276,00	40,00	3,09	23,40	14,00
V	Tributario	CHI-T38	Quebrada San Juan	<5	<5.00	248,00	46,00	4,04	7,6	9,00
V	Tributario	CHI-T39	Quebrada 2615-002-047	3,00	28,00	225,00	10,00	3,07	10,1	9,00
V	Tributario	CHI-T40	Quebrada 2615-002-045	<5	8,85	211,00	10,00	1,15	9,8	9,00
V	Tributario	CHI-T41	Quebrada Los Cuervos	2,00	15,00	140,00	12,00	2,61	7,8	15,00
V	Tributario	CHI-T42	Descole Chinchiná	117,00	221,00	442,00	42,00	44,15	134,00	20,00
V	Estación	CHI-E23	Puente Cenicafé	5,00	14,03	267,00	40,00	8,75	19,60	2,00
V	Estación	CHI-E24	Puente Doménico Parma	2,00	24,00	264,00	49,00	25,51	21,60	4,00
V	Tributario	CHI-T43	Quebrada Cameguadua	4,00	25,00	184,00	10,00	4,7	19,2	7,00
V	Tributario	CHI-T44	Quebrada El Rosario	2,00	17,00	272,00	12,00	2,57	9,3	6,00
V	Tributario	CHI-T45	Quebrada Manzanares	<5	9,43	196,00	10,00	1,57	9,7	8,00
V	Tributario	CHI-T46	Quebrada El Purgatorio	<5	8,28	153,00	10,00	2,54	11,6	9,00
V	Estación	CHI-E27	Estadero La Barraquera	3,00	15,00	265,00	24,00	15,23	16,60	7,00
V	Tributario	CHI-T48	Quebrada Los Lobos	2,00	17,00	168,00	10,00	2,68	11,4	13,00
V	Tributario	CHI-T49	Río Guacáica	<5	9,43	257,00	60,00	25,69	27,4	13,00
V	Estación	CHI-E30	Puente Finca El Retiro	4,00	20,00	223,00	44,00	27,89	28,80	11,00

Tabla 17 Continuación Tabla 15 Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramo V.

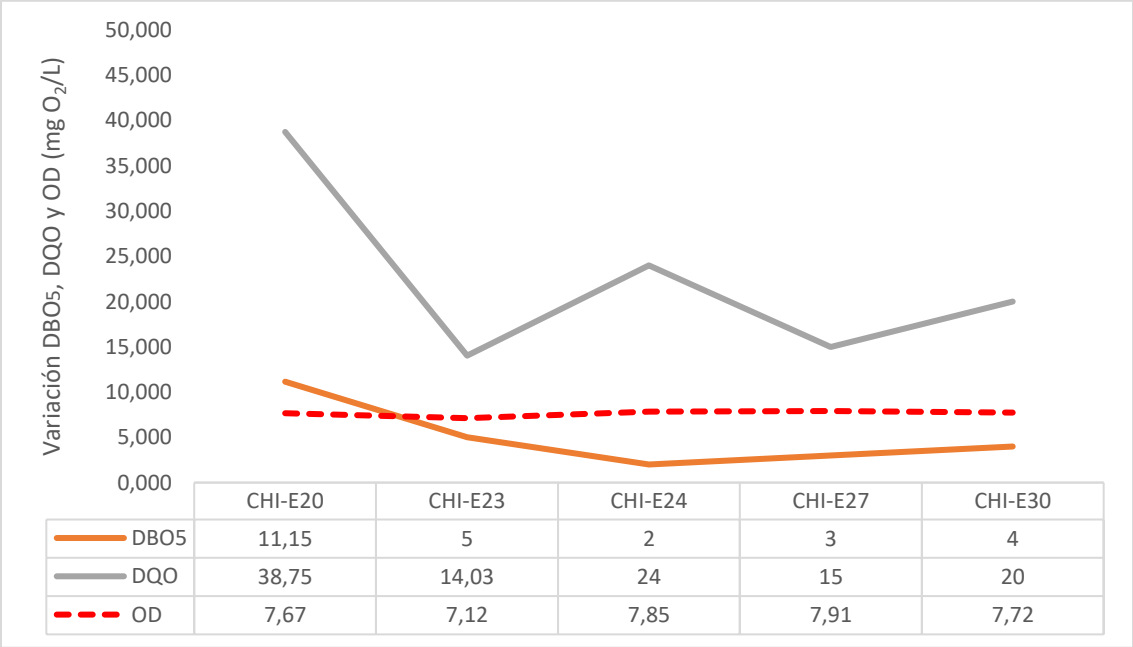
Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	SAAM (mg/L)	NTK (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO_3 (mg/L)	NO_2 (mg/L)	FOSFORO TOTAL (mg/L)	FOSFORO SOLUBLE (mg/L)
V	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	0,20	0,75	0,40	2,20	0,23	0,33	0,13
V	Tributario	CHI-T38	Quebrada San Juan	0,05	0,46	0,11	2,9	0,01	0,31	0,25
V	Tributario	CHI-T39	Quebrada 2615-002-047	0,09	0,57	0,29	8,1	0,1	0,37	0,29
V	Tributario	CHI-T40	Quebrada 2615-002-045	0,05	0,34	0,23	7,7	0,02	2,37	0,24
V	Tributario	CHI-T41	Quebrada Los Cuervos	0,05	1,21	0,23	7	0,03	0,29	0,22
V	Tributario	CHI-T42	Descole Chinchiná	2,24	0,52	0,29	2,2	0,25	2,46	2,18
V	Estación	CHI-E23	Puente Cenicafé	0,05	0,46	0,11	4,80	0,52	0,38	0,20
V	Estación	CHI-E24	Puente Doménico Parma	0,07	0,06	ND	6,10	0,59	0,35	0,25
V	Tributario	CHI-T43	Quebrada Cameguadua	0,05	0,52	0,29	7,2	0,29	0,34	0,14
V	Tributario	CHI-T44	Quebrada El Rosario	0,05	0,17	0,06	5,1	0,02	0,25	0,13
V	Tributario	CHI-T45	Quebrada Manzanares	0,05	0,06	ND	6	0,02	0,25	0,15
V	Tributario	CHI-T46	Quebrada El Purgatorio	0,05	0,52	0,40	7,3	0,03	0,34	0,06
V	Estación	CHI-E27	Estadero La Barraquera	0,05	0,29	ND	16,20	0,35	0,33	0,21
V	Tributario	CHI-T48	Quebrada Los Lobos	0,05	0,11	ND	6,5	0,01	0,21	0,18
V	Tributario	CHI-T49	Río Guacáica	0,05	0,57	0,40	14,1	0,78	0,5	0,38
V	Estación	CHI-E30	Puente Finca El Retiro	0,18	0,23	ND	10,50	0,47	0,40	0,35

Tabla 18 Continuación Tabla 15 Resultado ensayos determinados en laboratorio río Chinchiná Tramo V.

Tramo (s)	Clasificación	Código	Estación	CLORUROS (mg/L)	SULFATOS (mg/L)	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L)	DUREZA TOTAL (mg/L)	DUREZA CALCICA (mg/L)	COLIFORMES TOTALES (UFC/mL)	COLIFORMES FECALES (UFC/mL)
V	Estación	CHI-E20	Antes Quebrada San Juan	25,80	74,00	63,20	98,00	57,00	85000,00	46000,00
V	Tributario	CHI-T38	Quebrada San Juan	5,46	58,00	80,6	120,00	134,00	220	80
V	Tributario	CHI-T39	Quebrada 2615-002-047	11,2	25,00	130,00	134,00	84,00	2700	300
V	Tributario	CHI-T40	Quebrada 2615-002-045	7,69	24,5	108,00	110,00	68,00	5800	1600
V	Tributario	CHI-T41	Quebrada Los Cuervos	7,44	25,5	72,8	74,00	41,00	8900	5400
V	Tributario	CHI-T42	Descole Chinchiná	45,1	137,00	205,00	45,00	98,00	860000	450000
V	Estación	CHI-E23	Puente Cenicafé	17,40	56,00	62,10	91,00	62,00	73000,00	34000,00
V	Estación	CHI-E24	Puente Doménico Parma	21,30	55,00	58,60	108,00	65,00	97000,00	56000,00
V	Tributario	CHI-T43	Quebrada Cameguadua	9,92	28,5	64,1	85,00	49,00	54000	22000
V	Tributario	CHI-T44	Quebrada El Rosario	14,9	54,00	94,6	158,00	98,00	6300	1500
V	Tributario	CHI-T45	Quebrada Manzanares	11,4	36,00	82,1	84,00	62,00	7600	2500
V	Tributario	CHI-T46	Quebrada El Purgatorio	12,4	26,00	48,5	53,00	36,00	6500	3100
V	Estación	CHI-E27	Estadero La Barraquera	13,90	54,00	62,90	114,00	64,00	68000,00	35000,00
V	Tributario	CHI-T48	Quebrada Los Lobos	4,96	12,2	86,00	73,00	40,00	7500	1600
V	Tributario	CHI-T49	Río Guacáica	12,4	44,5	75,5	96,00	59,00	57000	14000
V	Estación	CHI-E30	Puente Finca El Retiro	10,90	37,00	74,40	90,00	60,00	63000,00	27000,00

5.7.1. DBO_5 y DQO

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, para DBO_5, se observa una tendencia a disminuir hasta alcanzar valores alrededor de 5.00 mg O_2/L en el tramo final. En el caso de la DQO, se puede apreciar un comportamiento similar, con tendencia a disminuir en la parte final del tramo. Esta situación permite inferir, que los aportes realizados por los tributarios en este tramo no afectan de manera significativa la calidad de la fuente superficial. La concentración promedio de DBO_5 determinado para el tramo V del río Chinchiná fue de 5.03 mg O_2/L con un valor máximo de 11.15 mg O2/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 2.00 mg O_2/L en la estación CHI E24. Por su parte, la concentración promedio determinada para DQO fue de 22.36 mg O_2/L, con un valor máximo de 38.75 mg O_2/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 14.03 mg O_2/L en la estación CHI E23. En la Figura 39 se muestra la variación de DBO_5 y DQO en el río Chinchiná para el tramo V.



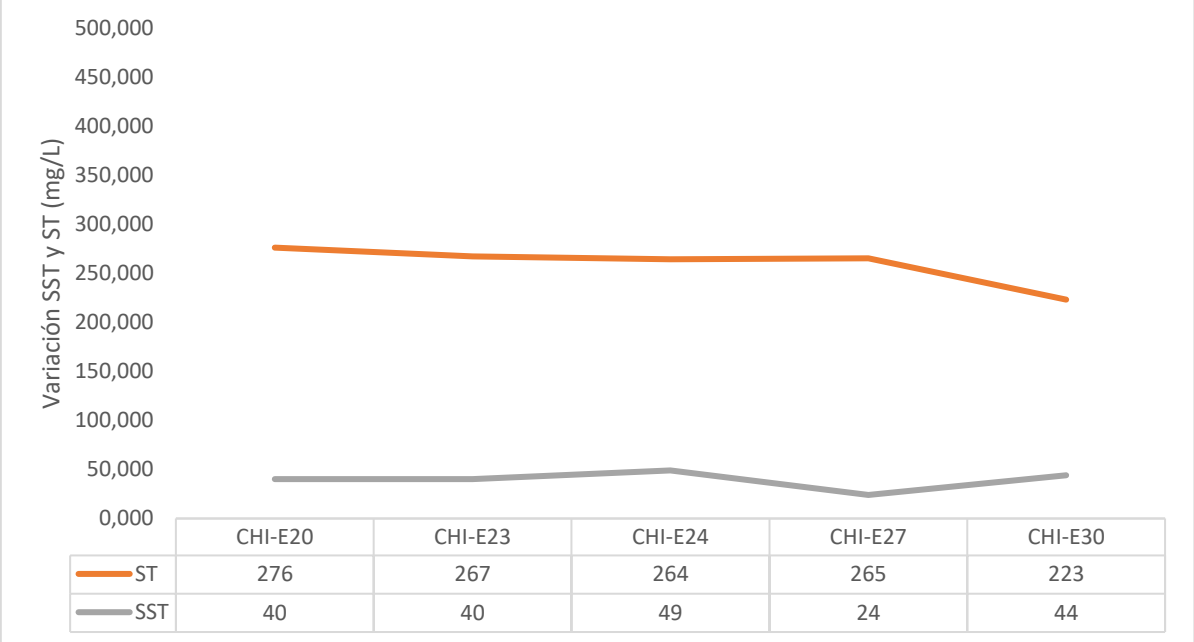
	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
DBO5	11,15	5	2	3	4
DQO	38,75	14,03	24	15	20
OD	7,67	7,12	7,85	7,91	7,72

Figura 39 Variación concentración de DBO5 y DQO río Chinchiná Tramo V.

5.7.2. SST y ST

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, ambos parámetros presentan un comportamiento casi constante en términos de concentración. Lo anterior, permite inferir que los aportes realizados por los diferentes tributarios no representan una afectación en términos de calidad para el tramo en cuestión. La concentración promedio de SST determinado para el tramo V del río Chinchiná fue 39.40 mg/L con un valor máximo de 49 mg/L en la estación CHI E24 y un valor mínimo de 24 mg/L en la estación CHI E27. Por su parte, la concentración promedio determinada para

ST fue de 259 mg/L, con un valor máximo de 276 mg/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 223 mg/L en la estación CHI E30. En la Figura 40 se muestra la variación de SST y ST en el río Chinchiná para el tramo V.



	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
ST	276	267	264	265	223
SST	40	40	49	24	44

Figura 40 Variación concentración de SST y ST río Chinchiná Tramo V.

5.7.3. Color real y turbiedad

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, se aprecia un comportamiento variable con tendencia a aumentar hasta el final del tramo, se asocia esta situación al aporte de escorrentía desde las laderas o tributarios como CHI T42 que tienen este impacto sobre la calidad de la fuente superficial. La concentración promedio determinada de Color real fue de 22 U Pt-Co, con un valor máximo de 28.8 U Pt-Co en la estación CHI E30 y un valor mínimo de 16.6 U Pt-Co en la estación CHI E27. Por su parte, la concentración promedio determinada para Turbiedad fue de 16.09 UNT, con un valor máximo de 27.89 UNT en la estación CHI E30 y un valor mínimo de 3.09 UNT en la estación CHI E20. En la Figura 41 se muestra la variación de Color real y turbiedad en el río Chinchiná para el tramo V.

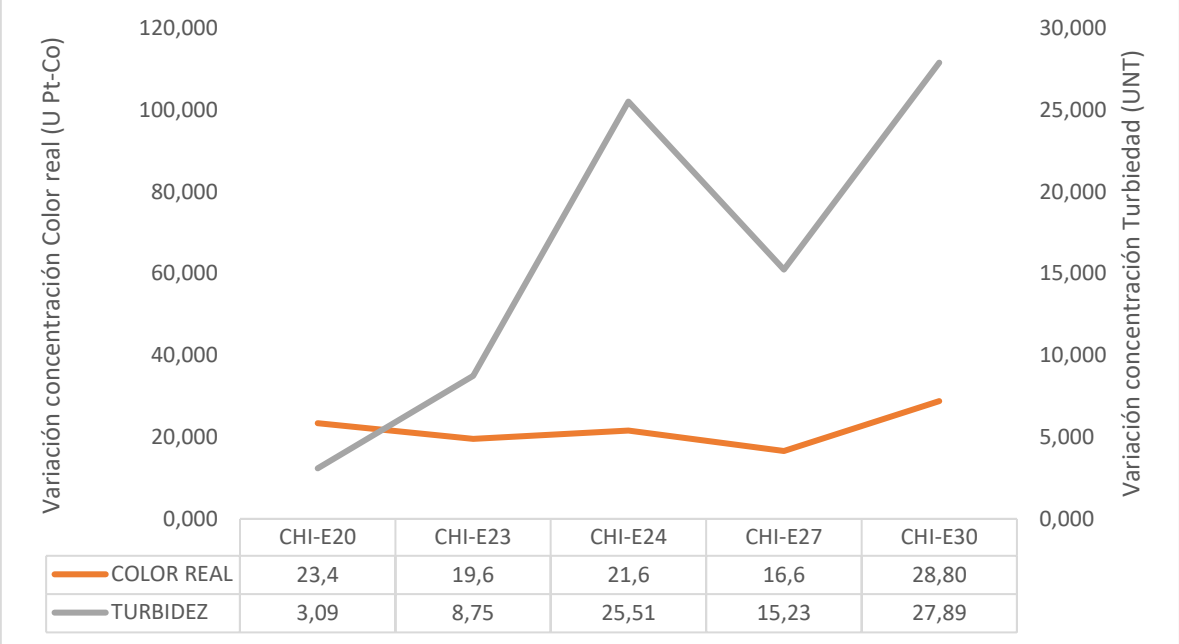
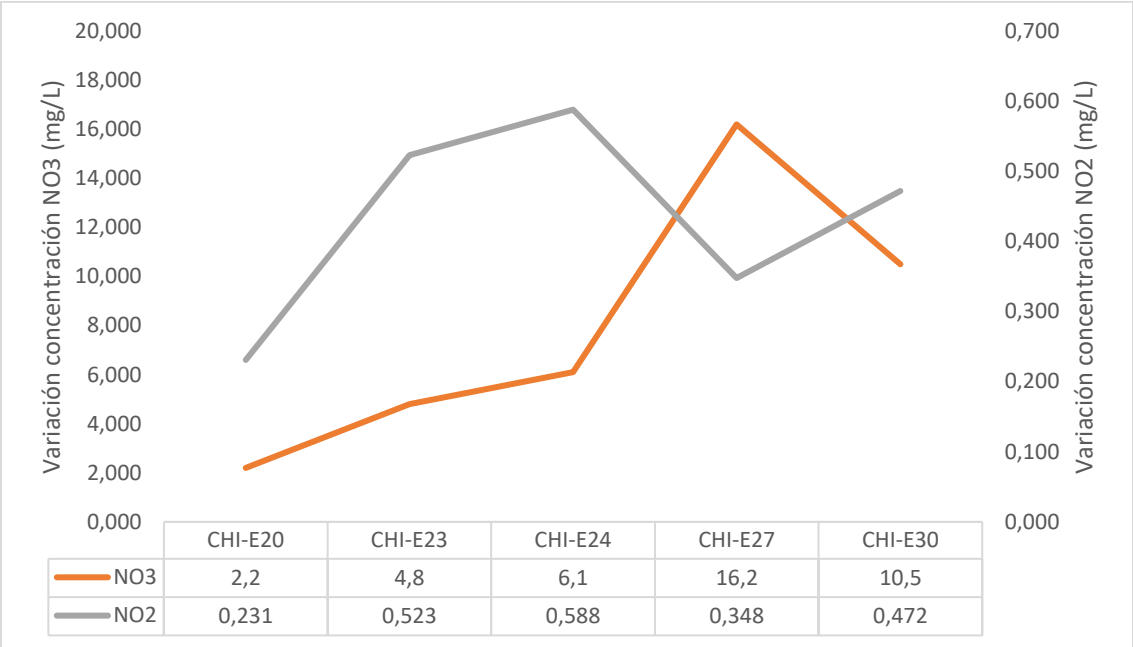


Figura 41 Variación concentración de Color real y Turbiedad río Chinchiná Tramo V.

5.7.4. Nitratos y Nitritos

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E27, se observa un aumento en la concentración de nitratos, situación asociada al arrastre por escorrentía de residuos de agroinsumos de actividades agrícolas en la zona. Lo anterior, debido a la ausencia de aportes considerables de aguas residuales por parte de algún tributario. En el caso de los nitritos, se puede apreciar un comportamiento similar hasta la estación CHI E24 (Puente Doménico Parma). Después de recibir el aporte del tributario CHI T49 (Río Guacaíca), la concentración de nitratos disminuye, mientras que los nitritos aumentan. La concentración promedio determinada de Nitratos fue de 7.96 mg/L con un valor máximo de 16.2 mg/L en la estación CHI E27 y un valor mínimo de 2.2 mg/L en la estación CHI E20. Por su parte, la concentración promedio determinada para Nitritos fue de 0.43 mg/L, con un valor máximo de 0.588 mg/L en la estación CHI E27 y un valor mínimo de 0.231 mg/L en la estación CHI E20. En la Figura 42 se muestra la variación de Nitratos y Nitritos en el río Chinchiná para el tramo V.

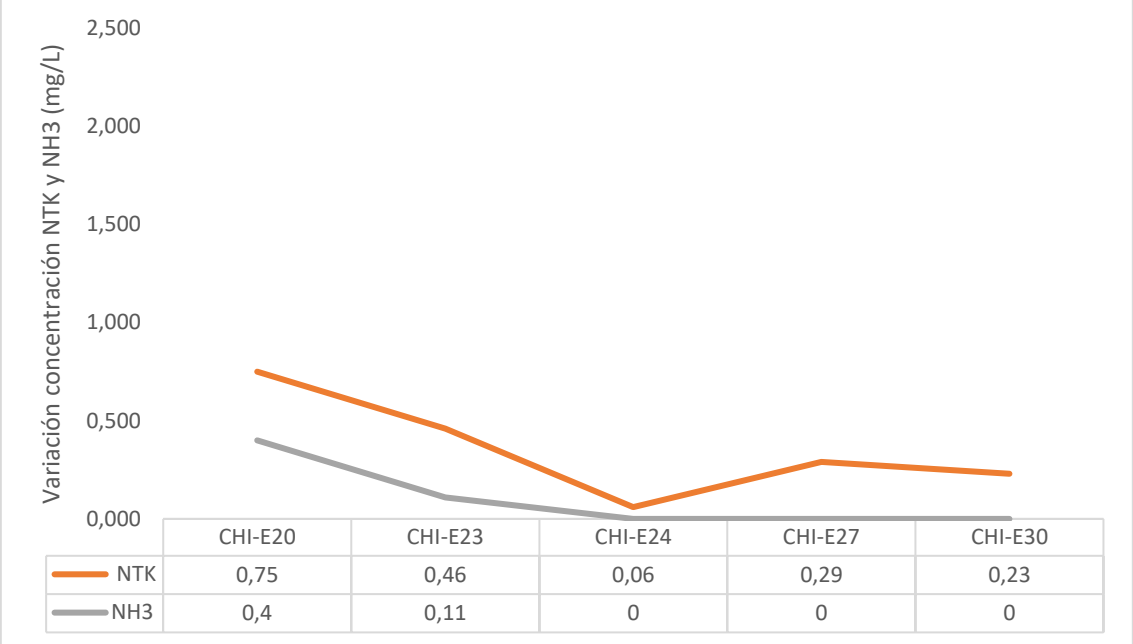


	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
NO3	2,2	4,8	6,1	16,2	10,5
NO2	0,231	0,523	0,588	0,348	0,472

Figura 42 Variación concentración de Nitratos y Nitritos río Chinchiná Tramo V.

5.7.5. Nitrógeno kjeldahl y amoniacal

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, se aprecia una tendencia a disminuir la concentración en ambos parámetros. Lo anterior, se asocia a la ausencia de fuentes relevantes que aporten aguas residuales, así como una posible asimilación por parte de la fuente superficial en este tramo, sumado al aporte de importantes tributarios como el CHI T49 (Río Guacaica) que incorpora un caudal considerable al río Chinchina. La concentración promedio determinada de NTK fue de 0.36 mg/L con un valor máximo de 0.75 mg/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo 0.06 mg/L en la estación CHI E24. Por su parte, la concentración promedio determinada para NH_3 fue de 0.26 mg/L, con un valor máximo de 0.11 mg/L en la estación CHI E23 y un valor mínimo por debajo del LCM en las estaciones CHI E24, CHI E27 y CHI E30. En la Figura 43 se muestra la variación de NTK y NH_3 en el río Chinchiná para el tramo V.



	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
NTK	0,75	0,46	0,06	0,29	0,23
NH3	0,4	0,11	0	0	0

Figura 43 Variación concentración de NTK y NH_3 río Chinchiná Tramo V.

5.7.6. Fósforo total y soluble

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, ambos parámetros presentan un comportamiento constante de bajas concentraciones y no se evidencia aportes difusos o afectación desde los tributarios que descargan en este tramo. La concentración promedio determinada de fósforo total fue de 0.358 mg/L con un valor máximo de 0.400 mg/L en la estación CHI E30 y un valor mínimo de 0.33 mg/L en las estaciones CHI E20 y CHI E27. Por su parte, la concentración promedio determinada para fósforo soluble fue de 0.228 mg/L, con un valor máximo de 0.350 mg/L en la estación CHI E30 y un valor mínimo de 0.13 mg/L en la estación CHI E20. En la Figura 44 se muestra la variación de fósforo total y soluble en el río Chinchiná para el tramo V.

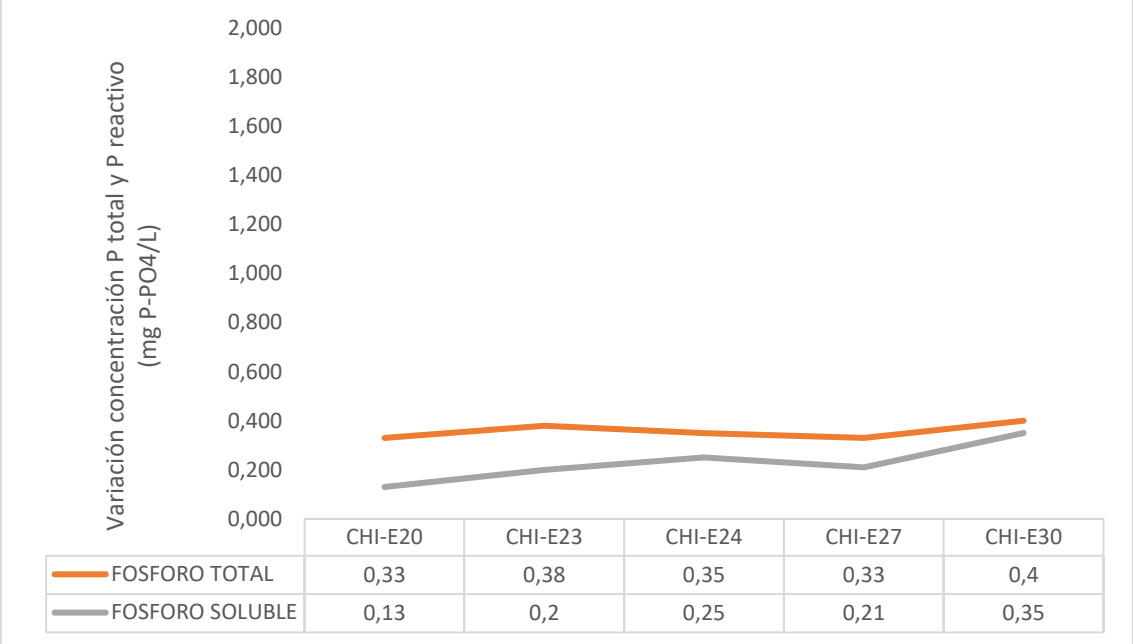


Figura 44 Variación concentración de Fósforo total y soluble río Chinchiná Tramo V.

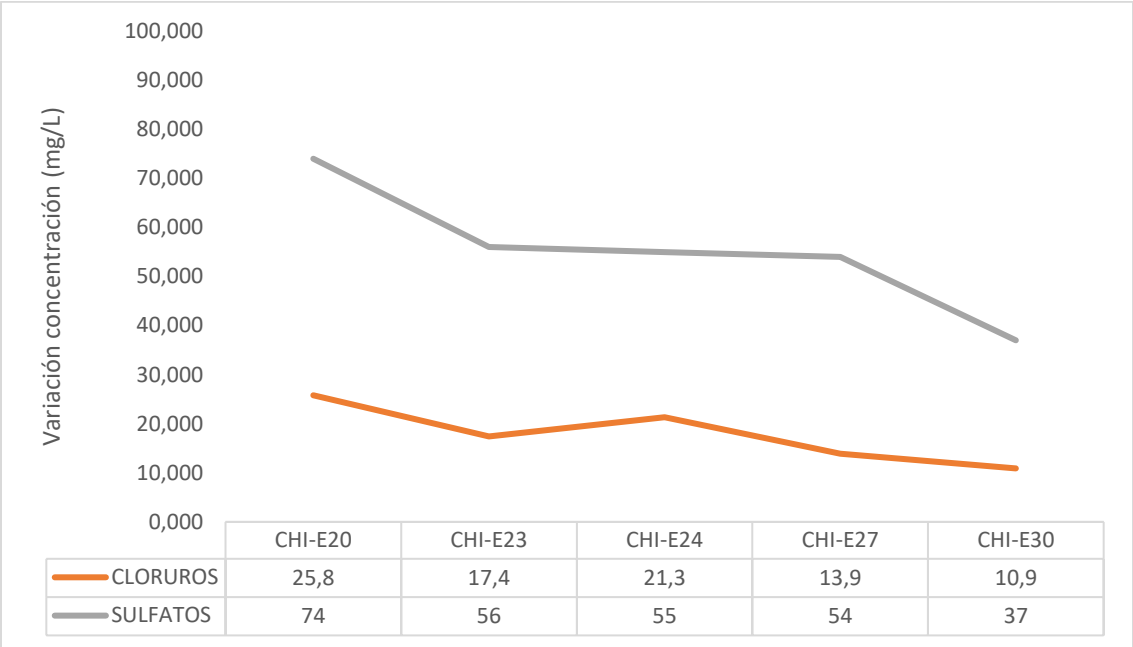
5.7.7. Grasas & Aceites y Detergentes

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E23, ambos parámetros muestran una disminución en su concentración, sin embargo, a partir de este punto y hasta la estación CHI E30, se aprecia una tendencia a aumentar. A pesar de este aumento, no se identifican grandes fuentes aportantes para estos parámetros entre los distintos tributarios, conllevando esta situación a pensar en aportes difusos que se puedan realizar en este tramo. La concentración promedio determinada de G&A fue de 7.60 mg/L con un valor máximo de 14 mg/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 2 mg/L en la estación CHI E23. Por su parte, la concentración promedio determinada para SAAM fue de 0.11 mg/L, con un valor máximo de 0.20 mg/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 0.05 mg/L en las estaciones CHI E23 y CHI E27. En la Figura 45 se muestra la variación de G&A y SAAM en el río Chinchiná para el tramo V.

Figura 45 Variación concentración de Grasas & Aceites y Tensoactivos (SAAM) río Chinchiná Tramo V.

5.7.8. Cloruros y Sulfatos

Entre la estación CHI E20 y CHI E30, es posible observar la tendencia a disminuir la concentración de ambos parámetros. Se podría establecer la ausencia de fuentes difusas, ningún aporte significativo por parte de los tributarios, dilución y autodepuración de la fuente superficial en este tramo. La concentración promedio determinada de Cloruros fue de 17.86 mg/L con un valor máximo de 25.8 mg/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 10.9 mg/L en la estación CHI E30. Por su parte, la concentración promedio determinada para Sulfatos fue de 55.20 mg/L, con un valor máximo de 74 mg/L en la estación CHI E20 y un valor mínimo de 37 mg/L en la estación CHI E30. En la Figura 46 se muestra la variación de Cloruros y Sulfatos en el río Chinchiná para el tramo V.



	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
CLORUROS	25,8	17,4	21,3	13,9	10,9
SULFATOS	74	56	55	54	37

Figura 46 Variación concentración de Cloruros y Sulfatos río Chinchiná Tramo V.

5.7.9. Alcalinidad y Dureza total

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, la concentración determinada para ambos parámetros presenta un comportamiento muy estable, lo que indica la capacidad de amortiguamiento que posee este tramo de la fuente superficial, así como la calidad del aporte realizado por los distintos tributarios, que, si bien algunos son receptores de aguas residuales domésticas, su afectación sobre la fuente superficial es inexistente. La concentración promedio determinada de Alcalinidad total fue de 64.24 mg $CaCO_3$/L con un valor máximo de 74.4 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E30 y un valor mínimo de 58.6 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E24. Por su parte, la concentración promedio determinada para Dureza total fue de 100.2 mg $CaCO_3$/L, con un valor máximo de 114 mg/L en la estación CHI E27 y un valor mínimo de 90 mg $CaCO_3$/L en la estación CHI E30. En la Figura 47 se muestra la variación de Alcalinidad y Dureza total en el río Chinchiná para el tramo V.

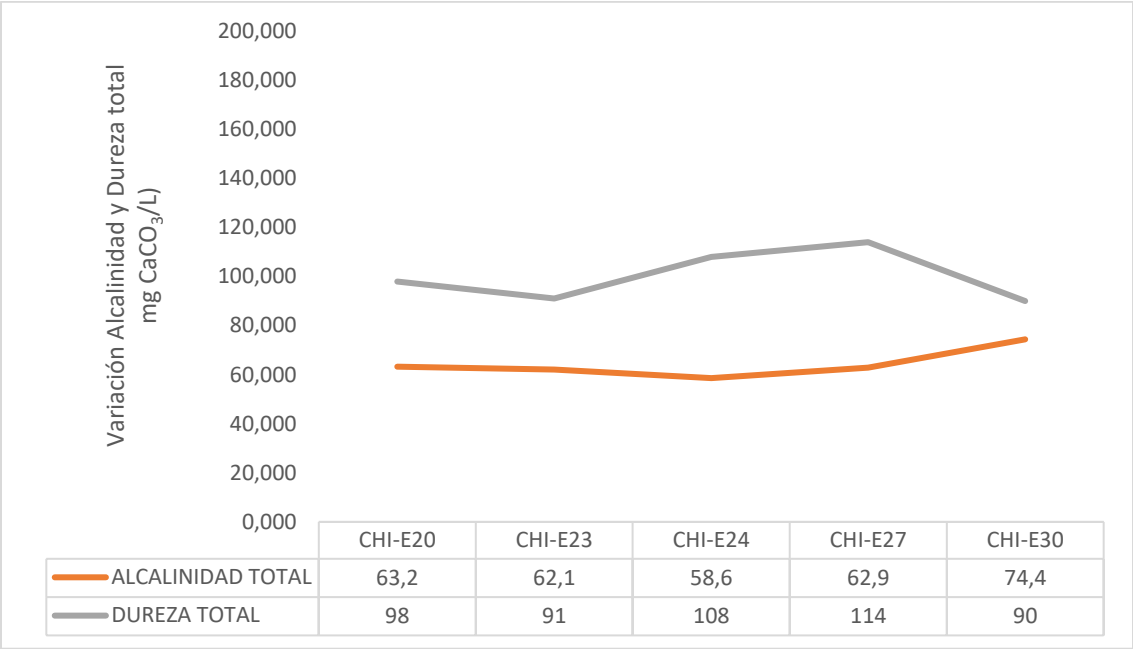
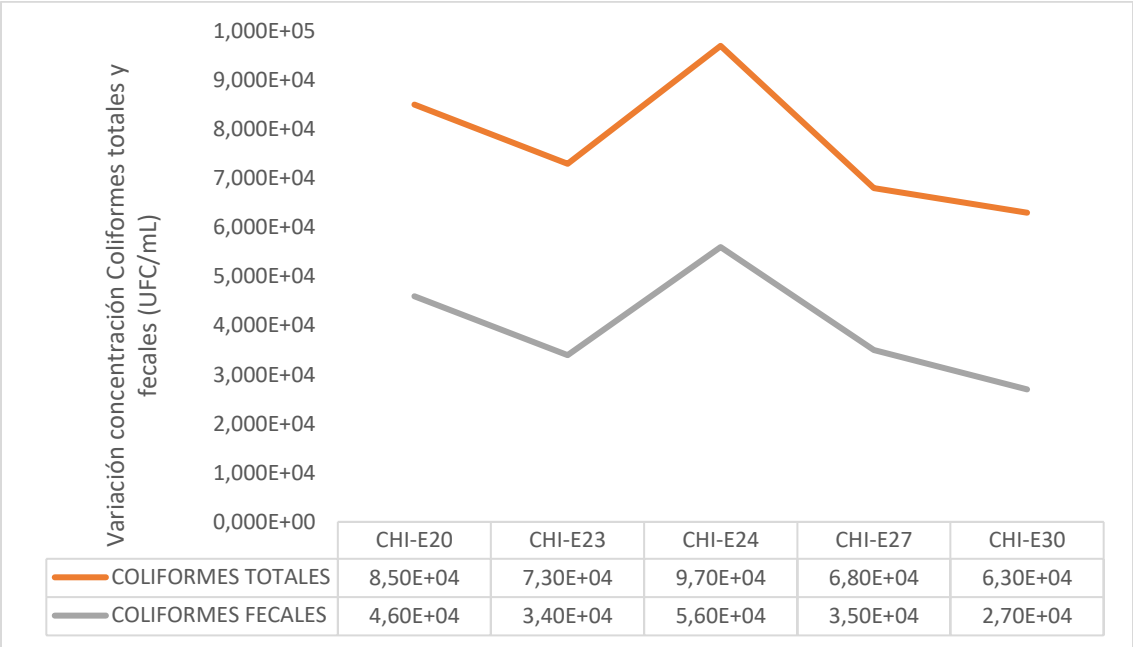


Figura 47 Variación concentración de Alcalinidad y Dureza total río Chinchiná Tramo V.

5.7.10. Coliformes totales y fecales

Entre las estaciones CHI E20 y CHI E30, el comportamiento de ambos parámetros a disminuir, sin embargo y asociado a la descarga del tributario CHI T42 (Descole Chinchiná), se observa el pico máximo de concentración en estos dos parámetros. Una vez recibido el aporte de los demás tributarios y en especial el CHI T49 (Río Guacaica), se evidencia una notoria disminución en la concentración de Coliformes totales y fecales, asociado a procesos de dilución y autodepuración de la fuente superficial. La concentración promedio determinada de Coliformes totales fue de 77200 UFC/100 mL con un valor máximo de $9.70x10^4$ UFC/100 mL en la estación CHI E24 y un valor mínimo de $6.30x10^4$ UFC/100 mL en la estación CHI E30. Por su parte, la concentración promedio determinada Coliformes fecales fue de 39600 UFC/100 mL, con un valor máximo de $5.60x10^4$ UFC/100 mL en la estación CHI E24 y un valor mínimo de $2.70x10^4$ UFC/100 mL en la estación CHI E30. En la Figura 48 se muestra la variación de Coliformes totales y fecales en el río Chinchiná para el tramo V.



	CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
COLIFORMES TOTALES	8,50E+04	7,30E+04	9,70E+04	6,80E+04	6,30E+04
COLIFORMES FECALES	4,60E+04	3,40E+04	5,60E+04	3,50E+04	2,70E+04

Figura 48 Variación concentración de Coliformes totales y fecales río Chinchiná Tramo V

5.7.11. Otros análisis

La concentración de los ensayos Cianuro y Mercurio en la estación CHI E30, se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación.

6. VARIACIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

6.1. Tramos I, II y III

Se realizaron perfiles de calidad para las variables Temperatura del agua, pH, DBO_5, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las estaciones correspondientes a los tramos I, II y III del río Chinchiná. A continuación, se presentan perfiles que permiten observar la distribución de los datos tanto en el tiempo como en el espacio (a lo largo del tramo) y que permite establecer una tendencia en el comportamiento de la variable durante toda la serie histórica analizada que corresponde al período 2004 – 2020.

6.1.1. Estaciones Río Chinchiná

- **Temperatura del agua**

En la Figura 49 se presenta el consolidado de la temperatura del agua para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02,

CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la Figura 49 se puede observar que la distribución de los datos de la temperatura ha sido uniforme para este tramo y que la estación que ha presentado mayor variación corresponde a CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana).

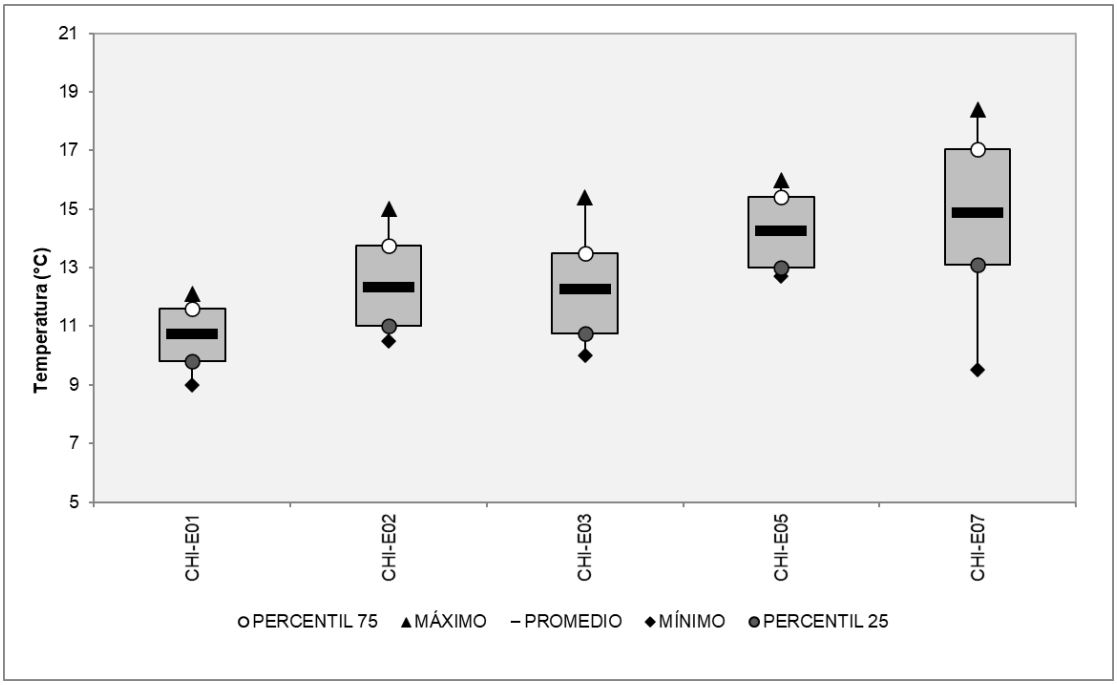


Figura 49. Distribución de datos históricos de la Temperatura del agua, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 50 se presentan los valores mínimos y máximos de temperatura del agua reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, estos valores indican que la variabilidad de la temperatura es mayor conforme en el tránsito longitudinal de la corriente hasta alcanzar una diferencia de 10 °C entre el valor mínimo y el máximo reportado para la estación CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana).

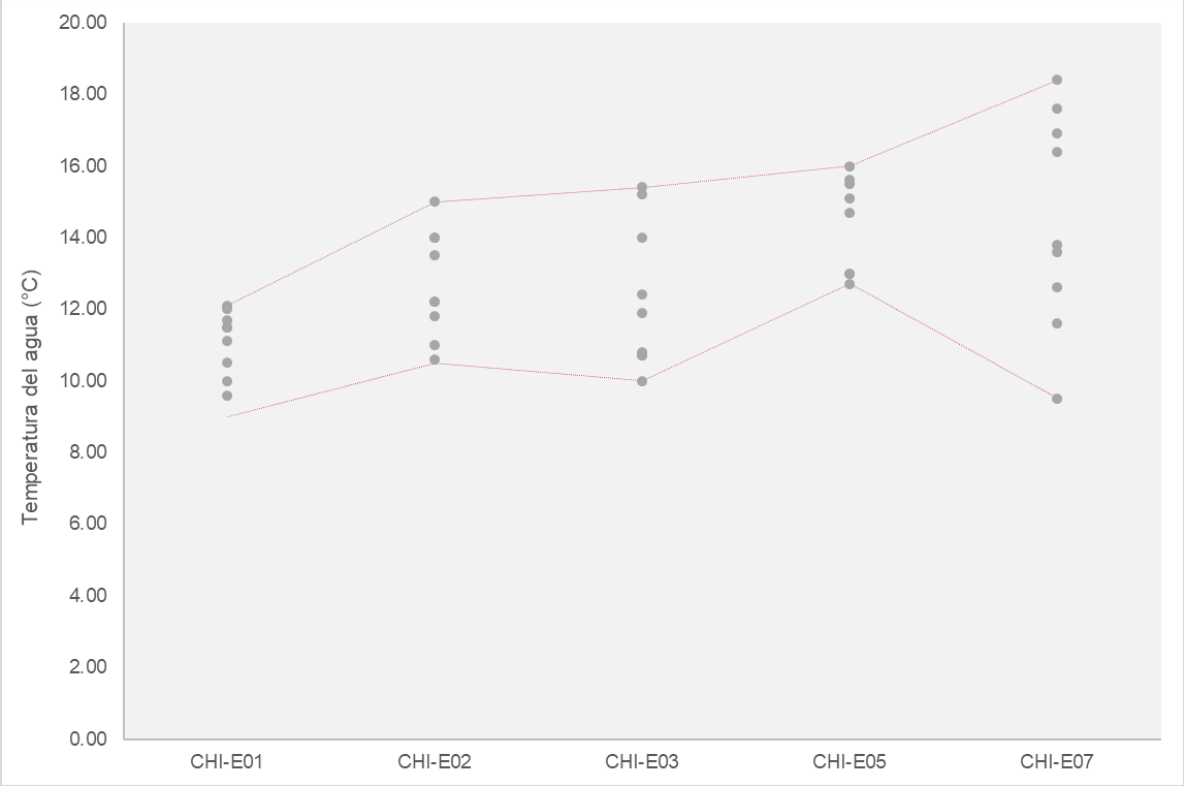
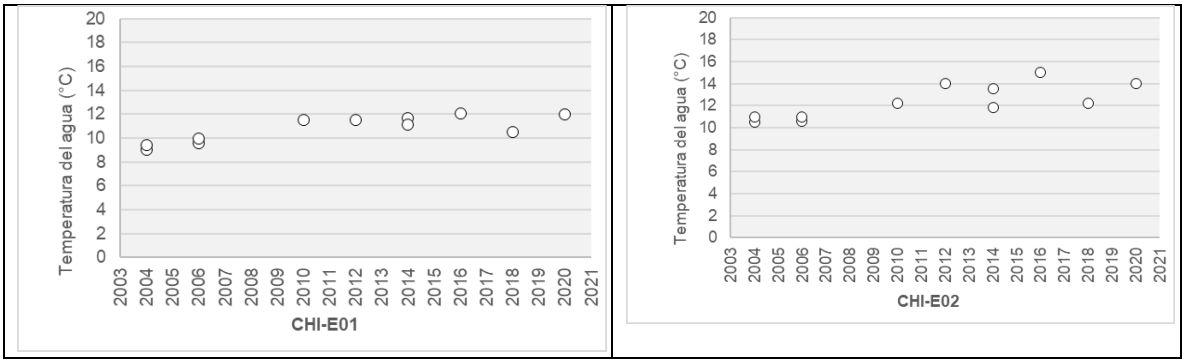


Figura 50. Variación histórica de la Temperatura del agua, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 51 se puede observar el perfil de temperatura del agua detallado para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición, en general, la temperatura se ha mantenido en una tendencia constante a lo largo del tiempo, en la estación CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana) se ha presentado mayor variación en el tiempo con respecto a las otras estaciones, esta variabilidad puede ser ocasionada por la influencia de vertimientos de agua residual doméstica que afectan el balance de temperatura de la corriente y por cambios en la vegetación riparia que generan mayor exposición del espejo de agua a la radiación solar.



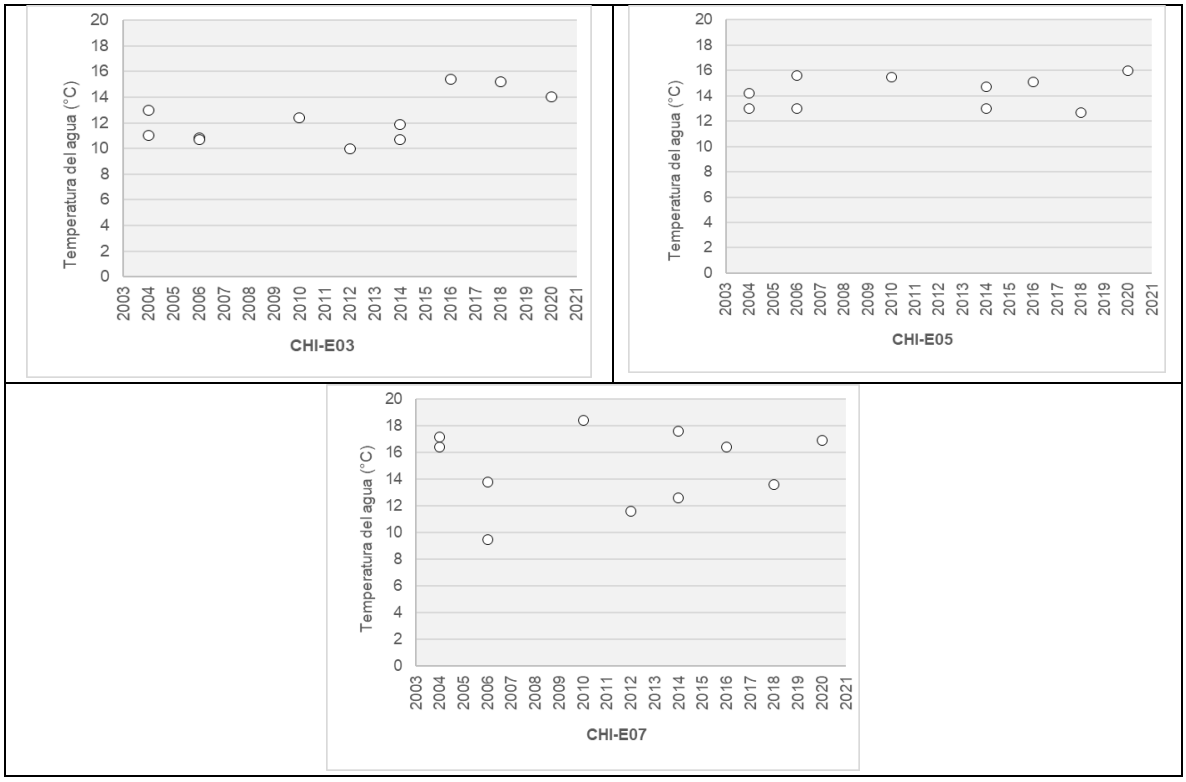


Figura 51. Variación histórica de la Temperatura del agua, Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **pH**

En la Figura 52 se presenta el consolidado del pH para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02, CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la figura se puede observar que la distribución de los datos del pH ha sido uniforme para para las estaciones CHI-E01, CHI-E02 y CHI-E03, sin embargo, en las estaciones CHIE-05 (Después de Quebrada Tolda Fría) y CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana) la variación en los datos ha sido mucho mayor y además los valores reportados se encuentran por debajo de 5 unidades de pH lo que indica que en estas estaciones el pH es ácido.

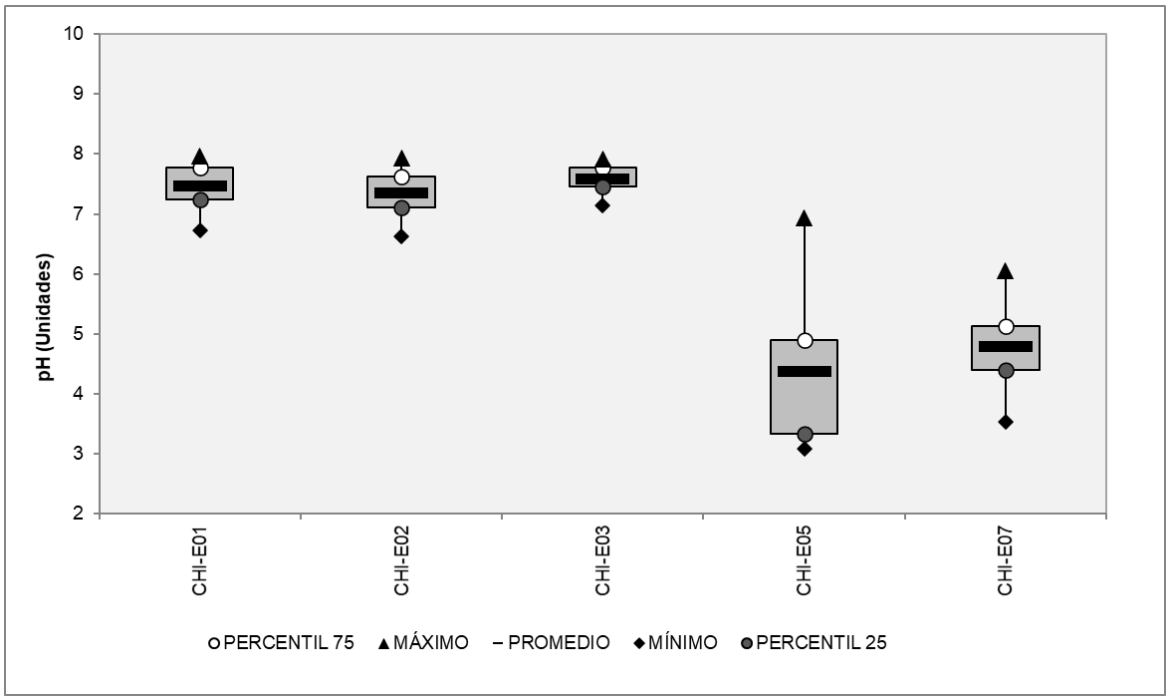


Figura 52. Distribución de datos históricos del pH, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 53 se presentan los valores mínimos y máximos del pH del agua reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, estos valores indican que la variabilidad del pH es mayor y en las estaciones CHIE-05 (Después de Quebrada Tolda Fría) y CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana), en estas estaciones los valores de pH se han reportado entre 3 y 5 unidades.

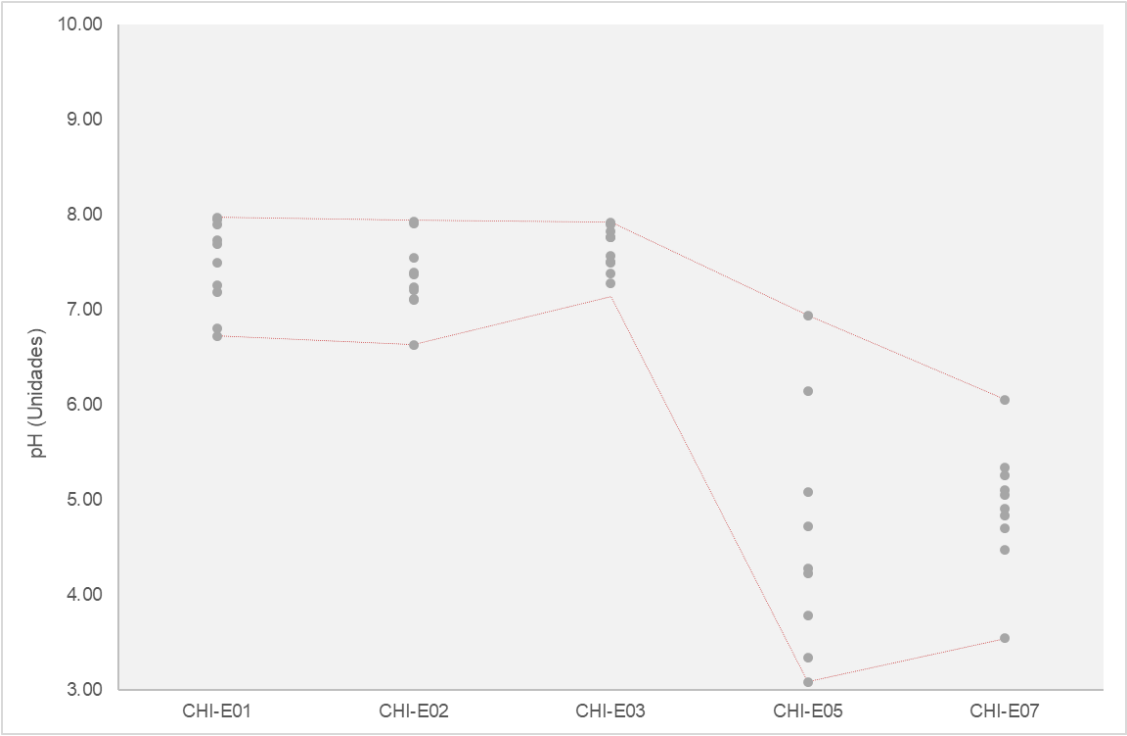
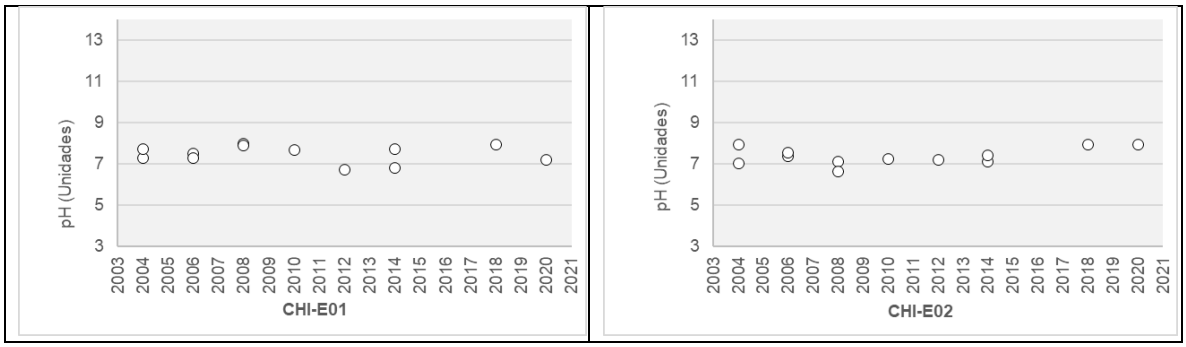


Figura 53. Variación histórica del pH, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 54 se puede observar el perfil de pH del agua detallado para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición, para las estaciones CHI-E01 a CHI-E03 los valores han sido muy estables a lo largo del tiempo y se han encontrado en un rango de pH neutro, entre 6.0 y 8.0 unidades de pH, sin embargo, es evidente una variación del pH a un rango entre 3.0 y 5.0 unidades de pH para las últimas dos estaciones correspondientes a estos tramos.



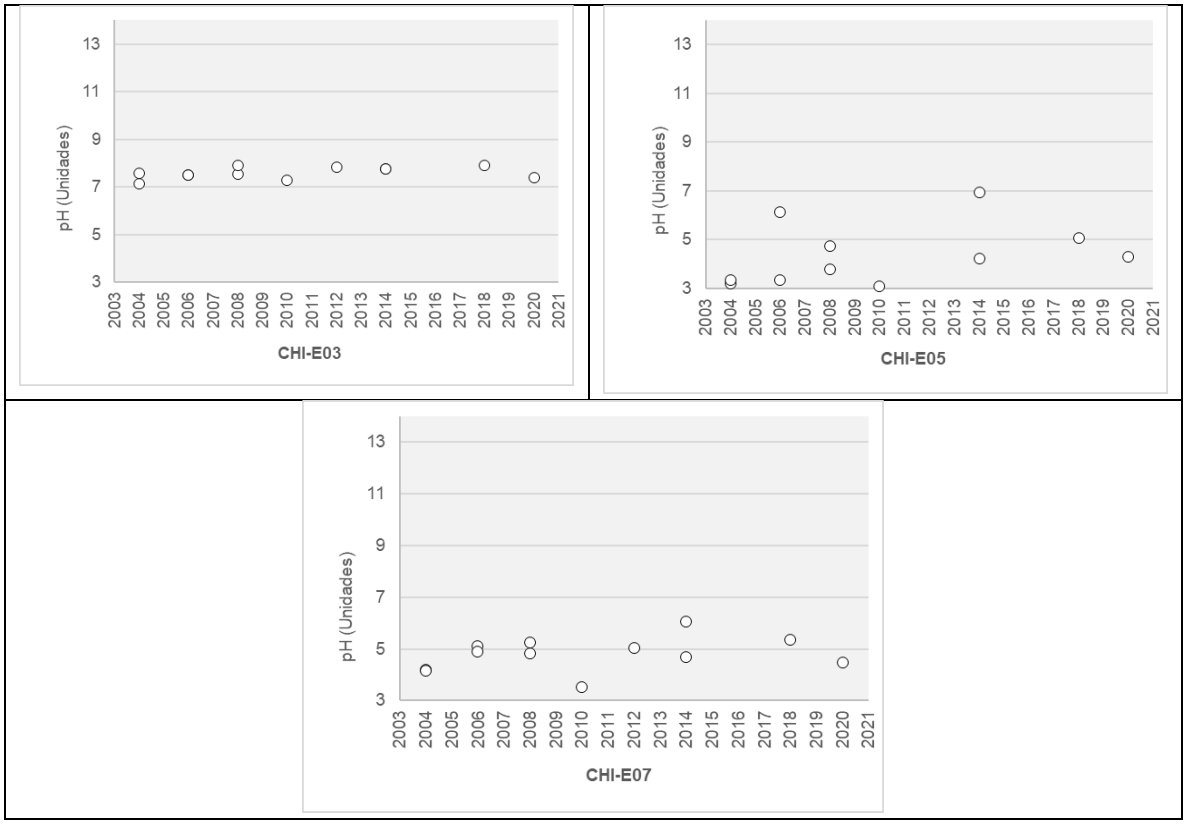


Figura 54. Variación histórica del pH Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)**

En la Figura 55 se presenta el consolidado de la DBO_5 para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02, CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la figura se puede observar que la distribución de los datos del ha sido uniforme con valores que van desde 1.0 hasta 8.0 mg/l, con excepción de un valor extremo en CHI-E01 (Finca La Zulia) de 13.0 mg/l y 10.0 mg/l en CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana).

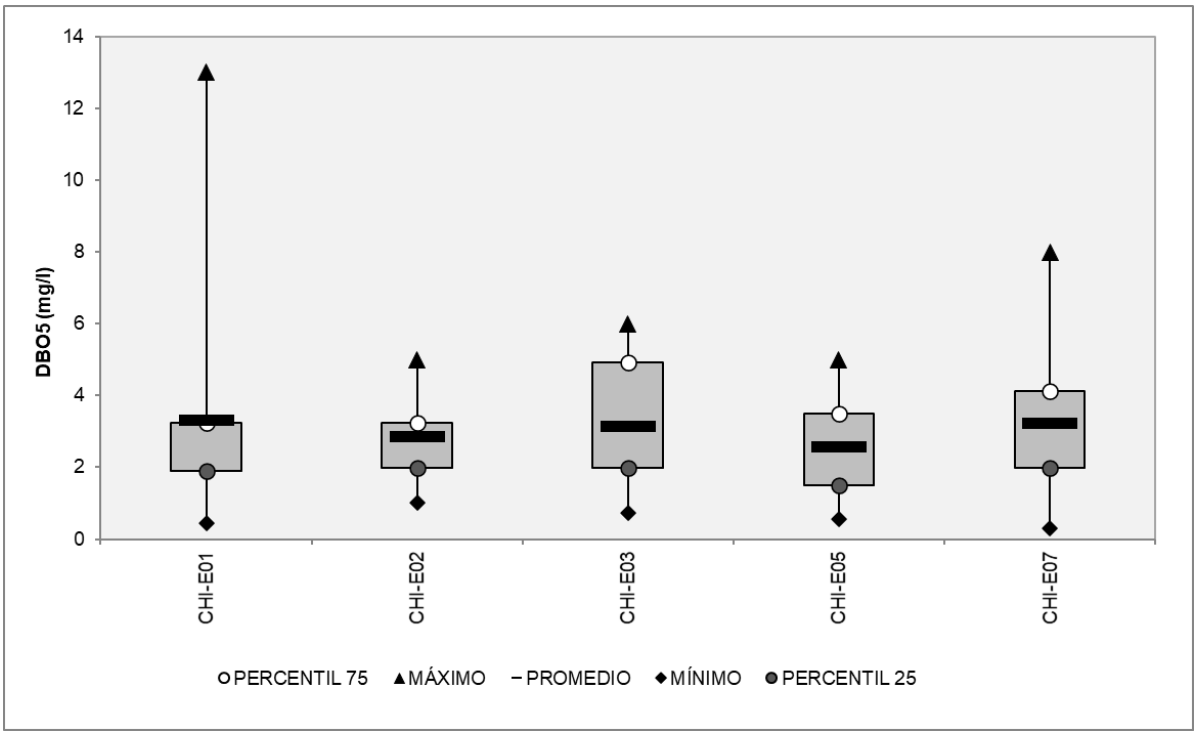


Figura 55. Distribución de datos históricos del DBO_5, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 56 se presentan los valores mínimos y máximos de la DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa una variabilidad en la DBO_5 mayor en la estación CHI-E01 (Finca La Zulia) y CHI-E07. Los valores mayores corresponden a los resultados obtenidos en 2004 y 2006 y van desde 1.0 hasta 14.0 mg/l.

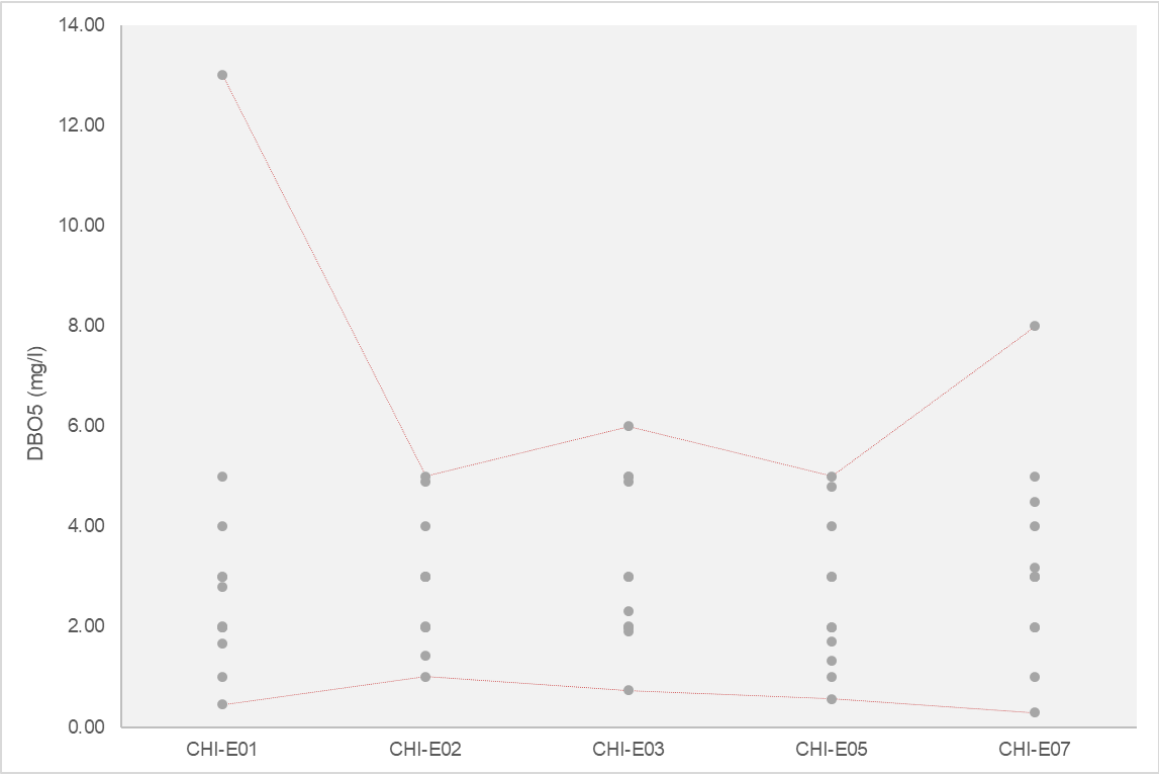
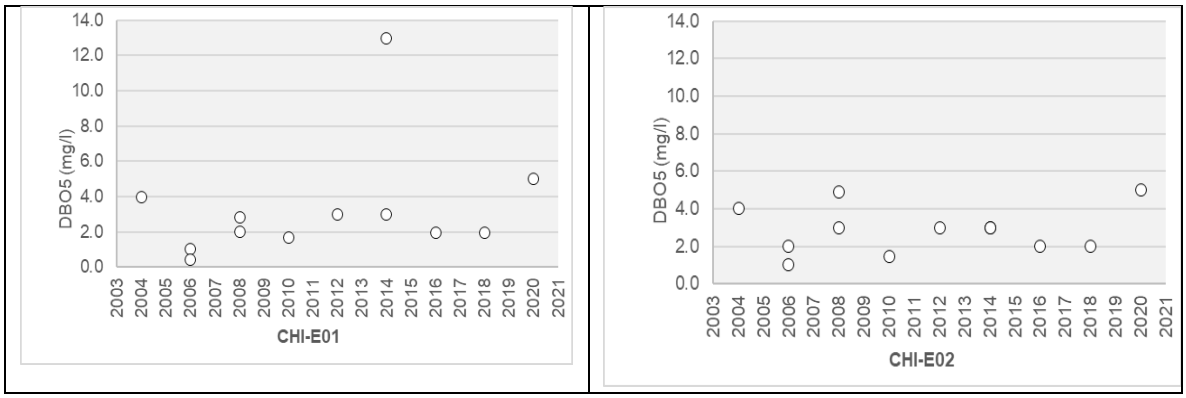


Figura 56. Variación histórica de la DBO_5, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 57 se puede observar el perfil detallado de la DBO_5 para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.



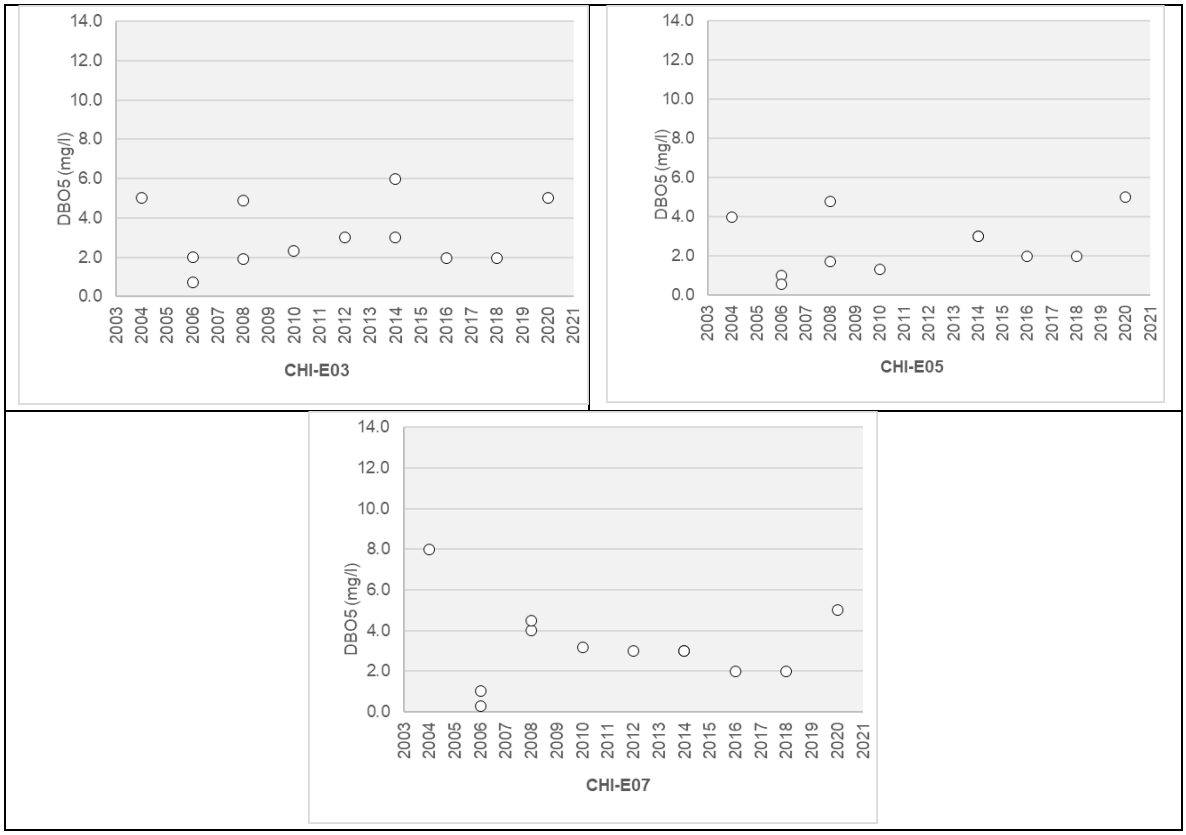


Figura 57. Variación histórica de la DBO_5 Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

En la Figura 58 se presenta el consolidado del oxígeno disuelto para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02, CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la figura se puede observar que la distribución de los datos del ha sido uniforme para todas las estaciones con valores cercanos al oxígeno de saturación.

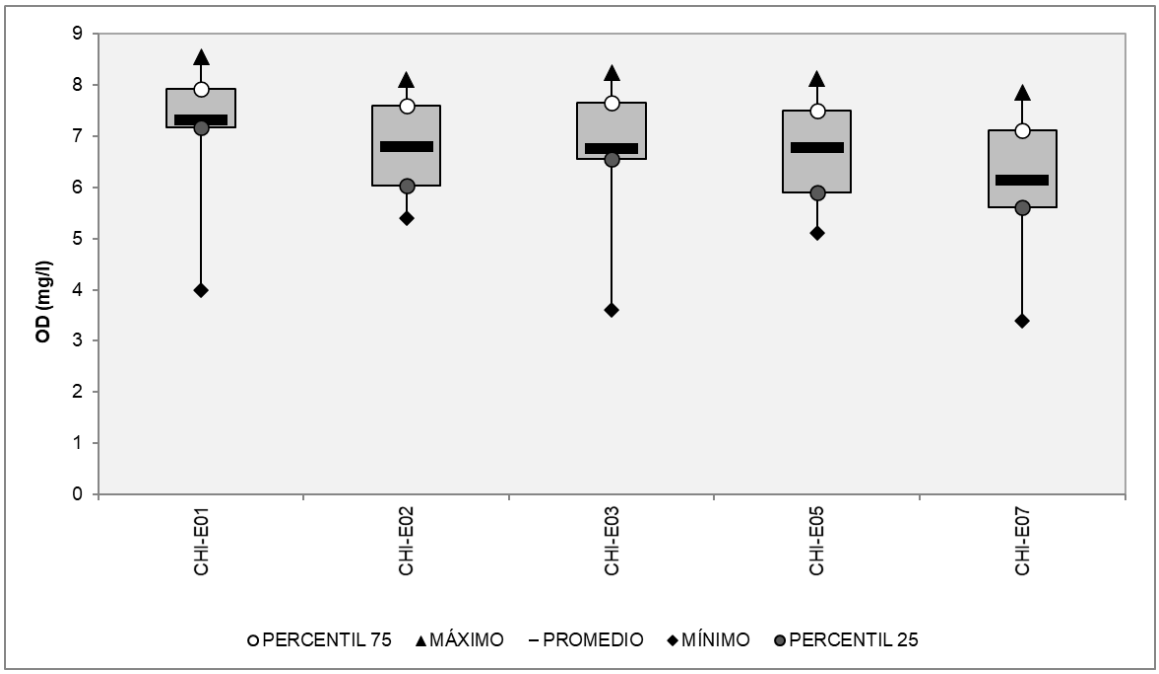


Figura 58. Distribución de datos históricos del OD, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En Figura 59 se presentan los valores mínimos y máximos del oxígeno disuelto reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa una variabilidad en la concentración de oxígeno disuelto entre 4.0 y 8.0 mg /L, la estación que ha presentado los valores más bajos ha sido CHI-E03 (Después Bocatoma Aguas de Manizales), con valores mínimos reportados por debajo de 4.0 mg/L.

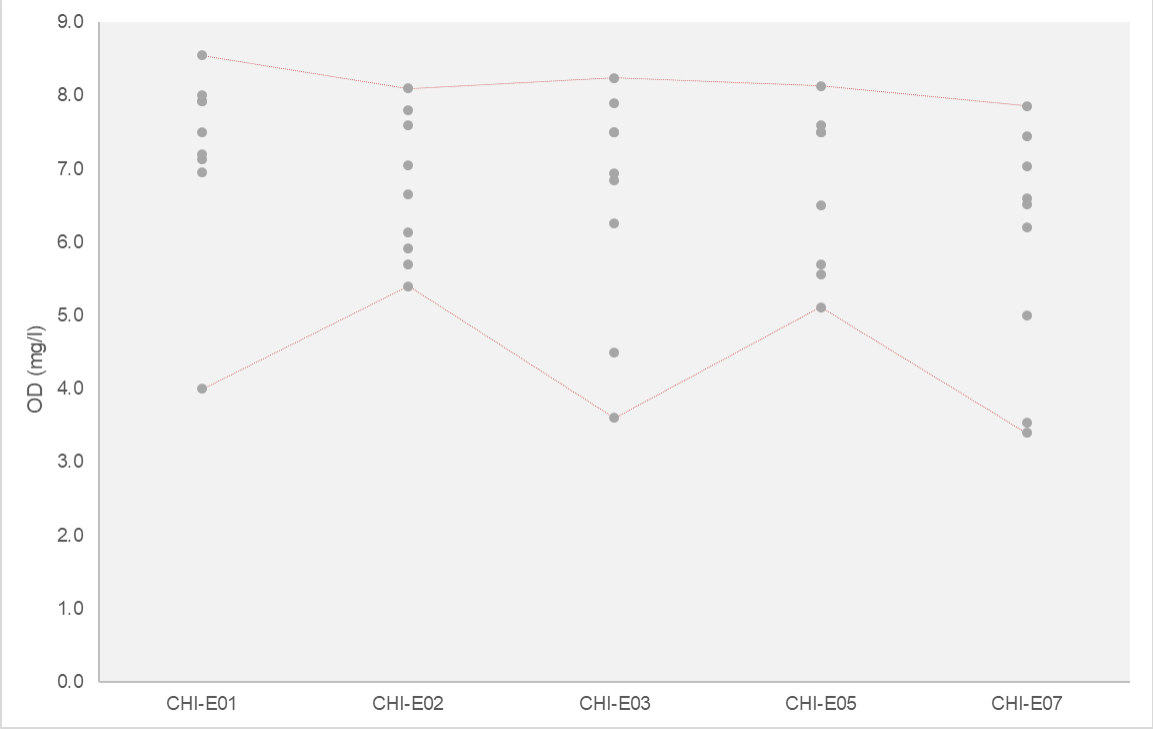
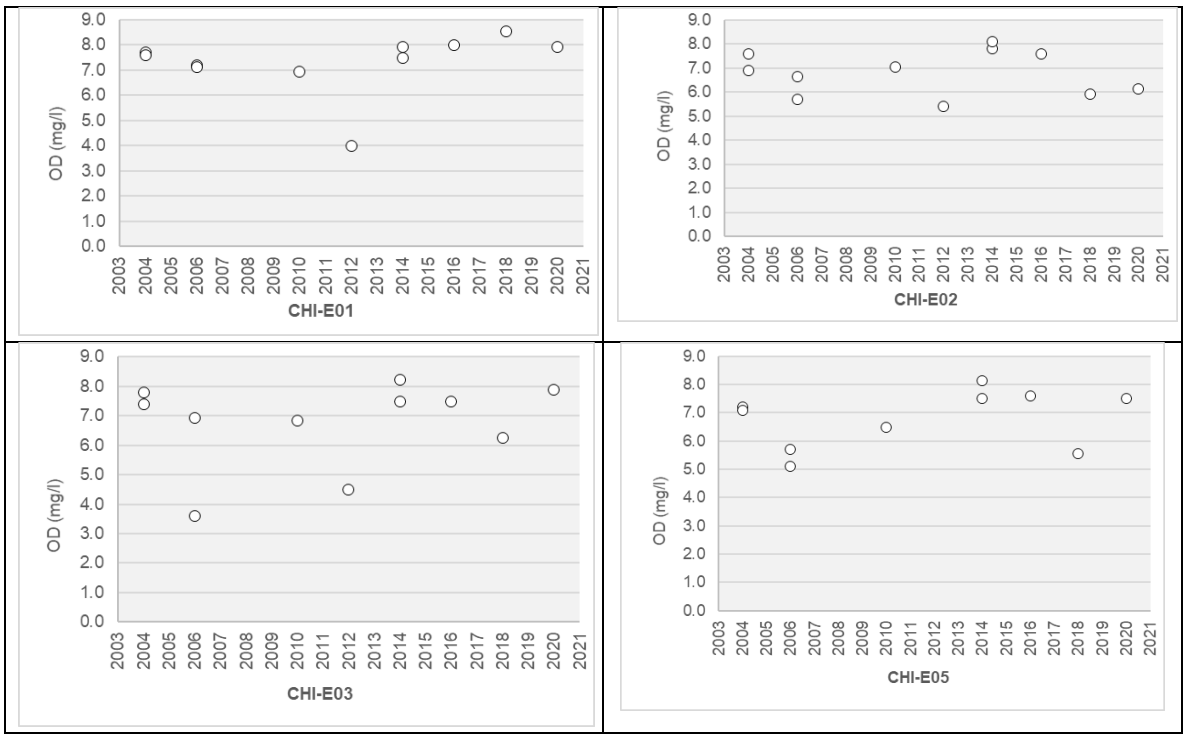


Figura 59. Variación histórica del OD, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 60 se puede observar el perfil detallado del oxígeno disuelto para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición**.**



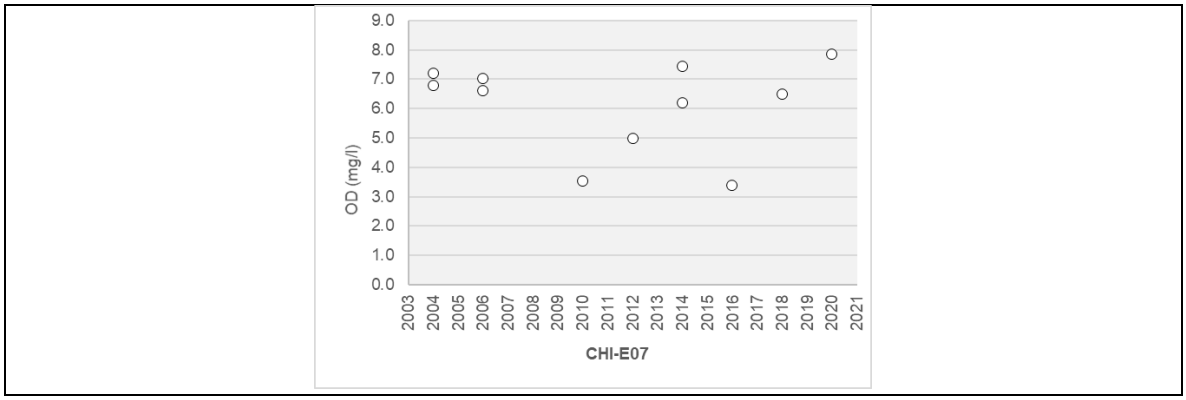


Figura 60. Variación histórica del OD Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

En la Figura 61 se presenta el consolidado de la concentración de SST para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02, CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la figura se puede observar que en las estaciones CHI-E01 (Finca La Zulia) y CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana) han tenido la mayor variabilidad en la concentración de sólidos, donde además se han presentado valores extremos de hasta 200 mg/l, lo cual se considera una elevada concentración de sólidos para los tramos iniciales de la corriente, sin embargo, en general, la mayoría de los datos reportados en toda la serie histórica se encuentran por debajo de los 50 mg/L.

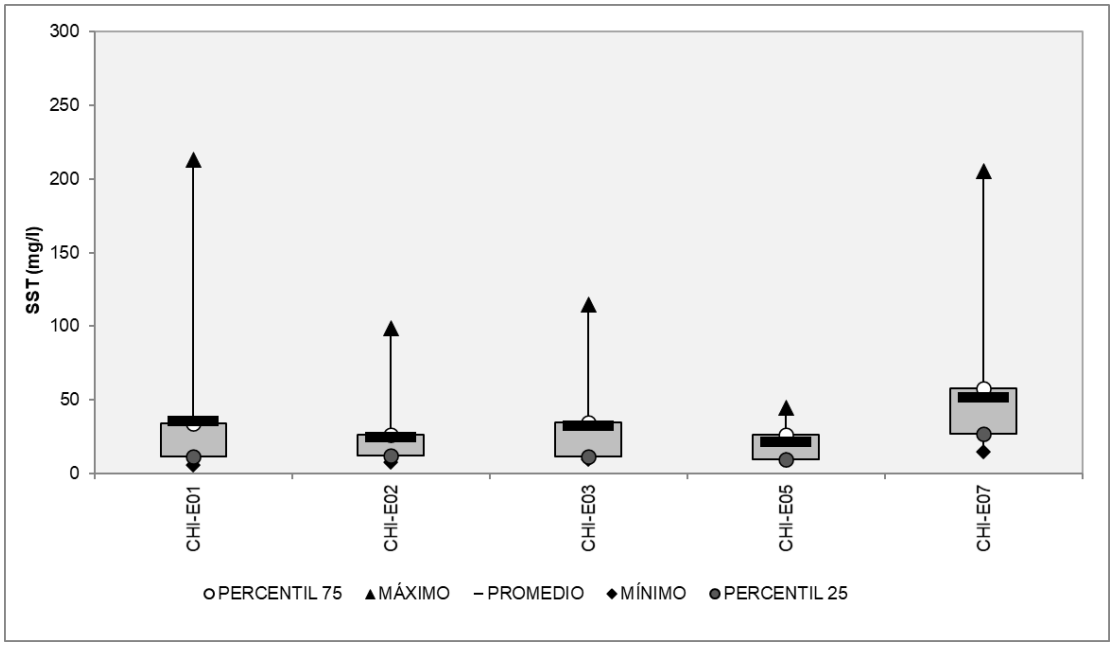


Figura 61. Distribución de datos históricos SST, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En Figura 62 se presentan los valores mínimos y máximos con relación a todos los datos reportados de los SST para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo.

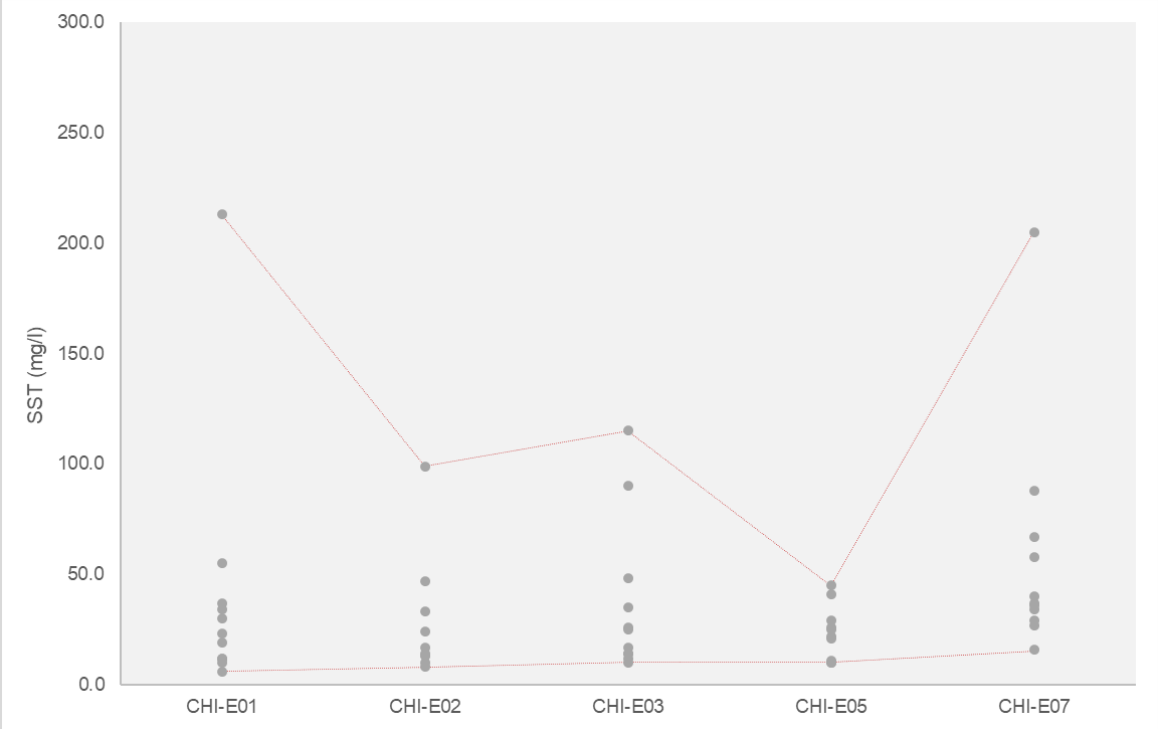
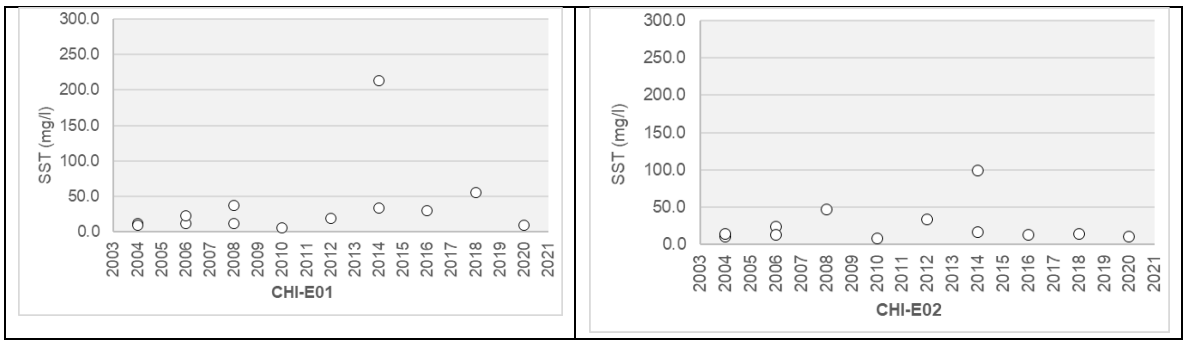


Figura 62. Variación histórica de la SST, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 63 se puede observar el perfil detallado de los SST para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En este es posible que en la estación CHI-E01, el valor atípico de 200 mg/L se presentó en el año 2014 y en la estación CHI-E07 en el año 2008.



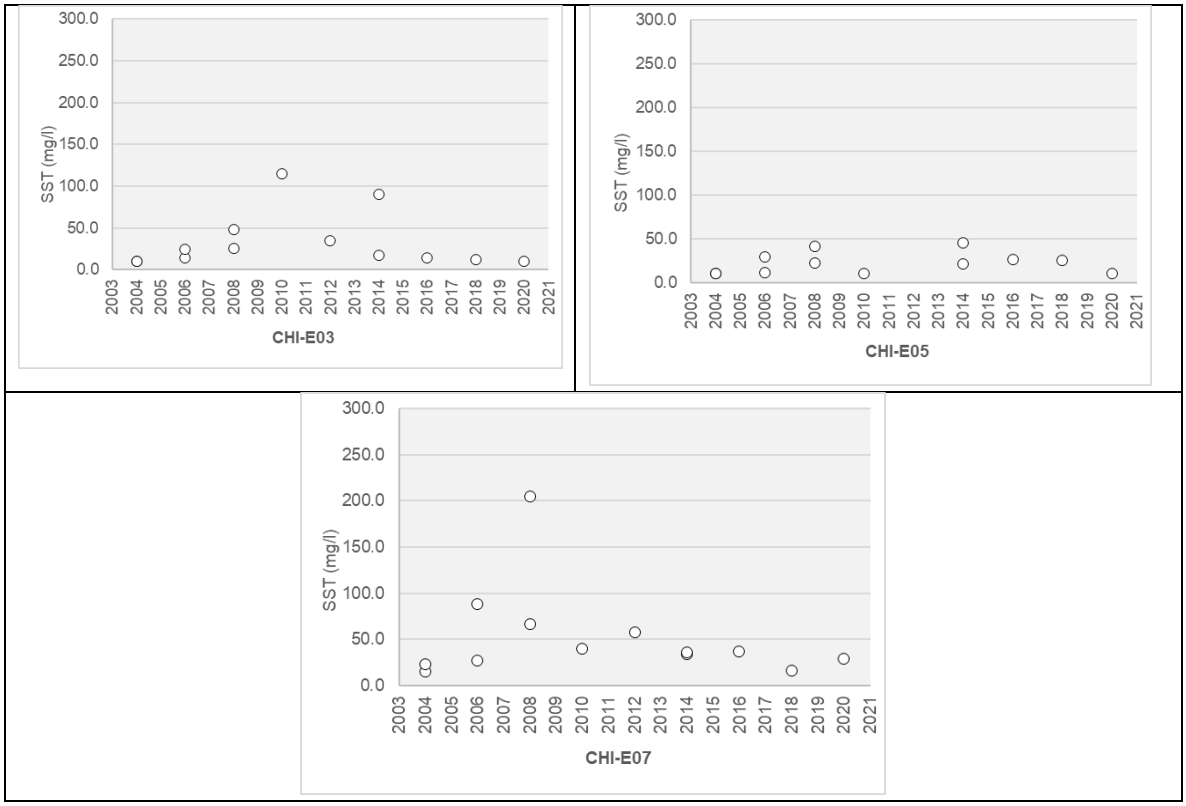


Figura 63. Variación histórica de la SST, Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Coliformes Fecales (CF)**

En la Figura 64 se presenta el consolidado de la variable coliformes fecales para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02, CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la figura se puede observar la variable se ha ubicado en el rango de 1 x 10^3 UFC/100 ml sin embargo, para el caso de CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana), se presenta un valor extremo de 1 x 10^5 UFC/100 ml.

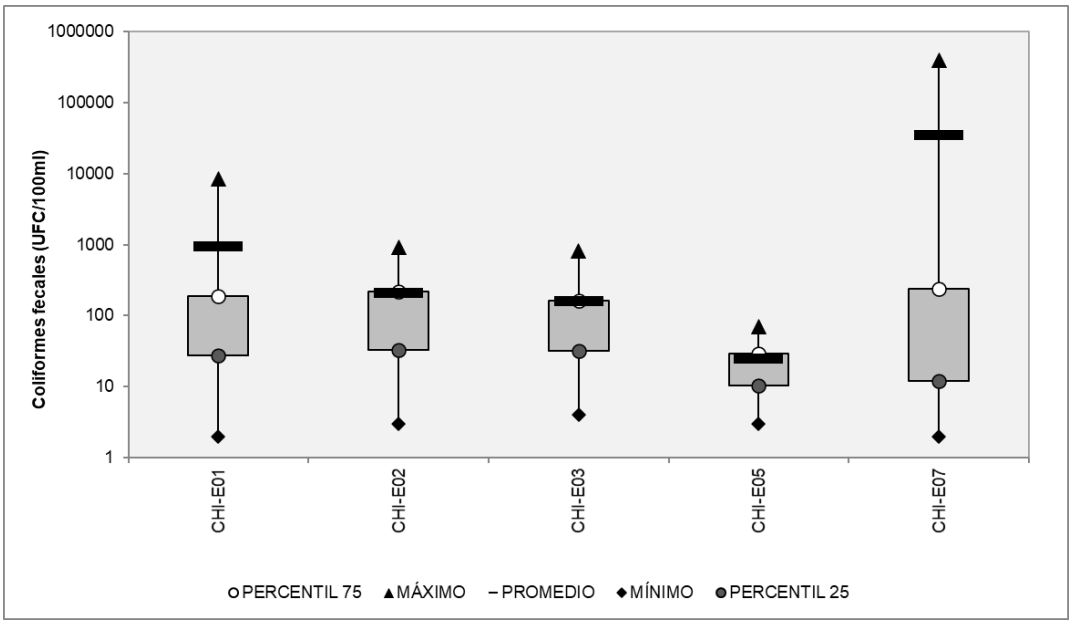


Figura 64. Distribución de datos históricos del Coliformes fecales, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En Figura 65 la se presentan los valores mínimos y máximos de coliformes fecales reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa una variabilidad mayor de los datos reportados para la estación CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana) como influencia de la recepción de vertimientos de aguas residuales a esta altura del tramo.

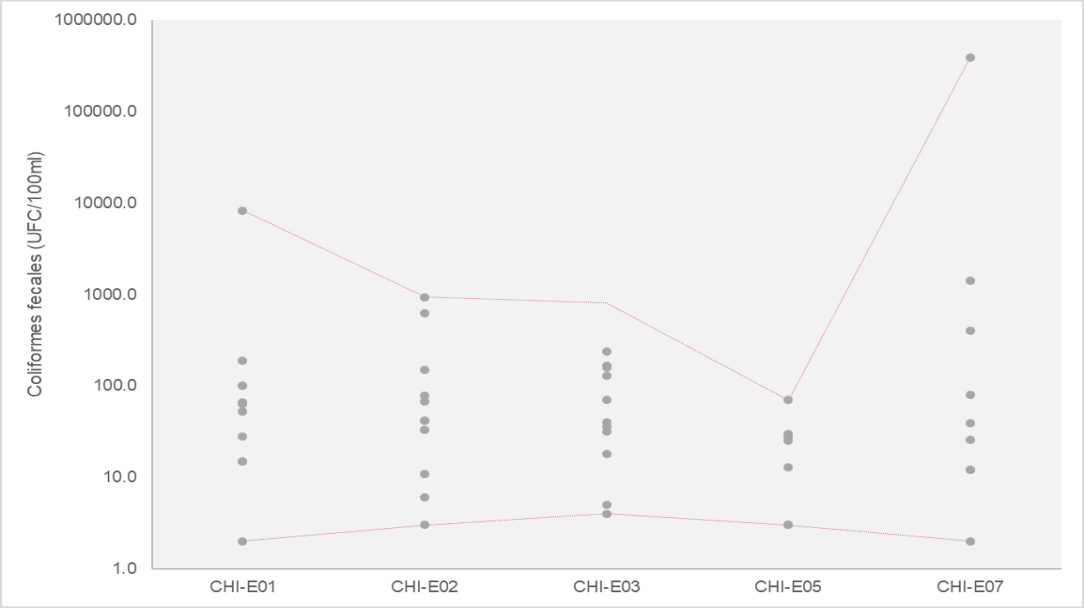


Figura 65. Variación histórica de los Coliformes fecales, Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 66 se puede observar el perfil detallado de los coliformes fecales para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. Se puede observar que el valor máximo presentado ocurrió en la estación CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana) en el año 2006.

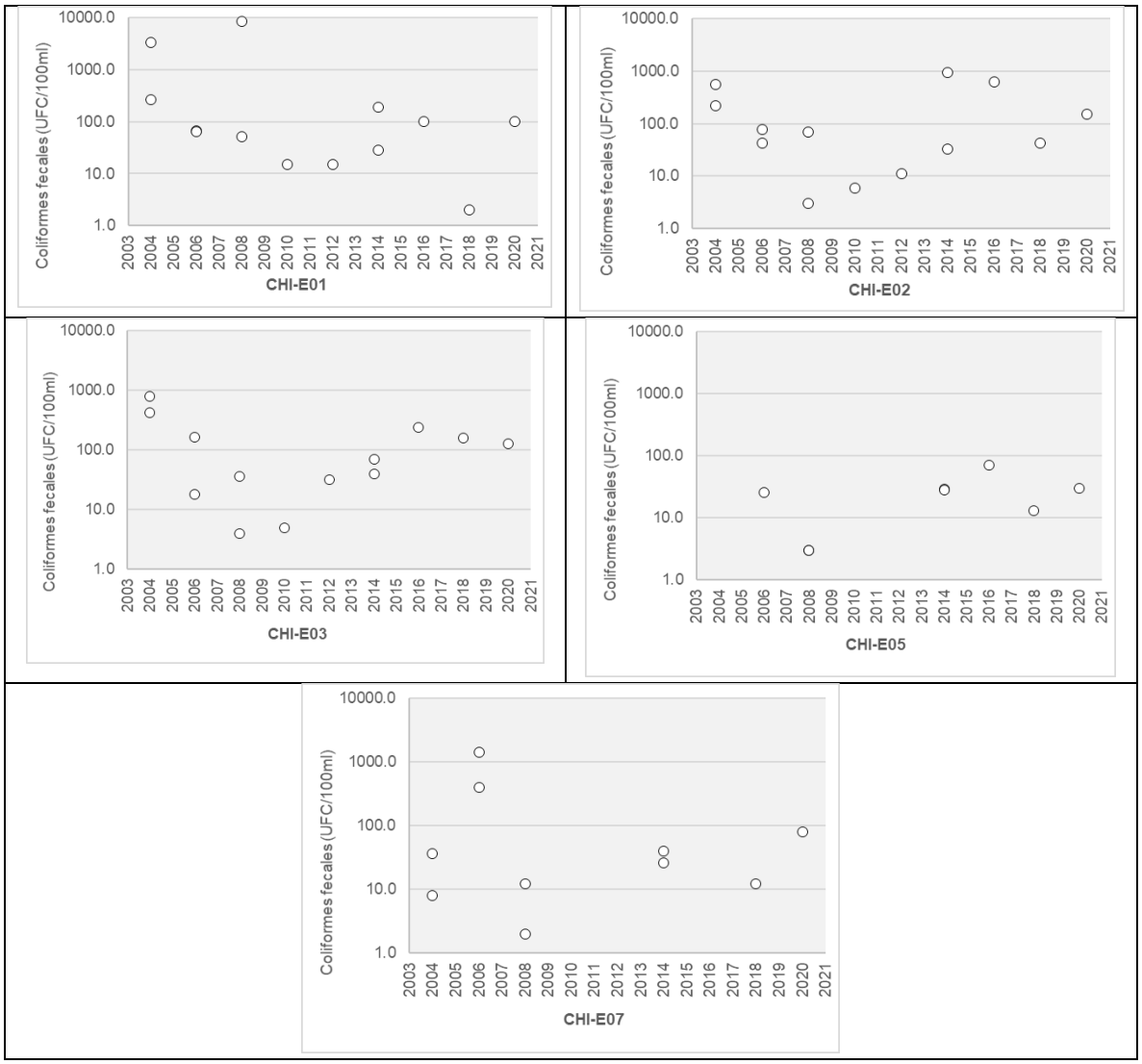


Figura 66. Variación histórica de los Coliformes fecales Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

6.1.2. Tributarios Río Chinchiná

- **Temperatura del agua**

En la Figura 67 se presenta el consolidado de la temperatura del agua para toda la serie histórica analizada en los tributarios de los tramos I, II y III del río Chinchiná

CHI-T01, CHI-T02, CHI-T03, CHI.T04, CHI-T05, CHI-T06, CHI-T07, CHI-T08 y CHI-T09. En la figura se puede observar que la temperatura de agua en los tributarios monitoreados aumenta con el recorrido longitudinal del río Chinchiná. Los tributarios que presentan mayor temperatura y variabilidad en la misma son Quebrada Palmichal (CHI-T08) y Quebrada Chupaderos (CHI-T09).

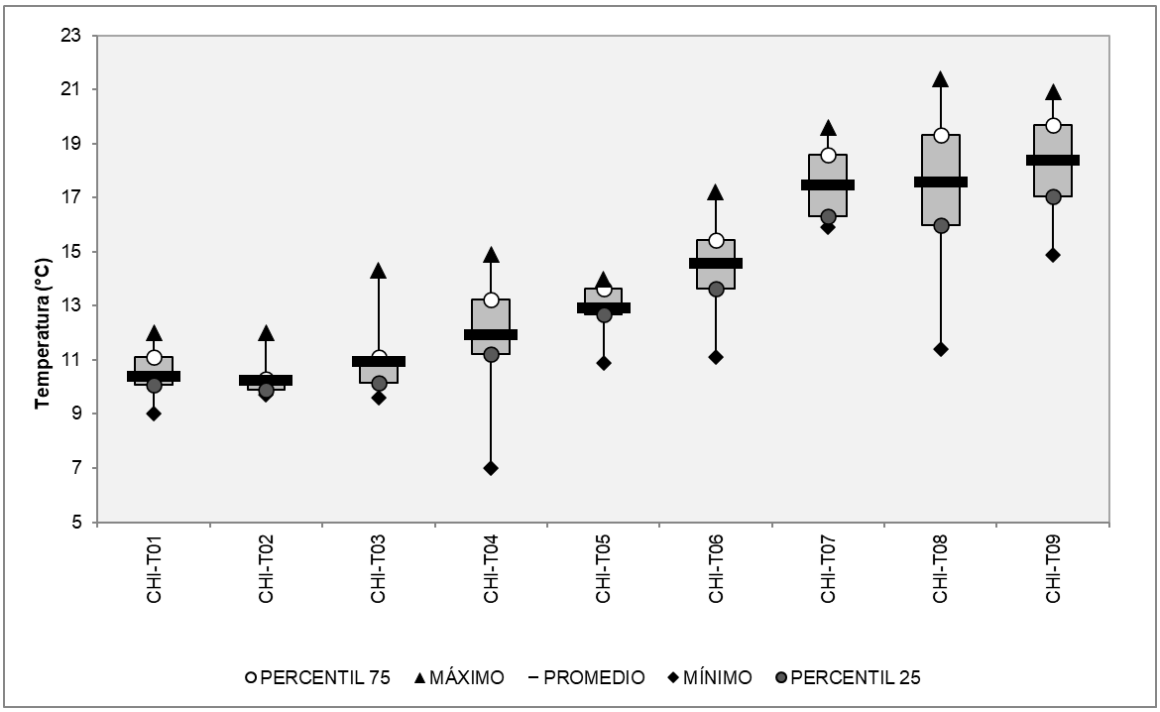


Figura 67. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En Figura 68 la se presentan los valores mínimos y máximos de la temperatura del agua obtenidos en los valores históricos de los tributarios de los tramos I, II y III.

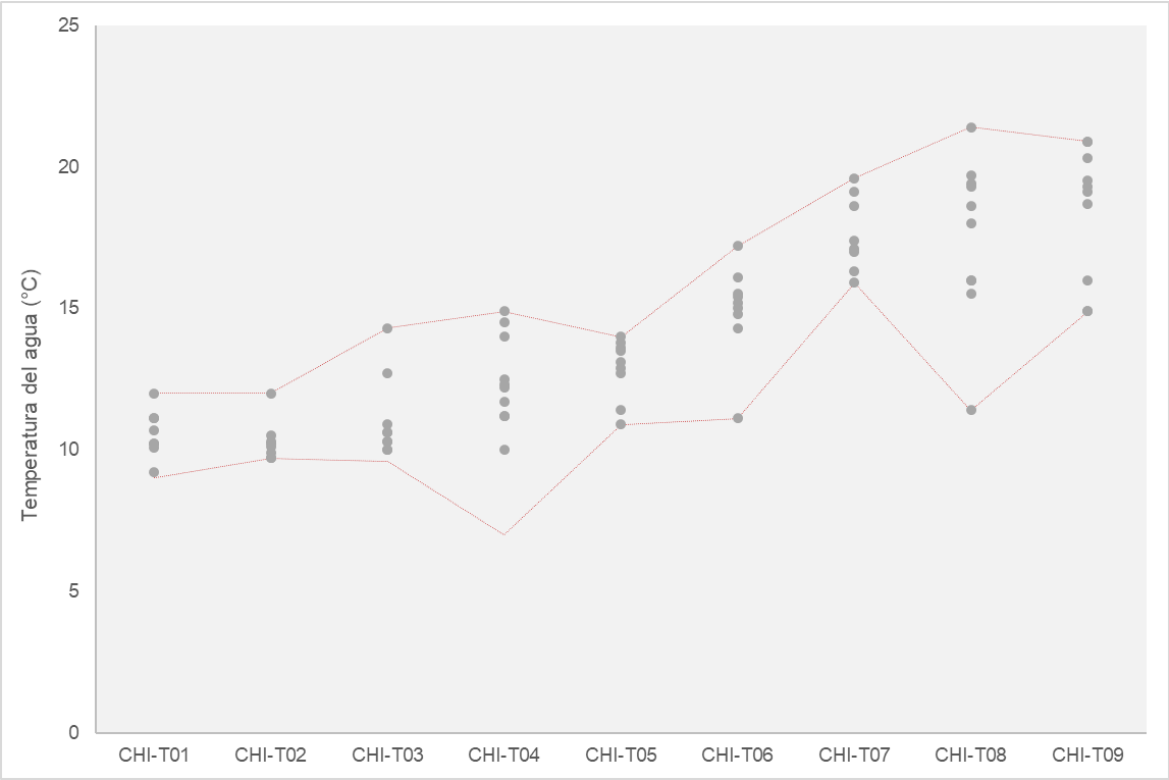
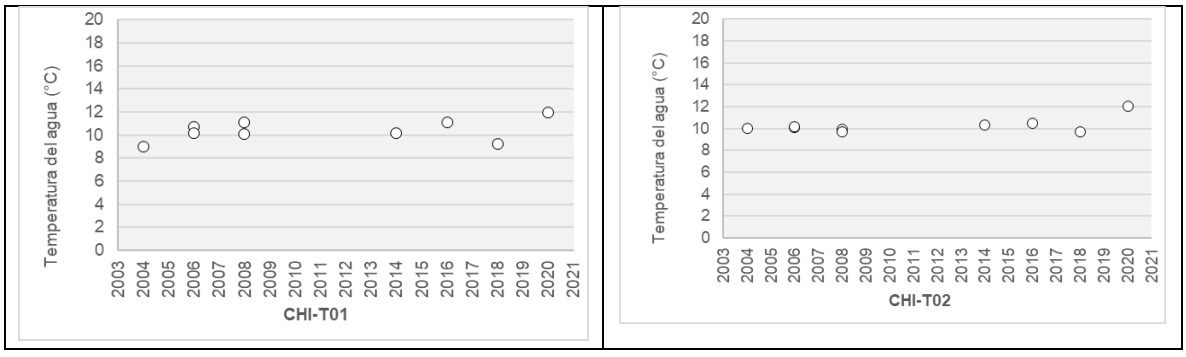


Figura 68. Variación histórica de la temperatura del agua, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 69 se puede observar el perfil detallado de la temperatura del agua para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En la figura se puede observar que para todos los tributarios la temperatura ha tenido un comportamiento uniforme y que la variación más importante ocurre espacialmente, esto puede estar relacionado con la vegetación riparia que determina la exposición de la corriente de agua a la radiación solar.



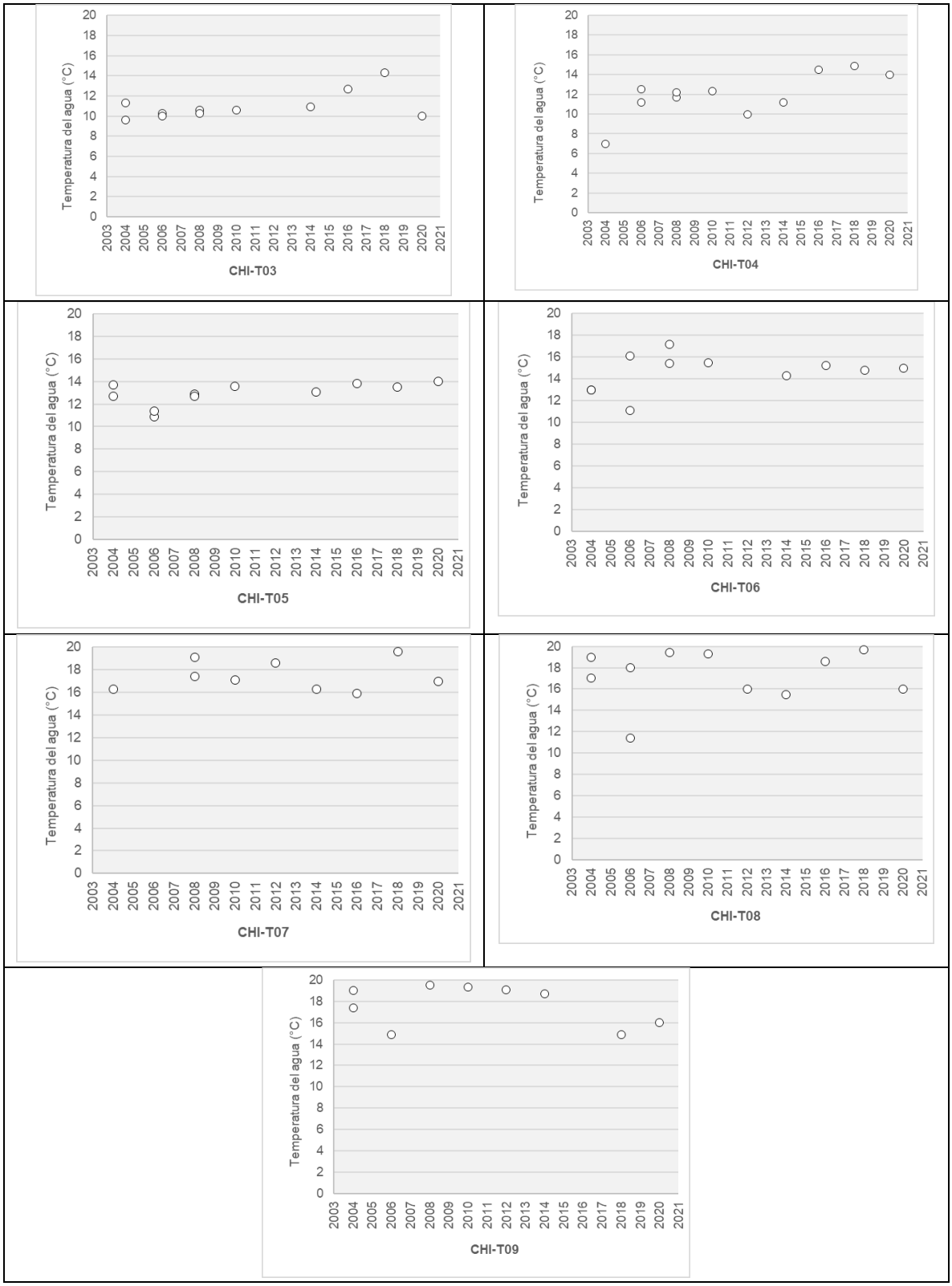


Figura 69. Variación histórica de la temperatura del agua, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **pH**

En Figura 70 se presenta el consolidado del pH para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E01, CHI-E02, CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07. En la figura se puede observar que la distribución de los datos del ha sido uniforme para todos los tributarios con excepción de Quebrada la Oliva (CHI-T05) con valores que van desde 4.0 a 8.0 unidades.

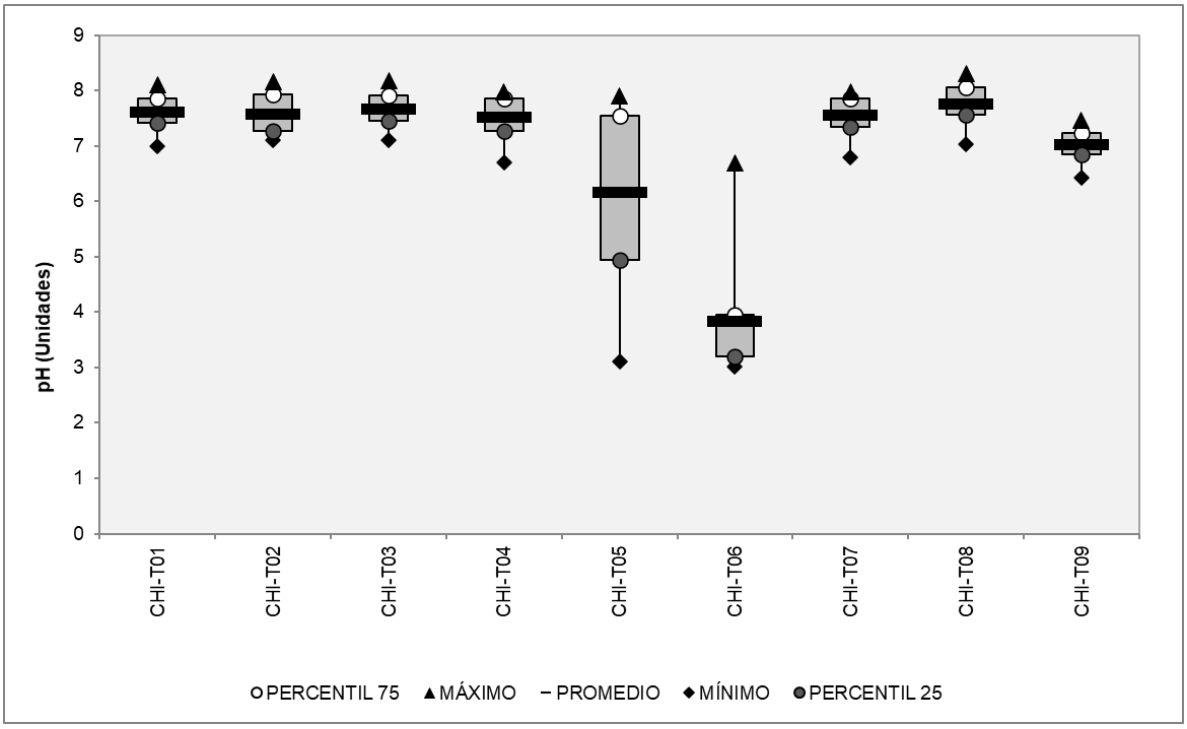


Figura 70. Distribución de datos históricos del pH, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 71 se presentan los valores mínimos y máximos del pH reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa la distribución de los valores del pH en los tributarios del tramo I, II y III y que los valores mínimos del pH se han presentado en los tributarios Quebrada La Oliva (CHI T05) y Quebrada Tolda Fría (CHI T06).

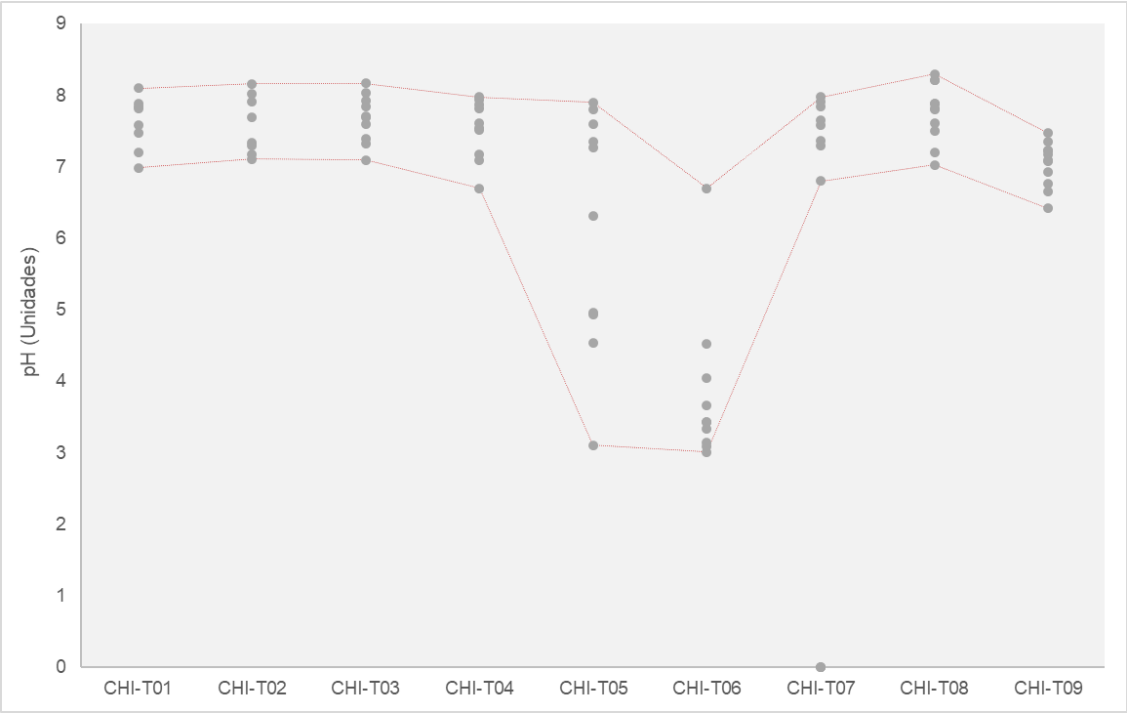
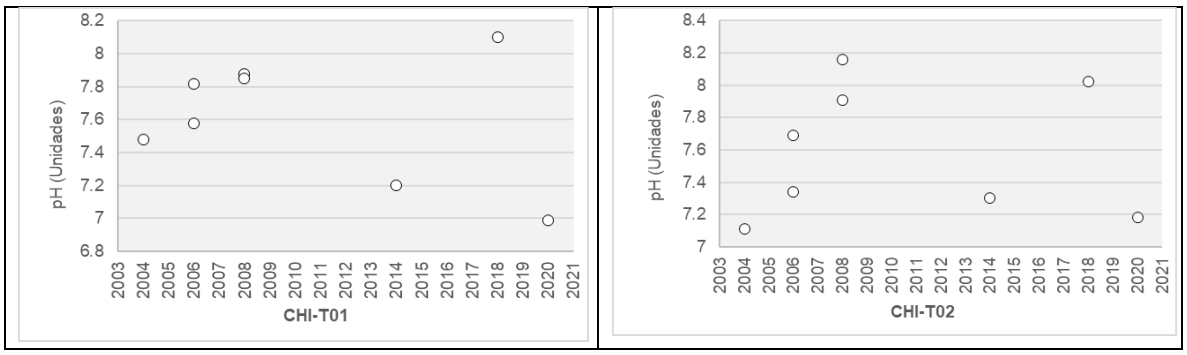


Figura 71. Variación histórica del pH, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 72 se puede observar el perfil detallado del pH para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En general se observa que en todas las estaciones el comportamiento del pH ha sido irregular con cambios significativos entre un año y otro.



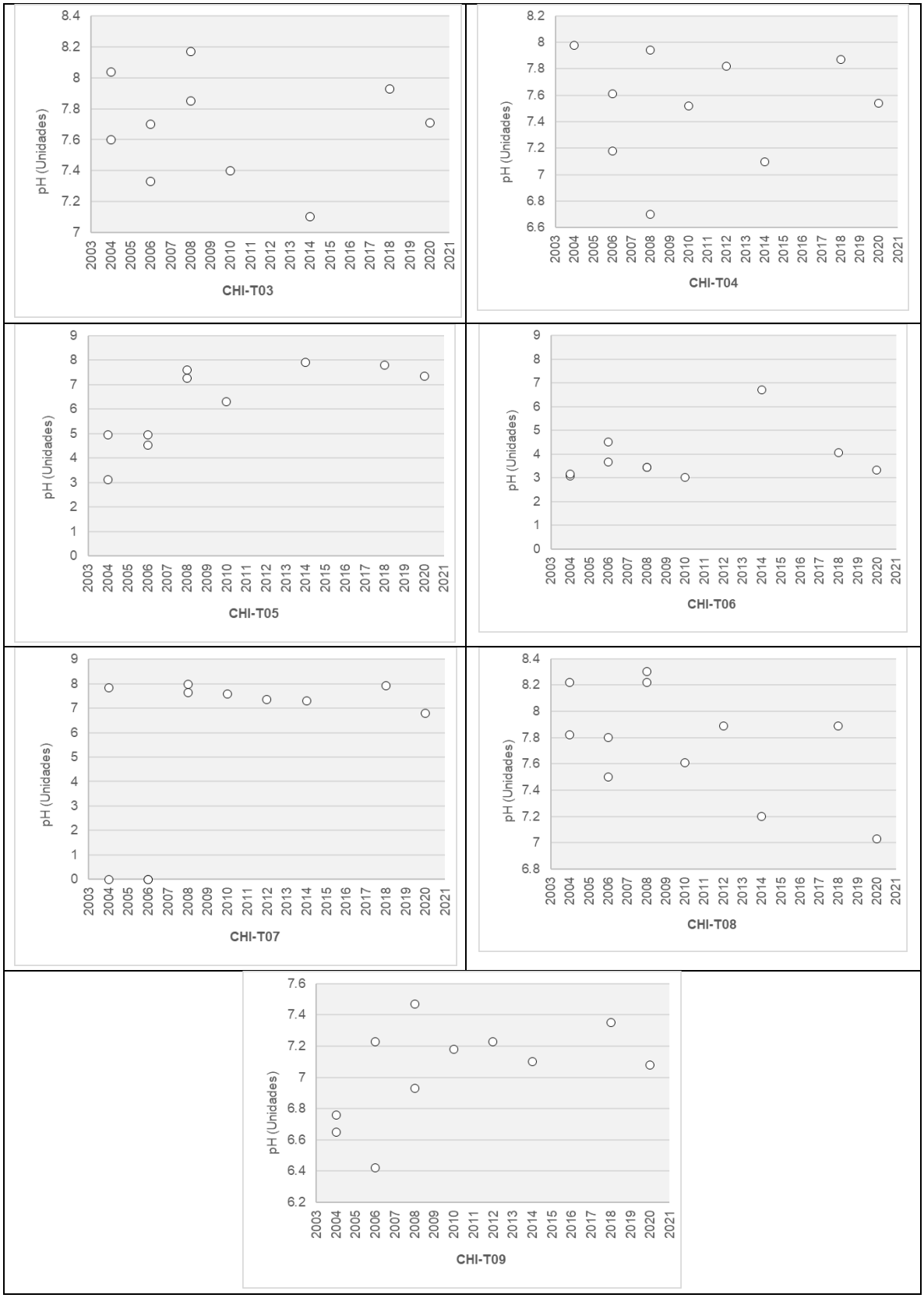


Figura 72. Variación histórica del pH, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)**

En se Figura 73 se presenta el consolidado popara toda la serie histórica analizada en los tributarios del río Chinchiná en CHI-T01, CHI-T02, CHI-T03. CHI-T04, CHI-T05, CHI-T06, CHI-T07, CHI-T08 y CHI-T09. En la figura se puede observar que el comportamiento de la variable se ha encontrado siempre por debajo de 10 mg/L, con excepción de algunos valores atípicos en CHI-T09 (Quebrada Chupaderos) cercanos a 30 mg/L.

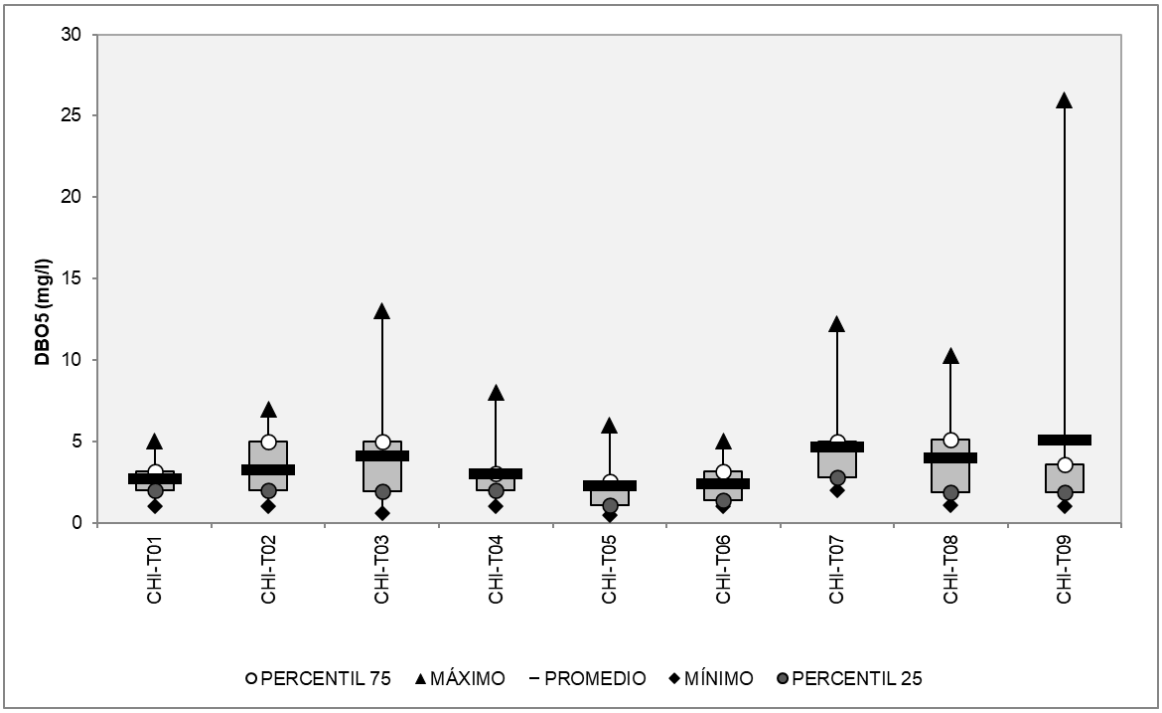


Figura 73. Distribución de datos históricos DBO_5, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 74 la se presentan los valores mínimos y máximos de la DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo.

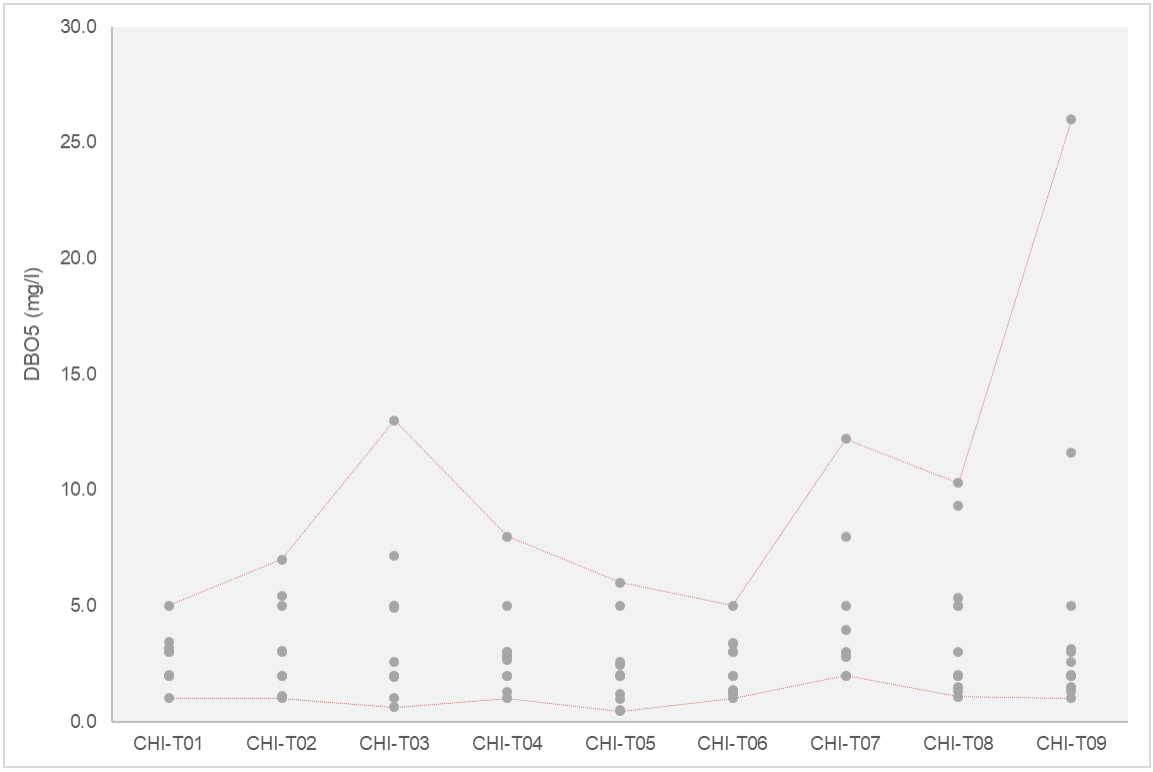
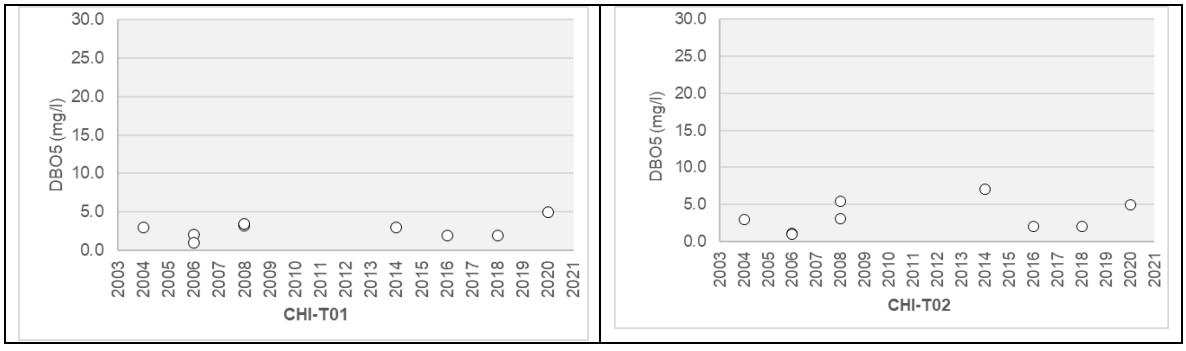


Figura 74. Variación histórica de la DBO_5, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 75 se puede observar el perfil detallado de la DBO_5 para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. El valor máximo reportado para los tributarios de este tramos se presentó en la Quebrada Chupaderos (CHI-T09) en el año 2015 con 30 mg/L.



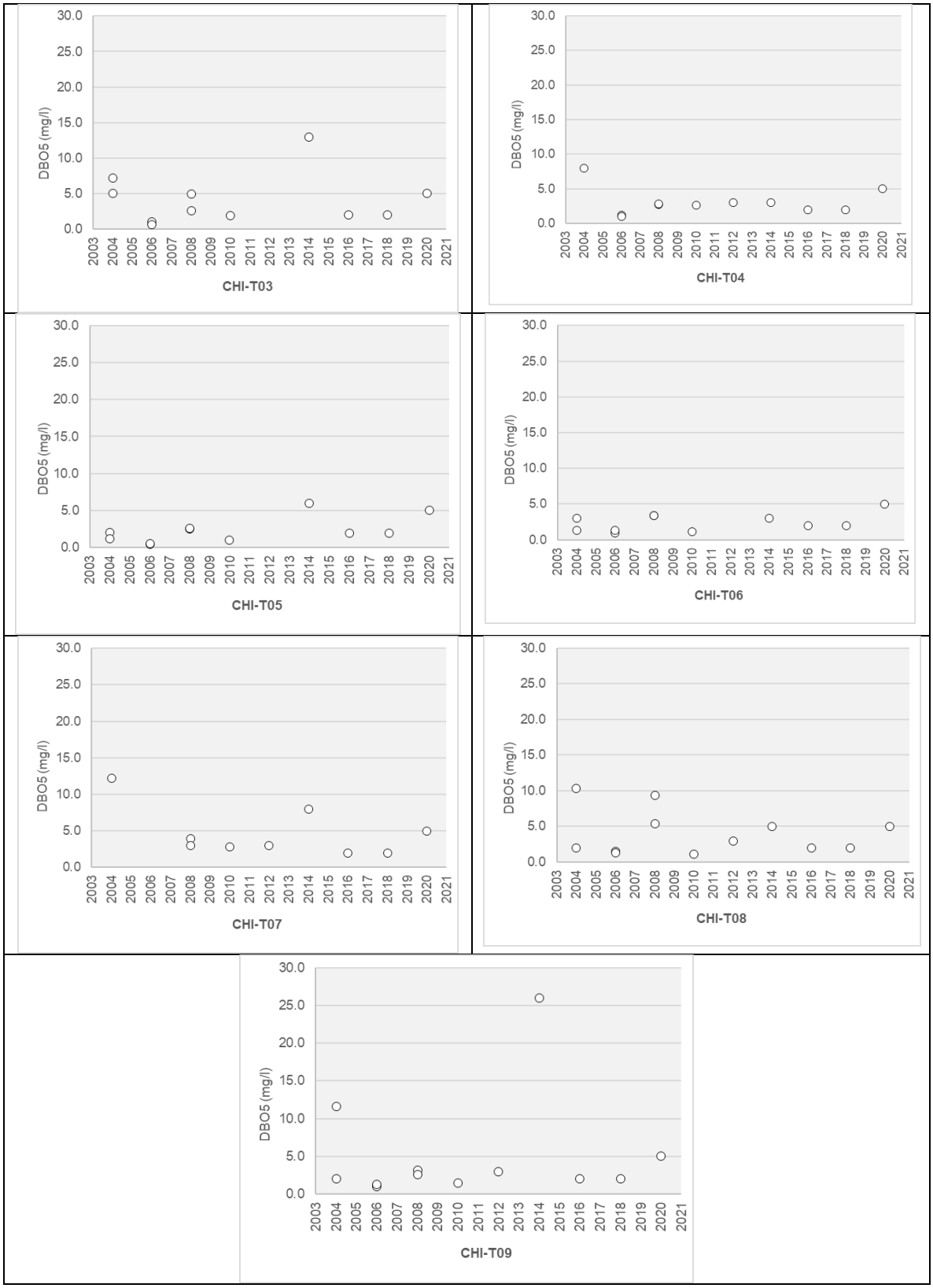


Figura 75. Variación histórica de la DBO_5, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

En Figura 76 se presenta el consolidado del oxígeno disuelto para toda la serie histórica analizada en los tributarios del río Chinchiná en CHI-T01, CHI-T02, CHI-T03. CHI-T04, CHI-T05, CHI-T06, CHI-T07, CHI-T08 y CHI-T09. En la figura se puede observar que la variabilidad del oxígeno disuelto es mayor en los tributarios Quebrada La Oliva (CHI-T05), Quebrada Tolda Fría (CHI-T06), Quebrada 2615-002-101 (CHI-T07), Quebrada Palmichal (CHI-T08) y Quebrada Chupaderos (CHI-T09). Sin embargo, los valores de OD en los tributarios se encuentran entre 6.0 y 8.0 mg/L.

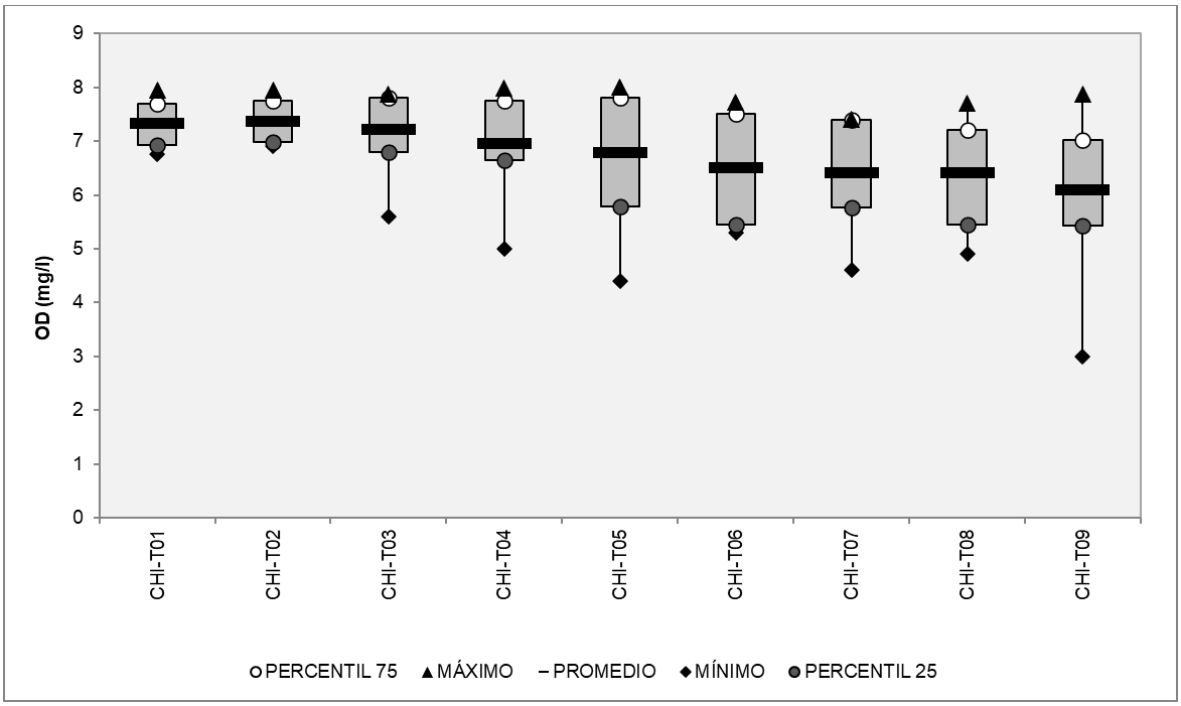


Figura 76. Distribución de datos históricos del oxígeno disuelto, de los tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 77 se presentan los valores mínimos y máximos del oxígeno disuelto reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo. En la gráfica es posible observar la distribución de los valores obtenidos con respecto a los mínimos y máximos de cada estación.

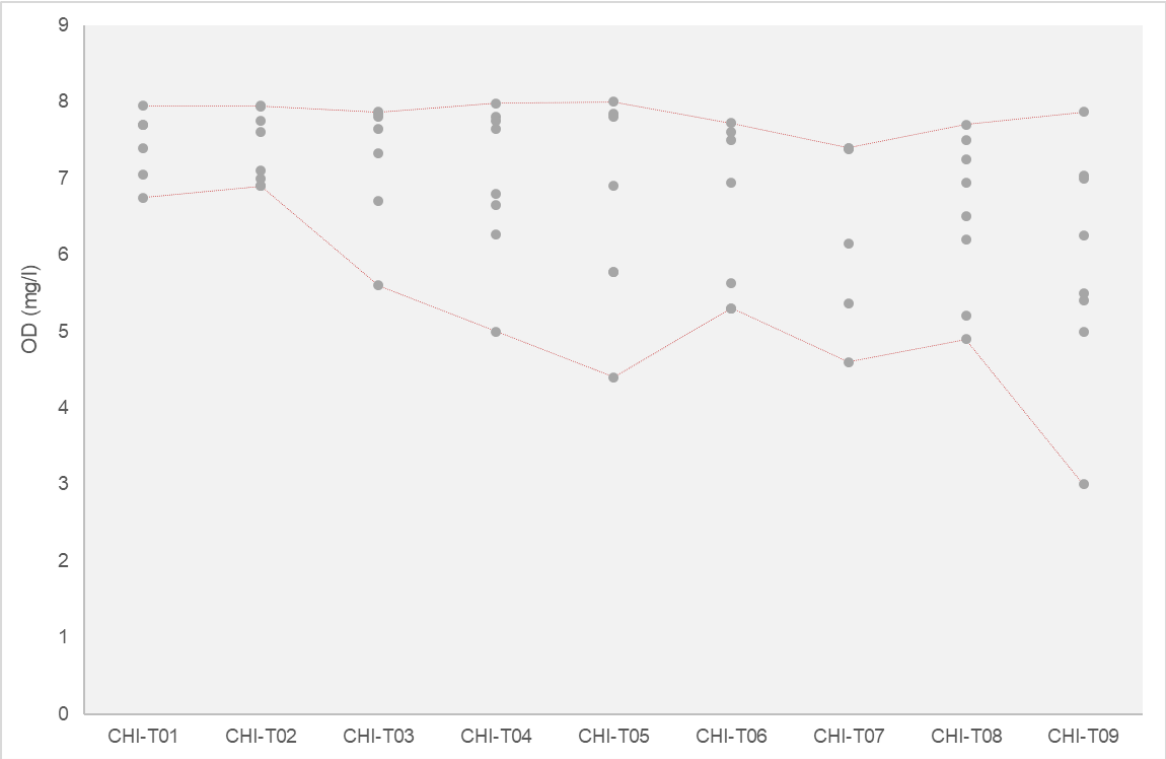
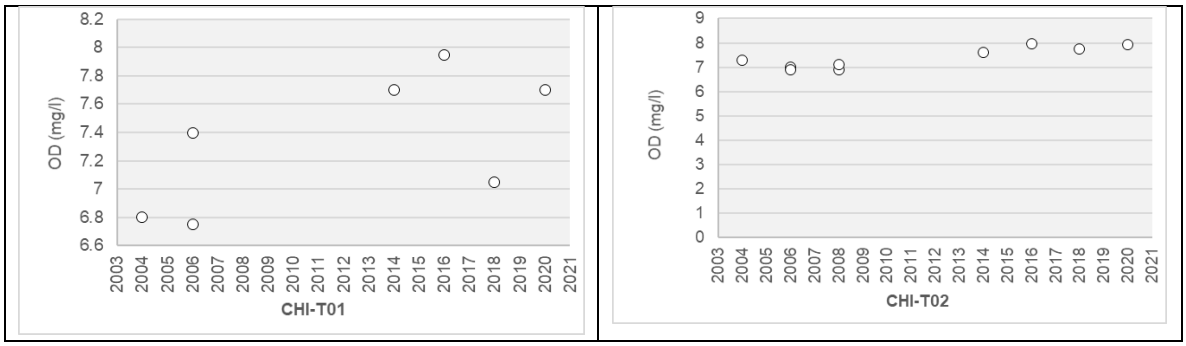


Figura 77. Variación histórica del oxígeno disuelto, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 78 se puede observar el perfil detallado del oxígeno disuelto para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En la figura se puede observar la distribución temporal de los valores históricos reportados, para el caso de Quebrada La Oliva (CHI-T01) los valores mínimos se presentaron en los años 2004 a 2007 y en 2018. Para el caso de Quebrada Chupaderos (CHI-T09), el valor más bajo se presentó en el año 2006.



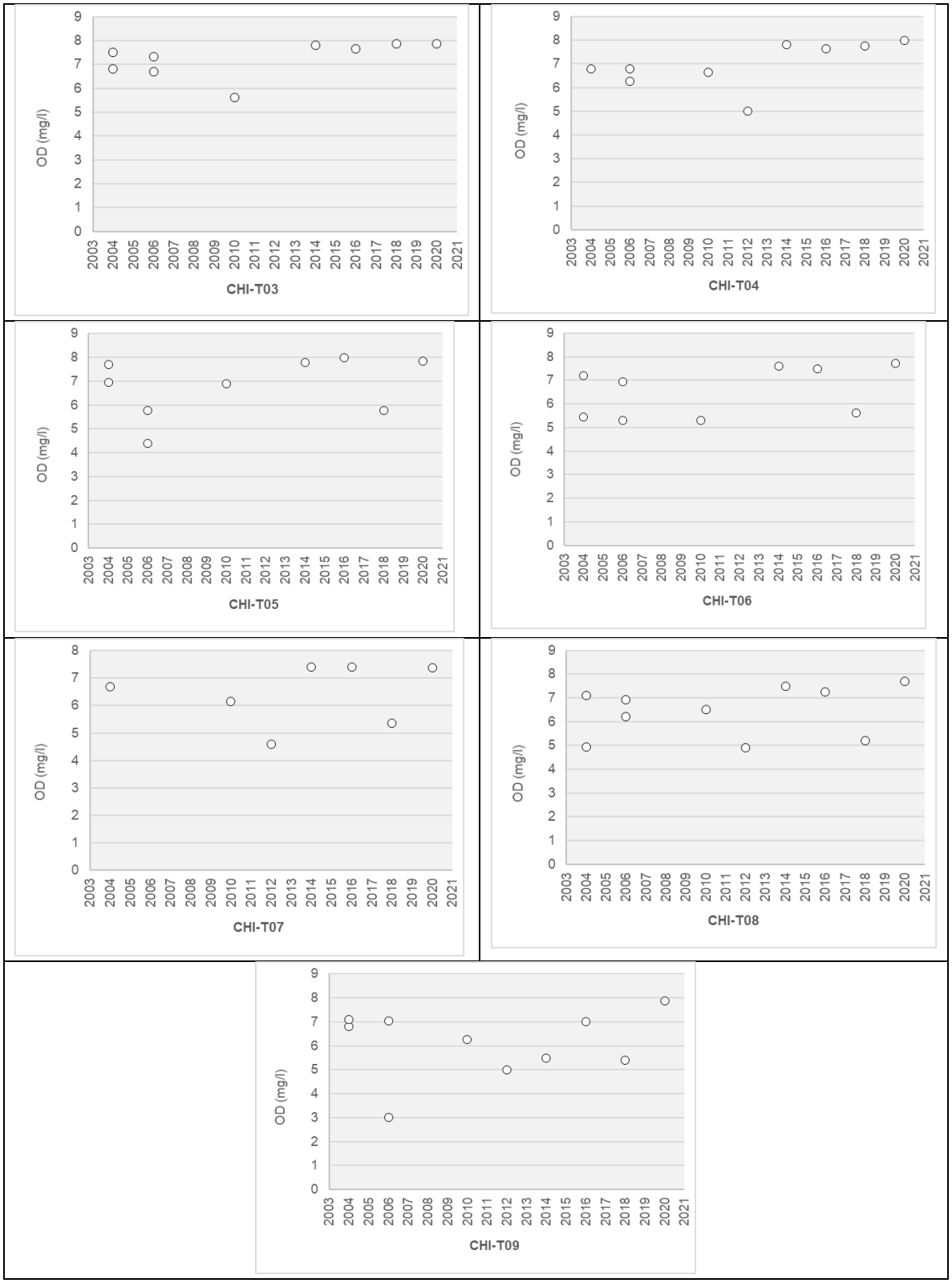


Figura 78. Variación histórica del oxígeno disuelto, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

En Figura 79 se presenta el consolidado los SST para toda la serie histórica analizada en los tributarios del río Chinchiná en CHI-T01, CHI-T02, CHI-T03. CHI-T04, CHI-T05, CHI-T06, CHI-T07, CHI-T08 y CHI-T09. En la figura se puede observar que los valores más altos de SST se han presentado en la Quebrada La Rochela (CHI-T04) y Quebrada Chupaderos (CHI-T09), en esta última, con valores cercanos a los 100 mg/L.

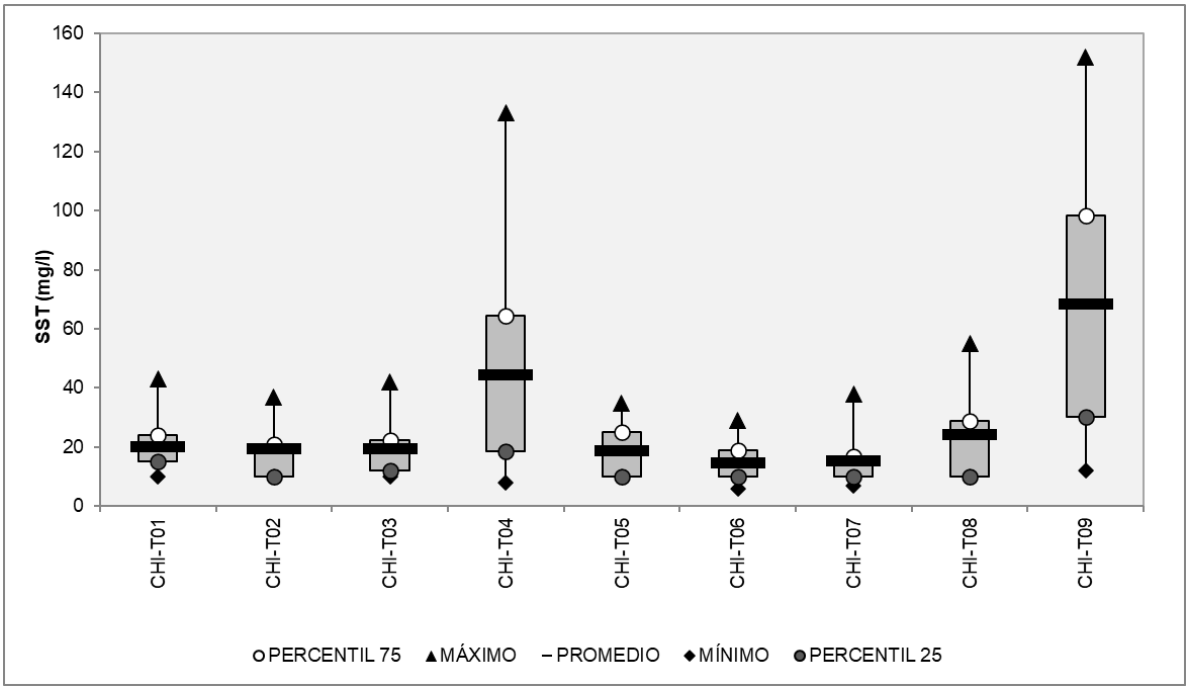


Figura 79. Distribución de datos históricos de SST, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 80 se presentan los valores mínimos y máximos de los SST reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se presenta la distribución de los valores reportados con respecto a los mínimos y máximos. La variabilidad mayor corresponde a la Quebrada Chupaderos (CHI-T09) donde los valores reportados se presentan con más frecuencia entre los mínimos y máximos, a diferencia de la Quebrada La Rochela (CHI-T04) donde se presentaron tres valores extremos entre 100 y 140 mg/L.

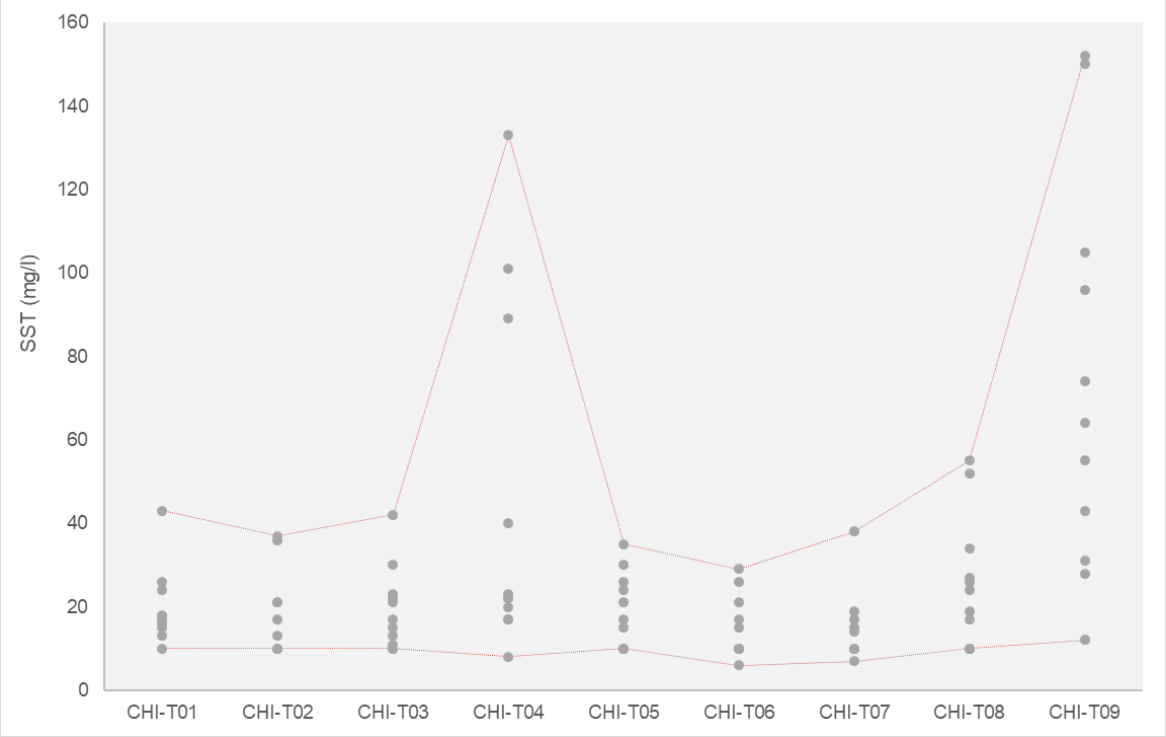
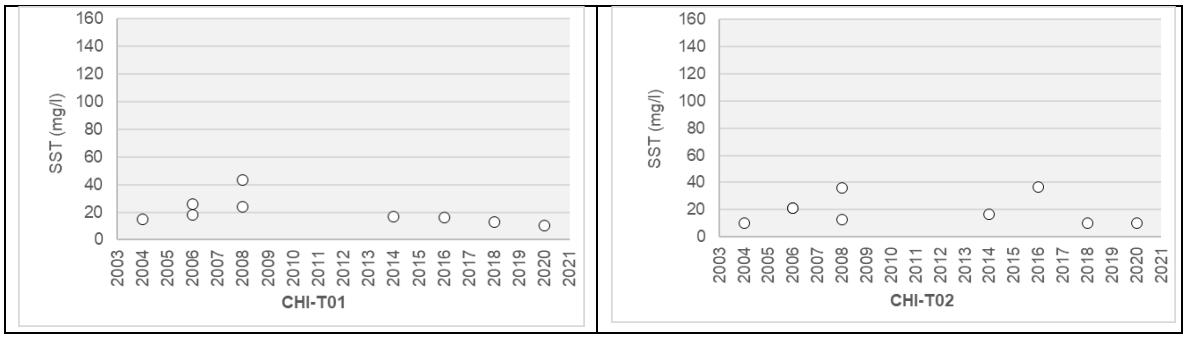


Figura 80. Variación histórica de los SST, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 81 se puede observar el perfil detallado los SST para cada estación de este tramo, estas figuras permiten visualizar la distribución temporal de los datos reportados por estación, en la Quebrada Chupaderos (CHI-T09) el valor más alto se presentó en el año 2006 con 160 mg/L y en la Quebrada La Rochela (CHI-T04) este valor fue de 140 mg/L en el año 2004.



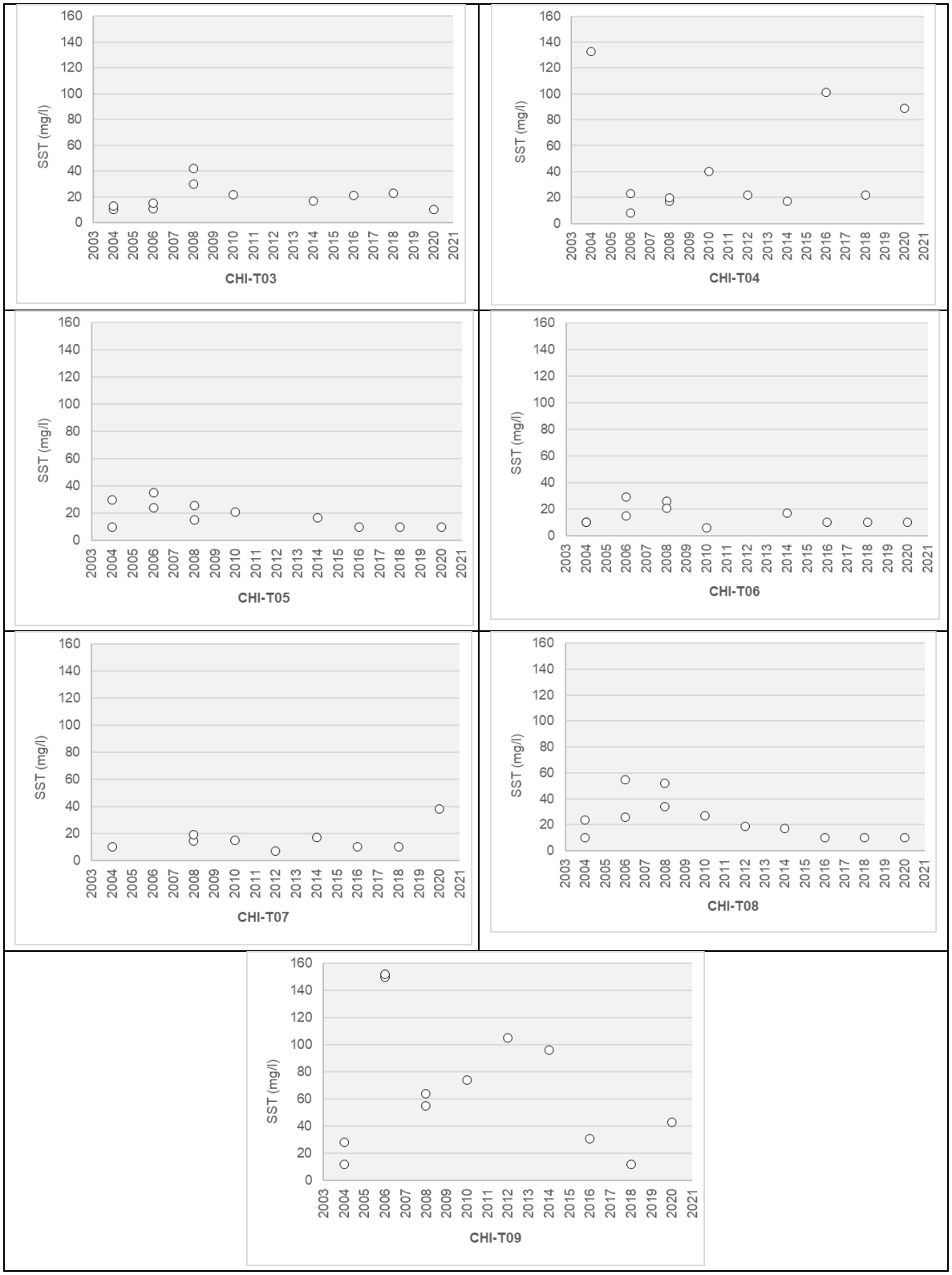


Figura 81. Variación histórica de los SST, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

- **Coliformes Fecales (CF)**

En la Figura 82 se presenta el consolidado de los Coliformes fecales para toda la serie histórica analizada en los tributarios del río Chinchiná en CHI-T01, CHI-T02, CHI-T03. CHI-T04, CHI-T05, CHI-T06, CHI-T07, CHI-T08 y CHI-T09. En la figura se puede observar que las corrientes que han presentado mayor contaminación microbiológica son la Quebrada 2615-002-101 (CHI-T07), Quebrada Palmichal (CHI-T08) y Quebrada Chupaderos (CHI-T09) con valores del orden de 1 x 10^4 UFC/100ml.

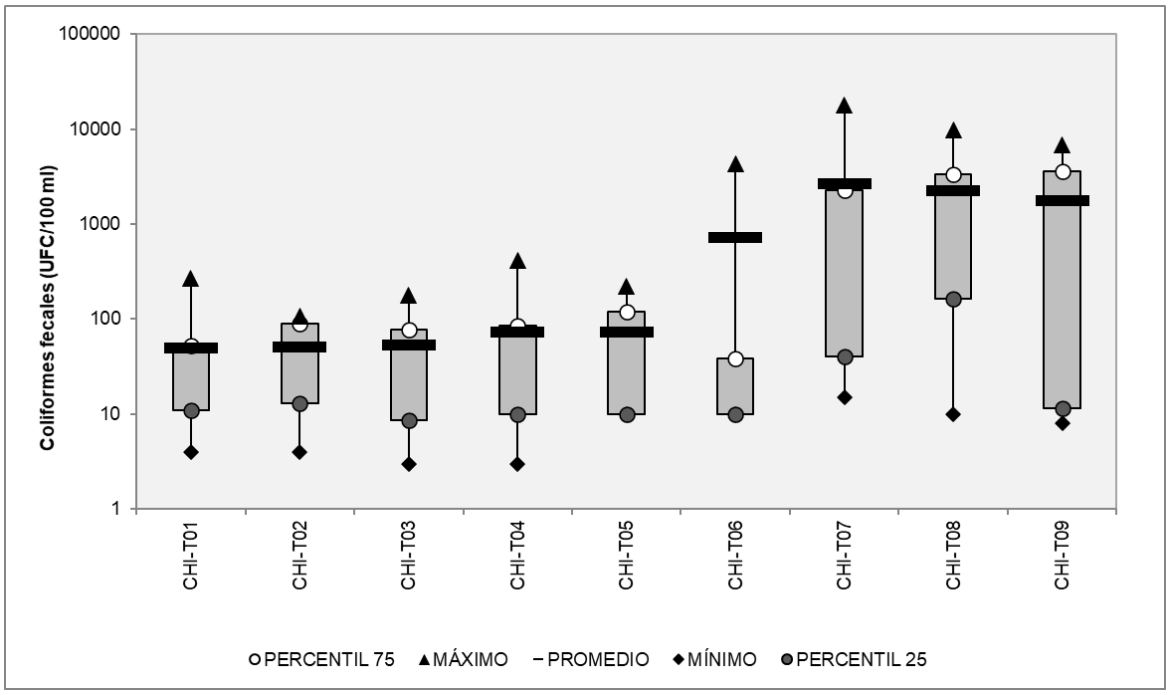


Figura 82. Distribución de datos históricos de los Coliformes fecales, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 83 se presentan los valores mínimos y máximos de los Coliformes fecales reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa la distribución de los valores reportados con respecto a los mínimos y máximos. El comportamiento de la variable se presenta muy similar para los tributarios CHI-T01 a CHI-T06. Para el caso de la Quebrada Tolda Fría (CHI-T06) sólo se presentó un valor extremo de 1 x 10^3 UFC/100ml.

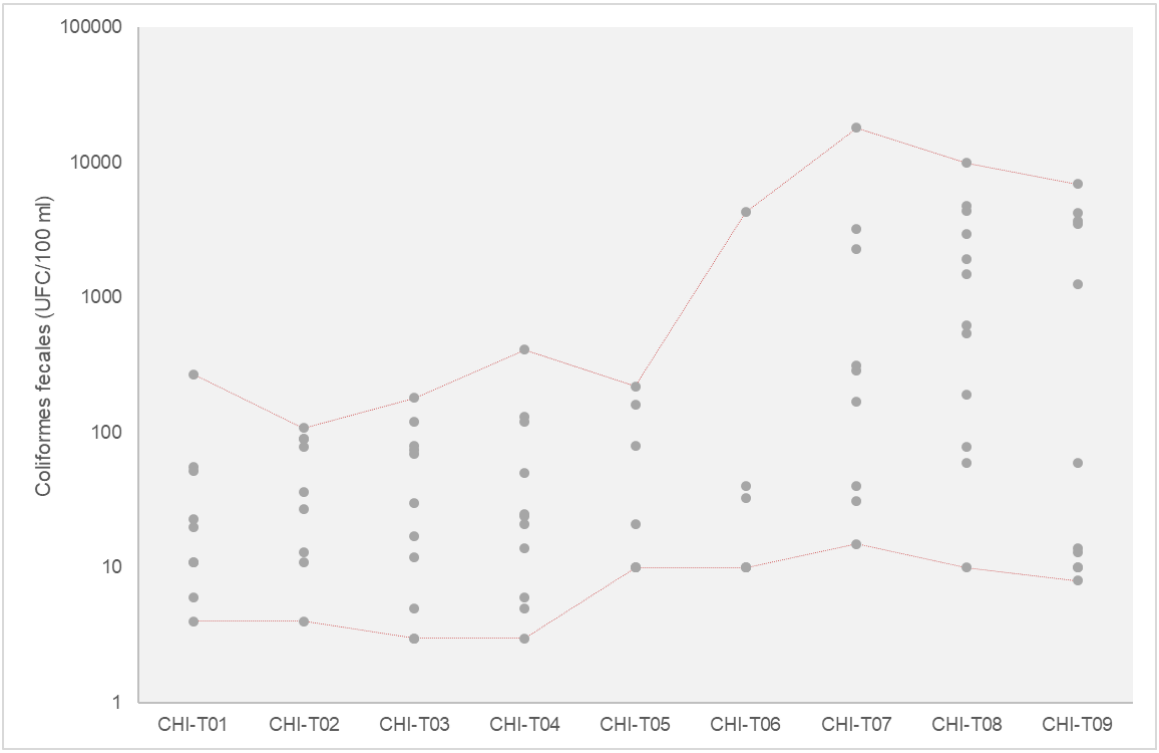
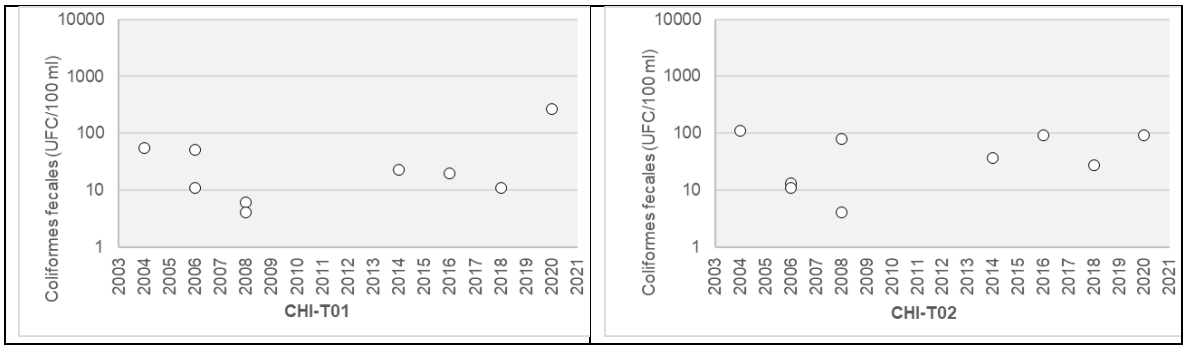


Figura 83. Variación histórica de los Coliformes fecales, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 84 se puede observar el perfil detallado de los Coliformes fecales para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En la Quebrada Chupaderos (CHI-T09), se observa que la contaminación microbiológica ha aumentado considerablemente con respecto a los valores reportados en los años anteriores.



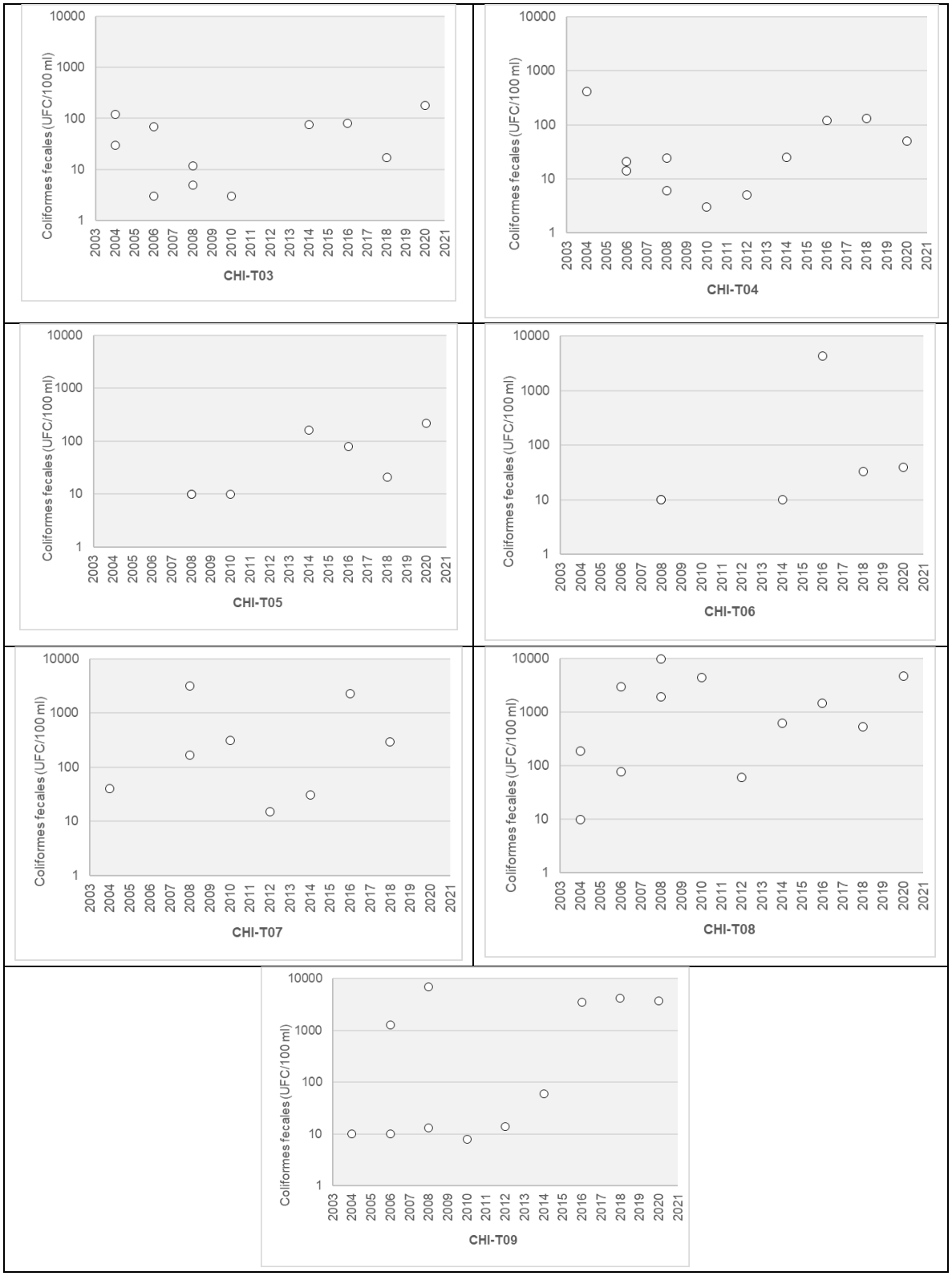


Figura 84. Variación histórica de los Coliformes fecales, tributarios Tramo I, II y III Río Chinchiná por estación

6.2. Tramo IV

Se realizaron perfiles de calidad para las variables Temperatura del agua, pH, DBO_5, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las estaciones correspondientes al tramo IV del río Chinchiná. A continuación, se presentan perfiles que permiten observar la distribución de los datos tanto en el tiempo como en el espacio (a lo largo del tramo) y que permite establecer una tendencia en el comportamiento de la variable durante toda la serie histórica analizada que corresponde al período 2004 – 2020.

6.2.1. Estaciones Río Chinchiná

- **Temperatura del agua**

En la Figura 85 se presenta el consolidado de la temperatura del agua para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E09A, CHI-E11, CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17, CHI-E19, y CHI-E20. En la figura se puede observar que la distribución de los datos del ha sido uniforme con valores que van desde el los 13.0 °C hasta los 23°C.

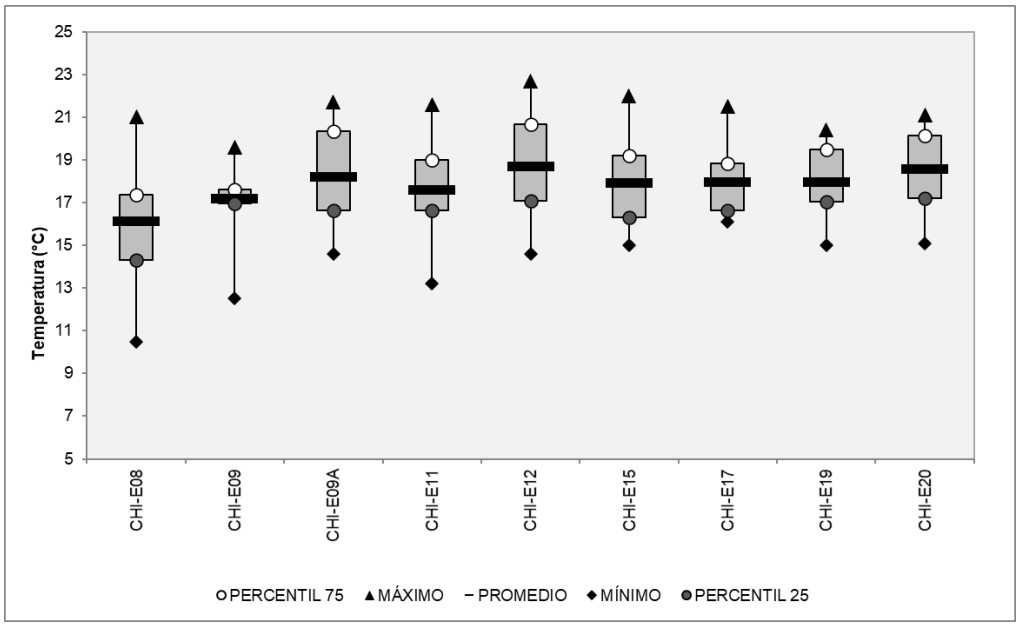


Figura 85. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 86 se presentan los valores mínimos y máximos reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa una variabilidad mayor en la temperatura del agua para la estación CHI-E08 y CHI-E11

y menor para la estación CHI-E20. Este este cambio en el comportamiento de la temperatura del agua está relacionado con la intervención de la corriente en términos de vertimientos puntuales y dispersos con temperaturas mayores a la fuente receptora y con el estado de protección de la vegetación riparia que conserva la estabilidad en el balance de calor de la corriente.

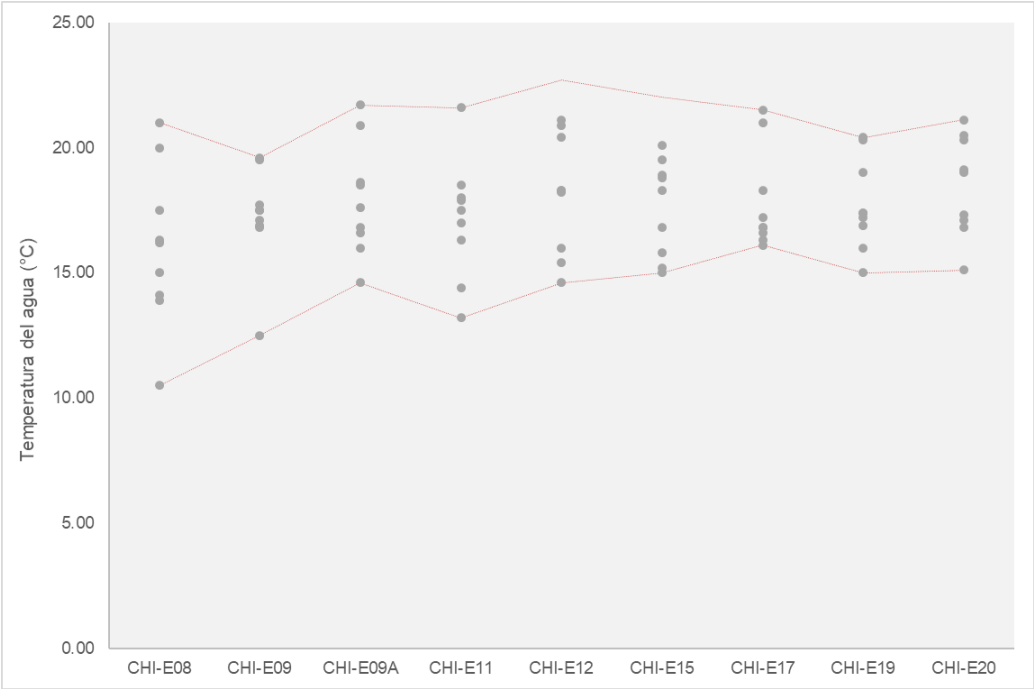
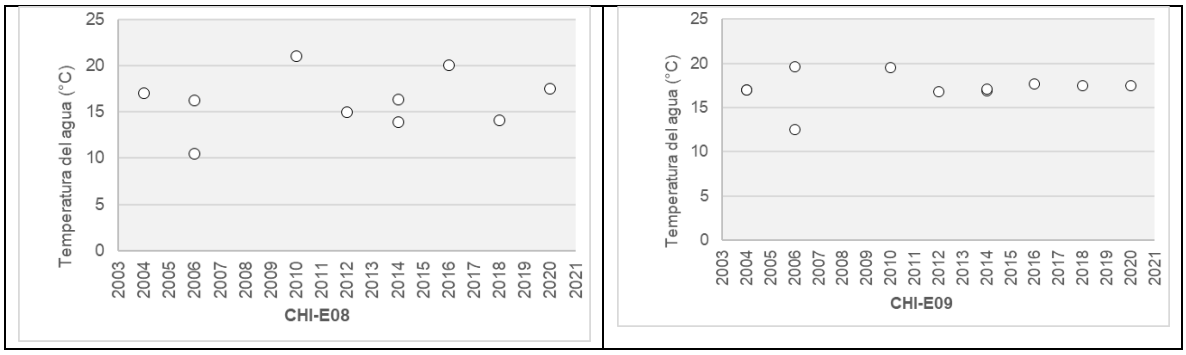


Figura 86.Variación histórica de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 87 se puede observar el perfil detallado de la temperatura del agua para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada estación monitoreada.



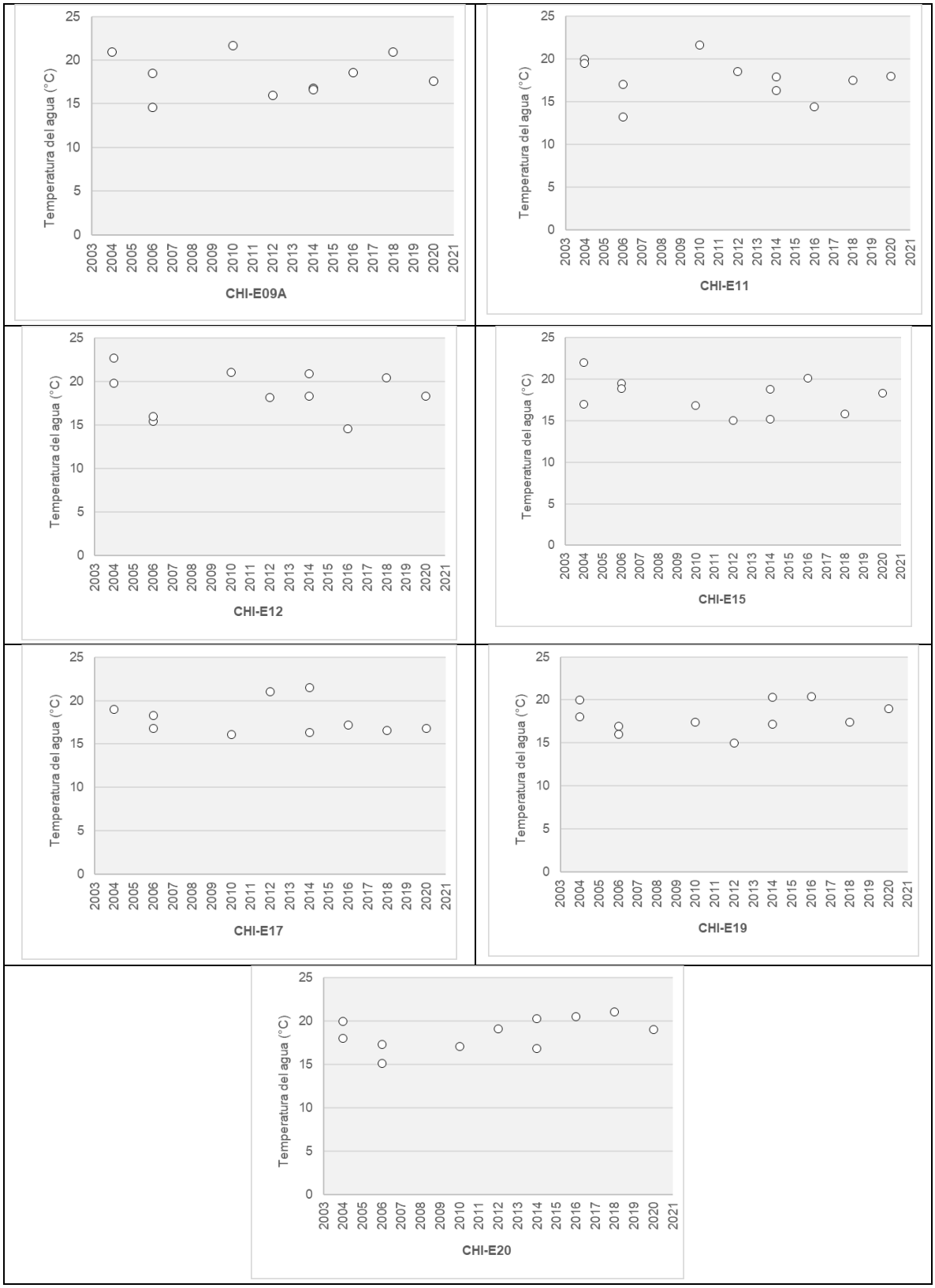


Figura 87. Variación histórica de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

- **pH**

En la Figura 88 se presenta el consolidado del pH para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E09A, CHI-E11, CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17, CHI-E19, y CHI-E20. Este perfil evidencia que el comportamiento del pH en este tramo del Río Chinchiná ha sido contante y uniforme en el tiempo, con algunos valores atípicos, sin embargo, esta variable en la estación CHI-E09 (Horno Crematorio) ha presentado mayor variabilidad con respecto a las demás estaciones.

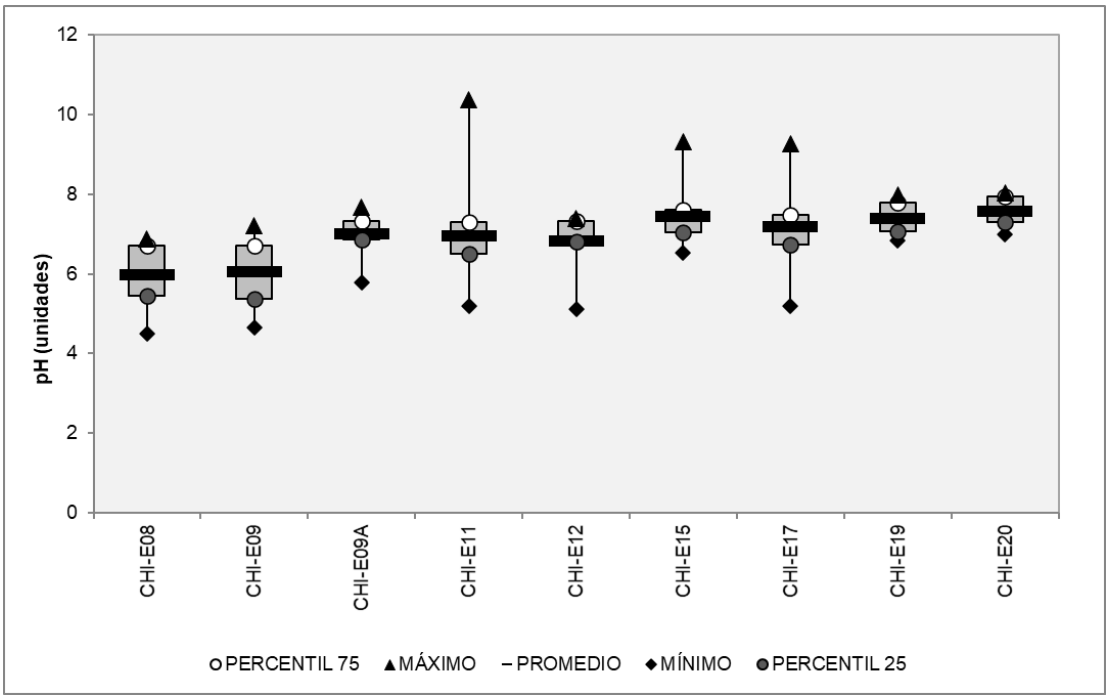


Figura 88. Distribución de datos históricos del pH Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 89 se presentan los valores mínimos y máximos del pH reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa la distribución de los datos reportados con respecto a sus valores extremos, en la estación CHI-E11 (Puente Villamaría), se presentó un máximo de 11 unidades que corresponde al valor de pH más alto reportado en este tramo del río.

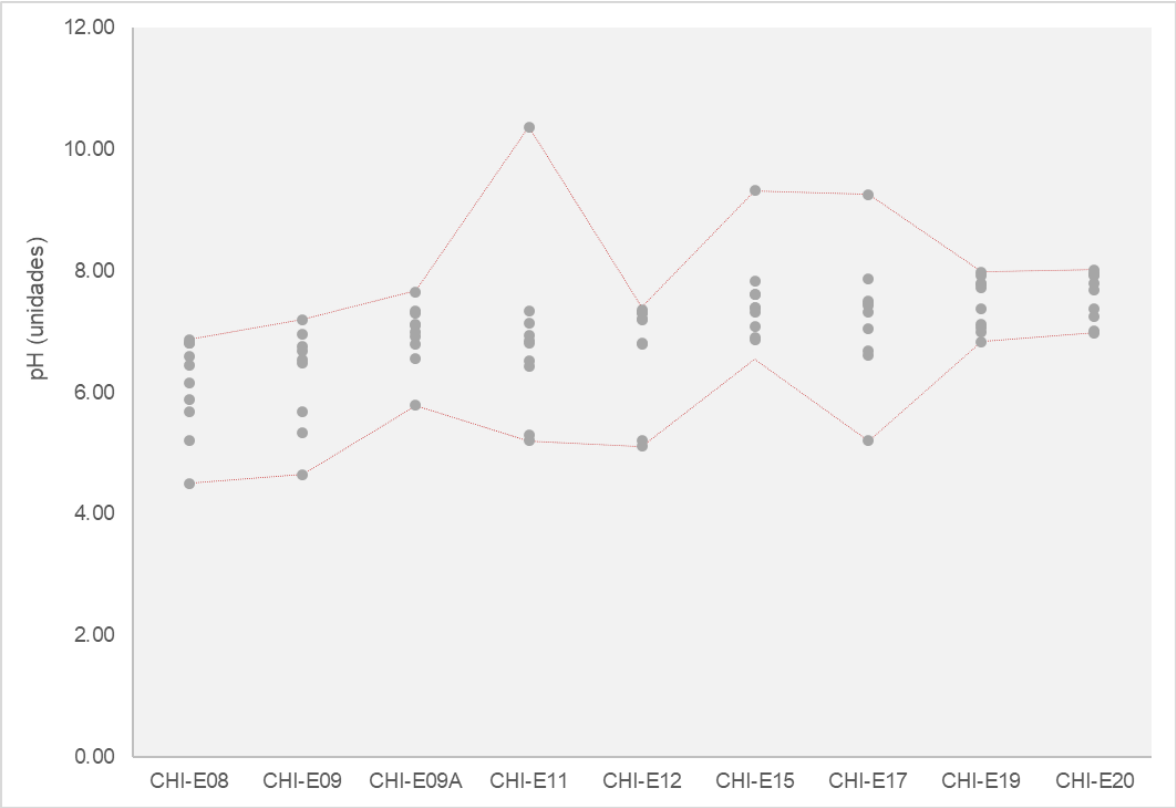
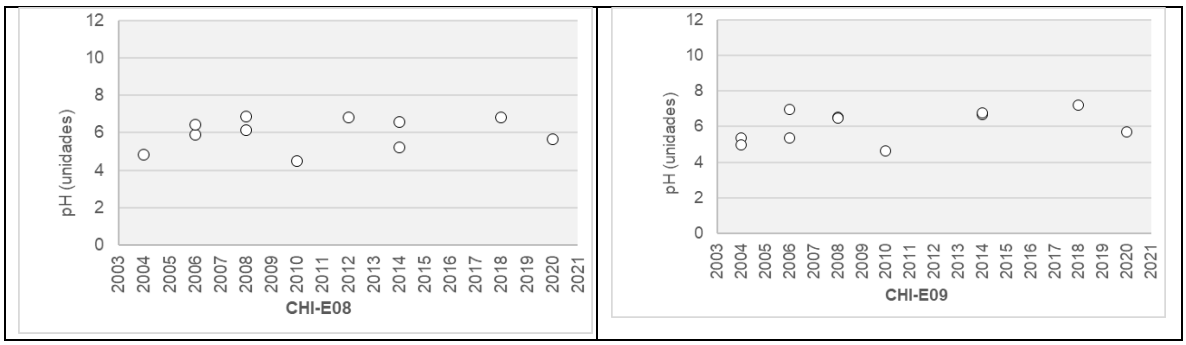


Figura 89. Distribución de datos históricos del pH Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 90 se puede observar el perfil detallado del pH para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición y ubicar el año de los valores medios y extremos de la serie.



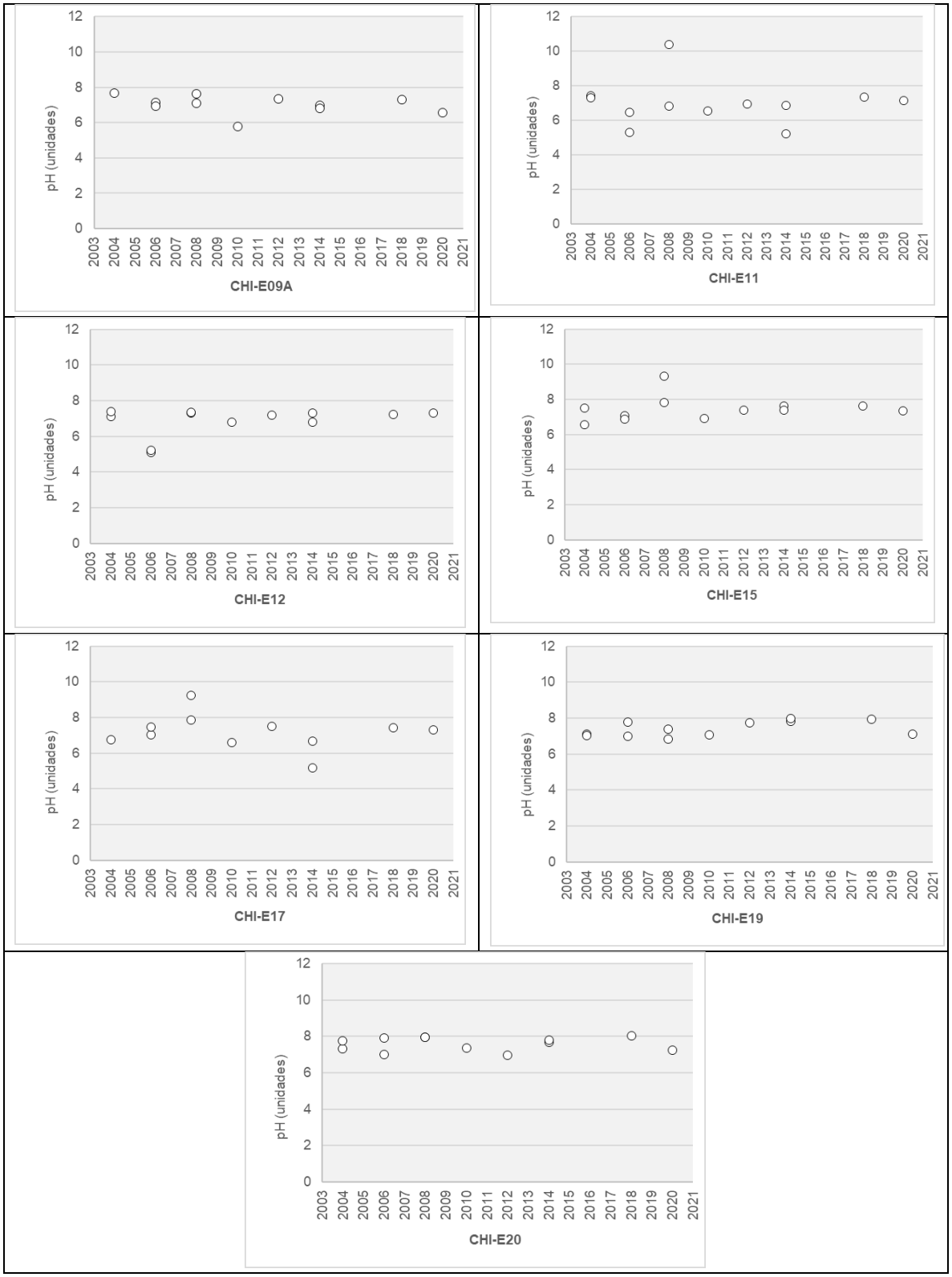


Figura 90. Variación histórica del pH en el Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)**

En la Figura 91 se presenta el consolidado de la DBO_5 para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E09A, CHI-E11, CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17, CHI-E19, y CHI-E20. En la figura se observa que para las estaciones CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E11 la variable se ha reportado por debajo de 50 mg/L con algunos valores extremos entre 180 y 200 mg/L. Las estaciones donde se presenta menor variabilidad en los datos reportados y, por tanto, más estabilidad en el comportamiento de la variable son CHI-E09A y CHI-E11.

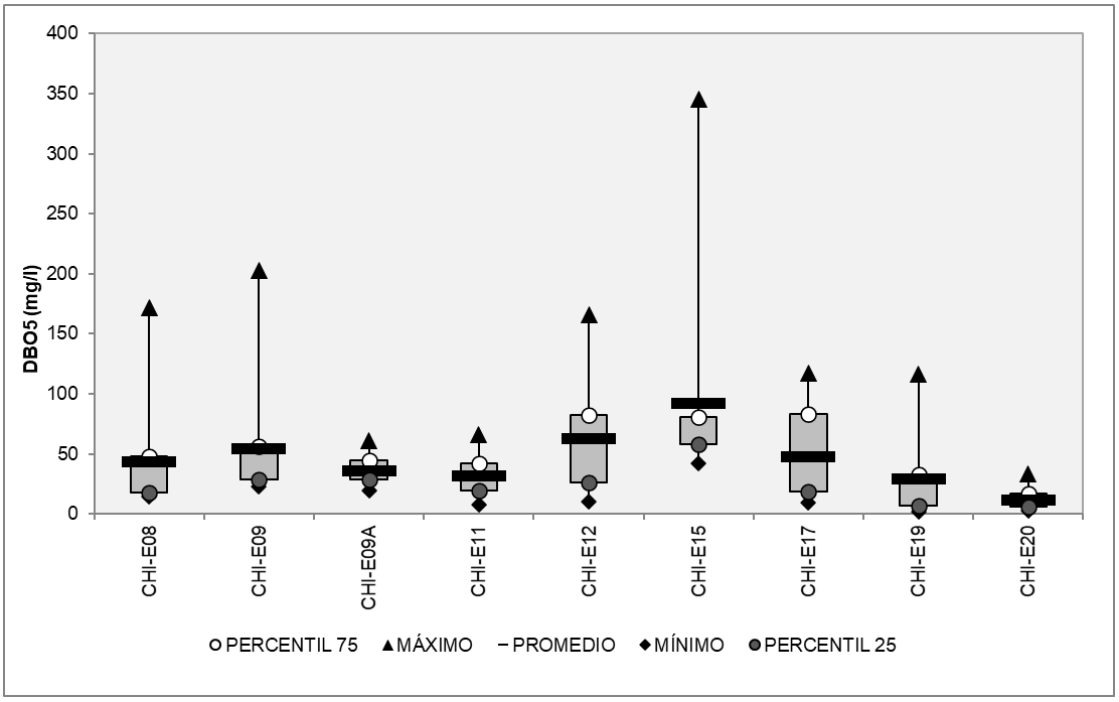


Figura 91. Distribución de datos históricos de la DBO_5 Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 92 se presentan los valores mínimos y máximos de la DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa que la variabilidad de los datos reportados en las estaciones CHI-E09 (Horno Crematorio) y CHI-E15 (Antes Quebrada El Chiflón) corresponden a la influencia de un dato máximo extremo de 200 mg/L y 350 mg/L, respectivamente.

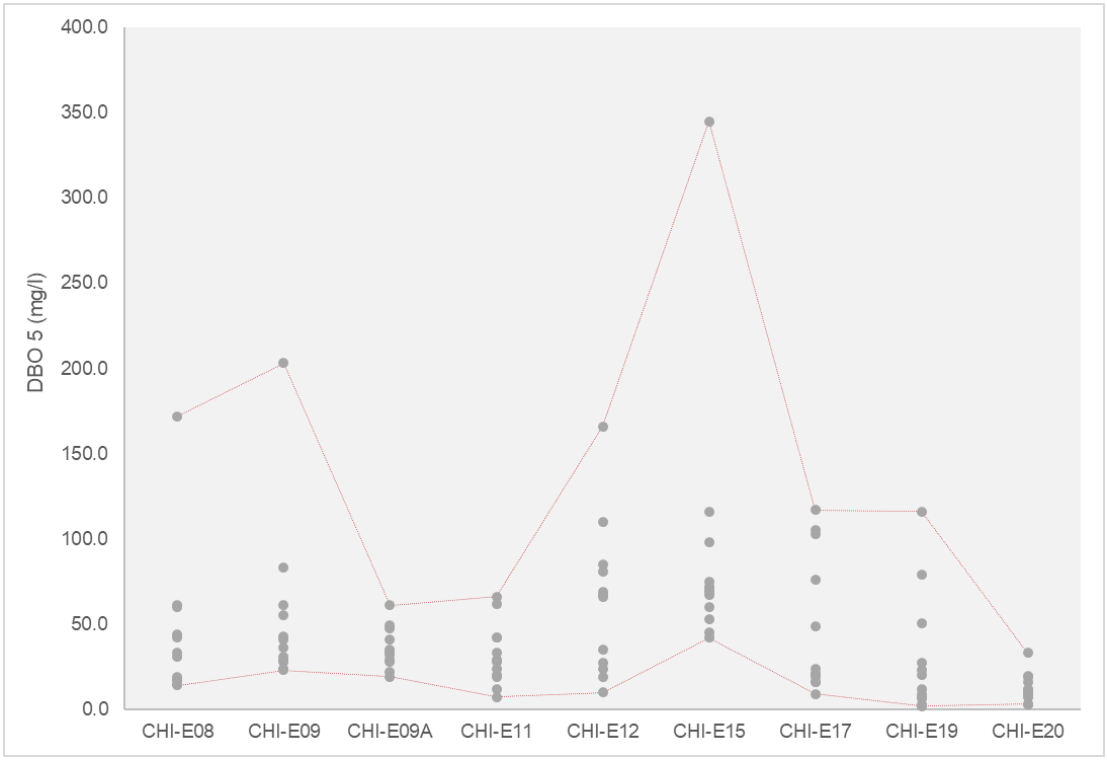
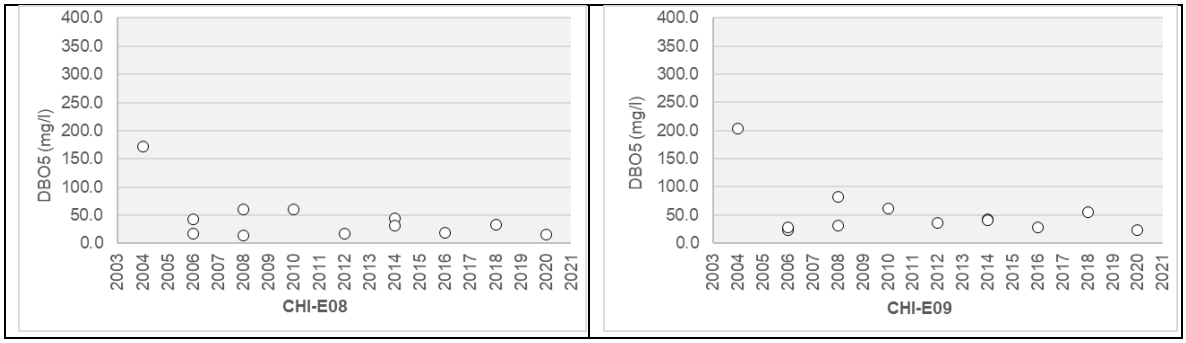


Figura 92. Variación histórica de la DBO_5 Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 93 se puede observar el perfil detallado de la DBO_5 para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición, en esta figura se puede observar que los valores extremos que se han presentado se reportaron entre los años 2004 y 2007 y que el comportamiento de la DBO_5 en las estaciones monitoreadas ha sido uniforme en los últimos años.



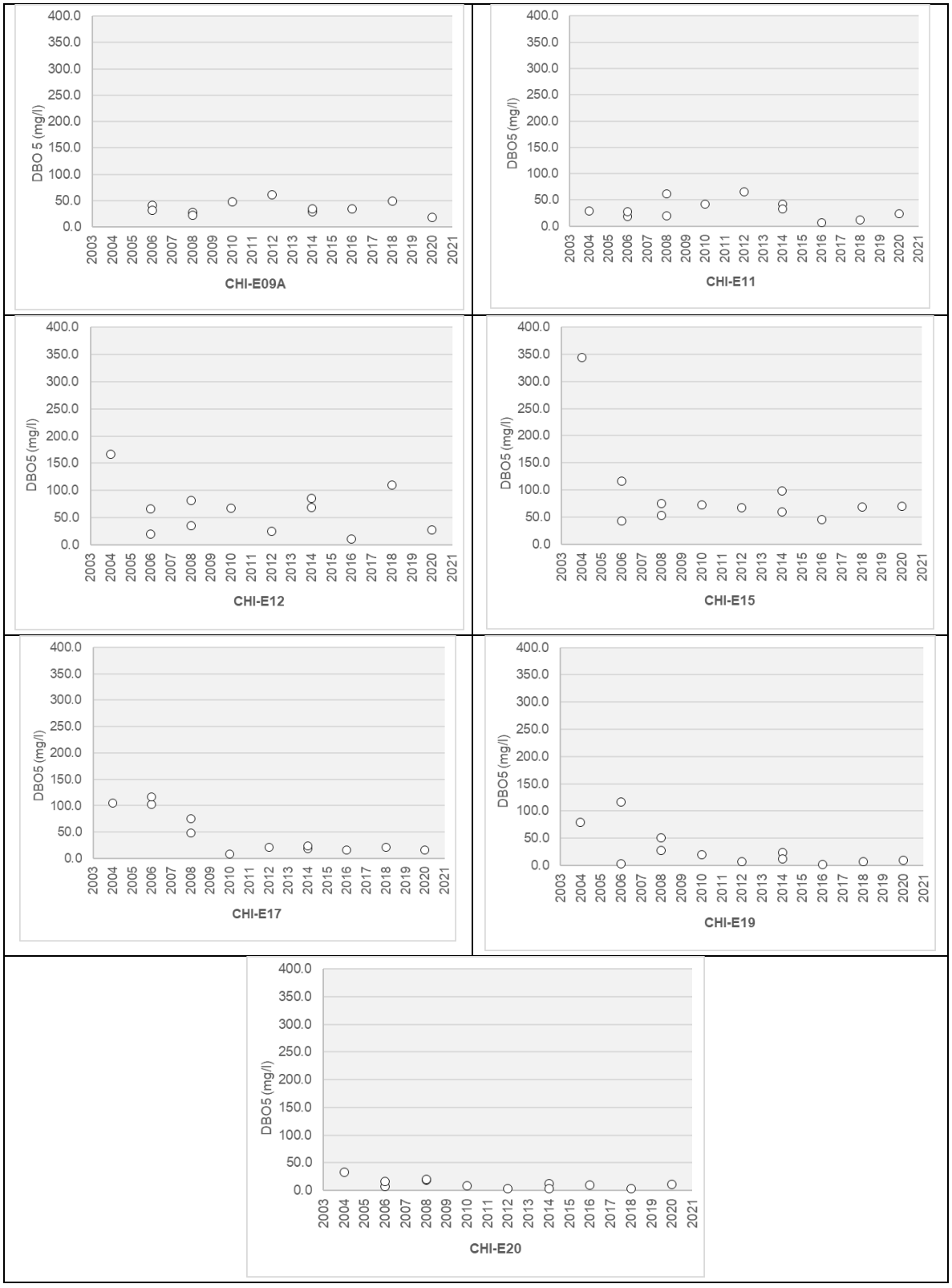


Figura 93. Variación histórica de la DBO_5 Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

En la Figura 94 se presenta el consolidado del oxígeno disuelto para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E09A, CHI-E11, CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17, CHI-E19, y CHI-E20. En general es posible afirmar que el comportamiento de esta variable en todo el tramo es muy regular con valores que han oscilado entre 5.0 y 8.0 mg/L.

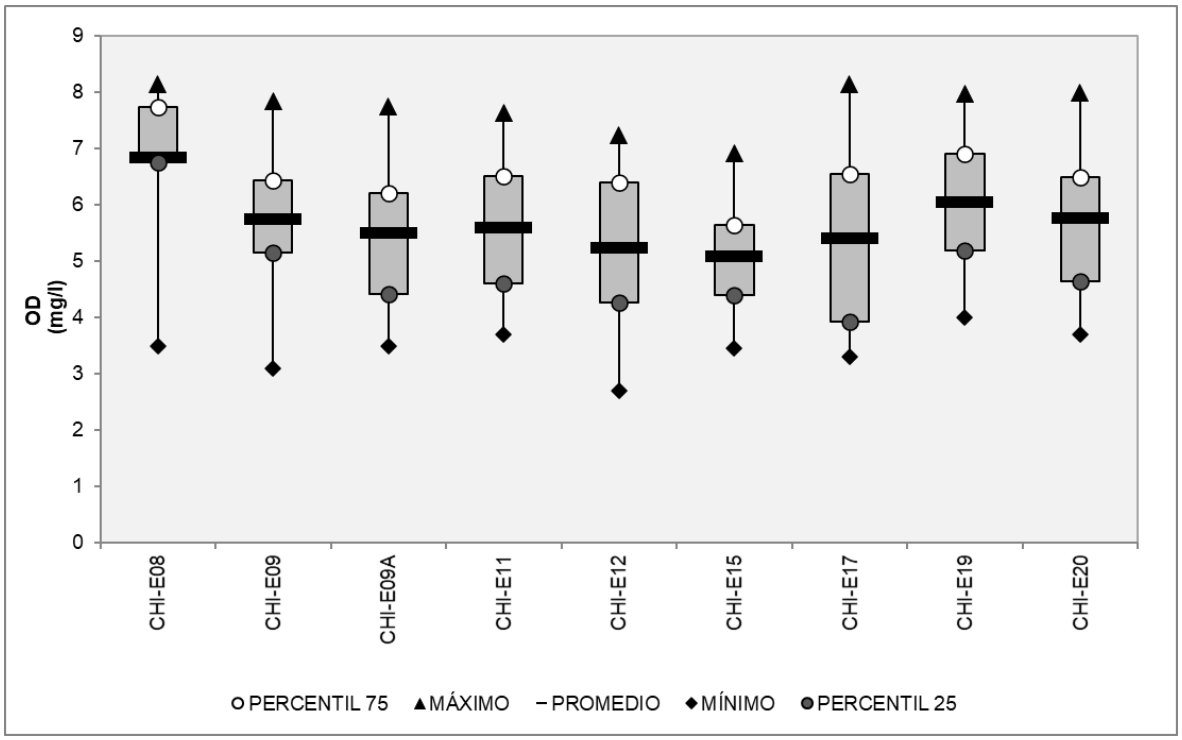


Figura 94. Distribución de datos históricos del oxígeno disuelto Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 95 se presentan los valores mínimos y máximos del oxígeno disuelto reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa que la distribución de los datos reportados ha estado distribuida entre los datos mínimos y máximos y que los valores promedio no se ven afectados por valores extremos atípicos. En este tramo se han presentado valores de OD desde 3.0 mg/L a 8.0 mg/L.

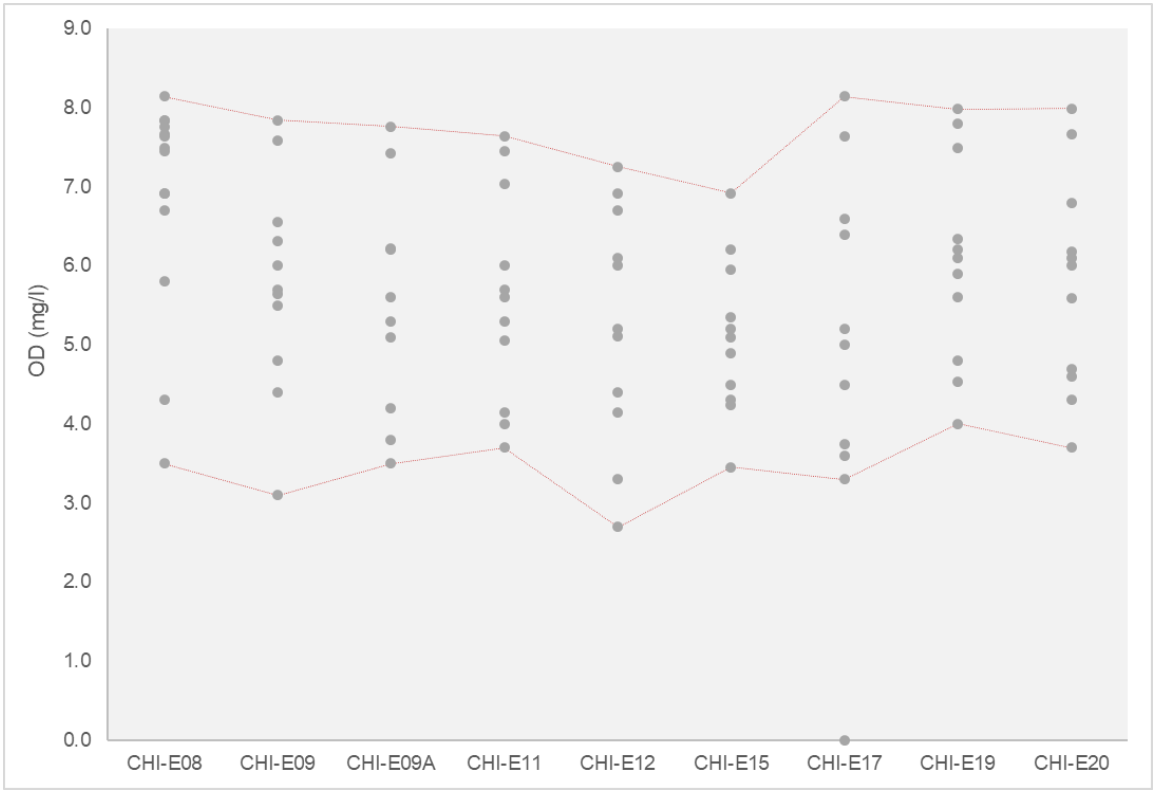
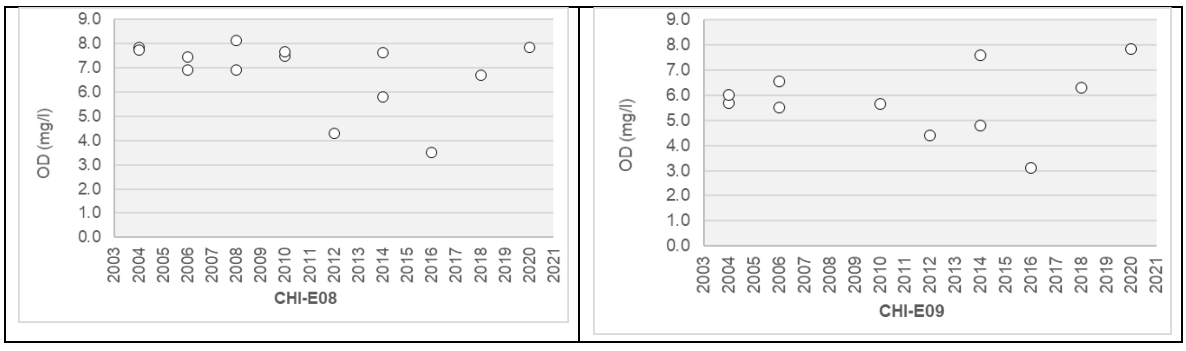


Figura 95.Variación histórica del oxígeno disuelto Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 96 se puede observar el perfil detallado del oxígeno disuelto para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. Para todas las estaciones se observa que los valores mínimos se presentaron entre 2015 y 2016 lo cual pudo haber estado asociado con fenómenos de variabilidad climática como el Fenómeno del Niño presentado en 2015-2016 donde se presentó un aumento significativo de la temperatura y reducción en las precipitaciones.



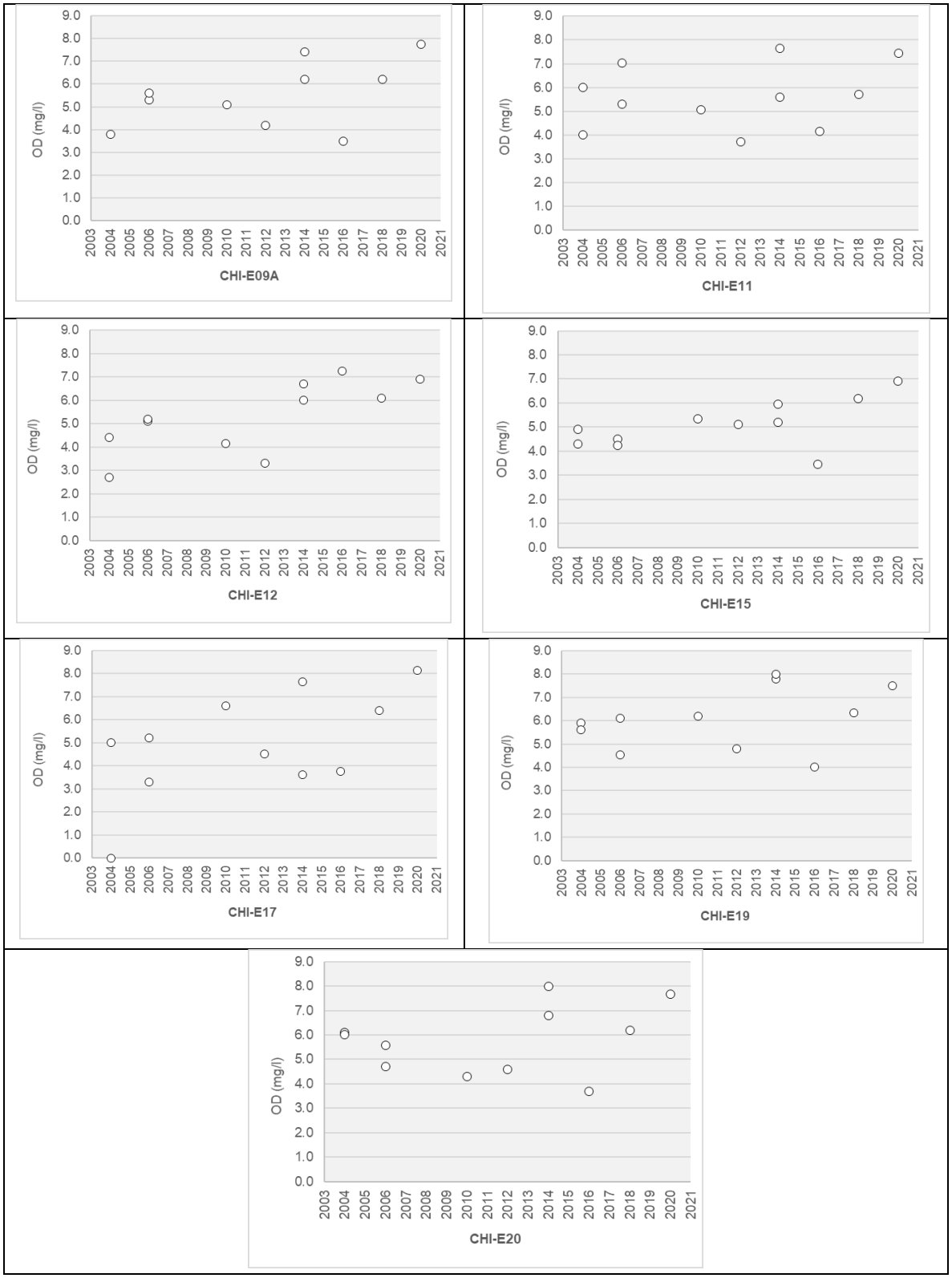


Figura 96.Variación histórica de la temperatura del agua Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

En la Figura 97 se presenta el consolidado de los SST para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E09A, CHI-E11, CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17, CHI-E19, y CHI-E20. En general se observa que para toda la serie se presentan valores muy elevados de sólidos lo cual indica que el fenómeno de contaminación por sólidos para este tramo ha sido de gran magnitud desde los primeros años de registro. Se presentaron valores atípicos entre 400 y 500 mg/L especialmente en las estaciones CHI-E09 (Horno Crematorio), CHI-E17 (Finca Los Naranjos) y CHI-E20 (Antes Quebrada San Juan). En las demás estaciones los valores reportados se ubican entre 200 y 400 mg/L, con valores medios entre 100 y 150 mg/L.

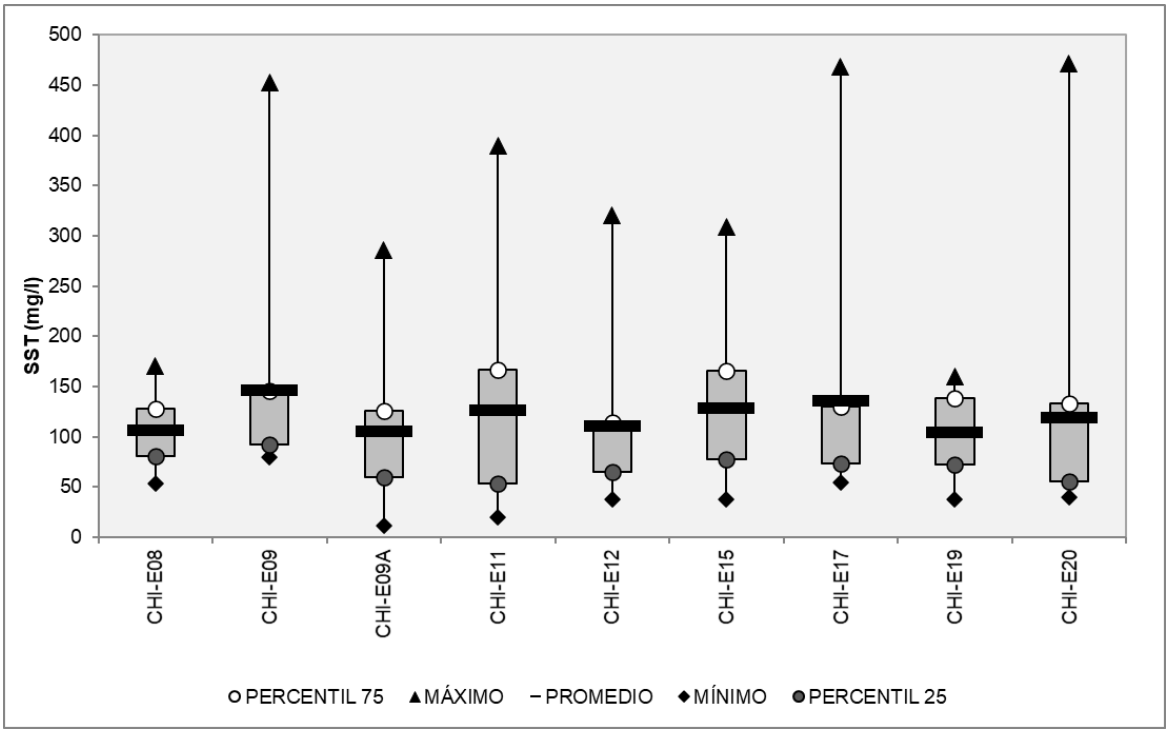


Figura 97. Distribución de datos históricos de los SST del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 98 se presentan los valores mínimos y máximos de los SST reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en esta figura se presenta la distribución de los datos reportados con respecto a los valores mínimos y máximos. En las estaciones CHI-E09 (Horno Crematorio), CHI-E17 (Finca Los Naranjos) y CHI-E20 (Antes Quebrada San Juan) los altos promedios se presentaron debido a tres datos atípicos reportados de 450 mg/L.

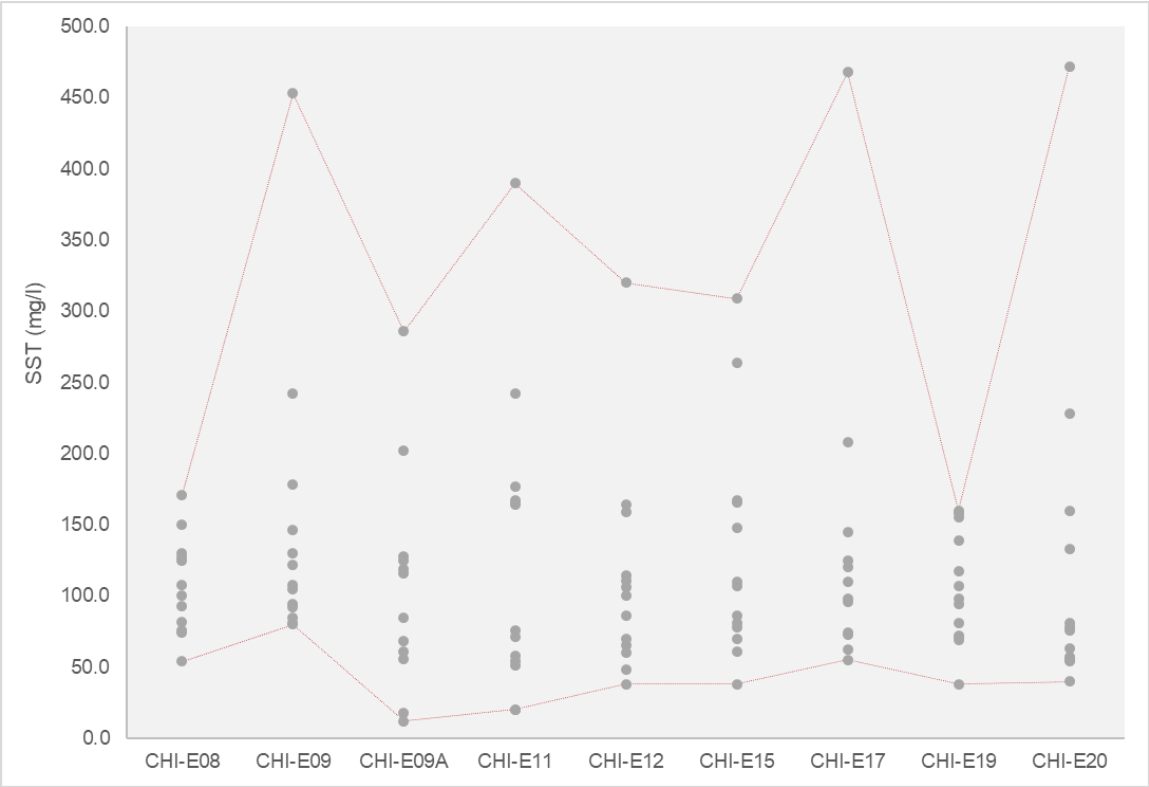
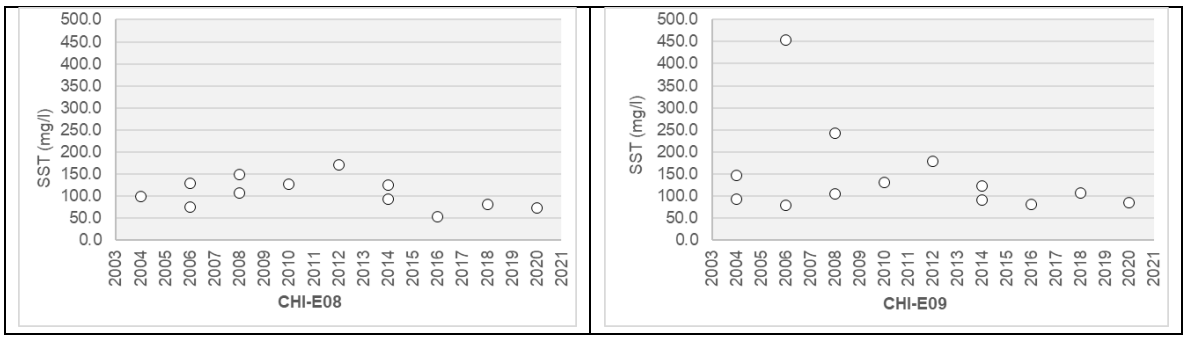


Figura 98. Variación histórica de los SST Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 99 se puede observar el perfil detallado SST para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En las estaciones CHI-E09 (Horno Crematorio), CHI-E17 (Finca Los Naranjos) y CHI-E20 (Antes Quebrada San Juan) los valores reportados más altos se presentaron en el año 2006, 2014 y 2016, respectivamente. Para las demás estaciones se puede observar que los valores varían de año a año en un rango de 100 a 200 mg/L.



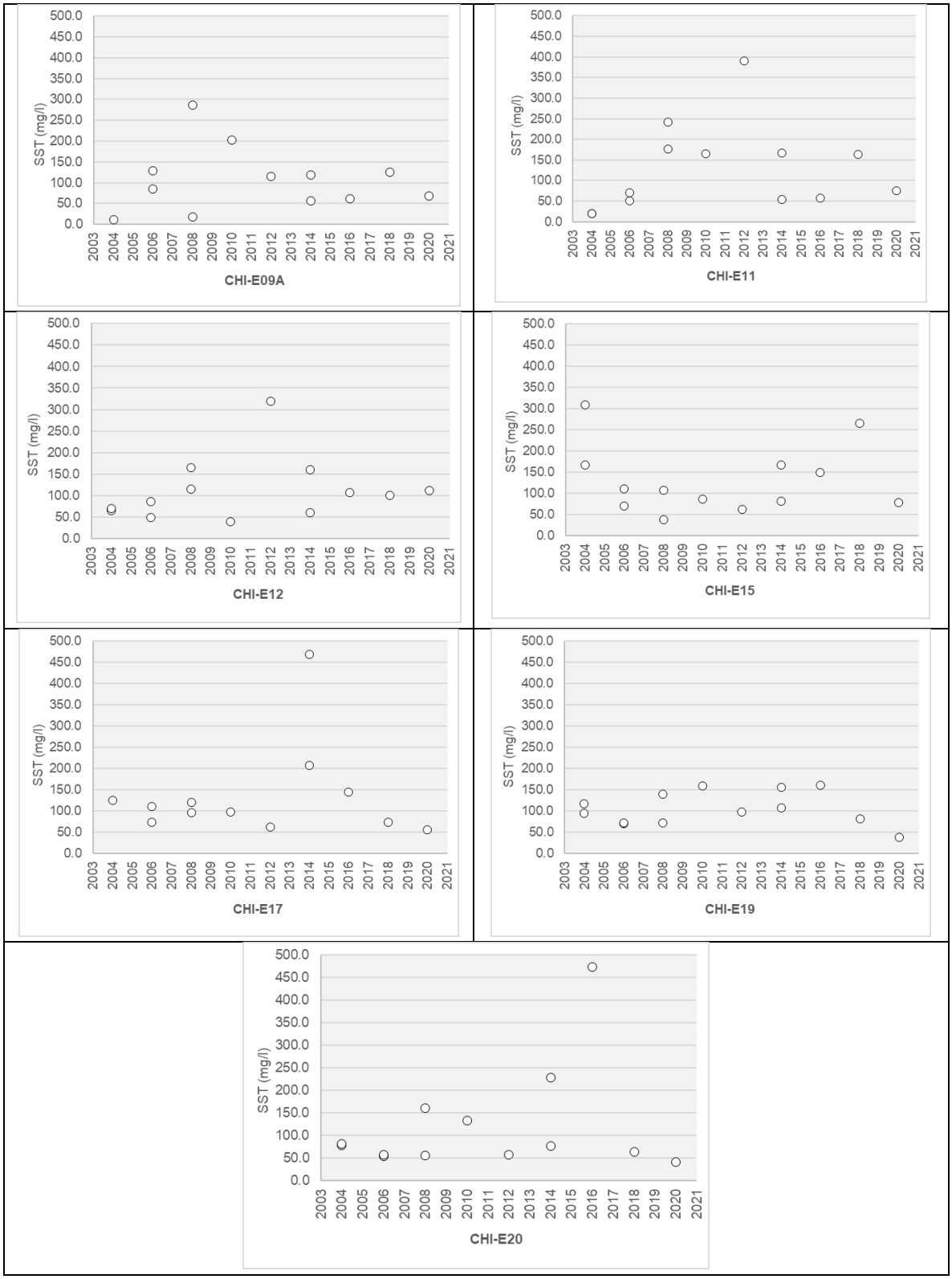


Figura 99. Variación histórica de los SST Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Coliformes Fecales (CF)**

En la Figura 100 se presenta el consolidado de los coliformes fecales para toda la serie histórica analizada en las estaciones del río Chinchiná CHI-E08, CHI-E09, CHI-E09A, CHI-E09A, CHI-E11, CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17, CHI-E19, y CHI-E20. En la gráfica se observa que la concentración de coliformes aumenta progresivamente a lo largo del tramo hasta alcanzar el orden de 1 x 10^6 UFC/100ml y luego disminuye hasta 1 x 10^4 UFC/100ml en CHI-E20.

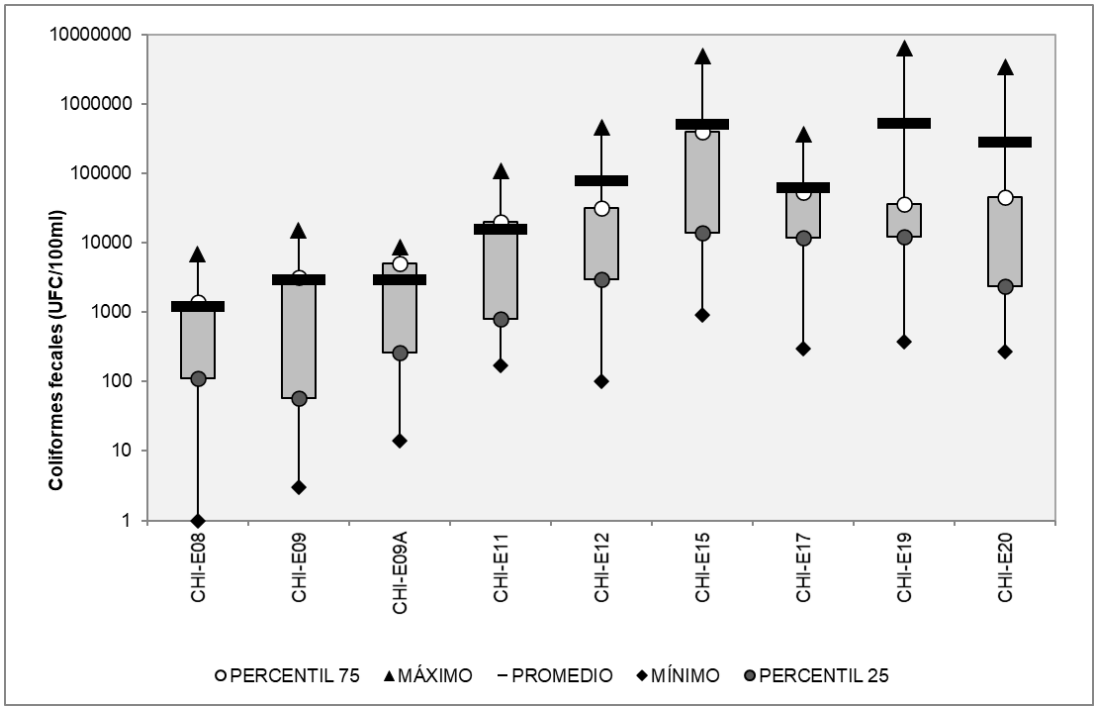


Figura 100. Distribución de datos históricos de los Coliformes fecales Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 101 se presentan los valores mínimos y máximos coliformes fecales reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en esta figura se presenta la distribución de los datos reportados con respecto a los valores mínimos y máximos.

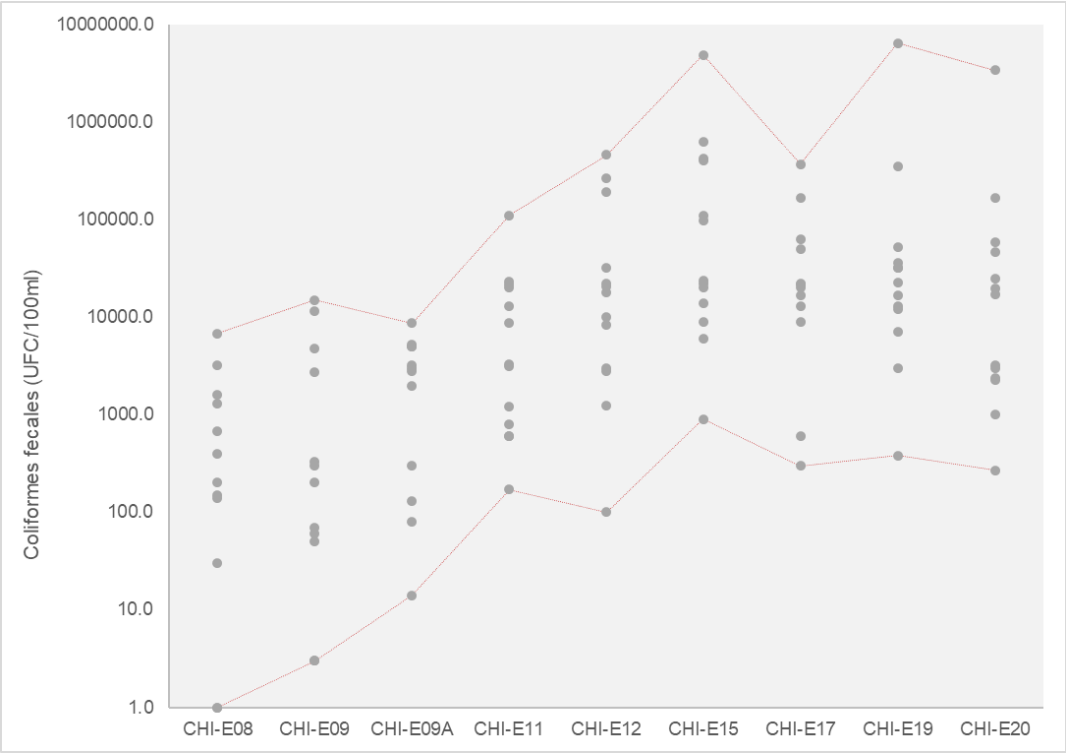
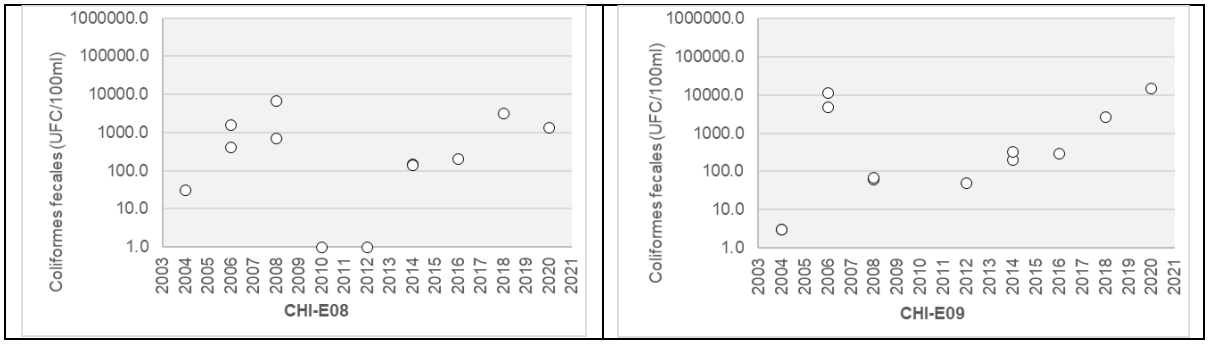


Figura 101. Variación histórica Coliformes fecales Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 102 se puede observar el perfil detallado de coliformes fecales para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.



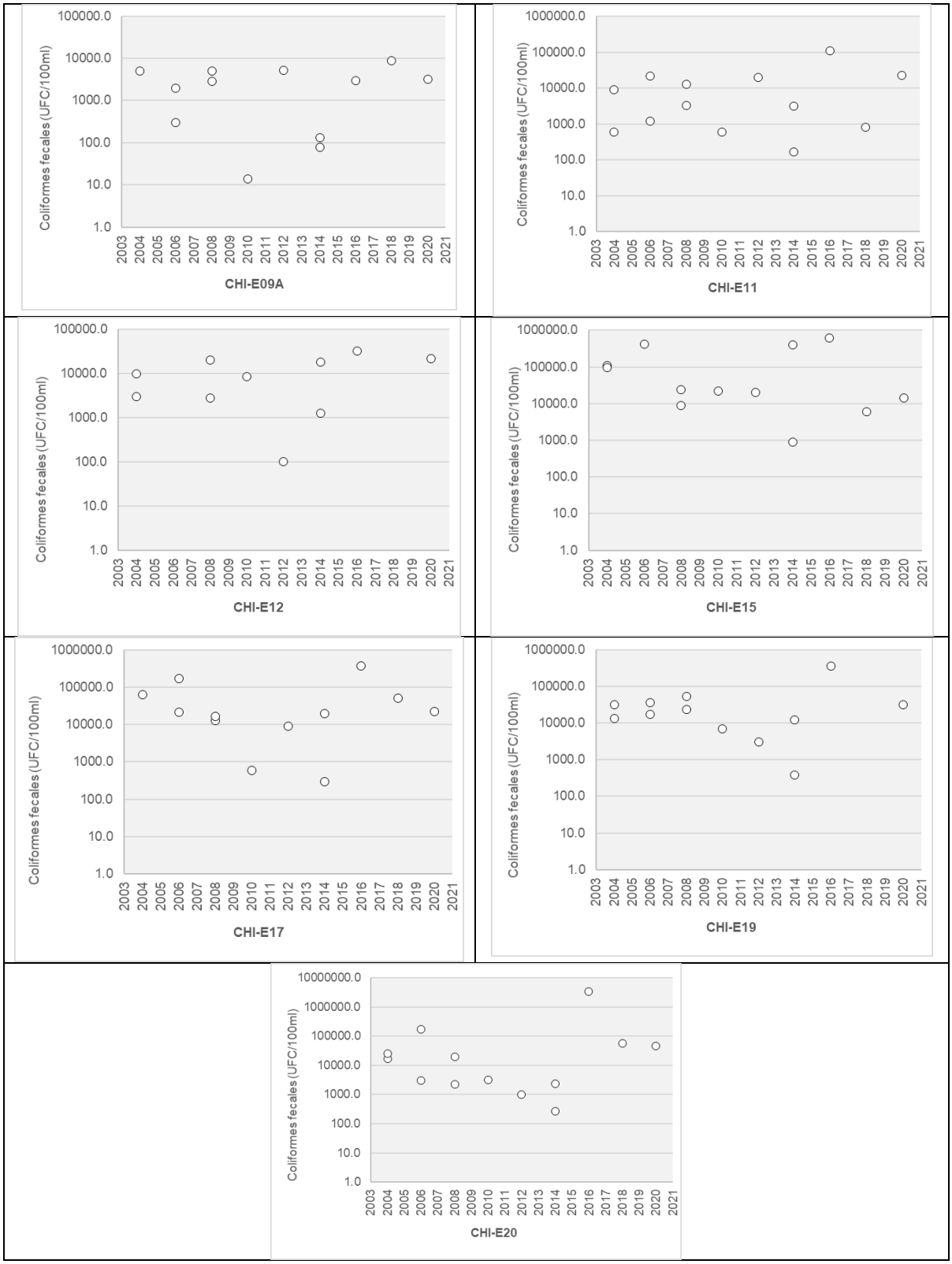


Figura 102. Variación histórica de Coliformes fecales Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

6.2.2. Tributarios Río Chinchiná

- **Temperatura del agua**

En la Figura 103 se presenta el consolidado de la temperatura del agua para toda la serie histórica analizada en los tributarios del tramo IV del río Chinchiná; CHI-T10, CHI-T11, CHI-T12, CHI-T13, CHI-T14, CHI-T15, CHI-T16, CHI-T17, CHI-T18, CHI-T19, CHI-T20, CHI-T21, CHI-T22, CHI-T23, CHI-T24, CHI-T25, CHI-T26, CHI-T27, CHI-T28, CHI-T29, CHI-T30, CHI-T31, CHI-T32, CHI-T33, CHI-T34, CHI-T35, CHI-T36, CHI-T37. En la figura se observa que el comportamiento de la temperatura ha sido regular en todos los tributarios de este tramo, los valores se encuentran entre 10 y 25 °C con un valor medio de 15°C, se han presentado algunos valores atípicos en los tributarios Descole N° 3 y 4 Villamaría (CHI-T22), Quebrada 2615-002-077 (CHI-T31), Quebrada 2615-002-076 (CHI-T32) y Quebrada El Arroyo (CHI-T35) con valores mínimos de hasta 10°C.

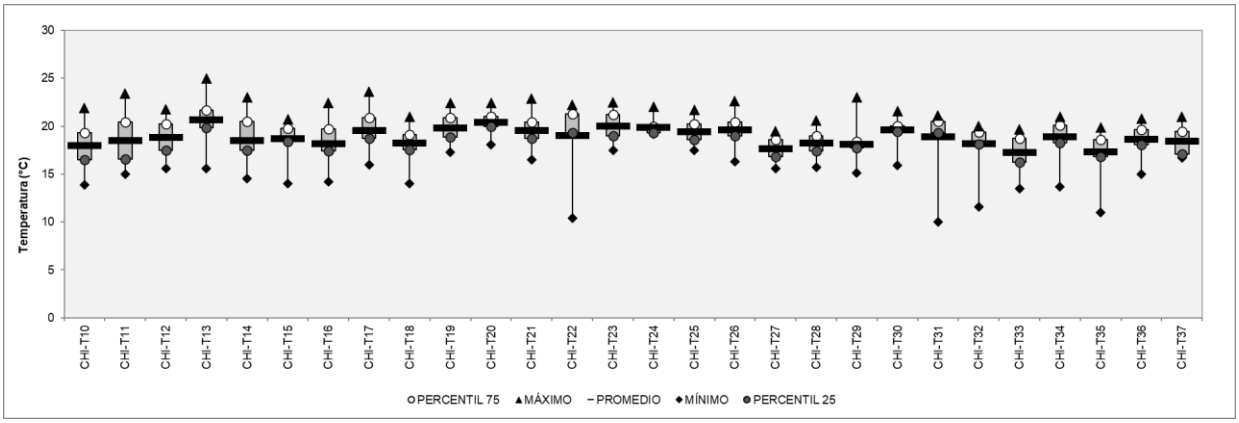


Figura 103. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 104 se presentan los valores mínimos y máximos de la temperatura del agua reportados para los tributarios de este tramo. En esta figura se observa que la temperatura presenta un comportamiento regular en todos los tributarios y que los valores atípicos corresponden a un solo dato reportado para los tributarios CHI-T22 (Descole N° 3 y 4 Villamaría) y CHI-T31 (Quebrada 2615-002-077).

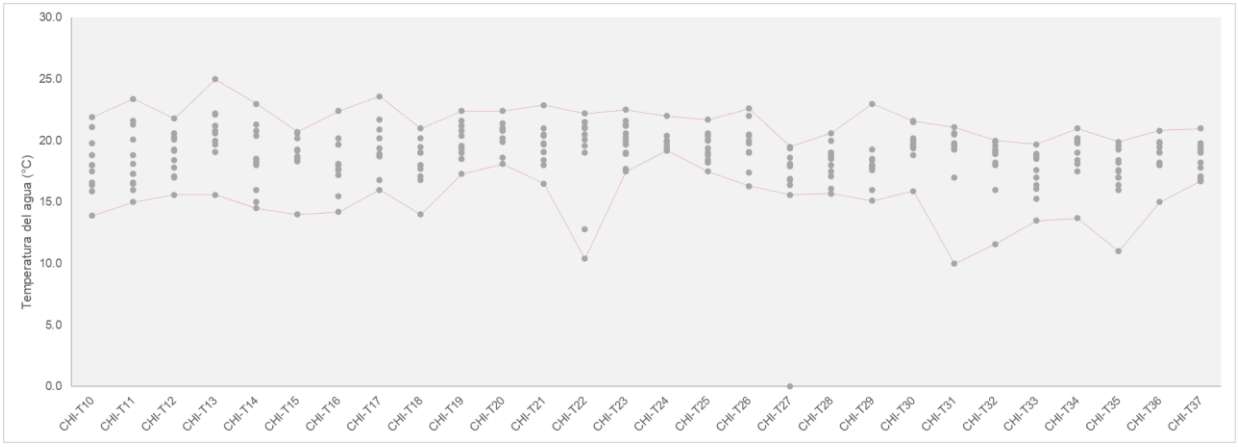
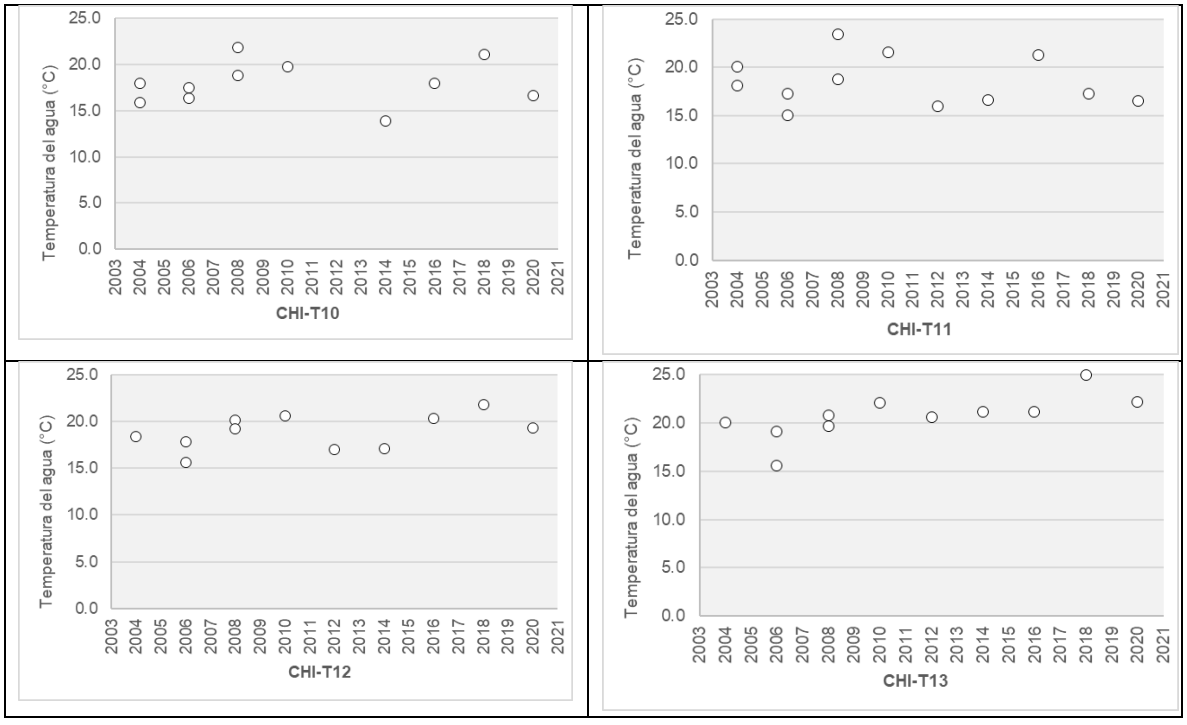
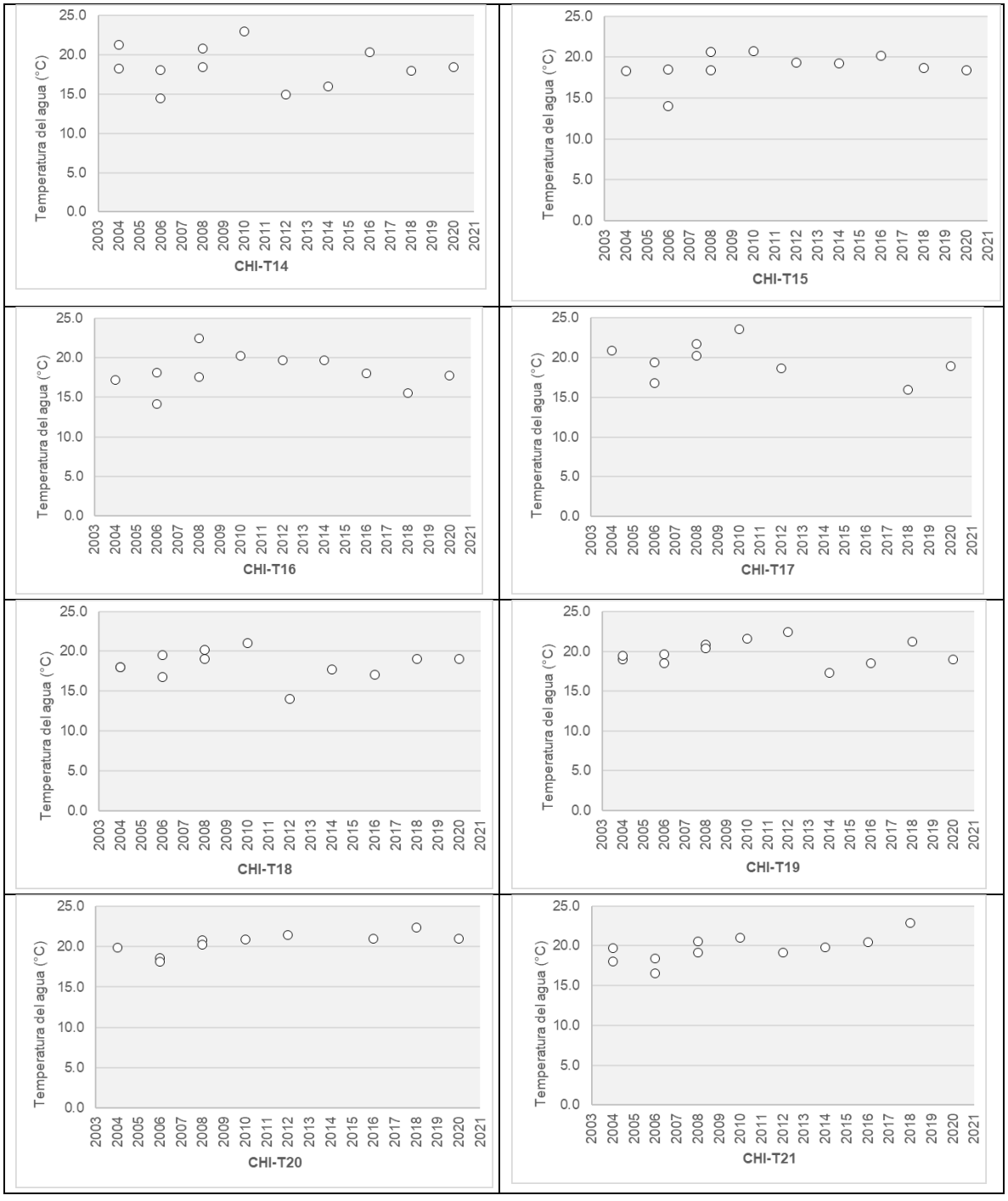
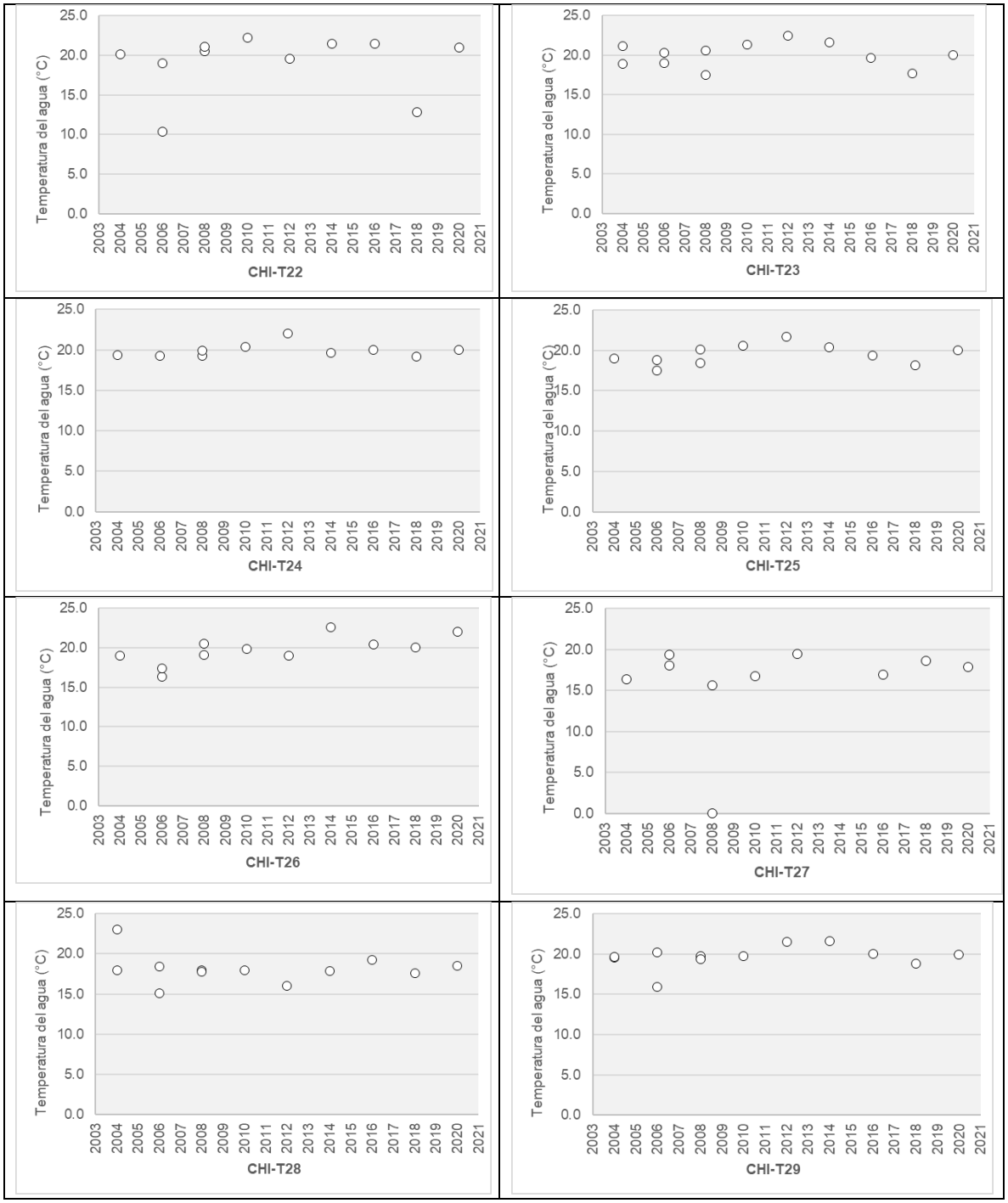


Figura 104. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 105 se puede observar el perfil detallado de la temperatura del agua para cada tributario de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.




Temperatura del agua (°C)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T14
CHI-T15
CHI-T16
CHI-T17
CHI-T18
CHI-T19
CHI-T20
CHI-T21


Temperatura del agua (°C)
CHI-T22
CHI-T23
CHI-T24
CHI-T25
CHI-T26
CHI-T27
CHI-T28
CHI-T29

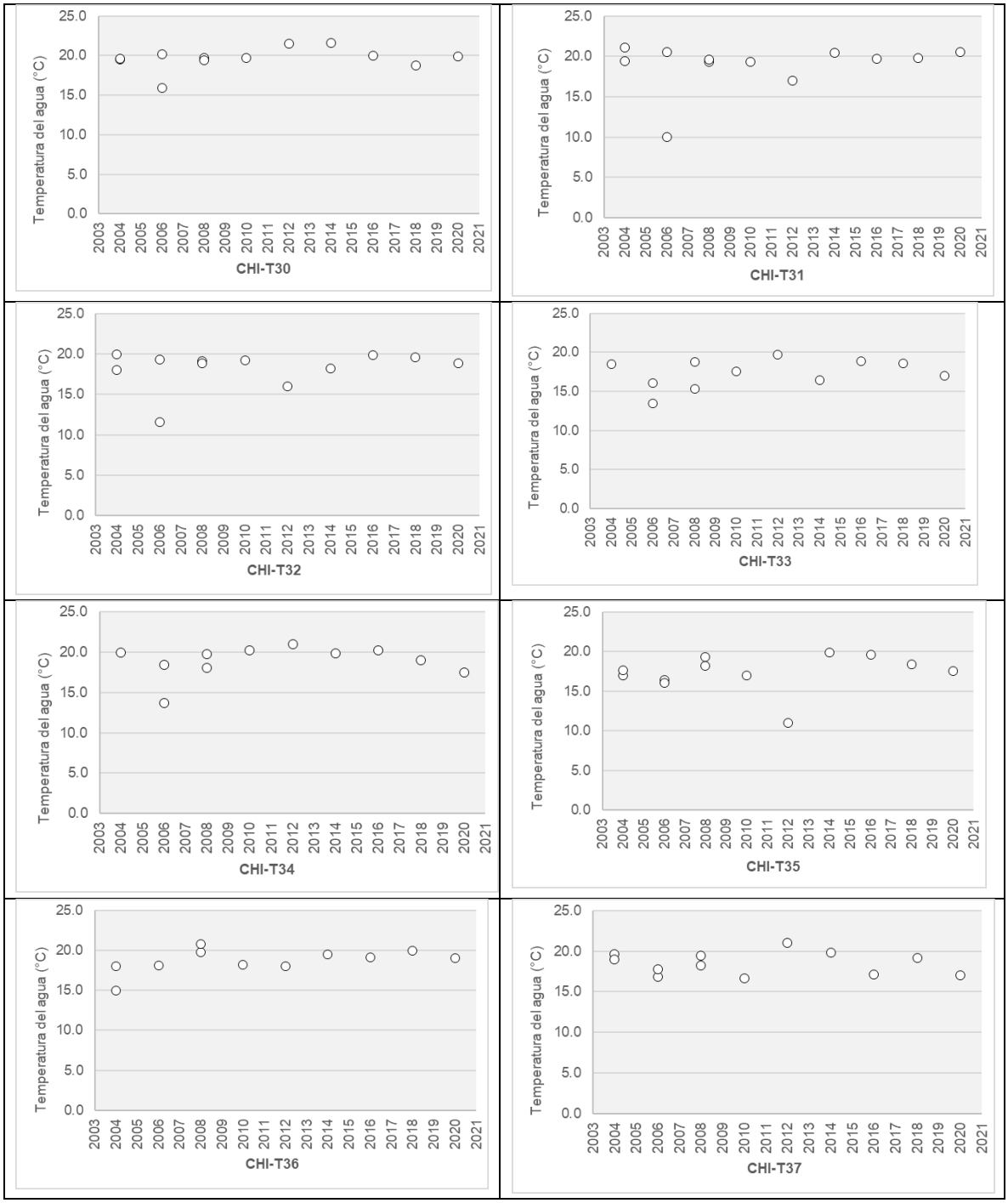


Figura 105. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **pH**

En la Figura 106 se presenta el consolidado de los resultados del pH para toda la serie histórica analizada en los tributarios del tramo IV del río Chinchiná; CHI-T10,

CHI-T11, CHI-T12, CHI-T13, CHI-T14, CHI-T15, CHI-T16, CHI-T17, CHI-T18, CHI-T19, CHI-T20, CHI-T21, CHI-T22, CHI-T23, CHI-T24, CHI-T25, CHI-T26, CHI-T27, CHI-T28, CHI-T29, CHI-T30, CHI-T31, CHI-T32, CHI-T33, CHI-T34, CHI-T35, CHI-T36, CHI-T37. En la figura se observa que el comportamiento del pH ha sido regular en todos los tributarios de este tramo, en general, todos los tributarios han presentado valores de pH que se encuentran entre 6.0 y 9.0 unidades con excepción de algunos valores extremos en CHI-T16 (Quebrada 2615-002-092) y CHI-T33 (Descarga de Planta Municipal) con valores de 4.0 unidades.

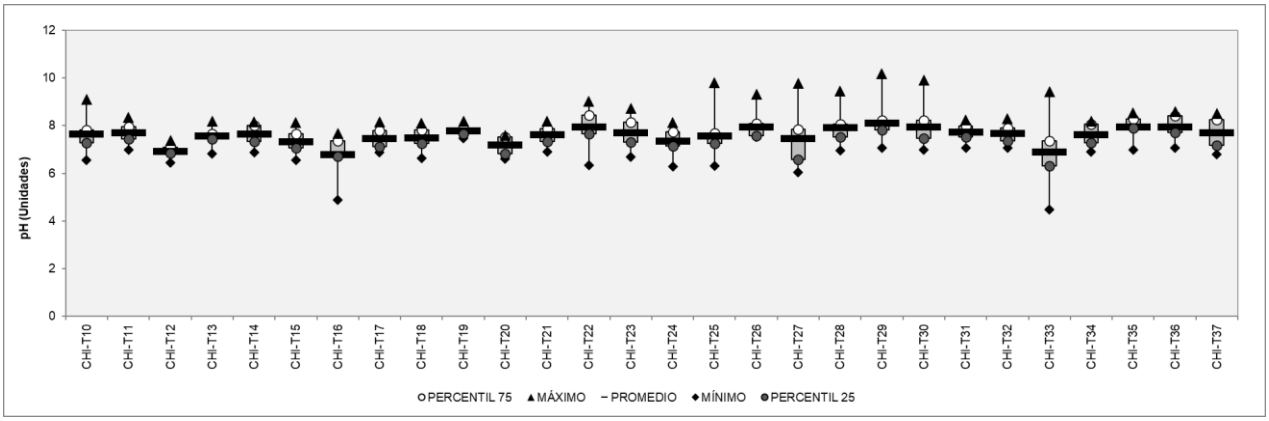


Figura 106. Distribución de datos históricos del pH en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 107 se presentan los valores mínimos y máximos de la temperatura del agua reportados para los tributarios de este tramo. En esta figura se observa que el pH presenta un comportamiento regular en todos los tributarios.

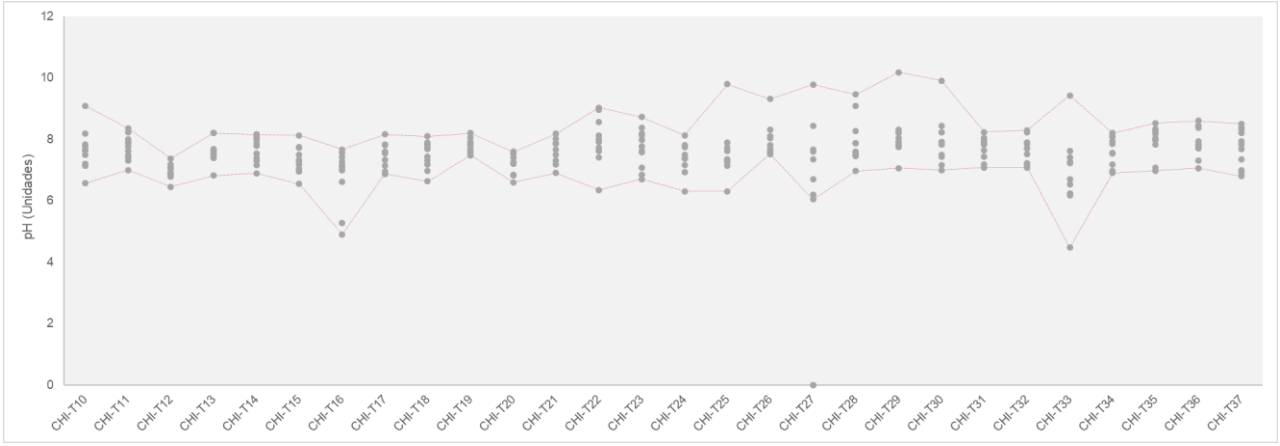
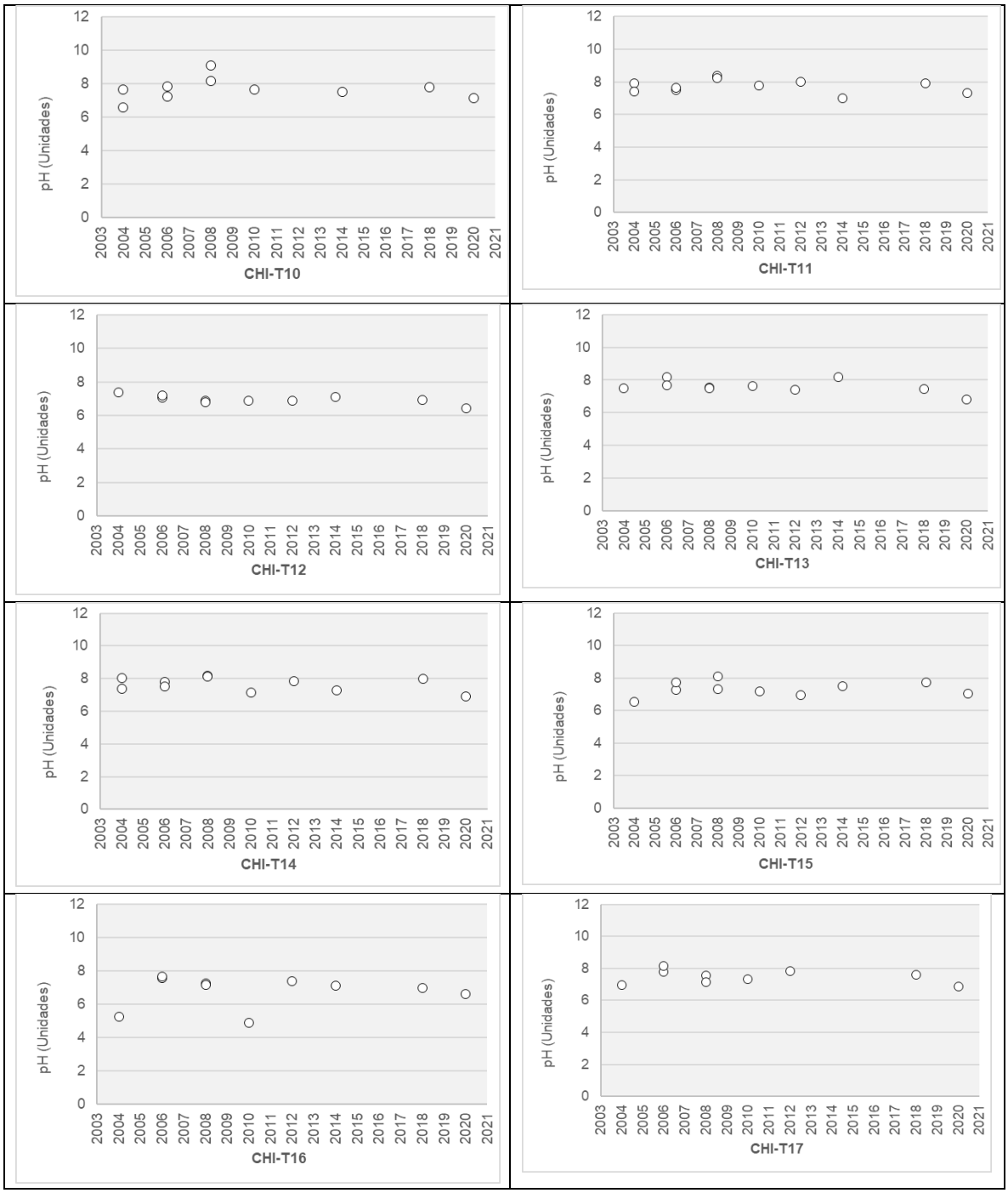
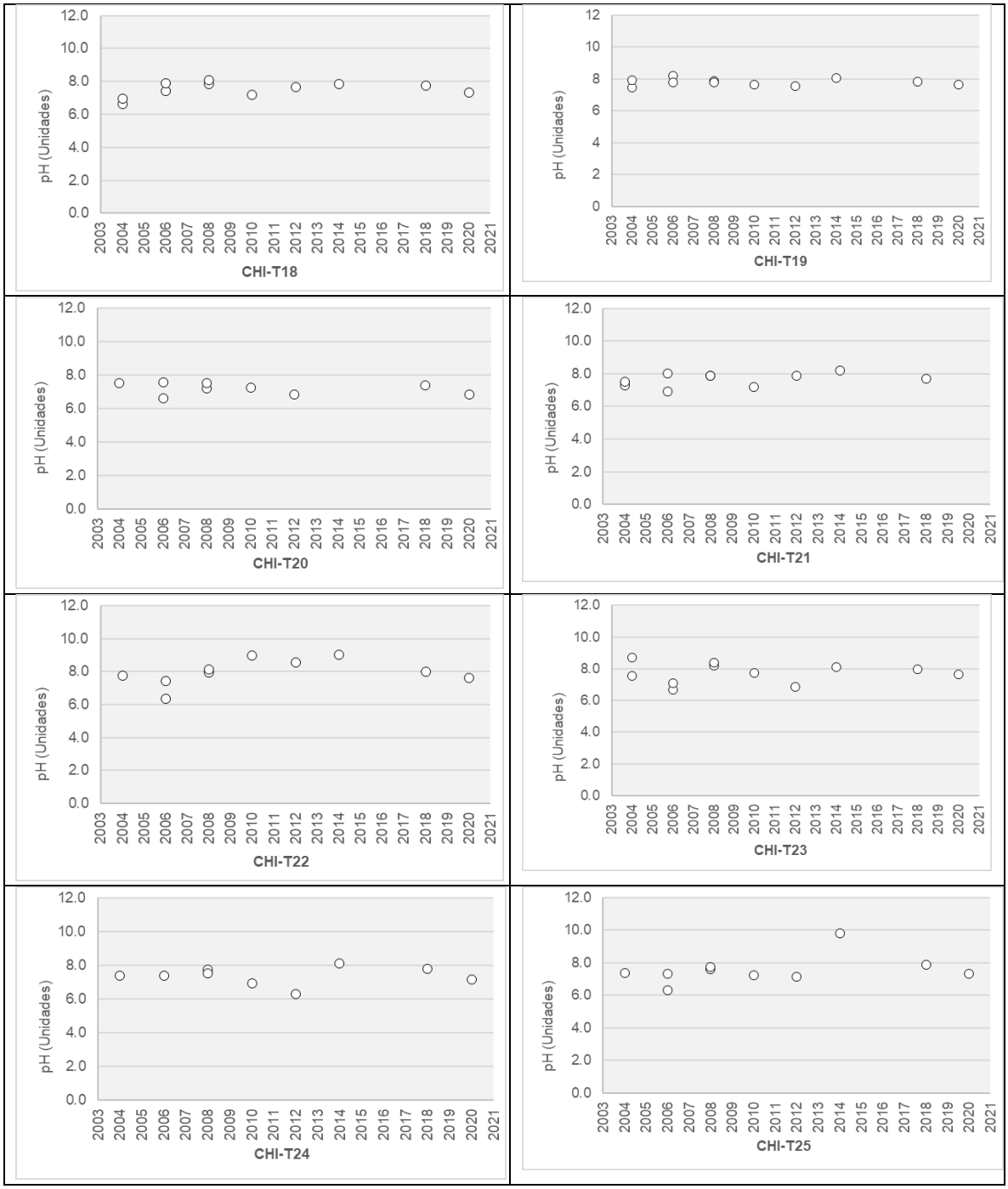
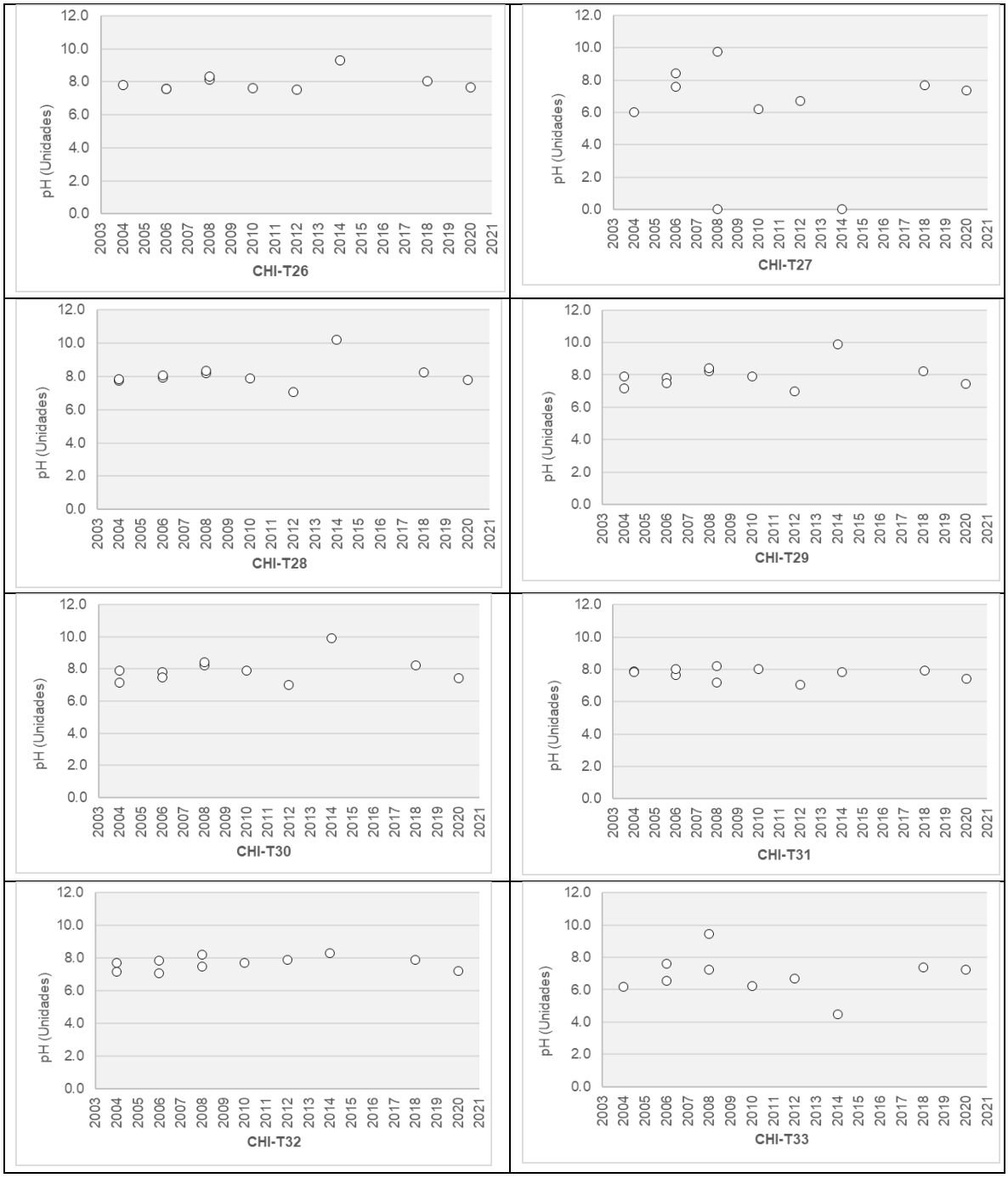


Figura 107. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 108 se puede observar el perfil detallado del pH para cada tributario de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En esta figura es posible observar la temporalidad de los datos presentados para cada tributario y la variabilidad temporal del pH año a año en cada punto de medición.




pH (Unidades)
CHI-T18
CHI-T19
CHI-T20
CHI-T21
CHI-T22
CHI-T23
CHI-T24
CHI-T25


pH (Unidades)
CHI-T26
CHI-T27
CHI-T28
CHI-T29
CHI-T30
CHI-T31
CHI-T32
CHI-T33

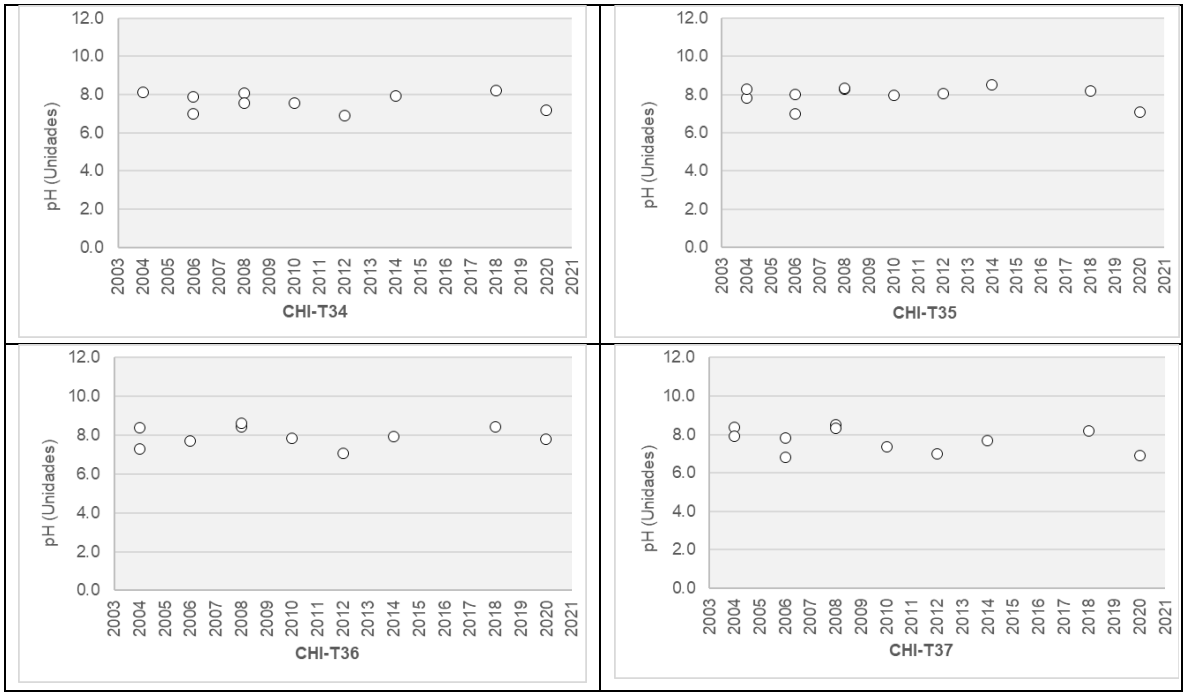


Figura 108. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)**

En la Figura 109 se presenta el consolidado de la DBO_5 para toda la serie histórica analizada en los tributarios del tramo IV del río Chinchiná; CHI-T10, CHI-T11, CHI-T12, CHI-T13, CHI-T14, CHI-T15, CHI-T16, CHI-T17, CHI-T18, CHI-T19, CHI-T20, CHI-T21, CHI-T22, CHI-T23, CHI-T24, CHI-T25, CHI-T26, CHI-T27, CHI-T28, CHI-T29, CHI-T30, CHI-T31, CHI-T32, CHI-T33, CHI-T34, CHI-T35, CHI-T36, CHI-T37. En la figura se observa un comportamiento diferenciado en cuanto a esta variable para todos los tributarios. Los que han presentado las concentraciones más bajas con CHI-T11, CHI-T12, CHI-T14, CHI-T15, CHI-T16, CHI-T17, CHI-T18, CHI-T27, CHI-T33, CHI-T34, CHI-T35, CHI-T36 y CHI-T37. Los valores más altos se presentan en los tributarios CHI-T20, CHI-T21, CHI-T22, CHI-T25 y CHI-T26. Para estos tributarios las concentraciones se han reportado entre 200 mg/L y 600 mg/L. Se presentó un valor extremo en el tributario CHI-T25 de 1800 mg/L.

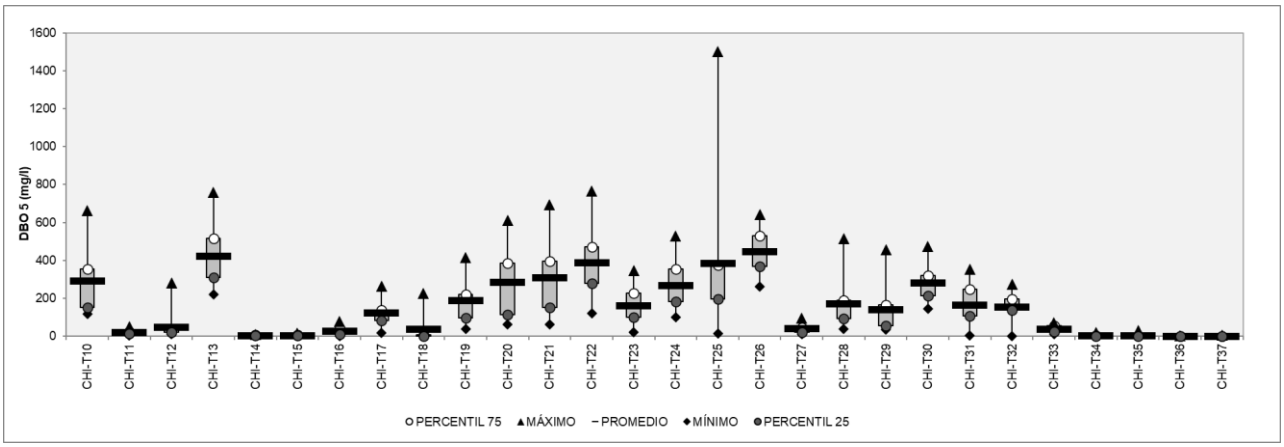


Figura 109. Distribución de datos históricos de la DBO_5 en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 110 se presentan los valores mínimos y máximos de la DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa la distribución de los datos reportados para DBO_5 con respecto a los valores mínimos y máximos reportados.

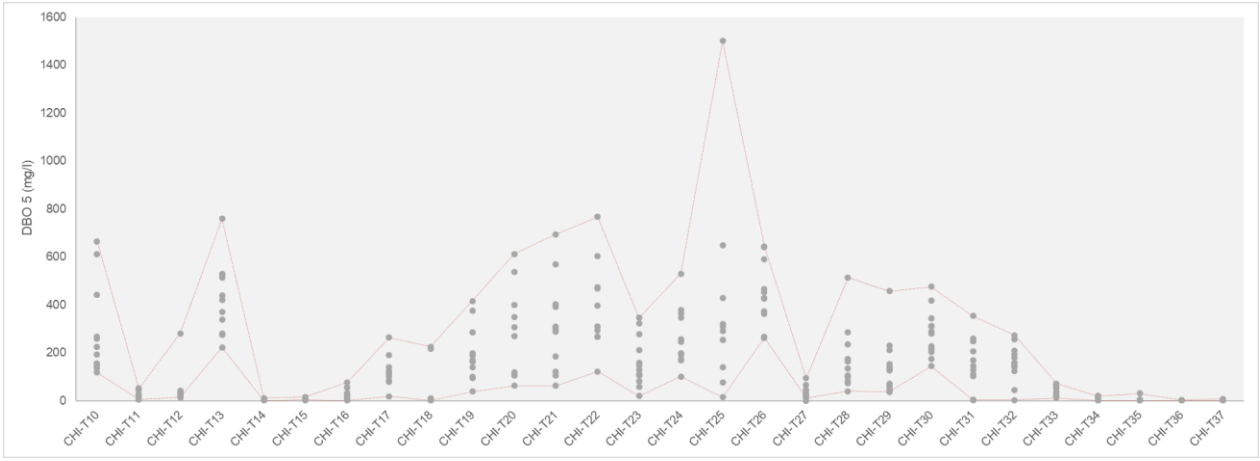
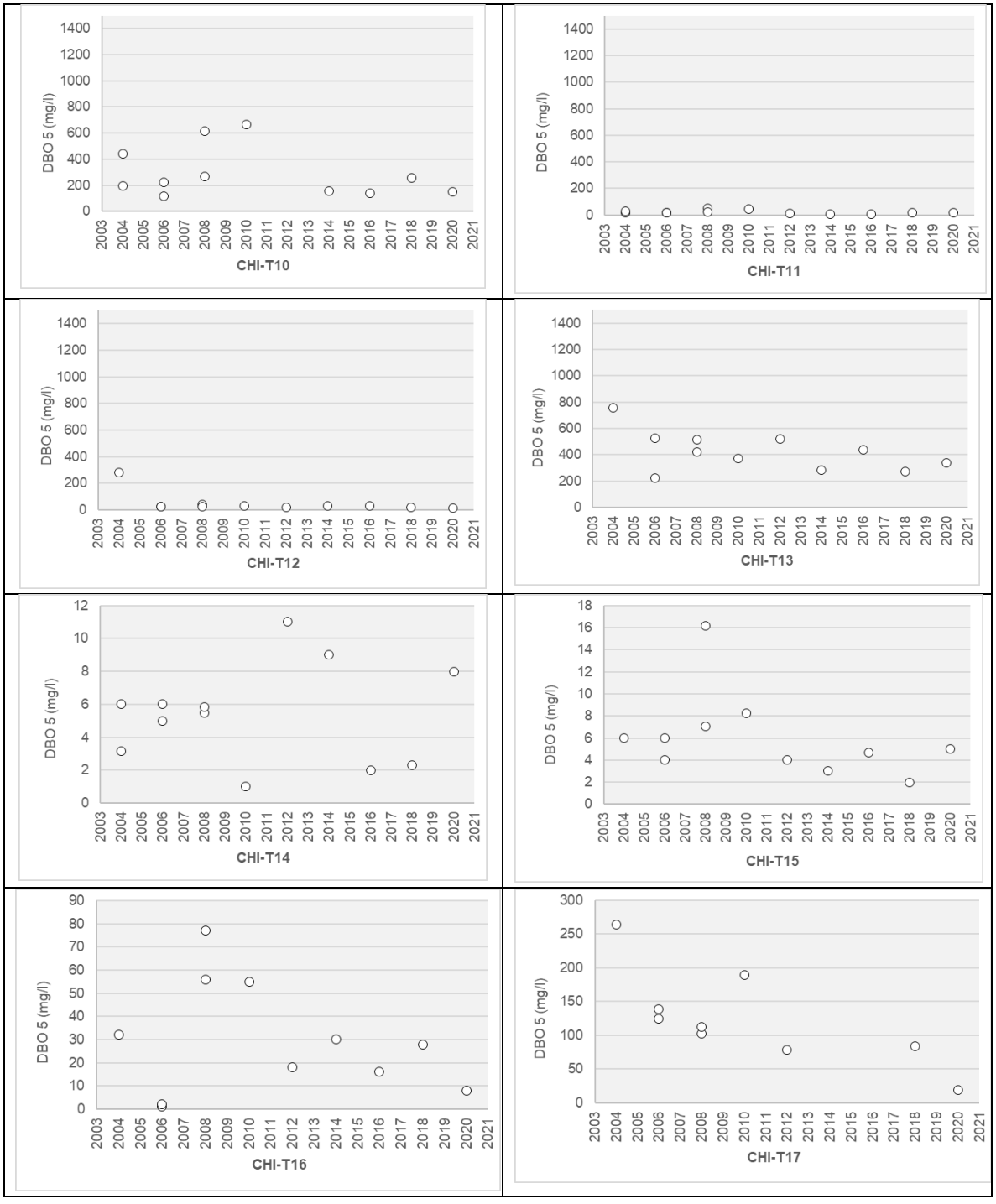
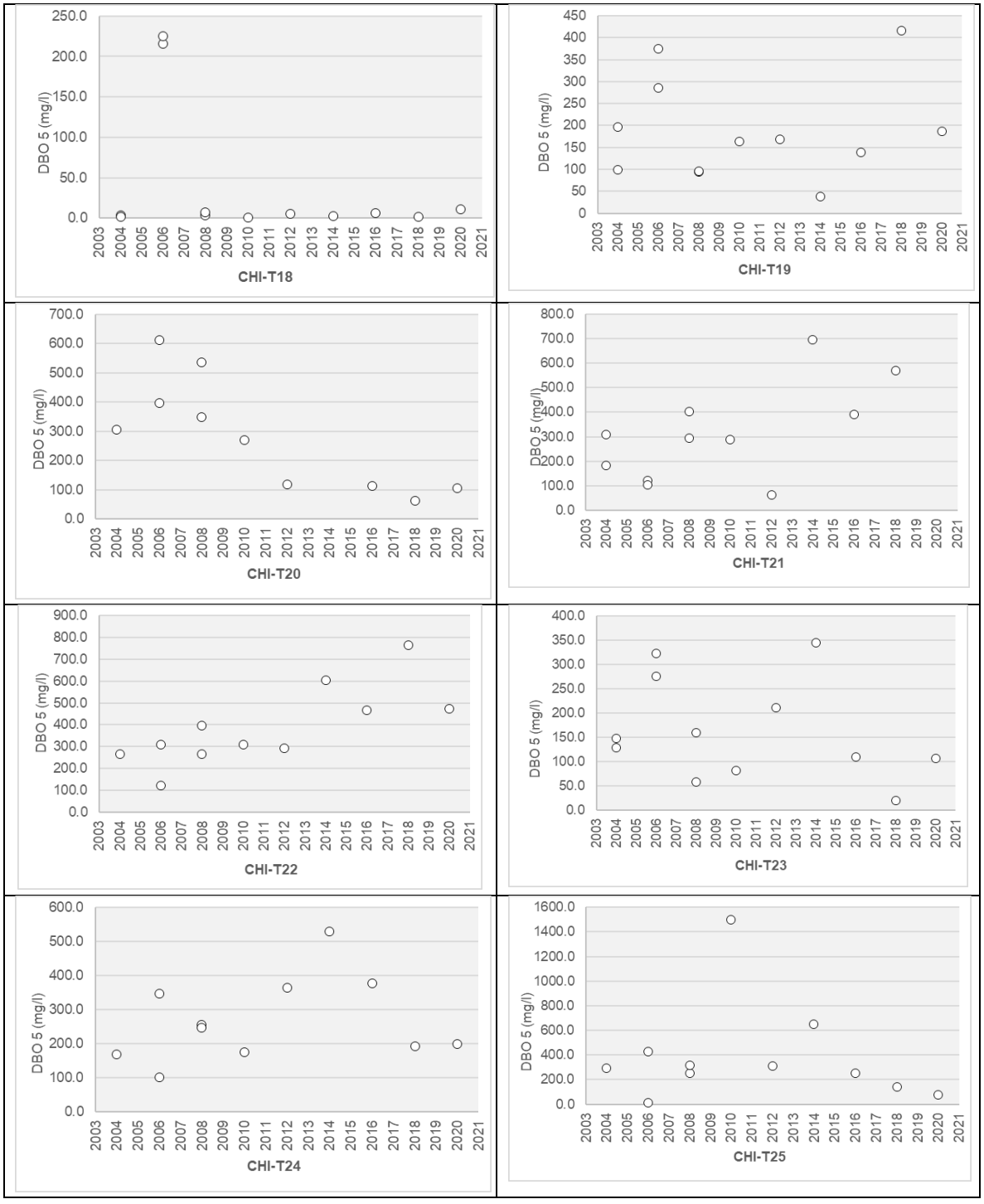
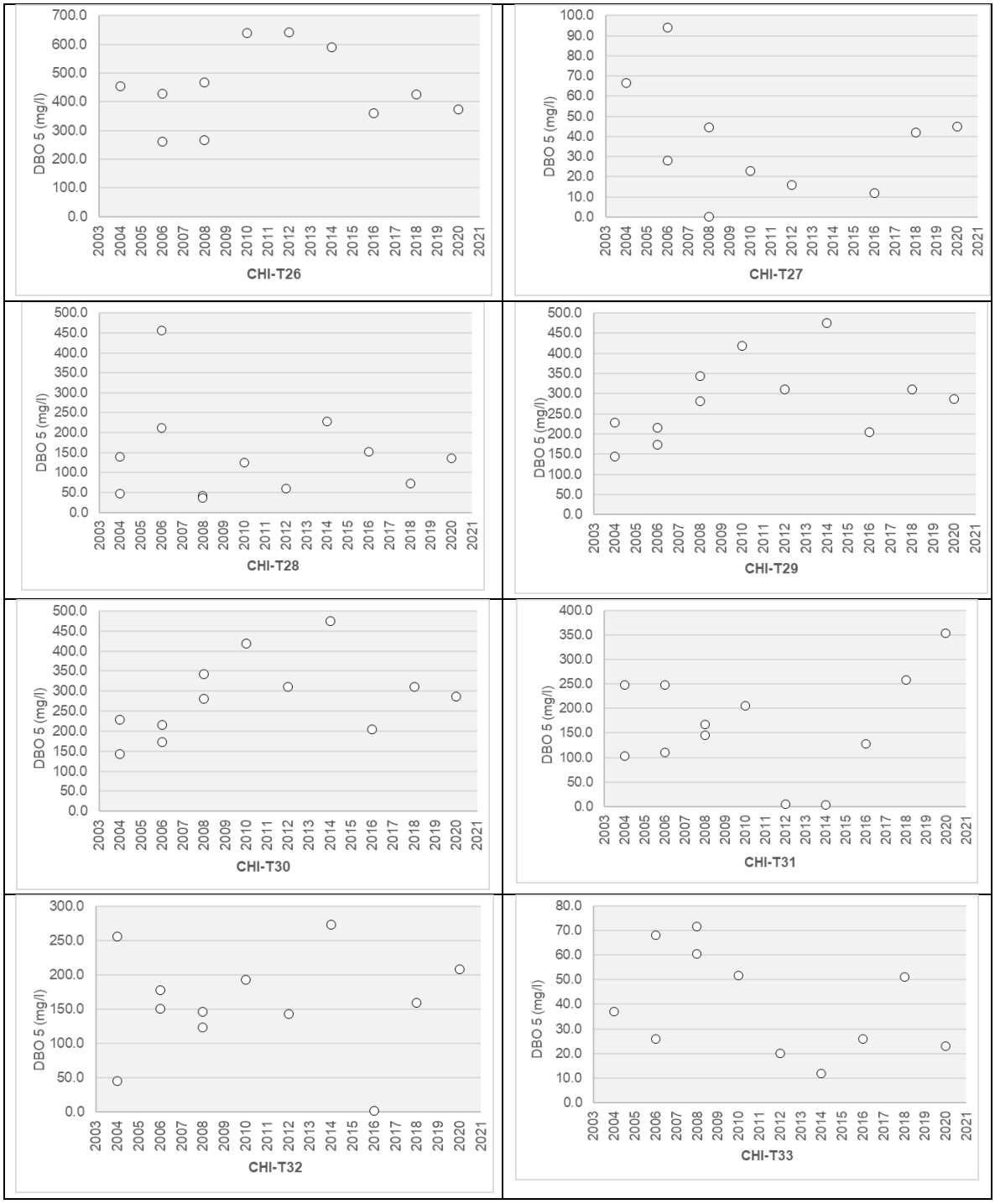


Figura 110. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 111 se puede observar el perfil detallado de la DBO_5 para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.


DBO 5 (mg/l)
CHI-T10
CHI-T11
CHI-T12
CHI-T13
CHI-T14
CHI-T15
CHI-T16
CHI-T17


DBO 5 (mg/l)
CHI-T18
CHI-T19
CHI-T20
CHI-T21
CHI-T22
CHI-T23
CHI-T24
CHI-T25


DBO 5 (mg/l)
CHI-T26
CHI-T27
CHI-T28
CHI-T29
CHI-T30
CHI-T31
CHI-T32
CHI-T33

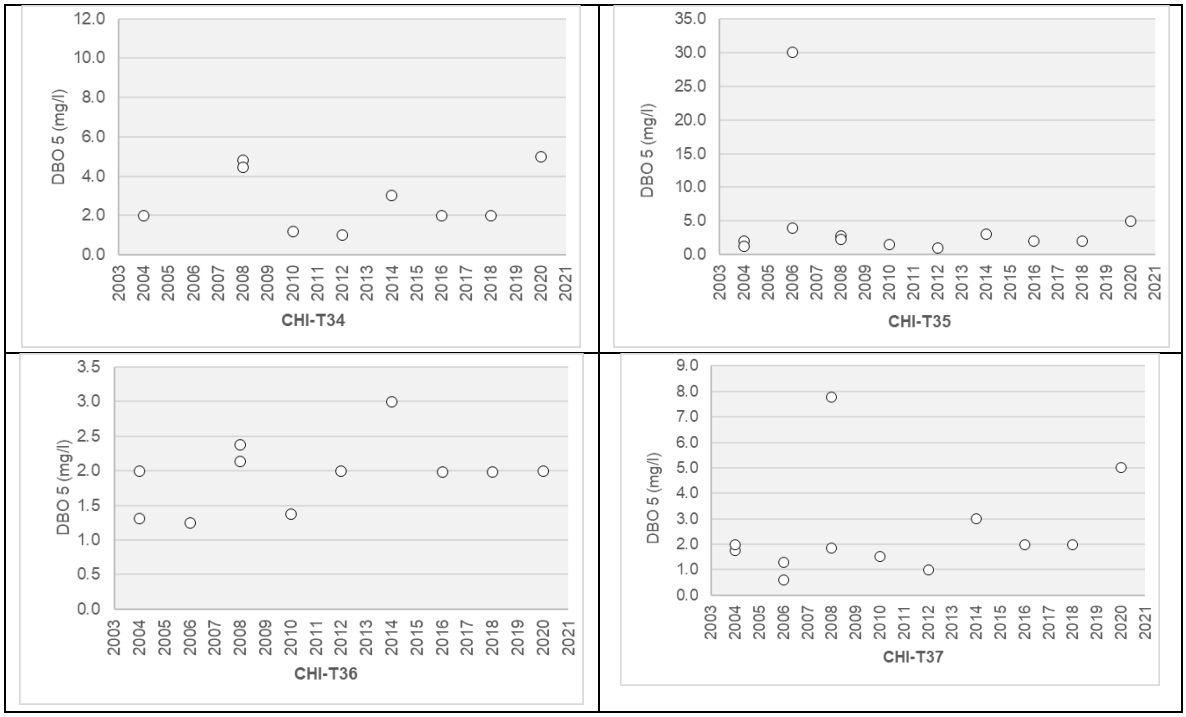


Figura 111. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

En la Figura 112 se presenta el consolidado de la temperatura del agua para toda la serie histórica analizada en los tributarios del tramo IV del río Chinchiná; CHI-T10, CHI-T11, CHI-T12, CHI-T13, CHI-T14, CHI-T15, CHI-T16, CHI-T17, CHI-T18, CHI-T19, CHI-T20, CHI-T21, CHI-T22, CHI-T23, CHI-T24, CHI-T25, CHI-T26, CHI-T27, CHI-T28, CHI-T29, CHI-T30, CHI-T31, CHI-T32, CHI-T33, CHI-T34, CHI-T35, CHI-T36, CHI-T37. Los valores reportados para los tributarios se encuentran entre 3.0 y 8.0 mg/L. En este tramo se presenta variabilidad en los resultados, entre los tributarios CHI-T20 y CHI-T26 se presentan los valores más bajos de oxígeno, entre 1.0 y 4.0 mg/L. Los valores más altos se encuentran en los tributarios de CHI-T14 a CHI-T18 y de CHI-T33 a CHI-T37 con valores entre 5.0 y 7.0 mg/L.

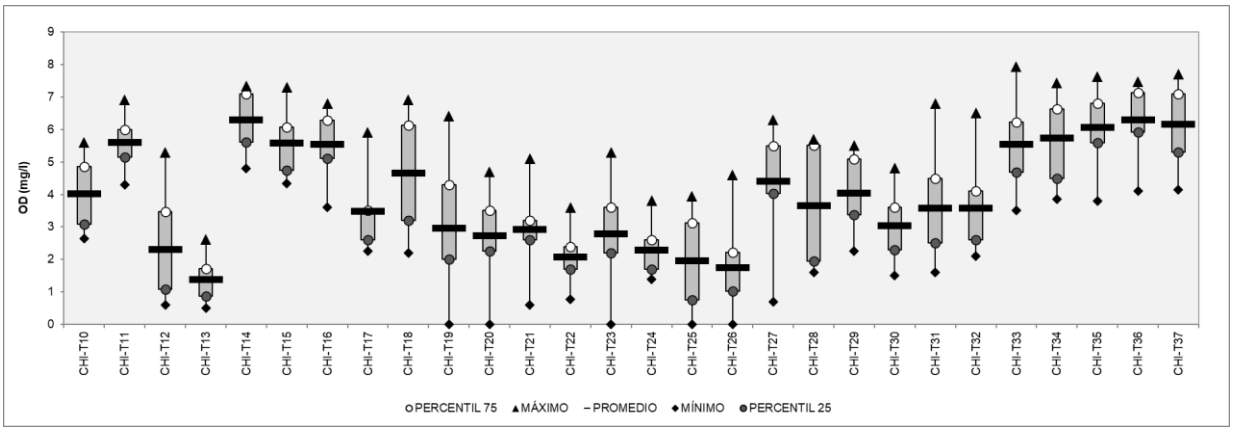


Figura 112. Distribución de datos históricos del oxígeno disuelto en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 113 se presentan los valores mínimos y máximos de la DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se presenta la distribución de los datos con respecto a los valores mínimos y máximos.

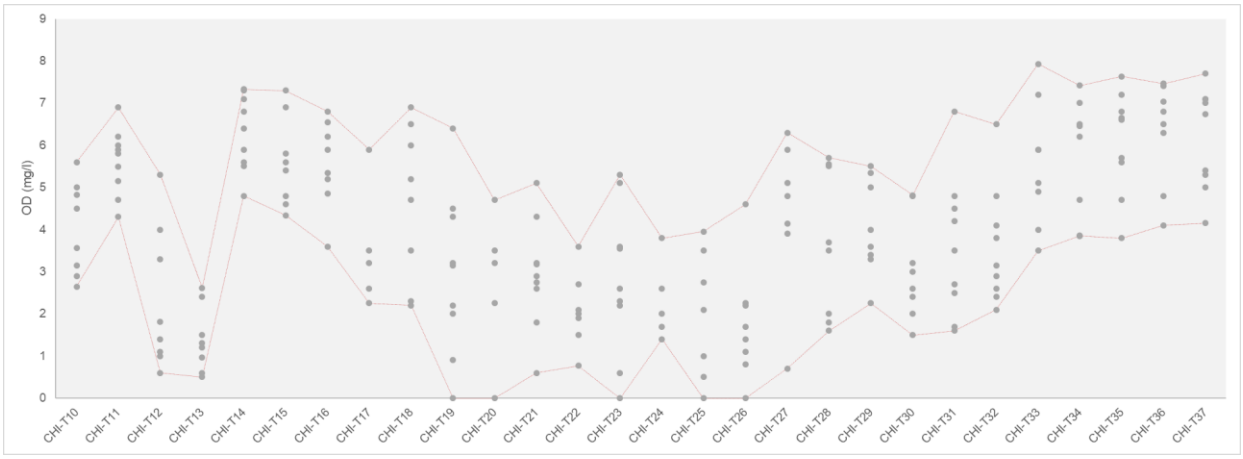
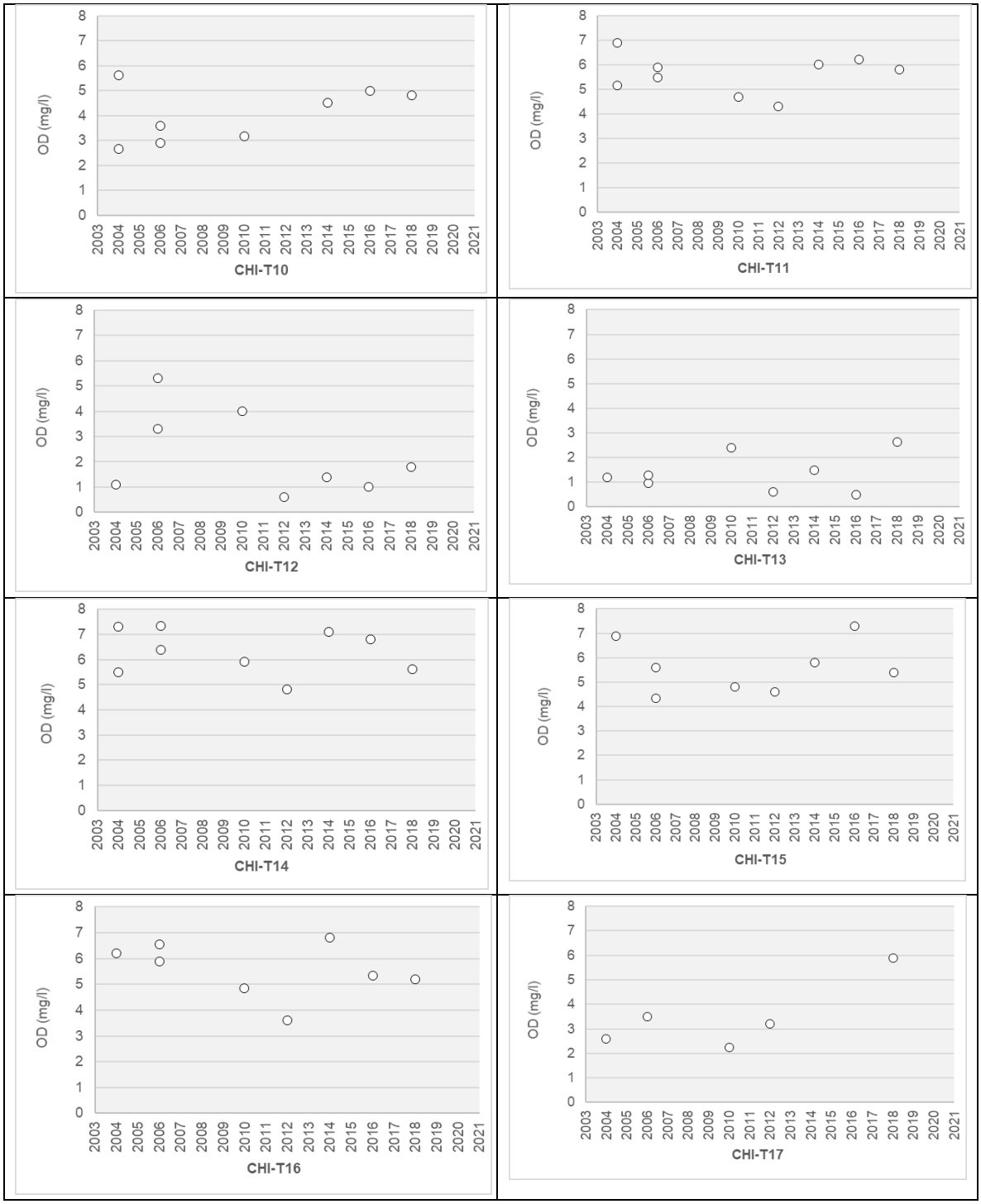
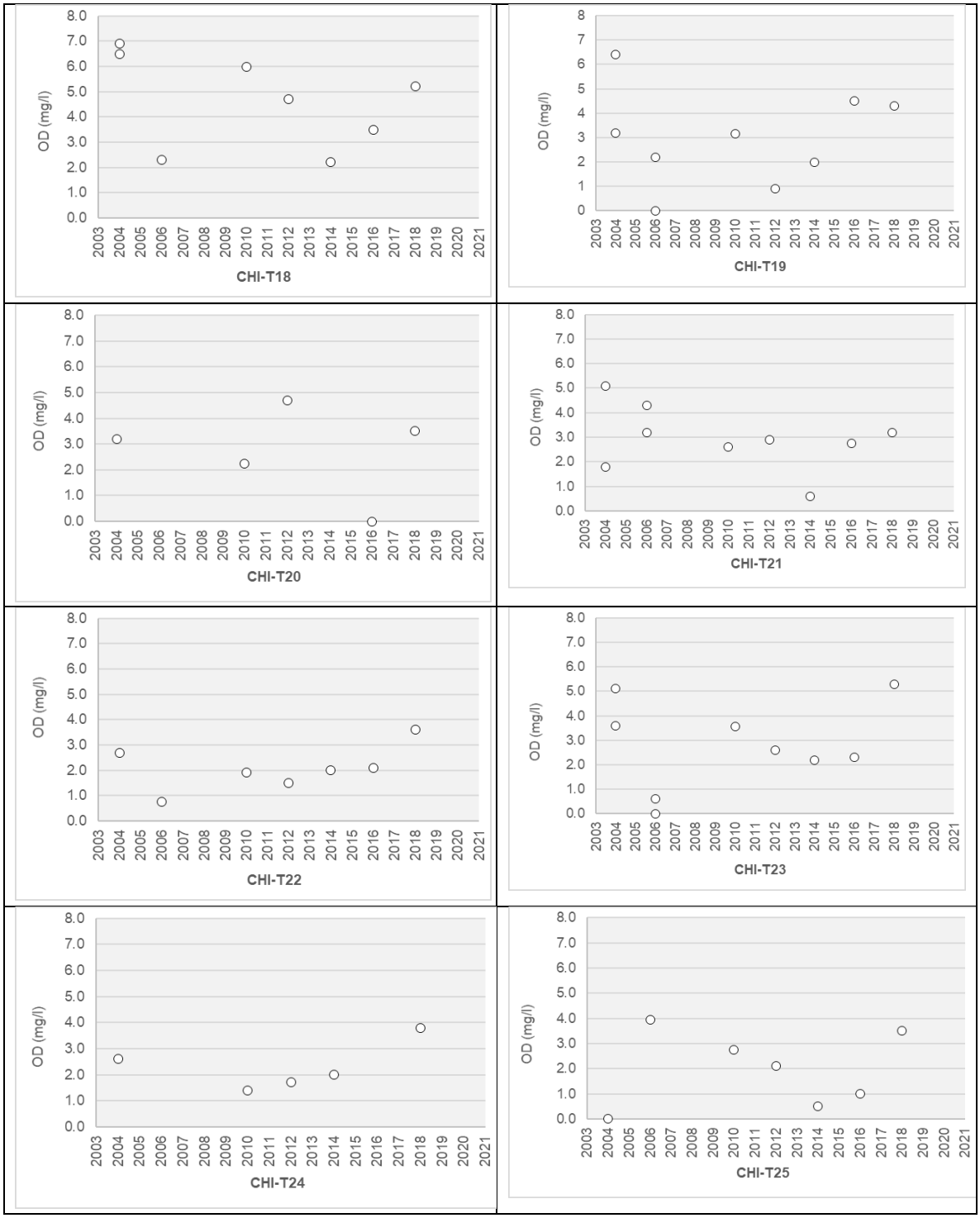
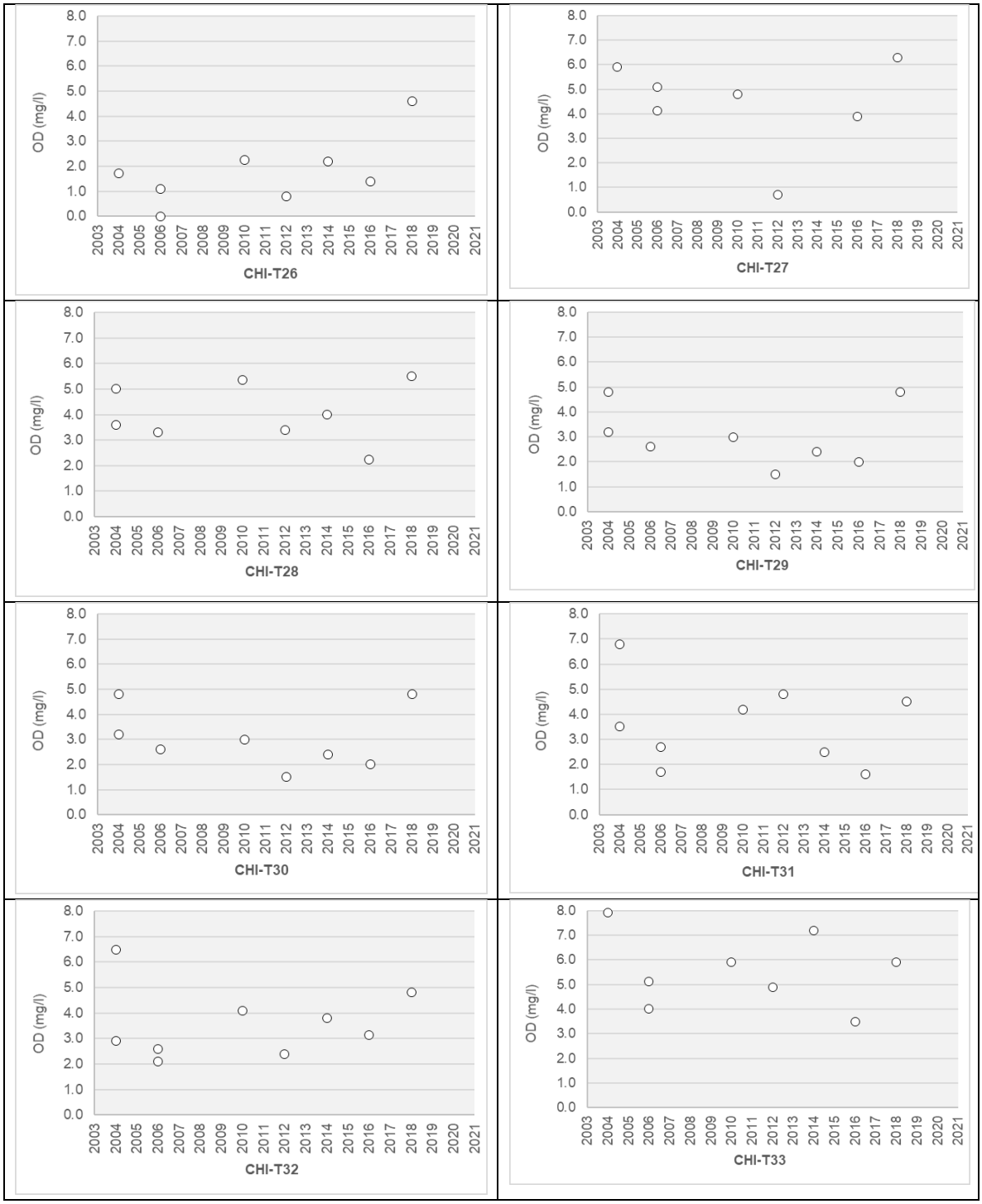


Figura 113. Variación histórica del oxígeno disuelto en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 114 se puede observar el perfil detallado del oxígeno disuelto para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.


OD (mg/l)
CHI-T10
CHI-T11
CHI-T12
CHI-T13
CHI-T14
CHI-T15
CHI-T16
CHI-T17


OD (mg/l)
CHI-T18
CHI-T19
CHI-T20
CHI-T21
CHI-T22
CHI-T23
CHI-T24
CHI-T25


OD (mg/l)
CHI-T26
CHI-T27
CHI-T28
CHI-T29
CHI-T30
CHI-T31
CHI-T32
CHI-T33

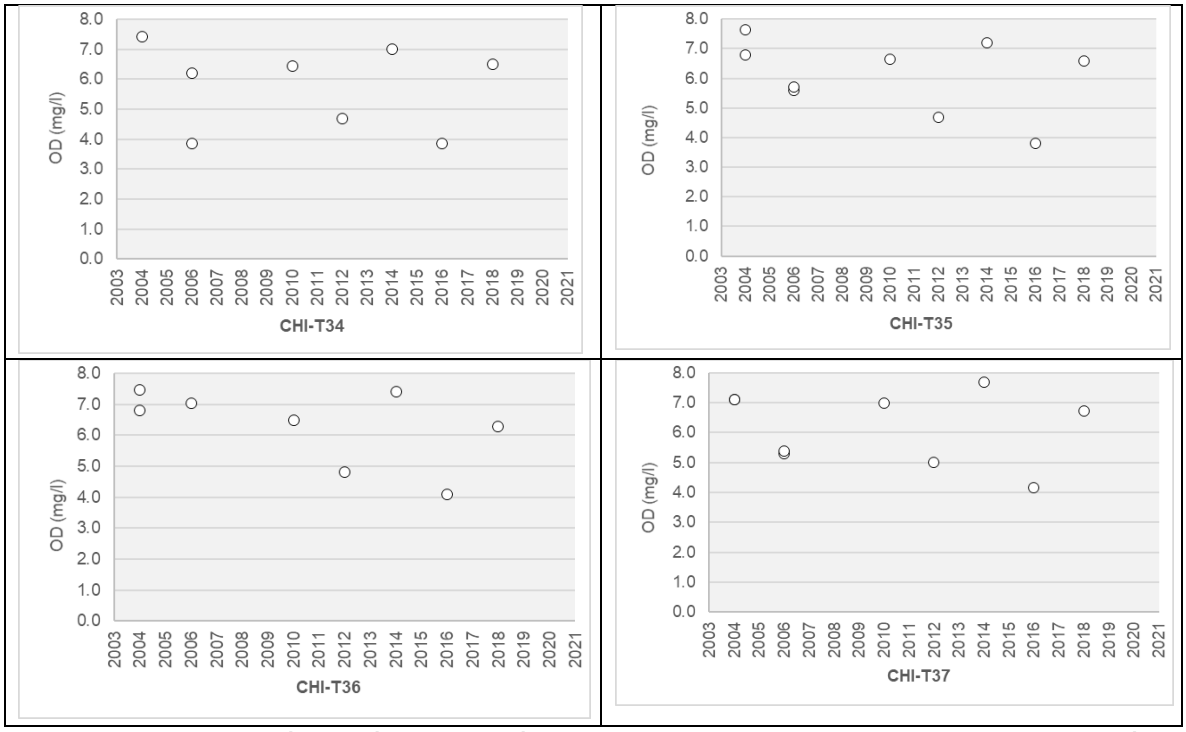


Figura 114. Variación histórica del oxígeno disuelto en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

En la Figura 115 se observa un comportamiento diferenciado en cuanto a esta variable para todos los tributarios. Los que han presentado las concentraciones más altas son CHI-T11, CHI-T13, CHI-T19, CHI-T20, CHI-T21, CHI-T22, CHI-T24, CHI-T25, CHI-T26, para estos tributarios se han presentado valores entre 100 y 300 mg/L. Los valores más bajos se presentan en los tributarios CHI-T12, CHI-T15, CHI-T33, CHI-T34, CHI-T35, CHI-T36 y CHI-T37. Para estos tributarios las concentraciones se han reportado entre 200 mg/L y 400 mg/L.

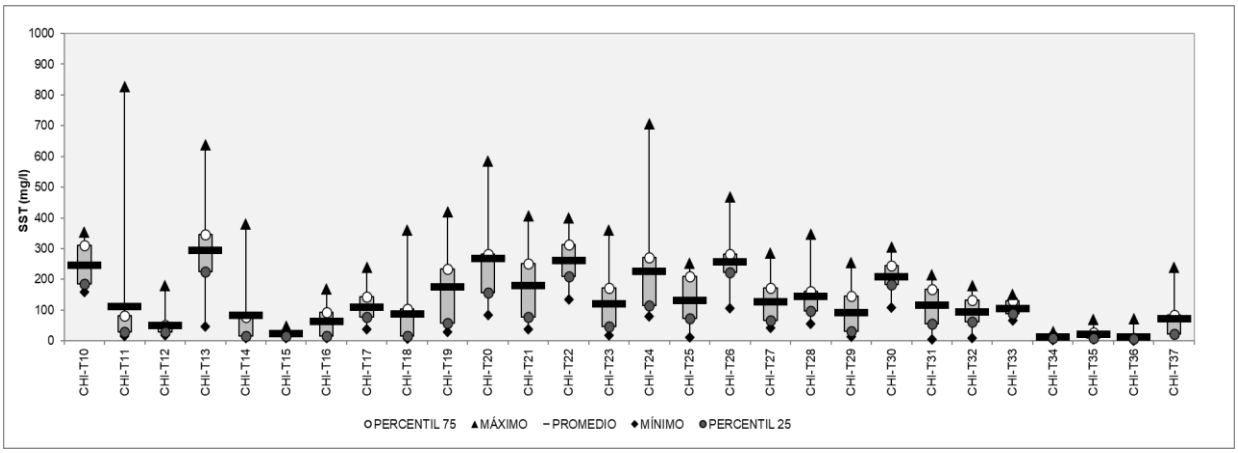


Figura 115. Distribución de datos históricos de los SST en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 116 se presentan los valores mínimos y máximos de los SST reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la gráfica se observa una en los valores reportados de SST en CHI-T11, CHI-T20 y CHI-T24 (entre 600 y 800 mg/L) corresponden a valores atípicos que se presentaron una sola vez en la serie histórica.

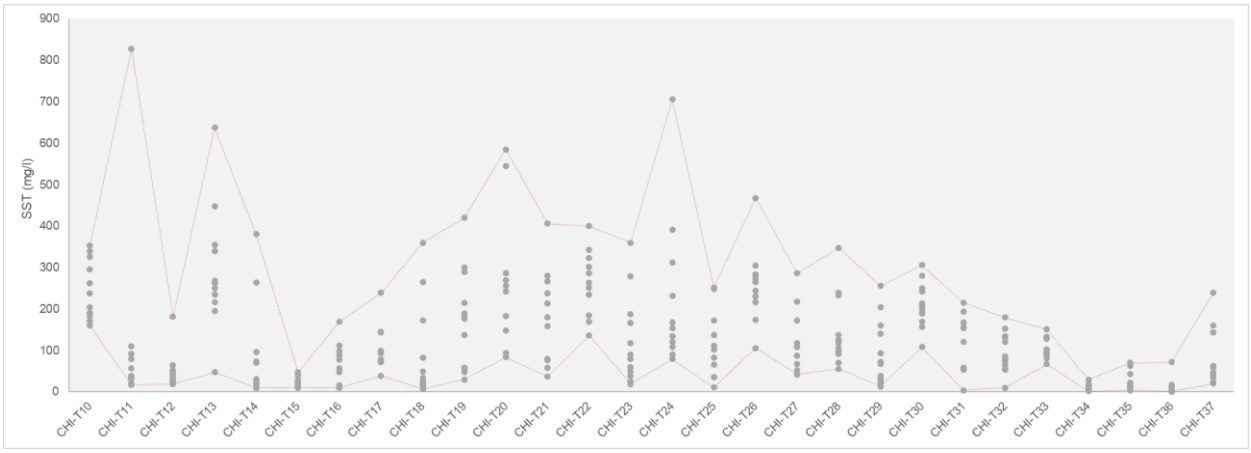
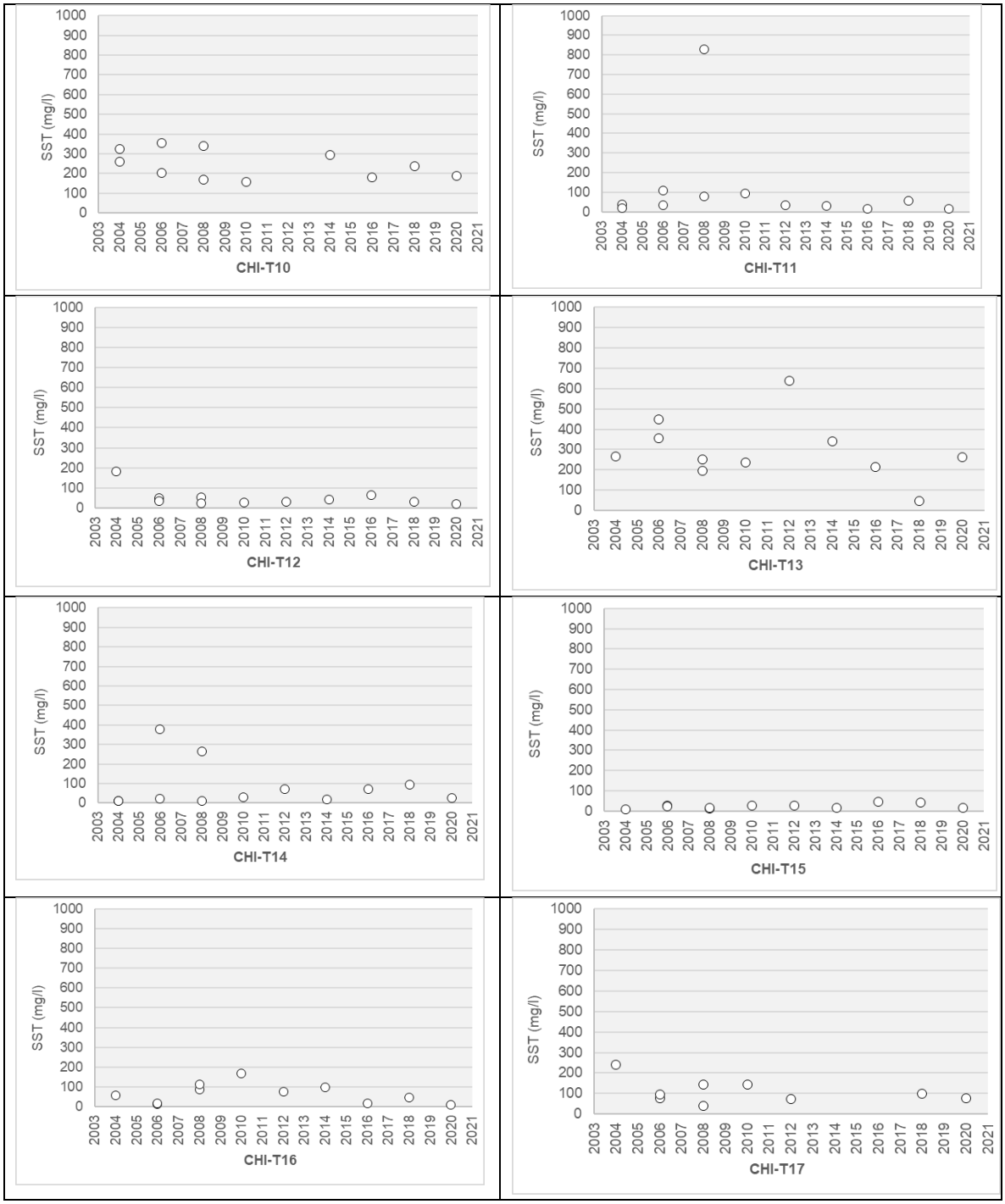
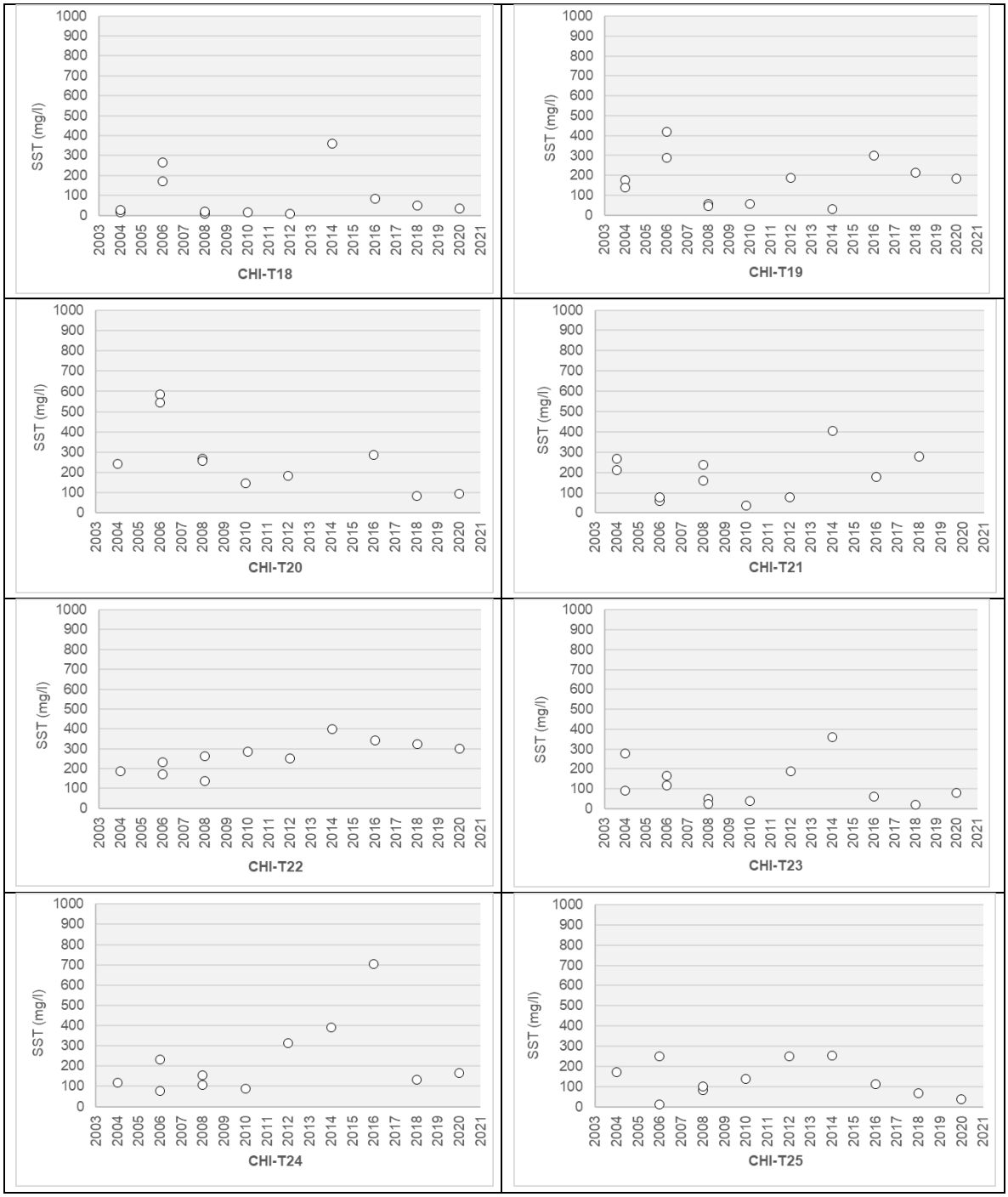
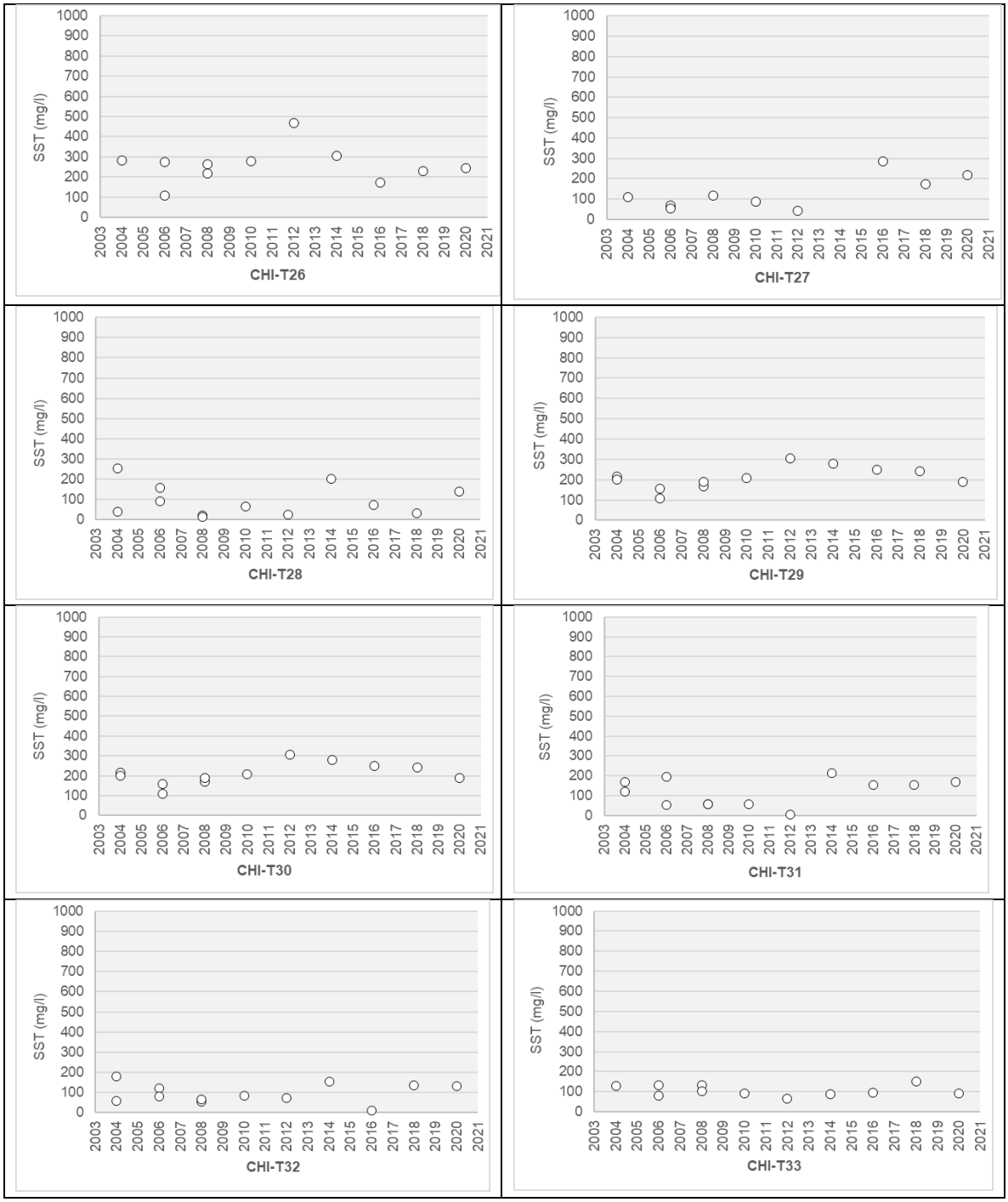


Figura 116. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 117 se puede observar el perfil detallado de los SST para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. Los valores más altos presentados en la serie son 800 mg/L en CHI-T11 en el año 2008, CHI-T24 de 700 mg/L en 2016 y CHI-T26 de 500 mg/L en el año 2012.


SST (mg/l)
CHI-T10
CHI-T11
CHI-T12
CHI-T13
CHI-T14
CHI-T15
CHI-T16
CHI-T17


SST (mg/l)
CHI-T18
CHI-T19
CHI-T20
CHI-T21
CHI-T22
CHI-T23
CHI-T24
CHI-T25


SST (mg/l)
CHI-T26
CHI-T27
CHI-T28
CHI-T29
CHI-T30
CHI-T31
CHI-T32
CHI-T33

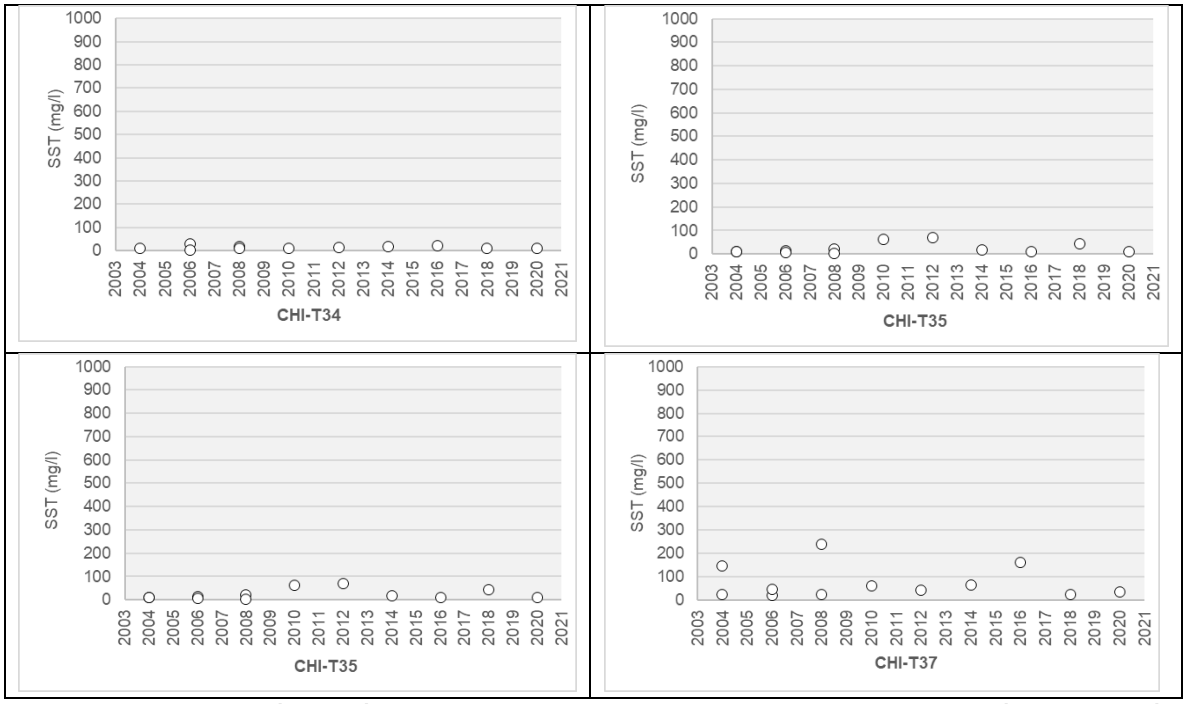


Figura 117. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Coliformes Fecales (CF)**

En la Figura 118 se observa el consolidado del comportamiento de los coliformes fecales en los tributarios de este tramo. En general se observa que las corrientes CHI-T10 hasta CHI-T34 han presentado históricamente altos niveles de contaminación microbiológica con concentraciones que van desde 1 x 10^5 a 1 x 10^6 UFC/100ml. Los tributarios CHI-T35 (Quebrada El Arroyo) a CHI-T37 (Río Claro), por el contrario, han presentado concentraciones muy bajas de esta variable del orden de 100 UFC/100ml.

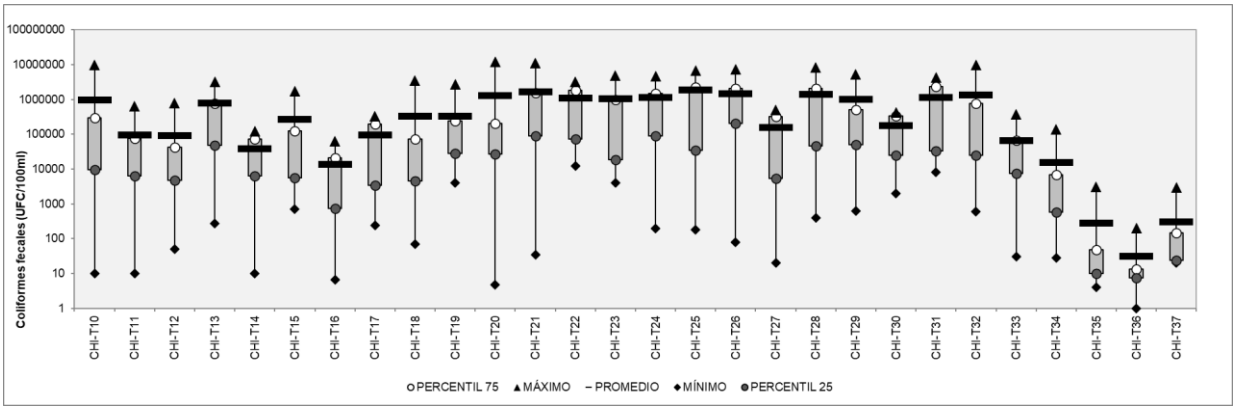


Figura 118.Distribución de datos históricos de los Coliformes fecales en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 119 se presentan los valores mínimos y máximos de los coliformes fecales reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se puede observar que los valores extremos presentados en la serie corresponden principalmente en valores mínimos entre los tributarios CHI-T10 y CHI-T27 entre 10 y 100 UFC/100ml.

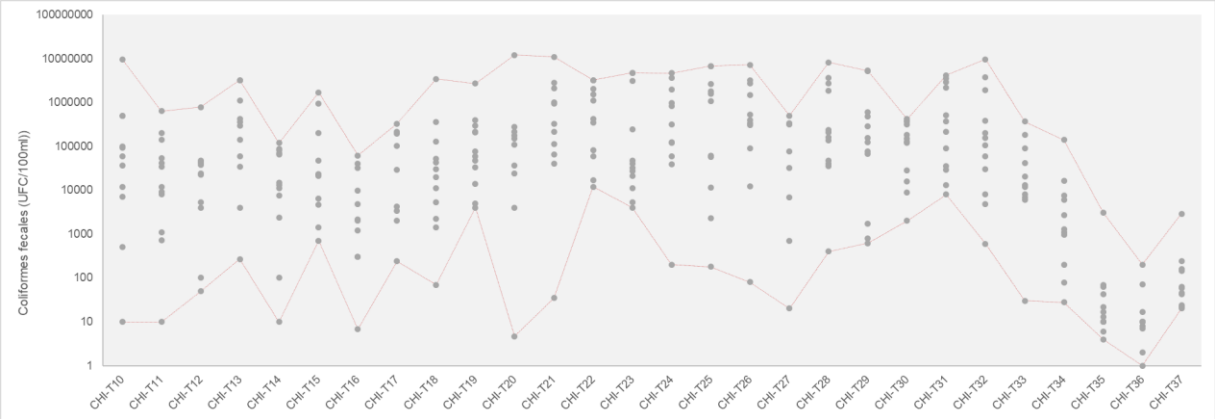
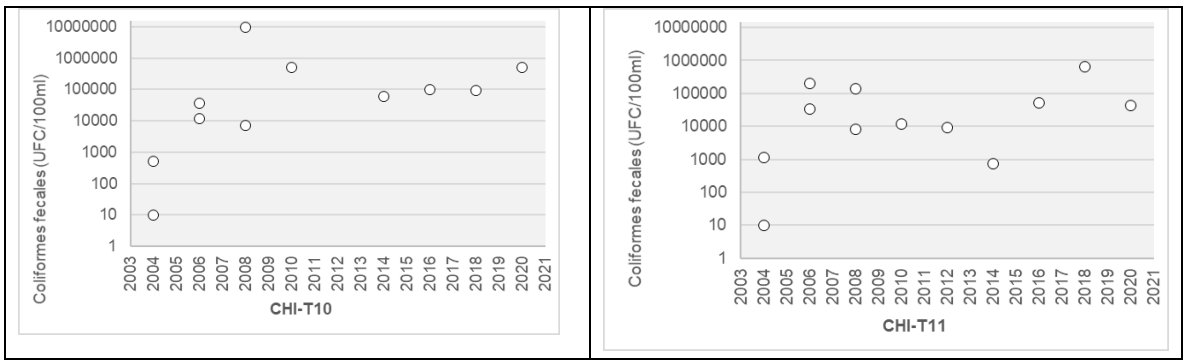
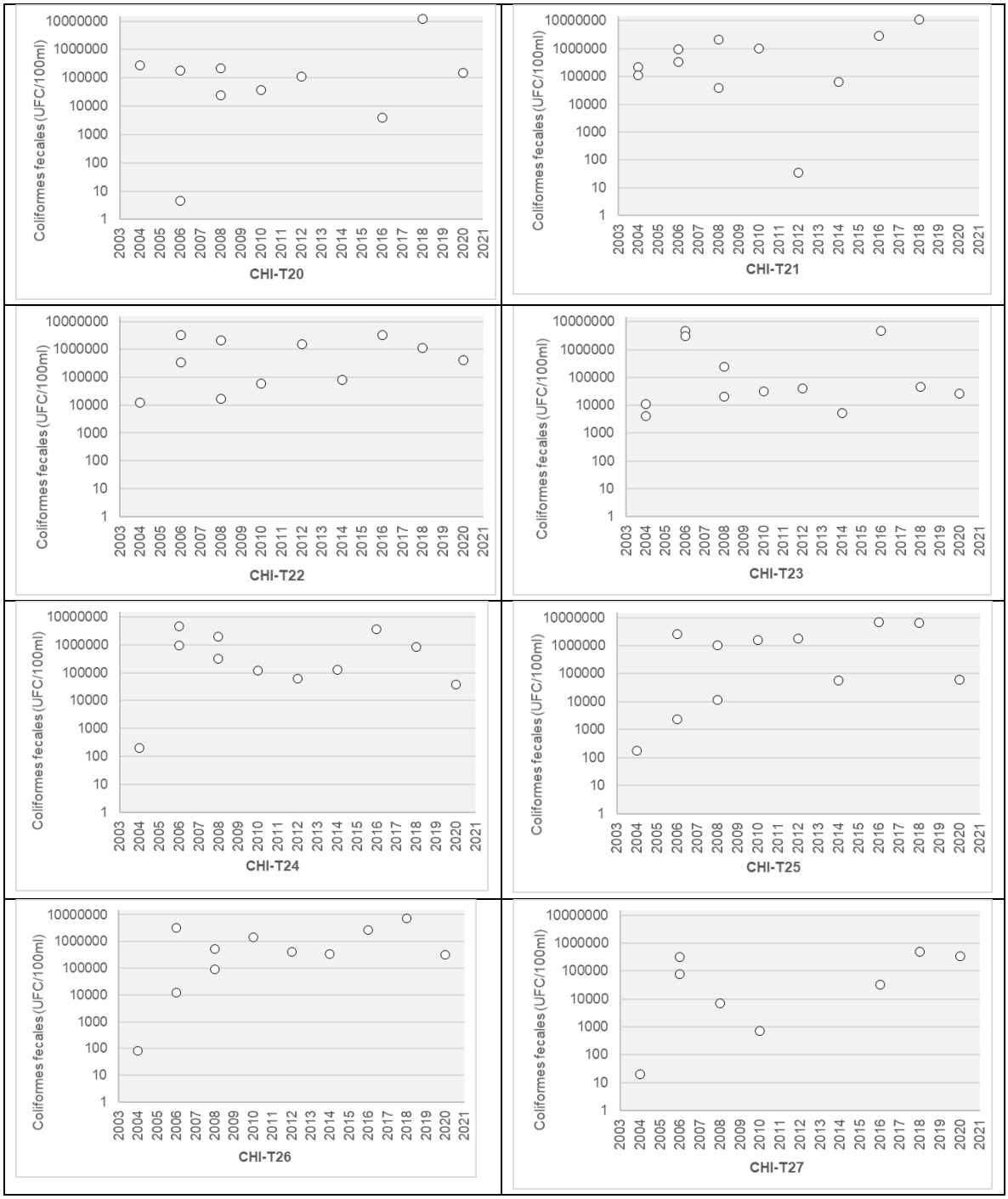


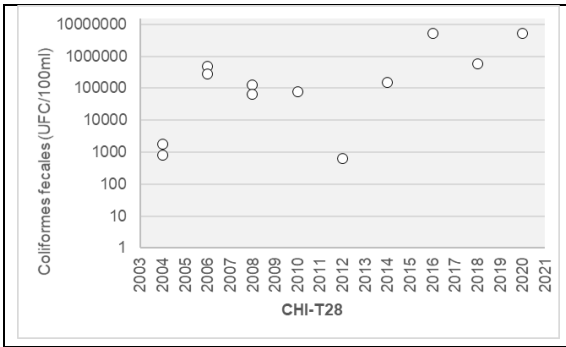
Figura 119. Variación histórica de los Coliformes fecales en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

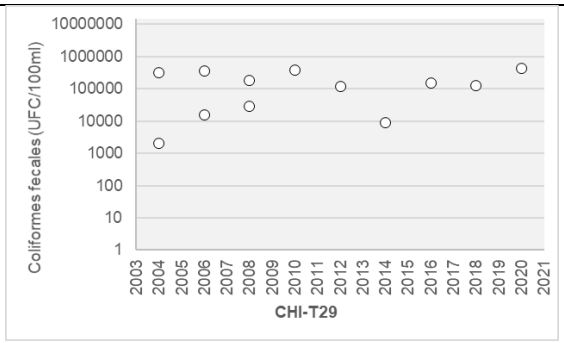
En la Figura 120 se puede observar el perfil detallado de los coliformes fecales para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.

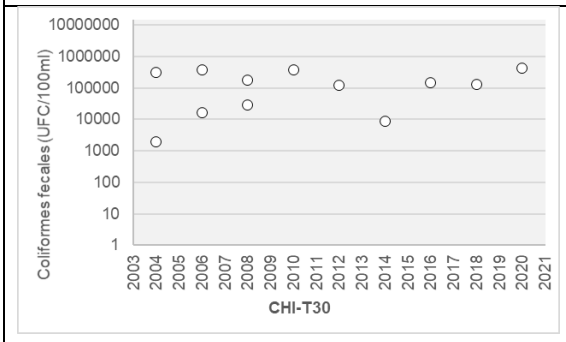


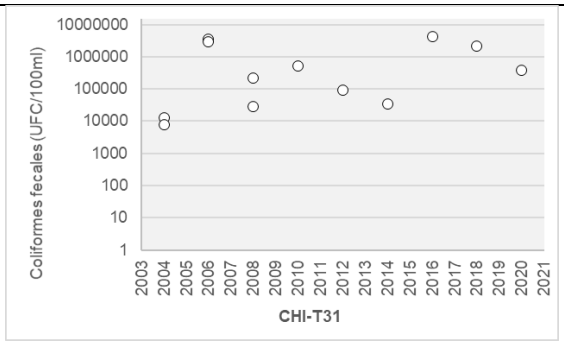
Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T12
CHI-T13
CHI-T14
CHI-T15
CHI-T16
CHI-T17
CHI-T18
CHI-T19

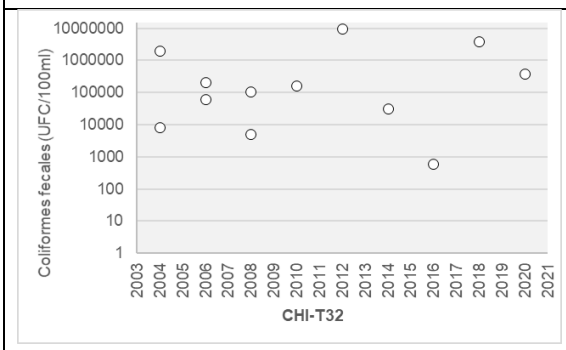

Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T20
CHI-T21
CHI-T22
CHI-T23
CHI-T24
CHI-T25
CHI-T26
CHI-T27

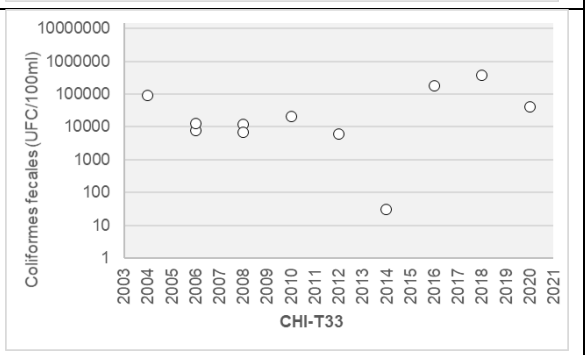

Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T28

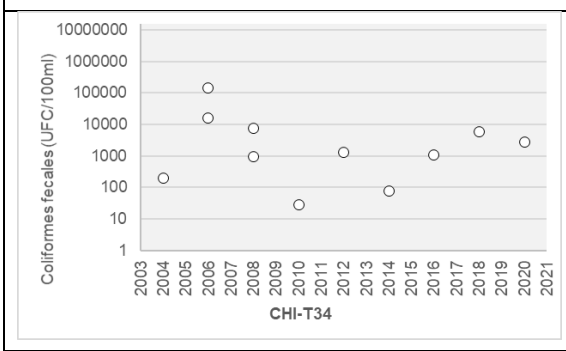

Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T29

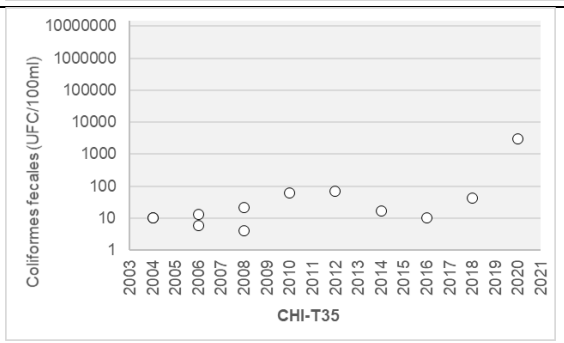

Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T30


Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T31


Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T32


Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T33


Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T34


Coliformes fecales (UFC/100ml)
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T35

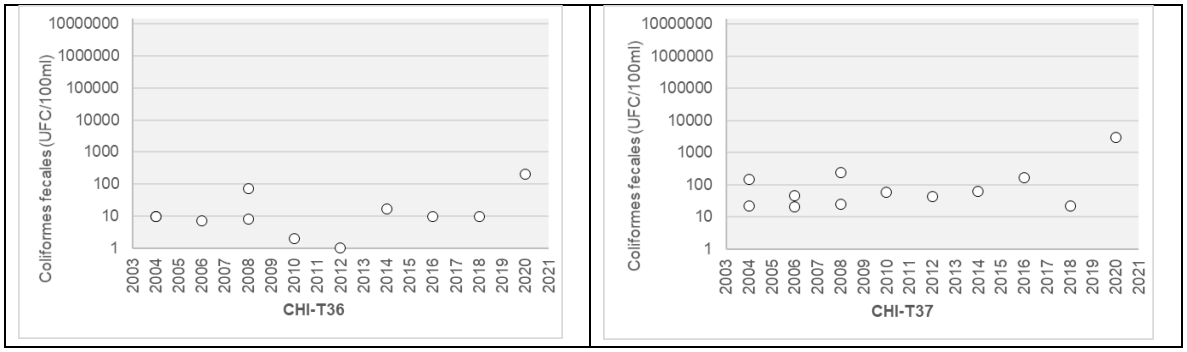


Figura 120. Variación histórica de los Coliformes fecales en los tributarios del Tramo IV Río Chinchiná Río por estación

6.3. Tramo V

Se realizaron perfiles de calidad para las variables Temperatura del agua, pH, DBO_5, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las estaciones correspondientes al tramo V del río Chinchiná. A continuación, se presentan perfiles que permiten observar la distribución de los datos tanto en el tiempo como en el espacio (a lo largo del tramo) y que permite establecer una tendencia en el comportamiento de la variable durante toda la serie histórica analizada que corresponde al período 2004 – 2020.

6.3.1. Estaciones Río Chinchiná

- **Temperatura del agua**

En la Figura 121 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en las estaciones CHI-E23, CHI-E24, CHI-E27 y CHI-E30. En general se observa que la temperatura ha sido una variable estable en este tramo donde la variación mayor se ha presentado en CHI-E30 entre 20 y 30 °C. En esta misma estación se presentó un valor máximo extremo de 40 °C. Esta situación puede estar asociada a fenómenos de variabilidad climática que afectan la temperatura del cuerpo de agua.

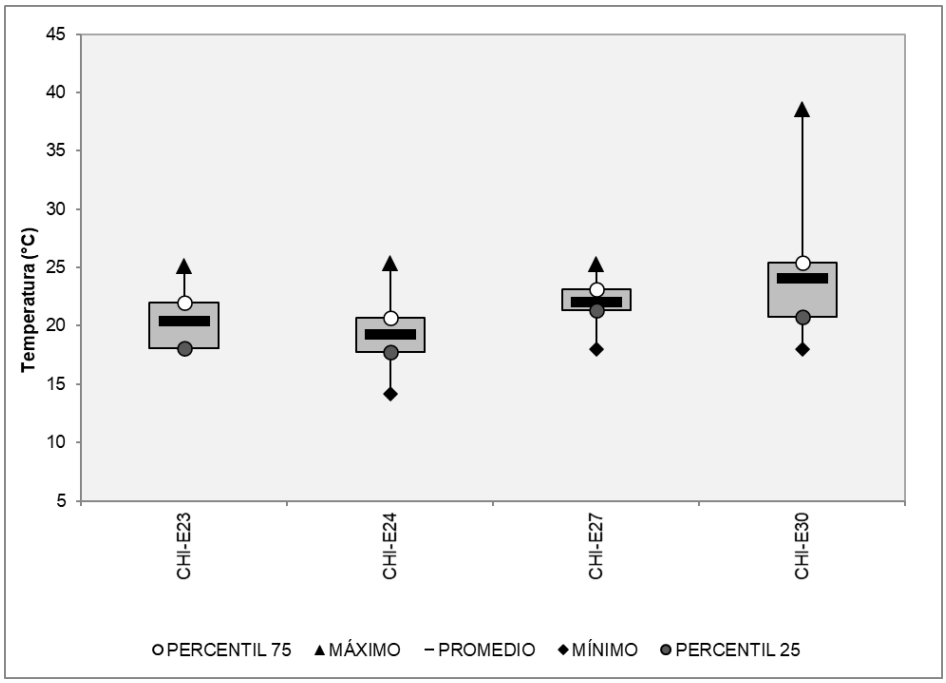


Figura 121. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 122 se presentan los valores mínimos y máximos de la temperatura del agua reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa que la temperatura del agua en este tramo del río se encuentra entre 20 y 25 °C, y que la variabilidad en los datos presentada en la estación CHI-E30 (Puente Finca El Retiro) corresponde a un valor extremo máximo de 40 °C.

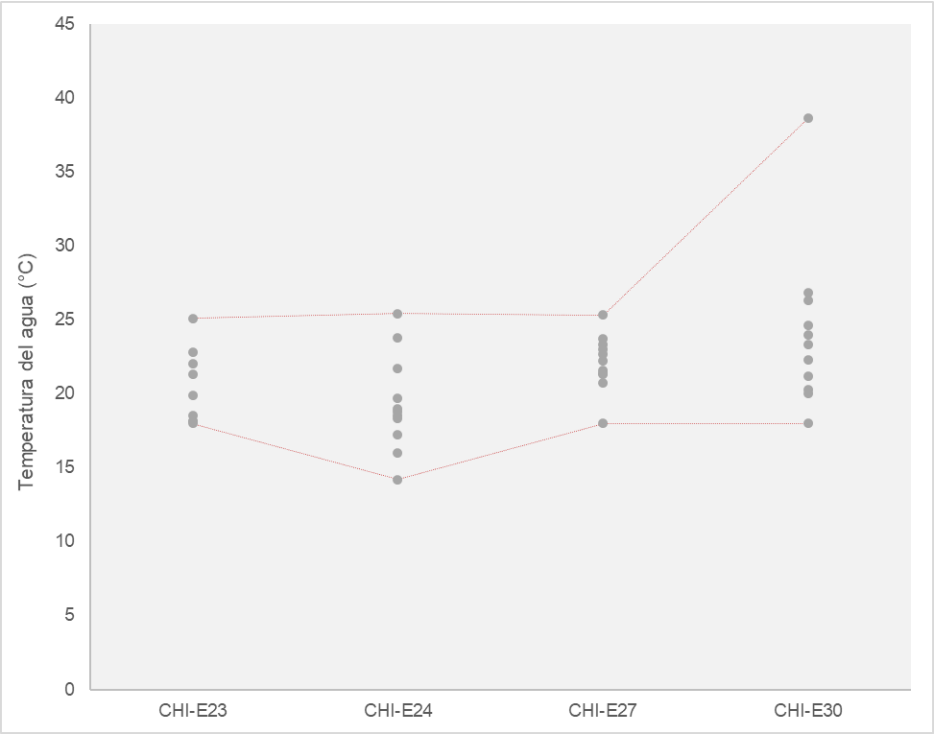
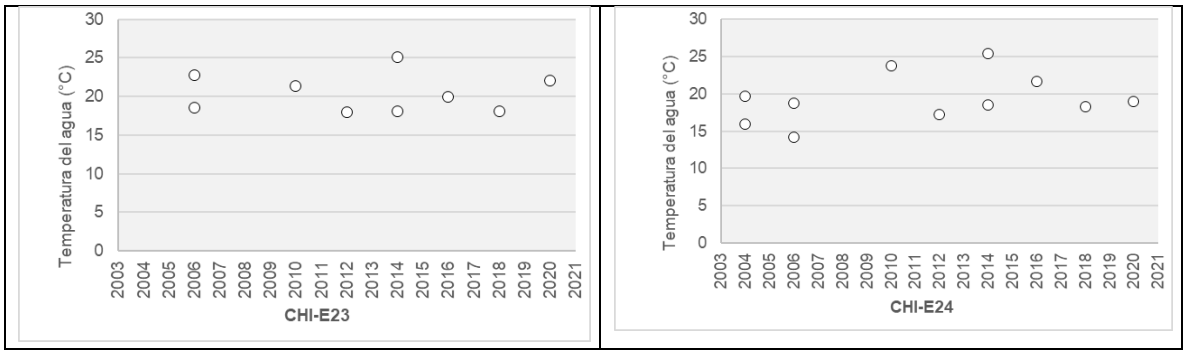


Figura 122. Variación histórica de la temperatura del agua en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 123 se puede observar el perfil detallado de la temperatura del agua para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.



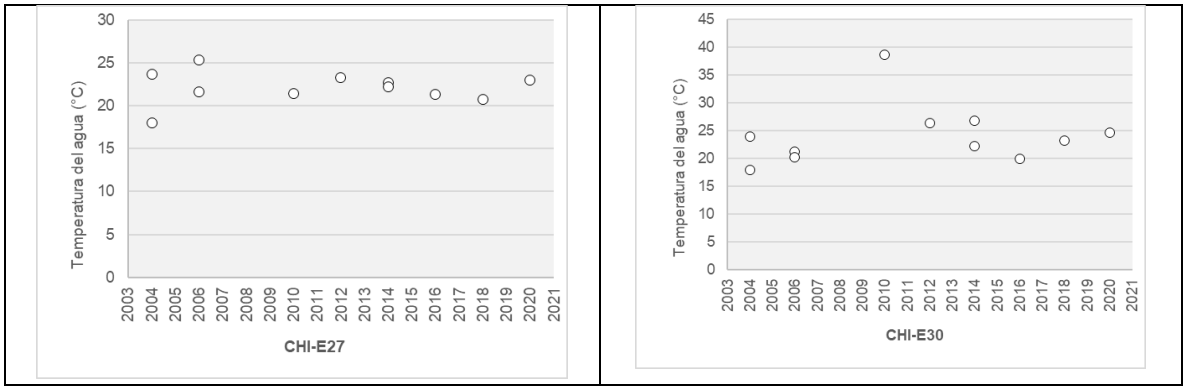


Figura 123. Variación histórica de la temperatura del agua en el Tramo V Río Chinchiná
Río Chinchiná por estación

- **pH**

En la Figura 124 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en las estaciones CHI-E23, CHI-E24, CHI-E27 y CHI-E30 para la variable pH. La variable presenta un comportamiento constante con valores entre 7.0 y 8.0 unidades de pH. La estación que ha presentado menor variabilidad es CHI-E30 (Puente Finca El Retiro) donde los valores de pH se han reportado en 8.0 unidades.

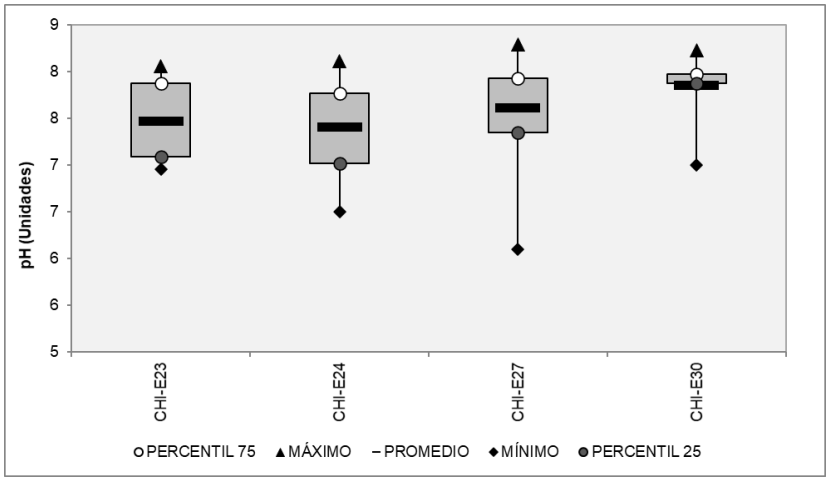


Figura 124. Distribución de datos históricos del pH en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 125 se presentan los valores mínimos y máximos del pH reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa que la mayoría de los valores se encuentran distribuidos entre los rangos de 7.0 y 8.0 unidades con excepción de un valor de 6.0 unidades reportado en la estación CHI-E27 (Estadero La Barraquera).

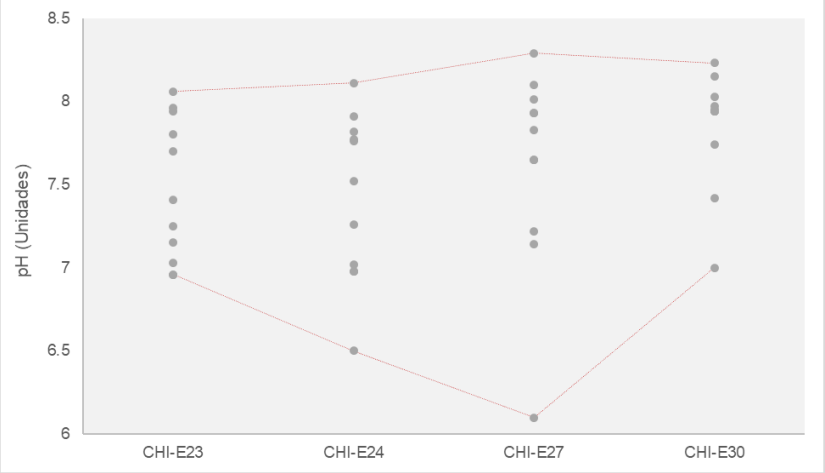


Figura 125. Variación histórica del pH en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 126 se puede observar el perfil detallado del pH para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.

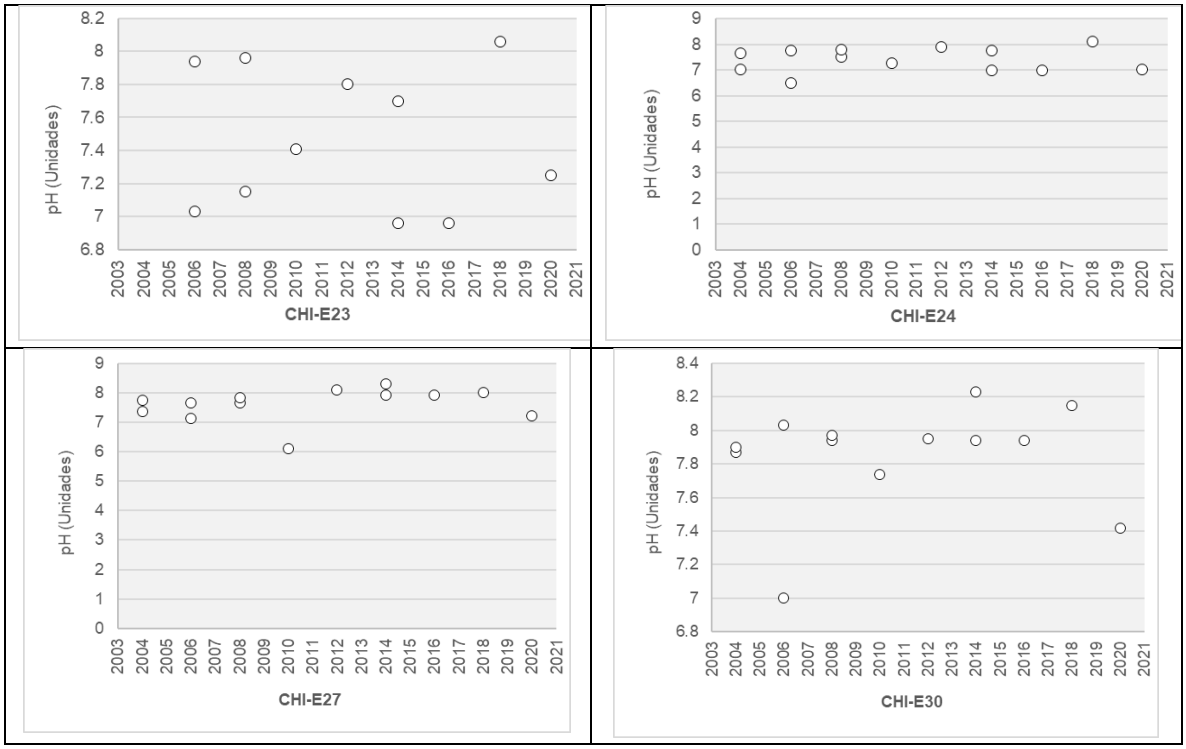


Figura 126. Variación histórica del pH en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)**

En la Figura 127 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en las estaciones CHI-E23, CHI-E24, CHI-E27 y CHI-E30. En la figura se observa la mayor parte de los valores reportados se encuentran entre 0 y 25.0 mg/L, con valores atípicos extremos reportados entre 100 mg/L y 400 mg/L.

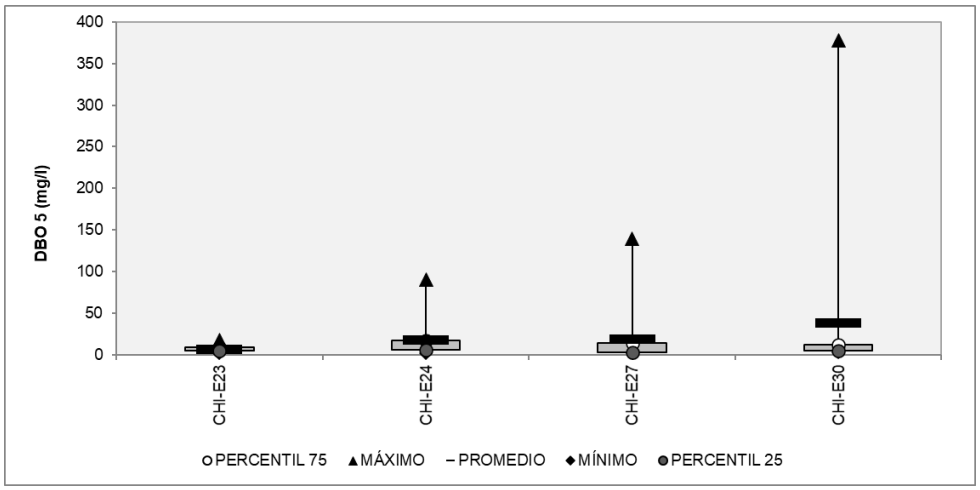


Figura 127. Distribución de datos históricos de la DBO_5 en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 128 se presentan los valores mínimos y máximos de DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa que los valores promedio está influenciados por valores extremos que se presentaron en las estaciones CHI-E24 (Puente Doménico Parma), CHI-E27 (Estadero La Barraquera) y CHI-E30 (Puente Finca El Retiro).

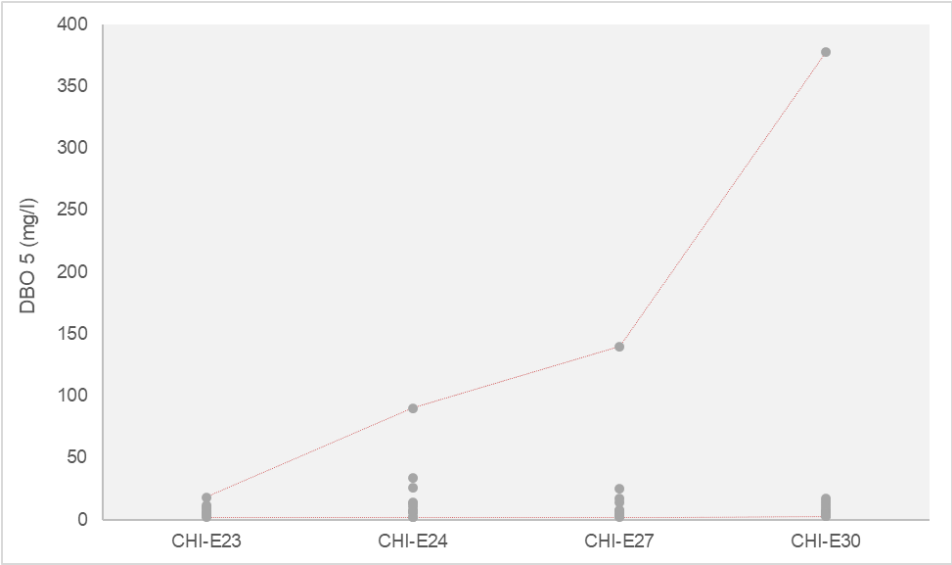


Figura 128. Variación histórica de la DBO_5 en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 129 se puede observar el perfil detallado de la DBO_5 para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En la figura se observa que los valores extremos reportados para esta variable tuvieron lugar en 2004.

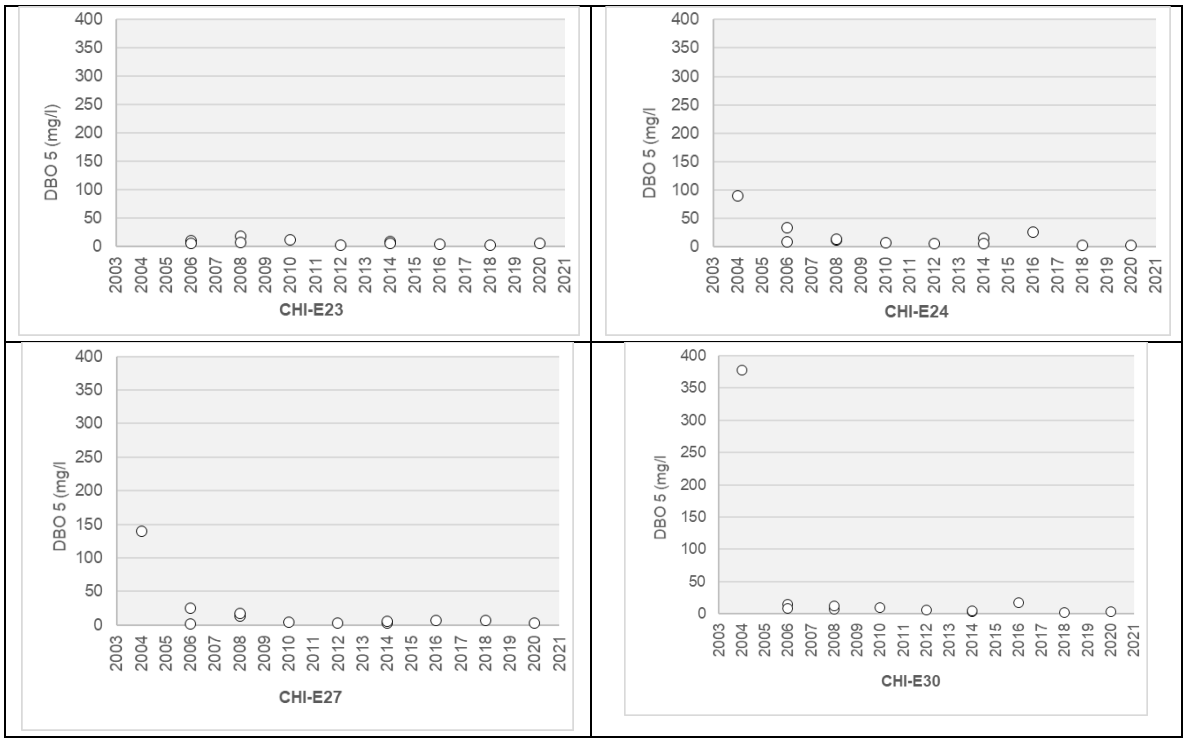


Figura 129. Variación histórica de la DBO_5 en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

En la Figura 130 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en las estaciones CHI-E23, CHI-E24, CHI-E27 y CHI-E30. El OD se ha comportado de manera constante en la serie histórica con valores desde 5.0 a 8.0 mg/L, con valores medios de 6.0 mg/L y valores extremos mínimos de hasta 3.0 mg/L.

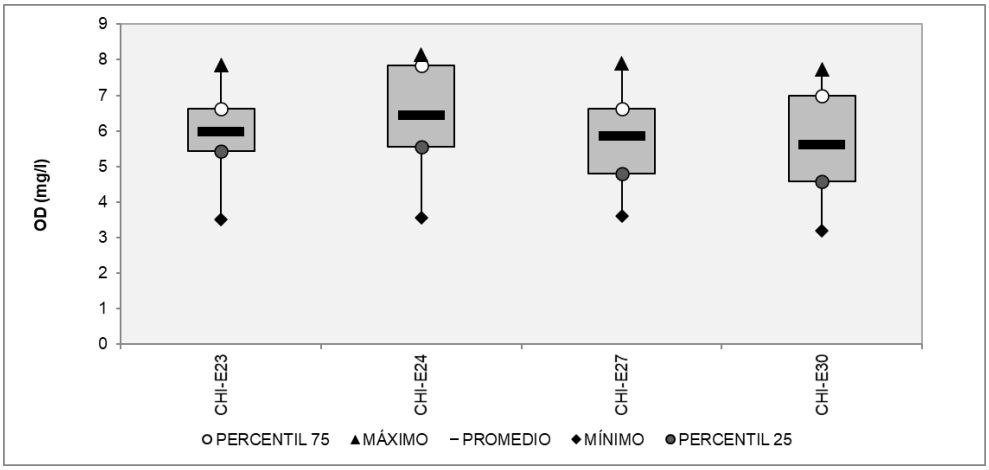


Figura 130. Distribución de datos históricos del OD en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 131 se presentan los valores mínimos y máximos del oxígeno disuelto, en la figura se observa la distribución de los valores reportados con respecto a sus máximos y mínimos. Para todas las estaciones los valores mínimos reportados se encuentran en 3.5 mg/L.

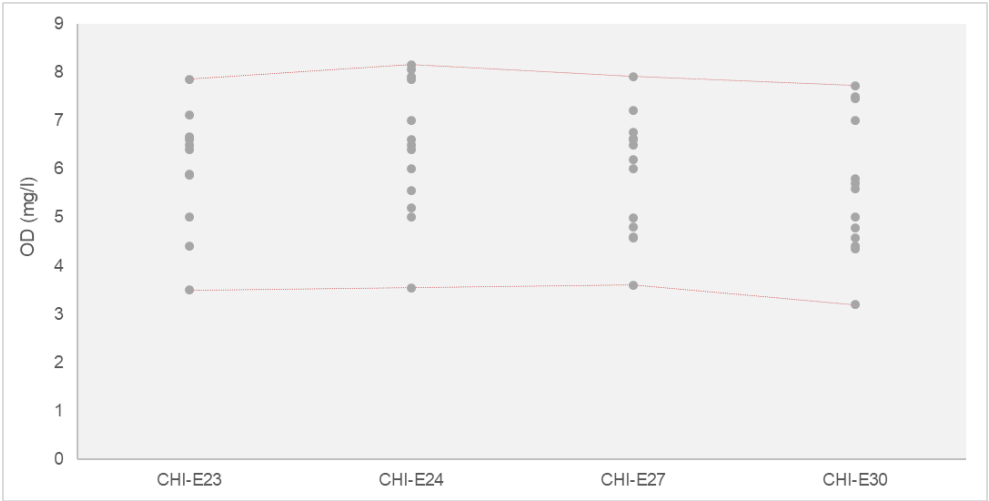


Figura 131. Variación histórica del OD en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 132 se puede observar el perfil detallado del oxígeno disuelto para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En la figura se observa que todos los valores mínimos en la serie se presentaron en el año 2016, este evento pudo haber estado asociado a fenómenos de la variabilidad climática como el fenómeno del niño que se presentó entre 2015-2016.

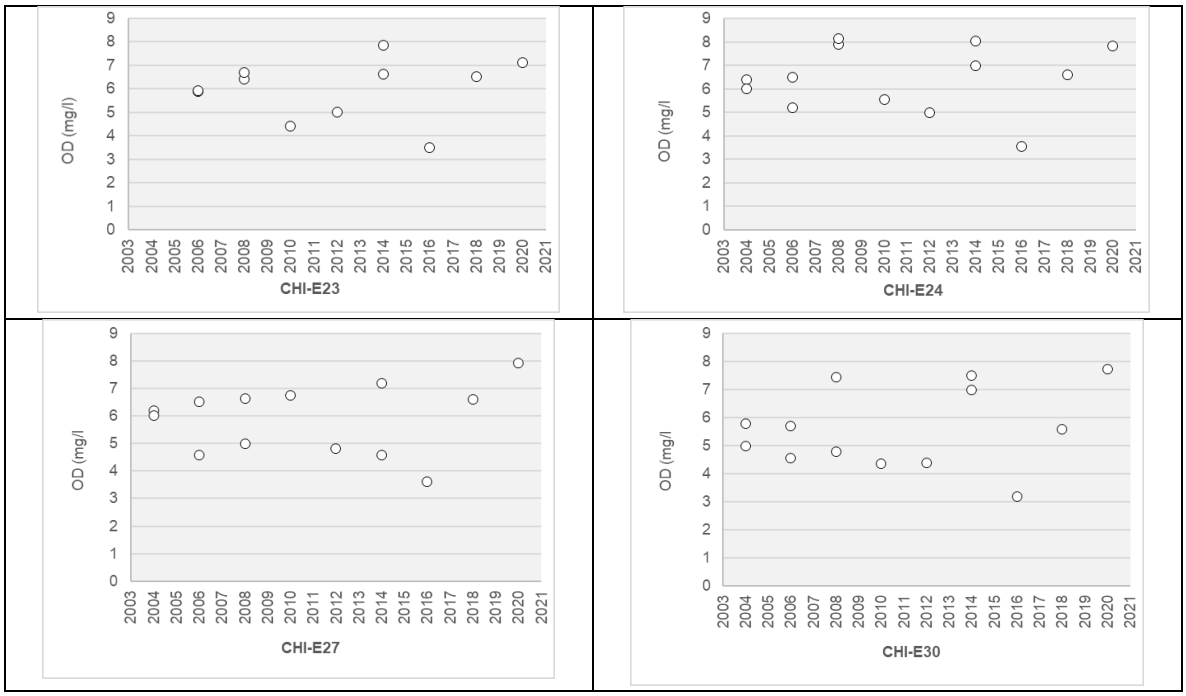


Figura 132. Variación histórica del OD en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

En la Figura 133 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en las estaciones CHI-E23, CHI-E24, CHI-E27 y CHI-E30. En la figura se observa que las concentraciones de SST reportadas son elevadas y corresponden a valores entre 200 y 500 mg/L con un valor extremo en la estación CHI-E27 (Estadero La Barraquera) de 3500 mg/L.

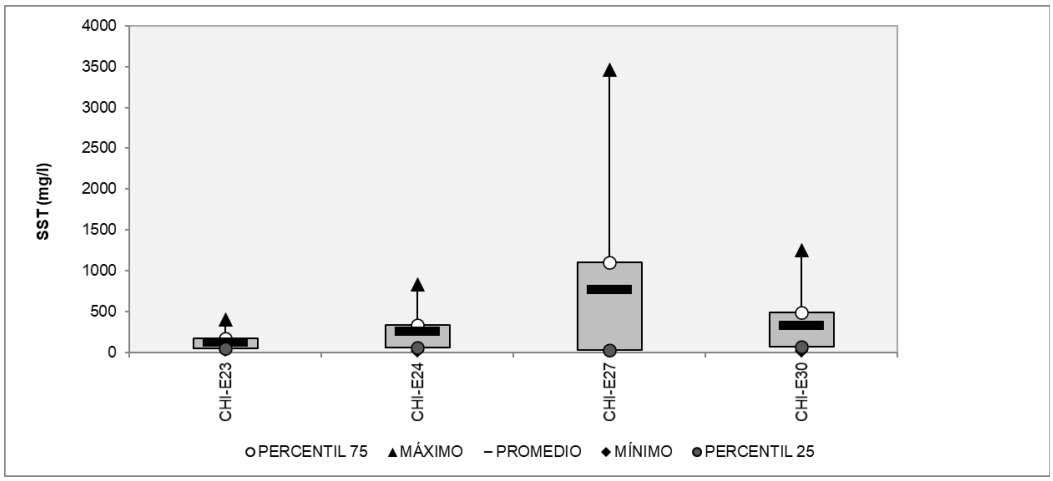


Figura 133. Distribución de datos históricos de los SST en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 134 se presentan los valores mínimos y máximos de los SST reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa que en la estación CHI-E27 (Estadero La Barraquera) se han presentado valores extremos de 1200 mg/L, 2500 mg/L y 3500 mg/L. Estas concentraciones evidencian una problemática grave de contaminación de la corriente en este tramo por sólidos suspendidos totales.

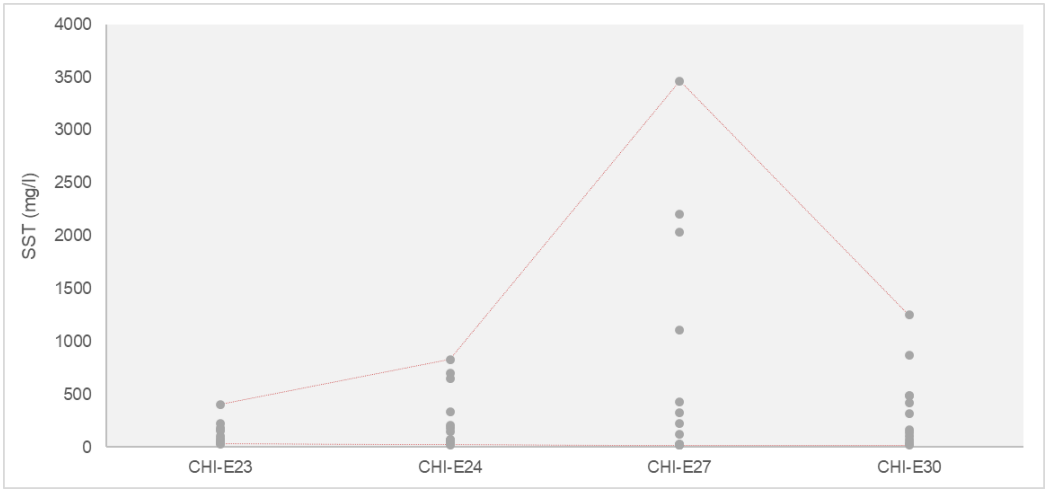


Figura 134. Variación histórica de los SST en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 135 se puede observar el perfil detallado los SST para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición. En la figura es posible evidenciar que el valor máximo

presentado en toda la serie (3500 mg/L) tuvo lugar en el año 2004 en CHI-E27 y los demás valores extremos se dieron entre 2016 y 2018.

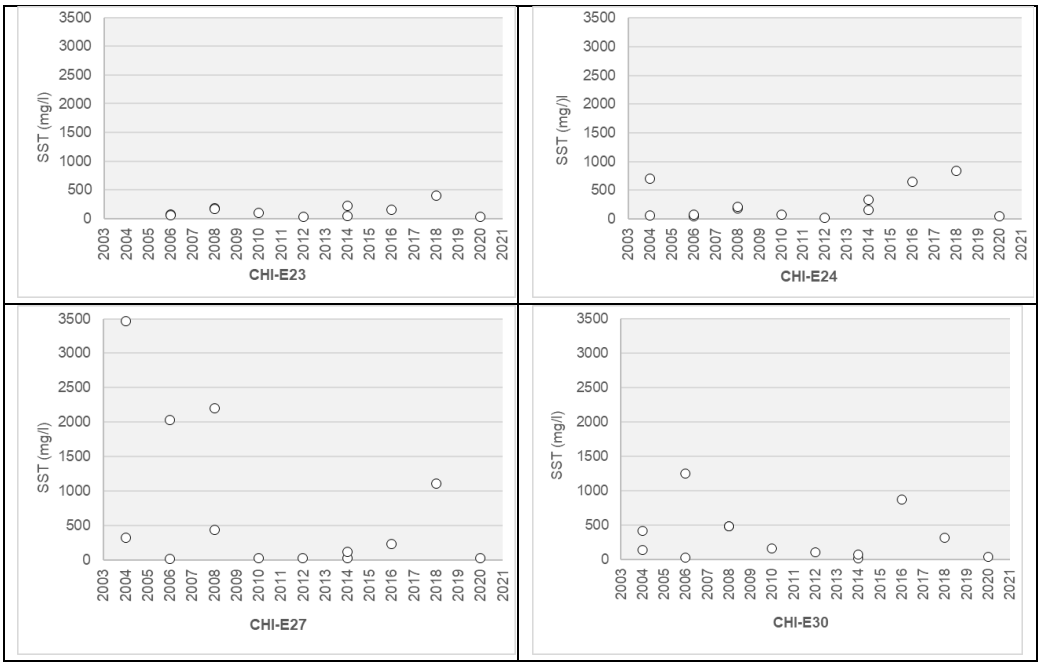


Figura 135. Variación histórica de los SST en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Coliformes Fecales (CF)**

En la Figura 136 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en las estaciones CHI-E23, CHI-E24, CHI-E27 y CHI-E30. Los valores de coliformes fecales para este tramo se encuentran entre $1x10^3$ y $1x10^4$ UFC/100 ml. En la estación CHI-E30 (Puente Finca El Retiro) se han presentado algunos valores más bajos entre 100 y 1000 UFC/100ml.

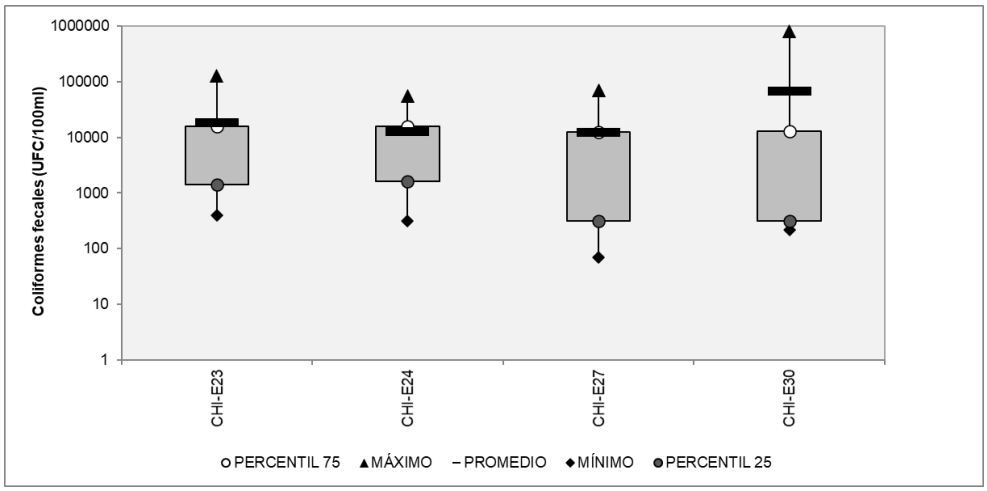


Figura 136. Distribución de datos históricos de los coliformes fecales en el Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 137 se presentan los valores mínimos y máximos coliformes fecales reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo.

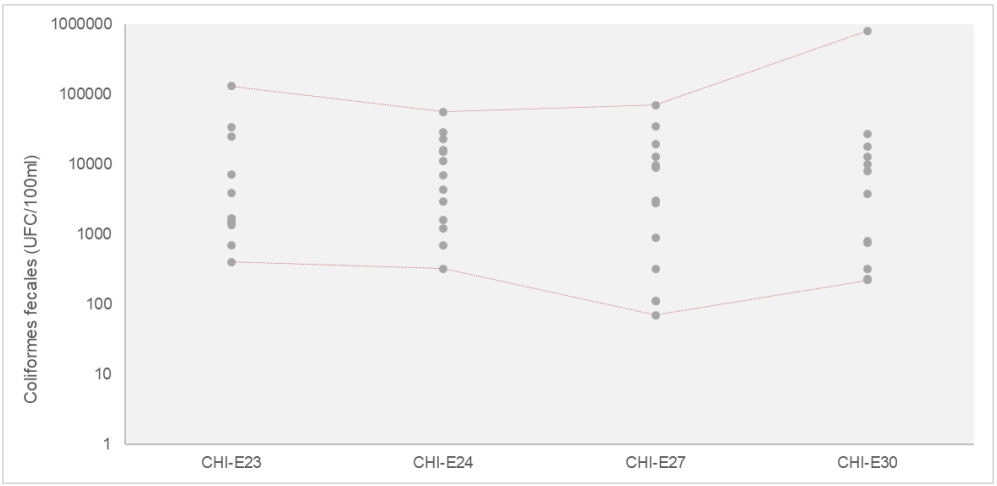


Figura 137. Variación histórica de los coliformes fecales en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 138 se puede observar el perfil detallado de los coliformes fecales para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.

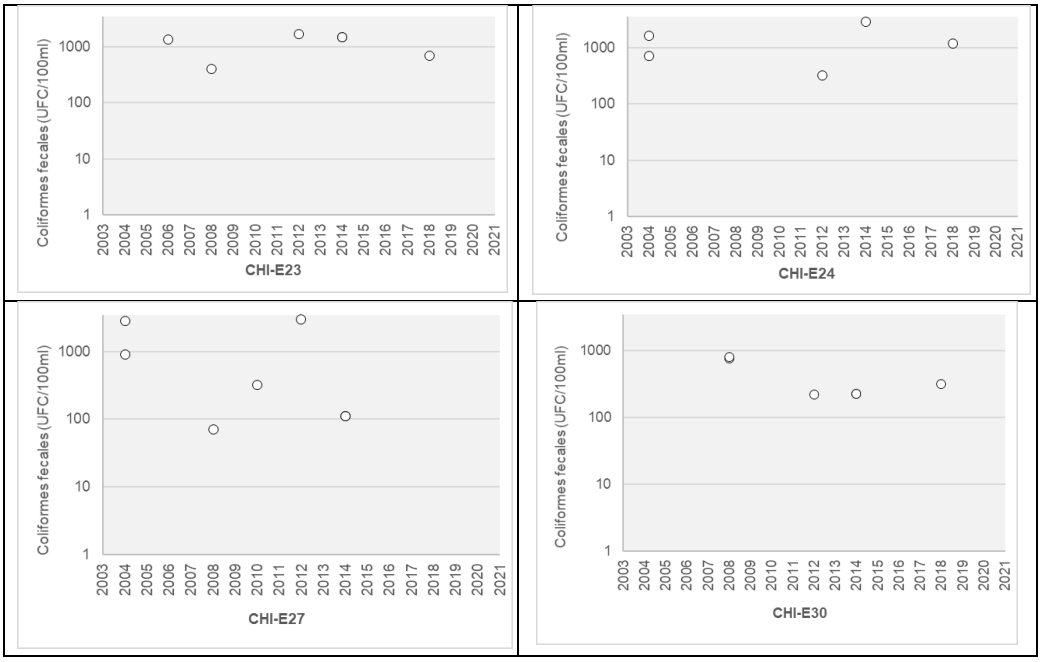


Figura 138. Variación histórica los coliformes fecales en el Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

6.3.2. Tributarios Río Chinchiná

- **Temperatura del agua**

En la Figura 139 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en los tributarios CHI-T38, CHI-T39, CHI-T40, CHI-T41, CHI-T42, CHI-T43, CHI-T44, CHI-T45, CHI-T46, CHI-T47 CHI-T48, CHI-T49, CHI-T50. En la figura se observa que la temperatura ha tenido un comportamiento constante en el tramo con valores que oscilan entre los 15 a los 25 °C, con algunos valores extremos cercanos a los 30°C en Quebrada Cameguadua (CHI-T43) y Quebrada Los Lobos (CHI-T48).

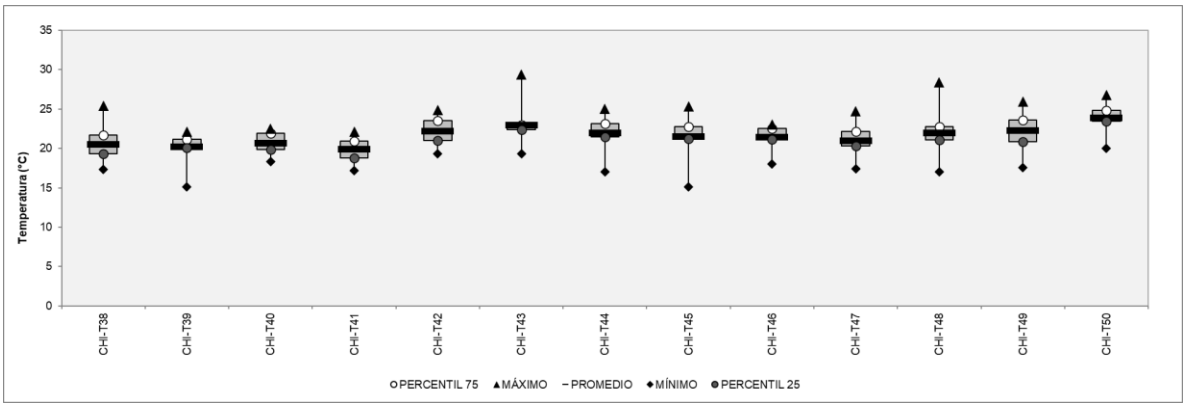


Figura 139. Distribución de datos históricos de la temperatura del agua los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 140 se presentan los valores mínimos y máximos del pH reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, en la figura se observa que los valores extremos descritos se presentaron una única vez en toda la serie histórica, lo cual puede estar asociado a la influencia de fenómenos de variabilidad climática.

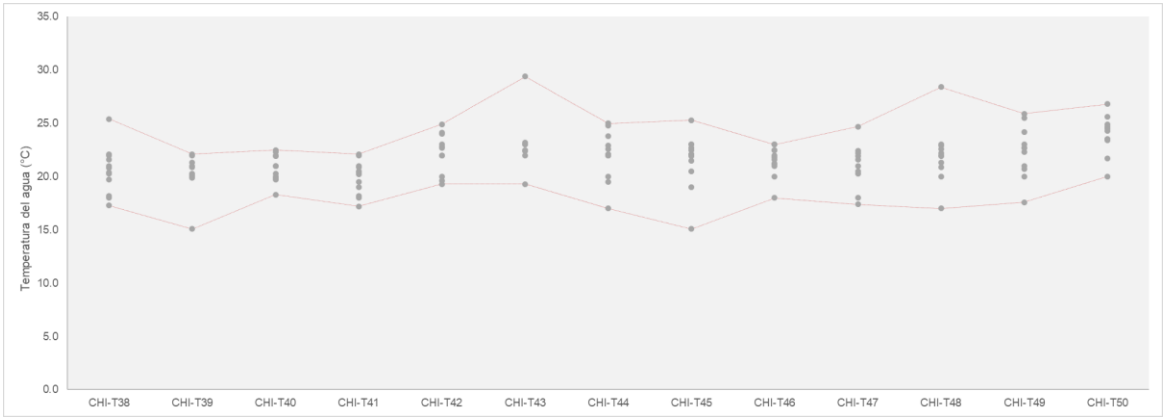
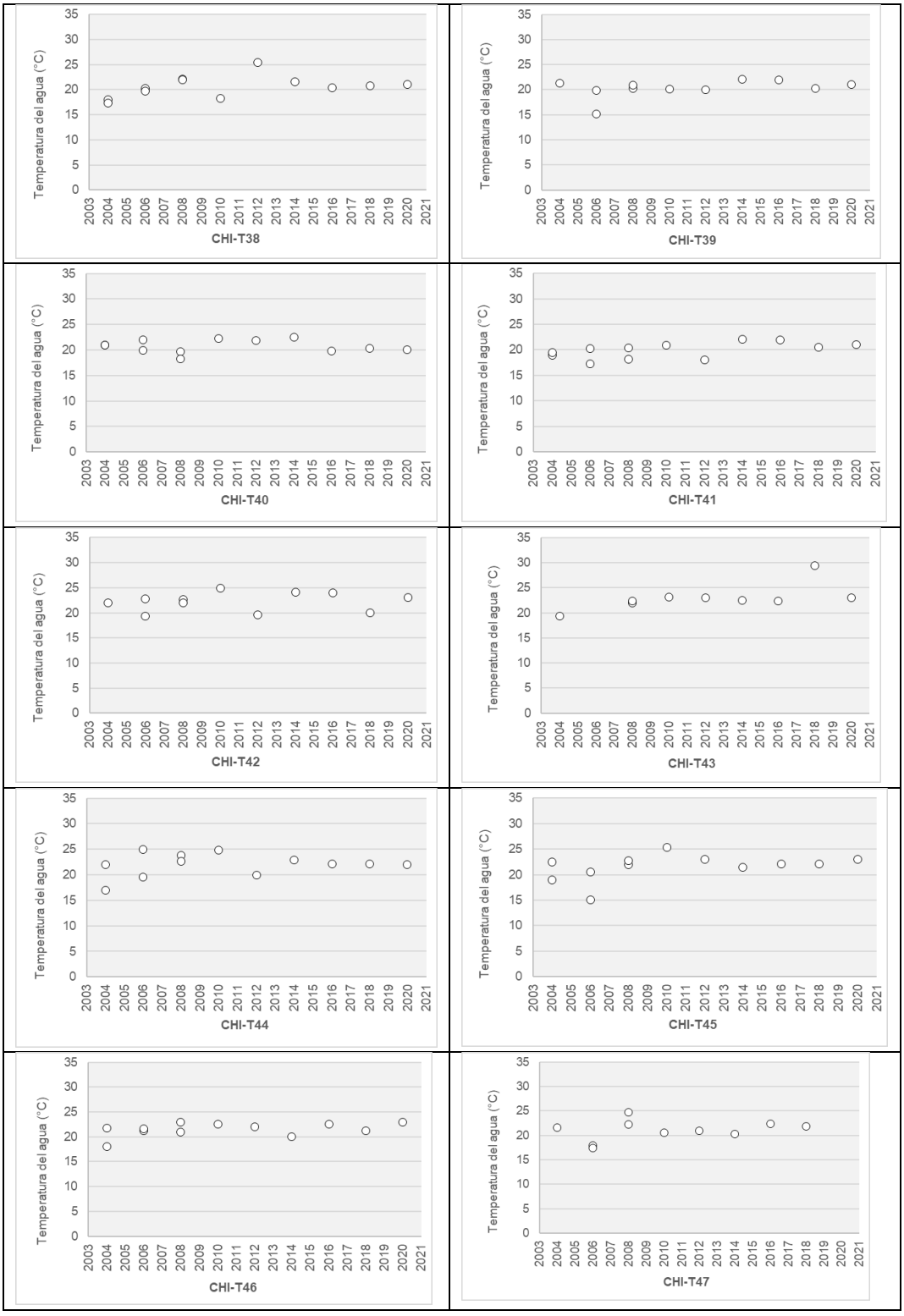


Figura 140. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 141 se puede observar el perfil detallado de la temperatura del agua para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal de la variable para cada punto de medición.


Temperatura del agua (°C)
CHI-T38
CHI-T39
CHI-T40
CHI-T41
CHI-T42
CHI-T43
CHI-T44
CHI-T45
CHI-T46
CHI-T47

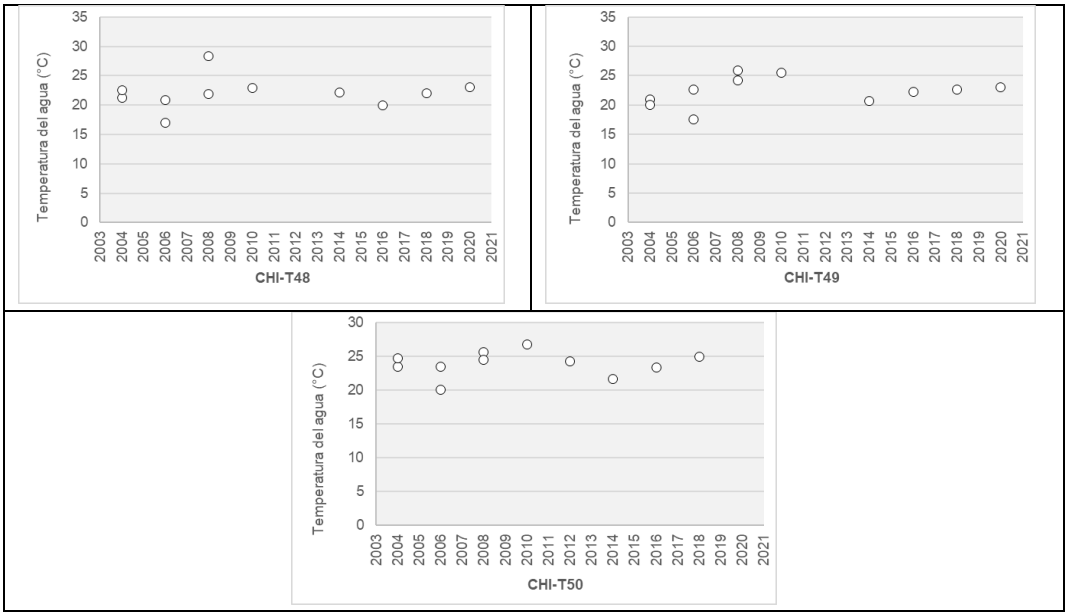


Figura 141. Variación histórica de la temperatura del agua en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **pH**

En la Figura 142 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en los tributarios CHI-T38, CHI-T39, CHI-T40, CHI-T41, CHI-T42, CHI-T43, CHI-T44, CHI-T45, CHI-T46, CHI-T47 CHI-T48, CHI-T49, CHI-T50. En la figura se observa que los valores reportados de pH se encuentran en el rango neutro de 6.0 a 9.0 unidades de pH para todas las estaciones de los tributarios de este tramo.

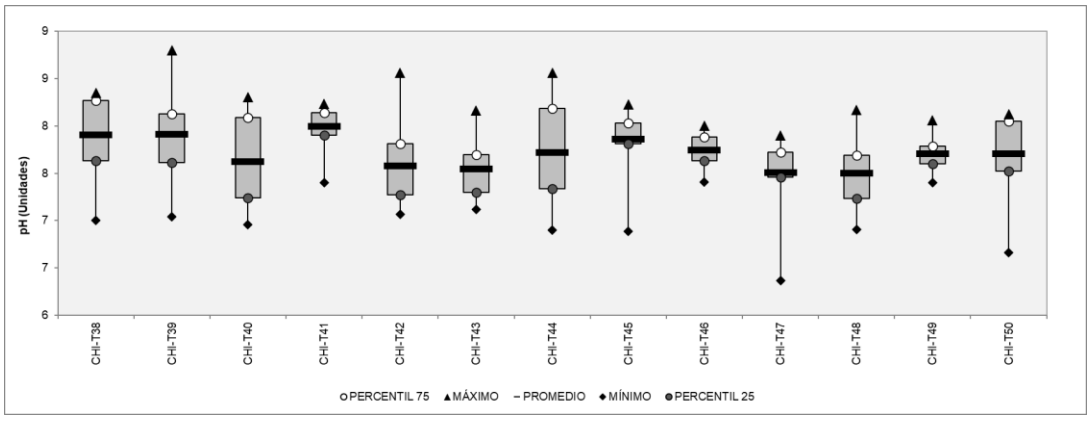


Figura 142. Distribución de datos históricos del pH en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 143 se presentan los valores mínimos y máximos del pH reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo, los valores mayores se han presentado en la Quebrada 2615-002-047 (CHI-T39) con 9.0 unidades y los más bajos en Quebrada Cartagena (CHI-T47) con reportes menores a 6.5 unidades.

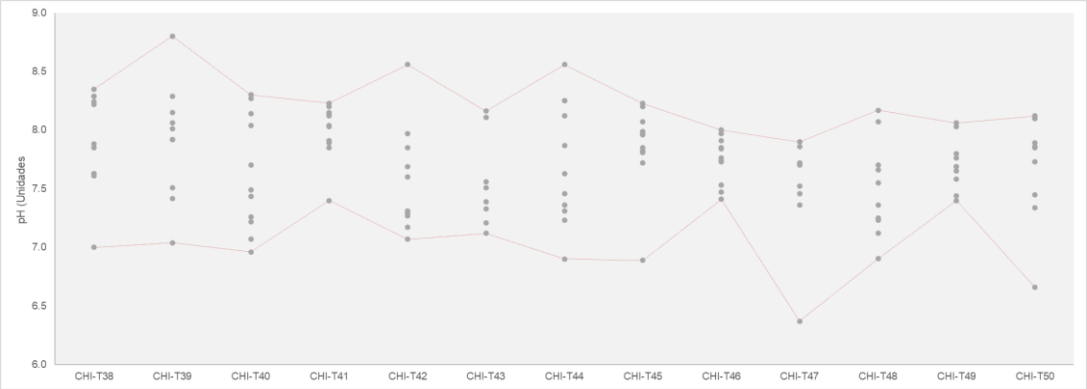
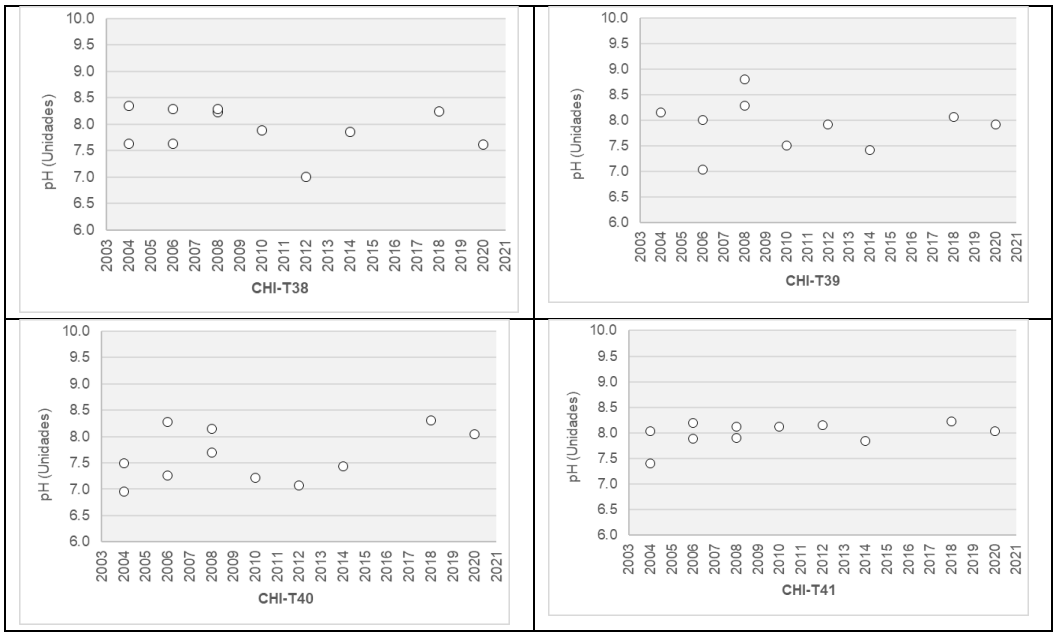


Figura 143. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 144 se puede observar el perfil detallado del pH para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal del parámetro para cada punto de medición.



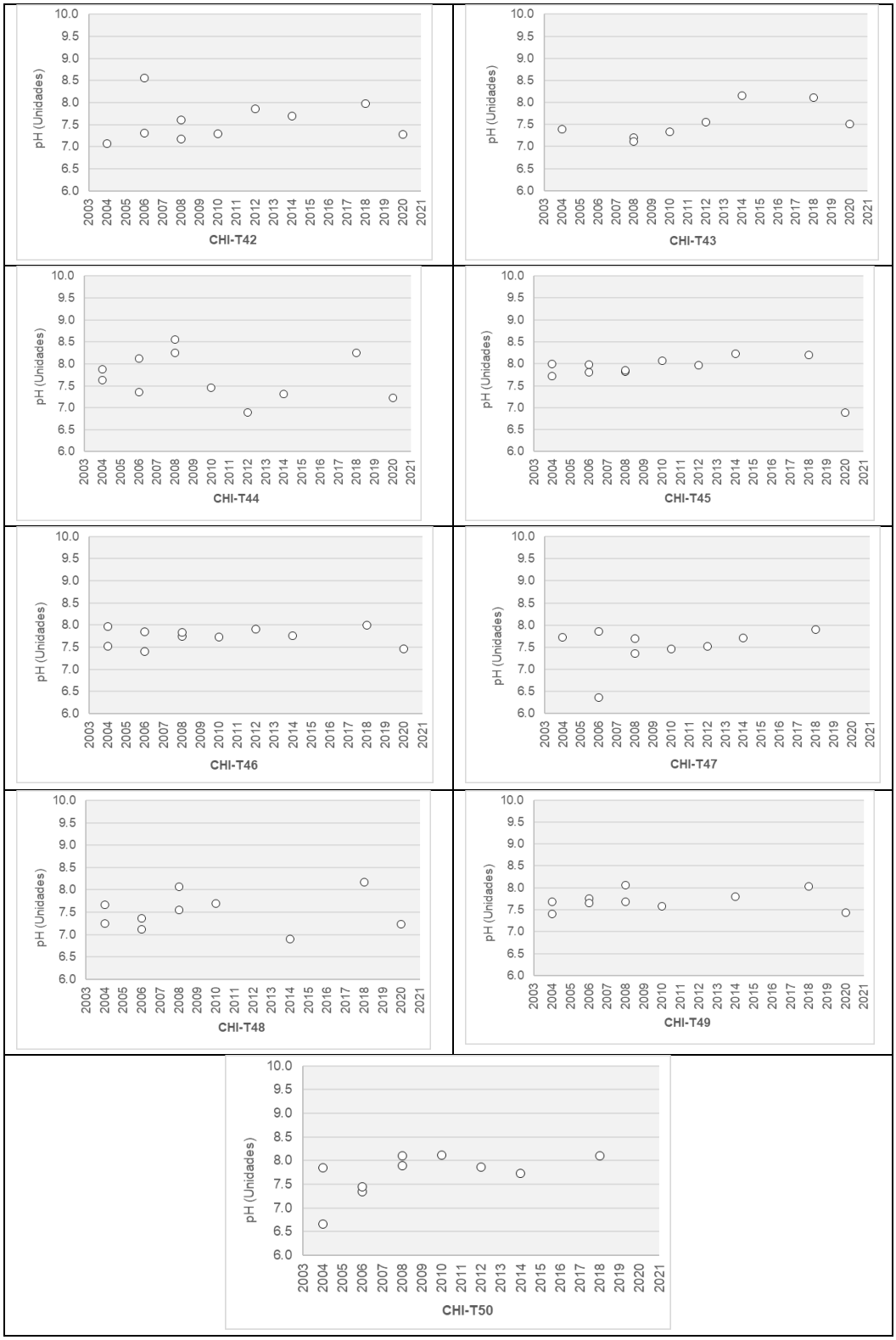


Figura 144. Variación histórica del pH en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)**

En la Figura 145 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en los tributarios CHI-T38, CHI-T39, CHI-T40, CHI-T41, CHI-T42, CHI-T43, CHI-T44, CHI-T45, CHI-T46, CHI-T47 CHI-T48, CHI-T49, CHI-T50. En la figura se observa que la mayoría de los tributarios de este tramo han presentado concentraciones de DBO_5 menores a 50 mg/L. Sin embargo, el Descole Chinchiná (CHI-T42) es el vertimiento que ha presentado mayor concentración de materia orgánica con valores propios de agua residual entre 300 y 500 mg/L y valores promedio de 200 mg/L.

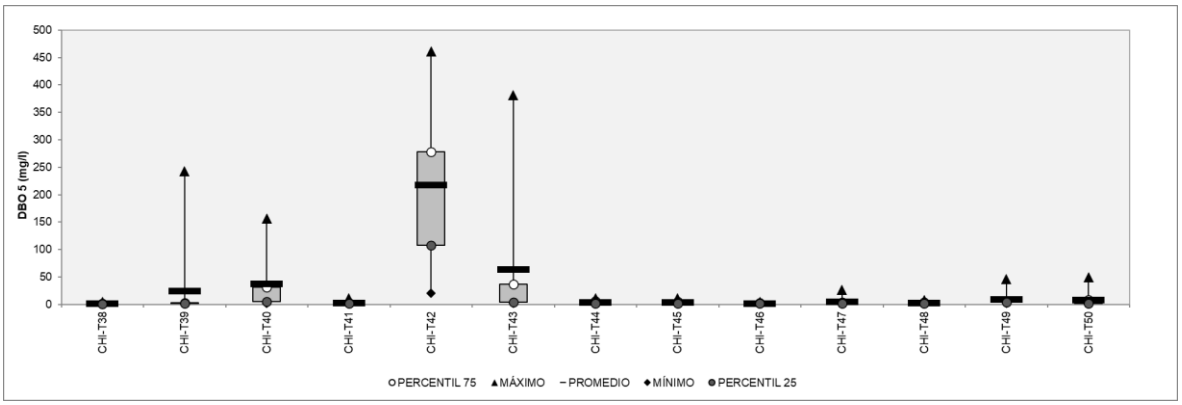


Figura 145. Distribución de datos históricos de la DBO_5 en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 146 se presentan los valores mínimos y máximos de la DBO_5 reportados para cada una de las estaciones correspondientes a los tributarios de este tramo, en la figura se observa que los tributarios con mayores concentraciones de materia orgánica son Quebrada 2615-002-047 (CHI-T39), Quebrada 2615-002-045 (CHI-T40), Descole Chinchiná (CHI-T40) y Quebrada Cameguadua (CHI-T43), con valores entre 200 y 450 mg/L.

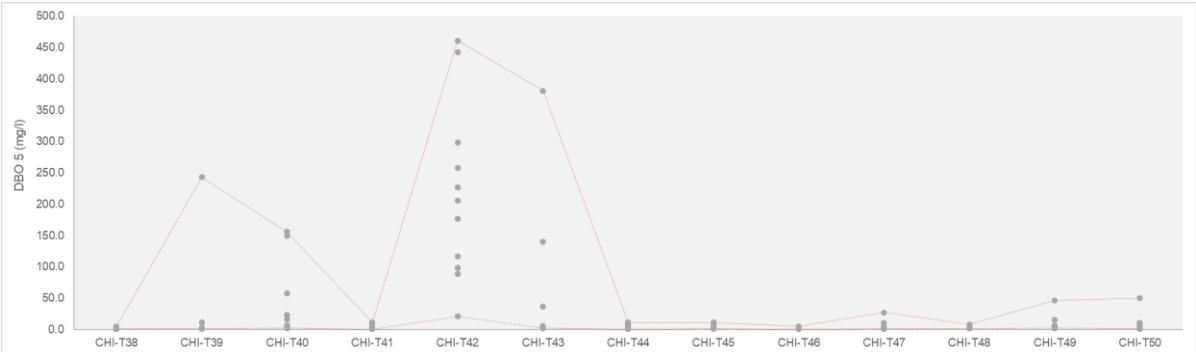
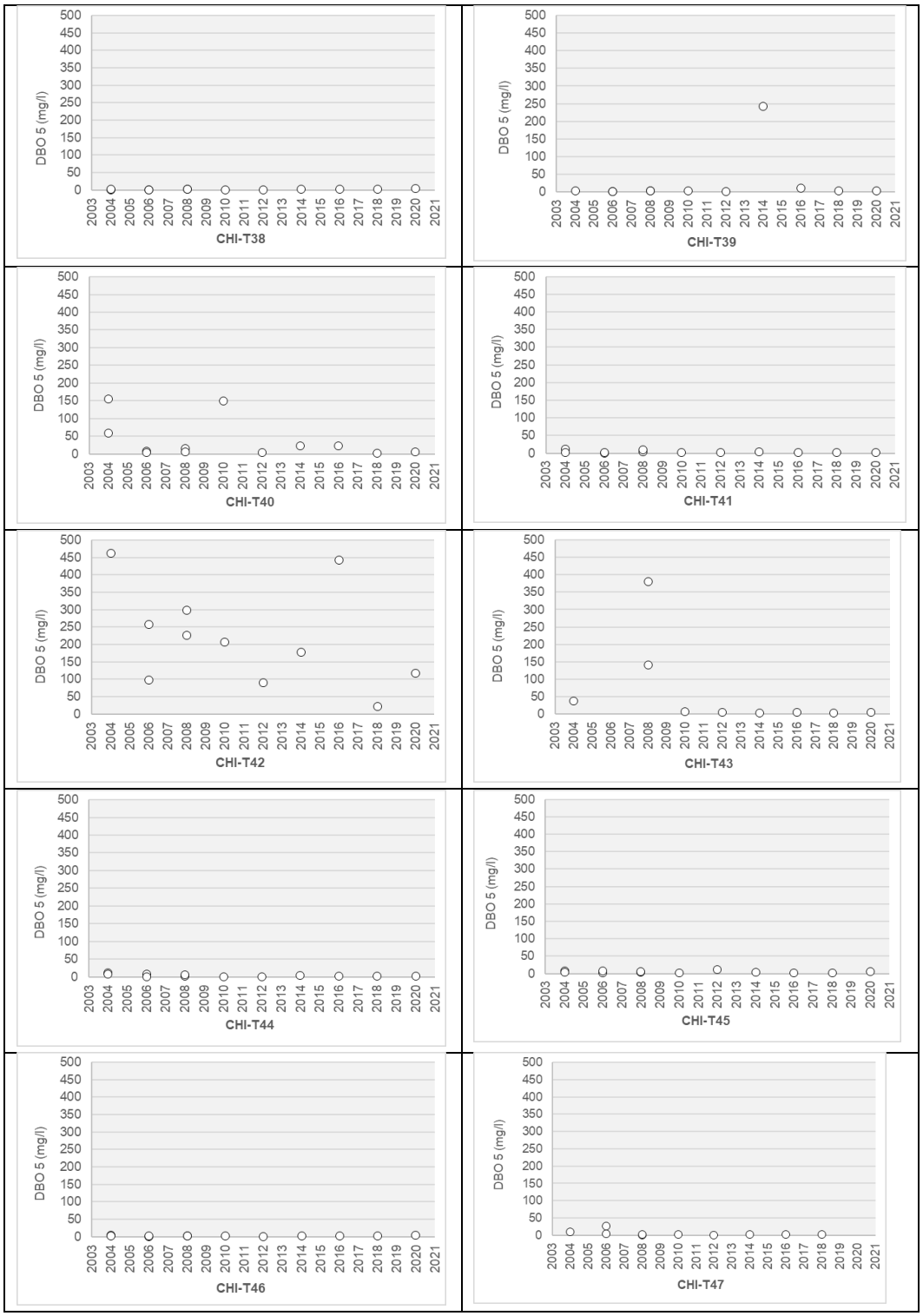


Figura 146. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 147 se puede observar el perfil detallado de la DBO_5 para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal del parámetro para cada punto de medición.



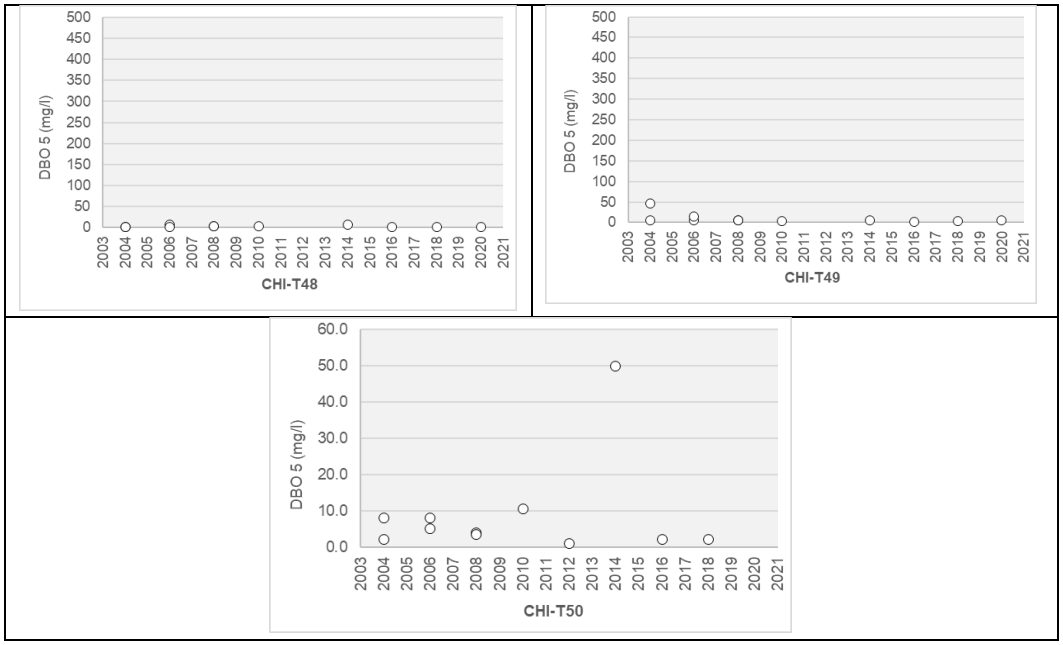


Figura 147. Variación histórica de la DBO_5 en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná por estación

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

En la Figura 148 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en los tributarios CHI-T38, CHI-T39, CHI-T40, CHI-T41, CHI-T42, CHI-T43, CHI-T44, CHI-T45, CHI-T46, CHI-T47 CHI-T48, CHI-T49, CHI-T50. Los resultados se oxígeno disuelto para estas corrientes evidencian que casi todos los tributarios los valores se encuentran entre 5.0 y 7.0 mg/L con valores extremos mínimos de hasta 4.0 mg/L. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos para la variable DBO_5. El tributario Descole Chinchiná (CHI-T42), es el que presenta menores concentraciones de oxígeno por sus características de agua residual con valores que varían entre 0 y 3.0 mg/L.

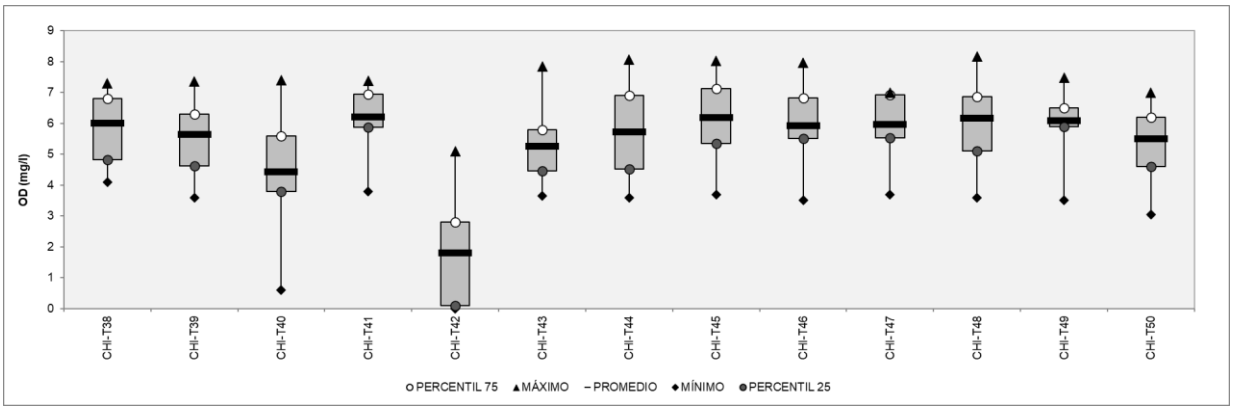


Figura 148. Distribución de datos históricos del OD en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 149 se presentan los valores mínimos y máximos del oxígeno disuelto reportados para cada uno de los tributarios del tramo V del río Chinchiná, en la figura se observa que, para todos los tributarios, con excepción de CHI-T40 y CHI-T42, los valores extremo mínimos son de 4.0 mg/L. Además, se muestra que para el Descole Chinchiná, la mayoría de los valores reportados se encuentra por debajo de 3.0 mg/L con un dato extremo de 5.0 mg/L.

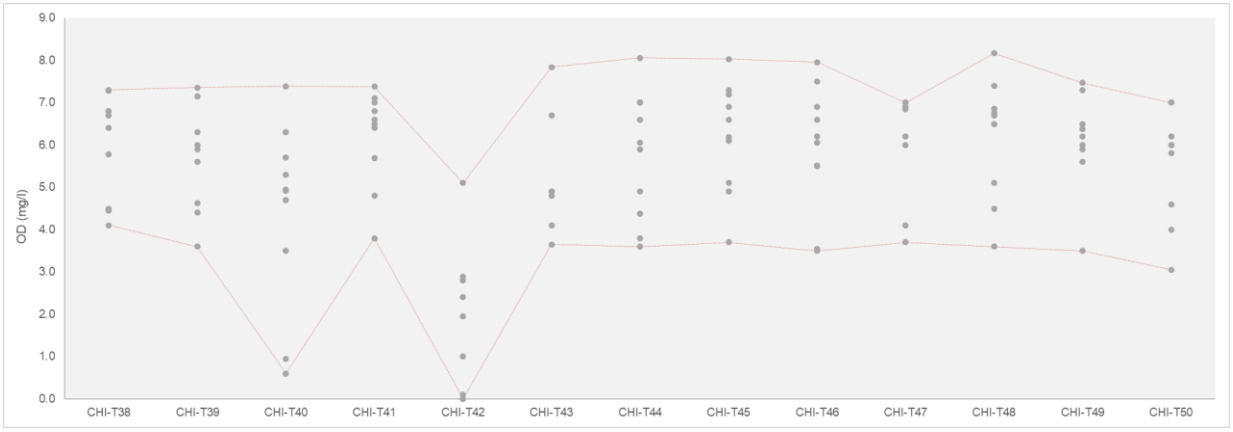
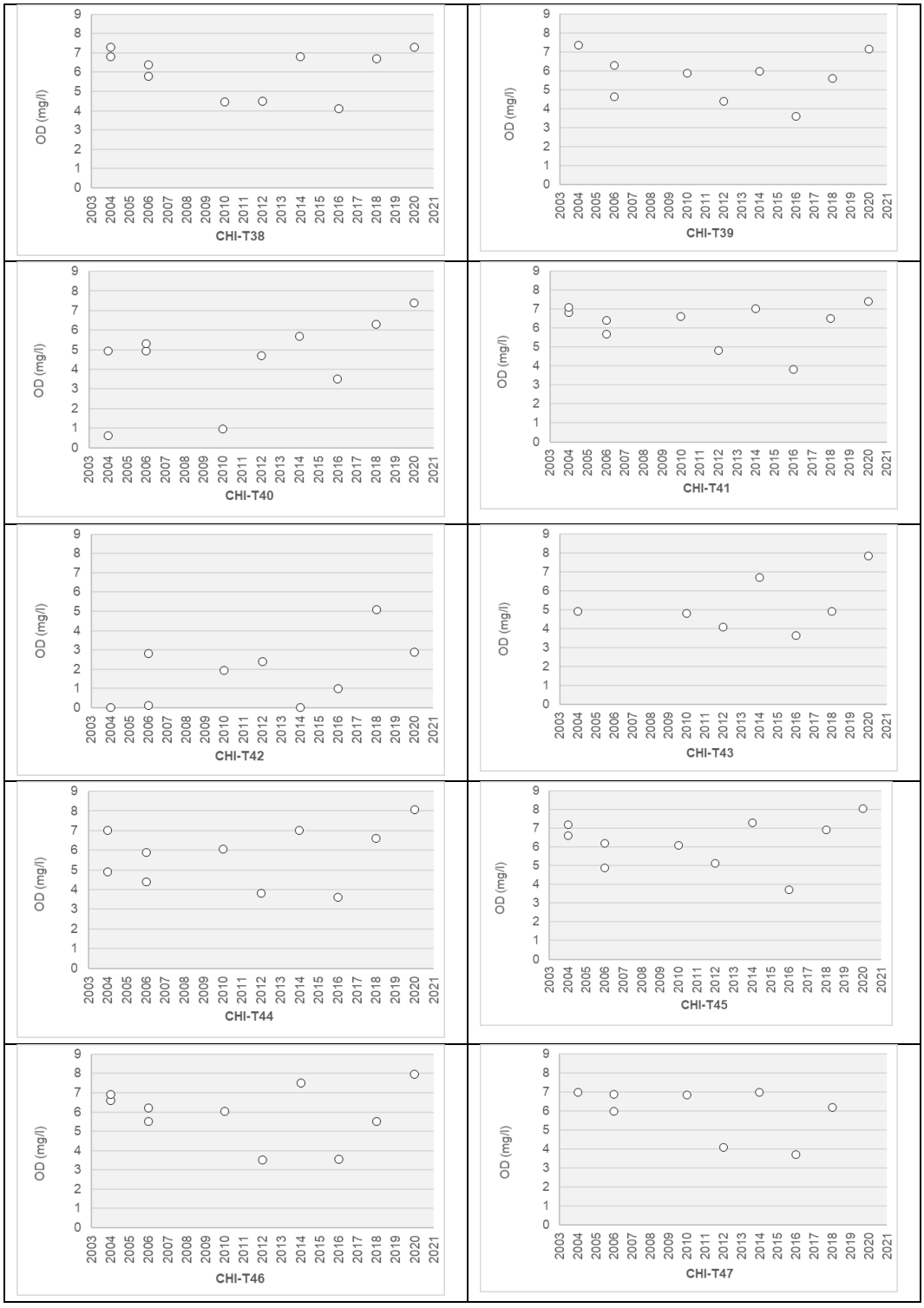


Figura 149. Variación histórica del OD en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 150 se puede observar el perfil detallado del OD para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal del parámetro para cada punto de medición.


OD (mg/l)
CHI-T38
CHI-T39
CHI-T40
CHI-T41
CHI-T42
CHI-T43
CHI-T44
CHI-T45
CHI-T46
CHI-T47

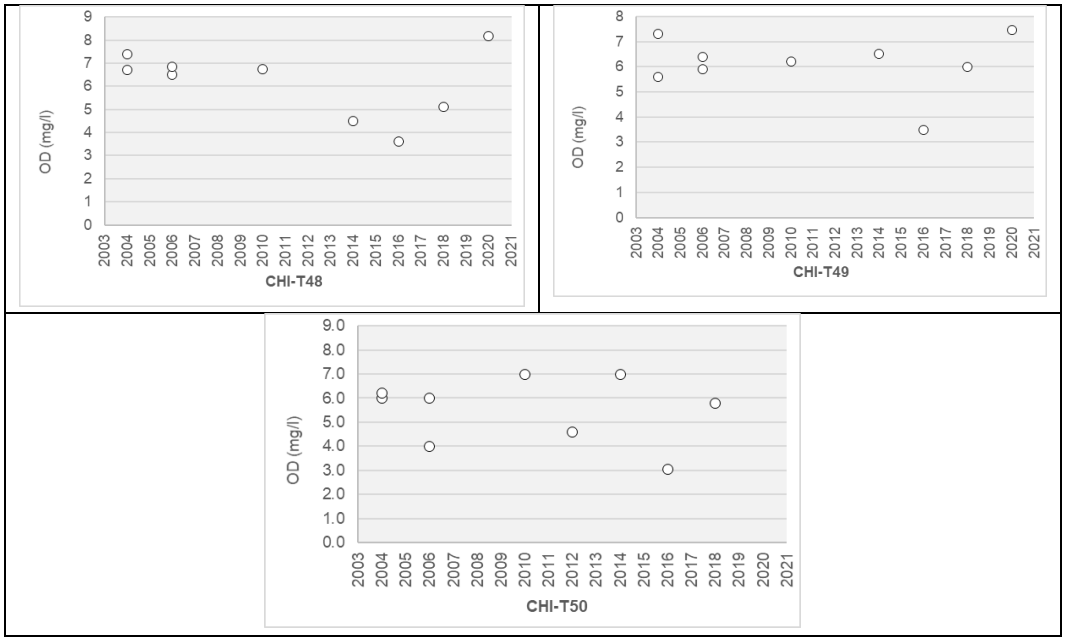


Figura 150. Variación histórica del OD en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná por estación

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

En la Figura 151 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en los tributarios CHI-T38, CHI-T39, CHI-T40, CHI-T41, CHI-T42, CHI-T43, CHI-T44, CHI-T45, CHI-T46, CHI-T47 CHI-T48, CHI-T49, CHI-T50. En la figura se puede observar que los tributarios han presentado concentraciones altas de SST particularmente desde CHI-T38 hasta CHI-T44. Los tributarios que han reportado valores elevados de sólidos en la mayoría de los años son CHI-T43 (Quebrada Cameguadua) y CHI-T44 (Quebrada El Rosario). Para las demás corrientes las concentraciones de SST se han encontrado entre 0 y 200 mg/L, con excepción de los datos atípicos.

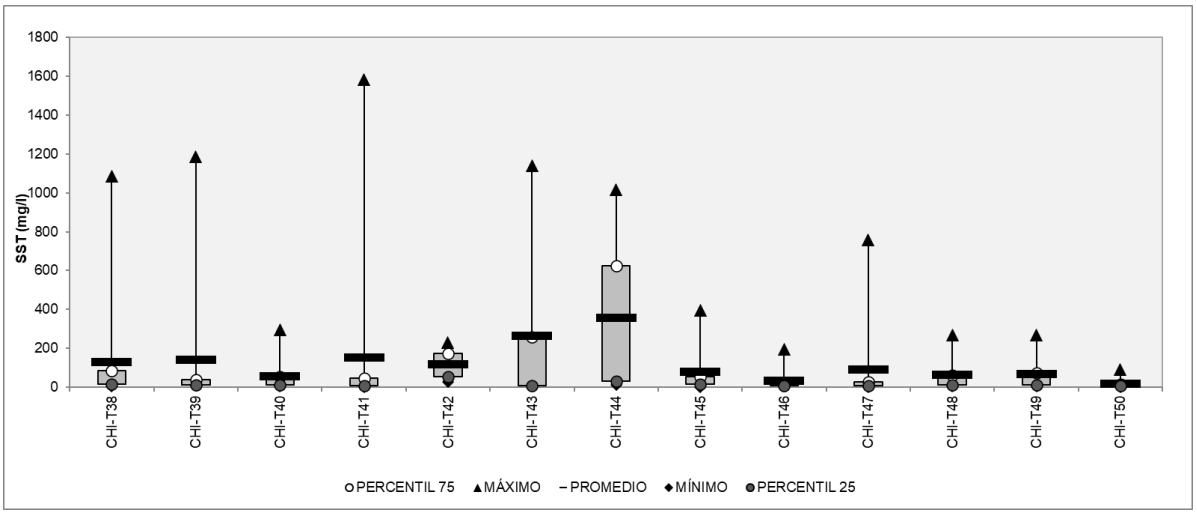


Figura 151. Distribución de datos históricos de SST en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 152 se presentan los valores mínimos y máximos de SST reportados para cada una de las estaciones correspondientes a los tributarios de este tramo, En la figura se observa que para las estaciones CHI-T38 hasta CHI-T41 y CHI-T47, la mayoría de los valores se encuentran por debajo de los 200 mg/L, sin embargo, los promedios son elevados ya que se presentaron reportes de SST entre 1000 y 1600 mg/L en estos tributarios. En este sentido la gráfica evidencia que las corrientes más contaminadas por sólidos con CHI-T43 (Quebrada Cameguadua), CHI-T44 (Quebrada El Rosario), CHI-T45 (Quebrada Manzanares) y CHI-T47 (Quebrada Cartagena).

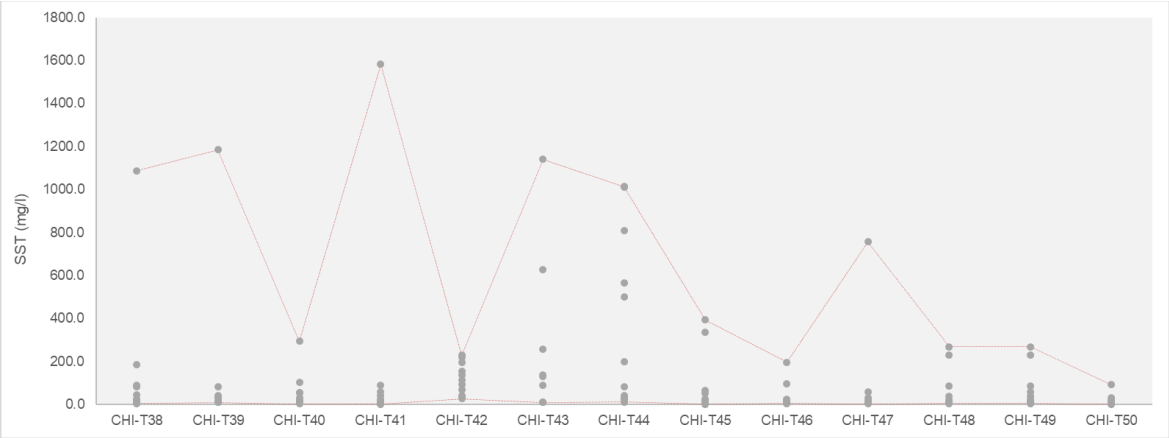
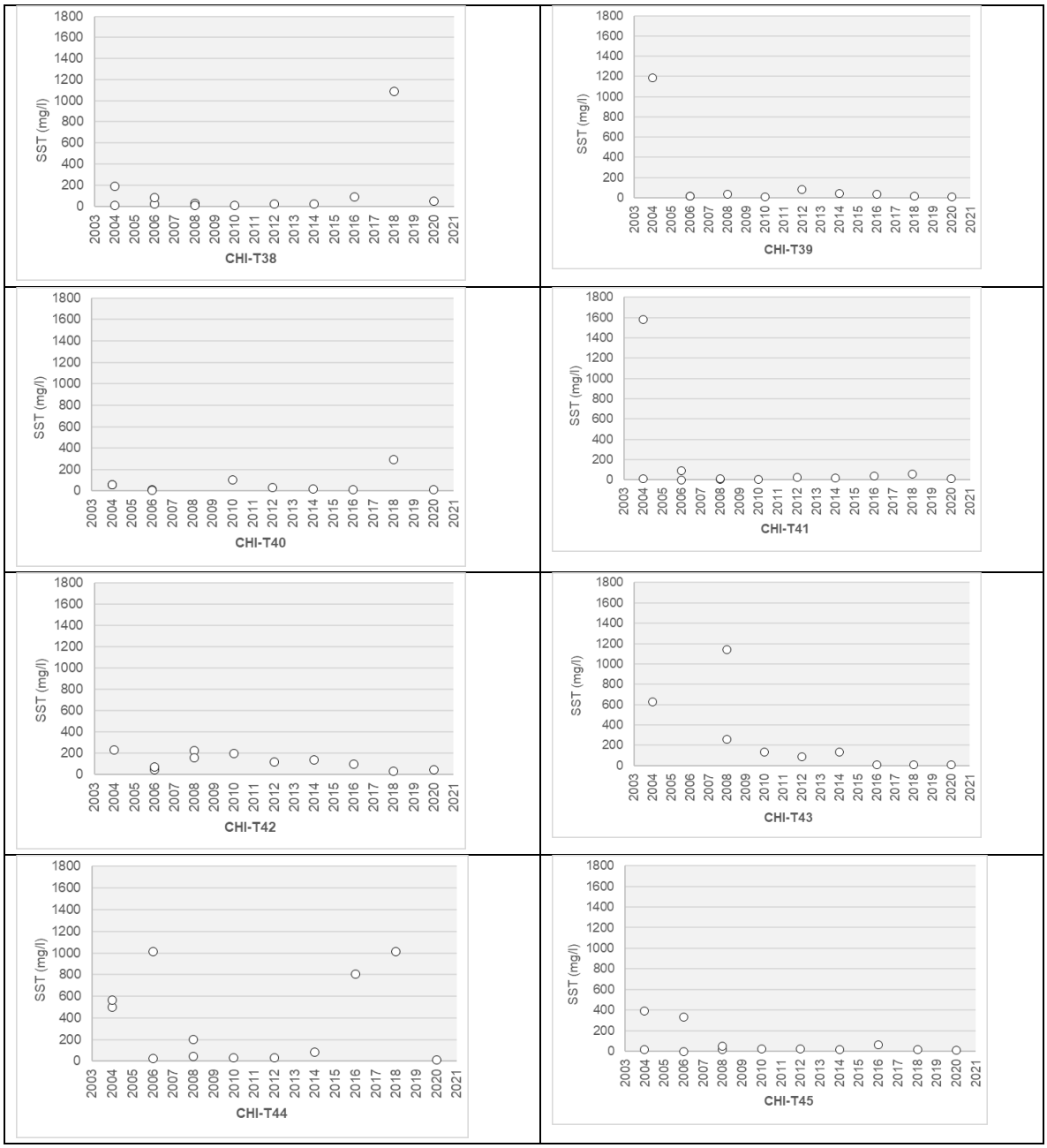


Figura 152. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 153 se puede observar el perfil detallado de los SST para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal del parámetro para

cada punto de medición. En esta figura se observa que los mayores valores de SST en los tributarios de este tramo se presentaron en 2004 y entre 2018 y 2019.



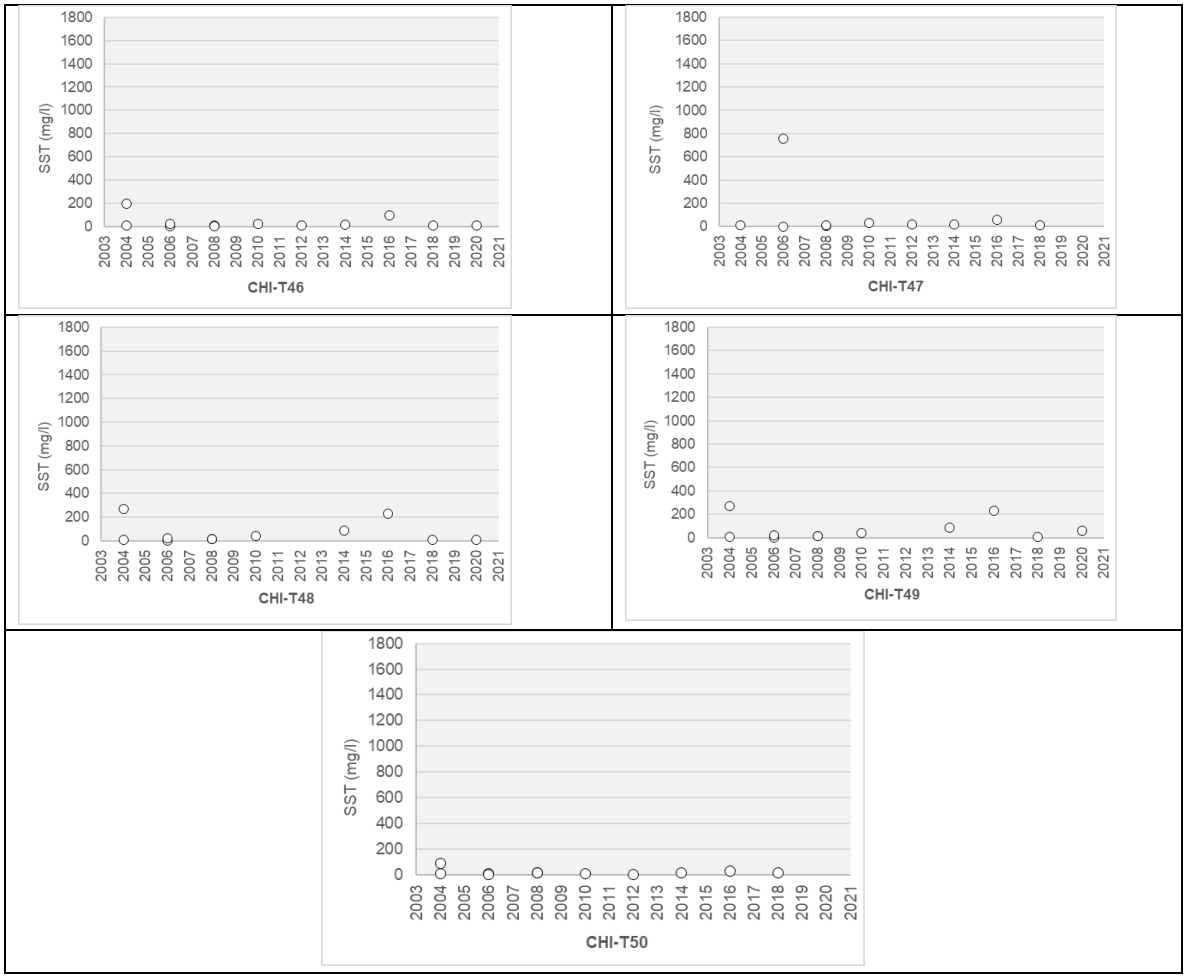


Figura 153. Variación histórica de los SST en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná por estación

- **Coliformes Fecales (CF)**

En la Figura 154 se presenta el consolidado de los resultados de los monitoreos realizados en el río Chinchiná en el tramo V, en los tributarios CHI-T38, CHI-T39, CHI-T40, CHI-T41, CHI-T42, CHI-T43, CHI-T44, CHI-T45, CHI-T46, CHI-T47 CHI-T48, CHI-T49, CHI-T50 para la variable Coliformes fecales. En la figura se observa que para la mayoría de los tributarios los valores reportados de coliformes fecales se encuentran entre 100 y $1x10^4$ UFC/100 ml. Como ha ocurrido con las demás variables de calidad del agua analizadas, el tributario Descole Chinchiná (CHI-T42) es el que presenta mayor contaminación con valores de coliformes fecales de $1x10^4$ a $1x10^6$ UFC/100 ml.

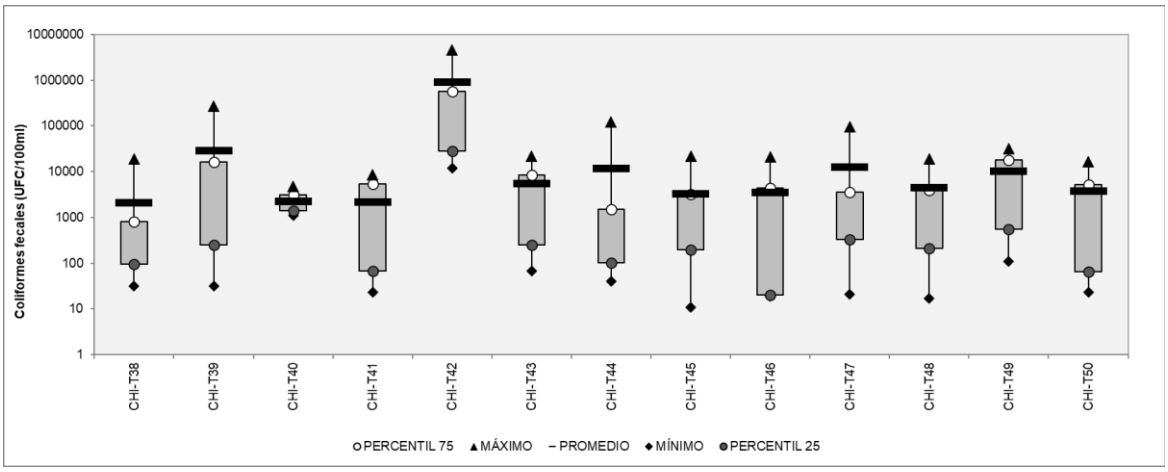


Figura 154. Distribución de datos históricos de coliformes fecales en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 155 se presentan los valores mínimos y máximos del pH reportados para cada una de las estaciones correspondientes a este tramo.

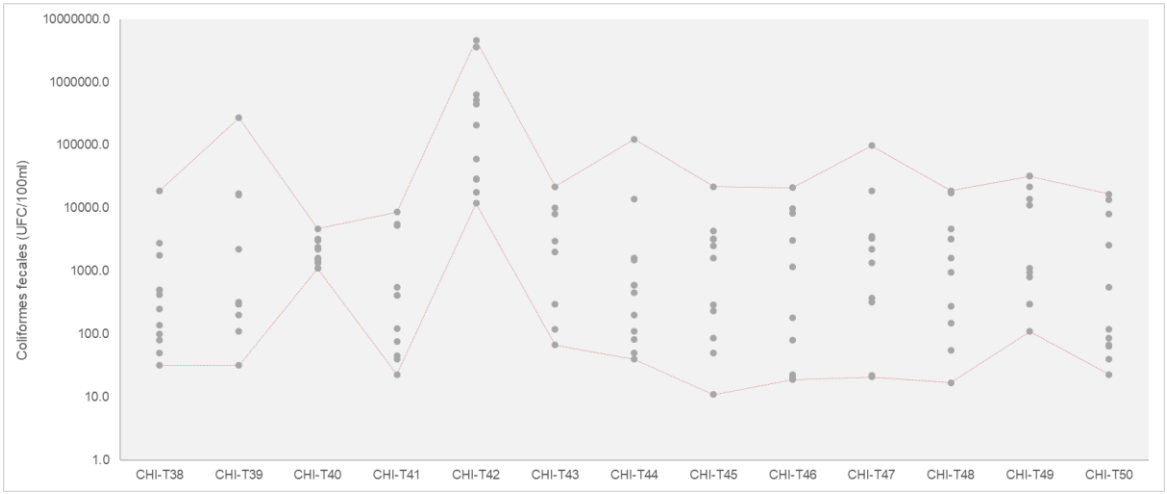
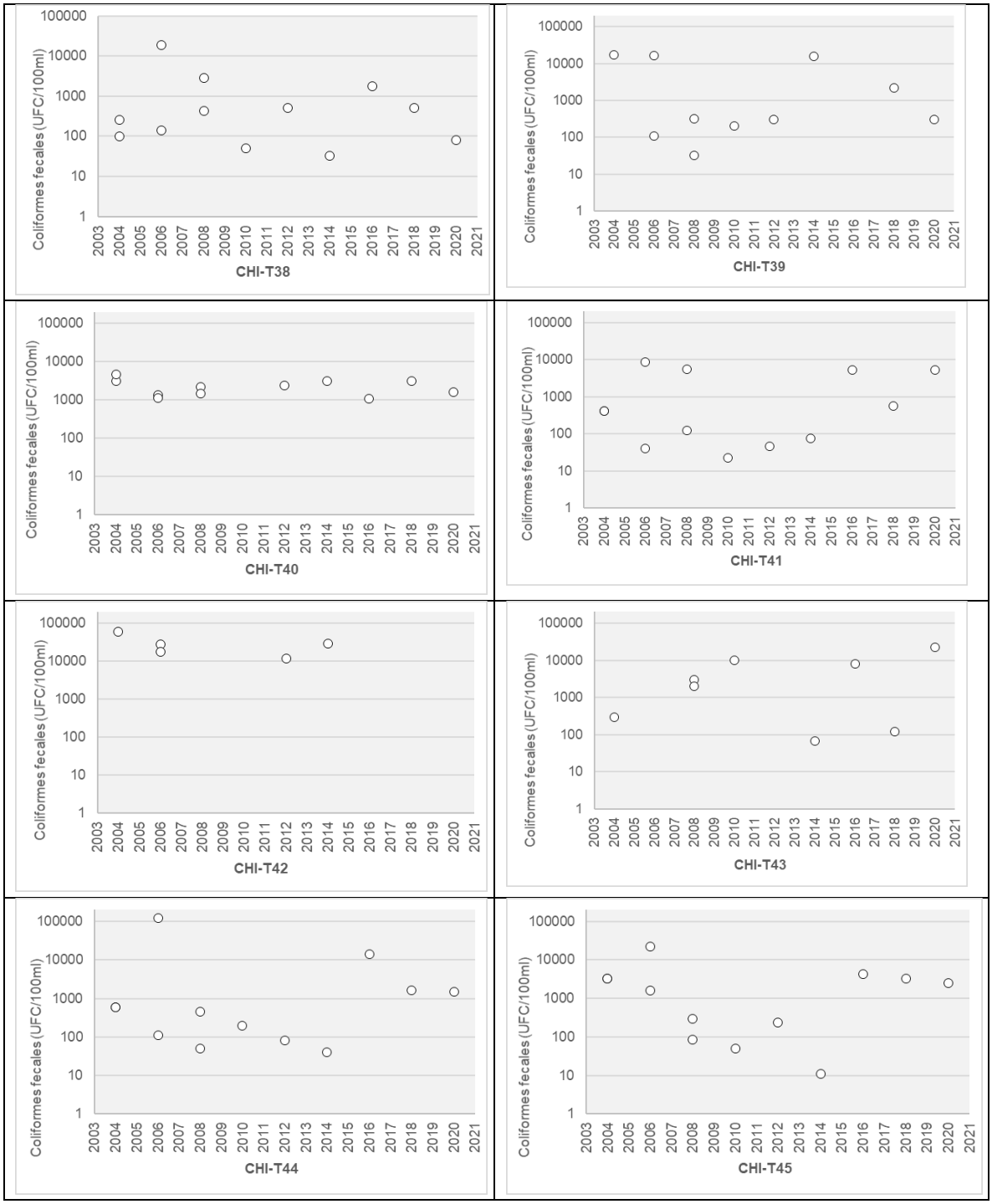


Figura 155. Variación histórica de coliformes fecales en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná (2004 - 2020)

En la Figura 156 se puede observar el perfil detallado de coliformes fecales para cada estación de este tramo, allí se permite visualizar la variación temporal del parámetro para cada punto de medición. En general, es posible afirmar que el comportamiento de los coliformes fecales es irregular y presenta variaciones altas de un año a otro para la misma estación, además en el periodo 2009-2013 se presentaron la mayoría de los valores mínimos de coliformes para los tributarios.


Coliformes fecales (UFC/100ml)
100000
10000
1000
100
10
1
2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021
CHI-T38
CHI-T39
CHI-T40
CHI-T41
CHI-T42
CHI-T43
CHI-T44
CHI-T45

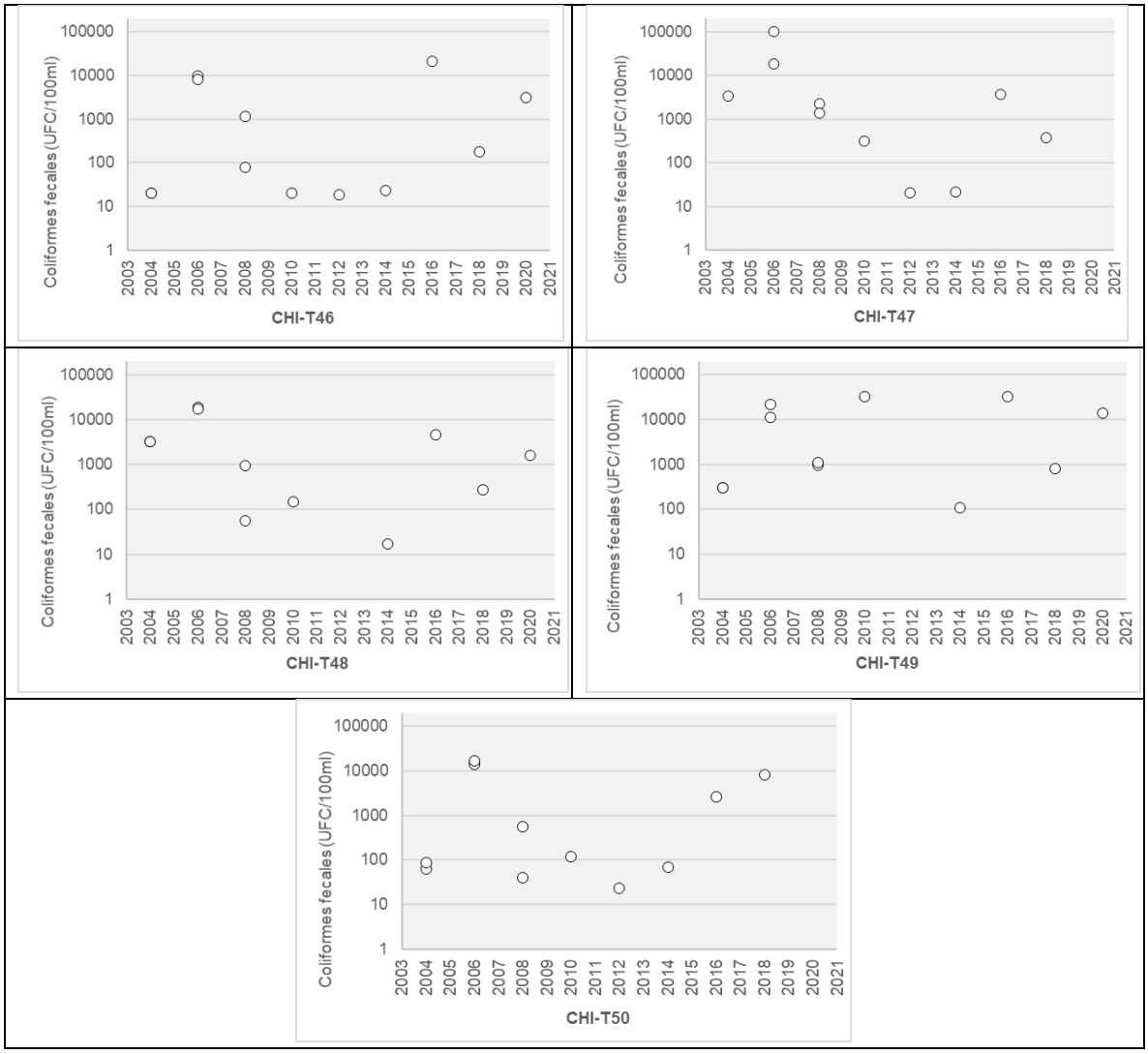


Figura 156. Variación histórica de Coliformes fecales en los tributarios del Tramo V Río Chinchiná por estación

7. INDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA

7.1. Índices de calidad y contaminación históricos

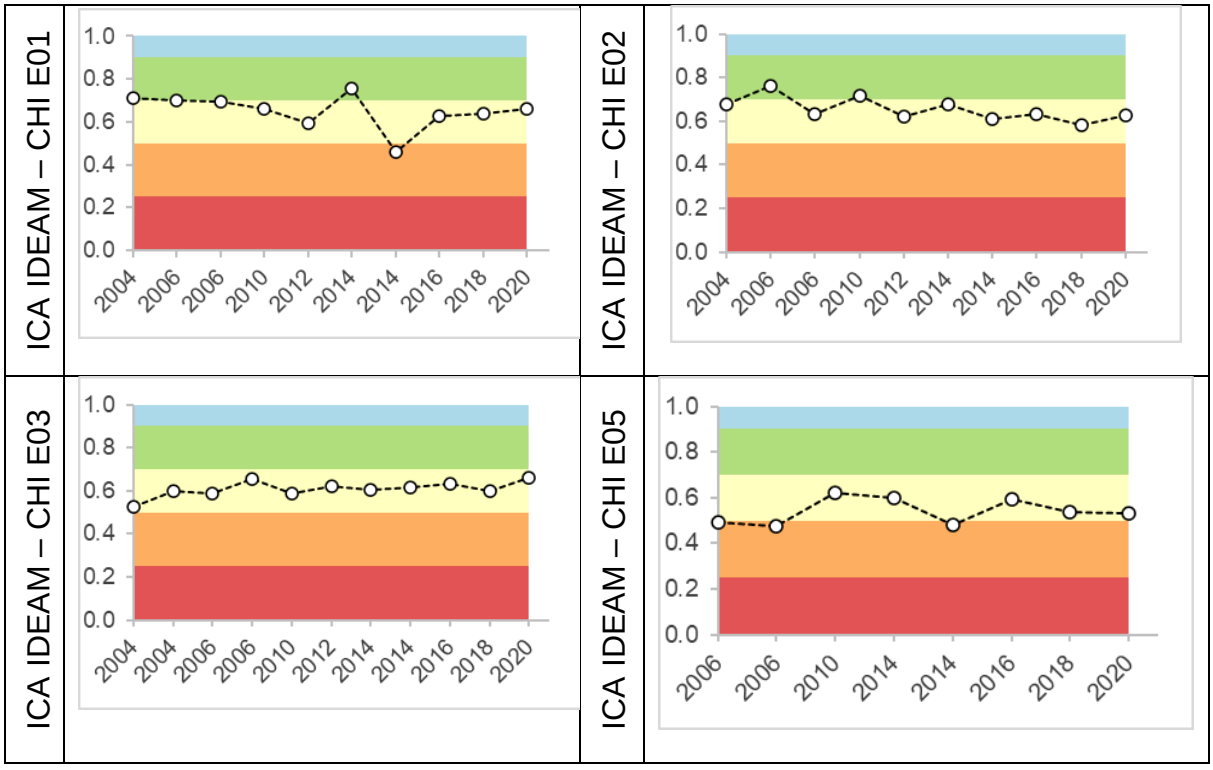
7.1.1. Tramos I, II y III

Se analizaron los resultados históricos de los monitoreos realizados las estaciones que constituyen los tramos I, II y III y se realizó el cálculo del índice para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2004 - 2020. En la Tabla 19 se presentan las convenciones del ICA-IDEAM para facilitar la interpretación de los resultados que aquí se presentan.

Tabla 19 Clasificación de valores ICA-IDEAM

Rango valores	Clasificación	Convención
0.9 - 1	Buena	
0.7 - 0.9	Aceptable	
0.5 - 0.7	Regular	
0.25 - 0.5	Mala	
<0.25	Muy mala	

En la Figura 157 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo de los tramos I, II y III del río Chinchiná. En la figura es posible observar que para las estaciones CHI-E01 y CHI-E02 la calidad del agua se ha ubicado entre "Regular" y "Aceptable" para todos los años de registro. En las estaciones CHI-E03, CHI-E05 y CHI-E07, la calidad ha disminuido levemente hasta la categoría de "Regular". El comportamiento de este índice con los resultados del año 2020 es acorde al comportamiento histórico de la calidad y para todas las estaciones los resultados del presente año ubicaron el ICA-IDEAM en calidad "Regular".



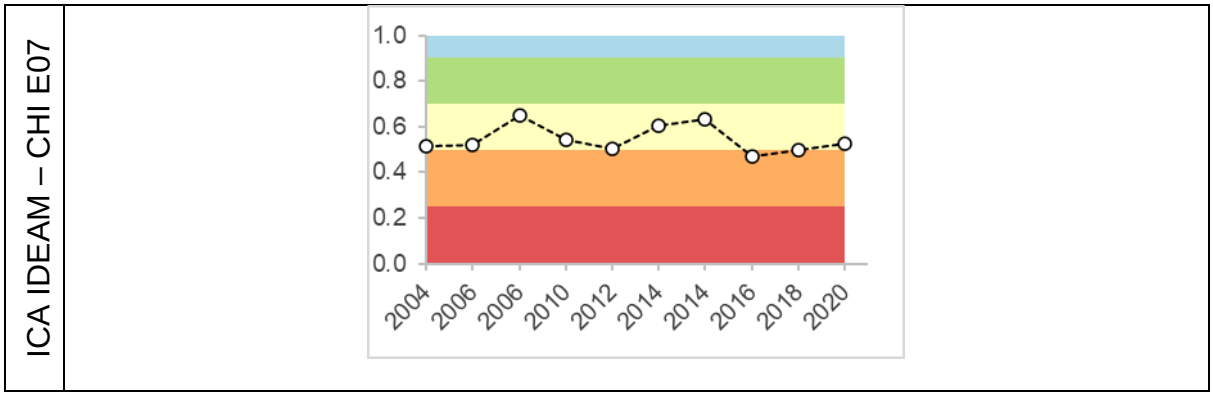


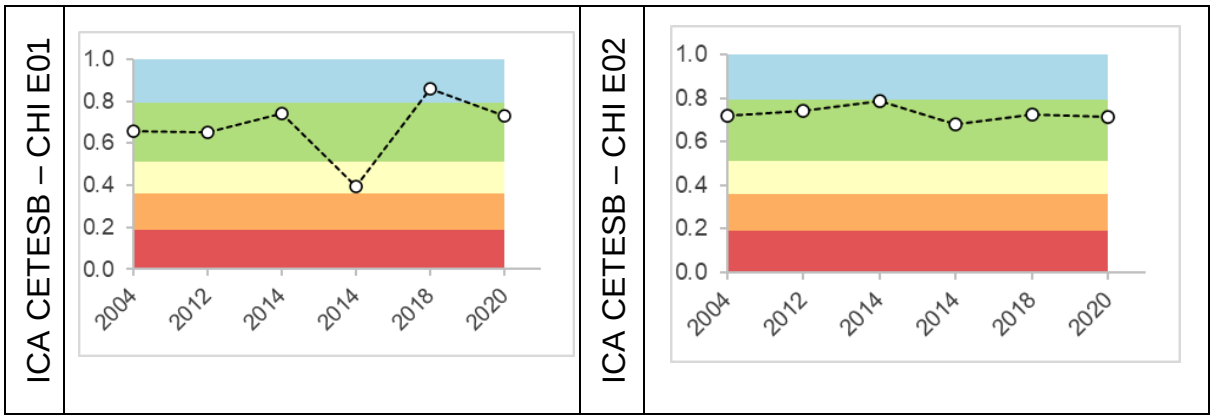
Figura 157. Resultados ICA-IDEAM históricos tramos I, II y III Río Chinchiná

En la Tabla 20 se presentan las convenciones del ICA-CETESB para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 20 Clasificación de valores ICA-CETESB

Rango valores	Clasificación	Convención
0.8 - 1	Excelente	
0.6 - 0.8	Buena	
0.4 - 0.6	Regular	
0.2 - 0.4	Mala	
<0.2	Pésima	

En la Figura 158 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo de los tramos I, II y III del río Chinchiná. En la figura se observa que para este tramo el ICA-CESTESB ha sido de calidad "Buena" en todas las estaciones monitoreadas con un comportamiento similar al ICA-IDEAM, sin embargo, este índice considera algunas variables adicionales como DBO_5 y coliformes fecales.



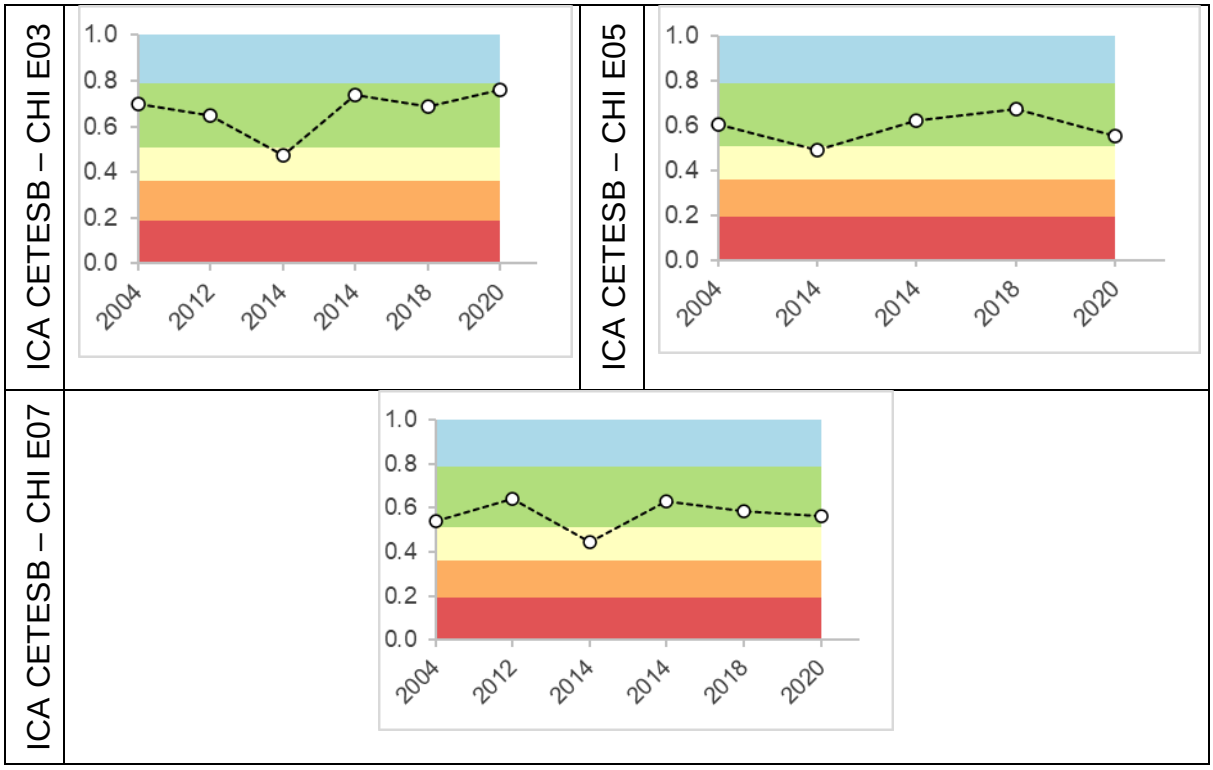


Figura 158. Resultados ICA-CETESB históricos tramos I, II y III Río Chinchiná

En la Tabla 21 se presentan las convenciones de los ICOS para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 21. Clasificación ICOS

Rango valores	Clasificación	Convención
0.8 - 1	Muy alta	
0.6 - 0.8	Alta	
0.4 - 0.6	Media	
0.2 - 0.4	Baja	
<0.2	Muy baja	

En la Figura 159 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo de los tramos I, II y III de la serie histórica analizada. En algunos años faltan los cálculos de los ICOS pues no se reportó una o más variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles. En términos generales este tramo presenta niveles de contaminación bajos con excepción de algunos valores extremos que se presentaron debido al incremento de las concentraciones de las variables del ICO. Los resultados para el año 2020, son similares a los obtenidos en 2018, los índices se encuentran en contaminación “Muy baja”, el ICOMO se

presenta como el índice más alto en este tramo y en CHI-E05 y CHI-E07 el proceso de contaminación dominante es la mineralización pues el ICOMI se encuentra entre “Baja” y “Media”.

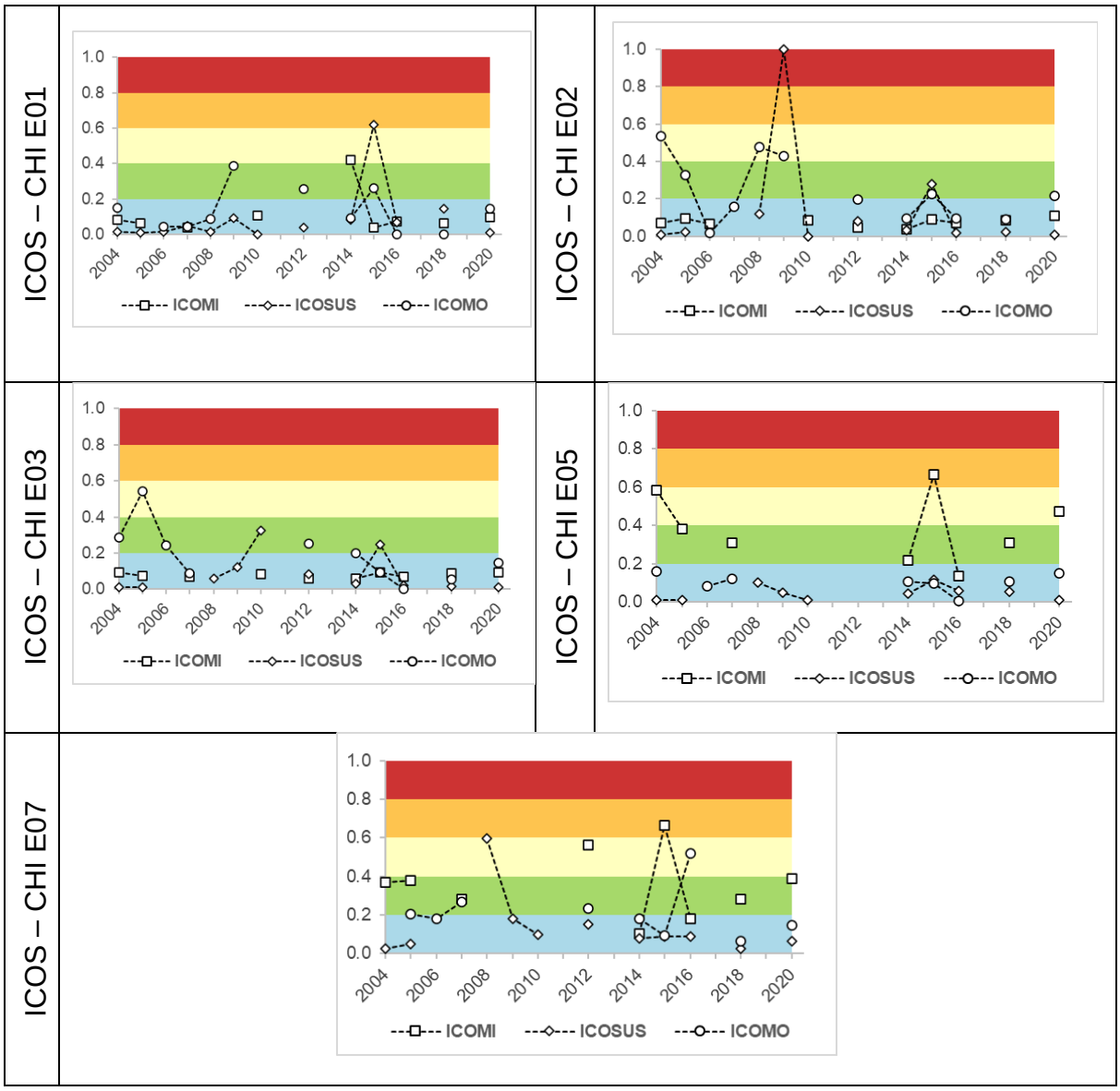


Figura 159. Resultados ICOS históricos tramos I, II y III Río Chinchiná

En la Tabla 22 se presentan las convenciones del ICOTRO para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 22. Clasificación de valores ICOTRO.

Rango valores	Clasificación	Convención
>1.0	Hipereutrófico	
0.02 - 1.0	Eutrófico	

Rango valores	Clasificación	Convención
0.01 - 0.02	Mesotrófico	
<0.01	Oligotrófico	

En la Figura 160 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para los tramos I, II y III del río Chinchiná. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo. En este tramo se observa que para todas las estaciones (con excepción de CHI-E05), se presentó un valor extremo en el ICOTRO durante los años 2016 a 2018 en “Hipereutrófico”, sin embargo, en los resultados obtenidos en 2020 se muestra que el ICOTRO dio como resultado “Eutrófico”.

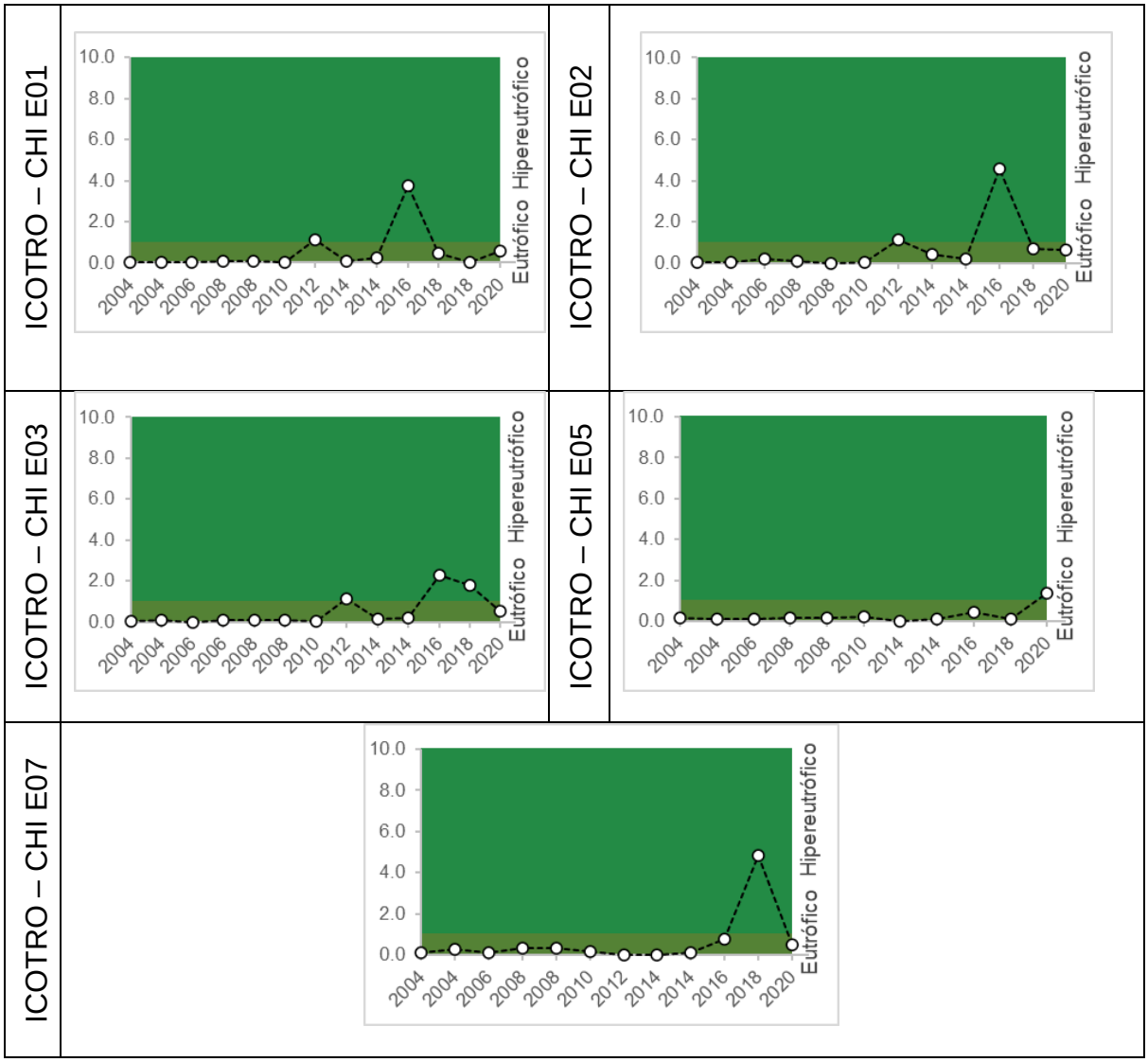
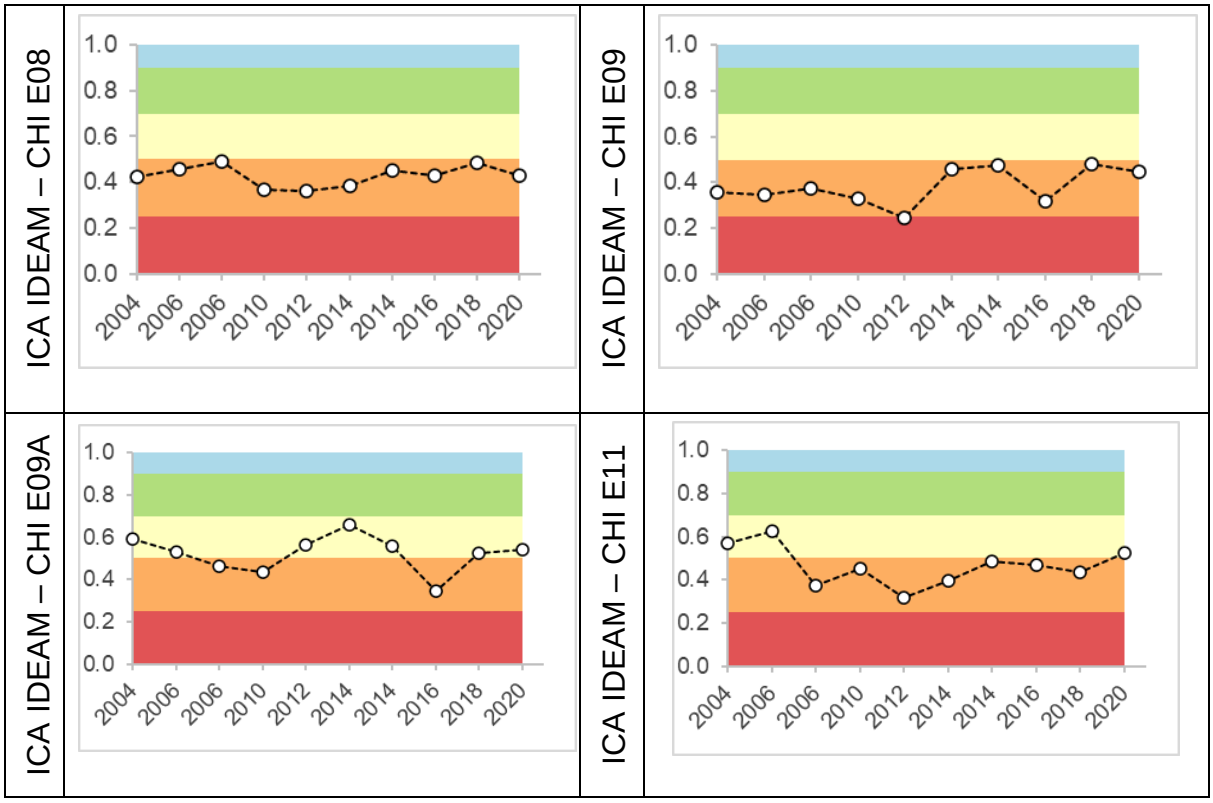


Figura 160. Resultados ICOTRO históricos tramos I, II y III Río Chinchiná

7.1.2. Tramo IV

En la Figura 161 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo del tramo IV del río Chinchiná. En la figura se observa un deterioro significativo de la calidad del agua, en las estaciones CHI-E08 y CHI-E09, la calidad se ha encontrado históricamente en la categoría "Mala" y para los resultados del monitoreo del año 2020 el índice no presenta mejora. En las estaciones subsiguientes desde CHI-E09A a CHI-E20 la calidad se ha mantenido en la categoría de "Mala" con excepción de CHI-E12, CHI-E15, CHI-E17 y CHI-E19, donde hubo un cambio en los resultados del año 2020 con respecto a los registros históricos y la calidad del agua pasó de "Mala" en 2018 a "Regular" en 2020.



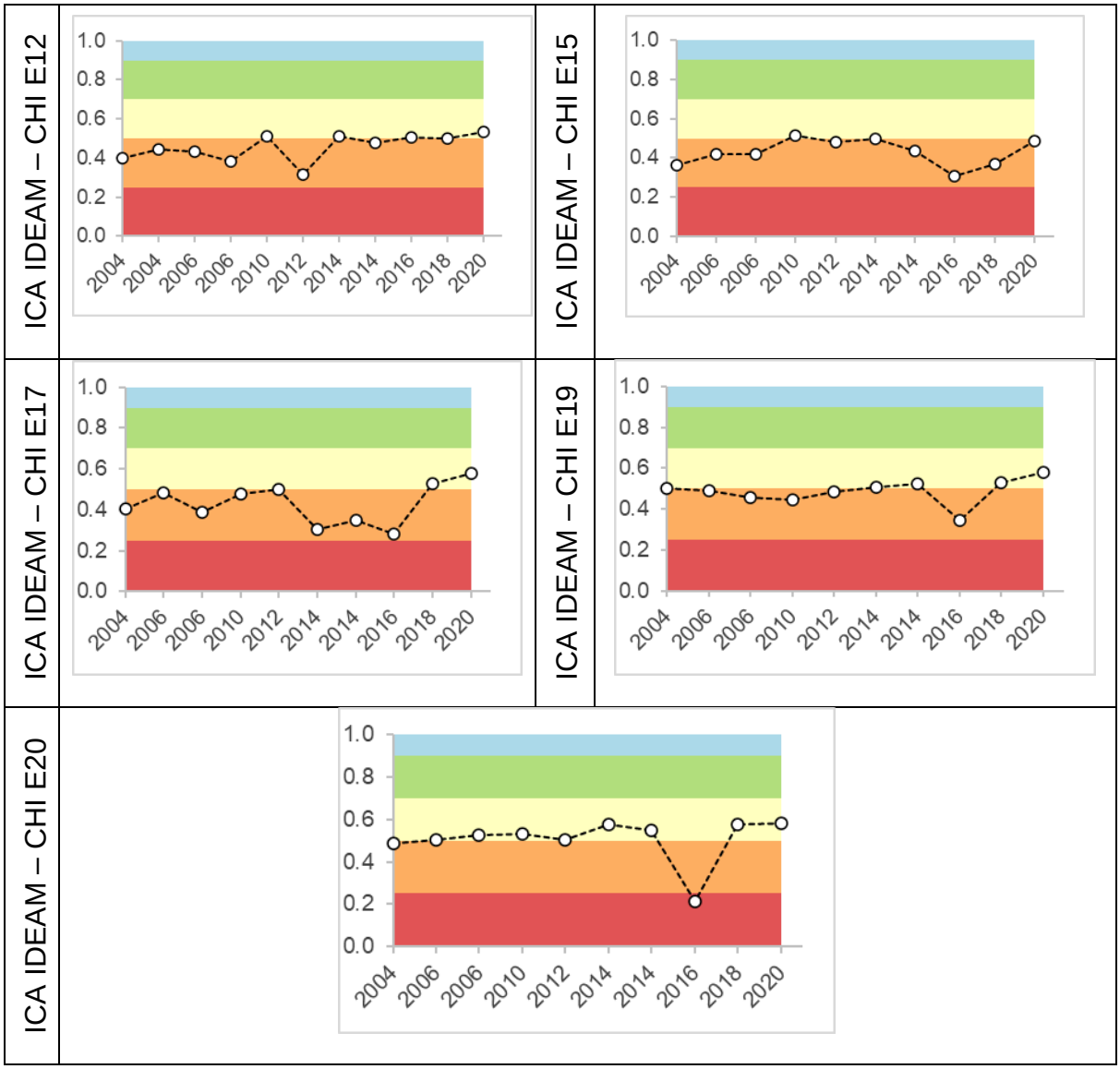
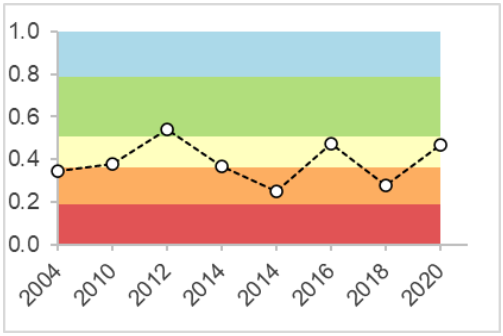


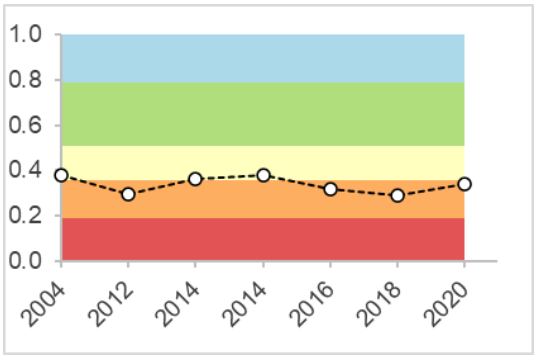
Figura 161. Resultados ICA-IDEAM históricos tramo IV Río Chinchiná

En la Figura 162 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo del tramo IV del río Chinchiná. En la figura se muestra que, para los años de registro, el ICA-CETESB ubica la calidad del agua entre "Mala" y "Regular" para todas las estaciones. Sin embargo, con los resultados obtenidos en el monitoreo del año 2020, la calidad pasó de ser "Mala" a "Regular" al final del tramo monitoreado en las estaciones CHI-E17, CHI-E19 y CHI-E20. Esta situación también ocurrió con el ICA-IDEAM, sin embargo, es más evidente en los resultados del ICA-CETESB, pues este índice considera otras variables como la DBO_5 y coliformes fecales que tuvieron menores concentraciones con respecto a los años anteriores.

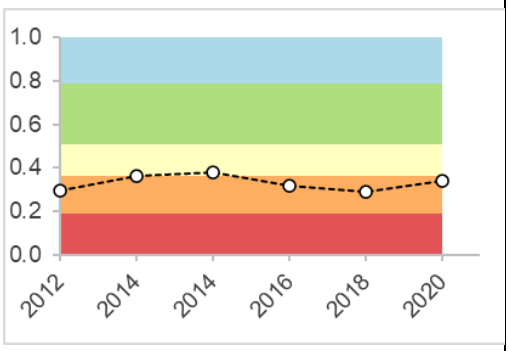
ICA CETESB – CHI E08



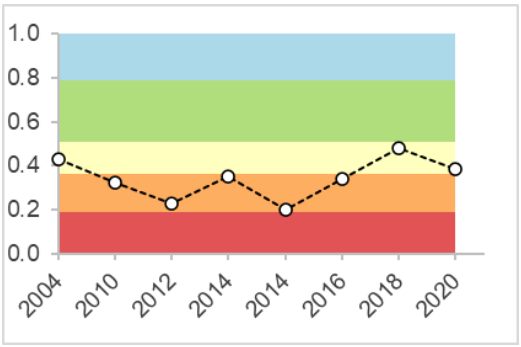
ICA CETESB – CHI E09



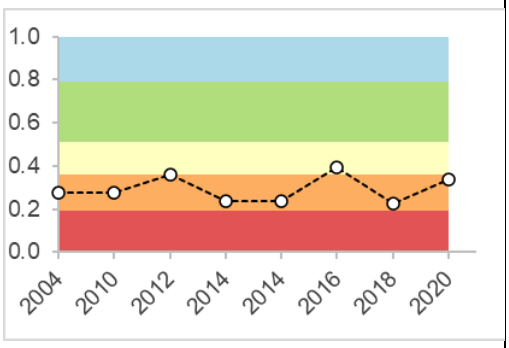
ICA CETESB – CHI E09A



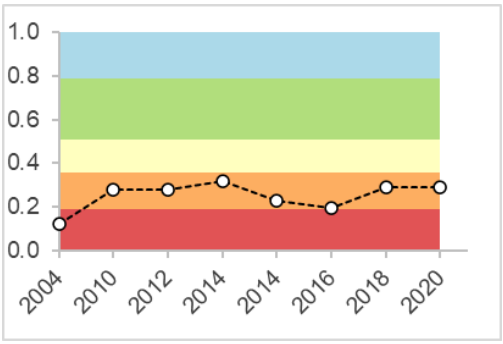
ICA CETESB – CHI E11



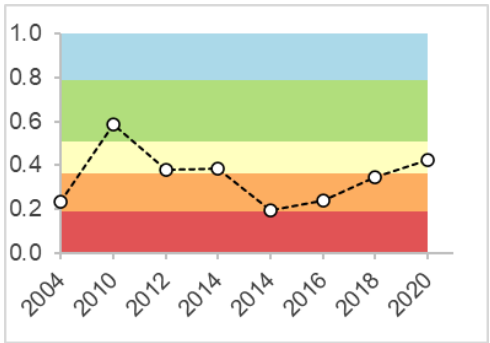
ICA CETESB – CHI E12



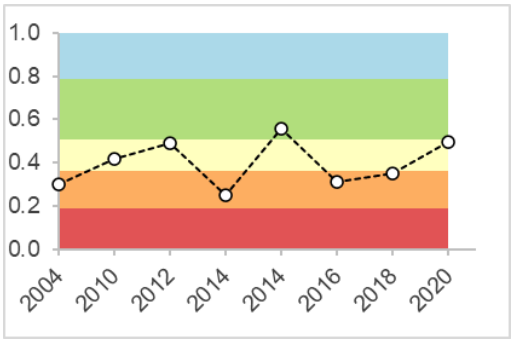
ICA CETESB – CHI E15



ICA CETESB – CHI E17



ICA CETESB – CHI E19



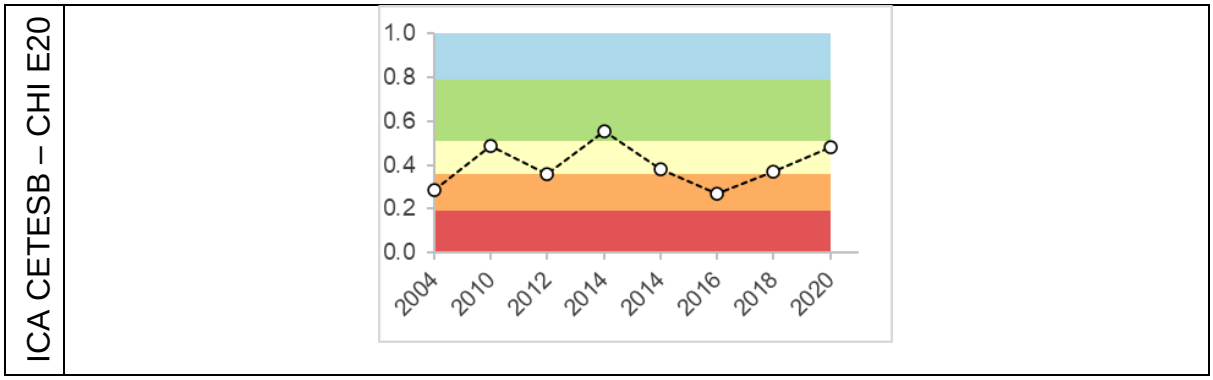
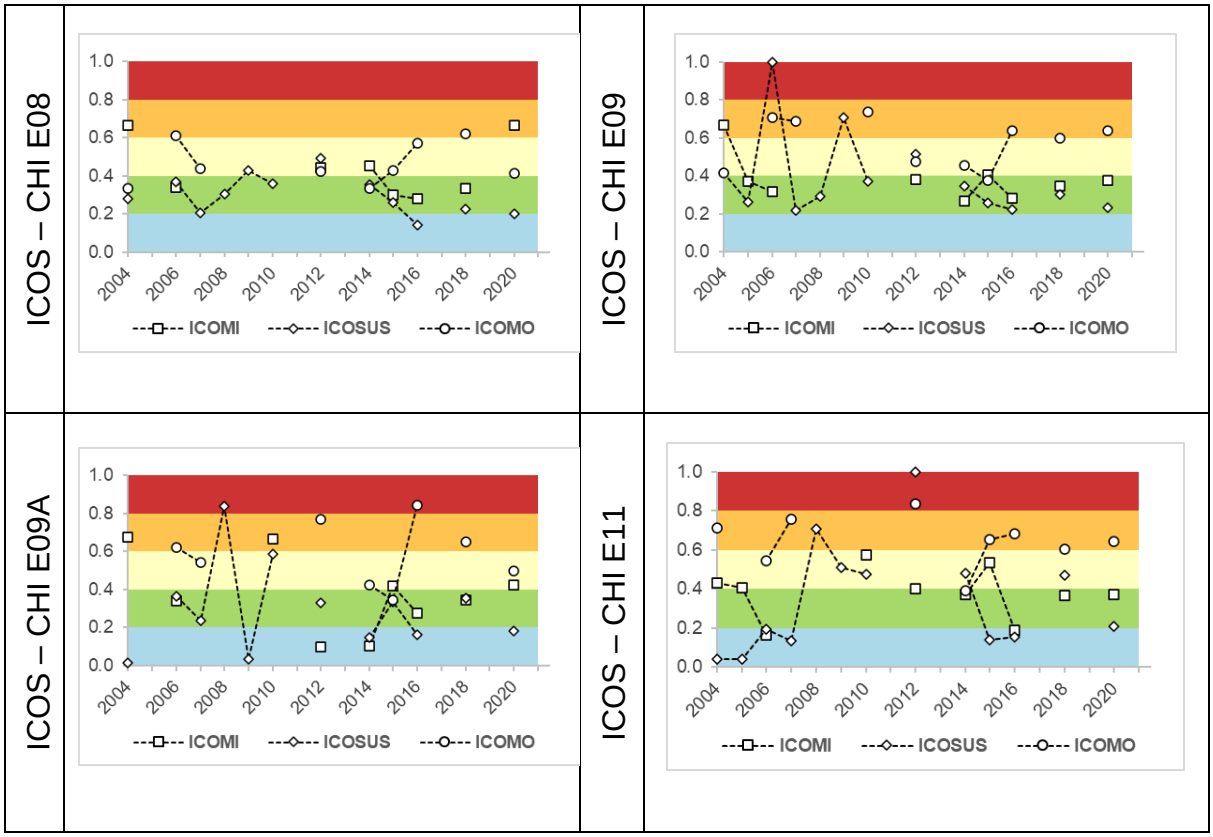


Figura 162. Resultados ICA-CETESB históricos tramo IV Río Chinchiná

En la Figura 163 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo del tramo IV de la serie histórica analizada. Para este tramo es posible afirmar que la distribución de los contaminantes ha sido similar, particularmente en los últimos dos años (2018 a 2020) para todas las estaciones del tramo el ICOMO es el índice más elevado ubicándose en contaminación “Alta”, seguido del ICOMI que se encuentra entre “Media” y “Baja” y, finalmente, el ICOSUS que se encuentra en “Muy baja”, en este tramo ya se evidencia el efecto combinado de la contaminación hídrica procedente del sector industria y del sector doméstico.



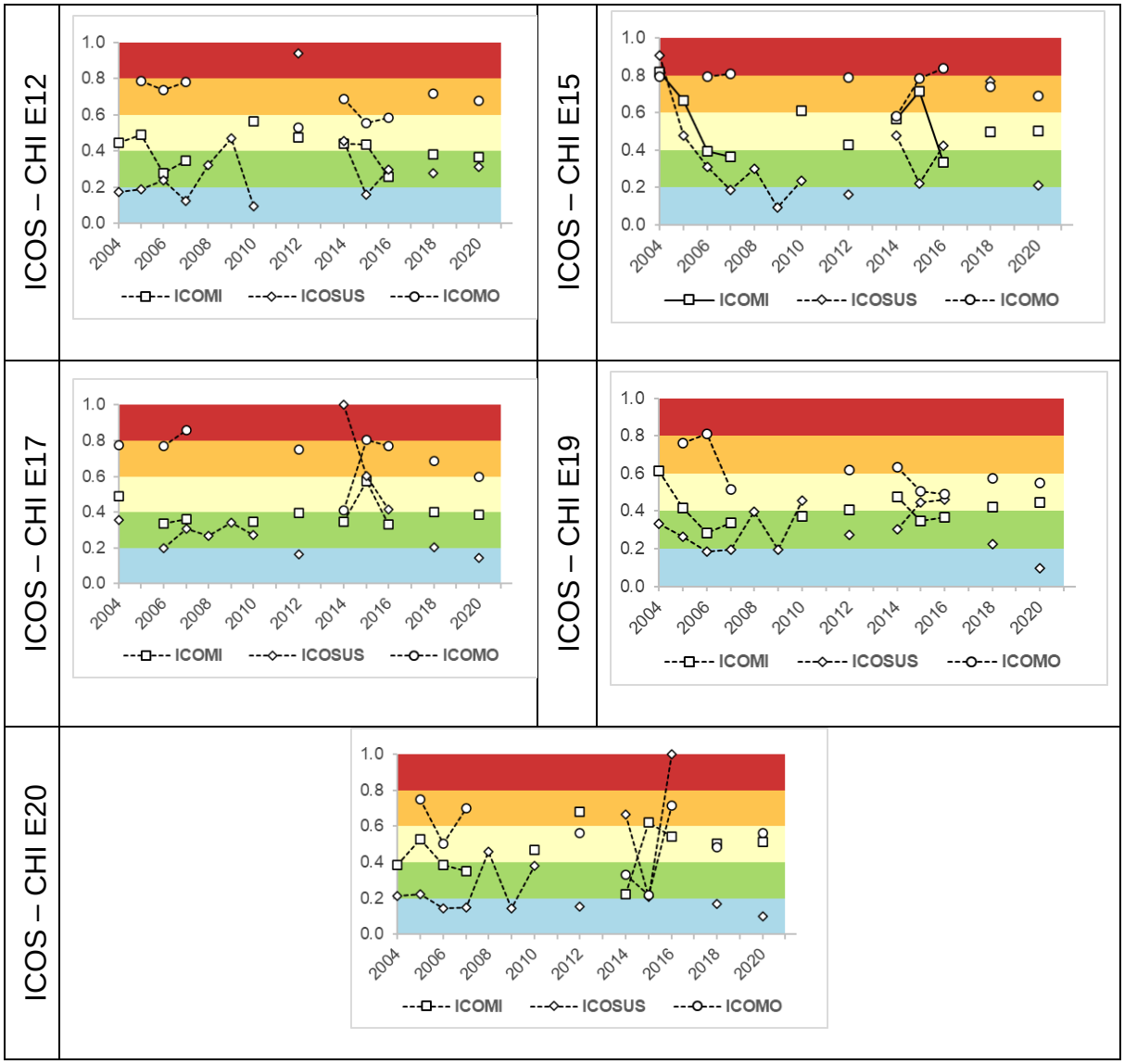
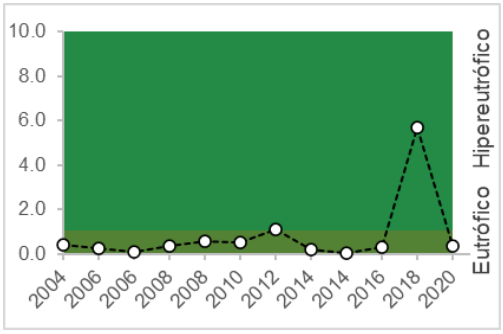


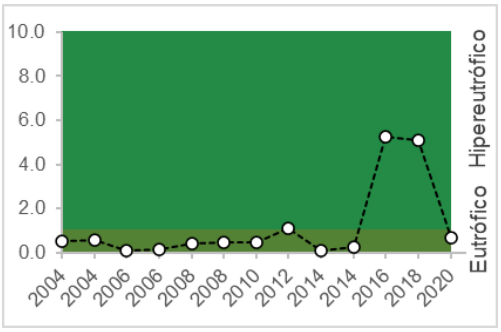
Figura 163. Resultados ICOS históricos tramo IV Río Chinchiná

En la Figura 164 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para el tramo IV del río Chinchiná. En este tramo, como en los tramos I, II y III, ocurrió un evento extremo en la concentración de fósforo total en el río en las estaciones monitoreadas en 2016 y 2018. Para el año 2020 este resultado se normalizó con respecto a la tendencia obtenida en la serie histórica y el ICOTRO se ubicó en “Eutrófico”.

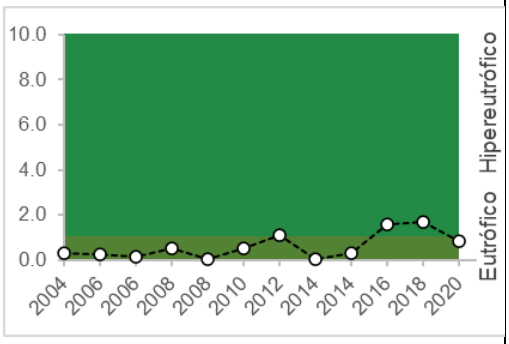
ICOTRO – CHI E08



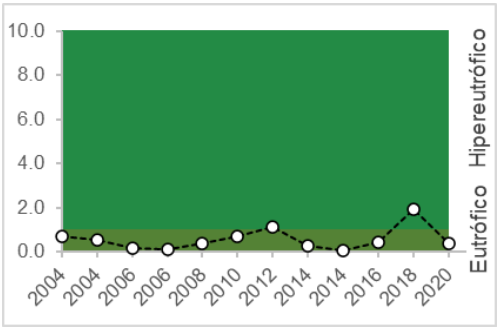
ICOTRO – CHI E09



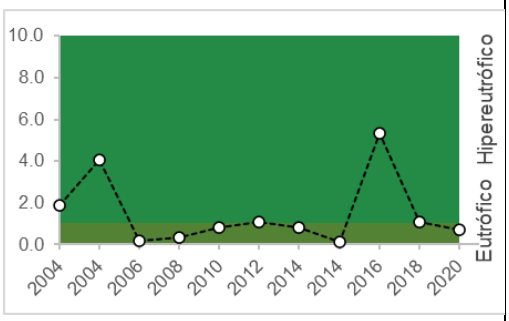
ICOTRO – CHI E09A



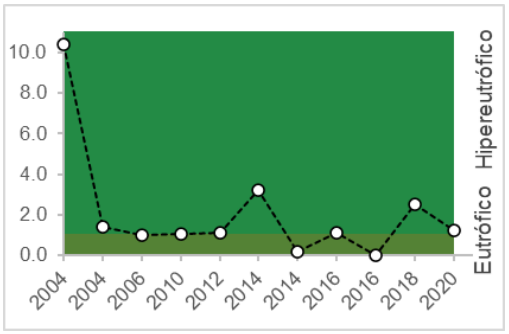
ICOTRO – CHI E11



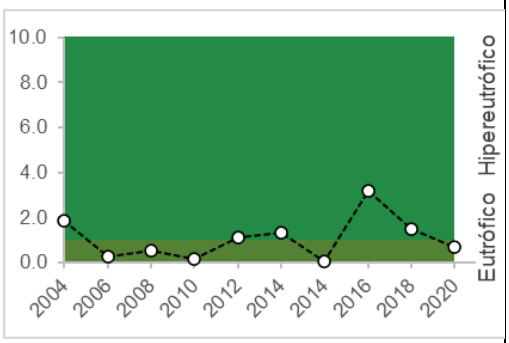
ICOTRO – CHI E12



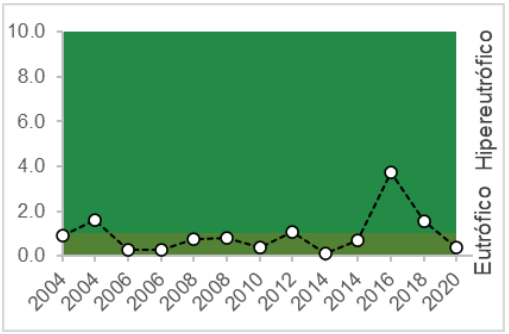
ICOTRO – CHI E15



ICOTRO – CHI E17



ICOTRO – CHI E19



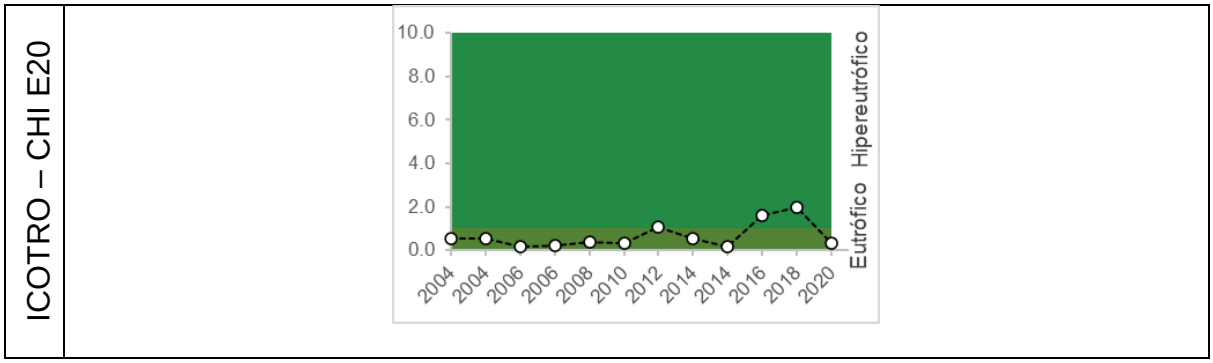


Figura 164. Resultados ICOTRO históricos tramos IV Río Chinchiná

7.1.3. Tramo V

En la Figura 165 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo del tramo V. En la figura se observa que para el tramo V el comportamiento del ICA-IDEAM se ha ubicado en calidad "Mala" y "Muy mala" en todas las estaciones de este tramo. Esto se debe a la influencia de los vertimientos de agua residual y de tributarios contaminados en el tramo IV del río. Sin embargo, en los resultados del año 2020 algunas estaciones presentaron mejoras en términos de calidad para algunas variables lo que ocasiona que el índice pasara de calidad "Muy mala" a "Mala" en la estación CHI-E27.

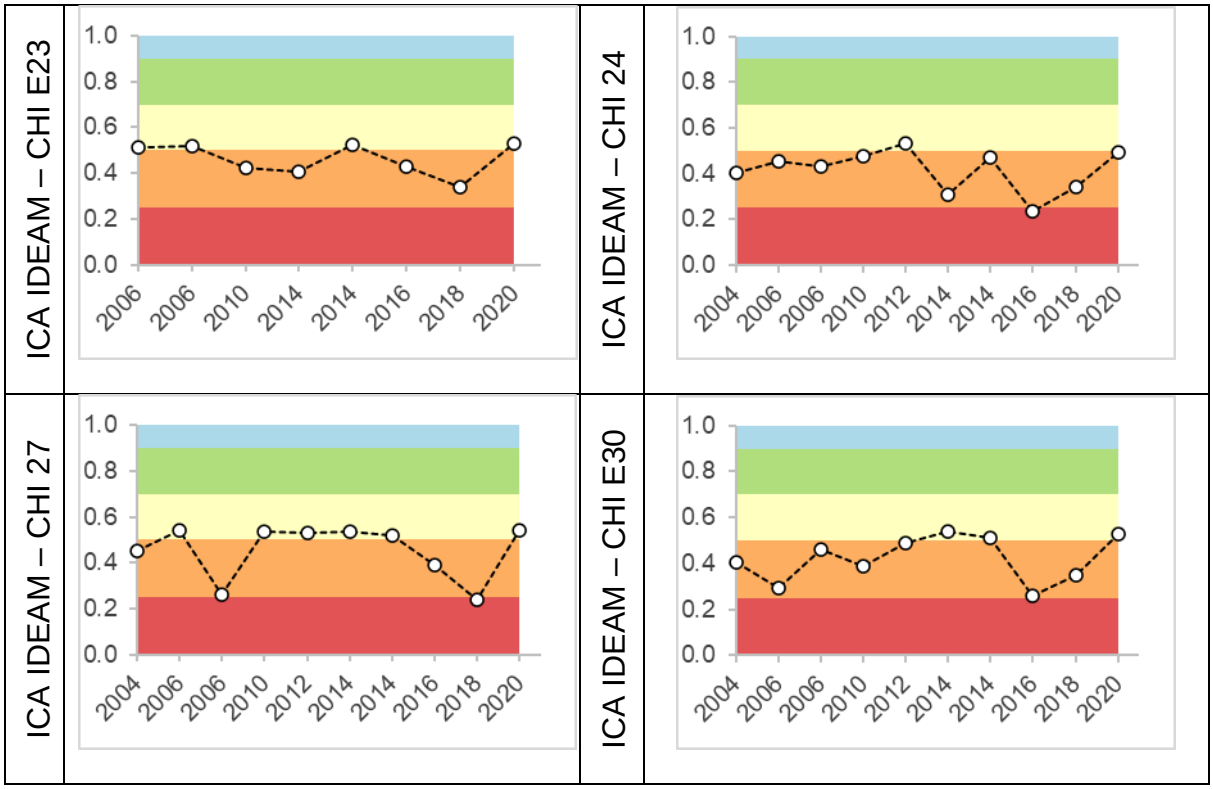


Figura 165. Resultados ICA-IDEAM históricos tramo V Río Chinchiná

En la Figura 166 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo del tramo IV del río Chinchiná. En la figura se observa que el índice ha oscilado entre calidad “Mala” y “Regular” particularmente en el periodo comprendido entre 2010 y 2015, sin embargo, similar como ocurrió con ICA-IDEAM, los resultados del año 2020 muestran una mejor significativa; en CHI-E23 y CHI-E30 el índice pasó de “Regular” a “Buena” y en CHI-E24 y CHI-E27 de “Mala” a “Buena”.

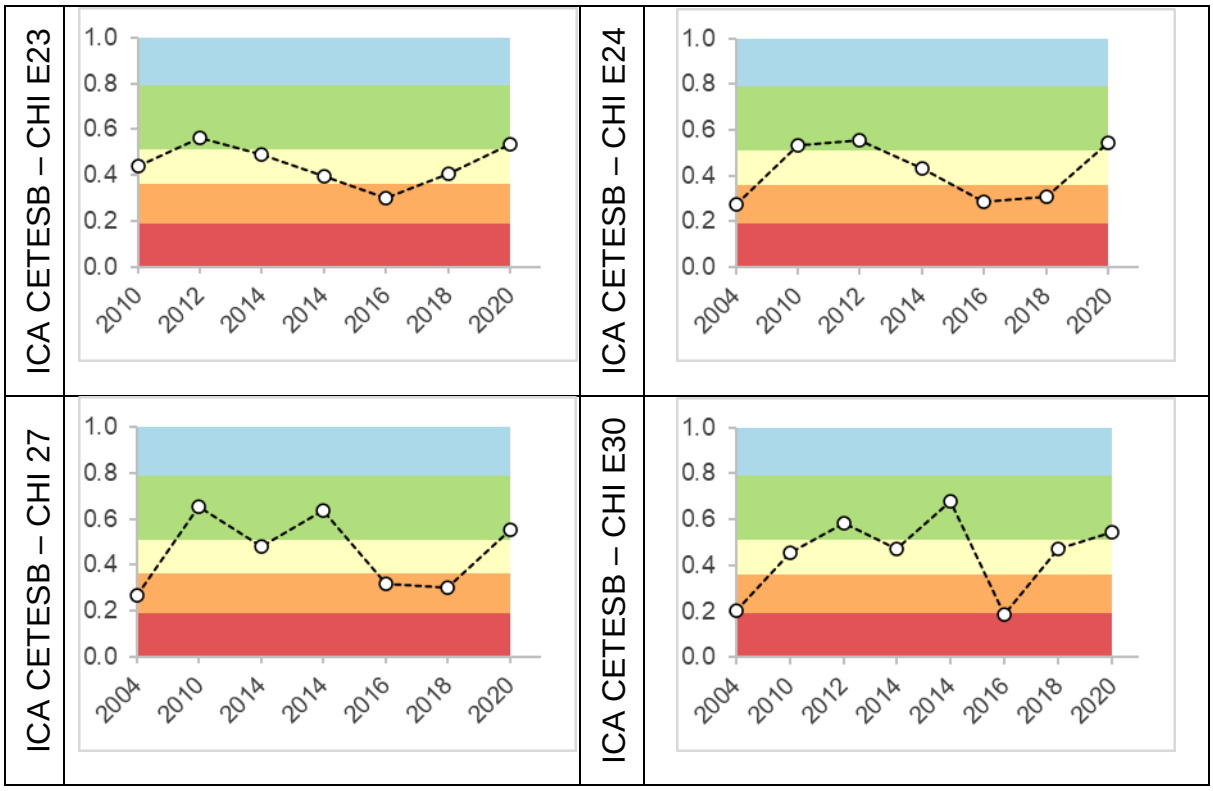


Figura 166. Resultados ICA-CETESB históricos tramo V Río Chinchiná

En la Figura 167 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo del tramo V. En la figura se observa que el ICOSUS permanece en la categoría de “Muy baja”, por tanto, se evidencia que los procesos de contaminación predominantes en este tramo corresponden a las elevadas concentraciones de materia orgánica (ICOMO) y dureza y alcalinidad (ICOMI), estos últimos índices de contaminación se encuentran en “Media” a “Alta”.

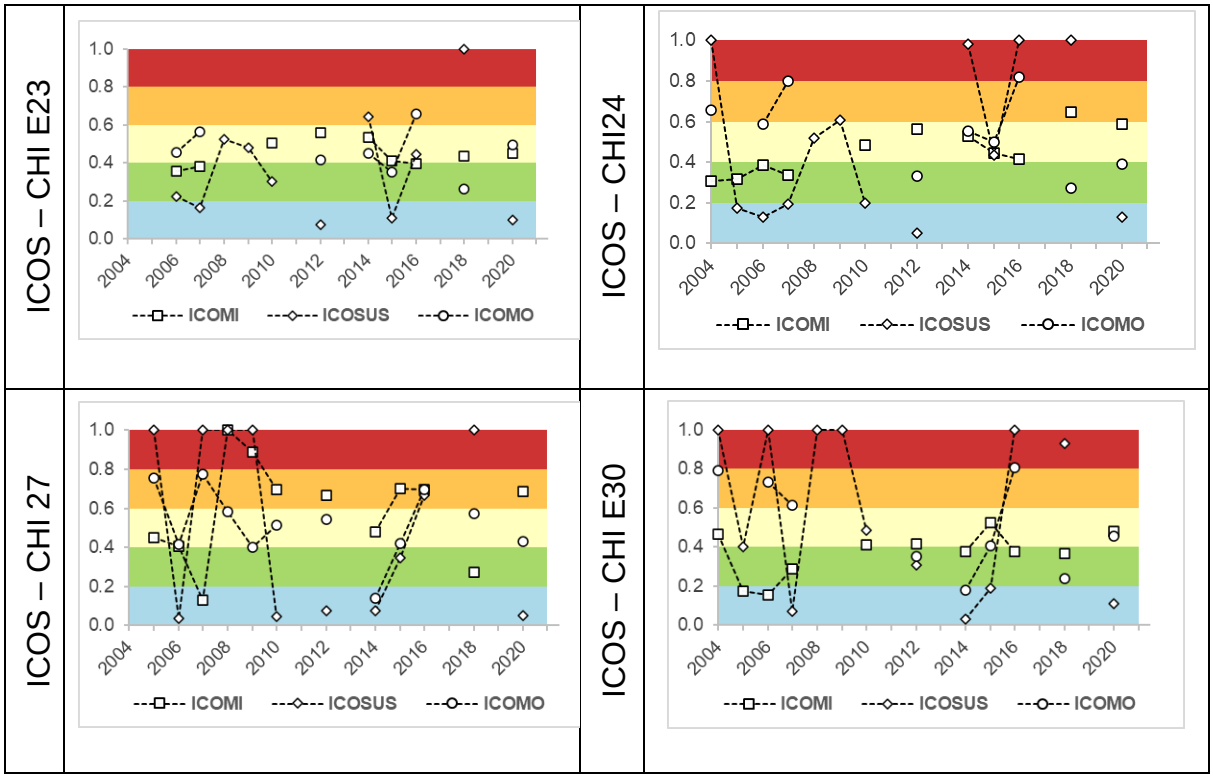
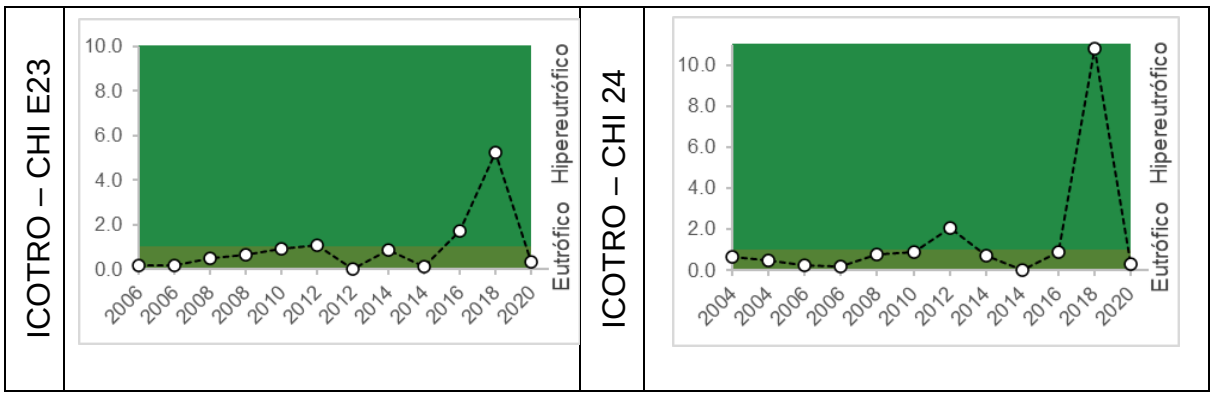


Figura 167. Resultados ICOS históricos tramo V Río Chinchiná

En la Figura 168 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para el tramo V del río Chinchiná. En la figura se observa que para el periodo de tiempo analizado la corriente ha sido “Eutrófica” con excepción de los datos extremos que se presentaron entre 2016 y 2018 en toda la corriente y en algunos tributarios. En este sentido se evidencia este efecto con mucha más relevancia en este tramo en donde se obtuvieron concentraciones de entre 6.0 y 10.0 mg/L de fósforo. Los resultados en el año 2020 indican que la corriente es “Eutrófica” tan como ha sido la tendencia histórica.



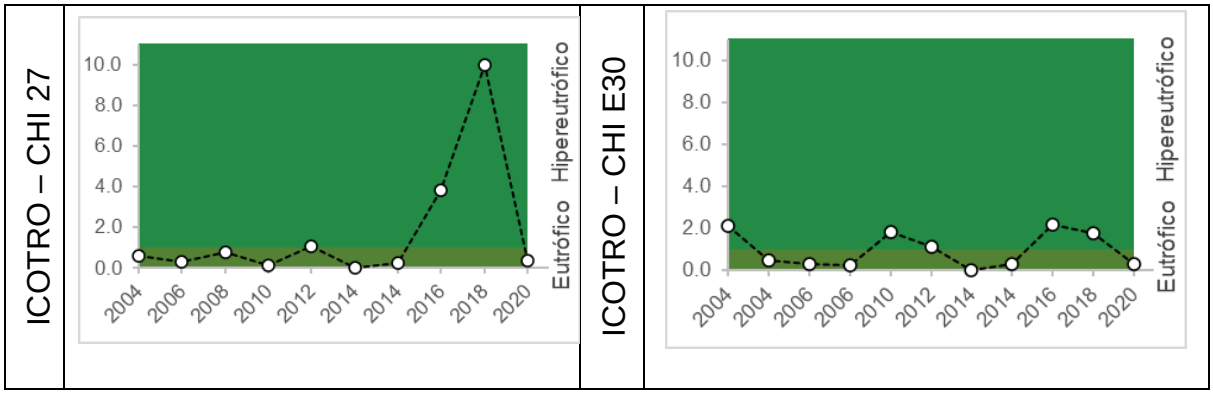


Figura 168. Resultados ICOTRO históricos tramos V Río Chinchiná

7.2. Índices de calidad y contaminación año 2020

7.2.1. ICA-IDEAM

En la Figura 169 se presenta el perfil de calidad del río Chinchiná para el ICA-IDEAM calculado con los resultados del monitoreo realizado en el año 2020. En la figura se observa que la calidad del río, según este índice, es "Regular" en casi todas las estaciones monitoreadas con excepción de CHI-E08, CHI-E09, CHI-E15 y CHI-E24, donde la calidad es "Mala", esto es debido a la influencia de tributarios como con altos niveles de contaminación como Quebrada Manizales (CHI T10), Descarga de Planta Intermedia (CHI-T27), Descarga de los descoles de Villa María y Quebrada Marmato (CHI-T28).

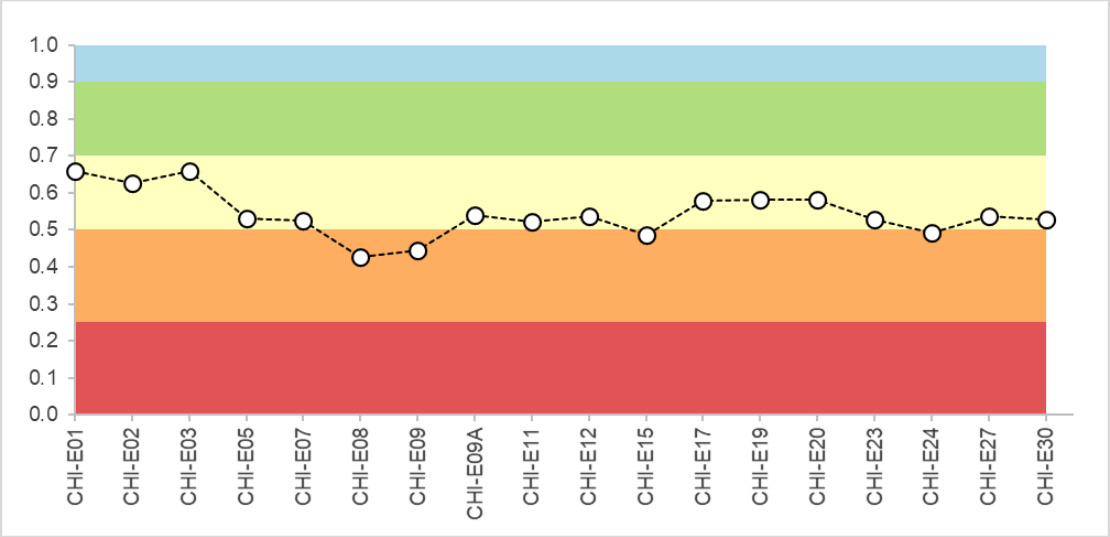


Figura 169. ICA-IDEAM Río Chinchiná año 2020

7.2.2. ICA-CETESB

En la Figura 170 se presenta el perfil de calidad del río Chinchiná para el ICA-CETESB calculado con los resultados del monitoreo realizado en el año 2020. En la figura se observa que la calidad del río, según este índice es “Buena” en los primeros tramos del río (tramos I, II y II) comprendidos desde CHI-E01 hasta CHI-E07.

En el tramo IV, comprendido entre CHI-E08 y CHI-E20, ingresan tributarios, tanto fuentes hídricas como vertimientos que van deteriorando la calidad del agua en este tramo de "Regular" a "Mala" como son: Quebrada Manizales, Quebrada El Perro, Descole del Barrio La Playita, Quebrada El Molino, Descole del Interceptor Maltería, Quebrada Marmato, Descarga de Planta Intermedia, Descoles de Villamaría y Descarga de Planta Municipal, son algunos de los tributarios de este tramo que están relacionados con el deterioro de la calidad del río. Sin embargo, en el tramo V se evidencia una recuperación del río en términos de calidad, pues finalizando el tramo IV (desde CHI-E17), la calidad del agua comienza a mejorar progresivamente, hasta ubicarse en la categoría de “Buena” en CHI-E23 (Puente Cenicafé) y así se mantiene hasta la última estación Puente Finca El Retiro (CHI-E30).

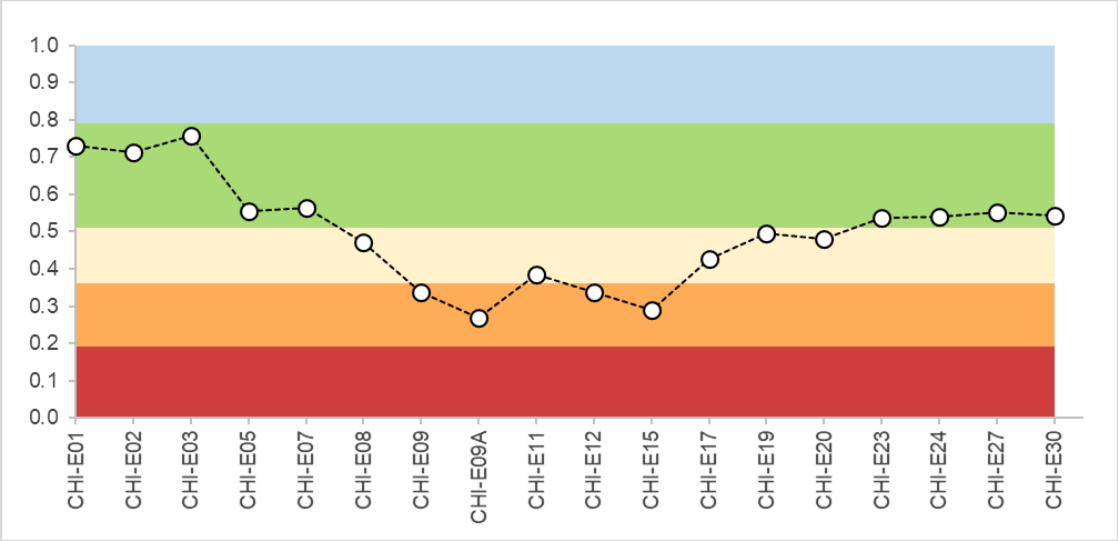


Figura 170. ICA-CETESB Río Chinchiná año 2020

7.2.3. ICOMO, ICOMI e ICOSUS

En la Figura 171 se presenta el perfil de calidad del río Chinchiná para los índices de contaminación ICOMO, ICOSUS e ICOMI, calculados con los resultados del monitoreo realizado en el año 2020. En la figura se observa que el ICOSUS es el índice de contaminación más bajo en el río, en el primer tramo se mantiene en

contaminación “Muy baja”, posteriormente, aumenta a “Baja” en el tramo IV debido al ingreso de tributarios y vertimientos contaminados, pero al final del tramo, a la altura de CHI-E17, el ICOSUS empieza a descender hasta la estación CHI-E30, donde se mantiene en “Muy baja” tal como en el tramo inicial del río.

En los tramos I, II y III, el ICOMO es mayor que el ICOMI, pero entre las estaciones CHI-E05 y CHI-E08, el índice de contaminación por mineralización aumenta considerablemente hasta superar el ICOMO en CHI-E08 (Fábrica Mayco S.A.), desde este punto y debido a la influencia de los vertimientos de agua residual que son descargados al tramo IV del río y sus tributarios, el ICOMO aumenta hasta contaminación "Muy alta" mientras que el ICOMI se mantiene en contaminación media hasta CHI-E23 (Puente Cenicafé), en este punto y debido a la recuperación y autodepuración del río la contaminación por materia orgánica desciende a "Media" mientras que el ICOMI aumenta a "Alta".

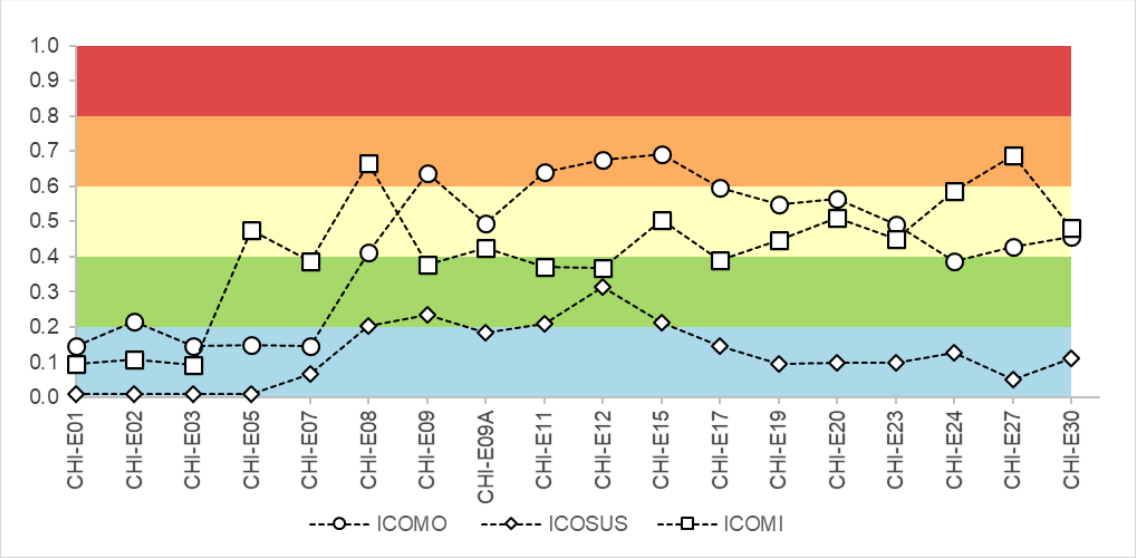


Figura 171. Índices de contaminación Río Chinchiná año 2020

7.2.4. ICOTRO

En la Figura 172 se presenta el perfil de calidad del río para el índice de contaminación ICOTRO, este ha sido el índice cuyo resultado es constante en toda la corriente, es posible afirmar que las concentraciones de fósforo se comportan de forma muy similar en todas las estaciones monitoreadas y permite concluir que para los resultados de la campaña de monitoreo 2020 el resultado del ICOTRO es “Eutrófico”, sin embargo, en algunas estaciones como CHI-E05 y CHI-E15 las concentraciones de fósforo fueron elevadas y el índice que se obtuvo fue “Hipereutrófico”.

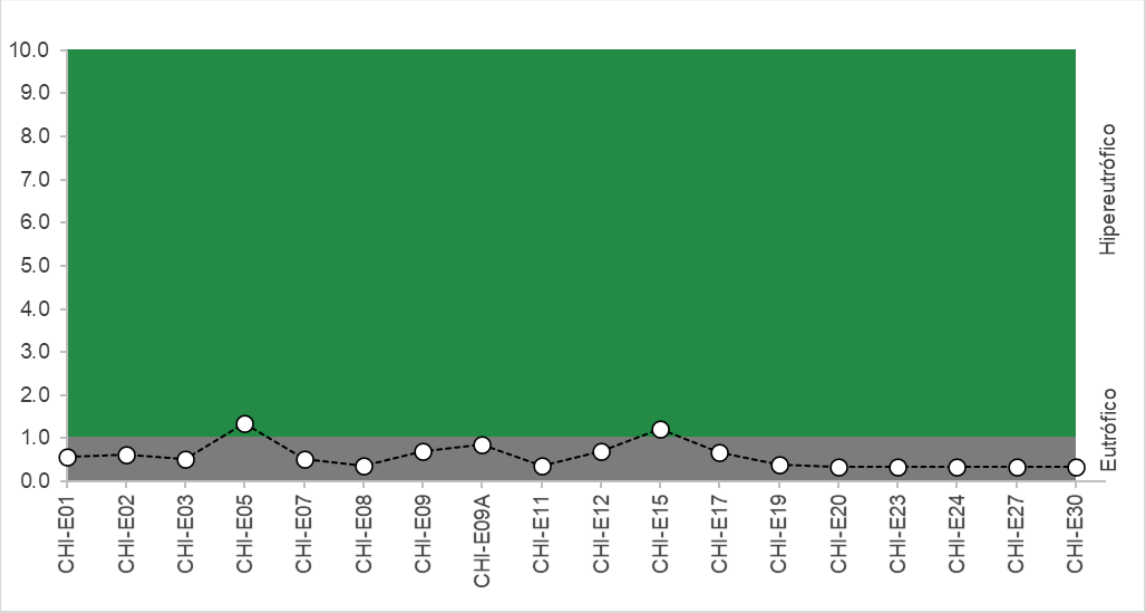


Figura 172. ICOTRO Río Chinchiná año 2020

8. CARGAS CONTAMINANTES

La carga contaminante fue calculada para los parámetros de DBO_5 y SST tanto para las estaciones localizadas sobre la corriente principal como para cada uno de los tributarios y vertimientos que conforman la red de monitoreo del río Chinchiná.

La carga promedio calculada sobre las estaciones del río Chinchiná fue de 3182,86 Kg/día para DBO_5 y 13173,87 Kg/día para SST. Los valores más altos fueron de 10538,20 Kg/día para DBO_5 y 37805,85 Kg/día para SST, correspondientes a la estación CHI-E20 - Antes Quebrada San Juan localizada al final del tramo IV, donde se generan los vertimientos más representativos correspondientes a la zona urbana de los municipios de Manizales y Villa María, así como los provenientes del sector industrial a través de la quebrada Manizales. Por su parte, las cargas mínimas calculadas fueron de 43,20 Kg/día para DBO_5 y 86,40 Kg/día para SST y corresponden a la estación CHI-E03 - Después Bocatoma Aguas de Manizales, límite final del tramo I del río Chinchiná. En la Figura 173 y Figura 174 se muestra el cálculo de carga contaminante para DBO_5 y SST sobre las estaciones del río Chinchiná para la campaña de monitoreo.

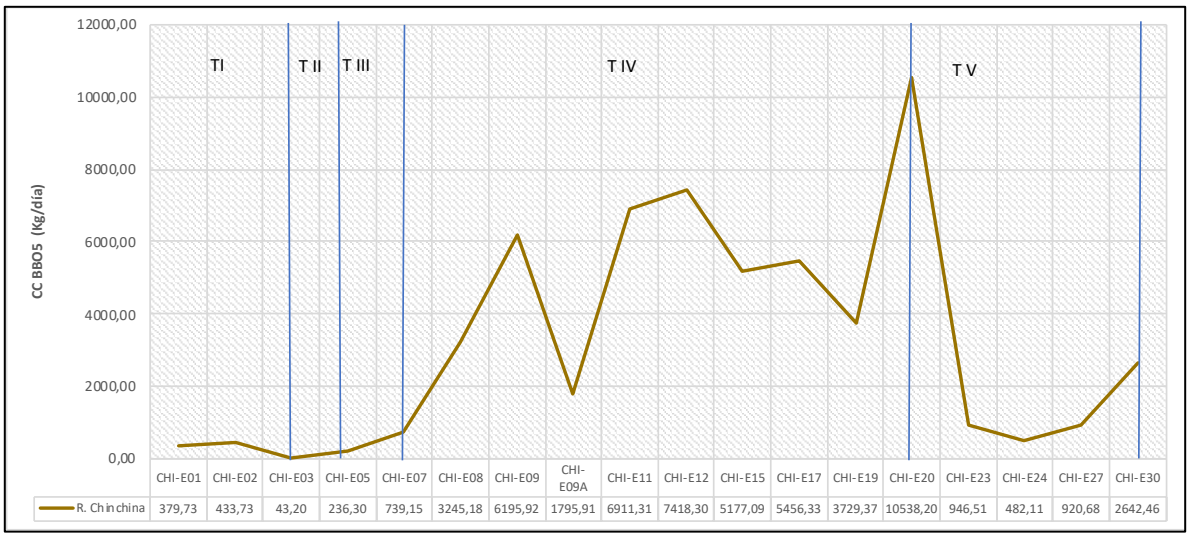


Figura 173. Variación de la CC DBO_5 (Kg/día) sobre el Río Chinchiná

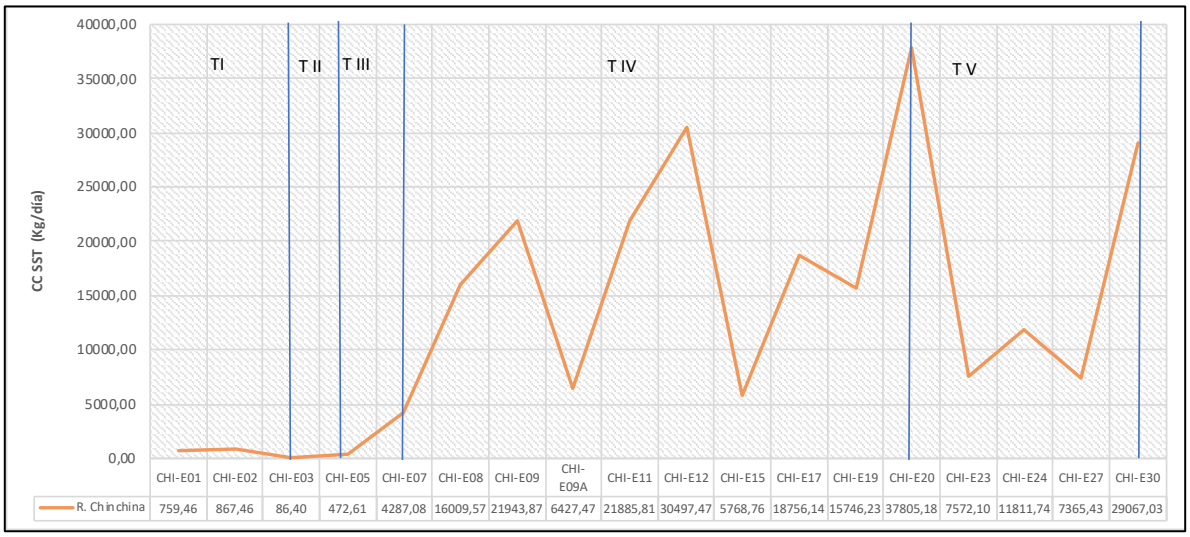


Figura 174. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre el Río Chinchiná

En la Figura 175 y la Figura 176, se presenta el comportamiento de las cargas acumuladas a lo largo de los tramos I, II y III del río Chichina, así como las aportadas por cada uno de los tributarios que los integran. El tributario CHI-T06, localizado en el tramo II, genera los mayores aportes correspondientes a 835,49 Kg/día para DBO_5 y 1670,98 Kg/día para SST, incidiendo en el incremento de la carga contaminante en el tramo III, estación CHI-E07 donde se dan las cargas máximas 739,15 Kg/día para DBO_5 y 4287,08 Kg/día para SST.

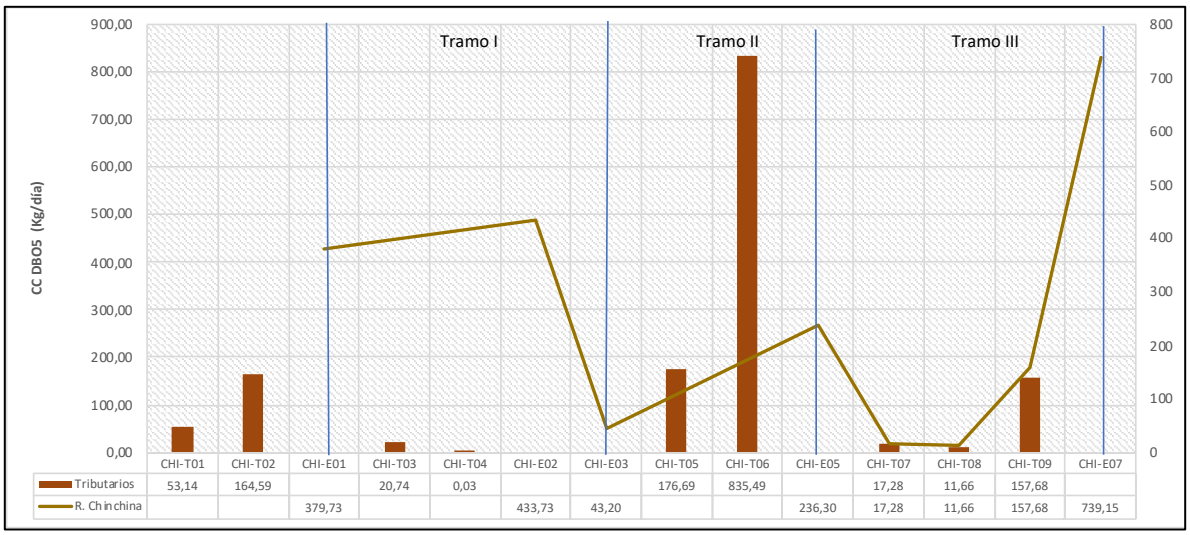


Figura 175. Variación de la CC DBO_5 (Kg/día) sobre los tramos I, II y III del Río Chinchiná

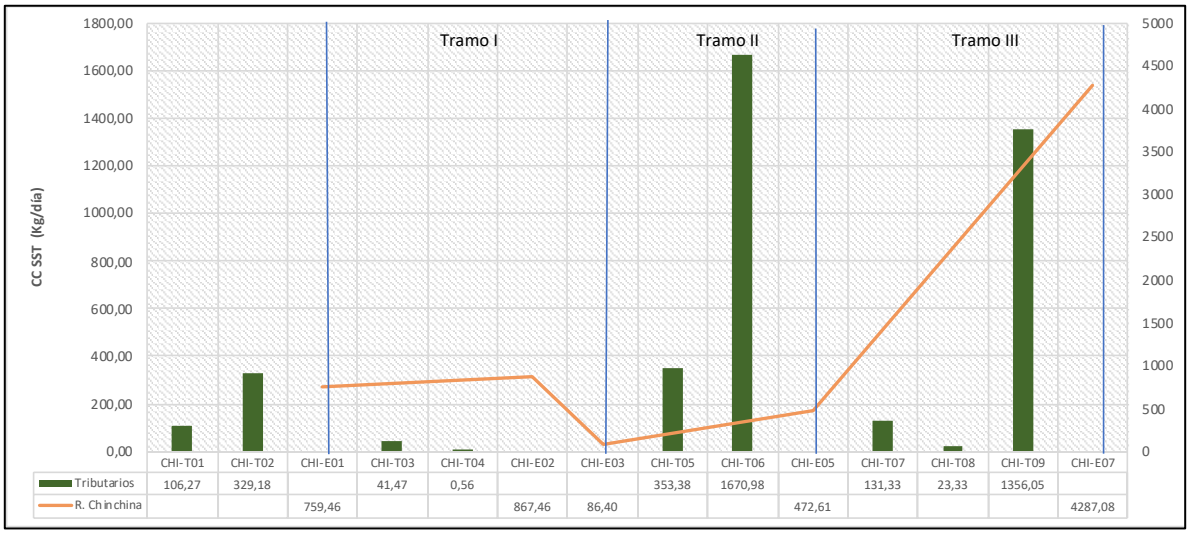


Figura 176. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre los tramos I, II y III del Río Chinchiná

En la Figura 177 y la Figura 178, se presenta el comportamiento de las cargas acumuladas a lo largo del tramo IV, así como las aportadas por cada uno de los tributarios que lo integran. El tributario CHI-T10, correspondiente a la quebrada Manizales, genera los mayores aportes de carga contaminante de DBO_5 equivalentes a 13594,52 Kg/día y el segundo más importante en términos de SST equivalente a 17335,30 Kg/día. Pese a que este tributario incide en el incremento de la carga contaminante en la corriente, hay una disminución considerable que puede ser generada por la captación de la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC), quienes también pueden estar incidiendo en el incremento de la misma, por las actividades asociadas con el mantenimiento. Las cargas máximas del tramo equivalentes a 10538,20 Kg/día para DBO_5 y 37805,18 Kg/día para SST, se

presentan al final del mismo en la estación CHI-E20, después del aporte de la estación CHI-T37 (río Claro).

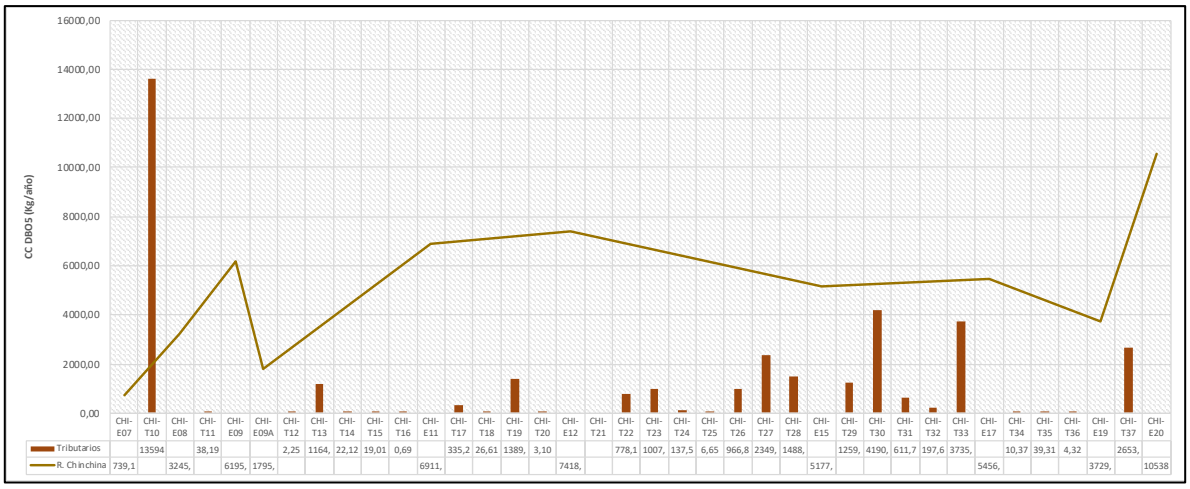


Figura 177. Variación de la CC DBO5 (Kg/día) sobre el tramo IV del Río Chinchiná

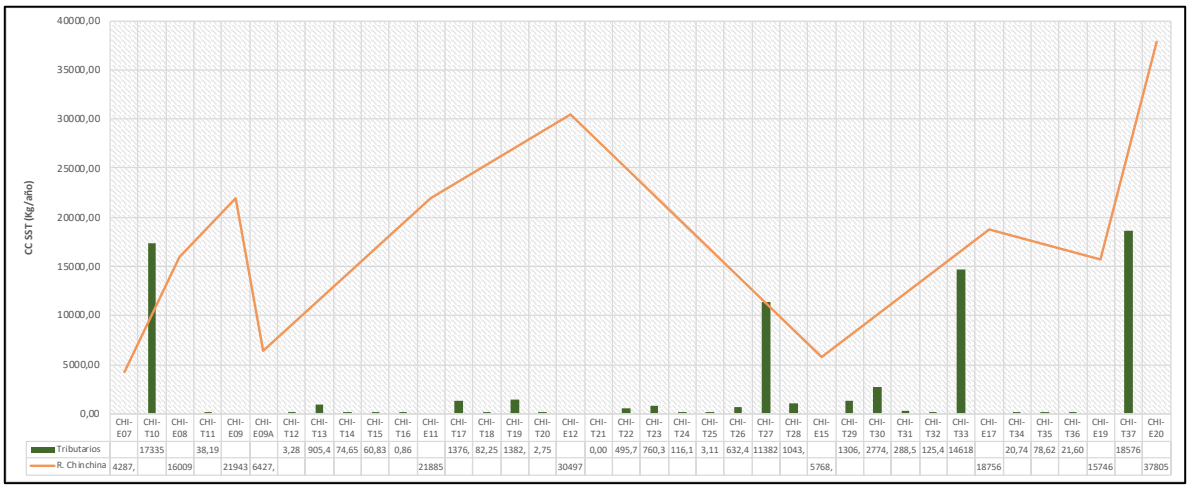


Figura 178. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre el tramo IV del Río Chinchiná

En la Figura 179 y la Figura 180 se presenta el comportamiento de las cargas acumuladas a lo largo del tramo V, así como las aportadas por cada uno de los tributarios que lo integran. En este tramo las cargas pasan de 10538,20 Kg/día para DBO_5 y 37805,18 Kg/día para SST en la estación CHI-E20 a 482,11 Kg/día para DBO_5 y 11811,74 Kg/día para SST en la estación CHI-E24, una disminución que puede presentarse por la captación y trasvase realizado por las CHEC para la generación de energía eléctrica. Sin embargo, las cargas vuelven a incrementarse en la estación CHI-E30, con valores de 2642,46 Kg/día para DBO_5 y 29067,03 Kg/día para SST, una vez ingresa el río Guacaica (CHI-T49), receptor de vertimientos del casco urbano del municipio de Manizales.

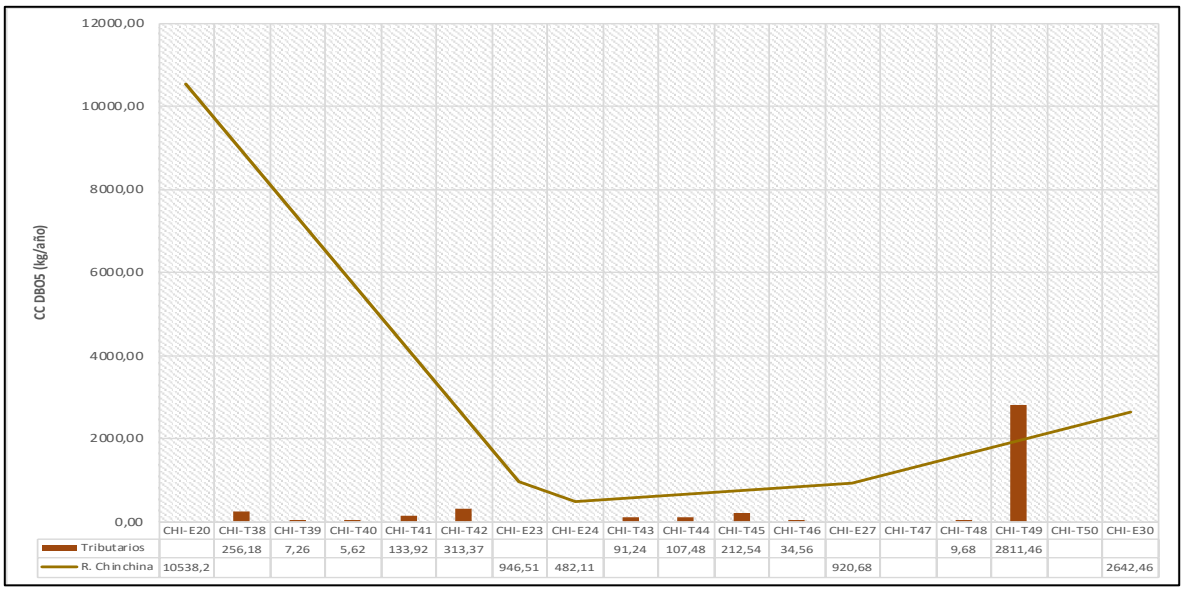


Figura 179. Variación de la CC DBO_5 (Kg/día) sobre el tramo V del Río Chinchiná

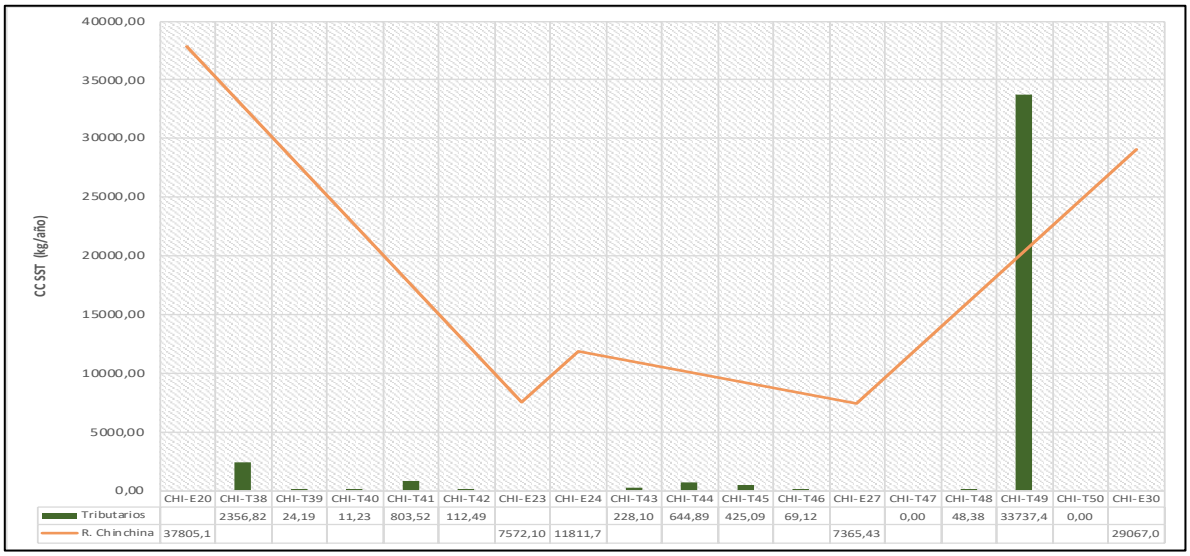


Figura 180. Variación de la CC SST (Kg/día) sobre el tramo V del Río Chinchiná

9. OBJETIVOS DE CALIDAD (RESOLUCIÓN 469 DE 2014)

Como ya se mencionó, la Corporación definió objetivos de calidad a los cinco (5) tramos en que se divide la corriente del río Chinchiná y su evaluación y seguimiento se realiza mediante el modelo de calidad implementado; sin embargo, en este documento se realiza una comparación de los criterios de calidad asociados a cada uso a partir del muestreo puntual realizado. Es de resaltar que lo estipulado en la resolución 469 de 2014, dictada por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, muestra los valores, de los parámetros, que según los diferentes análisis técnicos e históricos del río Chinchiná, representan mayor relevancia en la contaminación de

la fuente de estudio; sin embargo, para esta campaña de monitoreo no todos los parámetros fueron analizados. Así mismo, es importante tener en cuenta que para la variable de Coliformes Totales y Fecales no se realizó la comparación, debido a que las unidades de medición estipuladas en la norma están en Número Mas Probable (NMP) y las reportadas por el laboratorio de CORPOCALDAS en Unidades Formadoras de Colonias (UFC), lo que implica que se realizan bajo metodologías de análisis diferentes. A continuación, se realiza una comparación entre los criterios de calidad obtenidos en las estaciones que integran los diferentes tramos en que se divide el río Chinchiná y la Resolución 469 de 2014. En rojo se resaltan aquellos que no estén en cumplimiento. En la Tabla 23 se observa que el único parámetro por fuera de los valores establecidos para el cumplimiento del objetivo de calidad del Tramo I, corresponde a color real en la estación CHI-E02 (Antes Bocatoma Aguas de Manizales).

Tabla 23 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Consumo humano y doméstico con tratamiento convencional - Tramo I

Tramo I						
Uso Potencial del Recusro	Parámetro fisicoquimico	Unidad	Objetivo de Calidad	Estaciones		
				CHI-E01	CHI-E02	CHI-E03
Consumo humano con tratamiento convencional	pH	--	6,5 - 8,5	7,18	7,93	7,38
	OD	mg/l	> 5	7,92	6,14	7,90
	Conductividad	µS/cm	1000	96,7	98,1	97,9
	DQO	mg / L	<30	8,28	5,98	5,00
	DBO_5	mg / L	≤ 5	5,00	5,00	5,00
	Nitrógeno Total	mg / L	1	0,75	0,92	0,80
	SST	mg / L	≤ 30	10,00	10,00	10,00
	ST	mg / L	1000	83,00	107,00	107,00
	Turbiedad	NTU	40	3,73	3,47	4,18
	Color real	m^{-1}	<20	18,40	20,50	19,50
	Detergentes	S.A.A.M mg/L	<0,5	0,26	0,33	0,1
	Coliformes totales	(NMP/100 ml)	1,00E+03	-	-	-
	Material Flotante	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias de interés sanitario	-	Ausente	-	-	-

En la Tabla 24 se observa que el incumplimiento de los objetivos del calidad del tramo II, se dan en la estación CHI-E05 (Después de Quebrada Tolda Fría), donde los valores de pH, SST, material flotante y espumas y sustancias de interés sanitario, están por fuera de los límites establecidos.

Tabla 24. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Recreativo Contacto secundario - Tramo II

Tramo II						
Uso Potencial del Recurso	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Objetivo de Calidad		Estaciones	
					CHI-E03	CHI-E05
Contacto Secundario	pH	--	5,0 - 9,0		7,38	4,28
	OD	mg/l	>5		7,90	7,50
	Conductividad	µS/cm	500-5000		97,9	393
	DBO_5	mg / L	≤ 5		5,00	5,00
	SST	mg / L	≤ 30		10,00	236,00
	Turbiedad	NTU	<100		4,18	4,98
	Coliformes totales	(NMP/100 ml)	<2,00E+04		-	-
	Coliformes Fecales	(NMP/100 ml)	< 4.00E+03		-	-
	Material Flotante y espumas	--	Ausente		Ausente	Presencia
	Sustancias que produzcan olor	--	Ausente		-	-
	Sustancias de interés sanitario	--	Ausente	CIANURO (mgCN-」-1)	-	0,01
				MERCURIO (mgGH-」-1)	-	0,001
				CROMO (mgCr+6/L)	-	<0.0400

En la Tabla 25 se observa que el incumplimiento del objetivo de calidad en el tramo III, se presenta por los parámetros SST y material flotantes y espumas en la estación CHI-E05 (Después de Quebrada Tolda Fría) y CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana).

Tabla 25. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Recreativo Contacto secundario - Tramo III

Tramo III					
Uso Potencial del Recurso	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Objetivo de Calidad	Estaciones	
				CHI-E05	CHI-E07
Contacto Secundario	pH	-	<9,0	4,28	4,47
	OD	mg/l	≥ 5	7,50	7,86
	DBO_5	mg / L	≤5	5,00	5,00
	SST	mg / L	≤30	236,00	29,00
	Detergentes		<0,5	0,29	0,19
	Coliformes totales	(NMP/100 ml)	<5000	-	-
	Material Flotante y espumas	--	Ausente	Presencia	Presencia
	Sustancias que produzcan olor	--	Ausente	-	-
	Sustancias Tóxicas o irritantes	--	Ausente	-	-

En la Tabla 26 se observa que a lo largo del tramo IV, hay incumplimiento del objetivo de calidad, relacionado con la presencia de material flotante (en todas las estaciones), espumas y turbiedad. El pH también se encuentra por fuera de los límites definidos específicamente al inicio del tramo CHI-E07 (Puente Lusitania Vía Panamericana), CHI-E08 (Fabrica Mayco S.A) y CHI-E09 (Horno Crematorio). En el caso específico de la DBO_5 y los SST, el incumplimiento del objetivo de calidad se da en las estaciones CHI-E15 (Antes Quebrada El Chiflón) y CHI-E12 (Antes Quebrada Palogrande), respectivamente.

Tabla 26. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Generación de energía eléctrica - Tramo IV

Tramo IV									
Uso Potencial del Recurso	Parámetro físico químico	pH	OD	DBO_5	SST	Turbiedad	Coliformes Totales	Material Flotante	Sustancias que produzcan olor
Generación de Energía	Unidades	--	mg/l	mg / L	mg / L	NTU	(NMP/100 ml)	--	
	Objetivo de Calidad	6,0 - 9,0	≥ 3	≤ 60	≤100	<40	≤ 20000	Ausente	Ausente
	CHI-E07	4,47	7,86	5,00	29,00	29,00	-	Presencia	-
	CHI-E08	5,68	7,84	15,00	74,00	47,90	-	Presencia	-
	CHI-E09	5,68	7,84	24,00	85,00	52,78	-	Presencia	-
	CHI-E09A	6,55	7,76	19,00	68,00	49,24	-	Presencia	-
	CHI-E11	7,14	7,45	24,00	76,00	44,07	-	Presencia	-
	CHI-E12	7,33	6,92	27,00	111,00	78,75	-	Presencia	-
	CHI-E15	7,33	6,92	70,00	78,00	59,66	-	Presencia	-
	CHI-E17	7,33	8,14	16,00	55,00	41,43	-	Presencia	-
	CHI-E19	7,12	7,49	9,00	38,00	19,55	-	Presencia	-
	CHI-E20	7,25	7,67	11,15	40,00	3,09	-	Presencia	-

En la Tabla 27 el único parámetro que se encuentra fuera de los límites definidos para cumplir con el objetivo de calidad del tramo V, es la presencia de material flotante y espumas, una condición que se presenta en todas las estaciones.

Tabla 27. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 469 de 2014 para el uso Recreativo Contacto secundario - Tramo V

Tramo V								
Uso Potencial del Recurso	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Objetivo de Calidad	Estaciones				
				CHI-E20	CHI-E23	CHI-E24	CHI-E27	CHI-E30
Contacto Secundario	pH		5,0 - 9,0	7,25	7,55	7,02	7,22	7,42
	OD	mg/l	≥ 4	7,67	7,12	7,85	7,91	7,72
	DBO_5	mg / L	≤15	11,15	5,00	2,00	3,00	4,00
	SST	mg / L	< 100	40,00	40,00	49,00	24,00	44,00
	Detergentes	mg/L	< 0,5	0,20	0,05	0,07	0,05	0,18
	Coliformes totales	(NMP/100 ml)	<5,00E+03	-	-	-	-	-
	Coliformes Fecales	(NMP/100 ml)	<4,00E+03	-	-	-	-	-
	Material Flotante	--	Ausente	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Sustancias que produzcan olor	--	Ausente	-	-	-	-	-
	Sustancias Tóxicas o irritantes		Ausente	-	-	-	-	-

10. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS NORMATIVO DE LA DESTINACIÓN DEL RECURSO HIDRICO (DECRETO 1076 DE 2015)

Teniendo en cuenta que la Corporación definió la destinación del recurso hídrico del río Chinchiná, mediante la Resolución 469 de 2014 donde se muestra los valores, de los parámetros, que según los diferentes análisis técnicos e históricos del río

Chinchiná, representan mayor relevancia en la contaminación del cuerpo de agua, se realiza a continuación una comparación de los criterios de calidad que están contenidos en el Decreto 1076 de 2015, que no fueron incluidos en dicha Resolución para los usos Consumo Humano con Tratamiento Convencional y Recreativo Secundario. El uso Generación de Energía Eléctrica no fue incluido, dado que el Decreto 1076 de 2015 no lo contempla. En este análisis no se incluyen el parámetro de Coliformes Fecales y Totales, considerando que en el Decreto 1076 de 2015 estos parámetros están expresados en unidades diferentes a las que fueron determinadas en los laboratorios. En rojo se resaltan los parámetros que no estén en cumplimiento. La comparación con el Decreto 1076 de 2015 se muestra en la Tabla 28 y Tabla 29.

Tabla 28. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado en Decreto 1076 de 2015 para el uso Consumo Humano con Tratamiento Convencional - Tramo I

Uso Consumo Humano con Tratamiento Convencional - Decreto 1076 de 2015 Art 2.2.3.3.9.3.						
Parámetro	**Cloruros (Cl-)**	**Sulfatos (SO2-4)**	**Color**	**Nitratos (N)**	**Nitritos (N)**	**Tensoactivos (SAAM)**
Unidad	**mg/l**	**mg/l**	**U Pt - Co**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**
Valor definido	**250**	**400**	**75**	**10**	**1**	**0,5**
Tramo I						
CHI-E01	0,99	27,00	18,40	2,20	0,01	0,26
CHI-E02	0,89	10,80	20,50	2,20	0,01	0,33
CHI-E03	2,98	7,60	19,50	2,20	0,01	0,1

Tabla 29. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado en Decreto 1076 de 2015 para el uso Contacto Secundario - Tramos II, III y V

Uso - Contacto secundario Decreto 1076 de 205 Art. 2.2.3.3.9.8.					
Parámetro	**Oxígeno disuelto**	**Tensoactivos**	**Grasas y Aceites**	**Sustancias Tóxicas o irritantes**	**Nitrogeno y fosforo**
Unidad	**%**	**(SAAM)**	**-**	**-**	**-**
Valor definido	**0,7**	**0,5**	**Ausente**	**Ausente**	**que no genere eutroficación**
Tramo II					
CHI-E03	102,32	0,28	8	-	-
CHI-E05	99,30	0,29	9	-	-
Tramo III					
CHI-E05	99,30	0,29	9	-	-
CHI-E07	104,07	0,19	10	-	-
Tramo V					
CHI-E20	98,77	0,20	14	-	-
CHI-E23	96,01	0,05	2	-	-
CHI-E24	99,61	0,07	4	-	-
CHI-E27	106,03	0,05	7	-	-
CHI-E30	103,97	0,18	11	-	-

Como se observa en la Tabla 28, los valores de los parámetros medidos que no fueron incluidos en la Resolución 469 de 2014 en el tramo I, están dentro de los límites máximos establecidos por el Decreto 1076 de 2015 para el uso asignado - Consumo Humano con Tratamiento Convencional. En el caso de los Tramos II, III y V, donde el uso asignado por la Corporación es Contacto Secundario, solo el parámetro Grasas y Aceites incumple en todas las estaciones.

11. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE VERTIMIENTOS (RESOLUCIÓN 0631 DE 2015)

La Resolución 0631 de 2015, tiene como propósito “establecer los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público; sin embargo, cuando se cuenta con Objetivos de Calidad como es el caso del río Chinchiná, estos se convierten en el referente para la elaboración, ejecución y seguimiento del PSMV municipal por parte de la Autoridad

Ambiental, de acuerdo a la Resolución 1433 de 2004 que los reglamenta y al Acuerdo de Meta Global de Carga Contaminante Nº6 de 2017.

Por lo anterior, la comparación de los resultados obtenidos durante la campaña de monitoreo a los vertimientos generados en el río Chinchiná por parte de las E.S.P municipales de Manizales y Villamaría, correspondientes a las estaciones CHI-T12, CHI-T13, CHI-T17, CHI-T20, CHI-T22, CHI-T24, CHI-T26 y CHI-T42, con los criterios de calidad definidos por la Resolución 0631 de 2015, para Aguas Residuales Domésticas (ARD) y Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga mayor a 3000 kg/día DBO_5, se realiza con el propósito de articular el análisis de los resultados obtenidos en la red de monitoreo con el estado actual de los tramites ambientales que se procesan desde la corporación.

En la Tabla 30 se puede observar, que los vertimientos generados por los descoles del alcantarillado de los municipios de Manizales y Villamaría y monitoreados durante la campaña del año 2020, superan los límites establecidos por la Resolución 0631 de 2015, dejando en evidencia la necesidad de un control efectivo sobre los vertimientos de ARD y ARnD que van a la red de alcantarillado.

Tabla 30. Comparación de los parámetros de calidad del agua de vertimientos para el año 202 con lo definido por la Resolución 0631 de 2015

ARD y ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga mayor a 3000 kg/día DBO5										
Parámetro	**Unidades**	**Valor**	**CHI- T12 DESCOLE 31007D BARRIO LAPLAYITA**	**CHI-T13 DESCOLE 31004D PUENTE BARRIO LA PLAYITA**	**CHI-T17 Descole 310850D Interceptor de Maltería**	**CHI-T20 DESCOLE 2 VILLAMARÍA**	**CHI-T22 DESCOLE 3 y 4 DE VILLAMARÍA**	**CHI-T24 DESCOLE 6 VILLAMARÍA**	**CHI-T26 DESCOLE 8 VILLAMARÍA**	**CHI- T42 DESCOLE CHINCHINA**
PH	U- pH	6,00 a 9,00	6,45	6,82	6,87	6,83	7,63	7,15	7,68	7,27
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/l o2	180	29	721	102	250	764	324	722	221
Demanda Biológica de Oxigeno (DBO5)	mg/l o3	90	13	337	19	106	474	199	373	117
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	90	312	814	315	341	795	550	761	442
Sólidos sedimentables	mg/l	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Grasas y aceites	mg/l	20	4	100	16	32	126	57	89	20
Compuestos semivolátiles fenólicos	Mg/l		-	-	-	-	-	-	-	-
Fenoles totales	Mg/l		-	-	-		-	-	-	-
Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales	mg/l	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Aromáticos policíclico	mg/l		-	-	-	-	-	-	-	-
BTEX	mg/l		-	-	-	-	-	-	-	
Compuestos orgánicos Halogenados adsorbibles	mg/l		-	-	-	-	-	-	-	-
Ortofosfatos	mg/l	análisis y reporte								
Fosforo Total	mg/l	análisis y reporte	1,11	5,16	0,35	2,53	4,31	2,77	5,53	2,46
Nitratos	mg/l	análisis y reporte	2,2	3,8	2,2	2,2	5,9	3,4	4,2	2,2
Nitritos	mg/l	análisis y reporte	0,08	0,89	0,14	0,29	0,55	0,6	0,52	0,25
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	análisis y reporte	ND	1,78	ND	0,57	0,34	0,17	0,8	0,29
Nitrógeno total	mg/l	análisis y reporte	0,006	6,14	-	2,07	5,11	1,38	4,48	0,52
Cianuro Total	mg/l	0.50	-	-	0,011	-	-	-	-	-
Cloruros	mg/l	análisis y reporte	8,18	63,2	20,1	30,5	58,5	31,2	65	45,1
Sulfatos	mg/l	análisis y reporte	27	243	82	131	334	232	328	137
Sulfuros	mg/l	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminio	mg/l	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	mg/l	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-
Cinc	mg/l	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	mg/l	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo	mg/l	0.50	-	-	<0,0400	-	-	-	-	-
Hierro	mg/l	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercurio	mg/l	0.02	-	-	0,001	-	-	-	-	-
Níquel	mg/l	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-
Plata	mg/l	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomo	mg/l	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-
Acidez Total	mg/l $CaCO_3$	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinidad total	mg/l $CaCO_3$	análisis y reporte	185	199	21	203	175	168	231	205
Dureza Cálcica	mg/l $CaCO_3$	análisis y reporte	-	-	-	-	-	-	-	
Dureza Total	mg/l $CaCO_3$	análisis y reporte	83	110	44	56	74	55	58	98
Color Real	m^{-1}	análisis y reporte	88,3	448	61,6	183	459	250	480	134

12. CONCLUSIONES

La fuente superficial presenta una gran intervención en su cauce principal debido a la captación para actividades de agua para consumo, así como actividades de generación de energía eléctrica. Esta situación genera presión sobre la capacidad de oferta hídrica de la fuente, viéndose seriamente afectado en ciertos trayectos de esta. Sin embargo, y gracias al aporte de caudal de una gran cantidad de fuentes superficiales es posible amortiguar los efectos generados por los distintos usos que actualmente soporta la fuente superficial.

Se realizo el monitoreo a sesenta y cinco (65) estaciones, dieciocho (18) estaciones sobre la corriente principal y cuarenta y siete (47) sobre corrientes secundarias y/o tributarios.

El caudal promedio determinado en el río Chinchiná para la jornada de caracterización fue de 4.190 m^3/s. El pH promedio determinado en el río Chinchiná para la jornada de caracterización fue de 7.05 UpH. La conductividad eléctrica promedio determinada en el río Chinchiná para la jornada de caracterización fue de 365.9 µS/cm. La temperatura promedio determinada en el río Chinchiná para la jornada de caracterización fue de 18.73°C. El oxígeno disuelto promedio determinado en el río Chinchiná para la jornada de caracterización fue de 6.96 mg O_2/L.

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en la corriente principal río Chinchiná, evidencian una gran calidad de la fuente superficial para los tramos I, II y III, sin embargo, es posible observar deterioro en la calidad de la fuente para el tramo IV, esta situación se asocia a la numeras descargas de aguas residuales domésticas de manera directa o indirecta a través de los distintos tributarios. Para el tramo V, y gracias a los aportes de importantes tributarios tales como el río Claro y el río Guacaica, mejora la calidad de la fuente superficial.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad indica que la tendencia en el comportamiento de todas las variables se mantiene para el año 2020, es decir, que para este año no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico que han tenido las distintas variables en las estaciones de monitoreo del Río Chinchiná y sus tributarios.

El ICA-IDEAM calculado para los resultados históricos de los monitoreos del Río Chinchiná indica que la calidad del agua para los tramos I, II y III se mantiene con respecto a la tendencia histórica en "Media". Igualmente ocurre para el tramo IV donde la calidad se mantiene según la tendencia histórica en "Mala" hasta la altura de CHI-E15 donde empieza a mejorar hasta la categoría "Media" y se mantiene así

hasta la estación CHI-E20. En el tramo V, en las estaciones CHI-E23 y CHI-E24 la calidad es "Mala" pero finalmente se recupera a "Media" desde este punto hasta CHI-E30 antes de la desembocadura. En términos generales es posible concluir que la calidad del agua del río Chinchiná, para los resultados obtenidos en el año 2020 es "Media", con algunos puntos donde el deterioro en la calidad es mayor debido a la descarga de tributarios contaminados con vertimientos de agua residual.

Los resultados de ICA-CETESB son similares a ICA-IDEAM para el río Chinchiná y sus tributarios, en algunas estaciones este índice presenta mejores condiciones con respecto al ICA-IDEAM, pero esto se debe a que en este se encuentran consideradas variables adicionales como DBO_5 y coliformes fecales.

Los resultados obtenidos del cálculo y análisis de los ICOS indican que la sustancia contaminante más importante para los tramos I, II, y III del río Chinchiná es la materia orgánica para el periodo comprendido entre 2004 y 2016, sin embargo, a partir de este año el índice ICOMI, empezó a superar el valor del ICOMO, lo que indica que en los últimos años la contaminación por mineralización ha cobrado relevancia en estos tramos del río.

Para el tramo IV, en los primeros años de registro el índice de contaminación más alto que se presentaba era ICOSUS, sin embargo, a partir de 2014, el índice de contaminación predominante en el análisis histórico de todas las estaciones es el ICOMO, seguido del ICOMI e ICOSUS, incluyendo los resultados obtenidos en el 2020. Esto indica que la contaminación por sólidos se ha reducido con el tiempo, pero los aportes de materia orgánica han aumentado considerablemente.

Esta misma situación se presenta en el tramo V del río, donde en el periodo comprendido entre 2004 y 2016 el valor del ICOSUS era el más elevado, sin embargo, a partir de ese periodo hasta la actualidad el ICOMI es el índice de contaminación que predomina este tramo de la corriente seguido del ICOMO, esto indica que es probable que la reducción en la materia orgánica se reduzca a través de su recorrido entre el tramo IV y V de tal forma que en el tramo V se hacen más evidentes valores elevados de alcalinidad y dureza del agua.

Para los resultados obtenidos de los ICOS en 2020, se observa, como en los últimos años de los resultados históricos que el ICOSUS es el índice de contaminación con valores más bajos en toda la corriente. Por su parte el ICOMO es poco significativo en el inicio de los tramos I, II y III, sin embargo, entre el tramo IV e inicios del tramo V el índice predomina la dinámica de contaminación del río, hasta finales del tramo V donde se reduce y el ICOMI aumenta. Esto indica que los resultados obtenidos en el año 2020 se corresponden con el comportamiento histórico de estos índices en la corriente.

Los resultados del cálculo y análisis del ICOTRO indican que la corriente ha sido históricamente "Eutrófica". En todas las estaciones del río se presentaron pulsos de fósforo en el año 2018, lo que indica que en el momento de este muestreo se pudo haber presentado algún evento atípico que causó el aumento en las concentraciones de fósforo total en el agua hasta rangos de 6.0 a 10.0 mg/L. Sin embargo, para los resultados obtenidos en 2020, las concentraciones de fósforo se normalizaron de acuerdo con la tendencia histórica. Aunque los resultados de este índice expresen que la corriente se encuentra en estado "Eutrófico" es posible que en la práctica no se evidencien condiciones típicas de un cuerpo de agua eutrofizado, pues estas condiciones afectan a los cuerpos de agua lénticos y ríos de baja pendiente de forma más significativa.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y Fundación SANEAR (2010) Caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Manizales Informe Final. Manizales
- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y Fundación SANEAR (2010) Caracterización del Agua de la quebrada Manizales, Informe Final. Manizales.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y Fundación SANEAR (2009) Caracterización del Agua de la quebrada Manizales, Informe Final. Manizales.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y PROAGUA (2005). Caracterización y Evaluación de la Calidad del Agua de la quebrada Manizales. Manizales. Corporación Autónoma Regional
- IDEAM (2019) Estudio Nacional del agua 2018, Bogotá, Colombia.
- Ramírez, A., Viña, G., (1998) Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis, Universidad Jorge Tadeo Lozano – BP Exploration, Bogotá, Colombia.
- Ramírez, A., Restrepo, R., Viña, G., (1997) Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales, Formulaciones y aplicación, Ciencia y tecnología futuro, 1 (3).
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2004) Plan de manejo de aguas residuales municipales en Colombia, Bogotá, Colombia.
- Fernández N., Solano, F. (2005) Índices de calidad y de contaminación del agua, Vicerrectoría de Investigaciones. Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (). Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (). Toma y preservación de muestras. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0631 de 2015 (2015). Parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- Roldán Pérez, G. (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.
- FAÑA, B. J. (2002) Evaluación Rápida de la Contaminación Hídrica. Ediciones G.H.e.N. Grupo Hidro-ecológico Nacional, Inc. (G.H.e.N). República

Dominicana. [en línea]. Disponible en: http://www.ambienteecologico.com/067-02 2000/juannicolasfania67.htm

- METCALF y HEDDY (1985). Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3° ed. México: MC Graw Hill,
- Saenz, F. C. (2001). Interpretación de Análisis de Aguas: Parámetros Ambientales. Bogotá. [en línea]. Disponible en: http:// www.drcalderonlabs.com/Métodos/Analisis-D

14. ANEXOS