

INFORME RED DE MONITOREO QUEBRADA MANIZALES – I SEMESTRE

2018



CORPORACIÓN
AUTONOMA REGIONAL DE
CALDAS CORPOCALDAS



ONG SERVICIOS AMBIENTALES DE
CALDAS



**CORPOCALDAS - O.N.G. SERVICIOS AMBIENTALES DE CALDAS
CONTRATO 039 DE 2018**

**PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES Y TÉCNICOS, PARA OPERAR LA
RED DE MONITOREO DEPARTAMENTAL DEL RECURSO HÍDRICO.**

**INFORME RED DE MONITOREO
QUEBRADA MANIZALES**

**Elaborado por:
O.N.G. SERVICIOS AMBIENTALES DE CALDAS**

Manizales, Octubre de 2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	21
2. OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	23
3. METODOLOGÍA.....	25
3.1 REVISIÓN DE INFORMACIÓN	25
3.2 PLANEACIÓN DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO	26
3.2.1 Estrategias de planeación:	27
3.2.2 Ejecución jornada de monitoreo	29
3.2.3 Identificación de la zona de estudio Quebrada Manizales.....	32
4. CALIDAD DEL AGUA	36
4.1 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DEL AGUA	37
4.1.1 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SOBRE LA QUEBRADA MANIZALES.....	49
4.2 INDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN	51
4.2.1 ICA CETESB	51
4.2.2 ICA IDEAM.....	55
4.2.3 ICOMO – Índice de Contaminación por Materia Orgánica	58
5. EJECUCIÓN DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO RED DE MONITOREO QUEBRADA MANIZALES	61
5.1 ESTACIONES Y TRIBUTARIOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA MANIZALES	62
5.1.1 Estaciones de Monitoreo	62
5.1.3 Acontecimientos encontrados.....	69

6. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA MANIZALES	72
6.1 PARÁMETROS IN-SITU	72
6.1.1 Análisis parámetros in situ red de monitoreo	77
6.2 RESULTADOS DE LABORATORIO	118
6.2.1 Analisis De Resultados De Laboratorio – Estaciones Red De Monitoreo Quebrada Manizales	127
6.2.2 Análisis General Tributarios Red De Monitoreo Quebrada Manizales	178
6.2.3. Análisis General Tributarios Quebrada Cimitarra	195
6.2.4. Análisis General Tributarios Quebrada Tesorito.....	202
6.2.5. Análisis General Tributarios Quebrada 2615-002-098-003.....	202
7. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA E ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN	203
7.1 ICA-IDEAM	204
7.2 ICA CETESB.....	208
7.3 Índices de Contaminación.....	220
7.3.1 ICOSUS	220
7.3.2 ICOMO.....	231
7.2.3 ICOMI.....	243
8. VARIACIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA	254
9. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA MANIZALES SEGÚN RESOLUCIÓN 469 DE 2014 POR MEDIO DE LA CUAL SE AJUSTAN LOS OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHINCHINA Y SE DEFINEN PARA LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA MANIZALES	323
9.1 Tramos Quebrada Manizales	325
9.1.1 Tramo I	325
9.1.2 Tramo II	330

9.1.3 Tramo III.....	333
9.1.4 Tramo IV.....	337
10. CUMPLIMIENTO CON RESOLUCION 0631 DE 2015 POR LA CUAL SE ESTABLECEN LOS PARAMETROS Y LOS VALORES LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES.....	341
11. COMPARATIVO DECRETO 1594 DE 1984	349
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	360
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	370
14. ANEXOS	371

Lista de tablas

Tabla 1. Red de Monitoreo Quebrada Manizales estaciones y tributarios ...	34
Tabla 2. Variables y ponderaciones para el cálculo del ICA-CETESB	53
Tabla 3. Cálculo de los Parámetros.	54
Tabla 4.Índices de calidad ICA-CETESB	55
Tabla 5. Variables y ponderaciones para el cálculo del ICA-IDEAM con 6 Variables.	57
Tabla 6. Escala índice de Calidad ICA-IDEAM.	58
Tabla 7. Clasificación de ICOMO.....	60
Tabla 8. Estaciones sobre tributarios red quebrada Manizales.....	63
Tabla 9. Fechas de monitoreo estaciones y tributarios quebrada Manizales	66
Tabla 10.Cordenadas ajustadas	68
Tabla 11. Parámetros in situ Estaciones Quebrada Manizales	73
Tabla 12. Parámetros in situ Tributarios Quebrada Manizales	75
Tabla 13. Estaciones y tributarios Quebrada Cimitarra.....	91
Tabla 14. Resultados de los parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos de la Quebrada Manizales.....	119
Tabla 15. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada Cimitarra	120
Tabla 16. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada Tesorito	121
Tabla 17. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada Cristales.....	122
Tabla 18. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada 2615-002-098-003.....	123
Tabla 19. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Tributarios	124
Tabla 20. Parámetros de análisis tributarios Quebrada Manizales.....	180
Tabla 21. Parámetros tributarios Quebrada Cristales.....	190
Tabla 22. Parámetros tributarios Quebrada Cimitarra	196
Tabla 23. Parámetros tributarios Quebrada Tesorito	202
Tabla 24. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Manizales.....	204
Tabla 25. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cimitarra	205
Tabla 26. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cristales	206

Tabla 27. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Tesorito	206
Tabla 28. ICA IDEAM Estaciones Quebrada 2615-002-093-003.....	207
Tabla 29. ICA CETESB Estaciones Quebrada Manizales	208
Tabla 30. Quebrada Cimitarra ICA CETESB	212
Tabla 31. Quebrada Cristales ICA CETESB	214
Tabla 32. Quebrada Tesorito ICA CETESB	216
Tabla 33. Quebrada 2615-002-093-003 ICA CETESB	217
Tabla 34. ICOSUS Quebrada Manizales	220
Tabla 35. Quebrada Cimitarra ICOSUS	223
Tabla 36. Quebrada Cristales ICOSUS	225
Tabla 37. Quebrada Tesorito ICOSUS.....	226
Tabla 38. Q. 2615-002-093-003 ICOSUS	228
Tabla 39. Quebrada Manizales ICOMO	231
Tabla 40. Quebrada Cimitarra ICOMO	234
Tabla 41. Quebrada Cristales ICOMO	237
Tabla 42 Quebrada Tesorito ICOMO.....	239
Tabla 43. Quebrada 2615-002-093-003 ICOMO	241
Tabla 44. Quebrada Manizales ICOMI	243
Tabla 45. Quebrada Cimitarra ICOMI.....	245
Tabla 46. Quebrada Cristales ICOMI	247
Tabla 47. Quebrada Tesorito ICOMI.....	249
Tabla 48. Quebrada 2615-002-093-003ICOMI	250
Tabla 49. Datos históricos DBO₅. Tramo I Quebrada Manizales	254
Tabla 50. Datos históricos DBO₅. Tramo II Quebrada Manizales	257
Tabla 51. Datos históricos DBO₅. Tramo III Quebrada Manizales.....	259
Tabla 52. Datos históricos DBO₅.Tramo IV Quebrada Manizales.....	262
Tabla 53. Datos históricos DQO. Tramo I Quebrada Manizales.....	264
Tabla 54. Datos históricos DQO. Tramo II Quebrada Manizales.....	265
Tabla 55. Datos históricos DQO. Tramo III Quebrada Manizales.....	267
Tabla 56. Datos históricos DQO. Tramo IV Quebrada Manizales	269
Tabla 57. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo I Quebrada Manizales...271	
Tabla 58. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo II Quebrada Manizales .272	
Tabla 59. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo III Quebrada Manizales 274	
Tabla 60. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo IV Quebrada Manizales 276	

Tabla 61. Datos históricos pH. Tramo I Quebrada Manizales	278
Tabla 62. Datos históricos pH. Tramo II Quebrada Manizales	279
Tabla 63. Datos históricos pH. Tramo III Quebrada Manizales	280
Tabla 64. Datos históricos pH. Tramo IV Quebrada Manizales	282
Tabla 65. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo I Quebrada Manizales	284
Tabla 66. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo II Quebrada Manizales	285
Tabla 67. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo III Quebrada Manizales	288
Tabla 68. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo IV Quebrada Manizales	289
Tabla 69. Datos históricos DBO₅ Quebrada Cimitarra	292
Tabla 70. Datos históricos DQO Quebrada Cimitarra	293
Tabla 71. Datos históricos Sólidos Totales Quebrada Cimitarra	295
Tabla 72. Datos históricos pH Quebrada Cimitarra	296
Tabla 73. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada Cimitarra	298
Tabla 74. Datos históricos DBO₅ Quebrada Tesorito	300
Tabla 75. Datos históricos DQO Quebrada Tesorito	301
Tabla 76. Datos históricos Sólidos totales Quebrada Tesorito	302
Tabla 77. Datos históricos pH Quebrada Tesorito	304
Tabla 78. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada Tesorito	305
Tabla 79. Datos históricos DBO₅ Quebrada Cristales	307
Tabla 80. Datos históricos DQO Quebrada Cristales	308
Tabla 81. Datos históricos Sólidos Totales Quebrada Cristales	310
Tabla 82. Datos históricos pH Quebrada Cristales	312
Tabla 83. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada Cristales	313
Tabla 84. Datos históricos DBO₅ Quebrada 2615-002-098-003	315
Tabla 85. Datos históricos DQO Quebrada 2615-002-098-003	316
Tabla 86. Datos históricos Sólidos Totales Quebrada 2615-002-098-003	318
Tabla 87. Datos históricos pH Quebrada 2615-002-098-003	319
Tabla 88. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada 2615-002-098-003	320
Tabla 89. Cuadro comparativo tramo I calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.....	325

Tabla 90 . Cuadro comparativo tramo II calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.....	330
Tabla 91. Cuadro comparativo tramo III calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.....	333
Tabla 92. Cuadro comparativo tramo IV calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.....	337
Tabla 93. Actividad -Aguas residuales Domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) Resolución 0631 de 2015.....	342
Tabla 94. Sector Ganadería de bovina, bufalino, equino, ovino y/o caprino (beneficio) Resolución 0631 de 2015	343
Tabla 95. Sector Minería Resolución 0631 de 2015	344
Tabla 96. Actividad preparación de alimentos y bebidas	345
Tabla 97. Actividad-Elaboración de alimentos	346
Tabla 98. Actividad - Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso resolución 0631de 2015.	347
Tabla 99.Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.....	350
Tabla 100.Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.....	350
Tabla 101. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente desinfección	350
Tabla 102. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente desinfección	351
Tabla 103. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso del agua agrícola.	352

Tabla 104. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso agrícola del agua	352
Tabla 105. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso pecuario del agua.....	353
Tabla 106. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso pecuario del agua.....	353
Tabla 107. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso recreativo.	354
Tabla 103. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso recreativo del agua....	354
Tabla 109. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso de preservación de flora y fauna del agua.....	355
Tabla 110. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso de preservación de flora y fauna del agua.....	355

Lista de gráficas

Gráfica 1. Comportamiento Caudal Quebrada Manizales	83
Gráfica 2. Comportamiento oxígeno disuelto Quebrada Manizales	84
Gráfica 3. Comportamiento temperatura Quebrada Manizales.....	86
Gráfica 4. Comportamiento pH Quebrada Manizales	87
Gráfica 5. Comportamiento conductividad Quebrada Manizales	89
Gráfica 6. Comportamiento caudal Quebrada Cimitarra.....	94
Gráfica 7. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada Cimitarra	95
Gráfica 8. Comportamiento Temperatura Quebrada Cimitarra.....	96
Gráfica 9. Comportamiento pH Quebrada Cimitarra.....	97
Gráfica 10. Comportamiento Conductividad Quebrada Cimitarra	98
Gráfica 11. Comportamiento Caudal Quebrada Cristales.....	101
Gráfica 12. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada Cristales.....	102
Gráfica 13. Comportamiento Temperatura Quebrada Cristales	103
Gráfica 14. Comportamiento pH Quebrada Cristales	104
Gráfica 15. Comportamiento Conductividad Quebrada Cristales	105
Gráfica 16. Comportamiento Caudal Quebrada Tesorito	108
Gráfica 17. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada Tesorito	109
Gráfica 18. Comportamiento Temperatura Quebrada Tesorito	110
Gráfica 19. Comportamiento pH Quebrada Tesorito.....	111
Gráfica 20. Comportamiento Conductividad Quebrada Tesorito.....	111
Gráfica 21. Comportamiento Caudal Quebrada 2615-002-098-003	113
Gráfica 22. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada 2615-002-098-003	114
Gráfica 23. Comportamiento Temperatura Quebrada 2615-002-098-003..	115
Gráfica 24. Comportamiento pH Quebrada 2615-002-098-003	116
Gráfica 25. Comportamiento conductividad Quebrada 2615-002-098-003	117
Gráfica 26. Comportamiento ST y SST Quebrada Manizales	127
Gráfica 27. Comportamiento de la Turbidez Quebrada Manizales	129
Gráfica 28. Comportamiento del Color Real Quebrada Manizales	130
Gráfica 29. Comportamiento de las Grasas y Aceites Quebrada Manizales	131
Gráfica 30. Comportamiento de los Detergentes Quebrada Manizales.....	132

Gráfica 31. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Manizales	134
Gráfica 32. Comportamiento Nitratos y Nitritos Quebrada Manizales	135
Gráfica 33. Comportamiento del Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Manizales	136
Gráfica 34. Comportamiento de los Sulfatos Quebrada Manizales.....	138
Gráfica 35. Comportamiento de los Cloruros Quebrada Manizales.....	139
Gráfica 36. Comportamiento de la Alcalinidad Quebrada Manizales	140
Gráfica 37. Comportamiento Dureza Total Quebrada Manizales	141
Gráfica 38. Comportamiento Coliformes Totales y Coliformes Fecales Quebrada Manizales.....	143
Gráfica 39. Comportamiento de la DBO ₅ y DQO Quebrada Manizales.....	144
Gráfica 40. Comportamiento del Mercurio Quebrada Manizales	146
Gráfica 41. Comportamiento del Plomo Quebrada Manizales	147
Gráfica 42. Comportamiento de los ST y SST Quebrada Cimitarra.....	149
Gráfica 43. Comportamiento de la Turbidez Quebrada Cimitarra	150
Gráfica 44. Comportamiento Color Real Quebrada Cimitarra	151
Gráfica 45. Comportamiento Grasas y Aceites Quebrada Cimitarra	152
Gráfica 46. Comportamiento Detergentes Quebrada Cimitarra.....	153
Gráfica 47. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Cimitarra	154
Gráfica 48. Comportamiento Nitritos y Nitratos Quebrada Cimitarra	155
Gráfica 49. Comportamiento Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Cimitarra.....	156
Gráfica 50. Comportamiento Sulfatos Quebrada Cimitarra	157
Gráfica 51. Comportamiento Cloruros Quebrada Cimitarra.....	158
Gráfica 52. Alcalinidad Quebrada Cimitarra.....	159
Gráfica 53. Comportamiento Dureza Total Quebrada Cimitarra.....	159
Gráfica 54. Comportamiento Coliformes Totales y Coliformes Fecales Quebrada Cimitarra	160
Gráfica 55. Comportamiento DBO ₅ y DQO Quebrada Cimitarra	161
Gráfica 56. Comportamiento DBO ₅ Y DQO Quebrada Cristales.....	163
Gráfica 57.Comportamiento ST y SST Quebrada Cristales	164
Gráfica 58. Comportamiento Turbiedad Quebrada Cristales	164
Gráfica 59. Comportamiento Color Quebrada Cristales	164
Gráfica 60. Comportamiento Grasas y Aceites Quebrada Cristales.....	165

Gráfica 61. Comportamiento Detergentes Quebrada Cristales	165
Gráfica 62. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Cristales	167
Gráfica 63. Comportamiento Nitritos y Nitratos Quebrada Cristales	167
Gráfica 64. Comportamiento Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Cristales	167
Gráfica 65. Comportamiento Sulfatos Quebrada Cristales	168
Gráfica 66. Comportamiento Cloruros Quebrada Cristales	168
Gráfica 67. Comportamiento Alcalinidad Total Quebrada Cristales	169
Gráfica 68. Comportamiento Dureza Total Quebrada Cristales	169
Gráfica 69. Comportamiento Coliformes Totales y Coliformes Fecales Quebrada Cristales.....	170
Gráfica 70. Comportamiento DBO_5 y DQO Quebrada Tesorito.....	171
Gráfica 71. Comportamiento ST y SST Quebrada Tesorito	172
Gráfica 72. Comportamiento Turbidez Quebrada Tesorito.....	172
Gráfica 73. Comportamiento Color Quebrada Tesorito	172
Gráfica 74. Comportamiento Grasas y Aceites Quebrada Tesorito	173
Gráfica 75. Comportamiento Detergentes Quebrada Tesorito	173
Gráfica 76. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Tesorito	174
Gráfica 77. Comportamiento Nitritos y Nitratos Quebrada Tesorito	174
Gráfica 78. Comportamiento Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Tesorito	174
Gráfica 79. Comportamiento Sulfatos Quebrada Tesorito	175
Gráfica 80. Comportamiento Cloruros Quebrada Tesorito	175
Gráfica 81. Comportamiento Alcalinidad Total Quebrada Tesorito	176
Gráfica 82. Comportamiento Dureza Total Quebrada Tesorito.....	176
Gráfica 83. Coliformes Totales y Fecales Quebrada Tesorito	176
Gráfica 84. Oxígeno Disuelto Tributarios Quebrada Manizales	181
Gráfica 85. pH Tributarios Quebrada Manizales	182
Gráfica 86. SST Tributarios Quebrada Manizales	183
Gráfica 87. Grasas y aceites Tributarios Quebrada Manizales	184
Gráfica 88. NTK Tributarios Quebrada Manizales	185
Gráfica 89. Fósforo Total Tributarios Quebrada Manizales	186
Gráfica 90. Coliformes fecales y totales Tributarios Quebrada Manizales .	187
Gráfica 91. DBO_5 Tributarios Quebrada Manizales.....	188

Gráfica 92. DQO Tributarios Quebrada Manizales	189
Gráfica 93. OD Tributarios Quebrada Cristales	190
Gráfica 94. pH Tributarios Quebrada Cristales	191
Gráfica 95. DBO ₅ y DQO Tributarios Quebrada Cristales.....	191
Gráfica 96. Solidos Suspendidos Totales, Tributarios Quebrada Cristales ...	192
Gráfica 97. Nitrógeno Total Tributarios Quebrada Cristales.....	193
Gráfica 98. Fósforo Total Tributarios Quebrada Cristales.....	193
Gráfica 99. Grasas y Aceites Tributarios Quebrada Cristales.....	194
Gráfica 100. Coliformes Totales y Fecales, Tributarios Quebrada Cristales	195
Gráfica 101. Oxígeno Disuelto Tributarios Quebrada Cimitarra.....	196
Gráfica 102. pH Tributarios Quebrada Cimitarra	197
Gráfica 103. SST Tributarios Quebrada Cimitarra	198
Gráfica 104. Grasas y aceites Tributarios Quebrada Cimitarra	199
Gráfica 105. NTK Tributarios Quebrada Cimitarra.....	200
Gráfica 106. Fósforo total Tributarios Quebrada Cimitarra.....	200
Gráfica 107. Coliformes totales y fecales Tributarios Quebrada Cimitarra .201	201
Gráfica 108. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Manizales	204
Gráfica 109. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cimitarra	205
Gráfica 110. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cristales	206
Gráfica 111. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Tesorito	207
Gráfica 112. ICA IDEAM Estaciones Quebrada 2615-002-093-003.....	207
Gráfica 113. ICA-CETESB Estaciones Quebrada Manizales	209
Gráfica 114. Datos Históricos ICA CETESB	211
Gráfica 115. ICA CETESB Q. Cimitarra.....	212
Gráfica 116. Historico ICA CETESB Q. Cimitarra	213
Gráfica 117. ICA -CETESB Quebrada Cristales.....	214
Gráfica 118. HISTORICO ICA- CETESB Q. CRISTALES	215
Gráfica 119. ICA-CETEBS Quebrada Tesorito.....	216
Gráfica 120. HISTORICOS ICA-CETEBS Q. TESORITO	217
Gráfica 121. ICA-CETESB Q. 2615-002-093-003	218
Gráfica 122 HISTORICO ICA- CETESB Q. 2615-002-093-003.....	219
Gráfica 123. ICOSUS QUEBRADA MANIZALES	221
Gráfica 124. HISTORICOS ICOSUS Q. MANIZALES.....	222
Gráfica 125. ICOSUS Q. CIMITARRA	223

Gráfica 126. HISTORICOS ICOSUS Q. CIMITARRA	224
Gráfica 127. ICOSUS Q. CRISTALES	225
Gráfica 128. HISTORICOS ICOSUS Q. CRISTALES	226
Gráfica 129. ICOSUS Q. TESORITO.....	227
Gráfica 130. HISTORICOS ICOSUS Q. TESORITO	228
Gráfica 131. ICOSUS Q. 2615-002-093-003	229
Gráfica 132. HISTORICOS ICOSUS Q. 2615-002-093-003	230
Gráfica 133. ICOMO Q. MANIZALES	231
Gráfica 134 HISTORICOS ICOMO Q. MANIZALES.....	233
Gráfica 135. ICOMO Q. CIMITARRA	234
Gráfica 136. HISTORICOS ICOMO Q. CIMITARRA.....	236
Gráfica 137. ICOMO Q. CRISTALES	237
Gráfica 138. HISTORICOS ICOMO Q. CRISTALES.....	238
Gráfica 139. ICOMO Q. TESORITO	239
Gráfica 140. HISTORICOS ICOMO Q. TESORITO	240
Gráfica 141. ICOMO Q. 2615-002-093-003	241
Gráfica 142. HISTORICOS ICOMO Q. 2615-002-093-003	242
Gráfica 143. ICOMI Q. MANIZALES	243
Gráfica 144. HISTORICOS ICOMI Q. MANIZALES.....	244
Gráfica 145. ICOMI Q. CIMITARRA	245
Gráfica 146. HISTORICOS ICOMI Q. CIMITARRA	246
Gráfica 147. ICOMI Q. CRISTALES	247
Gráfica 148. HISTORICOS ICOMI Q. CRISTALES	248
Gráfica 149. ICOMI Q. TESORITO	249
Gráfica 150. HISTORICOS ICOMI TESORITO	250
Gráfica 151. ICOMI Q. 2615-002-093-003	251
Gráfica 152. HISTORICOS ICOMI 2615-002-093-003	252
Gráfica 153. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo I Quebrada Manizales	255
Gráfica 154. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo I Quebrada Manizales	256
Gráfica 155. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo II Quebrada Manizales	257

Gráfica 156. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo II Quebrada Manizales	258
Gráfica 157. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo III Quebrada Manizales	260
Gráfica 158. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo III Quebrada Manizales	261
Gráfica 159. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo IV Quebrada Manizales	262
Gráfica 160. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales	263
Gráfica 161. Comportamiento histórico DQO Tramo I Quebrada Manizales	264
Gráfica 162. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo I Quebrada Manizales	265
Gráfica 163. Comportamiento histórico DQO Tramo II Quebrada Manizales	266
Gráfica 164. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo II Quebrada Manizales	266
Gráfica 165. Comportamiento histórico DQO Tramo III Quebrada Manizales	268
Gráfica 166. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo III Quebrada Manizales	268
Gráfica 167. Comportamiento histórico DQO Tramo IV Quebrada Manizales	269
Gráfica 168. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales	270
Gráfica 169. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo I Quebrada Manizales	271
Gráfica 170. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo I Quebrada Manizales	271
Gráfica 171. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo II Quebrada Manizales	273
Gráfica 172. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo II Quebrada Manizales	273

Gráfica 173. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo III Quebrada Manizales	275
Gráfica 174. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo III Quebrada Manizales.....	275
Gráfica 175. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo IV Quebrada Manizales	276
Gráfica 176. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales.....	277
Gráfica 177. Comportamiento histórico pH Tramo I Quebrada Manizales.	278
Gráfica 178. Comportamiento histórico pH Tributarios Tramo I Quebrada Manizales	278
Gráfica 179. Comportamiento histórico pH Tramo II Quebrada Manizales	279
Gráfica 180. Comportamiento histórico pH Tramo II Quebrada Manizales	280
Gráfica 181. Comportamiento histórico pH Tramo III Quebrada Manizales..	281
Gráfica 182. Comportamiento histórico pH Tributarios Tramo III Quebrada Manizales	281
Gráfica 183. Comportamiento histórico pH Tramo IV Quebrada Manizales	283
Gráfica 184. Comportamiento histórico pH Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales	283
Gráfica 185. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo I Quebrada Manizales	284
Gráfica 186. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributarios Tramo I Quebrada Manizales.....	285
Gráfica 187. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo II Quebrada Manizales	286
Gráfica 188. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributarios Tramo II Quebrada Manizales.....	286
Gráfica 189. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo III Quebrada Manizales	288
Gráfica 190. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributarios Tramo III Quebrada Manizales.....	289
Gráfica 191. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo IV Quebrada Manizales	290

Gráfica 192. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo IV Quebrada Manizales	290
Gráfica 193. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada Cimitarra	292
Gráfica 194. Comportamiento histórico DBO₅ tributarios Quebrada Cimitarra	292
Gráfica 195. Comportamiento histórico DQO Quebrada Cimitarra.....	294
Gráfica 196. Comportamientos históricos tributarios DQO Quebrada Cimitarra.....	294
Gráfica 197. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada Cimitarra	295
Gráfica 198. Comportamiento histórico Sólidos Totales tributarios Quebrada Cimitarra.....	296
Gráfica 199. Comportamiento histórico pH Quebrada Cimitarra	297
Gráfica 200. Comportamiento histórico pH tributarios Quebrada Cimitarra	297
Gráfica 201. Comportamiento histórico oxígeno disuelto Quebrada Cimitarra	298
Gráfica 202. Comportamiento histórico oxígeno disuelto tributarios Quebrada Cimitarra	298
Gráfica 203. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada Tesorito	300
Gráfica 204. Comportamiento histórico DBO₅ tributarios Quebrada Tesorito	300
Gráfica 205. Comportamiento histórico DQO Quebrada Tesorito.....	301
Gráfica 206. Comportamiento histórico DQO tributarios Quebrada Tesorito	302
Gráfica 207. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada Tesorito	303
Gráfica 208. Comportamiento histórico Sólidos Totales tributarios Quebrada Tesorito	303
Gráfica 209. Comportamiento histórico pH Quebrada Tesorito	304
Gráfica 210. Comportamiento histórico pH tributarios Quebrada Tesorito .	304
Gráfica 211. Comportamiento histórico oxígeno disuelto Quebrada Tesorito	305

Gráfica 212. Comportamiento histórico oxígeno disuelto tributarios Quebrada Tesorito	306
Gráfica 213. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada Cristales.....	307
Gráfica 214. Comportamiento histórico DBO₅ tributarios Quebrada Cristales	307
Gráfica 215. Comportamiento histórico DQO Quebrada Cristales	309
Gráfica 216. Comportamiento histórico DQO tributarios Quebrada Cristales	309
Gráfica 217. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada Cristales	310
Gráfica 218. Comportamiento histórico Sólidos Totales tributarios Quebrada Cristales	311
Gráfica 219. Comportamiento histórico pH Quebrada Cristales	312
Gráfica 220. Comportamiento histórico pH tributarios Quebrada Cristales	312
Gráfica 221. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Quebrada Cristales	313
Gráfica 222. Comportamientos histórico Oxígeno Disuelto tributarios Quebrada Cristales.....	314
Gráfica 223. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada 2615-002-098-003	315
Gráfica 224. Comportamiento histórico DBO₅ Tributario Quebrada 2615-002-098-003	315
Gráfica 225. Comportamiento histórico DQO Quebrada 2615-002-098-003	317
Gráfica 226. Comportamiento histórico DQO Tributario Quebrada 2615-002-098-003	317
Gráfica 227. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada 2615-002-098-003	318
Gráfica 228. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributario Quebrada 2615-002-098-003.....	318
Gráfica 229. Comportamiento histórico pH Quebrada 2615-002-098-003 .	319
Gráfica 230. Comportamiento histórico pH Tributario Quebrada 2615-002-098-003	320

Gráfica 231. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Quebrada 2615-002-098-003	321
Gráfica 232. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributario Quebrada 2615-002-098-003.....	321
Gráfica 233. Tramo I Sólidos Suspendidos Totales Objetivo de Calidad	326
Gráfica 234. Tramo I Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad	326
Gráfica 235. Tramo I DBO₅ Objetivo de Calidad	327
Gráfica 236. Tramo II Sólidos Suspendidos Totales Objetivo de Calidad	330
Gráfica 237. Tramo II Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad	331
Gráfica 238. Tramo II DBO₅ Objetivo de Calidad	331
Gráfica 239. Tramo III Sólidos Suspendidos Totales Objetivo de Calidad ...	334
Gráfica 240. Tramo III Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad	334
Gráfica 241. Tramo III DBO₅ Objetivo de Calidad	335
Gráfica 242. Tramo IV Sólidos Suspendidos Totales Objetivo de Calidad ..	338
Gráfica 243. Tramo IV Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad	338
Gráfica 244. Tramo IV Sólidos Suspendidos Totales Objetivo de Calidad ..	339

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de las aguas es una variable descriptora fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas.(Libro blanco del agua, 2000).

La calidad de las aguas puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación. La prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas constituye uno de los objetivos que deben plantearse en cualquier política avanzada de gestión de recursos hídricos.

El monitoreo del recurso hídrico tiene como objetivo realizar una evaluación continua que permita identificar las condiciones físicas químicas y microbiológicas de los cuerpos de agua. Los resultados obtenidos de estas jornadas de evaluación y análisis son la base para la toma de decisiones que conducen al manejo, corrección o mitigación de los impactos allí generados; apoyando de este modo el proceso de planeación de estrategias de intervención para mejorar la calidad del agua de las fuentes de estudio. Por tal motivo la Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS como ente administrador de los recursos naturales y el medio ambiente en el departamento de Caldas, realiza seguimiento y control al Río Chinchiná, la Quebrada Manizales y algunos cuerpos de agua superficiales a nivel departamental.

La red de monitoreo se enmarca dentro del programas de gestión Integral del recurso Hídrico, en lo que corresponde al proyecto “*Planificación y ordenación del territorio para la administración del patrimonio hídrico*”, cuyo objetivo general es formular y actualizar planes de ordenación y manejo ambiental de las cuencas hidrográficas en Caldas.

Para el año 2018 la ONG Servicios Ambientales de Caldas, suscribe el contrato 039 con la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS, que tiene como objetivo la Prestación de servicios profesionales y técnicos, para operar la Red de Monitoreo departamental del recurso hídrico y dar continuidad al proceso de caracterización del patrimonio hídrico. Trabajo que se viene realizando desde años atrás por empresas como SANEAR, PROAGUA y en el año 2014 por la empresa que ejecuta el actual contrato.

Las campañas de monitoreo sobre las fuentes hídricas de estudio, permiten determinar la calidad del agua, a través de análisis, interpretación de datos y aplicación de Índices de Calidad ICA e índices de contaminación (ICOMO, ICOSUS e ICOMI). Adicional a esto se realiza el seguimiento al comportamiento de las variables caracterizadas a través del tiempo, con apoyo de valores históricos, recopilados en campañas de monitoreo anteriores.

Para la ejecución de este contrato se monitorearon las siguientes estaciones:

- Monitoreo a 48 estaciones de la Quebrada Manizales, (25 estaciones sobre la Quebrada Manizales y 23 estaciones sobre los tributarios).
- Monitoreo a 68 estaciones del río Chinchiná, (18 estaciones sobre el río Chinchiná y 50 estaciones sobre tributarios).
- Monitoreo a 70 estaciones en los 22 municipios del departamento de Caldas.
- Monitoreo a 43 puntos del POMCA Tapias.
- Monitoreo a 20 puntos del POMCA La Miel.
- Monitoreo a 10 puntos del POMCA Arma.

En el siguiente informe se presentan los resultados y análisis de los datos obtenidos durante las campañas de seguimiento a la red de monitoreo de la Quebrada Manizales.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Prestación de servicios profesionales y técnicos, para operar La Red de Monitoreo departamental del recurso hídrico.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Elaborar y ejecutar un programa de monitoreo de calidad y cantidad de agua para la Quebrada Manizales 48 estaciones (25 estaciones y 23 tributarios).
2. Realizar la medición de parámetros de campo, cantidad y calidad del agua, toma de muestra para análisis fisicoquímicos en laboratorios acreditados por el IDEAM.
3. Evaluar y determinar la calidad del agua, con el fin de establecer el grado de contaminación y los impactos generados sobre la quebrada Manizales.
4. Calcular e interpretar los índices de calidad del agua (ICA) y de contaminación (ICO), a partir de los resultados obtenidos en la medición de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y contaminantes tóxicos.
5. Analizar e interpretar los datos históricos de calidad del agua de la quebrada Manizales, objeto de estudio entre el 2006 al 2018 con el fin de identificar variaciones en el tiempo y definir bajo argumentos técnicos y estadísticos las influencias y posibles cambios en sus mediciones.
6. Evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 469 de 2014, para el río Chinchiná y quebrada Manizales.
7. Actualizar las bases de datos de información de calidad del agua, y realizar la migración al sistema de información ambiental regional de CORPOCALDAS, de acuerdo al procedimiento de entrega de información al proceso de Gestión de Información Ambiental SIAR, de forma que pueda ser enlazada con los sistemas de información que posee actualmente, previa validación.

8. 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, de forma que pueda ser enlazada con los sistemas de información que posee actualmente CORPOCALDAS, previa validación.

3. METODOLOGÍA

3.1 REVISIÓN DE INFORMACIÓN

La revisión de información se realizó con ayuda de la documentación correspondiente a estudios anteriores, mediante la cual se obtuvo un diagnóstico inicial de la calidad del agua de la quebrada Manizales, y el esquema de planeación y ejecución de las campañas de monitoreo realizadas sobre la fuente de estudio.

A continuación se mencionan los estudios revisados:

- 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 Elaborado por la Fundación profesional para el manejo integral del agua - PROAGUA, ejecutado en 2005.
- Diseño del Plan proceso de monitoreo y seguimiento de aguas en la jurisdicción de Corpocaldas, Universidad Tecnológica de Pereira – UTP. Contrato 158 – 2008, ejecutado en 2009.
- Realizar la caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Manizales CORPOCALDAS y la Fundación para el Saneamiento Ambiental de los Recursos Naturales – SANEAR. Contrato C 119-2008, ejecutado en 2009.
- Ejecuto jornada de monitoreo en el mes de febrero 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 2615-098-003, los cuales dieron continuidad a la calibración y verificación del modelo matemático de simulación de calidad QUAL2Kw. Fundación para el Saneamiento Ambiental de los Recursos Naturales – SANEAR. Contrato C 012-2010, ejecutado en 2010.
- Informe campaña de monitoreo sobre las estaciones de monitoreo establecidas sobre la Quebrada Manizales, por CORPOCALDAS realizado por la Fundación profesional para el manejo integral del agua – PROAGUA en el 2005.

- Operar la red de monitoreo de la calidad de agua en la subcuenca del río Chinchiná, Quebrada aguas claras – río 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. Fundación profesional para el manejo integral del agua – PROAGUA. Contrato 278 – 2012, ejecutado en 2012.
- 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. Celebrado entre ONG Servicios Ambientales de Caldas y Corpocaldas, Contrato 171 – 2014, ejecutado en 2015.
- 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. Celebrado entre ONG Servicios Ambientales de Caldas y Corpocaldas. Contrato 249 – 2016, ejecutado en 2017.

3.2 PLANEACIÓN DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO

La campaña de monitoreo debe estar basada en una recolección de datos precisos, fiables, imparciales, sistematizados y distribuidos estratégicamente en tiempo y espacio, con el fin de impulsar la generación de líneas base para el análisis de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

La definición de una línea de base de la calidad del agua de los recursos hídricos superficiales surge del monitoreo y es el paso inicial para definir su estado actual, y en consecuencia, su uso aceptable para diferentes fines (consumo humano, consumo animal, recreación, riego, industrial,) así como también para la protección de la biodiversidad asociada. El monitoreo periódico es de utilidad para evaluar variaciones en la calidad del recurso, y así de ser necesario, intervenir sobre las causas que lo estén afectando, de forma rápida y consistente con las cuestiones vinculadas a su solución.(Biodiversidad, 2014)

Toda actividad de monitoreo implica una recolección o toma de muestras de agua (basados en los instructivos y procedimientos establecidos por el IDEAM, referentes internacionales SM y Corpocaldas: LB-LA-DA-081 Instructivo para la toma y preservación de muestras, para el análisis fisicoquímico de calidad de aguas superficiales y residuales) en la que se tienen que contemplar una gran cantidad de variables para poder minimizar los riesgos y errores que puedan ocurrir estando en campo.

Muchas de estas variables están relacionadas con factores ambientales, tipo de análisis de las muestras, logística de recolección y equipos, entre otras. La planeación de las actividades de muestreo merece un análisis particular con el objetivo de optimizar los tiempos y los esfuerzos, a fin de lograr la obtención de muestras de alta calidad que puedan satisfacer los estándares analíticos y las expectativas del estudio.

3.2.1 Estrategias de planeación:

- Conformación y contratación del equipo de trabajo, compuesto por profesionales especializados, y técnicos certificados.
- Presentación al equipo de trabajo la información disponible en CORPOCALDAS, relacionada con los informes realizados de la Red de Monitoreo departamental del recurso hídrico.
- Revisión de la información disponible en CORPOCALDAS, relacionada con la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo, utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG), adicionalmente se contó con asesoría en manejo y calibración de los GPS. Se validaron las coordenadas de los puntos de monitoreo utilizando herramientas TIC'S, como el Google maps, Google Earth, y el convertidor de coordenadas Magna pro 3.
- Revisión de los tiempos establecidos en los estudios previos para llevar a cabo el monitoreo de las estaciones localizadas en la Quebrada Manizales, Tesorito, Cimitarra, Cristales y la Quebrada 2615-002-098-003; además de los principales tributarios que desembocan en estas,

con el apoyo de las fichas técnicas, para la ubicación y descripción de cada punto de monitoreo.

- Inventario de materiales (recipientes de toma de muestra, neveras para transporte de muestras) y equipos, disponibilidad de los mismos para la ejecución del cronograma de las jornadas de monitoreo.
- Revisión y calibración de los equipos disponibles para medición de parámetros en campo; molinete, mini molinete y multiparámetros, además de garantizar que los equipos cuentan con certificados de calibración con el fin de obtener información fiable y verídica.
- Elaboración de rótulos y rotulación de recipientes, actualización de formatos de toma de datos, cadenas de custodia y listas de chequeo, disponibilidad de reactivos para preservación de muestras, así como el hielo necesario para la preservación de las mismas.
- Preparación del equipo de protección personal (EPP) conformado por botiquín, gafas, guantes, tapabocas, fontanero, cuerdas, linternas, baterías, y herramientas que garanticen la seguridad del personal en campo.
- Revisión de parámetros fisicoquímicos a analizar en cada punto de muestreo, con el fin de solicitar los servicios del laboratorio de Corpocaldas, y laboratorios externos, para el análisis de muestras. Una vez identificados los parámetros a analizar, se realiza la contratación con laboratorios certificados por el IDEAM para realizar el análisis de muestras; en este caso se contrató al laboratorio Acuazul de la ciudad de Medellín para el análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ y la Demanda Química de Oxígeno DQO, de las muestras con valores de DBO₅ y DQO menores al límite de detección identificado en el laboratorio de Corpocaldas, y Chemilab en la ciudad de Bogotá para el análisis de Cromo Hexavalente Cr⁺⁶.
- Elaborar de un cronograma de ejecución de las jornadas de monitoreo. (anexo 1), por etapa. Para la programación se definieron zonas y rutas de recorrido, se verificaron los puntos de muestreo en Google Earth con la georreferenciación.
- Realizar una jornada de inducción al equipo de trabajo, en donde se resaltan los siguientes procedimientos: calibración y uso de equipos

para medición de parámetros en campo, toma de muestras y preservación de muestras, planeación y ejecución de jornadas de monitoreo, registro de datos y uso de formatos de toma de datos, uso de elementos de protección personal.

- Análisis de la información geográfica (Coordenadas y puntos a monitorear), con el objetivo de identificar las rutas de acceso a las estaciones, rutas de evacuación en caso de emergencia, identificar los posibles riesgo, dado que este tipo de ecosistemas y más el correspondiente a la Quebrada Manizales dentro de su dinámica, especialmente en la microcuenca media y baja ha presentado avenidas torrenciales e inundaciones, lo que conlleva a la perdida de secciones hidráulicas, generando procesos de socavación (desgaste subterráneo) de muros, movimientos en masa, acumulación de rocas, inundaciones y desbordamientos en tiempos de lluvias pasados.
- Revisión de la información contenida en informes de campañas anteriores, los registros fotográficos y las coordenadas de cada punto. Como aplicación de georreferenciación en campo se usó el visor de mapas google earth, en el cual se cargan las capas KML proporcionadas por el área de SIG de la Subdirección de Planificación Ambiental de Territorio de la Corporación.
- Tener en cuenta que durante la ejecución del trabajo en campo se deben tomar las medidas necesarias para el desarrollo de la actividad, como: el uso de los elementos de protección personal, protocolo para el manejo de reactivos y equipos en campo; seguimiento básico de estrategias de movilidad por ríos y laderas. Esto con el fin de minimizar los posibles riesgos en campo.

3.2.2 Ejecución jornada de monitoreo

Durante las jornadas de monitoreo, se deben llevar a cabo las siguientes actividades:

- Medición de la cantidad de agua: aforo de la fuente hídrica.
- Medición de la calidad del agua: medición de parámetros in situ (pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura del agua). Toma de

muestras (análisis fisicoquímicos: DBO₅, DQO, Coliformes totales y fecales, Oxígeno Disuelto, Grasas y Aceites, Alcalinidad Total , Fósforo Total , Dureza Total, Metales, Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal, Nitritos, Nitratos, Color Aparente, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales).

- Preservación de muestras: se sigue la metodología y protocolo para ejecución de toma de muestras y los análisis de laboratorio, establecida en las técnicas descritas en los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas Residuales de la AWWA - APHA edición 21, en las cuales se presenta la forma de toma de muestra, preservación y transporte de muestras al laboratorio y las técnicas de análisis de estas. Con el propósito de asegurar la mayor representatividad posible en los resultados obtenidos, se prestó especial atención respecto a la preservación de las muestras tomadas, así como a la medición de parámetros in-situ.

DBO₅, Alcalinidad, Sólidos Suspendidos Totales: Temperatura <6°C
DQO, Fósforo Total, Dureza Total, Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal: Ácido sulfúrico H₂SO₄, pH<2, Temperatura < 6 °C
Grasas y Aceites: Ácido Clorhídrico HCl, pH<2, Temperatura < 6 °C
Mercurio Hg y Plomo Pb: Ácido Nítrico HNO₃, Temperatura < 6 °C
Cromo Hexavalente Cr⁺⁶: Solución Buffer de Sulfato de Amonio (pH entre 9.3 – 9.7). Temperatura < 6 °C
Cianuro: Hidróxido de Sodio NaOH (pH > 12), temperatura < 6 °C

- Almacenamiento y transporte de muestras: Neveras de icopor, garantizar la temperatura de las muestras hasta la entrega en el laboratorio (Temperatura <6°C). La preservación de las muestras son realizadas al momento de su toma en campo; todos los envases son previamente rotulados con la información de cada punto, y se deja en blanco las casillas para la información que se obtiene en campo tal como el pH, temperatura y la hora de la toma de las muestras; de esta forma se asegura que al momento de entregar las muestras al

laboratorio no exista ningún tipo de confusión en el formato de cadena de custodia.

Todas las muestras de un mismo punto se trasportan en una nevera de icopor que las protege de la luz, especialmente cuando se sospecha que el agua está contaminada con organismos patógenos. Las muestras son refrigeradas con hielo garantizando una temperatura inferior a los 6°C; de igual manera se realiza el cierre hermético de las muestras evitando de esta manera que se mezcle con el agua del hielo. Las muestras deben ser colocadas en forma vertical intercalando los envases de vidrio con los de plástico, previniendo de esta manera que la fricción entre los vidrios ocasione la ruptura de alguno de ellos.

Entrega de las muestras al laboratorio de CORPOCALDAS y/o en caso que sea necesario a un laboratorio externo, realizar la entrega en la empresa transportadora para su posterior entrega dentro de los plazos establecidos para la realización de los análisis en los laboratorios externos, diligenciando la respectiva cadena de custodia. Las muestras son entregadas al laboratorio en un tiempo inferior a 24 horas después de su recolección y son entregadas por los mismos integrantes del grupo de muestreo, o enviadas a través de una empresa debidamente certificada en el servicio de encomiendas a nivel nacional.

3.2.3 Identificación de la zona de estudio Quebrada Manizales

El área del estudio es el espacio físico definido para poder llevar a cabo el monitoreo de calidad de agua. Este espacio puede ser amplio, cuando se pretende tener una aproximación general, o de menor tamaño para trabajar en escalas más pequeñas que permitan una mayor precisión de monitoreo específico. La definición del área de estudio está ligada a los objetivos que motivan el monitoreo y sentando los límites del mismo.

La Quebrada Manizales se encuentra localizada al sureste de la ciudad de Manizales. Nace en el noroeste del nevado del Ruiz en el Alto Colmillo a 3520 m.s.n.m. y desemboca en el río Chinchiná a los 1900 m.s.n.m., después de recorrer aproximadamente 11 kilómetros.

El presente estudio está generado con base a las características de la Quebrada Manizales, contemplando las variables características y estudios anteriores.

Figura 1. Localización Estaciones Quebrada Manizales.

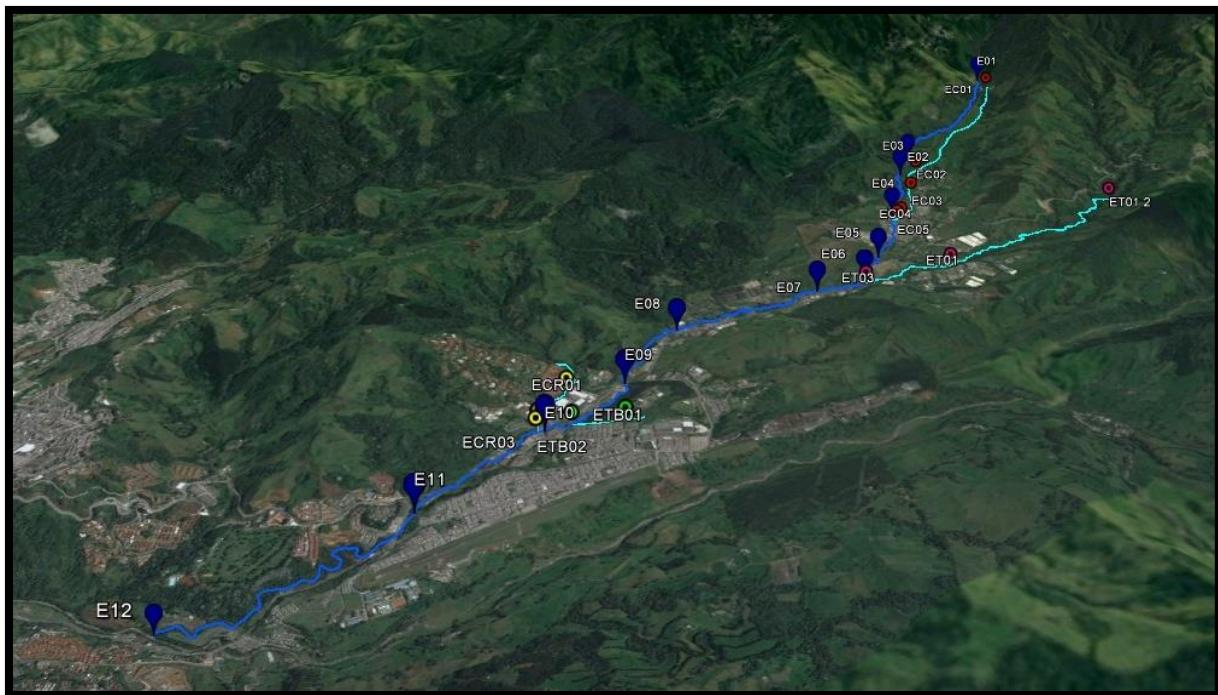
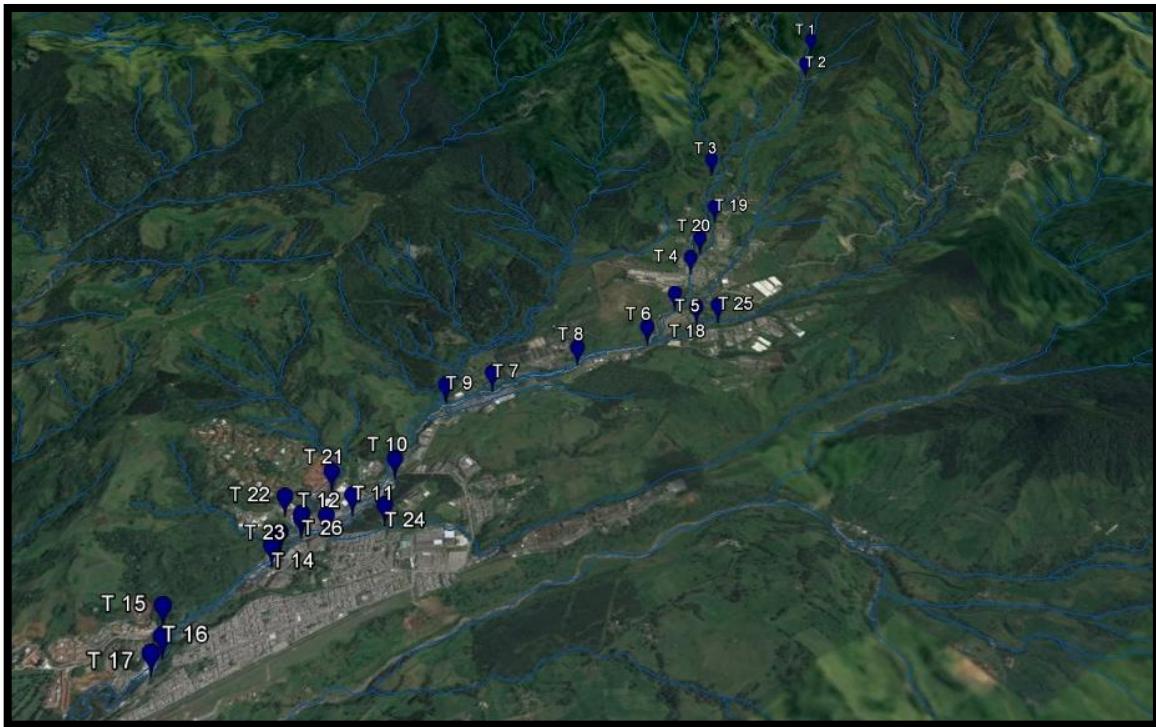


Figura 2. Tributarios Quebrada Manizales.



Fuente: Google Earth Pro

A continuación se relacionan las coordenadas Planas y su correspondiente conversión a Geográficas, la cual se realizó mediante el programa MAGNAPRO suministrado por CORPOCALDAS, para las 48 estaciones que conforman la Red de Monitoreo de la quebrada Manizales, con sus principales tributarios, quebrada Cristales, Tesorito, Cimitarra y 2615-098-003. En la tabla 1 se presentan las estaciones y tributarios que conforman la red de monitoreo de la quebrada Manizales.

Tabla 1. Red de Monitoreo Quebrada Manizales estaciones y tributarios

CUENCA	CÓDIGO	NOMBRE ESTACIÓN	COORDENADAS			
			X	Y	N	W
QUEBRADA MANIZALES	MAN E01	Blanco	1050131	852872	5 3 03.48	75 24 27.17
	MAN E02	Antes De Quebrada Chuscales	1049526	851277	5 2 43.70	75 25 18.90
	MAN E03	Antes Bocatoma Acueducto La Enea	1049385	851040	5 2 39.10	75 25 26.60
	MAN E04	Después Bocatoma Acueducto La Enea	1049012	850555	5 2 26.90	75 25 42.30
	MAN E05	Antes Quebrada Santa Rita	1048951	850034	5 2 15.12	75 25 59.19
	MAN E06	Antes Quebrada Tesorito	1048509	849755	5 2 10.51	75 26 08.24
	MAN E07	Antes ILC	1048613	849411	5 2 13.84	75 26 19.40
	MAN E08	Antes De Quebrada Guayabal	1048850	848395	5 2 21.50	75 26 52.40
	MAN E09	Puente Verdum	1048554	847755	5 2 11.83	75 27 13.14
	MAN E10	Antes Quebrada Cristales	1048458	847112	5 2 8.65	75 27 34.00
	MAN E11	Antes Descole La Enea	1048251	846159	5 2 1.86	75 28 4.91
	MAN E12	Antes Desembocadura Rio Chinchiná	1048243	844782	5 2 1.50	75 28 49.60
QUEBRADA CIMITARRA	MAN EC01	Blanco	1050038	852705	5 3 00.45	75 24 32.60
	MAN EC02	Antes De Descafecol	1049271	851294	5 2 35.39	75 25 18.31
	MAN EC03	Antes Bocatoma Acueducto La Enea	1049154	850919	5 2 31.55	75 25 30.50
	MAN EC04	Antes Descole Progel	1048937	850580	5 2 24.49	75 25 41.48
	MAN EC05	Antes Desembocadura Q. Manizales	1048931	850527	5 2 24.28	75 25 43.19
QUEBRADA A CRISTALES	MAN-ECR01	Antes Vertimiento Súper De Alimentos	1048711	847442	5 2 16.90	75 27 23.30
	MAN-ECR02	Antes Descole Ard	1048545	847129	5 2 11.47	75 27 33.45
	MAN-ECR03	Antes Desembocadura Q. Manizales	1048484	847073	5 2 9.49	75 27 35.26
QUEBRADA A TESORITO	MAN-ET01.2	Blanco Propuesto	1048076	851832	5 1 56.55	75 25 0.78
	MAN-ET01	Blanco	1048238	850310	5 2 1.70	75 25 50.20
	MAN-ET03	Antes Desembocadura Q. Manizales	1048472	849737	5 2 9.30	75 26 8.80
QUEBRADA 2615-002-098-003	MAN-ETB01	Antes Del Vertimiento Foodex (el vertimiento de la empresa Foodex, se realiza actualmente a la quebrada Manizales)	1048244	847541	5 2 1.17	75 27 20.70
	MAN-ETB02	Antes Desembocadura Q. Manizales	1048404	847265	5 2 6.90	75 27 29.02

CUENCA	CÓDIGO	NOMBRE ESTACIÓN	COORDENADAS			
			X	Y	N	W
TRIBUTARIOS QUEBRADA MANIZALES	T01	Vertimiento Mina La Cascada	1049299	850984	5 02 36.3	75 25 28.4
	T02	Vertimiento Mina La Coqueta	1049923	852616	5 02 56.71	75 24 35.46
	T03	Quebrada Chuscales	1049537	851235	5 02 44.05	75 25 20.28
	T04	Vertimiento Parque Ind. Malteria	1048816	850376	5 02 20.52	75 25 48.10
	T05	Quebrada Santa Rita	1048605	850042	5 02 13.63	75 25 58.91
	T06	Quebrada Universitaria	1048472	849683	5 02 9.28	75 26 10.57
	T07	Vertimiento Ptar IIC	1048789	848648	5 02 19.54	75 26 44.17
	T08	Vertimiento IIC	1048620	849211	5 02 14.06	75 26 25.89
	T09	Quebrada Guayabal	1048893	848356	5 02 22.88	75 26 53.66
	T10	Vertimiento Puente Verdum	1048539	847752	5 02 11.33	75 27 13.24
	T11	Vertimiento Súper De Alimentos 1 (Advance Supplier)	1048682	850127	5 02 16.15	75 25 55.88
	T12	Vertimiento Toptec 1	1048412	847207	5 02 7.17	75 27 30.91
	T13	Quebrada 2615-002-098-001	1048467	846938	5 02 8.92	75 27 39.63
	T14	Vertimiento Toptec 3 Lavandería	1048411	846854	5 02 7.09	75 27 42.37
	T14.1	Vertimiento Toptec 2 Industrial	1048411	846854	5 02 7.09	75 27 42.37
	T15	Quebrada Sin Nombre 2- Recibe Ard	1048395	846193	5 02 6.52	75 28 3.81
	T16	Descole Ard La Enea 1	1048214	846106	5 02 0.63	75 28 6.62
	T17	Descole Ard La Enea 2	1048148	846014	5 01 58.50	75 28 9.60
	T18	Vertimiento Surtipieles	1048512	849844	5 02 10.60	75 26 5.35
	T24	Vertimiento Foodex	1048389	847336	5 02 6.42	75 27 26.74
TRIBUTARIOS QUEBRADA CIMITARRA	T19	Vertimiento Ptar Descafecol	1049118	850882	5 02 30.40	75 25 31.70
	T20	Vertimiento Progel 4 Ptar	1048930	850568	5 02 24.26	75 25 41.87
TRIBUTARIOS QUEBRADA CRISTALES	T21	Vertimiento Súper De Alimentos 2 (ARnD)	1048688	847403	5 02 16.14	75 27 24.58
	T22	Vertimiento Súper De Alimentos 3 (ARD)	1048673	847381	5 02 15.67	75 27 25.30
TRIBUTARIOS QUEBRADA TESORITO	T25	Vertimiento Parque Ind. Juanchito	1048317	850171	5 02 4.27	75 25 54.72

4. CALIDAD DEL AGUA

Las actividades realizadas por el hombre introducen modificaciones en los flujos del ciclo natural del agua, contribuyendo a su degradación, y como consecuencia se presenta la pérdida de su calidad y la disminución del recurso disponible. El elevado poder de dilución, la capacidad termorreguladora y los procesos de óxido-reducción del agua son características naturales que ayudan a depurar de los residuos generados por la acción antrópica.

Las principales fuentes de contaminación de los cuerpos de agua superficial incluyen a las actividades agrícola-ganaderas, vertimientos industriales y residuos urbanos. Estas fuentes pueden clasificarse en puntuales y no puntuales. Una fuente puntual de contaminación de agua es única, identificable y localizada, su denominación se debe a que, en una modelación matemática, puede aproximarse a un punto para simplificar su análisis. Las fuentes no puntuales o difusas de contaminación del agua incluyen mayormente a escorrentías que transportan partículas, nutrientes y contaminantes desde áreas agrícolas y núcleos urbanos de considerables dimensiones hacia los cuerpos de agua superficial. Las aguas superficiales pueden recibir cantidades excesivas de nutrientes (nitrógeno y fósforo), por los vertidos urbanos e industriales y el arrastre de abonos agrícolas. El exceso de nutrientes provoca un crecimiento exponencial de algas unicelulares que consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar la vida acuática y hasta producir la muerte por asfixia de la fauna y flora. Por otra parte, el proceso se ve agravado ya que estas algas aumentan la turbidez del agua, interfiriendo en el ingreso de los rayos solares en profundidad.

La calidad del agua de los cuerpos superficiales se define a partir de sus características físicas, químicas y microbiológicas que se ven influenciadas por el propio ciclo del agua, las características del suelo, topografía del terreno y de las actividades antrópicas relacionadas a los mismos.(Biodiversidad, 2014)

4.1 PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DEL AGUA

La contaminación de las aguas tiene como origen diversas fuentes, entre las cuales se destacan(Ambiental, 2008):

- Cargas puntuales de origen doméstico e industrial;
- Cargas difusas de origen urbano y agrícola.

Los diferentes aportes hacen en la práctica inexcusable el análisis sistemático de todos los contaminantes que puedan estar presentes en las aguas superficiales. Por lo que se puede hacer uso de 50 variables de calidad de agua (físicas, químicas, hidrobiológicas, microbiológicas y ecotoxicológicas), considerando más representativas las siguientes:

- Variables Físicas: color, sólidos (disueltos, totales, suspendidos y volátiles), temperatura del agua y del aire, turbiedad.
- Variables Químicas: Aluminio, Bario, Cadmio, Carbono Orgánico Disuelto, Plomo, Cloruro, Cobre, Conductividad Específica, Cromo, Demanda Bioquímica De Oxígeno ($DBO_{5,20}$), Demanda Química De Oxígeno(DQO), Fenoles, Hierro, Fluoruro, Fósforo Total, Manganese, Mercurio, Níquel, Aceites Y Grasas, Ortofósfato Soluble, Oxígeno Disuelto, pH, Potasio, Potencial De Formación De Trihalometanos, Nitrógeno (Kjeldahl, Amoniacal, Nitrato Y Nitrito), Sodio, Sulfato, Surfactantes y Zinc.
- Variables microbiológicas: Coliformes termo-tolerantes.
- Variables Hidrobiológicas: Clorofila A, Fitoplancton Y Zooplancton.

Cuando la necesidad de estudios específicos de calidad de agua en determinados cuerpos de agua, con vistas a diagnósticos más detallados, otras variables pueden ser determinadas, tanto en función del uso y ocupación del suelo en la cuenca hidrográfica contribuyente, como por la ocurrencia de algún evento excepcional en el área en cuestión.(Ambiental, 2008)

- **Parámetros físicos.**

Caudal: Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, por un punto determinado de la corriente. Se determina por el producto del área transversal por la velocidad registrada. El régimen de caudales natural en un río, debe ser una curva creciente, pues la cantidad de agua transportada por un río está en constante aumento, al ser la sumatoria del agua aportada por la cuenca en forma de escorrentía, por el aporte del agua subterránea, las precipitaciones y los tributarios, con la intervención humana, las fuentes de agua tienden a tener un régimen de caudales alterado por la extracción de agua para su uso en diferentes actividades y por el aporte de aguas residuales que además, alteran la calidad del agua.

El caudal base de los ríos se debe a su intercambio con los acuíferos y es el que se presenta después de una larga temporada de verano, durante esta época, los contaminantes se sedimentan pues el flujo es suave. Cuando las precipitaciones aumentan, el nivel freático también y junto a la escorrentía, aumentan el volumen de agua que llega al cauce principal. Este aumento del caudal hace que aumente la velocidad y turbulencia del agua, resuspendiendo los contaminantes alojados en la zona bética y diluyendo los aportados por los vertimientos de aguas residuales. Por esto es importante que en el estudio de los parámetros de calidad del agua se determine el caudal que lleva el río al momento de tomar la muestra, pues permite analizar, interpretar y establecer relaciones con las características de calidad.

Temperatura: Es la medida de la cantidad de energía calórica en la materia. En los ríos es importante considerarla, porque de ella dependen la densidad del agua, la solubilidad de los gases en el agua, en las reacciones químicas que puedan ocurrir en la columna de agua y el sustrato y por su incidencia sobre procesos biológicos como los niveles trofodinámicos de la biota acuática, tasas metabólicas, conversiones alimenticias, procesos de maduración gonádica, estructura y distribución de las poblaciones, migraciones y procesos de degradación de materia orgánica (Vásquez, 2009).

Las variaciones de temperatura son parte del régimen climático normal y los cuerpos de agua naturales presentan variaciones estacionales y diurnas, así como estratificación vertical. La temperatura superficial es influenciada por factores tales como latitud, altitud, estación del año, período del día, tasa de flujo y profundidad.

La elevación de la temperatura en un cuerpo de agua generalmente es provocada por los residuos industriales y plantas termoeléctricas. La temperatura desempeña un papel crucial en el medio acuático, condicionando las influencias de una serie de variables físico-químicas. En general, a medida que la temperatura aumenta, de 0 a 30 ° C, viscosidad, tensión superficial, compresibilidad, calor específico, constante de ionización y calor latente de vaporización disminuyen, mientras que la conductividad térmica y la presión de vapor aumentarán. Los organismos acuáticos poseen límites de tolerancia térmica superior e inferior, temperaturas óptimas para el crecimiento, temperatura preferida en gradientes térmicos y limitaciones de temperatura para la migración, desove e incubación del huevo.(Ambiental, 2008)

La temperatura de un cuerpo de agua superficial condiciona la solubilidad del oxígeno disuelto. El incremento en la temperatura del agua limita la disponibilidad de oxígeno disuelto para la vida acuática. Además, la temperatura del agua regula diversas reacciones bioquímicas que influyen en su calidad.(Biodiversidad, 2014)

Color: El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. La expresión color se debe considerar que define el concepto de "color verdadero", esto es, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad, utilizado en nuestro estudio ya que el laboratorio de Corpocaldas actualmente no realiza dicha medición y debe ser filtrado para ejecutar el análisis. El término "color aparente" engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla. Esta contribución puede resultar importante en algunas aguas residuales industriales, casos en que

ambos colores deben ser determinados. El color puede determinarse por espectrofotometría o por comparación visual. Hay también compuestos inorgánicos capaces de causar color en el agua. Los principales son los óxidos de hierro y manganeso, que son abundantes en diversos tipos de suelo. Algunos otros metales presentes en efluentes industriales les confieren color, pero, en general, los iones disueltos poco o casi nada interfieren en el paso de la luz.(Ambiental, 2008).

Turbiedad: La turbidez de una muestra de agua es el grado de atenuación de intensidad que un haz de luz sufre al atravesarla (esta reducción se da por absorción y dispersión, ya que las partículas que provocan turbidez en las aguas son mayores que la longitud de onda de la luz blanca), debido a la presencia de sólidos en suspensión, tales como partículas inorgánicas (arena, sílice, arcilla) y detritos orgánicos, tales como algas y bacterias, plancton en general, etc.

La erosión de los márgenes de los ríos en estaciones lluviosas, que es intensificada por el mal uso del suelo, es un ejemplo de fenómeno que resulta en un aumento de la turbidez de las aguas. Las alcantarillas domésticas y diversos efluentes industriales también provocan elevaciones en la turbidez de las aguas. Un ejemplo típico de este hecho ocurre en consecuencia de las actividades de minería, donde los aumentos excesivos de turbidez han provocado la formación de grandes bancos de lodo en ríos y enmiendas en el ecosistema acuático. La alta turbidez reduce la fotosíntesis de vegetación enraizada sumergida y algas, el desarrollo reducido de plantas puede, a su vez, suprimir la productividad de peces.

Sólidos: los sólidos en las aguas corresponden a toda materia que permanece como residuo, después de la evaporación, el secado o la calcinación de la muestra a una temperatura preestablecida durante un tiempo fijado. En líneas generales, las operaciones de secado, calcinación y filtración son las que definen las diversas fracciones de sólidos presentes en el agua (sólidos totales, en suspensión, disueltos, fijos y volátiles).

Sólidos Totales (ST): Los sólidos totales en el agua son toda la materia que queda como residuo al someter la muestra de agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C. Entre los sólidos totales se encuentran los filtrables y suspendidos, en primer grupo se encuentran la materia sólida disuelta y coloidal, mientras que el segundo grupo se describe a continuación.

Sólidos Suspensidos Totales (SST): Constituidos por los sólidos sedimentables y no sedimentables, ya sea de naturaleza orgánica o mineral.

Los métodos empleados para la determinación de sólidos son gravimétricos (utilizando balanza analítica o de precisión). En los estudios de control de la contaminación de las aguas naturales, principalmente en los estudios de caracterización de aguas residuales sanitarias y de efluentes industriales, las determinaciones de los niveles de concentración de las distintas fracciones de sólidos resultan en un marco general de la distribución de las partículas con relación al tamaño (sólidos en suspensión y disueltos) y con relación a la naturaleza (fijos o minerales y volátiles u orgánicos). Este cuadro no es definitivo para entender el comportamiento de la agua en cuestión, pero se constituye en una información preliminar importante.

Para el recurso hídrico, los sólidos pueden causar daños a los peces y a la vida acuática. Ellos pueden sedimentarse en el lecho de los ríos destruyendo organismos que proporcionan alimentos o, también, dañan los lechos de desove de peces. Los sólidos pueden contener bacterias y residuos orgánicos en el fondo de los ríos, promoviendo descomposición anaerobia. (Ambiental, 2008)

Conductividad: La conductividad es la expresión numérica de la capacidad de un agua para conducir corriente eléctrica. Depende de las concentraciones iónicas y de la temperatura, e indica la cantidad de sales existentes en la columna de agua y, por lo tanto, representa una medida indirecta de la concentración de contaminantes. En general, niveles superiores a 100 µS / cm indican entornos impactados.

Las determinaciones de la conductividad eléctrica son útiles en estudios acuáticos, ya que proporcionan una medición directa de la materia iónica disuelta. Valores bajos de CE son característicos en aguas de alta calidad y bajo contenido de nutrientes. Los valores altos pueden ser indicativos de problemas de salinidad, aunque también se observan en los cursos de agua eutróficos con abundancia de nutrientes. Los valores muy altos son buenos indicadores de posibles sitios contaminados. Un cambio repentino en la conductividad eléctrica puede indicar una descarga directa u otra fuente de contaminación en el agua. Sin embargo, lecturas de conductividad eléctrica no proporcionan información específica sobre la composición iónica del agua. (Biodiversidad, 2014)

- **Parámetros químicos.**

Oxígeno Disuelto: Es la concentración de oxígeno gaseoso disuelto en el agua. Este elemento entra al agua por varios mecanismos como la difusión, en el contacto del agua con el aire y el aporte de las plantas acuáticas al hacer fotosíntesis. La concentración de oxígeno disuelto en el agua disminuye principalmente, al ser consumido por parte de los organismos vivos que lo necesitan para el desarrollo de sus funciones vitales y por el consumo de oxígeno en las reacciones de oxidación, que tienen lugar en el río. En los dos casos el consumo aumenta en la medida que aumenta la contaminación del cuerpo de agua, pues mientras aumente el número de microorganismos, mayor será su demanda de oxígeno y en la medida que el agua contenga más moléculas susceptibles de ser oxidadas (grasas, proteínas y hormonas entre otros), mayor será el consumo de oxígeno.

El oxígeno proveniente de la atmósfera se disuelve en las aguas naturales, debido a la diferencia de presión parcial. Este mecanismo se rige por la Ley de Henry. La tasa de reintroducción de oxígeno disuelto en aguas naturales a través de la superficie depende de las características hidráulicas y es proporcional a la velocidad, y la tasa de reactividad superficial en una cascada (caída de agua) es mayor que la de un río de velocidad normal, que a su vez presenta una tasa superior a la de una represa, con la velocidad normalmente bastante baja.

La determinación analítica se debe realizar de inmediato y en el lugar de la toma de muestra (*in situ*). El oxígeno disuelto puede ser expresado ya sea como una concentración (en mg/L), que es un valor absoluto, o como porcentaje de saturación, que es una expresión de la proporción de oxígeno disuelto en el agua en relación con la concentración máxima que puede disolverse a una temperatura, presión, y salinidad particular. (Biodiversidad, 2014)

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅): Este parámetro cuantifica el oxígeno que necesitan los microorganismos presentes en el agua para realizar los procesos de oxidación bioquímica o degradación de la materia orgánica. Al ser el resultado de la actividad biológica depende de la clase de microorganismos presentes, su cantidad y la temperatura del agua. Mientras mayor sea el contenido de materia orgánica, mayor será la concentración de DBO₅.

La DBO se considera normalmente como la cantidad de oxígeno consumido durante un determinado período de tiempo, a una temperatura de incubación específico. Un período de tiempo de 5 días a una temperatura de incubación de 20 ° C se utiliza con frecuencia y se conoce como DBO₅, 20.

Demandas Química de Oxígeno (DQO): Es la cantidad de oxígeno demandada por el agua para oxidar las sustancias orgánicas e inorgánicas que contiene. Mientras mayor sea esta concentración, mayor es la cantidad de sustancias oxidables en el agua.

Por consiguiente la DBO es parte de la DQO, así que cuando la diferencia entre las dos es muy grande la presencia de sustancias inorgánicas en el agua es mayor a la de sustancias orgánicas y mientras más cercanas sean las dos concentraciones, mayor será el contenido de sustancias orgánicas y organismos vivos en el agua, en comparación con los inorgánicos. Las demandas de DBO₅ y DQO son suplidas con el oxígeno disuelto presente en el agua, este se agota al ser usado como agente oxidante y su concentración tiende a aumentar nuevamente por la diferencia de

concentraciones que se crea entre el oxígeno del aire y el del agua, favoreciendo el proceso de autodepuración. Si la fuente de agua está tan contaminada como para consumir este oxígeno o recibe nuevas descargas, la concentración de OD no aumenta, la DBO y DQO se mantienen altas.

pH (Potencial de Hidrógeno): Es la concentración de iones hidrógeno presentes en el agua, se define como el opuesto del logaritmo en base 10 (o el logaritmo del inverso) de la actividad de los iones hidrógeno.

Influye en diversos equilibrios químicos que ocurren naturalmente o en los procesos unitarios de tratamiento de aguas, el pH es un parámetro importante en muchos estudios en campo. La influencia del pH sobre los ecosistemas acuáticos naturales se da directamente debido a sus efectos sobre la fisiología de las diversas especies. También el efecto indirecto es muy importante, pudiendo, en determinadas condiciones de pH, contribuir a la precipitación de elementos químicos tóxicos como metales pesados; otras condiciones pueden tener efectos sobre las solubilidades de nutrientes. De esta forma, las restricciones de rango de pH se establecen para las diversas clases de aguas naturales, los criterios de protección de la vida acuática fijan el pH entre 6 y 9.

En el análisis de calidad de aguas, se puede determinar su origen como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Valores de pH.

VALORES DE PH	ORIGEN
Inferiores a 4.5	acidez mineral, presencia de hierro, cobre, aluminio y azufre
Entre 4.5 y 6.25	incidencia del CO ₂ , de mayor a menor concentración respectivamente
Cercanos a 7.0	Sistema "buffer" (HCO ₃ ⁻²)
Entre 7.0 y 9.3	presencia de iones que determinan la alcalinidad (CO ₃ ⁻²)
Superiores a 9.3	presencia de bases fuertes (OH ⁻)

Fuente: de Boyd, 1992

Alcalinidad: Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Indica la presencia de iones bicarbonato y carbonato, su análisis es importante para determinar la capacidad de mantener procesos biológicos y una productividad sostenida y permanente. La mayoría de las aguas naturales y en especial, aquellas que poseen valores altos de alcalinidad total, resisten mejor los cambios drásticos de pH y, por consiguiente, son propicias para el desarrollo de la biota acuática (Boyd, 1992; Vásquez, 2012).

Dureza: Es la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes en el agua (calcio, estroncio y magnesio), en formas de carbonatos y bicarbonatos. La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua. Es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua. Se suele expresar como mg/L de CaCO₃.

Grasas y Aceites: Los glicéridos de ácidos líquidos a temperatura normal, son conocidos como aceites, mientras que los que se encuentran como sólidos a temperatura normal, son las grasas. Las aguas residuales suelen tener importantes cantidades cuando son de origen doméstico o de la industria de los alimentos, pues las grasas animales y los aceites son uno de los principales componentes de los alimentos. Estas moléculas orgánicas son degradadas por bacterias a moléculas más sencillas y estables como el CO₂.

y agua, pero si en la fuente encuentran presencia de sustancias alcalinas como el hidróxido de sodio, pueden reaccionar con el produciendo sales alcalinas, conocidas como jabón.

- **Aniones**

Cloruros (Cl⁻): Estos iones llegan al agua de los ríos naturalmente como residuo del metabolismo de la biota animal, vía excreción; también por la dilución de sales presentes en el suelo y las rocas. Se presentan como sales de sodio, potasio y calcio. Pero las actividades humanas también contribuyen con el aumento de la concentración de aniones cloruros, por el aporte de las aguas residuales industriales, domésticas y las procedentes de la irrigación (Metcalf, 2007).

Fosfatos (PO₄³⁻): Los fosfatos son la forma más común del fósforo en el agua, puede tener origen natural, pero cuando su concentración es elevada, suele estar relacionada con el aporte de fósforo que realizan las aguas residuales domésticas, por el uso de productos de limpieza y como subproductos de los agroquímicos que son esparcidos en las áreas de producción agrícola.

Cianuros (CN⁻): Esta molécula con carga negativa, producida por microorganismos, se puede encontrar en alimentos y plantas en muy bajas concentraciones. Cuando la concentración de cianuro es alta, este anión resulta tóxico para plantas y animales. En el agua de los ríos se encuentra por el aporte de aguas residuales principalmente industriales que la contienen.

Sulfatos (SO₄²⁻): Es la forma más común de azufre en el agua de los ríos y es indispensable como aporte de azufre de los procesos de biológicos que se desarrollan en la fauna acuática. Entre las principales fuentes de sulfatos están las lluvias ácidas y los vertimientos de la producción agroquímica.

• Nutrientes

Los nutrientes del ecosistema acuático están principalmente representados por el nitrógeno y el fósforo. La principal fuente de nitrógeno es el aire atmosférico y su importancia en el agua se fundamenta en que es el compuesto principal de las proteínas y, éstas a su vez, están constituidas por cadenas de aminoácidos que se estructuran sobre la base de un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH).

El nitrógeno puede estar presente en el agua en las siguientes formas: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amoníaco (NH_3), amonio (NH_4^+), óxido nitroso (N_3O^-), nitrógeno molecular (N_2), nitrógeno orgánico disuelto, péptidos, purinas, aminas, aminoácidos, nitrógeno orgánico particulado, bacterias, phytoplankton, zooplancton y detritus. De estas formas y con base en el ciclo del nitrógeno, son de gran importancia para el análisis de la calidad de agua; el amonio, los nitritos y nitratos, pues los dos primeros son también considerados como indicadores químicos de procesos de degradación de materia orgánica (Boyd, 1992; Hutchinson, 1975. Citados por Vásquez, 2009).

El fósforo aparece en aguas naturales, principalmente, por las descargas de alcantarillado sanitario, la materia orgánica fecal y los detergentes en polvo empleados, constituyen la principal fuente. Algunos efluentes industriales, como los de las industrias de fertilizantes, pesticidas, químicos en general, conservas alimenticias, sacrificios, frigoríficos y productos lácteos, presentan fósforo en cantidades excesivas. Las aguas drenadas en áreas agrícolas y urbanas también pueden provocar la presencia excesiva de fósforo en aguas naturales.

El fósforo puede presentarse en las aguas bajo tres formas diferentes. Los fosfatos orgánicos son la forma en que el fósforo compone moléculas orgánicas, como la de un detergente, por ejemplo. Los Ortofosfatos son representados por los radicales, que se combinan con cationes formando sales inorgánicas en las aguas y los polifosfatos, o fosfatos condensados, polímeros de Ortofosfatos, esta tercera forma no es muy importante en los estudios de control de calidad de las aguas, porque sufre hidrólisis, convirtiéndose rápidamente en Ortofosfatos en las aguas naturales.

Así como el nitrógeno, el fósforo se constituye en uno de los principales nutrientes para los procesos biológicos, es decir, es uno de los llamados macro-nutrientes, por ser exigido también en grandes cantidades por las células. En esta calidad, se convierte parámetro imprescindible en programas de caracterización de efluentes industriales que se pretende tratar por proceso biológico. Todavía por ser nutriente para procesos biológicos, el exceso de fósforo en alcantarillas sanitarias y efluentes industriales conduce a procesos de eutrofización de las aguas naturales.

- **Patógenos**

La biota acuática es tan amplia que se encuentra toda clase de organismos que podrían considerarse patógenos para los humanos, sin embargo se ha usado tradicionalmente la presencia de Coliformes totales y fecales como indicadores de riesgo microbiológico a la salud. El grupo Coliformes está comprendido por un gran número de especies de bacterias, de las cuales las Coliformes fecales son típicas de aguas residuales de origen doméstico, por lo cual son ampliamente usadas como indicador de la contaminación de un cuerpo de agua con materia de origen fecal.

- **Metales Pesados**

Son considerados metales pesados, los elementos metálicos de la tabla periódica, cuyo peso específico es mayor a 5 g/cm^3 , estos elementos suelen encontrarse de forma natural en las fuentes de agua, por el arrastre que realiza el agua de las partículas presentes en las rocas y el lecho del río, pero también llegan a los ríos por los vertimientos de aguas residuales de origen minero e industrial, donde se usan estos metales en actividades procesamiento y producción. Cuando las concentraciones de metales pesados exceden ciertos valores en el agua, pueden causar grave afectación a las comunidades acuáticas como humanas asociadas a ellas, pues muchos de los metales suelen introducirse en la cadena trófica, bioacumulándose hasta expresar su presencia por medio de enfermedades mutanogénicas. Entre los metales de mayor interés se encuentran el cromo, plomo, cianuro y mercurio.

4.1.1 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SOBRE LA QUEBRADA MANIZALES

Para el análisis de la calidad del agua sobre la quebrada Manizales, se analizan parámetros físicos, químicos y microbiológicos, considerando los efectos y variaciones que se puedan ocasionar sobre la fuente hídrica, con respecto a las condiciones de calidad y cantidad de vertimientos y tributarios caracterizados.

Los parámetros analizados se clasificaron y agruparon con el fin de que se pudieran establecer relaciones relevantes entre las condiciones de calidad. En la siguiente tabla se presenta el total de parámetros de calidad del agua analizados, así como el laboratorio en el cual se llevó a cabo la determinación de cada uno de estos:

Tabla 3. Parámetros físicos y Químicos analizados para la evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Manizales.

GRUPO DE PARÁMETROS	PARÁMETRO	LABORATORIO
FÍSICOS y QUÍMICOS	Caudal (Q)	In situ
	Temperatura (T)	
	Conductividad	
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN	Oxígeno Disuelto (OD)	In situ
	Demandा bioquímica de oxígeno total (DBO ₅)	Corpocaldas
	Demandा química de oxígeno total (DQO)	Acuazul-Chemilab
CAPACIDAD NEUTRALIZANTE	pH	In situ
	Alcalinidad	Corpocaldas
	Dureza	Corpocaldas
MATERIAL PARTICULADO Y DISUELTO	Sólidos Totales (ST)	Corpocaldas
	Sólidos Suspendidos Totales(SST)	Corpocaldas
	Turbiedad	Corpocaldas
ANIONES	Color	Corpocaldas
	Cloruros (Cl ⁻)	Corpocaldas
NUTRIENTES	Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	Corpocaldas
	Nitrógeno Total (NT)	Corpocaldas

	Nitratos (NO_3^-)	Corpocaldas
	Nitritos (NO_2^-)	Corpocaldas
	Fósforo Total (PT)	Corpocaldas
	Fósforo soluble	Corpocaldas
METALES PESADOS	Mercurio (Hg)	Corpocaldas
	Cromo hexavalente (Cr^{+6})	Chamilab
DETERGENTES	Detergentes	Corpocaldas
GRASAS Y ACEITES	Grasas y aceites	Corpocaldas
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Fecales (CF)	Corpocaldas
	Coliformes Totales (CT)	Corpocaldas

Nota: algunas muestras por sus características fisicoquímicas, deben ser enviadas a laboratorios externos. Los parámetros de DBO_5 y la DQO que no pueden ser analizados en el laboratorio de Corpocaldas, son enviados al laboratorio Acuazul Ltda., localizado en la ciudad de Medellín y las muestras de Cromo hexavalente se envían al laboratorio Chamilab en la ciudad de Bogotá. La selección de estos laboratorios encargados del análisis de la calidad del agua de las muestras tomadas, obedece a la necesidad de ofrecer la máxima representatividad de los resultados obtenidos durante la campaña, lo que requiere la mayor precisión posible en la obtención y reporte de los resultados de los análisis particulares de cada parámetro.

4.2 INDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN

Los índices de calidad (ICA) y contaminación (ICO) del recurso hídrico, son una herramienta que facilita la valoración de la calidad del agua, ya que un índice es un único número que expresa la calidad de la fuente, integrando los valores de ciertos parámetros en una expresión simple, cuyo resultado permite clasificar la condición de la fuente. La clasificación de los ICA va de excelente (100) a muy mala calidad (0) para el ICA CETESB, y de buena (1) a muy mala calidad (0) para el ICA IDEAM; de manera semejante, la clasificación para los ICO va de muy bajo nivel de contaminación (0) a muy alto nivel contaminación (1).

Para los análisis de la calidad del agua de la Quebrada Manizales, se usaron los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica, para calcular los índices de calidad (ICA CETESB e ICA IDEAM) y contaminación (ICOMO e ICOSUS). Estos se calcularon para cada una de las 25 estaciones de monitoreo establecidas sobre el cauce de la Quebrada Manizales y las 23 estaciones sobre el cauce de sus principales tributarios y vertimientos.

4.2.1 ICA CETESB

Descripción

Es una adaptación del ICA-NSF para ríos de condiciones tropicales, que fue realizada por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental de Brasil – CETESB (2002), la cual propuso una modificación al ICA multiplicativo de la NSF, ajustado a las condiciones específicas de los ríos del Estado de Sao Paulo. Dicha modificación consistió en el cambio de los parámetros Nitratos y Fosfatos por Nitrógeno Total y Fósforo Total respectivamente, manteniendo las mismas funciones de los subíndices y las ponderaciones específicas de cada parámetro establecido en el ICA-NSF. Adicionalmente el CETESB modificó la clasificación de la calidad del agua de los ríos de acuerdo con el valor del índice obtenido, considerando la destinación del recurso para el abastecimiento humano.

Este indicador de estado permite definir el estado de calidad de una corriente o de un tramo de ésta, aunque no permite evaluar todos los riesgos presentes en el agua asociados a las variables que no contempla en su cálculo. Resume en un vistazo las condiciones de la calidad del agua en un intervalo de tiempo específico, permite reconocer problemas de contaminación en un cuerpo de agua, además, permite evaluar cómo ha evolucionado la calidad del cuerpo de agua al realizar monitoreos con una cierta periodicidad. Es un indicador que puede ser fácilmente interpretado por todo tipo de público. Su calificación se realiza usando un rango que varía desde 0 a 100, de manera que el valor más bajo corresponde a una pésima calidad hasta un valor de excelente calidad. Valores bajos del ICA-CETESB, sugieren que existen fuentes de contaminación que causan la variabilidad de los parámetros usados para el análisis.

Metodología para el cálculo

Para determinar el valor del ICA-CETESB se utiliza la ecuación de cálculo del ICA multiplicativo, el cual se calcula multiplicando los subíndices (q_i) de cada parámetro, colocando los pesos (w_i) como exponentes en cada uno de ellos:

Ecuación 1. ICA CETESB

$$ICA\ CETESB = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Dónde:

i: Parámetros de calidad

q: Subíndices de cada parámetro

w: Peso asignado a cada variable o parámetro según su importancia

Las variables tenidas en cuenta según esta metodología de cálculo de índice de calidad son las que se muestran en la siguiente tabla, con su respectiva ponderación o peso asignado (w) según el método.

Tabla 2. Variables y ponderaciones para el cálculo del ICA-CETESB

VARIABLES Y PONDERACIONES PARA EL CALCULO DEL ICA-CETESB	
VARIABLE	PONDERACIÓN
Oxígeno Disuelto (OD) expresado en % Saturación	0,17
Coliformes Fecales (C.F.) expresado en UFC/100ML	0,15
pH	0,12
Demandia Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) expresada en mg/L	0,1
Nitrógeno Total (NT) expresado en mg/L	0,1
Fósforo Total (PT) expresado en mg/L	0,1
Temperatura expresada como la diferencia de entre la temperatura de la superficie y del seno de la corriente en °C	0,1
Turbiedad expresada en UNT	0,08
Sólidos Totales expresados en mg/L	0,08

El cálculo de los subíndices “q” se realizó mediante las ecuaciones ofrecidas por Marcos Von Sperling en el 2007.

Tabla 3. Cálculo de los Parámetros.

Parámetro	Forma de cálculo
Oxígeno Disuelto (Porcentaje de Saturación de OD)	<p>Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto:</p> $\% \text{ Saturación OD} = \frac{\text{OD}_{\text{campo}}}{\text{OD}_{\text{saturación}}} * 100$ <p>Donde:</p> <p>OD_{campo}: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/L)</p> <p>OD_{saturación}: Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/L), a la presión no estándar.</p> <p>El OD_{saturación} se determina a partir de la temperatura del agua y se corrige por la altitud del sitio de muestreo de la siguiente manera:</p> $\text{ODS} = e^{(-139.34411 + \frac{157570.1}{T+273.15} - \frac{66423080}{(T+273.15)^2} + \frac{12439000000}{(T+273.15)^3} - \frac{962194900000}{(T+273.15)^4})}$ $\text{OD}_{\text{saturación}} = \text{ODS} * \left(1 - 0.1148 * \frac{\text{Altitud(m.s.n.m)}}{1000}\right)$ <p>Donde: T: Temperatura del agua en °C Altitud: Altura en metros sobre el nivel del mar del sitio de muestreo.</p> <p>Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el subíndice para este parámetro se calcula así:</p> <p>Si % Saturación OD ≤ 140 entonces: $q=-0,000152529 * (\% \text{ Saturación OD})^3 + 0,02531 * (\% \text{ Saturación OD})^2 - 0,06278 * \% \text{ Saturación OD} + 6,09897$</p> <p>Si % Saturación OD > 140 entonces: q=47</p>
pH (Unidades)	<p>Si pH<2 entonces: q=2</p> <p>Si pH ≤ 4 entonces: q=0,398*(pH)^{2,317}</p> <p>Si pH ≤ 7 entonces: q=4,732*(pH)^{2-25,16*pH+34,92}</p> <p>Si pH ≤ 7,5 entonces: q=91</p> <p>Si pH ≤ 10 entonces: q=-32,5*pH+345,5</p> <p>Si pH ≤ 12 entonces: q=8</p> <p>Si pH ≥ 12 entonces: q=3</p>
Parámetro	Forma de cálculo
Sólidos totales (ST, mg/L)	<p>Si ST ≤ 90 entonces: q=90</p> <p>Si 90 < ST < 500 entonces: q=93,1833-0,0674*ST-0,000110606*ST²</p> <p>Si ST ≥ 500 entonces: q=32</p>
Nitrógeno total (mg N/L)	<p>Si NT ≤ 100 entonces: $q=-2,57714+63,43298*2,72^{(-NT / 33,769)}+41,0099*2,72^{(-NT / 5,89537)}$</p> <p>Si NT > 100 entonces: q=1</p>
Fósforo total (mg P/L)	<p>Si PT=0 entonces: q=100</p> <p>Si PT ≤ 10 entonces: $q=3,70941+37,29288*2,72^{(-PT / 3,27594)}+62,143*2,27^{(-PT / 0,5235)}$</p> <p>Si PT>10 entonces: q=1</p>
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	<p>Si DBO₅=0 entonces: q=100</p> <p>Si DBO₅ ≤ 30 entonces: $q=-0,14977+103,18358*2,72^{(-DBO_5 / 9,094443)}$</p> <p>Si DBO₅ >30 entonces: q=2</p>
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	<p>Si CF ≤ 100 entonces: q=101,8*CF^(-0,2)</p> <p>Si CF < 100000 entonces: q=218,5*CF^(-0,361)</p> <p>Si CF ≥ 100000 entonces: q=3</p>
Turbiedad (NTU)	<p>Si turbiedad =0 entonces: q=100</p> <p>Si turbiedad ≤ 100 entonces: $q=-4,97632+85,73879*2,72^{(-\text{turbiedad} / 77,03562)}+19,23923*2,72^{(-\text{turbiedad} / 7,02527)}$</p> <p>Si turbiedad > 100 entonces: q=5</p>
Diferencia temperatura (ΔT)	<p>Esta diferencia de temperatura expresa la desviación entre la temperatura del agua superficial y la temperatura del agua; se considera que esta variación no es significativa por lo cual se asume que ΔT=0 y se calcula el subíndice así:</p> $q=-0,0028*(\Delta T^4)+0,133*(\Delta T^3)-1,4286*(\Delta T^2)-3,1148*\Delta T+86,956$

Fuente: Marcos Von Sperling, 2007.

Una vez obtenidos los valores para los respectivos índices de calidad se procede a clasificar el cuerpo de agua en el tramo según el rango donde se encuentre, siendo identificado además con un color característico de cada clasificación, como se muestre en el cuadro:

Tabla 4. Índices de calidad ICA-CETESB

ESCALA INDICE DE CALIDAD ICA-CETESB	
Índice de Calidad	Clasificación
79 – 100	Excelente Calidad
51-79	Buena Calidad
36-51	Regular Calidad
19-36	Mala Calidad
0-19	Pésima Calidad

4.2.2 ICA IDEAM

Descripción

Para el caso específico del Indicador Calidad del Agua propuesto por el IDEAM, el índice que opera en corrientes superficiales, corresponde a una expresión numérica agregada y simplificada surgida de la sumatoria aritmética equiponderada de los valores que se obtienen al medir la concentración de cinco o seis variables fisicoquímicas básicas en las estaciones de monitoreo que hacen parte de la Red Básica de Monitoreo de Calidad de Agua y que evalúan la calidad del agua en las corrientes superficiales.

El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo **j** en el tiempo **t**.

Los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en tablas de interpretación permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala o muy mala) que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente). La comparación temporal de la calidad del agua calificada mediante las cinco categorías y colores simplifica la interpretación, la identificación de tendencias (deterioro, estabilidad o recuperación) y la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades.

El indicador se puede calcular con un diferente conjunto de variables medidas, cuya cantidad y tipo depende de la disponibilidad de datos, de las diferentes presiones contaminantes a las cuales están sometidos los diferentes cuerpos de agua y del tipo de cuerpo de agua. Para el caso colombiano, se ha medido desde 2005, en las corrientes superficiales, un conjunto de cinco variables, a saber: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH total. A partir de 2009, se ha tenido en cuenta además la relación entre nitrógeno total y fósforo total.

Metodología de cálculo

El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de seis variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

Ecuación 2. ICA IDEAM

$$ICA\ IDEAM = \sum_{i=1}^n W_i \cdot I_i$$

Dónde:

i: Parámetros de calidad

I: Subíndices de cada parámetro

W: Peso asignado a cada variable o parámetro según su importancia

Las variables tenidas en cuenta según esta metodología de cálculo de índice de calidad son las que se muestran en la siguiente tabla, con su respectiva ponderación o peso asignado (W) según el método.

Tabla 5. Variables y ponderaciones para el cálculo del ICA-IDEAM con 6 Variables.

VARIABLES Y PONDERACIONES PARA EL CALCULO DEL ICA-IDEAM CON 6 VARIABLES	
VARIABLE	APONDERACIÓN
Oxígeno Disuelto (OD) expresado en % de saturación	0,17
Sólidos Suspendidos Totales (SST) expresados en mg/L	0,17
Demandा Química de Oxígeno (DQO) expresada en mg/L	0,17
Relación Nitrógeno-Fósforo ($\frac{NT}{PT}$)	0,17
Conductividad Eléctrica (C.E.)expresada en $\mu\text{s}/\text{cm}$	0,17
pH	0,15

El cálculo de cada uno de los índices para cada parámetro se realiza según lo indica el Instituto de Estudios Ambientales IDEAM, en su documento “Formato Común Hoja Metodológica: Índice de Calidad del Agua en Corrientes Superficiales”.

A diferencia del índice de calidad calculado mediante la metodología establecida por el CETESB en la cual se obtienen valores entre 0 y 100, el ICA IDEAM presenta valores entre 0 y 1. La clasificación según los rangos de valores obtenidos se muestra en la tabla, así como el color que caracteriza cada clasificado.

Tabla 6. Escala índice de Calidad ICA-IDEAM.

ESCALA INDICE DE CALIDAD ICA-IDEAM	
Índice de Calidad	Clasificación
0,91 - 1,00	Buena
0,71 - 0,90	Aceptable
0,51 - 0,70	Regular
0,26 - 0,50	Mala
0,00 - 0,25	Muy Mala

4.2.3 ICOMO – Índice de Contaminación por Materia Orgánica

Descripción

Este indicador de estado evalúa las variables como oxígeno disuelto, DBO₅, y Coliformes totales y fecales; entre otras variables, cuya medición es menos frecuente como: materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfídrico, también pertenecen a este grupo. Se seleccionaron DBO₅ y Coliformes totales, ya que estas reflejan fuentes diversas de contaminación por materia orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del sistema ante este tipo de contaminación. Este indicador permite evaluar el estado de un cuerpo de agua en relación al grado de contaminación por materia orgánica. Permite evaluar cómo afectan las actividades y procesos específicos a un cuerpo de agua en relación al contenido de materia orgánica.

Este indicador es utilizado por el IDEAM y es de fácil interpretación para cualquier tipo de público.

El indicador permite inferir la presencia de ciertas fuentes de contaminación, en este caso, las que aumentan la cantidad de materia orgánica en las

fuentes hídricas, como el aporte de contaminantes orgánicos incluyendo la materia fecal.

El ICOMO es un índice de contaminación por mineralización, el cual permite evaluar el grado de contaminación por materia orgánica de una corriente o tramo de un cuerpo de agua por fuentes agroindustriales, mataderos, aguas residuales domésticas y otros. El rango varía desde 0 a 1, de manera que el valor más bajo corresponde a una contaminación más baja hasta un valor alto de muy alta contaminación. Valores altos del ICOMO, sugieren que existen fuentes de contaminación que causan la variabilidad de los parámetros usados para el análisis como lo son Oxígeno disuelto, DBO5, Coliformes fecales y totales.

Metodología de cálculo

El índice de contaminación por materia orgánica ICOMO requiere los siguientes parámetros:

- ✓ Oxígeno disuelto, expresado como % de saturación de OD.
- ✓ DBO₅ expresado en mg/L.
- ✓ Coliformes totales expresadas en UFC/100mL.

Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 3. ICOMO – Índice de Contaminación de Materia Orgánica

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO5} + I_{C.T.} + I_{OD})$$

Dónde:

$$I_{DBO5} = -0.05 + 0.70 * \log(DBO_5)$$

Sí DBO₅ > 30 mg/L, entonces $I_{DBO5} = 1$

Sí DBO₅ < 2 mg/L, entonces $I_{DBO5} = 0$

$$I_{C.T.} = -1.44 + 0.56 * \log(C.T.)$$

Sí Coliformes Totales > 20000UFC/100mL, entonces $I_{C.T.} = 1$

Sí Coliformes Totales <500UFC/100mL, entonces $I_{C.T.} = 0$

$$I_{OD} = 1 - 0.01 * \% \text{Saturación OD}$$

Sí % Saturación de OD > 100%, entonces $I_{OD} = 0$

De manera semejante a los índices de calidad, los índices de contaminación también presentan una clasificación según unos rangos de valores determinados, caracterizados con unos colores que alertan sobre el resultado, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7. Clasificación de ICOMO.

VALOR DEL ICO	VALOR DE LA CONTAMINACIÓN
0 – 0,20	Muy baja
0,20 – 0,40	Baja
0,40 – 0,60	Media
0,60 – 0,80	Alta
0,80 – 1,00	Muy Alta

5. EJECUCIÓN DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO RED DE MONITOREO QUEBRADA MANIZALES.

Información General

La Quebrada Manizales se localiza al Oriente de la ciudad de Manizales, su longitud es de aproximadamente 11 Km, cuenca hidrográfica con una extensión de 3400 hectáreas, abarcando el corregimiento de Rio Blanco y la comuna tesorito.

En su parte alta presenta su cobertura vegetal corresponde a bosque de conservación y reserva forestal; pero también hay evidencia de procesos de deforestación, desprotección y fragmentación de ecosistemas, debido a las actividades agrícolas y mineras que en esta parte de la cuenca. En la parte media y baja de la cuenca se centran actividades industriales, comerciales y de servicios antes de su desembocadura en el río Chinchiná en el sector del Bosque Popular el Prado.

Figura 3. Localización Quebrada Manizales



La principal fuente de contaminación que afecta la quebrada Manizales son los vertimientos industriales y domésticos que recibe, tanto de forma directa, como los aportados por sus principales afluentes, las quebradas Cristales, Cimitarra, Tesorito y la quebrada 2615-002-098-003.

5.1 ESTACIONES Y TRIBUTARIOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA MANIZALES

5.1.1 Estaciones de Monitoreo

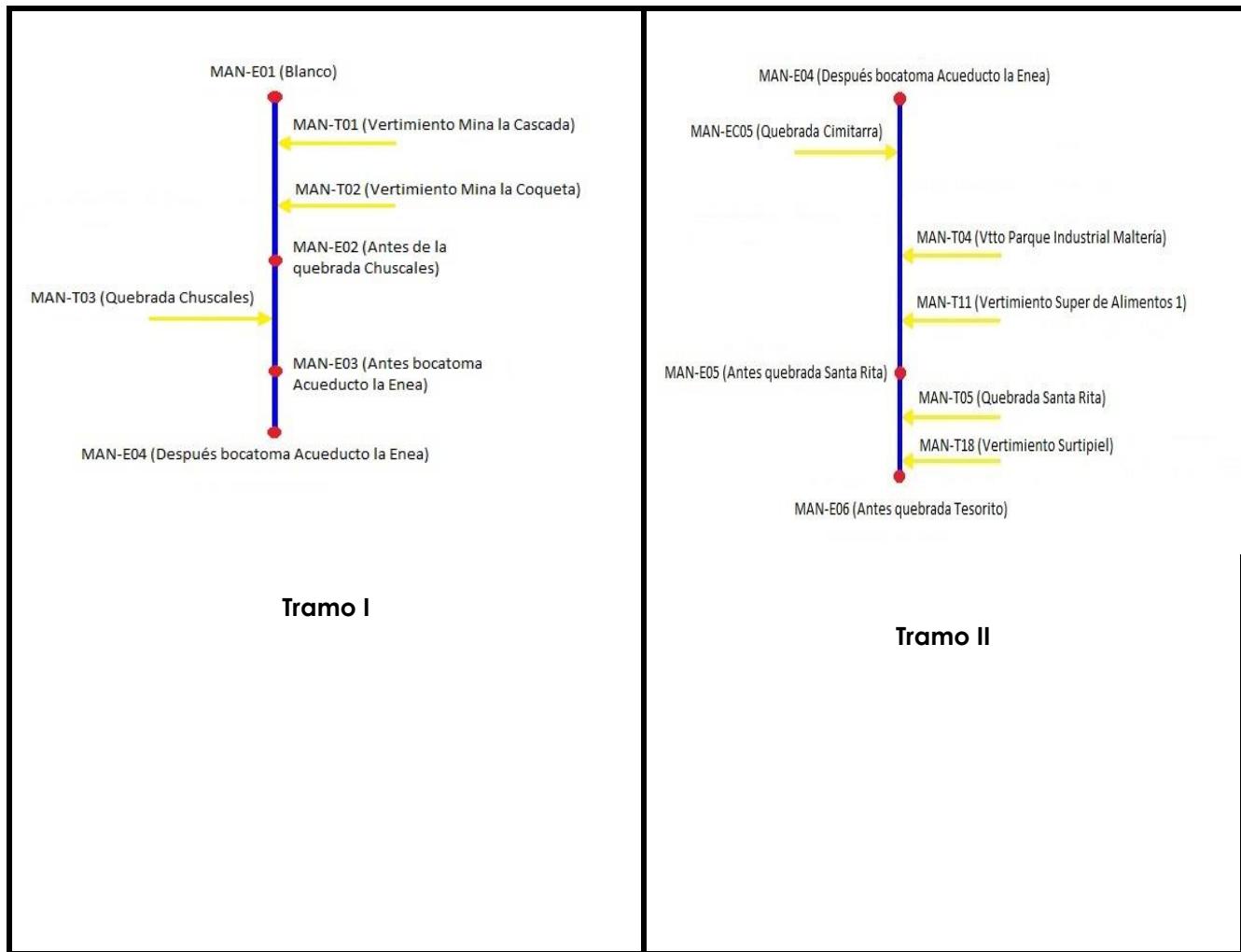
La red está conformada por 25 estaciones distribuidas de la siguiente manera 12 sobre la quebrada Manizales, 5 sobre la quebrada cimitarra, 3 sobre la quebrada Cristales, 3 sobre la quebrada tesorito y 2 sobre la quebrada 2615-002-098-003 (Tabla 1 Red de Monitoreo quebrada Manizales estaciones y tributarios).

Las fuentes monitoreadas son receptoras de vertimientos, afluentes que aportan condiciones físicas, químicas y biológicas a estos cuerpos de agua. Para esta red de monitoreo se le hace seguimiento a los principales tributarios en cada quebrada distribuidos de la siguiente manera:

- **Quebrada Manizales:** 11 tributarios de agua residual no doméstica, 6 tributarios corresponden a quebradas y 2 tributarios de aguas residuales domésticas.
- **Quebrada Cimitarra:** 2 tributarios de agua residual no doméstica.
- **Quebrada Cristales:** 2 tributarios de agua residual no doméstica.
- **Quebrada Tesorito:** 1 tributario de agua residual no doméstica, correspondiente al vertimiento del parque industrial Juanchito, teniendo en cuenta que anteriormente la empresa Surtipieles descargaba sobre esta fuente, sin embargo en la actualidad el tributario **T18**, se realiza sobre la quebrada Manizales.

Tabla 8. Estaciones sobre tributarios red quebrada Manizales.

FUENTE HIDRICA	TRIBUTARIOS
QUEBRADA MANIZALES	T1. Vertimiento mina la Cascada T2. Vertimiento mina la Coqueta T3. Quebrada Chuscales T4. Vertimiento Parque Industrial Malteria T5. Quebrada Santa Rita T6. Quebrada Universitaria T7. Vertimiento PTAR ILC T8. Vertimiento ILC T9. Quebrada Guayabal T10. Vertimiento Puente Verdum T11. Vertimiento Súper de Alimento 1 T12. Vertimiento Toptec 1 T13. Q. 2615 -002-098-001 T14. Vertimiento Toptec 3 Lavandería T14.1 Vertimiento Toptec 2 industrial T15. Q. sin nombre 2 – Recibe AR T16. Descole ARD La Enea 1 T17. Descole ARD La Enea 2 T18. Vertimiento Surtipieles Salvador Giraldo López T24. Vertimiento Foodex
QUEBRADA CIMITARRA	T19. Vertimiento PTAR Descafecol T20. Vertimiento Progel 4 PTAR
QUEBRADA CRISTALES	T21. Vertimiento Súper de Alimentos 2 T22. Vertimiento Súper de Alimento 3
QUEBRADA TESORITO	T25. Vertimiento Parque Industrial Juanchito



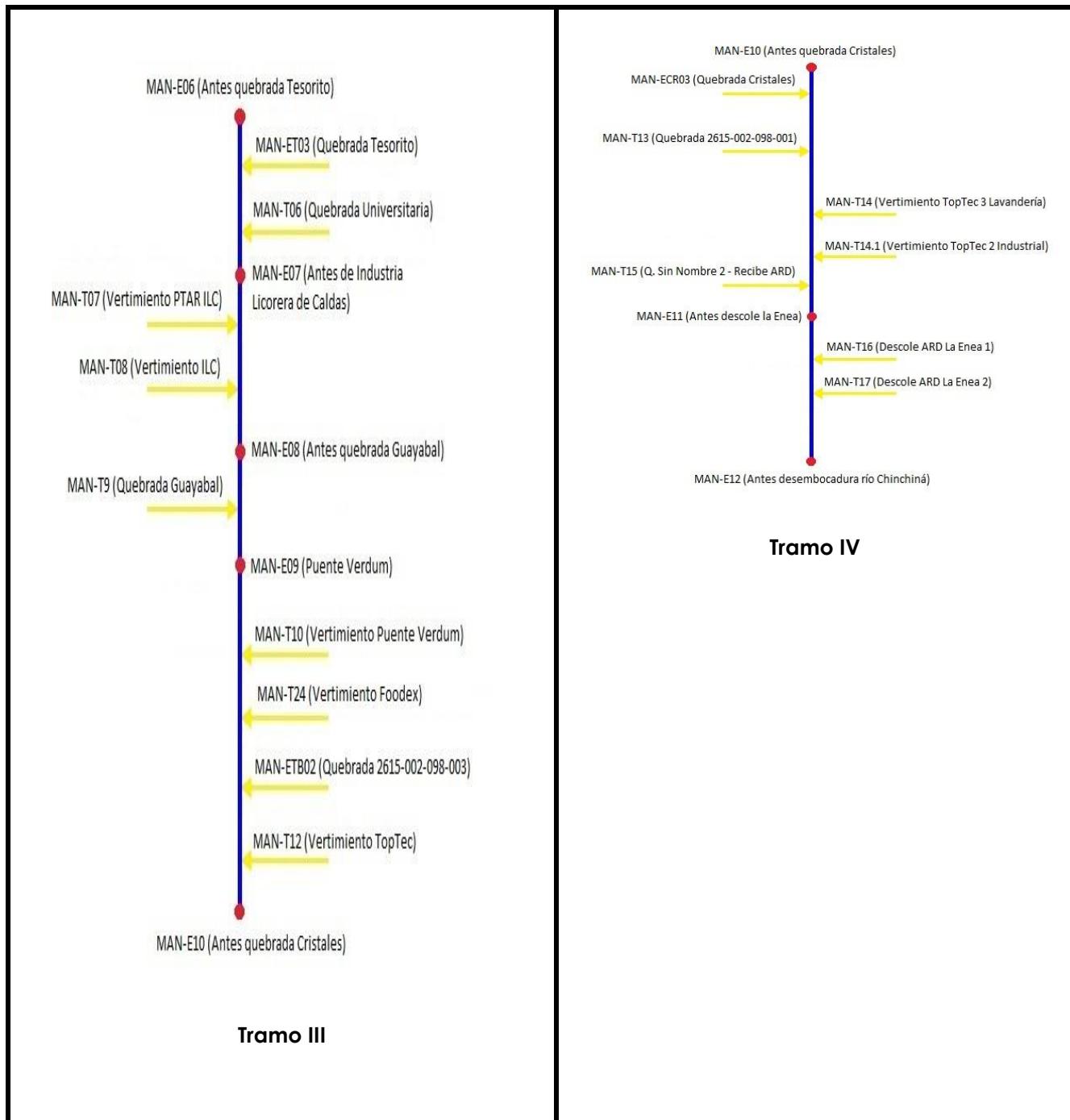


Figura 4. Tramos sobre la Quebrada Manizales

Las campañas de monitoreo se llevaron a cabo los días 4, 5, 6, 11, 12, 13, y 16 de Abril del presente año, durante estos días se realizó el aforo en la quebrada Manizales y sus tributarios, la toma de parámetros in situ y la recolección y preservación de muestras para el análisis de parámetros en laboratorio. (Anexo 1. Cronograma).

A continuación se presenta en la tabla el nombre de la estación, y fecha del muestreo.

Tabla 9. Fechas de monitoreo estaciones y tributarios quebrada Manizales

CÓDIGO	MONBRE	FECHA
MAN E01	Blanco Quebrada Manizales	
MAN T02	Vertimiento Mina la Coqueta	04/04/2018
MAN E02	Q. Manizales antes Q. Chuscales	
MAN E03	Q. Manizales antes bocatoma acueducto la Enea	
MAN E04	Q. Manizales después de la bocatoma del acueducto la Enea	
MAN E05	Q. Manizales antes Q. Santa Rita	05/04/2018
MAN E06	Q. Manizales antes Q. Tesorito	
MAN T03	Q. Chuscales antes de Q. Manizales	
MAN E07	Q. Manizales antes de la ILC	
MAN E09	Q. Manizales antes del Puente Verdum	
MAN E10	Q. Manizales ante Q. Cristales	
MAN E11	Q. Manizales ante descole La Enea	06/04/2018
MAN E12	Q. Manizales ante desembocadura Río Chinchiná	
MAN EC05	Q. Cimitarra antes desembocadura Q. Manizales	
MAN EC01	Blanco Q. Cimitarra	
MAN EC02	Q. Cimitarra antes de Descafecol	
MAN EC03	Q. Cimitarra antes del acueducto la Enea	
MAN EC04	Q. Cimitarra antes descole Progel	11/04/2018
MAN ET01.2	Q. Tesorito blanco propuesto	
MAN T20	Vertimiento Progel 4 PTAR	
MAN T25	Vertimiento parque Industrial Juanchito	
MAN E08	Q. Manizales antes Q. Guayabal	
MAN ECR01	Antes Vertimiento Súper de Alimento	
MAN ECR02	Antes descole ARD	
MAN ECR03	Antes desembocadura Q. Manizales	12/04/2018
MAN ET01	Q. tesorito Blanco	

MAN ET03	Q. Tesorito antes desembocadura Q, Manizales	
MAN ETB01	Antes vertimiento Foodex (vertimiento Foodex actualmente a quebrada Manizales)	
MAN-ETB02	Antes Desembocadura Quebrada Manizales	
MAN T11	Vertimiento Súper de alimento 1	
MAN T19	Vertimiento PTAR Descafecol	
MAN T21	Vertimiento Súper de Alimentos 2	
MAN T05	Q. Santa Rita	
MAN T06	Quebrada Universitaria	13/04/2018
MAN T18	Vertimiento Surtipieles	
MAN T22	Vertimiento Súper de Alimentos 3	
MAN T09	Quebrada Guayabal	
MAN T10	Vertimiento Puente Verдум	
MAN T12	Vertimiento Toptec 1	
MAN T13	Quebrada 2615-002-098-001	
MAN T14	Vertimiento Toptec 3 Lavandería	
MAN-14.1	Vertimiento Toptec 2 Industrial	16/04/2018
MAN T15	Quebrada Sin nombre 2 - recibe ARD	
MAN T16	Descole ARD La Enea 1	
MAN T17	Descole ARD La Enea 2	
MAN T24	Vertimiento Foodex	
MAN T07	Vertimiento PTAR ILC	24/07/2018
MAN T08	Vertimiento ILC	
MAN-T04	Vertimiento Parque Industrial Malatería	
MAN T01	Vertimiento Mina la Cascada	----

Nota:

*Se aclara que el vertimiento T-24 correspondiente a la empresa Foodex, se realiza actualmente a la Quebrada Manizales.

*El vertimiento de la PTAR ILC (ARD) se realizó en el mes de julio del 2018, debido a que en jornadas anteriores no se pudo tomar la muestra, no se incluye en los análisis de este informe porque no se cuenta con resultados a la fecha entregados por el laboratorio de CORPOCALDAS.

--- En los vertimientos MAN-T08, T04, T01, no se tomaron muestras, debido a que no se encontraron en funcionamiento en el momento de las jornadas de monitoreo realizadas.

*la empresa Surtipieles en el año 2018 no ha estado en funcionamiento, se tomó la muestra sobre el vertimiento existente el día de la jornada de monitoreo, vertimiento MAN T18 Surtipieles.

- **Actualización de coordenadas de localización de estaciones**

Durante el trabajo ejecutado, la revisión de la información documentada, el uso de las herramientas de información geográfica y las indicaciones de las personas que habitan o trabajan en las zonas, se verificaron y ajustaron las siguientes coordenadas de localización de las estaciones, las demás coordenadas correspondientes a las estaciones de la red siguieron igual.

A continuación se presentan los ajustes realizados:

Tabla 10. Coordenadas ajustadas

Código estación de monitoreo	Coordenadas Geográficas entregadas por CORPOCALDAS		Coordenadas Geográficas Obtenidas en el trabajo de campo		Distancia diferencia en Metros	Nombre Estaciones Quebrada Manizales
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud		
ESTACIONES QUEBRADA MANIZALES						
MAN-E01	5 3 3.48	75 24 27.17	5 3 04.97	75 24 28.01	50	Blanco
ESTACIONES QUEBRADA CIMITARRA						
MAN-EC01	5 2 58.01	75 24 24.58	5 3 00.45	75 24 32.60	258	Blanco
MAN-EC02	5 2 38.32	75 25 21.46	5 2 35.39	75 25 18.31	131	Antes de Descafecol
TRIBUTARIOS QUEBRADA MANIZALES						
MAN - T01	5 3 02.62	75 24 27.46	5 2 36.3	75 25 28.4	2100	Vertimiento Mina La Cascada
MAN - T21	5 2 15.74	75 27 28.37	5 2 15.67	75 27 25.30	95	Vertimiento Súper de alimentos 2
MAN - T24	5 2 2.06	75 27 21.23	5 2 6.42	75 27 26.74	215	Vertimiento Foodex

5.1.3 Acontecimientos encontrados

- El vertimiento de la mina la Cascada (MAN-T01), no se encontró en funcionamiento, se visitó repetidamente la estación y no se evidenció la presencia de este vertimiento. Cabe aclarar que en la primera visita, los trabajadores de la mina comunicaron que el vertimiento había sido trasladado aguas abajo después de la bocatoma del Acueducto la Enea, indicando la nueva localización en las coordenadas N 05 02 36.3 W 75 25 28.4 m.s.n.m. 2421.
- En día 28 de septiembre se visitó de nuevo el vertimiento de la mina la Cascada, en las coordenadas N 05 02 36.3 W 75 25 28.4 m.s.n.m. 2421, por recomendación de la Ingeniera Ana Lucía Rosero profesional especializado de la Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental, quien comunicó que el vertimientos ya se encontraba activo; una vez identificada la situación se realizó la visita al punto y se procedió con la toma de muestra sobre el vertimiento.
- Para el vertimiento de la Mina la Coqueta (MAN-T02), un trabajador manifestó que el vertimiento fue cambiado de lugar, sin embargo el realizar la jornada de monitoreo sobre la Quebrada Manizales, en las coordenadas N 05 02 56.71 W 75 24 35.46 se encontró que existe un vertimiento, no se verificó su origen, sin embargo se procedió a tomar las muestras del punto.
- Una vez realizada la visita a la empresa TOPTEC, se identificó que existen cuatro puntos de vertimiento dentro de la empresa, que se describen a continuación:
 1. Vertimiento Toptec 3 Lavandería (MAN-T14): en la visita se identificó que este vertimiento resulta de una mezcla de aguas residuales domésticas y aguas residuales no domésticas generadas en la empresa, estas llegan a una recamara donde se mezclan y se genera el vertimiento sobre la quebrada Manizales.

2. Vertimiento Toptec 1 (MAN - T12): en la visita se identificó que este punto no corresponde a un vertimiento generado por la empresa Toptec, según lo comunicado por la Ingeniera que atendió la visita. No obstante en esta jornada de monitoreo, no se verificó el origen del descole identificado en la jornada como (MAN-T12); sin embargo se tomó la muestra sobre este punto.
3. Vertimientos nuevos: en la visita se identificaron dos puntos de vertimientos adicionales sobre la quebrada Manizales, pertenecientes a la empresa Toptec, correspondientes a aguas residuales no domésticas generadas dentro de la empresa (aguas provenientes de los procesos de evaporación en el autoclave y aguas residuales no domésticas provenientes de otras actividades industriales). Estos dos vertimientos se encuentran localizados en el mismo sitio de descarga de MAN T-14. Se realizó la toma de muestras sobre uno de los vertimientos de aguas residuales no domésticas, ya que el vertimiento proveniente del autoclave, no se encontraba activo el en el momento de la visita. En este informe se registra el punto con el nombre de vertimiento Toptec 2 Industrial (MAN – T14.1).

Una vez se identificaron los puntos de vertimiento adicionales, se revisó el permiso de vertimientos otorgado por la empresa Toptec bajo la Resolución No. 2018-0552 del 16 de febrero. Se encontró que los puntos de vertimiento aprobados, son los siguientes:

“...Punto 1 Coordenadas vertimiento general previo tratamiento por separado de las aguas residuales domésticas (Gerencia, comedor, pintura, despachos, vestier y sistema de lodos activados) y no domésticas (Lavandería, pintura, producción de placas y mantenimiento de máquinas) X: 846510.49 Y: 1048775.71.

Punto 2. Coordenadas vertimiento del Sistema de tratamiento de ARD de portería X: 846492.51 Y: 1048739.35...”

Según lo anterior se observa que los puntos identificados en la visita realizada, no se encuentran registrados dentro del permiso de vertimientos otorgado por Corpocaldas, por lo tanto se pondrá en conocimiento de la Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental.

- Una vez realizada la visita al vertimiento de la empresa Descafecol denominado FOODEX (MAN-T24), se identificó que las coordenadas de localización del punto de descarga no estaban correctas, por lo tanto se realiza la corrección en este informe, coordenadas corregidas N 05 02 05.75 W 75 27 26.34; adicionalmente se menciona que el vertimiento actualmente se realiza sobre la quebrada Manizales y no sobre la quebrada 2615-002-098-003.

6. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA MANIZALES

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de la calidad y cantidad del agua, para cada una de las estaciones de monitoreo establecidas en la red quebrada Manizales y sus principales afluentes (quebradas Cimitarra, Tesorito, Cristales y 2615-002-098-003).

Se presentan los resultados de los parámetros medidos in situ, por parte del personal técnico y profesional encargado de la ejecución de la campaña, así como los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados en los diferentes laboratorios contratados para este propósito.

6.1 PARÁMETROS IN-SITU

En la campaña de monitoreo realizada sobre la microcuenca de la quebrada Manizales y sus principales afluentes se utilizaron equipos debidamente calibrados para realizar las mediciones de caudal y parámetros de campo: pH, temperatura y conductividad, y oxígeno disuelto. Los resultados obtenidos en la determinación de caudal y cada uno de estos parámetros se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 11. Parámetros in situ Estaciones Quebrada Manizales

RED DE MONITOREO QUEBRADA MANIZALES			Parámetros				
Código	Tipo	Nombre	Oxígeno Disuelto OD (mg/l)	pH	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m³/seg)
ESTACIONES QUEBRADA MANIZALES							
MAN-E01	Estación	Blanco	6,30	7,94	116,0	11,1	0,0824
MAN-E02	Estación	Antes de Quebrada Chuscales	6,10	7,93	130,2	11,8	0,2763
MAN-E03	Estación	Antes de Bocatoma Acueducto La Enea	6,20	7,96	128,1	12,8	0,3761
MAN-E04	Estación	Después de Bocatoma Acueducto La Enea	5,90	7,80	136,1	17,4	0,1997
MAN-E05	Estación	Antes de Quebrada Santa Rita	5,60	9,11	402,0	18,4	0,4472
MAN-E06	Estación	Antes de Quebrada Tesorito	5,69	9,08	377,0	20,8	0,6901
MAN-E07	Estación	Antes de ILC	6,74	7,85	178,2	13,5	1,2818
MAN-E08	Estación	Antes de Quebrada Guayabal	5,72	8,22	322,0	19,4	1,0323
MAN-E09	Estación	Puente Verдум	6,55	7,85	168,4	14,5	1,4480
MAN-E10	Estación	Antes de Quebrada Cristales	6,46	8,51	251,0	15,1	1,4668
MAN-E11	Estación	Antes Descole La Enea	6,33	7,95	300,0	16,7	1,4985
MAN-E12	Estación	Antes de la desembocadura Río Chinchiná	5,59	7,87	290,0	18,2	1,6196
ESTACIONES QUEBRADA CIMITARRA							
MAN-EC01	Estación	Blanco	6,30	7,56	53,9	11,0	0,0494
MAN-EC02	Estación	Antes de Descafecol	6,30	7,74	77,1	13,2	0,0420

MAN-EC03	Estación	Antes del Acueducto La Enea	6,70	7,90	86,3	13,9	0,1173
MAN-EC04	Estación	Antes descole Progel	6,00	7,71	98,1	15,2	0,1286
MAN-EC05	Estación	Antes desembocadura Quebrada Manizales	5,95	9,49	488,0	15,2	0,1833
ESTACIONES QUEBRADA CRISTALES							
MAN-ECR01	Estación	Antes vertimiento Súper de Alimentos	5,63	7,63	205,0	17,5	0,0446
MAN-ECR02	Estación	Antes descole ARD	4,97	7,32	236,0	18,3	0,0637
MAN-ECR03	Estación	Antes desembocadura Quebrada Manizales	5,33	7,30	257,0	18,2	0,0959
ESTACIONES QUEBRADA TESORITO							
MAN-ET01	Estación	Blanco	6,46	7,64	82,9	15,3	0,4147
MAN-ET01.2	Estación	Blanco Propuesto	6,20	7,65	60,6	12,4	0,0628
MAN-ET03	Estación	Antes desembocadura Quebrada Manizales	6,08	7,70	89,6	16,9	0,3263
ESTACIONES QUEBRADA 2615-002-098-003							
MAN-ETB01	Estación	Antes del antiguo vertimiento Foodex	5,20	7,93	258,0	18,0	0,0206
MAN-ETB02	Estación	Antes desembocadura Quebrada Manizales	5,25	8,04	269,0	18,0	0,0276

Tabla 12. Parámetros in situ Tributarios Quebrada Manizales

RED DE MONITOREO QUEBRADA MANIZALES			Parámetros				
Código	Tipo	Nombre	Oxígeno Disuelto OD (mg/l)	pH	Conductividad (μs/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m ³ /seg)
TRIBUTARIOS QUEBRADA MANIZALES							
MAN-T01	Tributario	Vertimiento Mina La Cascada	-	-	-	-	-
MAN-T02	Tributario	Vertimiento Mina La coqueta	6,10	7,98	218,0	13,9	0,0208
MAN-T03	Tributario	Quebrada Chuscales	6,00	8,16	132,5	12,4	0,0542
MAN-T04	Tributario	Vertimiento Parque Industrial Malteria	--	--	--	--	-
MAN-T05	Tributario	Quebrada Santa Rita	5,20	7,87	152,4	17,0	0,0429
MAN-T06	Tributario	Quebrada Universitaria	5,51	7,91	275,0	18,3	0,0165
MAN-T07	Tributario	Vertimiento PTAR ILC	-	-	-	-	-
MAN-T08	Tributario	Vertimiento ILC	-	-	-	-	-
MAN-T09	Tributario	Quebrada Guayabal	5,20	7,63	106,3	14,5	0,1622
MAN-T10	Tributario	Vertimiento Puente Verdum	5,00	7,08	346,0	19,0	0,0011
MAN-T11	Tributario	Vertimiento Súper de Alimentos 1 Advance Supplier	2,42	4,44	753,0	24,5	0,0040
MAN-T12	Tributario	Vertimiento Toptec 1	3,80	8,21	868,0	20,6	0,0030
MAN-T13	Tributario	Quebrada 2615-002-098-001	6,20	7,61	147,4	17,3	0,0057
MAN-T14	Tributario	Vertimiento Toptec 3 Lavandería	2,50	8,63	260,0	19,3	0,0021
MAN-T14.1	Tributario	Vertimiento Toptec 2 industrial	4,07	8,04	589,0	19,2	0,0002
MAN-T15	Tributario	Quebrada sin nombre 2-Recibe ARD	5,40	7,53	168,9	17,3	0,0055
MAN-T16	Tributario	Descole ARD La Enea 1	4,60	8,13	760,0	19,8	0,0883
MAN-T17	Tributario	Descole ARD La Enea 2	5,60	7,93	400,0	19,7	0,00006

MAN-T18	Tributario	Vertimientos Surtipieles	3,66	7,29	230,0	19,0	0,0025
MAN-T19	Tributario	Vertimiento PTAR Descafecol	3,50	7,49	267,0	32,7	0,0025
MAN-T20	Tributario	Vertimiento Progel 4 PTAR	4,20	2,69	394,0	21,8	0,1151
MAN-T21	Tributario	Vertimiento Súper de Alimentos 2	4,73	6,72	1302,0	18,7	0,0002
MAN-T22	Tributario	Vertimiento Súper de Alimentos 3	0,95	5,73	327,0	19,3	0,0017
MAN-T24	Tributario	Vertimiento Foodex	2,00	6,01	761,0	27,8	0,0020
MAN-T25	Tributario	Vertimiento Parque Industrial Juanchito	5,90	7,48	117,4	15,7	0,0007

6.1.1 Análisis parámetros in situ red de monitoreo

En este apartado se realiza el análisis de los parámetros in situ medidos en campo en cada una de las estaciones de la red Quebrada Manizales.

QUEBRADA MANIZALES

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
MAN E01. BLANCO	Se encuentra en la parte alta del recorrido de la masa de agua, unos 30 metros más arriba de la zona donde se localiza la mina la cascada.
MAN E02. ANTES DE LA QUEBRADA CHUSCALES	Se encuentra aproximadamente a unos 1740 m, aguas abajo de la estación E01. En esta estación la Quebrada Manizales ya ha recibido el vertimiento de la mina la cascada y la coqueta, la estación es aproximadamente unos 30 metro antes de unirse a la Quebrada Chuscales.
MAN E03. ANTES DE LA BOCHATOMA ACUEDUCTO LA ENEA	Se encuentra unos 30 metro más arriba de la bocatoma del acueducto de la Enea, en esta estación la Quebrada Chuscales ya ha desembocado en la Quebrada Manizales.
MAN E04. DESPUES DE LA BOCHATOMA ACUEDUCTO LA ENEA	Se ubica después de la bocatoma del acueducto la Enea, tiene como objetivo evaluar las condiciones de la Quebrada Manizales después de que el 88% de su caudal es captado para abastecer el acueducto de la Enea.
MAN E05. ANTES QUEBRADA SANTA RITA	Se ubica unos 30 metros antes de la desembocadura de la Quebrada Santa Rita; allí la Quebrada Manizales ya ha recibido a la Quebrada cimitarra fuente receptora de los vertimientos de Descafecol y Progel; y también el vertimiento del parque Industrial Malteria
MAN E06. ANTES QUEBRADA TESORITO	Se ubica unos 30 metros antes de la desembocadura de la Quebrada tesorito; en esta estación la Quebrada Manizales ya recibido a la Quebrada Santa Rita y el vertimiento de la empresa Surtipieles.
MAN E07. ANTES DE LA ILC	Se ubica antes del vertimiento de la Industria Licorera de Caldas. En este punto la Quebrada ha recibido las aguas de la Quebrada Tesorito y la Quebrada Universitaria.

MAN E08. ANTES QUEBRADA GUAYABAL	Se ubica antes de la desembocadura de la Quebrada guayabal, aquí la Quebrada Manizales ha recibido los vertimientos generados por la ILC.
MAN E09. PUENTE VERDUM	Se ubica bajo el puente Verdum que se localiza sobre la vía Panamericana, antes del desvío para el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Se han recibido hasta este punto todos tributarios anteriormente nombrados.
MAN E10. ANTES QUEBRADA CRISTALES	Se ubica unos 30 metros antes de la desembocadura de la Quebrada Cristales, en esta estación la Quebrada Manizales ha recibido el vertimiento del puente Verdum, Foodey y de Toptec 1; como también las aguas de la Quebrada 2615-002-098-003.
MAN E11. ANTES DESCOLE LA ENEA	Se ubica unos 30 metros antes de descole del barrio La Enea, diagonal a la estación de servicio de San Marcel ingresando por la acera del frente. En este punto la Quebrada Manizales ha recibido el vertimiento de Toptec (2 Industrial y 3 Lavandería) y las aguas de la Quebrada Cristales, la Quebrada 2615-002-098-001 y la Quebrada sin nombre 2 que recibe las ARD de los caseríos y fincas aledañas a la zona que cuentan con tanques sépticos como sistema de tratamiento de sus vertimientos.
MAN E12. ANTES DE DESEMBOLCAR AL RIO CHICHINÁ	Se ubica unos 30 metros antes de unirse con el río Chinchiná, se localiza por la pista de bicicrós del Bosque Popular el Prado. La Quebrada Manizales ha recibido antes de esta estación los descoles 1 y 2 del barrio La Enea.

A continuación se presenta una breve descripción de las industrias que entregan sus vertimientos a la quebrada Manizales.

Advance Logistics Supplier S.A.	
No. Expediente Corpocaldas	2907-8032-M1
Resolución Permiso de Vertimiento	No.2017-2682
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas- ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimiento Mixto
Vertimiento a	Quebrada Manizales
STAR	Planta de tratamiento de tipo fisicoquímico y biológico. Caudal autorizado ARD y ARnD 2,7 l/s

	Tratamiento mixto
Coordenadas de localización vertimiento	X:849557 Y:1048885
Plan de Optimización	No
Clasificación resolución No0.631 de 2015	ARnD Elaboración de productos alimenticios ARD Aguas residuales domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625 Kg DBO ₅ /día.

FOODEX S.A. DESCAFECOL S.A.	
No. Expediente Corpocaldas	2907-135
Resolución Permiso de Vertimiento	No. 781- 2106
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimiento Mixto
Vertimiento a	Quebrada Manizales
STAR	ARD - ARnD Sistema combinado compuesto de un tanque igualador, tamiz, unidad DAF, sedimentación y lecho de secado de lodos Tratamiento mixto
Coordenadas de localización vertimiento	X. 846866,673 Y: 1048710,237
Plan de Optimización	si, con el fin de dar cumplimiento a la resolución 631 de 2015
Clasificación resolución No0.631 de 2015	ARnD Elaboración de café soluble ARD Aguas residuales domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado cuerpos de aguas

	superficiales con una carga menor o igual a 625 Kg DBO ₅ /día.
--	---

SURTIPIELES SALVADOR GIRALDO	
No. Expediente Corpocaldas	2907-7770
Resolución Permiso de Vertimiento	No tiene permiso de vertimientos
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimiento independiente
Vertimiento a	Quebrada Manizales
STAR	El trámite se encuentra en espera de información después de visita. Según documentación entregada el 30 de enero de 2018 en Corpocaldas: ARnD Tanque de almacenamiento, y homogenización tratamiento biológico sistema MBBR (tratamiento biológico – biorreactor de lecho móvil fluidizado), filtración carbón activado, arena y sílice, lecho de secado
Coordinadas de localización vertimiento	ARnD X: 849844 Y:1048512
Plan de Optimización	Si, se han presentado modificaciones al STARD.
Clasificación resolución No 0631 de 2015	Elaboración de alimentos preparados para Animales

Tecnología en cubrimiento S.A. Toptec S.A.	
No. Expediente Corpocaldas	2907-156 R1
Resolución Permiso de Vertimiento	2018-0552
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimientos Mixtos e Independientes
Vertimiento a	Quebrada Manizales
STAR	ARD

	<p>Gerencia: Pozo séptico, Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente, humedal subsuperficial.</p> <p>Comedor: Trampa de grasas, pozo séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente, humedal subsuperficial.</p> <p>Pintura: Trampa de grasas, pozo séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.</p> <p>Despachos: Trampa de grasas, pozo séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente, humedal subsuperficial.</p> <p>Portería: Trampa de grasas, pozo séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.</p> <p>Vestier: Trampa de grasas, pozo séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente</p> <p>Salud ocupacional: Trampa de grasas, pozo séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente</p> <p>ARnD</p> <p>Lavandería: Trampa de grasas, trampa de sólidos.</p> <p>Pintura: recirculación, coagulación, decantación, filtros, lechos de secado, humedal subsuperficial.</p> <p>Producción de placas: adición de ácido fosfórico, homogenización, sedimentación, oxidación avanzada, humedal mixto, lechos de secado.</p> <p>Mantenimiento de máquinas: dos trampas de grasas y luego se conduce al STAR de la etapa de producción de placas.</p>
Coordinadas de localización vertimiento	ARD-ARnD X: 846510.49 Y: 1048775.71 ARD X: 846492.51 Y: 1048739.35
Plan de Optimización	si, con el fin de dar cumplimiento a la resolución 631 de 2015
Clasificación resolución No0.631 de 2015	ARD Aguas residuales domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625 Kg DBO ₅ /día

	ARnD Fabricación de artículos de Hormigón, Cemento y yeso
--	---

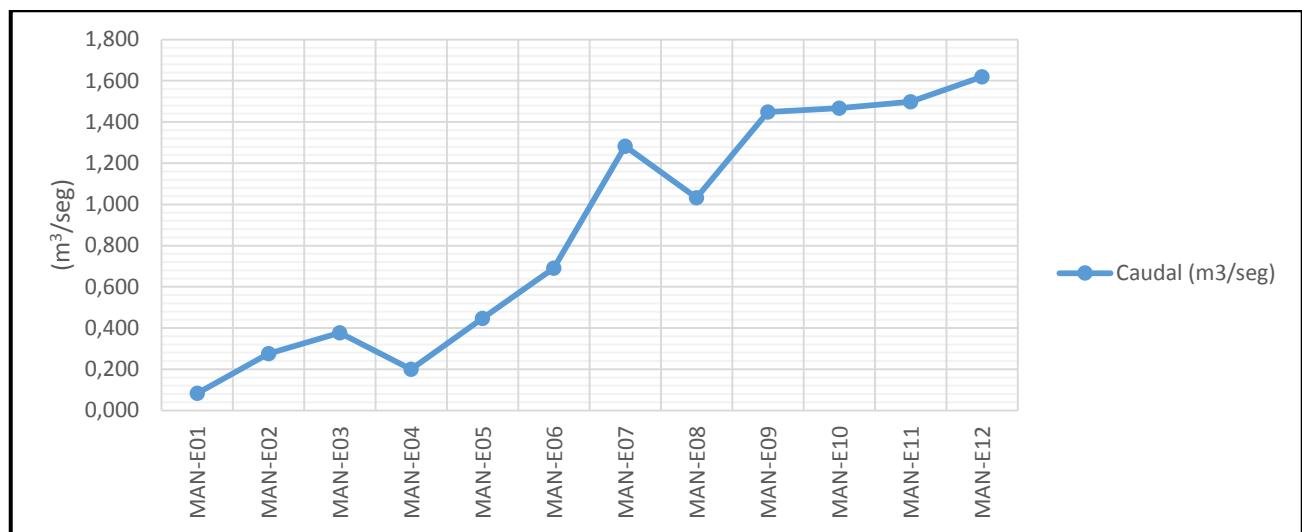
Mina la Coqueta	
No. Expediente Corpocaldas	Licencias ambientales No.483
Resolución Permiso de Vertimiento	Sin permiso de vertimientos Licencia ambiental No.338 del 3 de octubre del 2011
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimientos Independientes
Vertimiento a	Quebrada Manizales
STAR	ARnD Sedimentación – tanques desarenadores ARD sistemas sépticos (tanque séptico y filtro anaerobia)
Coordenadas de localización vertimiento	ARnD X: 852616.5 Y:1049923
Plan de Optimización	No
Clasificación resolución No0.631 de 2015	Extracción de oro y otros metales preciosos

Mina La Cascada	
No. Expediente Corpocaldas	Licencias ambientales No.617
Resolución Permiso de Vertimiento	Licencia Ambiental No. 4607 del 24 de noviembre de 1999
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimientos Independientes
Vertimiento a	Quebrada Manizales
STAR	ARnD Sedimentación – tanques desarenadores ARD sistemas sépticos (tanque séptico y filtro anaerobia)
Coordenadas de localización vertimiento	ARnD X:1049299 Y:850984
Plan de Optimización	No

Clasificación resolución No0.631 de 2015

Extracción de oro y otros metales preciosos

- **Caudal**



Gráfica 1. Comportamiento Caudal Quebrada Manizales

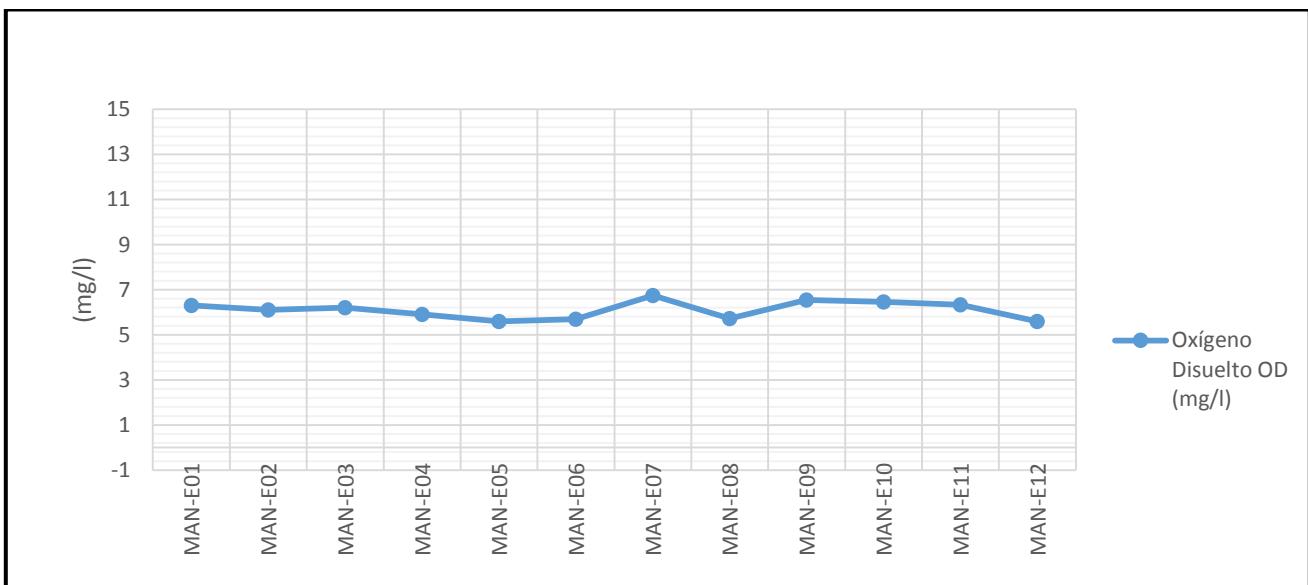
En la gráfica 1 puede observarse que el caudal de la quebrada Manizales tiene un comportamiento creciente desde la primera estación monitoreada MAN E01 hasta la última estación MAN E12, este comportamiento puede atribuirse causas antrópicas como el aporte de caudal que generan los tributarios (industrias – quebradas) sobre la misma y/o a caudas naturales como escorrentías o lluvias durante las mediciones.

En las estaciones MAN E03 (Antes bocatoma acueducto la Enea) y MAN E04 (Después de bocatoma acueducto la Enea), el acueducto la Enea tiene sus obras de captación y por lo tanto es de esperarse la disminución en el caudal, luego de esta estación la quebrada vuelve a tener una tendencia creciente hasta la estación MAN E07 (Antes ILC); en este punto hay una disminución del caudal, lo cual es un comportamiento atípico en este tramo, aunque vuelve a aumentar

en la estación MAN E09 (Puente Verдум), mostrando su pico más alto antes de desembocar al río Chinchiná en la estación MAN E012.

Es necesario tener presente que hay factores que interactúan de forma permanente y en este estudio no se analizan, como los son: ciclo hidrológico, balance hídrico, escorrentía superficial, rendimiento hídrico, régimen hidrológico, disponibilidad hídrica natural y caudal ambiental. Lo que puede dar un análisis más completo sobre el comportamiento de la cantidad del agua en la Quebrada Manizales.

- **Oxígeno Disuelto**



Gráfica 2. Comportamiento oxígeno disuelto Quebrada Manizales

En la gráfica 2 puede observarse que el oxígeno disuelto presenta valores que oscilan entre los 5.6 y 6.7 mg/l de O₂, en la mayoría estaciones monitoreadas sobre la Quebrada Manizales, no se evidencia una variación considerable en este parámetro, aunque su valor en la última estación es menor que el valor medido en la primera estación, donde no ha recibido aportes contaminantes.

En las estaciones ubicadas en el tramo inicial entre MAN E01 (Blanco) hasta MAN E04 (Después de bocatoma acueducto la Enea), se presentan valores similares de oxígeno disuelto. En la estación MAN E07 (Antes ILC), se presentó un aumento en la concentración del oxígeno disuelto, esto puede deberse a la incorporación de la quebrada Tesorito y quebrada Universitaria, que presentan buena calidad y ayudan a los procesos de reaireación y autodepuración, por otra parte en la estación MAN E08 (Antes Quebrada Guayabal) se observa una disminución del oxígeno disuelto, intentando su recuperación en las estaciones MAN E09 (puente Verdum), MAN E10 (Antes Quebrada Cristales) y MAN E11 (Antes descole la Enea), en la estación MAN E12 (Antes desembocar al río Chinchiná), se alcanza una concentración mínima de oxígeno disuelto con un valor de 5,59 mg/l.

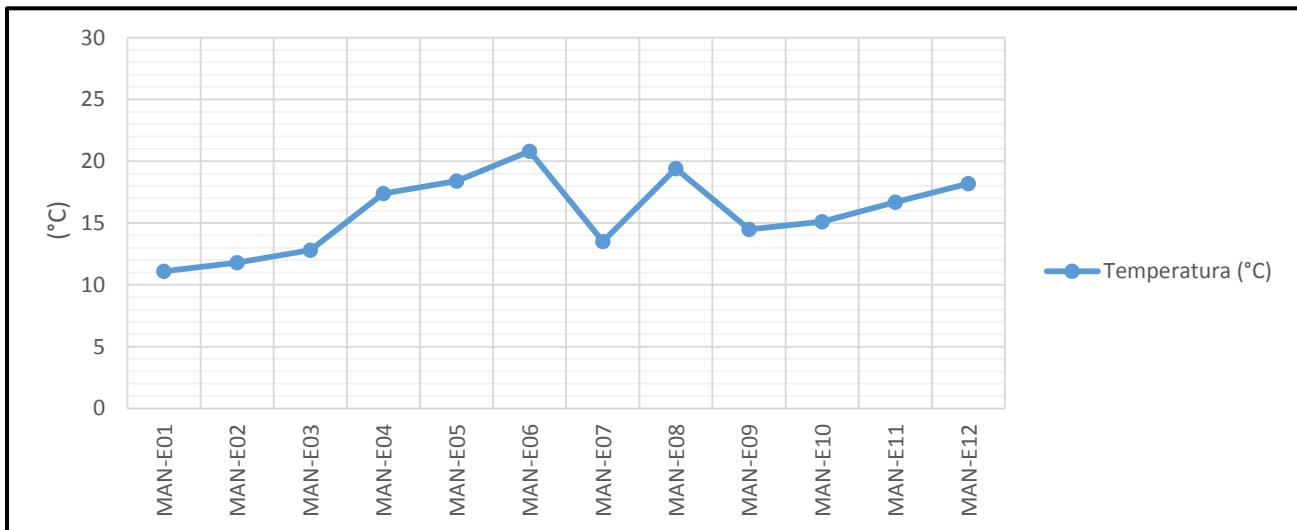
El comportamiento del oxígeno disuelto durante el recorrido de la Quebrada Manizales es casi constante, se ve afectado en el último tramo, donde la Quebrada Manizales ha recibido el aporte de materia orgánica e inorgánica de afluentes y tributarios, provenientes de las actividades humanas realizadas en la zona.

A pesar de la carga contaminante aportada por las actividades antrópicas realizadas en la zona, la Quebrada Manizales tiende a regular la concentración del oxígeno disuelto, y trata de recuperar su estado inicial, este proceso se ve favorecido por las características morfológicas e hidráulicas de la fuente, que permiten que ocurran procesos de autodepuración y dilución de contaminantes.

Otro parámetro importante para el análisis del comportamiento del oxígeno disuelto en la Quebrada Manizales, es la temperatura, se observó que en la primera estación la temperatura arrojo un valor de 11 °C y en la última estación un valor de 18 °C, este parámetro influye en la capacidad que tiene el cuerpo de agua de disolver el oxígeno, teniendo en cuenta que este es ligeramente soluble en el agua y su presencia en solución está determinada por la solubilidad, a diferentes condiciones de presión y temperatura; adicional a esto la concentración del oxígeno disuelto es

dependiente de factores como: re oxigenación, respiración animal y vegetal, demanda bética, demanda bioquímica.

- **Temperatura**



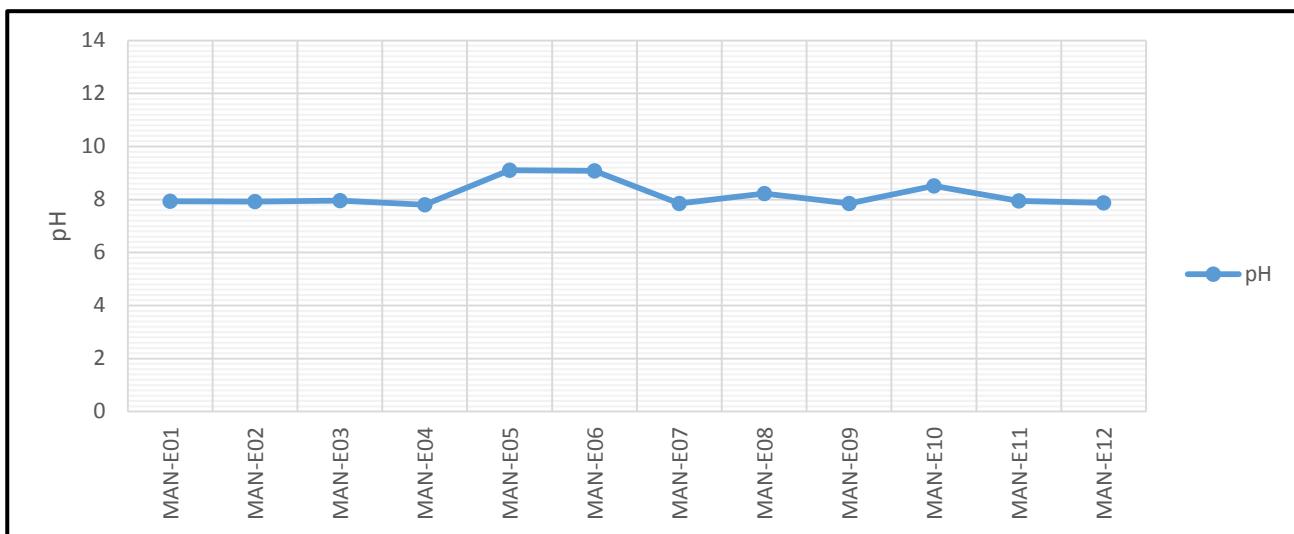
Gráfica 3. Comportamiento temperatura Quebrada Manizales

En la gráfica 3 se observa que la temperatura en la Quebrada Manizales tiene un comportamiento creciente a medida que recorre su cauce, hasta la estación MAN E06 (antes quebrada Tesorito), esto puede atribuirse a la variación de algunos factores, como: disminución de la altitud, aumento de la temperatura ambiente, disminución en la cobertura vegetal y el aporte de algunos vertimientos presentes en la zona; que favorecen reacciones fisicoquímicas exotérmicas y/o endotérmicas en la fuente, se debe tener en cuenta también la hora en la que se realiza la toma de muestra, debido a la variación de temperatura que se pueda presentar durante el día, esto afectará proporcionalmente la medición.

La temperatura es un parámetro de gran importancia, ya que las descargas de aguas a altas temperaturas pueden causar daños a la fauna y flora, incrementar el crecimiento de bacterias y otros

organismos. Adicional a esto la solubilidad del oxígeno en el agua se puede ver afectada por la temperatura.

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**



Gráfica 4. Comportamiento pH Quebrada Manizales

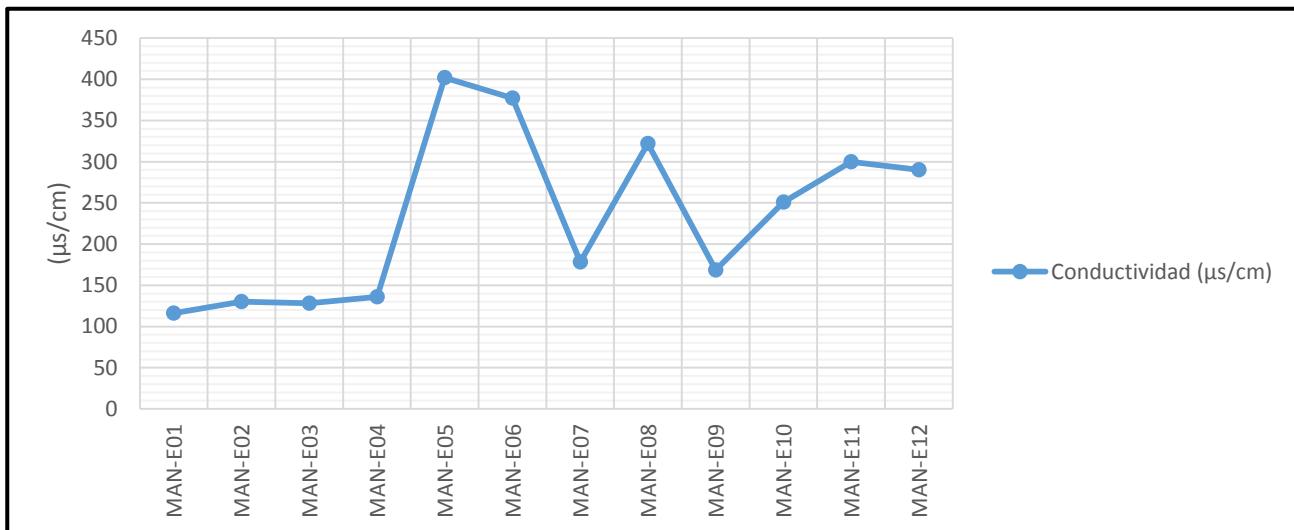
En la gráfica 4 se observa que en las primeras cuatro estaciones el valor del pH tiene un comportamiento constante en sus valores, con una pequeña disminución en la estación MAN E04 (Después de bocatoma acueducto la Enea), donde presenta un valor de 7,8.

Luego se observa que aunque el pH en las estaciones siguientes es estable presenta valores alcalinos saliéndose de lo esperado para corrientes superficiales, esto pudo deberse a la naturaleza de los vertimientos y tributarios en este tramo, donde ingresan la quebrada Cimitarra (ha recibido los vertimientos de la empresa Descafecol y la empresa Progel), el vertimiento Súper de Alimentos Advance Supplier, el vertimiento del Parque Industrial Malteria y los vertimientos domésticos incorporados a la quebrada Santa Rita, entre la estación MAN E05 (antes Quebrada Santa Rita) y MAN E06 (Antes Quebrada Tesorito) lo cual hace que se limite la capacidad para neutralizar

rápidamente los cambios de pH, este fenómeno se da debido a las concentraciones de iones carbonatos, bicarbonatos, hidroxilos y metales alcalinotérreos presentes en los tributarios que afectan la capacidad buffer de la fuente, modificando sus condiciones y alcanzo pH superiores a 8. Aunque en el recorrido y gracias al aporte de los demás tributarios logra estabilizarse aguas abajo aportando sus aguas al río Chinchiná con un pH de 7.87.

Este comportamiento representa la capacidad de depuración con la que cuenta la quebrada que pese a recibir diferentes vertimientos, no alteran de manera significativa y la corriente logra estabilizar su pH.

- **Conductividad**



Gráfica 5. Comportamiento conductividad Quebrada Manizales

En la gráfica 5 se observa que La conductividad en la quebrada Manizales presenta un valor de 116 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para la estación MAN E01 (Blanco), valor esperado para cuerpos de agua superficiales cristalinas, en la estación MAN E02 (Antes de la quebrada Chuscales) se puede apreciar un incremento hasta 130,2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ debido a la entrada del vertimiento líquido de la mina La Coqueta, en el cual se incorporan sólidos suspendidos, metales y minerales que favorecen a la conductividad eléctrica del agua.

Para la estación MAN E05 (Antes quebrada Santa Rita) se presenta una notable variación debido a que la conductividad aumenta hasta un valor pico de 402 $\mu\text{s}/\text{cm}$, comportamiento previsto, ya que en este punto la quebrada Manizales ya ha recibido las aguas de la quebrada Cimitarra que trae con ella los vertimientos de las industrias como Descafecol y Progel. Para la estación MAN E06 (Antes Quebrada Tesorito), se encuentra un valor elevado de conductividad, pero tiende a disminuir con un valor de 377 $\mu\text{s}/\text{cm}$, cabe resaltar que desde la estación MAN E04 hasta la estación MAN E06 se encuentran varios

vertimientos industriales, entre ellos el vertimiento del parque industrial Juanchito y el vertimiento de la empresa Surtipieles, por lo que es válido inferir que el incremento en la conductividad se debe principalmente a descargas industriales.

Luego se puede apreciar una notable disminución de la conductividad en la MAN E07, lo cual se debe principalmente al aporte de aguas que generan dilución, proveniente de la quebrada Tesorito y Guayabal las cuales presentan bajas afectaciones antrópicas que modifiquen sus condiciones y afecten considerablemente su calidad, lo cual ayuda a la depuración de contaminantes, la conductividad después de esta estación tendrá un comportamiento más estable con una disminución, debido al aporte de las aguas de la quebrada Chuscales y quebrada Cristales, finalmente se observa un leve incremento antes de desembocar al Río Chinchiná, debido a los descoches de aguas residuales domésticas del barrio La Enea.

Cabe resaltar que las posibles variaciones entre estaciones se pueden atribuir también a las condiciones climáticas en las que se realizaron las mediciones ya que en algunas se presentaron precipitaciones, lo cual favorece la escorrentía y el arrastre de material sólido, alterando las mediciones de este parámetro.

La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria la cual define la velocidad a la cual el carbono inorgánico se transforma en una forma orgánica mediante la actividad metabólica de los organismos portadores de clorofila (fitoplancton, algas etc.). La reacción básica de la fotosíntesis involucra la captación de carbono inorgánico y la liberación de oxígeno molecular contribuyendo así a la detección de fuentes de contaminación, y a la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno.

QUEBRADA CIMITARRA

Descripción: La quebrada Cimitarra nace en la parte alta cerca a la estación E01 de la quebrada Manizales, esta estación está en el área de influencia de las minas la cascada y la coqueta; y desemboca en la quebrada Manizales unos 140 metros después del descole de la empresa PROGEL. Sobre esta quebrada se evalúan los vertimientos de la PTAR de Descafecol y Progel.

Figura 5. Estaciones y tributarios Quebrada Cimitarra



Tabla 13. Estaciones y tributarios Quebrada Cimitarra

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
MAN EC01. BLANCO	Se encuentra en la parte alta de la cuenca de la Quebrada Manizales; se localiza entre la mina la cascada y la coqueta, en esta estación por ser un blanco la Quebrada no recibe aun vertimientos, ni siquiera los de las minas que se encuentran en su área de influencia directa.
MAN EC02. ANTES DE DESCAFCOL	Se encuentra antes de la empresa DESCAFECOL con el fin de evaluar la

	condición de calidad de la Quebrada antes de recibir las aguas residuales de la empresa en mención.
MAN EC03. ANTES DEL ACUEDUCTO LA ENEA	Se encuentra en la parte media de la cuenca después de la empresa Descafecol, pero antes del vertimiento de la PTAR de esta empresa.
MAN EC04. ANTES DEL DESCOLE DE PROGEL	Se encuentra 30 metros antes de recibir el vertimiento de la empresa Progel, en este punto ya ha recibido la descarga de la PTAR de Descafecol.
MAN EC05. ANTES DE LA DESEMBOCADURA A LA QUEBRADA MANIZALES	Se ubica unos 30 metros antes de desembocar a la Quebrada Manizales. En este punto la Quebrada Cimitarra ha recibido el vertimiento de la empresa PROGEL

En las siguientes tablas se realiza una pequeña descripción de las industrias que aportan sus vertimientos a la quebrada Cimitarra.

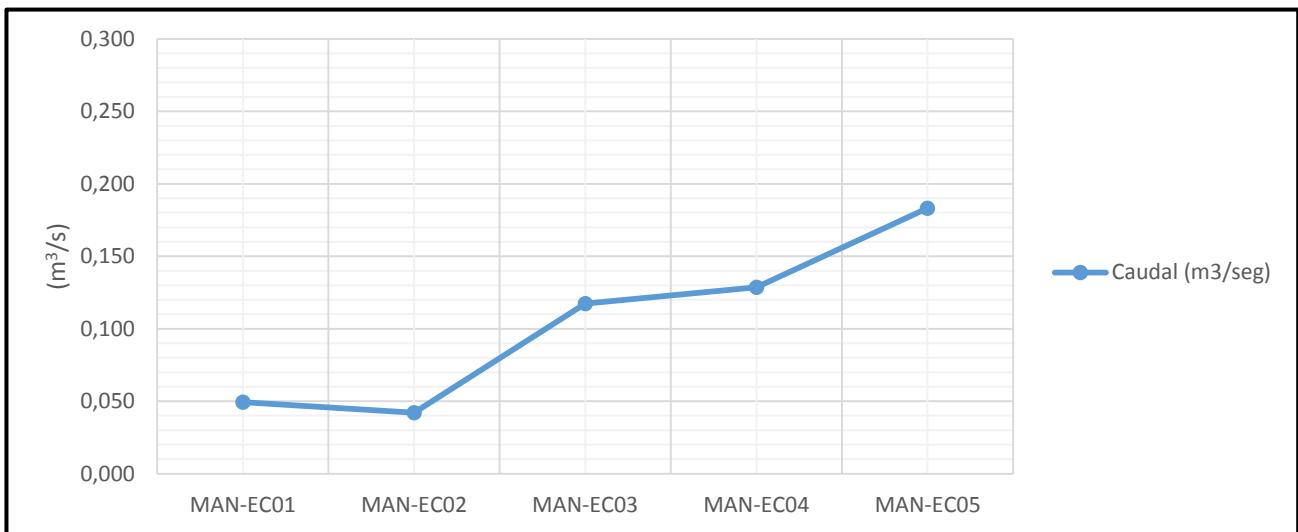
DESCAFECOL S.A.S.	
No. Expediente Corpocaldas	2907-1239-R1
Resolución Permiso de Vertimiento	No. 436-2015
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas- ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimientos Independientes
Vertimiento a	ARD- suelo ARnD- Quebrada Cimitarra
STAR	ARnD Columnas despojadoras, intercambiador térmico, neutralización (NaOH), filtro Anaerobio de Flujo Ascendente ARD Sistema séptico integrado, digestión- sedimentación-Filtro Anaerobio de flujo Ascendente

Coordenadas de localización vertimiento	ARD X:850644 Y:1049624 ARnD X: 850706 Y: 1049517
Plan de Optimización	si, con el fin de dar cumplimiento a la resolución 631 de 2015
Clasificación resolución No.631 de 2015	ARD Aguas residuales domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625 Kg DBO ₅ /día., ARnD Elaboración de café soluble.

PRODUCTORA DE GELATINA S.A.S. PROGEL.S.A.S.	
No. Expediente Corpocaldas	2907-136-R1
Resolución Permiso de Vertimiento	No.171 de 2015 (2018-1153)
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimientos Independientes
Vertimiento a	ARD-ARnD- Quebrada Cimitarra
STAR	ARnD Tanque de homogenización, cribado, Clarificador, Coagulación – Floculación, Flotación por aire disuelto DAF, tanque auxiliar de bombeo, almacenamiento de lodos, deshidratación y Decanter centrifugo. Propuesta de optimización: Tanque de aquietamiento, Reactores MBBR (reactor biológico de lecho móvil), reactores biológicos aireados. ARD Tanque séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
Coordenadas de localización vertimiento	ARD X: 850249 Y: 1049249 ARnD X: 850498.2 Y: 1049383.9
Plan de Optimización	si, con el fin de dar cumplimiento a la resolución 631 de 2015

Clasificación resolución No0.631 de 2015	ARnD Actividades productivas de agroindustria y Ganadería. Actividad: ganadería de Bovino, equino, Ovino y/o Caprino-Beneficio. ARD Aguas residuales domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625 Kg DBO ₅ /día.
---	---

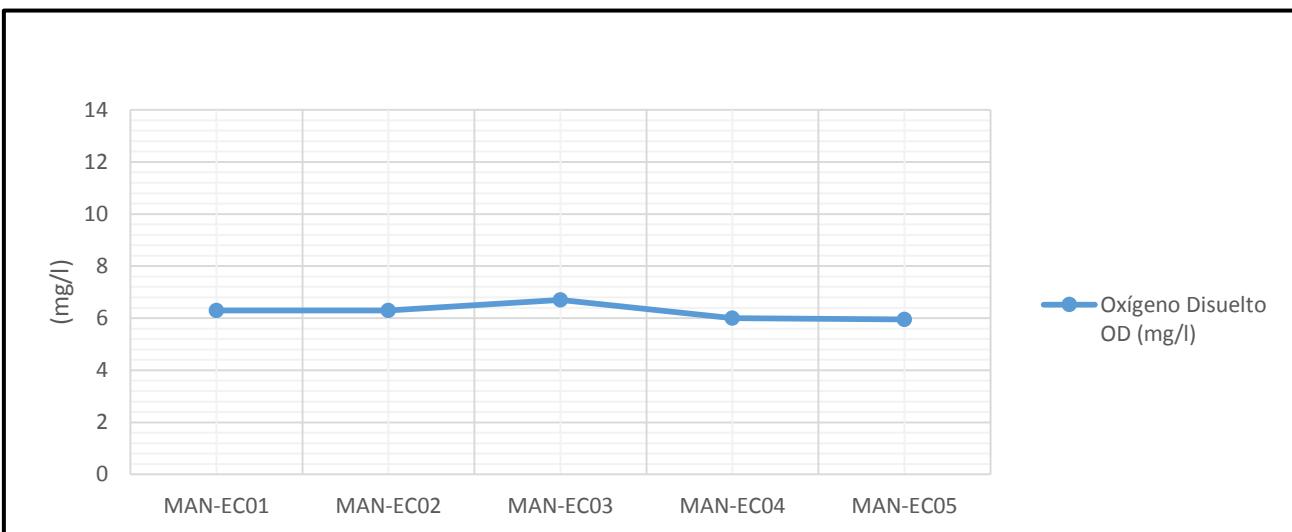
- Caudal



Gráfica 6. Comportamiento caudal Quebrada Cimitarra

En la gráfica se puede observar que el caudal presenta un comportamiento creciente a lo largo de la corriente. Se puede interpretar el aumento del caudal debido al aporte de caudal generado por la entrada de los vertimientos de las empresas Progel y Descafecol, o por causas naturales como escorrentías o lluvias presentadas durante las campañas de monitoreo

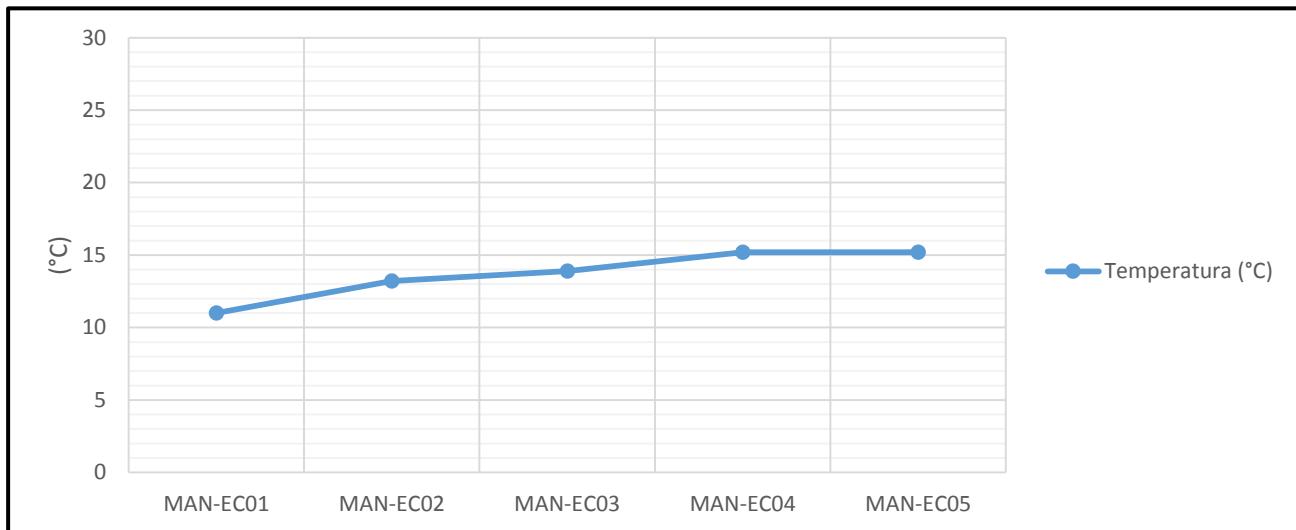
Oxígeno disuelto



Gráfica 7. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que la concentración de oxígeno disuelto en la quebrada Cimitarra, presenta un comportamiento decreciente, lo cual se debe principalmente a los aportes de carga orgánica e inorgánica de los vertimientos de las empresas Progel y Descafecol, aunque cabe resaltar que el aumento que presenta este parámetro entre las estaciones MAN EC02 y MAN EC03, se debe a que en este tramo no se presentan vertimientos, lo que permite que la corriente con ayuda de los procesos de reaireación y autodepuración trate de recuperar la concentración del oxígeno disuelto.

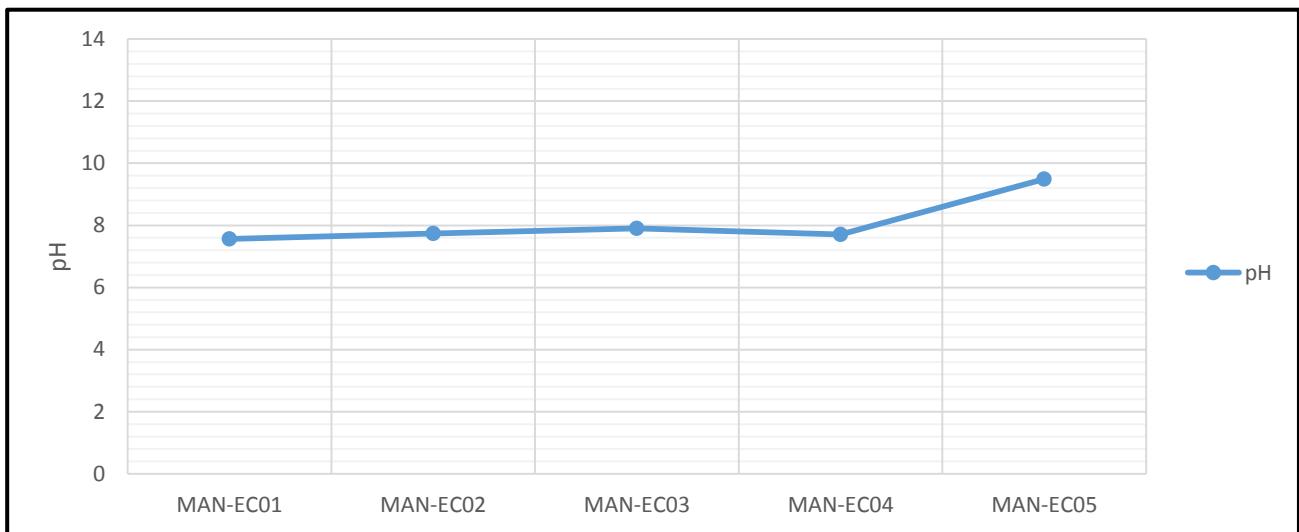
- **Temperatura**



Gráfica 8. Comportamiento Temperatura Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que el comportamiento de la temperatura sobre la quebrada Cimitarra, es de manera creciente, para la estación MAN EC04 se observa un aumento más pronunciado, debido a la entrada del vertimiento MAN T19 correspondiente a la empresa Descafecol, ya que la temperatura del vertimiento es superior a los 30 °C, lo que hace que su aumento se note considerablemente pero sin incumplir con lo estipulado en la resolución No.631 de 2015 que establece como límite máximo 40°C

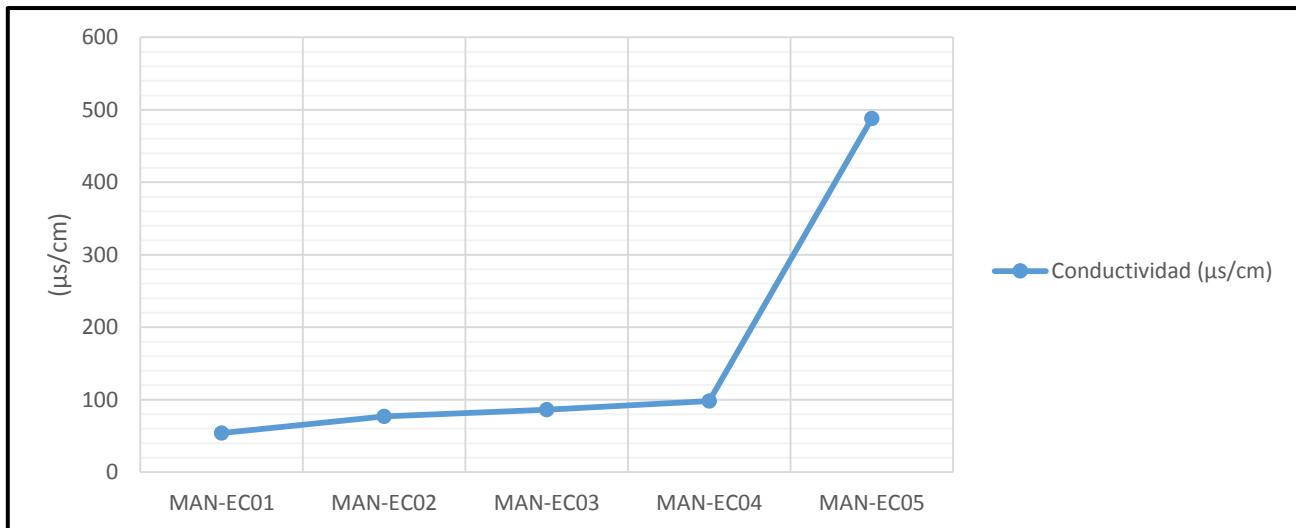
- **Potencial de hidrógeno**



Gráfica 9. Comportamiento pH Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que los valores de pH sobre la quebrada Cimitarra varían desde 7.0 hasta valores cercanos a 10 unidades de pH, los valores altos en esta Quebrada, se pueden atribuir a la entrada de vertimientos de tipo industrial como los de la empresa Progel que generalmente presenta valores de pH básicos. Esto se debe a que en su proceso de lavado de cuero, actividad de preparación, se deben utilizar soluciones ácidas y bases como parte de mejorar las condiciones de extracción del colágeno.

- **Conductividad**



Gráfica 10. Comportamiento Conductividad Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que la conductividad eléctrica sobre la quebrada Cimitarra tiene un comportamiento casi constante hasta la estación MAN EC04, con valores inferiores a los 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, después de esta estación el valor de la conductividad aumenta, esto puede atribuirse a la entrada de los vertimientos de las empresas Descafecol con una conductividad de 267 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y Progel con 394 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que causa un aumento en la conductividad sobre la fuente, llegando hasta un valor de 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación MAN EC05, esto debido a la gran carga de sólidos que aportan estos vertimientos, y a los valores altos de conductividad de los mismos.

QUEBRADA CRISTALES

La Quebrada Cristales nace aproximadamente a los 2368 m.s.n.m en la vereda Bellavista, atraviesa el costado izquierdo del Barrio la Alhambra, la parte posterior de la empresa Súper de Alimentos, el vivero el portal, la vía panamericana y un predio con varias viviendas donde se pule mármol.

Se identificó que de los cuatro tributarios que se monitorean, dos de estos ya no vierten en la Quebrada Cristales el T23 (vertimiento Viaducto dañado) y el T26 (vertimiento descole cerro La Alhambra) y no se encuentran activos; en la actualidad solo se encuentran activos el T21 y T22 correspondientes a vertimientos de la empresa Súper de Alimentos.

Figura 6. Estaciones y tributarios Quebrada Cristales

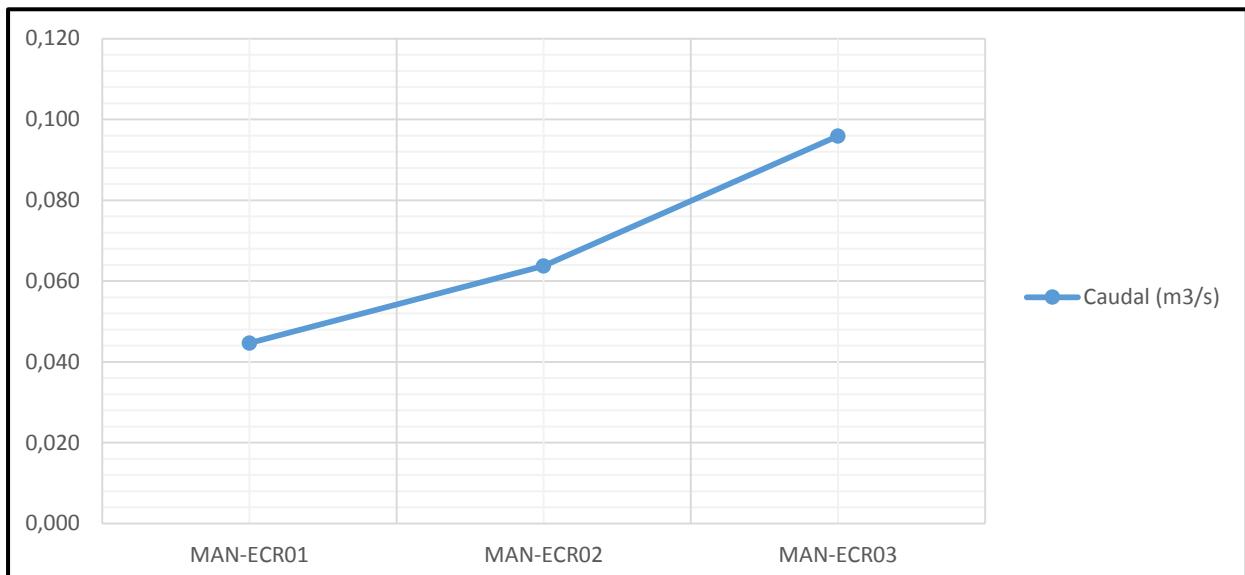


ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
MAN ECR01. ANTES VERTIMIENTO SUPER DE ALIMENTO	Se encuentra detrás de la empresa Súper de Alimentos y el punto de monitoreo esta antes del vertimiento de dicha empresa.
MAN ECR02. ANTES DESCOLE ARD	Se encuentra al costado izquierdo del barrio la Alhambra, en este punto la Quebrada Cristales ya ha recibido las aguas de los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos.
MAN ECR03. ANTES DESEMBOCADURA QUEBRADA MANIZALES	Se encuentra unos 30 metros antes de la desembocadura a la Quebrada Manizales

Súper de Alimentos S.A.	
No. Expediente Corpocaldas	2907-138
Resolución Permiso de Vertimiento	No.096 de 2015
Tipo de vertimiento	ARD Aguas residuales domésticas ARnD Aguas residuales no domésticas Vertimientos Independientes Caudal autorizado ARnD: 1,315 l/s ARD: 0.498 l/s
Vertimiento a	Quebrada Cristales
STAR	ARnD Cribado, DAF Flotación por aire disuelto, Coagulación y Floculación, Tanque de Bombeo, UASB, Aireación extendida, Clarificación. ARD Almacenamiento, aireación extendida, clarificación.
Coordenadas de localización vertimiento	ARnD X:847403 Y:1048688 ARD X:847381 Y:104867

Plan de Optimización	Plan de Reconversión y tecnología Limpias en gestión de vertimientos Resolución No. 513 de 2016
Clasificación resolución No 0631 de 2015	ARnD Elaboración de productos alimenticios Aguas residuales domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625 Kg DBO ₅ /día

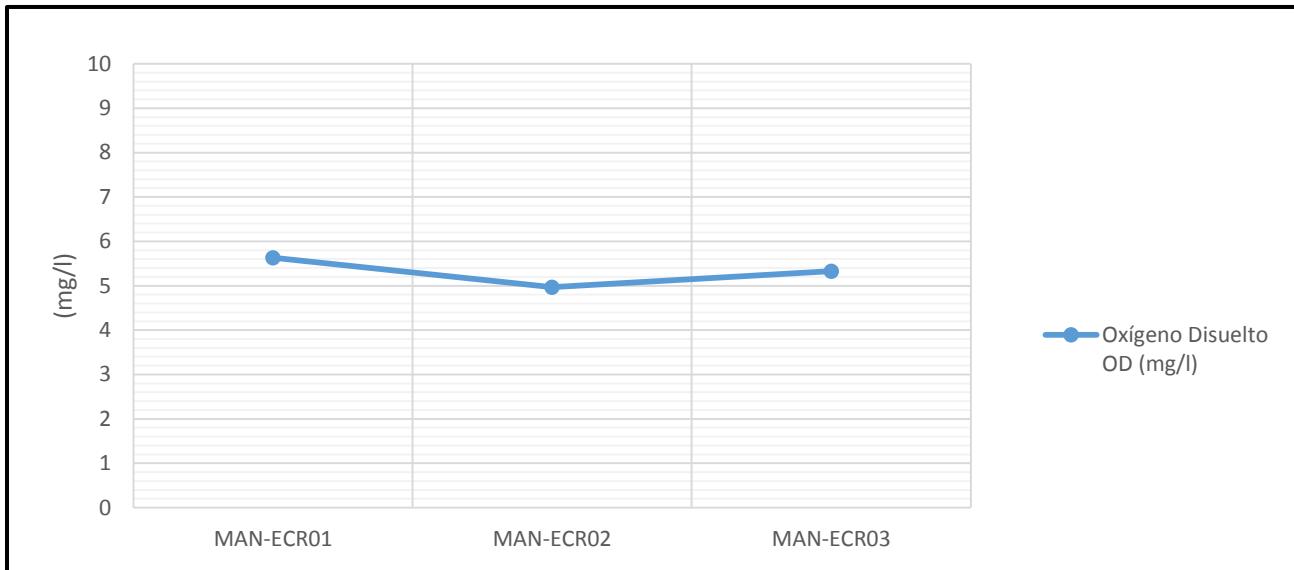
- **Caudal**



Gráfica 11. Comportamiento Caudal Quebrada Cristales

En la gráfica se observa un comportamiento creciente en el caudal a lo largo de la quebrada, esto puede deberse al aporte en caudal de los vertimientos de la Súper de alimentos de aguas residuales domésticas y no domésticas, con caudales de 0.0002 m³/s y 0.0017 m³/s respectivamente.

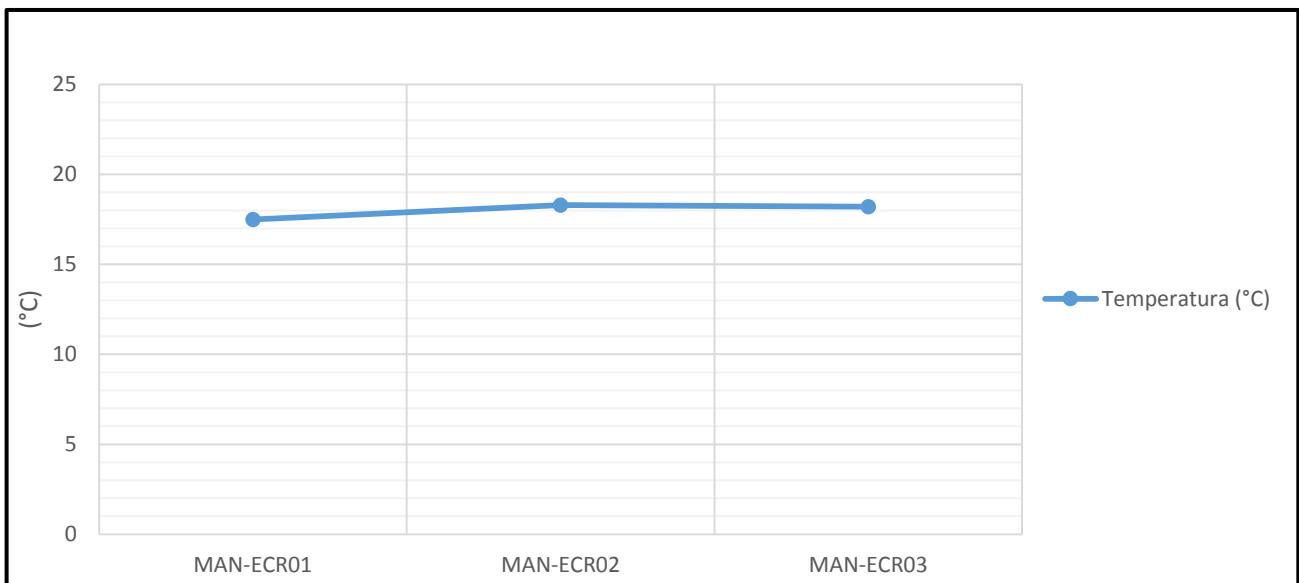
Oxígeno disuelto



Gráfica 12. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que la concentración de oxígeno disuelto a lo largo de la quebrada Cristales presenta una disminución, debido a que recibe los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos, en el tramo de MAN ECR01 a MAN ECR02, luego la recuperación en oxígeno se debe a que la quebrada tiene una serie de caídas en cascadas dando espacio a que dentro de la fuente se presenten procesos de autodepuración que puedan influir en las condiciones fisicoquímicas de la fuente.

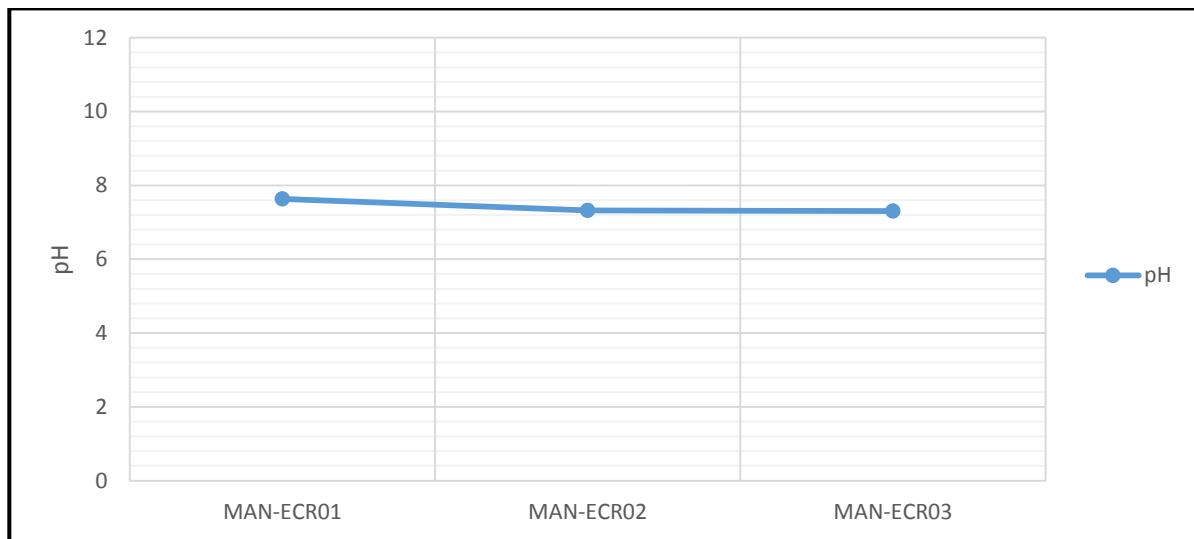
- **Temperatura**



Gráfica 13. Comportamiento Temperatura Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que la temperatura tuvo un aumento de la estación MAN ECR01 a la estación MAN ECR02, manteniéndose en un valor muy similar para la estación MAN ECR03, el aumento es poco en cuanto a temperatura, pero se puede atribuir directamente al vertimiento de la empresa Súper de Alimentos el cual se encuentra alrededor de los 19 °C.

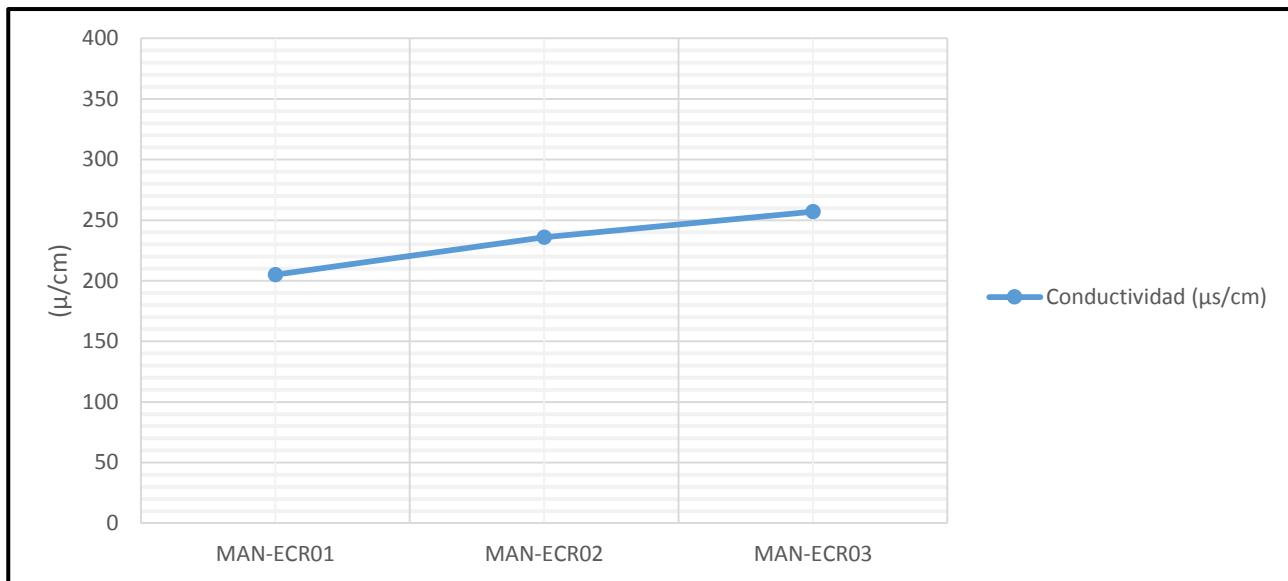
- **Potencial de Hidrógeno pH**



Gráfica 14. Comportamiento pH Quebrada Cristales

Los valores de pH en la quebrada Cristales no muestran una variación significativa más allá de la disminución debida a los vertimientos industriales de la empresa Súper de alimentos, donde el pH disminuye hasta valores de 7.3 unidades, siendo un valor neutro para un cuerpo de agua superficial.

- **Conductividad**



Gráfica 15. Comportamiento Conductividad Quebrada Cristales

La conductividad eléctrica sobre la quebrada Cristales tiene un comportamiento creciente aunque no es muy pronunciado, este parámetro tiende a ser estable durante el trayecto entre estaciones, en este caso los principales aportes de contaminantes son los vertimientos de la Súper de Alimentos los cuales presentan compuestos dentro de los sólidos disueltos como se ve reflejado en la variación de dicho parámetro, además de incorporar contaminantes domésticos donde las cargas de iones es alta reflejo de ello son los valores de dureza total y alcalinidad donde la presencia de iones como calcio y magnesio aumentan su concentración, así como el ion cloruro.

QUEBRADA TESORITO

La quebrada Tesorito nace aproximadamente a los 2689 m.s.n.m en el sector de Sabinas. La quebrada Tesorito anteriormente recibía el vertimiento de la empresa Surtipieles, referenciado como T18, sin embargo dentro del plan de optimización del sistema de tratamiento de la empresa, su descarga se cambió a la quebrada Manizales antes de la estación MAN E06. Lo que significa que sobre esta quebrada solo se está haciendo seguimiento al vertimiento Parque Industrial Juanchito, referenciado como T25.

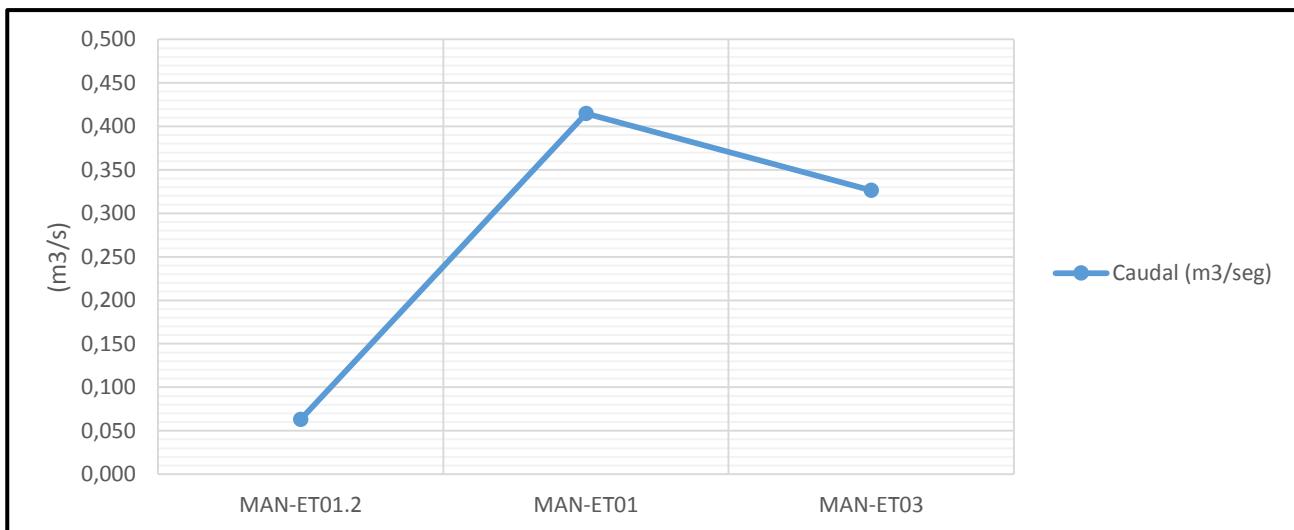
Figura 7. Estaciones y tributarios Quebrada Tesorito



ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
MAN ET01.2 QUEBRADA TESORITO BLANCO PROPUESTO	Se ubica en el sector de Sabinas, se propone este Blanco, ya que una de las principales características en la medición de un blanco, es observar aguas abajo como es el comportamiento de los diferentes

	<p>vertimientos sobre dicha fuente, además de apreciar el grado de contaminación de la misma en su recorrido normal, por lo cual el objetivo principal de la estación ET01, dentro de la Red de Monitoreo para la Quebrada Manizales, es establecer las condiciones iniciales de la Quebrada Tesorito antes de recibir vertimientos, sin embargo esta condición no se cumple, ya que la estación en mención se encuentra ubicada en una zona que ya se encuentra intervenida por vertimientos especialmente generados en el proceso de beneficio de oro.</p>
MAN ET01 QUEBRADA TESORITO BLANCO	<p>Se encuentra ubicada en la vía Manizales - Malteria, después de pasar la entrada al Parque Industrial Juanchito, se observa un puente que atraviesa la Quebrada y una vía alterna de acceso por la cual se ingresa aproximadamente 40 metros hasta el punto de monitoreo.</p>
MAN ET03. ANTES DESEMBOCADURA QUEBRADA MANIZALES	<p>Se une la Quebrada Tesorito con la Quebrada Manizales, en este punto la Quebrada ya ha recibido el vertimiento del parque Industrial Juanchito.</p>

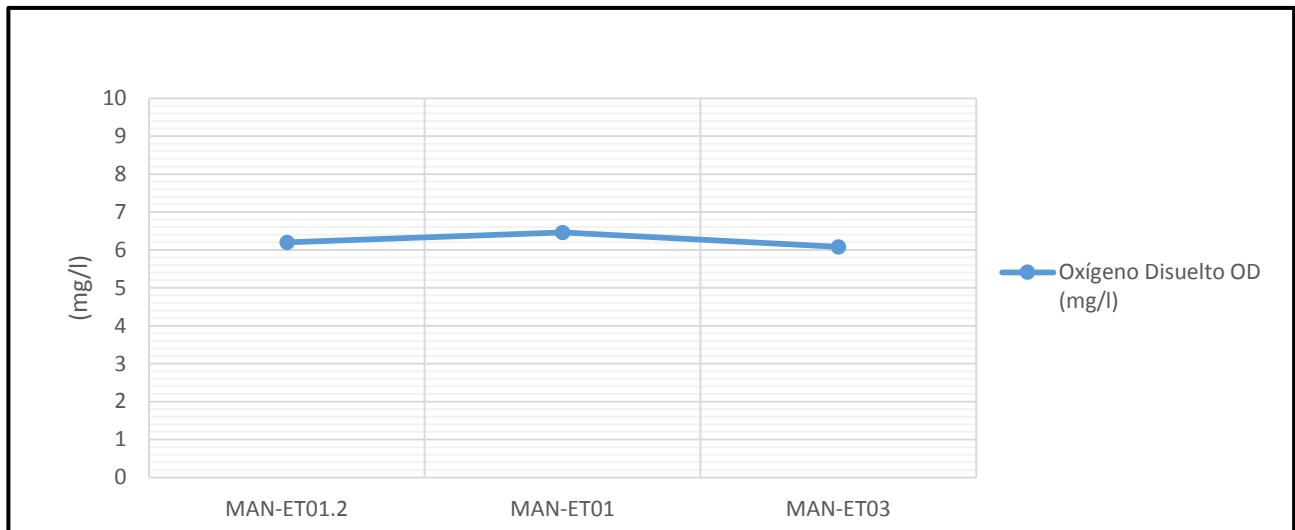
- **Caudal**



Gráfica 16. Comportamiento Caudal Quebrada Tesorito

En la gráfica se observa que en la quebrada Tesorito el comportamiento del caudal es creciente, desde el blanco propuesto hasta antes de desembocar a la quebrada Manizales, esto puede atribuirse al principal aporte de caudal de los vertimientos del Parque Industrial Juanchito, y/o a causas naturales como escorrentías y lluvias presentadas durante las campañas de monitoreo.

- **Oxígeno disuelto**

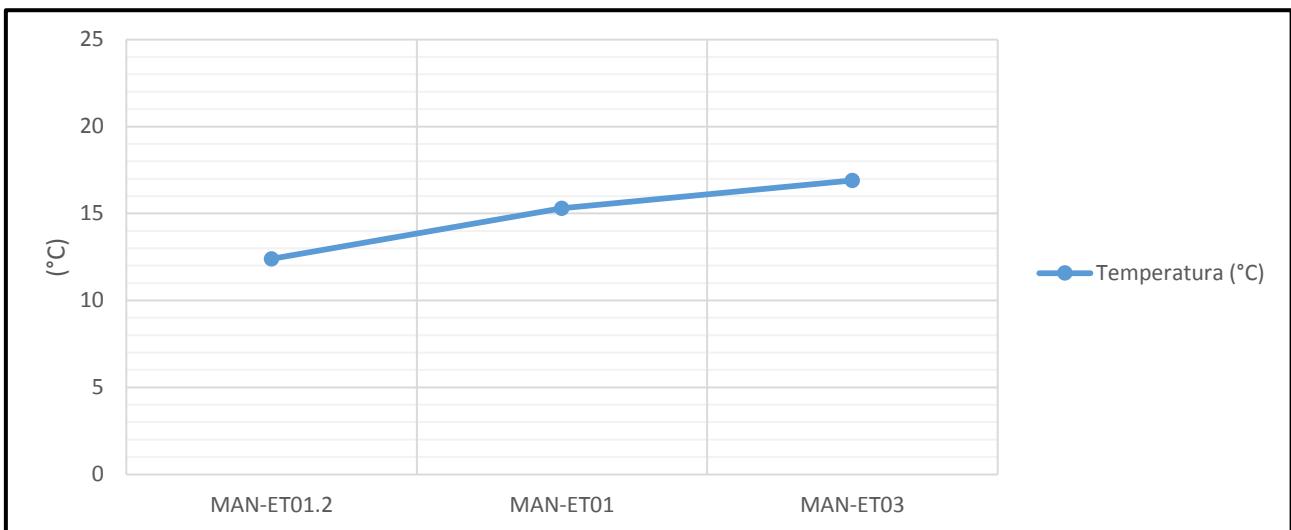


Gráfica 17. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada Tesorito

En la gráfica se observa que la concentración de oxígeno disuelto sobre la quebrada tesorito tiene un comportamiento decreciente entre las estaciones MAN ET01 y MAN ET03, lo que es esperado debido a la incorporación del vertimiento del parque industrial Juanchito, que aporta materia orgánica e inorgánica, requiriendo una cantidad de oxígeno para su degradación en el cuerpo de agua.

La estación MAN ET02 no fue monitoreada; en cuanto a la estación MAN ET01.2 es un blanco propuesto, aguas arriba de la estación MAN ET01, aunque esta presenta un valor menor, esto puede deberse a que en el trayecto entre estas dos estaciones no se presentan vertimientos, adicional a esto la quebrada presenta una pendiente elevada lo cual puede favorecer procesos de reaireación, ocasionando un leve aumento en la concentración del oxígeno disuelto para la estación MAN-ET01.

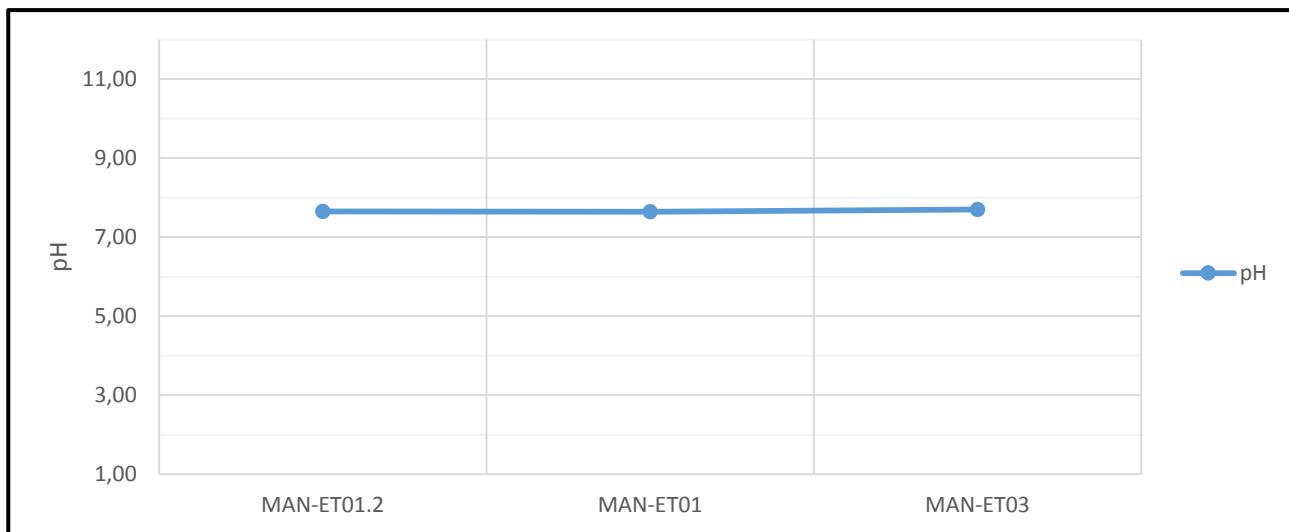
- **Temperatura**



Gráfica 18. Comportamiento Temperatura Quebrada Tesorito

En la gráfica se observa que el comportamiento de la temperatura en la quebrada Tesorito, manifiesta un incremento en las mediciones obtenidas desde la estación MAN ET01.2, blanco propuesto, hasta la estación MAN ET03 justo antes de desembocar a la quebrada Manizales, este incremento puede estar ligado a una disminución de la altitud, y/o a un aumento en la temperatura ambiente, reacciones químicas en la corriente y posiblemente las condiciones climáticas en las cuales se tomaron las muestras.

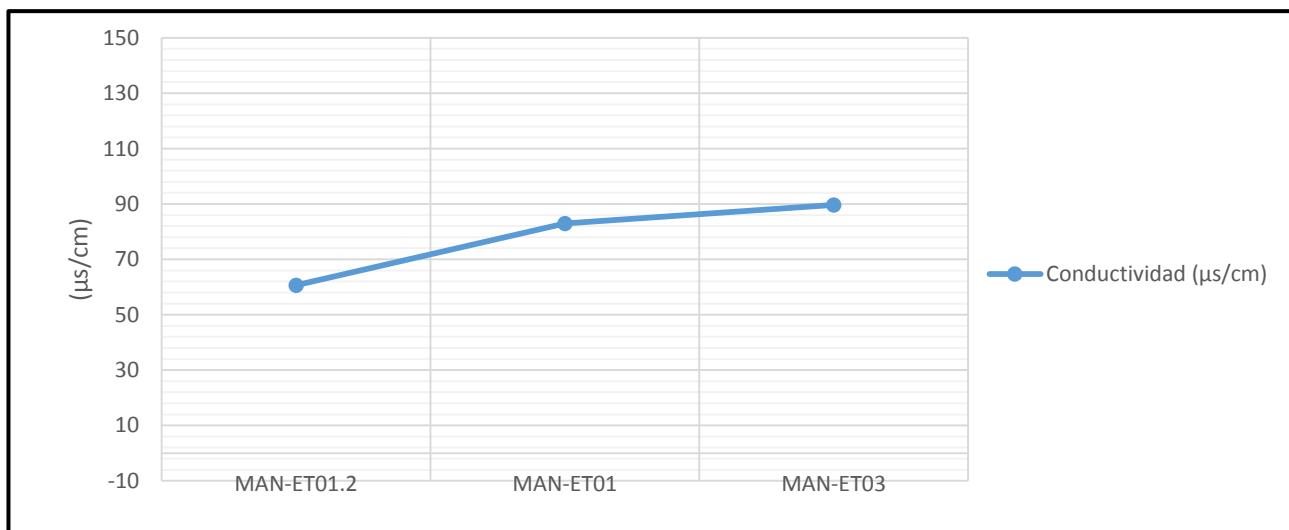
- **Potencial de hidrógeno**



Gráfica 19. Comportamiento pH Quebrada Tesorito

Se observa en la gráfica que el comportamiento del pH, tiende a ser constante, su cambio no es representativo, desde la parte alta de la quebrada hasta su desembocadura su aumento es menor a 0.1 unidades de pH, por lo tanto no hay alteración en este parámetro.

- **Conductividad**



Gráfica 20. Comportamiento Conductividad Quebrada Tesorito

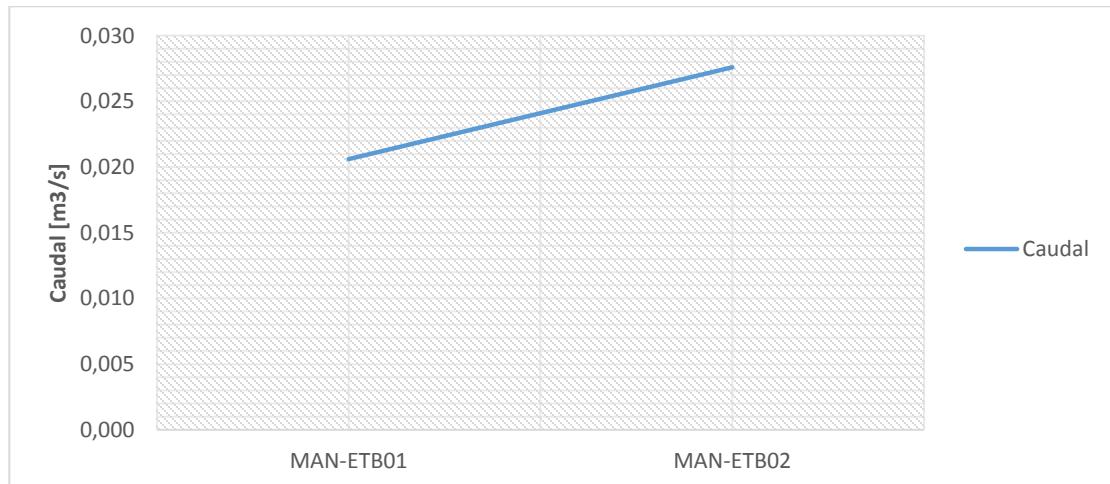
En la gráfica se observa que la conductividad tiene un comportamiento creciente, para la estación MAN ET01.2 blanco propuesto se encuentra un valor bajo de 60,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en la estación MAN ET01 se observa que su valor aumenta hasta 82,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y en la MAN ET03 hasta 89,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esto se puede deberse a algún tipo de aporte de origen natural y dilución de contaminantes, además de la entrada del vertimiento del parque industrial Juanchito, principal aportante de contaminantes a la quebrada Tesorito.

QUEBRADA 2615-002-098-003

Esta quebrada nace aproximadamente a los 2127 m.s.n.m, atraviesa una urbanización en el barrio la enea, pasando por un costado de la empresa Foodex, anteriormente se realizaba el vertimiento de esta empresa a la quebrada, actualmente se realiza sobre la quebrada Manizales; esta fuente desemboca a la quebrada Manizales antes del puente de ingreso al barrio la Enea por el sector de Postobón.

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
MAN ETB01. ANTES VERTIMIENTO FOODEX	Se encuentra antes de la antigua localización del vertimiento de la empresa Foodex.
MAN ETB02 ANTES DE DESEMBOCAR A LA QUEBRADA MANIZALES	Se encuentra ubicado 30 metros antes de desembocar a la Quebrada Manizales. En esta estación ya ha recibido aportes de aguas residuales domésticas.

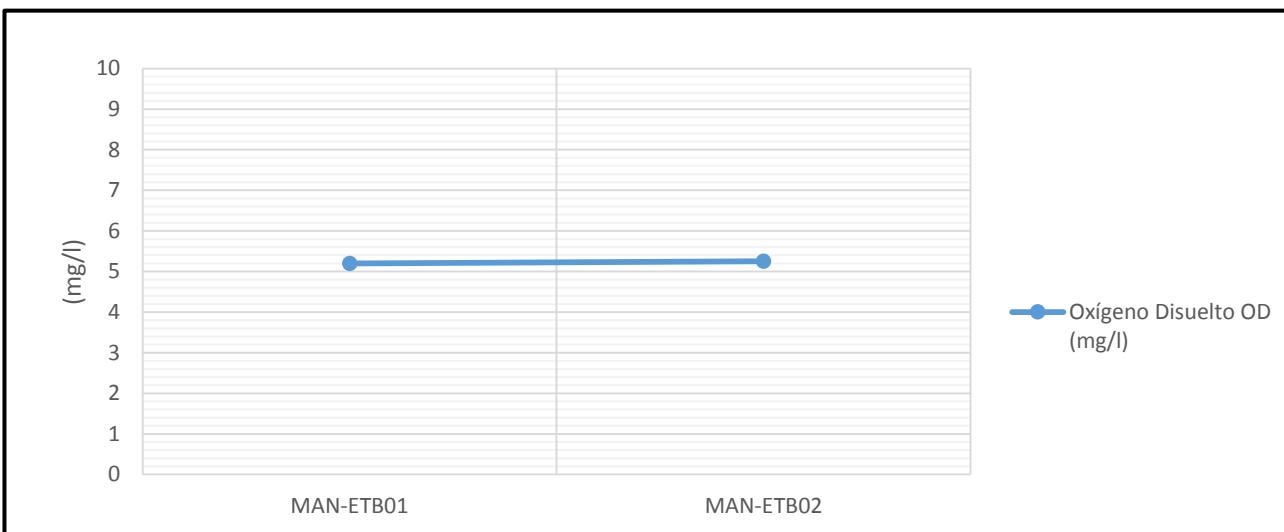
Caudal



Gráfica 21. Comportamiento Caudal Quebrada 2615-002-098-003

En la gráfica se observa el comportamiento del caudal sobre la quebrada 2615-002-098-003, donde ocurre un leve aumento, esto puede atribuirse las condiciones climáticas en las que se realizaron las campañas de monitoreo y a la posible incorporación de escorrentías debido a que en la zona existe influencia humana.

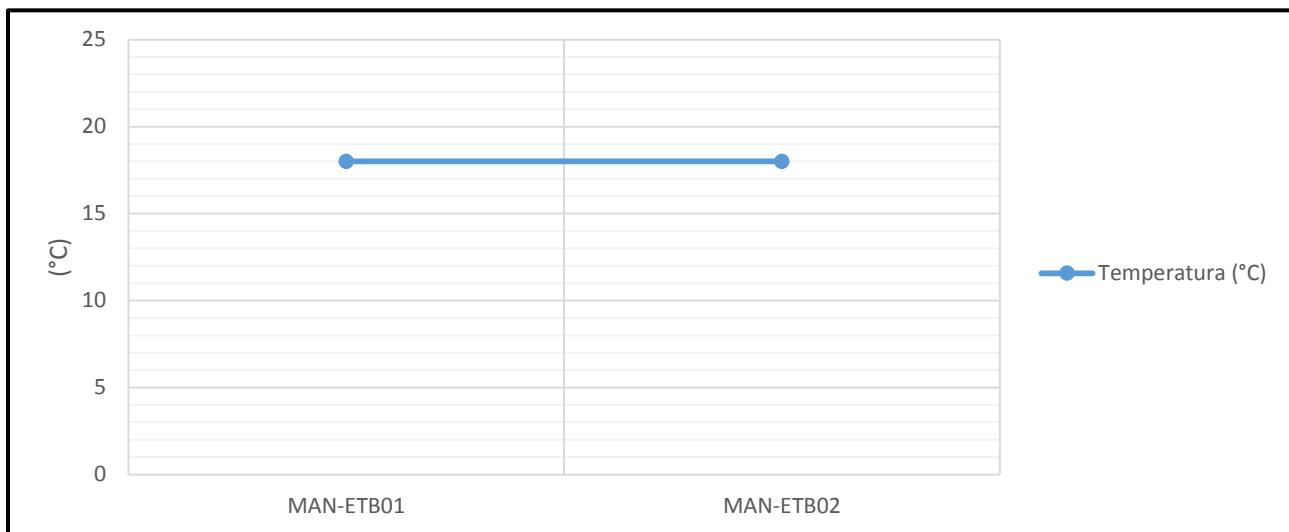
- **Oxígeno disuelto**



Gráfica 22. Comportamiento Oxígeno disuelto Quebrada 2615-002-098-003

En la gráfica se observa que la concentración de oxígeno disuelto tienen un comportamiento similar en las dos estaciones, el cuerpo de agua se mantiene sin recibir vertimientos de aguas residuales no domésticas, lo que indica que este parámetro no se ve alterado con el aporte de las aguas residuales no domésticas.

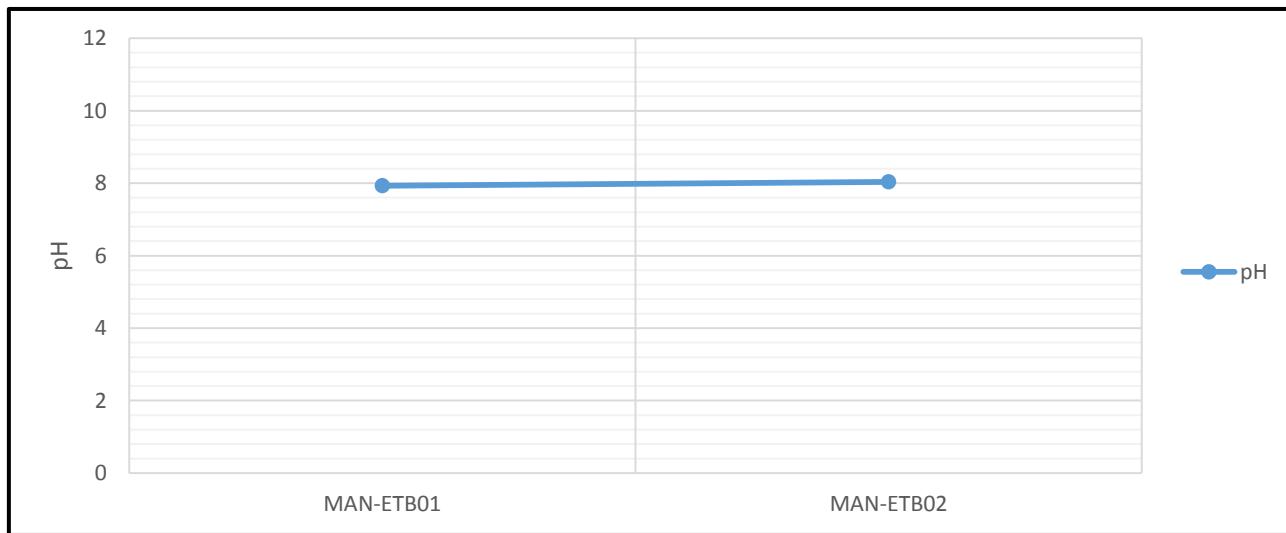
Temperatura.



Gráfica 23. Comportamiento Temperatura Quebrada 2615-002-098-003

En la gráfica se observa que para las estaciones establecidas sobre la Quebrada 2615-002-093-003, la temperatura permanece constante durante el tramo evaluado, debido a que no hay alteraciones representativas por aporte de aguas residuales, o variación en las condiciones ambientales o climáticas en la zona que pudieran alterar la variable el día de la toma de muestra.

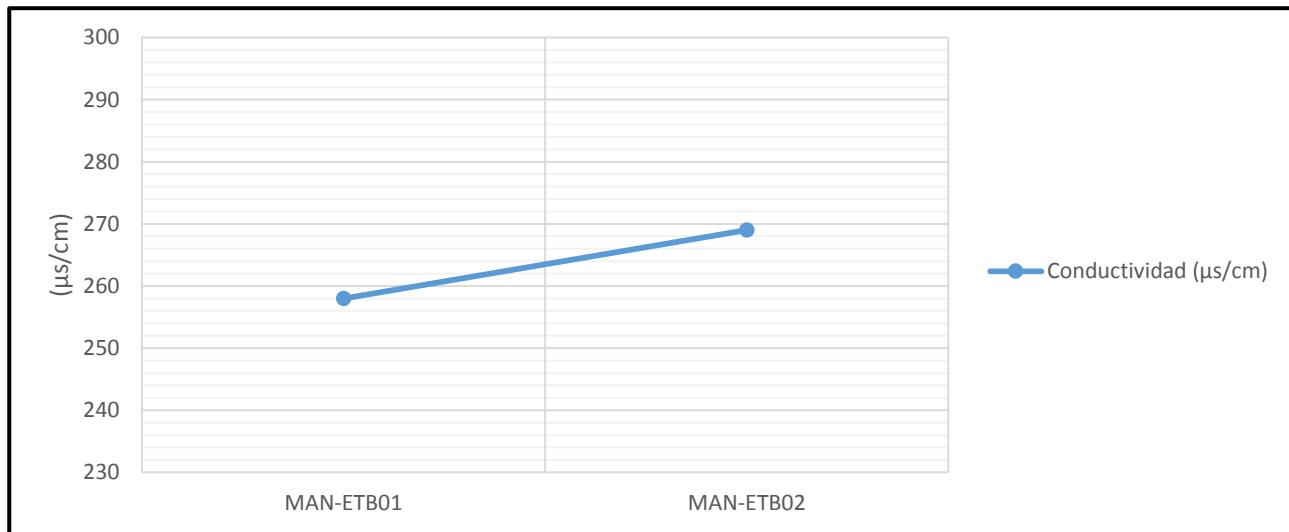
Potencial de Hidrógeno (pH)



Gráfica 24. Comportamiento pH Quebrada 2615-002-098-003

En la gráfica se observa que el pH aumenta levemente, la distancia entre las dos estaciones es corta, por lo tanto el cambio en el pH es mínimo, el pH se mantiene estable debido a que no presenta alteraciones representativas por vertimientos de aguas residuales

Conductividad



Gráfica 25. Comportamiento conductividad Quebrada 2615-002-098-003

En la gráfica se observa que la conductividad en la Quebrada 2615-002-093-003, tiene un leve aumento esto puede deberse a que la fuente no cuenta con alteraciones representativas por vertimientos en el tramo evaluado.

6.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

En esta sección se reportan los resultados obtenidos en el desarrollo de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en los laboratorios respectivos, con el fin de caracterizar y determinar la calidad del agua en el marco de la campaña de monitoreo del recurso hídrico sobre la quebrada Manizales y sus principales afluentes. (Anexo 3. Tabla de Resultados e Informes de resultados para análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos)

Tabla 14. Resultados de los parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos de la Quebrada Manizales

ESTACIÓN	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	ST (m g/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /l)	ALCALINIDA D TOTAL (mgCaCO ₃ / l)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml)
MAN-E01	6,30	<1.98	<25.0	201	107 ± 5	0,6	6,0	0,008	24,6	22	3
MAN-E02	6,10	<1.98	<25.0	277	126±6	0,6	4,1	0,024	31,6	30X10 ²	9X10 ²
MAN-E03	6,20	<1.98	<25.0	227	128±6	1,1	<2.2	0,020	44,5	13X10 ¹	5X10 ¹
MAN-E04	5,90	<1.98	<25.0	239	123±6	1,3	3,7	0,035	49,0	10	2
MAN-E05	5,60	322±33	450±14	675	298±15	29,8	3,9	0,106	124	33X10 ³	9X10 ³
MAN-E06	5,69	284±29	324±10	562	201±10	29,5	3,2	0,134	112	23X10 ³	8X10 ³
MAN-E07	6,74	73±7	104±3	721	620±31	7,4	2,4	0,136	55,9	36X10 ²	21X10 ²
MAN-E08	5,72	46 ± 6	168 ± 11	997	670±33	9,1	<2.2	0,108	76,2	35X10 ³	9X10 ³
MAN-E09	6,55	57 ± 6	79± 2	559	434±22	6,0	2,5	0,074	56,9	19X10 ³	10X10 ³
MAN-E10	6,46	56 ± 6	96± 3	538	356±18	7,2	2,4	0,106	56,8	15X10 ²	7X10 ²
MAN-E11	6,33	66 ±7	95± 3	607	404±20	6,0	2,7	0,080	59,9	8X10 ²	6X10 ²
MAN-E12	5,59	100 ±10	143± 4	520	374±19	6,7	<2.2	0,126	62,2	16X10 ⁵	12X10 ⁵

ESTACIÓN	DUREZA TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	TURBIDEZ (NTU)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	CLORUROS (mgCl ⁻ /l)	SULFATOS (mg SO ₄ ²⁻ /l)	COLOR REAL (Upt- Co)	FÓSFORO TOTAL (mgPO ₄ -P)	FÓSFORO SOLUBLE (mgPO ₄ -P)	SAAM (mg/l)	PLOMO (mg Pb/l)	MERCURIO (mg Hg/l)	CROMO (mg Cr ⁶⁺ /l)
MAN-E01	46	31	27	ND	75,2	7,7	0,90	0,18	0,40	1,05	0,001	<0,04
MAN-E02	65	30	10	1,50	74,4	25,0	5,22	0,18	0,11	1,15	0,001	<0,04
MAN-E03	64	24	10	2,50	74,0	23,4	6,56	0,18	0,16	1,13	0,001	<0,04
MAN-E04	55	32	7	2,75	44,0	26,1	0,56	0,22	<0,05	1,97	0,001	<0,04
MAN-E05	133	48	19	27,50	205,0	57,1	2,40	0,98	<0,05	1,71	<0,001	<0,04
MAN-E06	76	50	16	28,70	85,2	84,2	0,92	0,44	0,12	2,07	0,001	<0,04

MAN-E07	111	150	26	6,75	171,0	83,70	2,52	1,62	0,55	2,08	0,001	<0,04
MAN-E08	91	180	9	9,75	120,0	14,8	1,20	1,12	0,35	*	*	<0,04
MAN-E09	153	125	21	7,25	94,5	49,1	1,72	0,76	0,91	2,30	0,001	<0,04
MAN-E10	61	100	13	8,75	104,0	65,5	1,52	0,56	0,95	2,13	0,001	<0,04
MAN-E11	110	125	9	10,00	114,0	38,2	7,84	0,62	0,81	2,16	0,001	<0,04
MAN-E12	58	100	8	14,50	114,0	51,8	13,20	0,52	1,50	2,11	0,001	<0,04

Nota: *Parámetro no medido en esta estación, debido a que no es requerido por el estudio.

Tabla 15. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada Cimitarra

ESTACIÓN	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	ST (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /l)	ALCALINIDAD TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	COLIFORMES FÉCALES (UFC/100 ml)
MAN-EC01	6,30	<1.98	<25.0	94	17±1	0,6	3,4	0,003	21,2	23	9
MAN-EC02	6,30	<1.98	<25.0	100	11±1	0,5	2,4	0,011	40,1	68	22
MAN-EC03	6,70	<LCM	23±1	105	14±1	0,6	2,3	0,028	37,6	84X10 ¹	36X10 ¹
MAN-EC04	6,00	9 ± 1.11	<25.0	126	26±1	1,1	2,8	0,025	43,2	109X10 ¹	26X10 ¹
MAN-EC05	5,95	236 ± 24	288 ± 9	554	55±3	37,1	3,0	0,015	116,0	25X10 ²	8X10 ²

ESTACIÓN	DUREZA TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	TURBIDEZ (NTU)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	CLORUROS (mgCl ⁻ /l)	SULFATOS (mg SO ₄ ²⁻ /l)	COLOR REAL (Upt-Co)	FÓSFORO TOTAL (mgPO ₄ ³⁻ /l)	FÓSFORO SOLUBLE (mgPO ₄ ³⁻ /l)	SAAM(mg/l)	PLOMO (mg Pb/l)	MERCURIO (mg Hg/l)	CROMO (mg Cr ⁶⁺ /l)
MAN-EC01	18	4,0	6	ND	17,8	4,6	0,72	<0,03	0,63	1,14	<0,001	<0,04
MAN-EC02	31	4,5	10	0,5	17,6	5,7	2,92	0,17	0,38	*	*	*
MAN-EC03	30	7,0	6	ND	17,5	5,6	0,41	0,03	0,37	*	*	*
MAN-EC04	38	9,5	7	0,25	63,2	24,7	0,95	0,40	0,63	*	*	*
MAN-EC05	72	2,5	14	24,5	132,0	36,4	0,68	0,48	7,88	*	*	*

Tabla 16. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada Tesorito

ESTACIÓN	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	ST (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /l)	ALCALINIDAD TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml)
MAN-ET01	6,46			1797	1176±59	1,8	2,4	0,077	35,1	12X10 ¹	6X10 ¹
MAN-ET01.2	6,20	13 ± 1.62	221 ± 14	793	688±34	3,9	<2.2	0,021	27,8	57X10 ¹	21X10 ¹
MAN-ET03	6,08	13 ± 1	59 ± 2	1195	838±42	1,7	3,3	0,074	31,4	115X10 ²	42X10 ²

Nota: *Parámetro no medido en esta estación, debido a que no es requerido por el estudio.

ESTACIÓN	DUREZA TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	TURBIDEZ (NTU)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	CLORURO S (mgCl ⁻ /l)	SULFATOS (mg SO ₄ ²⁻ /l)	COLOR REAL (Up ^t -Co)	FÓSFORO TOTAL (mgPO ₄ -P)	FÓSFORO SOLUBLE (mgPO ₄ -P)	DETERGENTES (mg/l)	CIANURO (mg CN ⁻ /l)	PLOMO (mg Pb/l)	MERCURIO (mg Hg/l)	CROMO (mg Cr ⁶⁺ /l)
MAN-ET01	52	65	4	0,50	110	44,4	19,5	1,22	0,38	<0.01	1,01	0,001	<0,04
MAN-ET01.2	32	70	8	0,25	121	23,3	5,8	1,26	0,64	<0.01	*	*	*
MAN-ET03	51	80	6	1,25	103	42,7	2,8	1,02	0,51	*	*	*	*

Nota: *Parámetro no medido en esta estación, debido a que no es requerido por el estudio.

Tabla 17. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada Cristales

ESTACIÓN	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	ST (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /l)	ALCALINIDA D TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml)
MAN- ECR01	5,63	<1.98	<25.0	243	77±4	0,6	6,1	0,019	74,2	95X10 ¹	31X10 ¹
MAN- ECR02	4,97	300±31	414±12	479	64±3	1,5	4,6	0,046	84,1	129X10 ²	13X10 ²
MAN- ECR03	5,33	440±45	500±15	595	75±4	1,0	5,2	0,060	77,3	124X10 ²	15X10 ²

ESTACIÓN	DUREZA TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	TURBIDEZ (NTU)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	CLORUROS (mgCl ⁻ /l)	SULFATOS (mg SO ₄ ²⁻ /l)	COLOR REAL (Upt-Co)	FÓSFORO TOTAL (mgPO ₄ -P)	FÓSFORO SOLUBLE (mgPO ₄ -P)	DETERGENTES (mg/l)	PILOMO (mg Pb/l)	MERCURIO (mg Hg/l)	CROMO (mg Cr ⁶⁺ /l)
MAN- ECR01	83	24	5	3,25	49,2	19,5	2,76	0,48	0,30	0,73	0,001	*
MAN- ECR02	88	18	2	6,25	35,2	30,6	1,36	0,24	0,48	*	*	*
MAN- ECR03	84	23	6	6,75	55,0	36,2	2,84	0,22	0,47	*	*	<0,04

Nota: *Parámetro no medido en esta estación, debido a que no es requerido por el estudio.

Tabla 18. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Quebrada 2615-002-098-003

ESTACIONES	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	ST (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /l)	ALCALINIDAD TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml)
MAN-ETB01	5,20	8,02 ± 1,01	37 ± 2,4	352	119±6	3,0	12,6	0,116	95,9	124X10 ²	43X10 ²
MAN-ETB02	5,25	13 ± 1	47 ± 1	390	149±7	3,6	4,8	0,163	111	92X10 ²	46X10 ²

ESTACIONES	DUREZA TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	TURBIDEZ (NTU)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	CLORUROS (mgCl ⁻ /l)	SULFATOS (mg SO ₄ ²⁻ /l)	COLOR REAL (Upt-Co)	FÓSFORO TOTAL (mgPO ₄ -P)	FÓSFORO SOLUBLE (mgPO ₄ -P)	SAAM	PLOMO (mg Pb/l)	MERCURIO (mg Hg/l)	CROMO (mg Cr ⁺⁶ /l)
MAN-ETB01	135	45	4	13,2	39,0	56,1	4,09	1,96	0,81	1,15	0,001	<0,04
MAN-ETB02	99	54	4	15,2	82,5	67,0	0,76	0,54	0,76	1,16	0,001	<0,04

Tabla 19. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos Tributarios

ESTACIONES	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	ST (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /l)	ALCALINIDAD TOTAL (mgCaCO ₃ /l)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml)	DUREZA TOTAL (mgCaCO ₃ /l)
MAN-T01*-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T02-	6,10	<1.98	<25.0	756	533±27	0,3	3,0	0,151	44,5	115X10 ²	63X10 ²	124
MAN-T03	6,00	2±0,2	24±1	132	17±1	1,3	3,4	0,002	59,5	12X10 ¹	2X10 ¹	66
MAN-T04*-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T05	5,20	7±1	45±1	137	15±1	1,2	3,7	0,168	52,2	79X10 ³	51X10 ³	45
MAN-T06	5,51	9±1	26±1	227	23±1	5,2	6,3	0,637	80,7	15X10 ⁴	10X10 ⁴	82
MAN-T07*-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T08*-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T09	5,20	2±0,2	33±1	147	37±2	1,3	4,0	0,009	41,5	38X10 ¹	6X10 ¹	41
MAN-T10	5,00	272±28	512±15	937	605±30	23,0	5,4	0,019	146,0	31X10 ⁵	4X10 ⁵	108
MAN-T11	2,42	3011±307	7483±224	4523	68±3	6,6	41,0	0,118	pH 4,04 T° 25°C	36X10 ²	12X10 ²	139
MAN-T12	3,80	527±54	931±28	906	395±20	63,2	10,3	0,847	271,0	68X10 ⁵	27X10 ⁵	143
MAN-T13	6,20	6±1	25±1	160	24±1	1,7	12,0	0,021	49,7	49X10 ²	8X10 ²	51
MAN-T14	2,50	75±8	154±5	191	29±1	5,2	3,9	0,480	110,0	9X10 ⁴	3X10 ⁴	95
MAN-T14.1	4,07	38±4	63±2	284	15±1	29,5	2,5	1,254	186,0	66X10 ¹	31X10 ¹	95
MAN-T15	5,40	22±2,8	55±3,5	258	116±6	8,5	6,0	0,098	54,9	53X10 ⁵	21X10 ⁵	51
MAN-T16	4,60	372±38	675±20	803	246±12	51,5	2,4	0,321	223,0	75X10 ⁵	36X10 ⁵	105

MAN-T17	5,60	<LCM	18±1	311	<LCM	2,6	6,4	0,096	54,2	52X10 ²	3X10 ²	204
MAN-T18	3,66	108±11	130±4	308	157±8	6,6	4,8	0,439	74,7	11X10 ⁵	5X10 ⁵	84
MAN-T19	3,50	164±17	244±7	350	22±1	5,8	3,6	0,095	102,0	68X10 ²	29X10 ²	18
MAN-T20	4,20	725±24	1630±49	2890	492±25	139	12,0	0,129	pH 2.95 T° 25°C	ND	ND	332
MAN-T21	4,73	87±9	131±4	915	76±4	45,8	236	0,997	45,7	134X10 ²	68X10 ²	121
MAN-T22	0,95	352±36	400±12	456	103±5	3,9	4,5	0,321	82,2	83X10 ³	10X10 ³	15
MAN-T24	2,00	807±82	1051±32	1210	45±2	26,9	25,6	0,146	333,0	43X10 ⁴	5X10 ⁴	304
MAN-T25	5,90	427±44	694±21	976	835±42	3,6	<2.2	0,106	36,0	43X10 ⁴	7X10 ⁴	19

Nota: *- Estaciones no monitoreadas, no se encontraron activas en el momento de la jornada de monitoreo.

ESTACIONES	TURBIDEZ (NTU)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	CLORUROS (mgCl ⁻ /l)	SULFATOS (mg SO ₄ ²⁻ /l)	COLOR REAL (Upt-Co)	FÓSFORO TOTAL (mgPO ₄ -P)	FÓSFORO SOLUBLE (mgPO ₄ -P)	SAAM (mg/l)	CIANURO (mg CN ⁻ /l)	PLOMO (mg Pb/l)	MERCURIO (mg Hg/l)	CROMO (mg Cr ⁶⁺ /l)
MAN-T01*-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T02	180	27	1,25	123,0	67,9	5,54	0,92	0,51	0,08	*	*	*
MAN-T03	4	9	1,00	13,4	8,2	0,54	<0.03	<0.05	<0.01	*	*	*
MAN-T04*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T05*	11	4	5,00	16,3	20,8	1,09	0,14	1,10		1,06	<0.001	
MAN-T06	24	16	24,20	33,0	48,7	0,32	0,23	0,98		1,18	0,001	
MAN-T07*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T08+-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN-T09	12	15	2,00	28,3	6,5	4,30	0,08	0,57	*	*	*	*
MAN-T10	280	4	27,00	134,0	214,0	4,00	3,90	19,2	*	*	*	*
MAN-T11	40	10	15,20	160,0	121,0	1,40	0,32	0,83	*	*	*	*
MAN-T12	170	59	51,70	249,0	152,0	9,68	6,45	3,90	*	*	*	*

MAN-T13	16	16	3,50	25,2	16,7	0,77	0,13	0,33	*	*	*	*
MAN-T14	33	15	9,25	49,8	73,1	3,92	0,22	1,14	*	*	*	*
MAN-T14.1	8,5	6	42,50	49,2	53,0	2,88	1,11	0,55	*	*	*	*
MAN-T15	26	10	9,00	30,8	44,8	5,40	0,36	1,09	*	*	*	*
MAN-T16	150	19	97,70	42,6	303,0	6,96	6,76	31,0	*	1,02	0,001	*
MAN-T17	9	6	4,25	44,4	16,3	3,72	0,03	0,36	*	*	*	*
MAN-T18	33	11	9,75	37,0	41,8	0,50	0,16	1,74	*	0,89	<0,001	<0,04
MAN-T19	6	9	ND	60,8	156,0	1,12	0,12	0,59	*	*	*	*
MAN-T20	140	6	119,00	1250	115,0	4,16	3,12	0,57	*	0,88	0,001	*
MAN-T21	22	7	5,65	78,8	61,9	15,7	12,84	0,82	*	*	*	*
MAN-T22	22	18	34,20	57,2	22,8	0,36	0,21	0,91	**	*	*	*
MAN-T24	5,5	6	17,50	180,0	513,0	1,32	1,30	1,21	*	*	*	*
MAN-T25	160	24	5,00	95,6	41,7	3,88	2,26	1,62	*	*	*	*

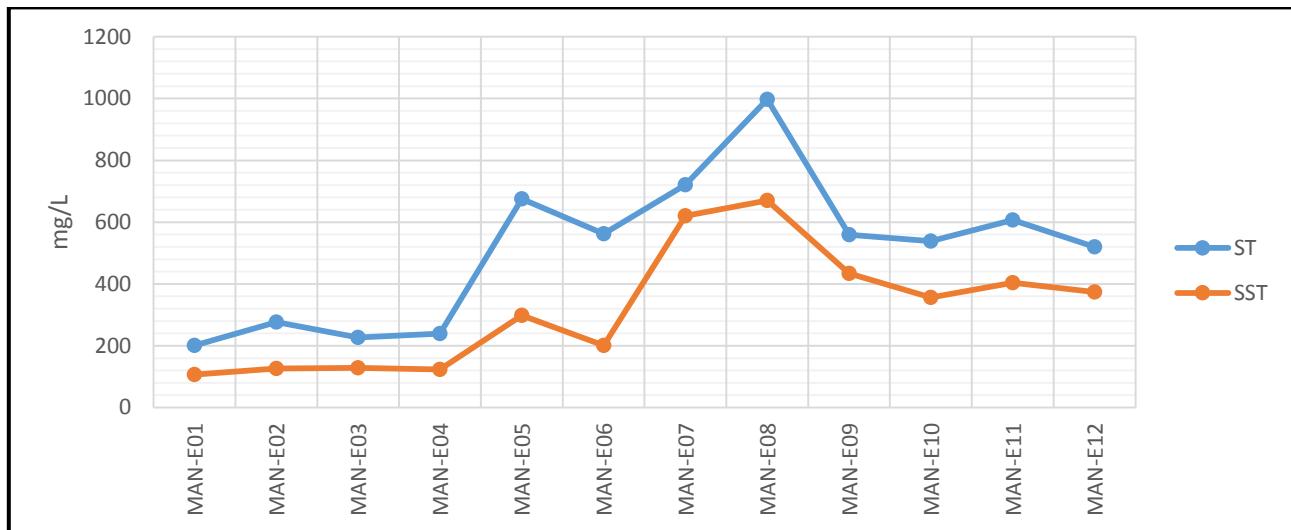
Nota: *- Estaciones no monitoreadas, no se encontraron activas en el momento de la jornada de monitoreo. *Parámetro no medido en esta estación, debido a que no es requerido por el estudio.

ND. No detectable por el método del laboratorio.

6.2.1 Análisis De Resultados De Laboratorio – Estaciones Red De Monitoreo Quebrada Manizales

QUEBRADA MANIZALES

- **Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspensidos Totales (SST), Turbiedad y Color**



Gráfica 26. Comportamiento ST y SST Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que los sólidos suspendidos totales y sólidos totales muestran un comportamiento creciente a lo largo de todo el recorrido, mostrando un pequeño aumento desde MAN E02 en los Sólidos Totales debido al aporte del vertimiento de la mina la Coqueta con una concentración de ST 756 mg/l y SST 533 ± 27, disminuyendo de nuevo su concentración en MAN E03, debido a que en este punto ya ha recibido las aguas de la quebrada Chuscales, factor que ayuda con la dilución de sólidos debido al aporte de caudal que este representa.

Es necesario aclarar que sobre este tramo también se realizaba el vertimiento de la mina la Cascada, actualmente se trasladó el punto de vertimiento aguas abajo de la bocatoma del Acueducto la Enea; en el

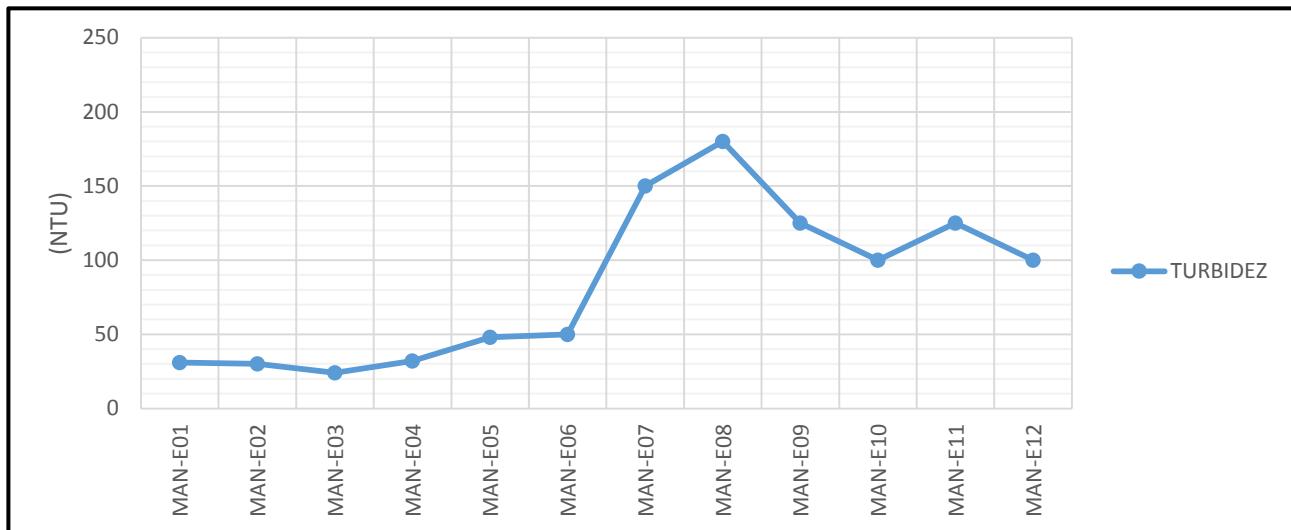
momento de la jornada de monitoreo no se encontró activo, por esta razón no se relaciona en el análisis de este tramo, sin embargo se realiza un análisis con respecto al comportamiento histórico en un capítulo posterior.

Para el tramo entre MAN E04 y MAN E05 se observa un aumento principalmente en los sólidos totales, esto se atribuye a que en este tramo ya se han recibido las aguas de la quebrada Cimitarra, la cual recibe aportes de los vertimientos de las empresas Progel y Descafecol aportando una cantidad considerable de material disuelto a la concentración de sólidos sobre la quebrada Manizales, después se presenta de nuevo una disminución en el tramo hasta MAN E06, que puede atribuirse a la dilución por el aporte de caudal de la quebrada Santa Rita.

Para el tramo entre las estaciones MAN E06 y MAN E08 la quebrada presenta un aumento considerable en los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales debido al aporte de material suspendido de la quebrada Tesorito. Cabe aclarar que sobre esta se incorporan los vertimientos del parque industrial Juanchito los cuales tienen una concentración total de 835 mg/l, influyendo en la variación de este parámetro.

Luego, para la estación MAN E09, se observa que debido al aporte de caudal de la quebrada Guayabal, se logra un proceso de dilución, causando una disminución en la concentración de sólidos sobre la quebrada Manizales, a partir de esta estación hasta su desembocadura en el río Chinchiná MAN E12, el comportamiento de estos parámetros es casi constante, ya que los tributarios sobre estas estaciones no presentan concentraciones de sólidos totales o suspendidos representativos que alteren las concentraciones de estos sobre la quebrada Manizales.

- **Turbidez**

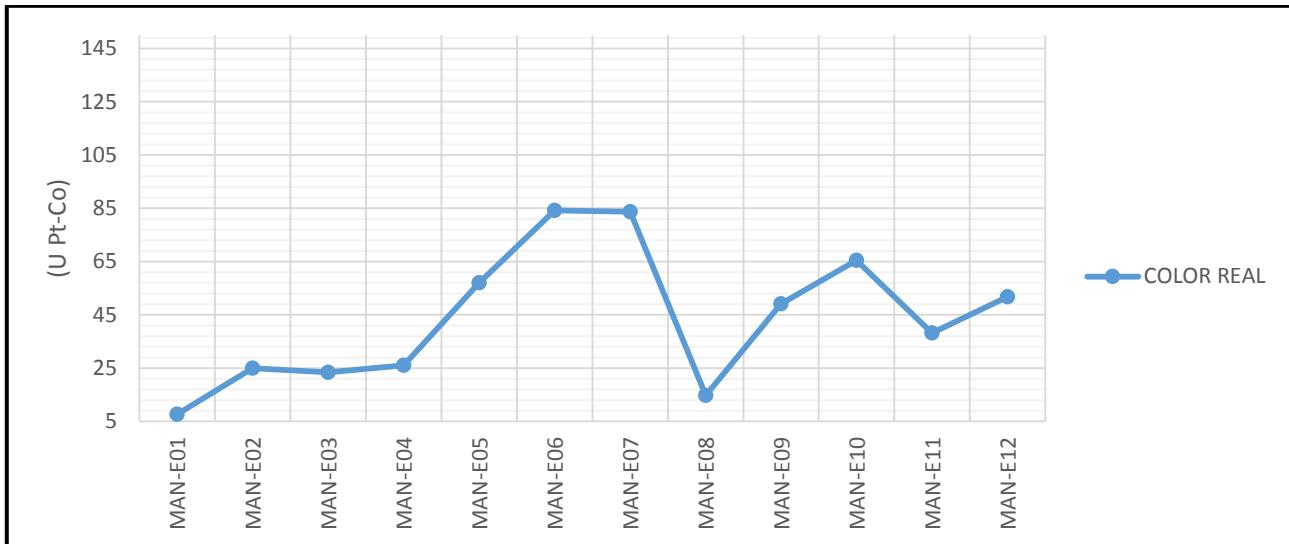


Gráfica 27. Comportamiento de la Turbidez Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que la turbidez aumenta hasta un valor máximo de 180 NTU, comportamiento similar a la concentración de sólidos totales y sólidos suspendidos totales, este parámetro puede estar relacionado con la cantidad de sólidos suspendidos en el fuente, marcando un aumento considerable en el tramo entre las estaciones MAN E06 y MAN E08 debido al aporte caudal de la quebrada Tesorito, adicionalmente presenta una cantidad importante de sólidos suspendidos 838 ± 42 mg/l ; posteriormente la turbiedad desciende y se mantiene estable hasta la estación MAN E12, esta disminución puede atribuirse a la dilución de contaminantes por el aporte de caudal de la quebrada Guayabal, Cristales, entre otros tributarios presentes en este tramo.

Así mismo se debe tener en cuenta un posible aumento en este parámetro debido a causas naturales y a las condiciones climáticas, durante las campañas de monitoreo.

- **Color Real**



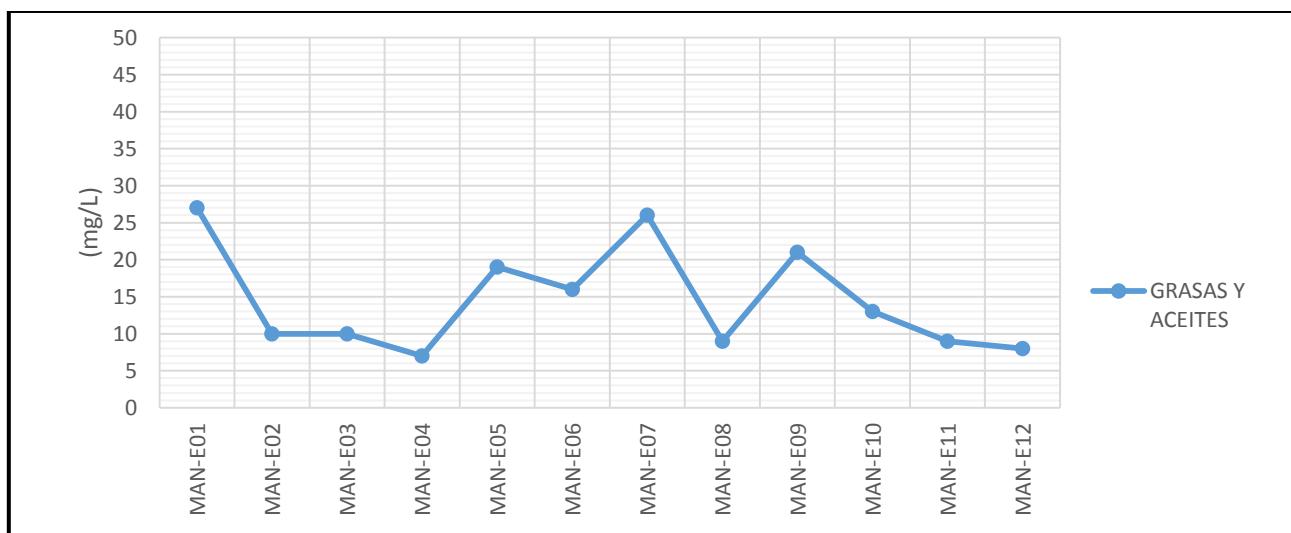
Gráfica 28. Comportamiento del Color Real Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que el color real tiende a aumentar hasta la estación MAN E06 y MAN E07, teniendo en cuenta que el color se relaciona con los sólidos disueltos presentes, es de esperarse que guarde una relación directa con la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales presentes en las estaciones.

Las aguas residuales no domésticas vertidas sobre la quebrada, en su mayoría provienen de industrias que aportan materia orgánica en estado coloidal y sólidos disueltos, como es el caso del tramo II donde la quebrada Manizales ha recibido la quebrada Cimitarra que aporta una concentración de sólidos disueltos de 499 mg/l (ha recibido los vertimientos de las empresas Descafecol y Progel), y el vertimiento de la empresa Súper de Alimentos Advance Supplier que aporta una concentración de sólidos disueltos 353 mg/l, finalmente se observa que en el tramo IV el color vuelve a aumentar, esto se debe a la entrada de los vertimientos de aguas residuales no domésticas de la empresa TopTec, donde el mayor aporte es de una concentración en sólidos disueltos de 511mg/l.

Está variación también puede atribuirse compuestos inorgánicos capaces de causar color en el agua, los principales son óxidos de hierro y manganeso, que son abundantes en diversos tipos de suelo, por lo que una posible escorrentía podría contribuir a la variación en este parámetro.

- **Grasas y Aceites, detergentes**



Gráfica 29. Comportamiento de las Grasas y Aceites Quebrada Manizales

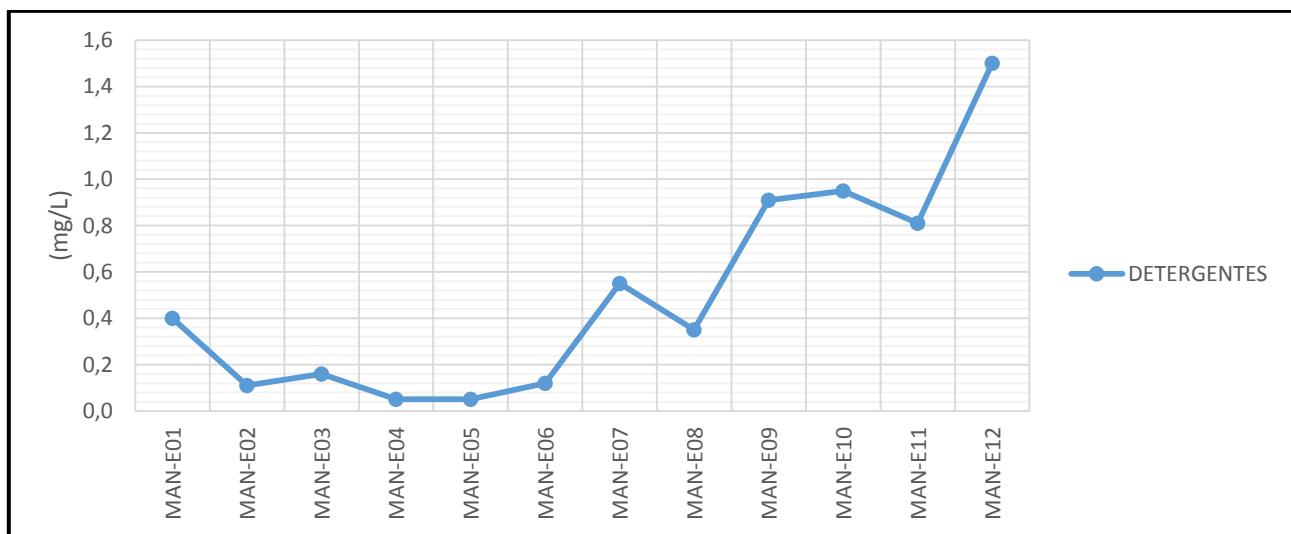
En la gráfica se observa que la concentración de grasas y aceites tiene un comportamiento fluctuante sobre quebrada Manizales durante las diferentes estaciones monitoreadas, mostrando inicialmente un comportamiento descendiente hasta después de la bocatoma del acueducto de la Enea MAN E04.

En las estaciones siguientes, presenta un comportamiento creciente hasta la estación MAN E07, en este tramo tributan a la quebrada Manizales las quebradas Cimitarra (14 mg/l) y Santa Rita (4 mg/l), las cuales contienen grasas y aceites provenientes de procesos industriales y domésticos como los vertimientos de las empresas Progel y Descafecol; posteriormente desciende en la estación MAN E08 volviendo a presentar un aumento en la estación MAN E09 donde recibe la quebrada Guayabal que aporta grasas y aceites provenientes de aguas residuales domésticas (15 mg/l), después

presenta un descenso en el tramo desde MAN E09 hasta la desembocadura en el Río Chinchiná en la estación MAN E12.

Es de esperarse la variación de la concentración de las grasas y aceites, ya que estas son sustancias orgánicas de origen mineral, vegetal o animal, generalmente hidrocarburos, grasas, ésteres, entre otros, que pueden ser aportados por los diferentes vertimientos de aguas residuales no domésticas generadas en las industrias de la zona.

La presencia de las grasas y aceites constituye un factor negativo en lo que se refiere a su degradación, el material graso en los cuerpos hídricos puede ser reducido debido a los proceso de adsorción de la flora, además de acarrear problemas de origen estético, disminuye el área de contacto entre la superficie del agua y el aire atmosférico, impidiendo la transferencia del oxígeno de la atmósfera al agua. En su proceso de descomposición, las grasas y aceites reducen el oxígeno disuelto, debido a la elevación de la DBO₅ y de la DQO, causando daños en el ecosistema acuático.



Gráfica 30. Comportamiento de los Detergentes Quebrada Manizales

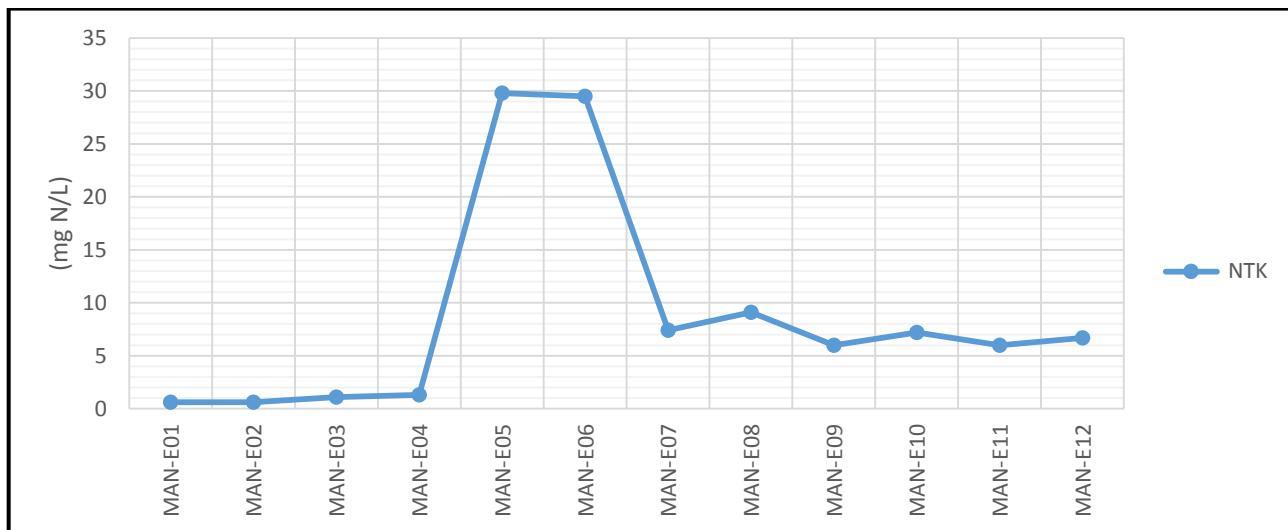
En la gráfica se observa que la concentración de detergentes en la quebrada Manizales presenta una tendencia creciente a lo largo de su recorrido, esto se debe a los aportes de los tributarios, en el caso de la

quebrada Cimitarra y la quebrada Santa Rita aportan concentración de detergentes sobre este tramo de 7.88 mg/l y 1.1 mg/l respectivamente, generando un aumento en la concentración sobre la estación MAN E07, posteriormente los vertimientos que ingresan en el tramo entre la estación MAN E08 y MAN E10 aportan gran cantidad de detergentes, como lo es el vertimiento del puente Verдум (anteriormente recibía las aguas residuales de la industria Coveta) 19.2 mg/l, y el vertimiento Toptec 1 (vertimientos mixtos aguas residuales domésticas y no domésticas) 3.9 mg/l; posteriormente disminuye la concentración gracias al aporte de caudal de la quebrada Cristales, finalmente se aumenta considerablemente la concentración en MAN E12, debido al aporte de las aguas de los vertimientos de los descoleos de aguas residuales domésticas del barrio la Enea 31 mg/l y 0.3 mg/l.

Las aguas residuales domésticas pueden alcanzar una concentración de 3 a 6 mg/l de detergentes y Las aguas residuales no domésticas, aproximadamente una concentración de 2000 mg/l. Las descargas de detergentes en las aguas naturales y los procesos de degradación de materia orgánica donde se genera CO₂ conllevan a pérdidas de orden estético provocados por la formación de espumas La existencia de caudales rápidos conduce al desprendimiento de espumas que forman continuamente capas sobre el cuerpo de agua, la espuma puede impregnarse en la superficie del suelo y otros componentes, haciéndolos aceitosos.

Además, los detergentes pueden tener efectos tóxicos sobre los ecosistemas, los detergentes también se han responsabilizado por la aceleración eutrofización.

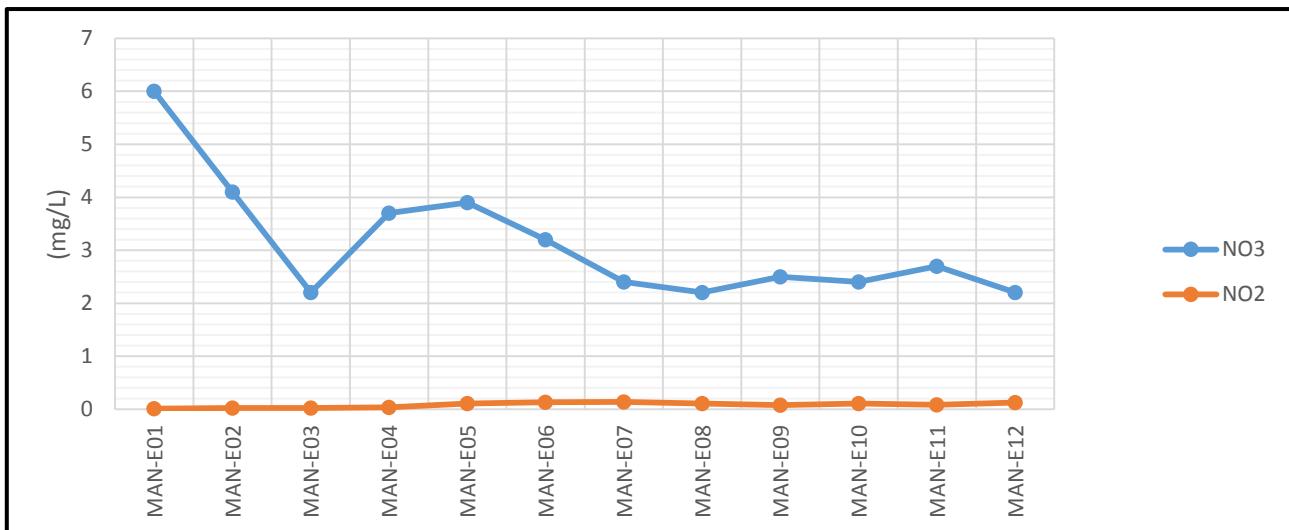
- **Nitrógeno total (NTK), Nitritos y Nitratos**



Gráfica 31. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Manizales

En la gráfica se observa el comportamiento del Nitrógeno total, la concentración se mantiene por debajo de los 5,0 mg/L en el tramo comprendido entre las estaciones MAN E01 y MAN E04 luego presenta un aumento hasta alcanzar su valor máximo en la estación MAN E05 en donde ya ha recibido los aportes de la quebrada Cimitarra (ha recibido los aportes de la empresa Progel y Descafecol que presentan altas concentraciones de nitrógeno total y pueden generar proceso de nitrificación de la fuente debido a la ausencia de bacterias anaerobias que realicen desnitrificación de los compuestos nitrogenados); en la estación MAN E06 comienza a disminuir levemente por el aporte de caudal de la quebrada Santa Rita, hasta la estación MAN E07.

Entre las estaciones MAN E07 y la estación MAN E12, antes de su desembocadura en el río Chinchiná, se observa un comportamiento estable con leves aumentos entre las estaciones monitoreadas, comportamiento que se atribuye a los aportes de aguas con bajo contenido de nitrógeno como la quebrada Guayabal y la quebrada Cristales que disminuyen levemente la concentración del Nitrógeno Total y mantienen estable este parámetro hasta su desembocadura.



Gráfica 32. Comportamiento Nitratos y Nitritos Quebrada Manizales

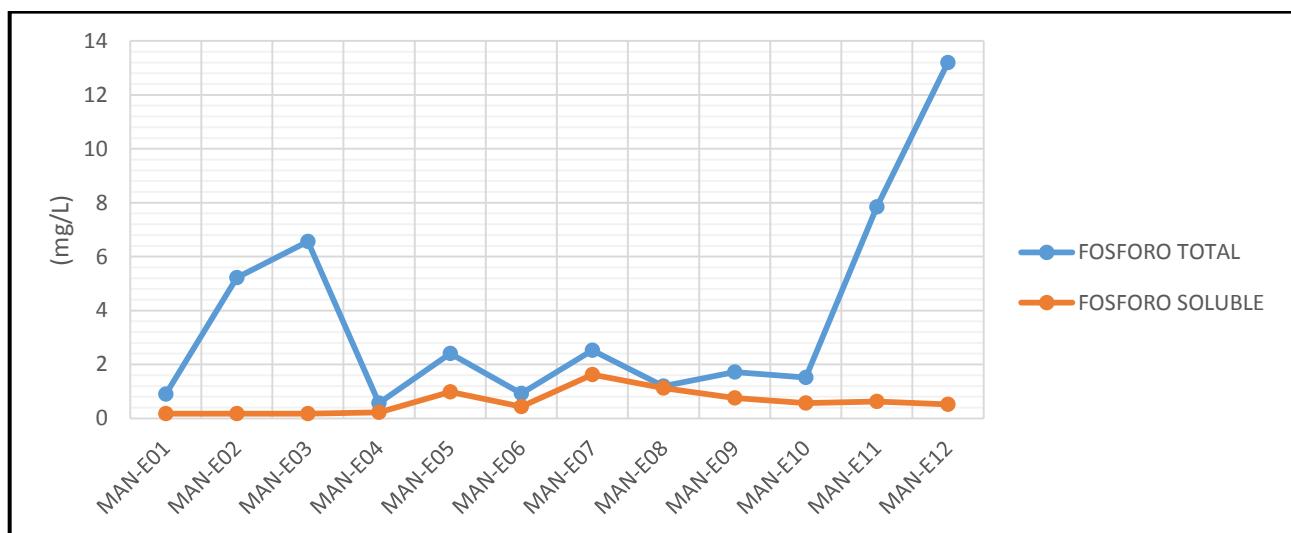
En la gráfica se observa que la concentración de Nitritos es baja en todas las estaciones de la quebrada Manizales, esto se debe a que la vida media de los Nitritos es muy corta y se oxidan rápidamente a Nitratos; mientras que para los Nitratos presentan un comportamiento similar al del Nitrógeno Total, a diferencia del valor en MAN E01 que puede atribuirse a actividad antrópica en la parte alta de la corriente de la quebrada Manizales, a partir de MAN E03 presentan un aumento alcanzando su máximo en MAN E05 donde la quebrada Manizales ya recibió la quebrada Cimitarra (que recibe los vertimientos de las empresas Descafecol y Progel), en el tramo desde MAN E05 hasta MAN E07 tiene a descender por la dilución que aportan las quebradas Tesorito y Universitaria, a partir de la estación MAN E08 hasta su desembocadura permanece estable con leves variaciones ya que los

aportes de los vertimientos y tributarios no alteran considerablemente este parámetro.

Las fuentes de nitrógeno posibles sobre la Quebrada Manizales son diversas, las aguas residuales domésticas, en general, son la principal fuente de Nitrógeno orgánico, debido a la presencia de proteínas, y Nitrógeno amoniacal, por la hidrólisis de la urea en el agua, algunos vertimientos de aguas residuales no domésticas provenientes de las industrias, también contribuyen a las descargas de Nitrógeno orgánico y amoniacal.

La atmósfera es otra fuente importante debido a diversos mecanismos como la biofixación de bacterias y algas presentes en los cuerpos hídricos, que incorporan el Nitrógeno atmosférico en sus tejidos, contribuyendo a la presencia de Nitrógeno orgánico en las aguas; la fijación química, la reacción que depende de la presencia de luz, también acarrea la presencia de amoníaco y Nitratos en las aguas, pues la lluvia transporta tales sustancias, así como las partículas que contienen Nitrógeno.

- **Fósforo Total y Fósforo Soluble**



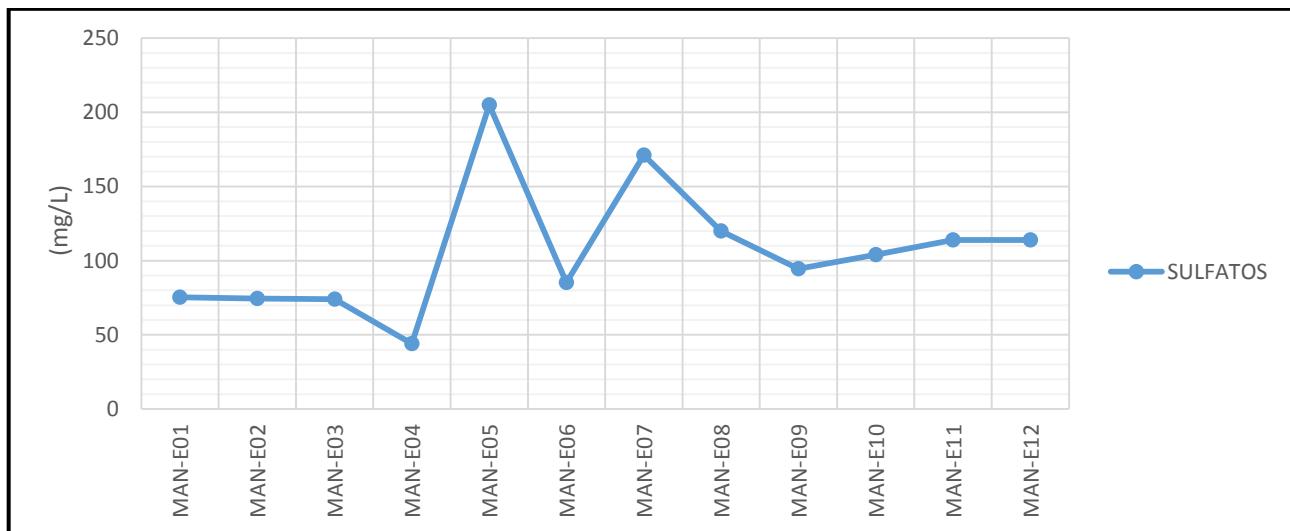
Gráfica 33. Comportamiento del Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que la concentración de Fósforo Total creciente, muestra un valor pico en la estación MAN E03 debido a los aportes de fósforo

provenientes del vertimiento de la mina la Coqueta quien aporta una concentración de 5.54 mg/l, posteriormente desciende en la estación MAN E04, en el tramo comprendido hasta MAN E10 tiene una tendencia al aumento con leves fluctuaciones debido a la dilución por el aporte de caudal de las quebradas Santa Rita y quebrada Guayabal y/o al consumo de nutrientes por acción de los microorganismos presentes en la fuente, posteriormente tiene un aumento considerable desde la estación MAN E10 hasta su desembocadura en el río Chinchiná MAN E12 debido al aporte de los vertimientos y entrada de la quebrada Cristales con un aporte de 2,84 mg/l, TopTec1, los descoles de agua residual doméstica del barrio la Enea 6,96 y 3.72 mg/l y la quebrada Sin Nombre 2 que recibe las aguas residuales domésticas del sector de San Marcel con un aporte de 5.4 mg/l

La presencia de fósforo muestra que los vertimientos pueden contener detergentes o productos de limpieza como es el caso de las aguas residuales domésticas, o Nitrógeno y fósforo en las industrias de elaboración de alimentos presentes en la zona de estudio; La carga de fosfato total se compone de Ortofosfato, polifosfatos y compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de Ortofosfato la más elevada, por eso en algunos tramos de la gráfica se observa una diferencia entre las dos formas de Fósforo medidas.

- **Sulfatos y Cloruros**

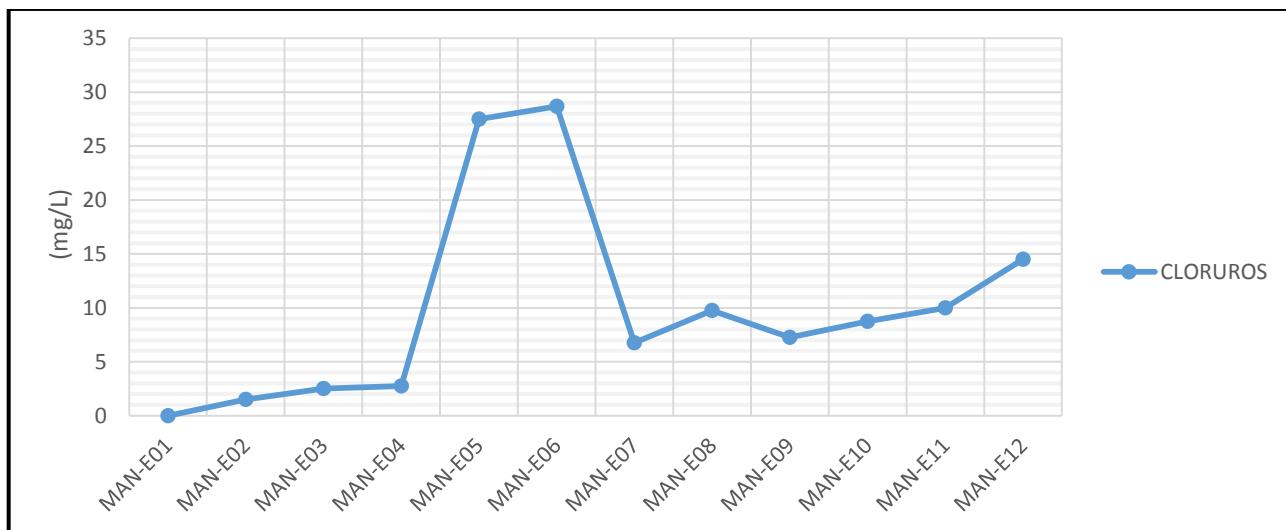


Gráfica 34. Comportamiento de los Sulfatos Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que Los valores en la concentración de sulfatos presentan un comportamiento creciente a lo largo de la corriente, en el tramo inicial hasta la bocatoma del acueducto la Enea presentan un comportamiento constante con una disminución después de la captación del acueducto de la Enea en la estación MAN E04; posteriormente, en la estación MAN E05 presentan un pico de concentración de 205 mg/l debido al aporte de la quebrada Cimitarra que recibe el vertimiento de la empresa Progel, con un aporte de 1250 mg/l de Sulfatos, concentración que puede estar relacionada con el uso de ácido sulfúrico y/o sulfato de calcio en actividades estabilización de materia prima y control de potencial de hidrógeno.

En la estación MAN E06 presenta una disminución de este parámetro, esta dilución se debe al aporte de caudal de la quebrada Santa Rita y a su baja carga en Sulfatos, luego presenta un aumento con otro pico de 171 mg/l en la estación MAN E07 debido a los aportes de la quebrada Tesorito (ya ha recibido el vertimiento de Parque Industrial Juanchito) 103 mg/l , después de esta estación, en el tramo entre MAN E08 y su desembocadura al río Chinchiná en la estación MAN E12, se tiene una dilución debido al aporte de caudal de la quebrada Guayabal, finalmente la concentración aumenta

levemente por los aportes de los vertimientos de la empresa TopTec1 249 mg/l y TopTec 3 49.8 mg/l y el vertimiento de la empresa Foodex 180 mg/l.

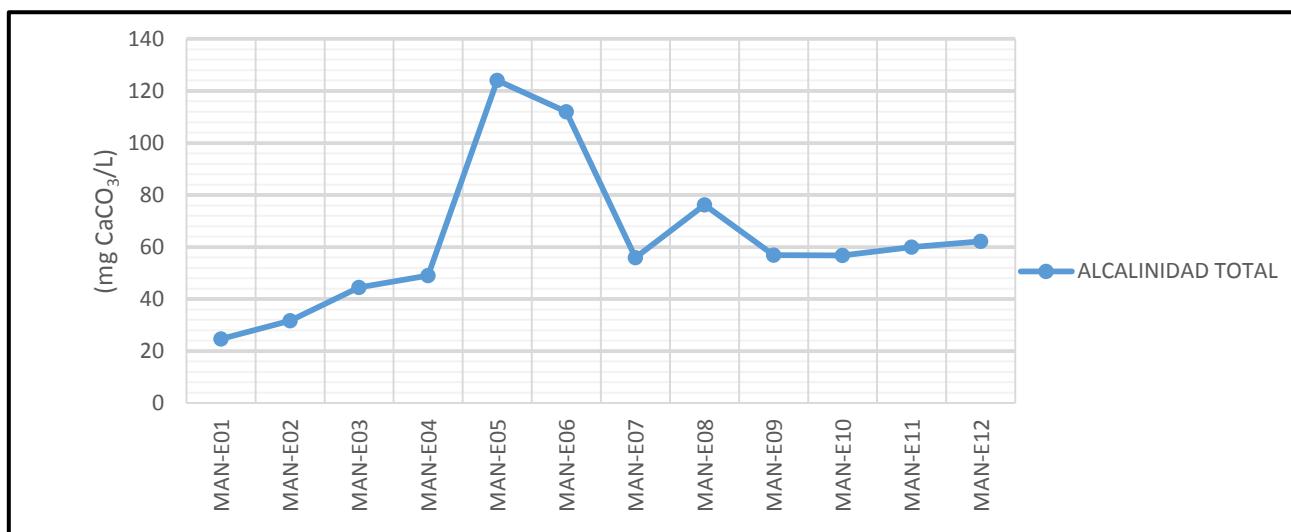


Gráfica 35. Comportamiento de los Cloruros Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que para la concentración de cloruros se presenta una tendencia creciente a lo largo del recorrido hasta su desembocadura en el río Chinchiná, con valores que no superan los 5 mg/L desde la estación MAN E01 hasta MAN E04, para el tramo comprendido entre la estación MAN E04 y MAN E07 presenta un aumento considerable con un pico en MAN E06 de 28.7 mg/L debido al aporte de la quebrada Cimitarra y Santa Rita, posteriormente en la estación MAN E07 disminuye considerablemente gracias a que el aporte de caudal de la quebrada Tesorito ayuda a diluir los cloruros por su baja concentración aunque la quebrada Universitaria aporta una cantidad considerable de Cloruros, su alteración es mínima, posteriormente en la estación MAN E09 vuelve a disminuir levemente debido a la dilución que permiten las aguas de la quebrada Guayabal, después continua tendencia al aumento desde la estación MAN E09 hasta la desembocadura al río Chinchiná MAN E12 ,por el aporte de los vertimientos de TopTec1 y el descole de las aguas residuales domésticas del barrio la Enea.

Normalmente el aporte de cloruros se debe a los vertimientos de aguas residuales domésticas ya que la actividad humana incrementa la concentración de este ion, teniendo en cuenta que sobre la quebrada Manizales se realizan varios vertimientos de aguas residuales domésticas, se puede atribuir esta variación a la presencia de estos.

- **Alcalinidad Total y Dureza Total**



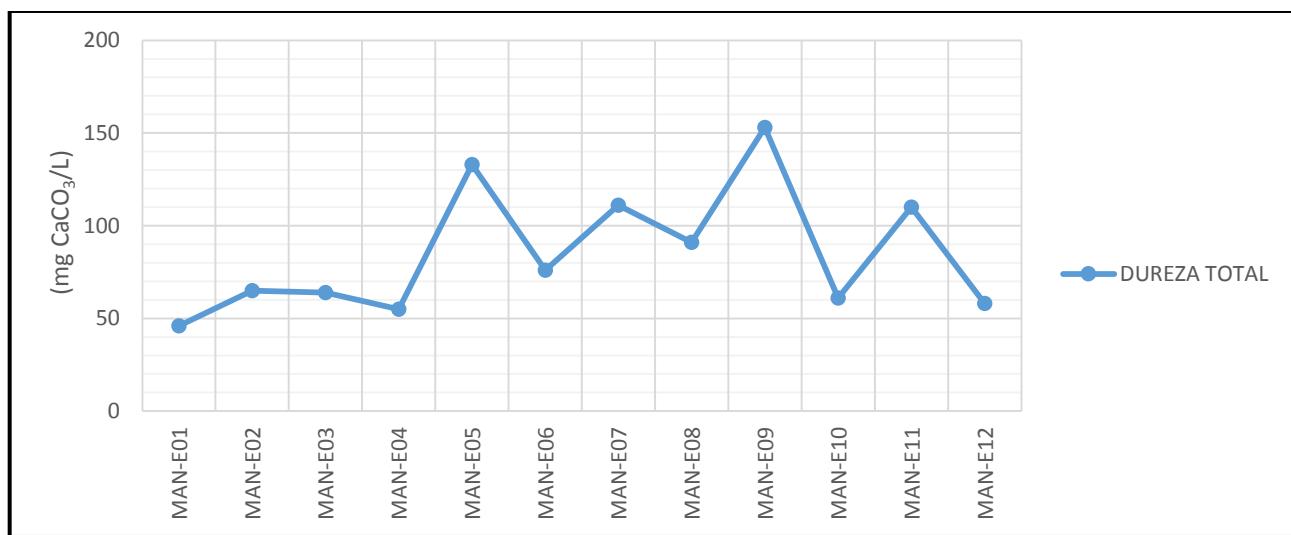
Gráfica 36. Comportamiento de la Alcalinidad Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que el comportamiento de la alcalinidad entre las estaciones MAN E01 y MAN E04 es creciente con valores que van desde los 24 mg/l hasta los 49 mg/l, luego en la estación MAN E05 se presenta un pico, esto se debe al aporte realizado por la quebrada Cimitarra con respecto a este parámetro 116 mg/l , para la estación MAN E06 y MAN E07 tiende a descender debido a los aportes de caudal de las quebradas Santa Rita, Tesorito y Universitaria, y los valores bajos en alcalinidad, que favorecen un proceso de dilución.

Luego en la estación MAN E08 aumenta levemente debido a los aportes de vertimientos de aguas residuales no domésticas y domésticos presentes, después disminuye su concentración al ser diluido con el caudal aportado por la quebrada Guayabal antes de la estación MAN E09, después de esta estación el comportamiento tiende a un aumento leve con los aportes de las

quebradas Cristales, quebrada sin Nombre 2 y los vertimientos de TopTec y las aguas residuales domésticas del barrio la Enea.

Este parámetro indica que sobre la quebrada Manizales la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, posiblemente boratos, silicatos, fosfatos y sustancias orgánicas.



Gráfica 37. Comportamiento Dureza Total Quebrada Manizales

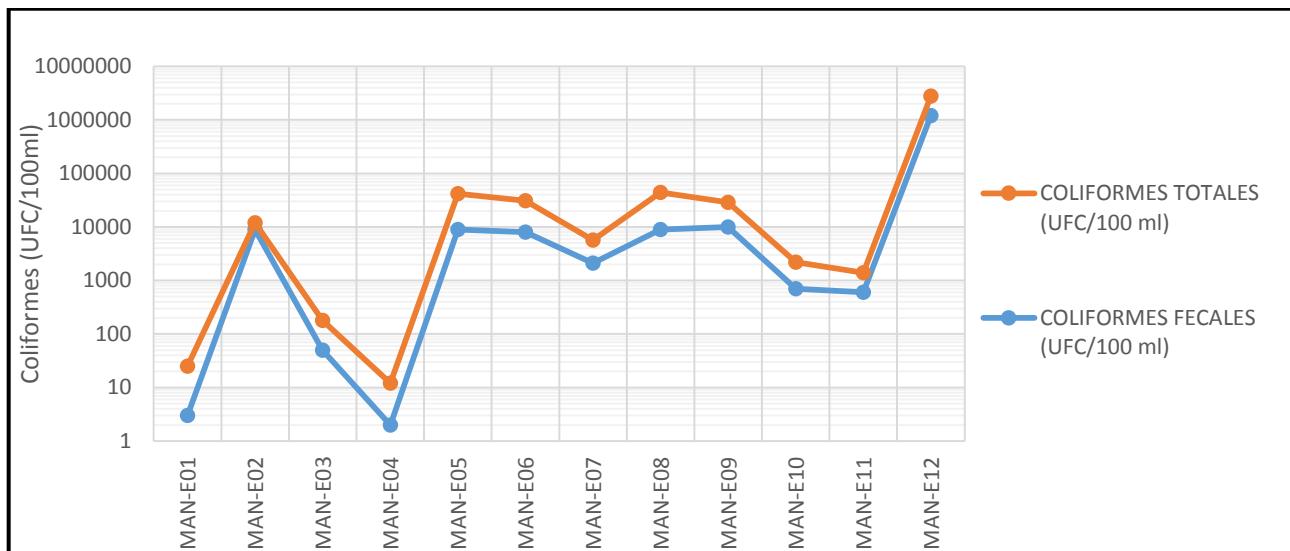
En la gráfica se observa que los valores para la concentración de la dureza sobre la quebrada Manizales son fluctuantes con algunas concentraciones de 76 mg/l a través de su recorrido.

Para el tramo entre la estación MAN E01 y MAN E04 se tienen valores estables entre 46 mg/l y 65 mg/l como aguas blandas, después aporta sus aguas la quebrada Cimitarra y la dureza aumenta considerablemente hasta una concentración de 133 mg/l siendo aguas moderadamente duras. Seguido, en la estación MAN E06, se tiene el aporte de la quebrada Santa Rita la cual aporta aguas blandas, disminuyendo la dureza de la quebrada Manizales, posteriormente, en la estación MAN E07 las quebradas Tesorito y Universitaria aportan aguas levemente duras, aumentando la dureza total de la quebrada, en el puente Verdum se presenta un aumento atípico ya que las aguas de la quebrada guayabal son blandas y deben presentar valores

como los de MAN E10, esto se puede atribuir a las aguas de lavado de las obras que se vienen realizando sobre la avenida Panamericana que caen sobre la quebrada en este sector. Para la estación MAN E11 se observa nuevamente un aumento debido a los aportes de los vertimientos de TopTec 143 mg/l y 95 mg/l, y a la quebrada Cristales 84 mg/l.

La variación en la dureza sobre la quebrada Manizales, también se puede ver influenciada por la presencia de metales como Calcio y Magnesio, el Calcio es un metal alcalino téreo y uno de los cationes más abundantes en aguas subterráneas y superficiales, es fácilmente disuelto de las rocas ricas en minerales que lo contienen como calcita, y dolomita, por el agua de escorrentía o de lluvia.

- **Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)**



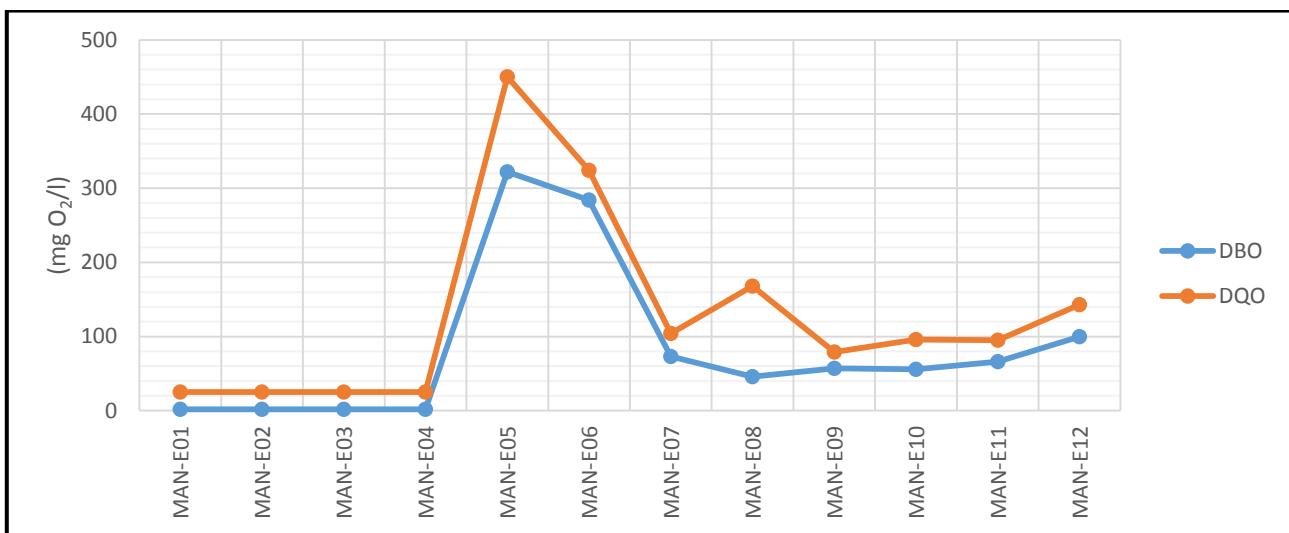
Gráfica 38. Comportamiento Coliformes Totales y Coliformes Fecales Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que en la parte alta de la quebrada existe un aumento en la concentración de Coliformes para la estación MAN E02, esto se debe a la presencia de vertimientos de aguas residuales domésticas y/o escorrentías presentes en el terreno, donde se puede presentar arrastre de estiércol de animales. Luego entre las estaciones MAN E03 y MAN E04 se observa una disminución de los Coliformes fecales, estos descienden hasta un valor cercano a 0, esto puede atribuirse a los procesos de potabilización que están presentes en el acueducto de la Enea antes de la estación y a la entrada de los vertimientos de la actividad minera presente en la zona, donde se presenta una aporte de sólidos y una disminución en el pH, factores que afectan el crecimiento de los microorganismos.

Después de la estación MAN E04, llegan los aportes de la quebrada Cimitarra que generan un aumento considerable en las Coliformes, tanto totales como fecales, y esta concentración se mantiene similar con el aporte de la quebrada Santa Rita en la estación MAN E06 y desciende levemente

en MAN E07, con el aporte de la quebrada Tesorito que tiene una concentración baja de Coliformes, finalmente en el tramo entre MAN E09 y MAN E11 se presenta una disminución debido a la dilución, y posiblemente a los cambios de temperatura y de pH, que se ven influenciados por el aporte de las quebradas Guayabal y Cristales con sus aguas con baja carga de patógenos, pero en MAN E12 se observa un aumento significativo debido al vertimiento de las aguas residuales domésticas de los descoches del barrio la Enea.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ y Demanda Química de Oxígeno DQO**



Gráfica 39. Comportamiento de la DBO₅ y DQO Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que la concentración en los parámetros de DBO₅ y DQO para el tramo entre las estaciones MAN E01 y MAN E04 permanece constante con valores bajos para DBO₅ menores a 1,98 mg/l y DQO menor a 25 mg/l, valores esperados ya que en este tramo no se presentan fuentes considerables de contaminación por materia orgánica e inorgánica, aunque sobre este se realiza el vertimiento de La mina La Coqueta para este año no se evidencia alteración de estos parámetros, lo que puede inferir algún cambio en el proceso de extracción en la mina.

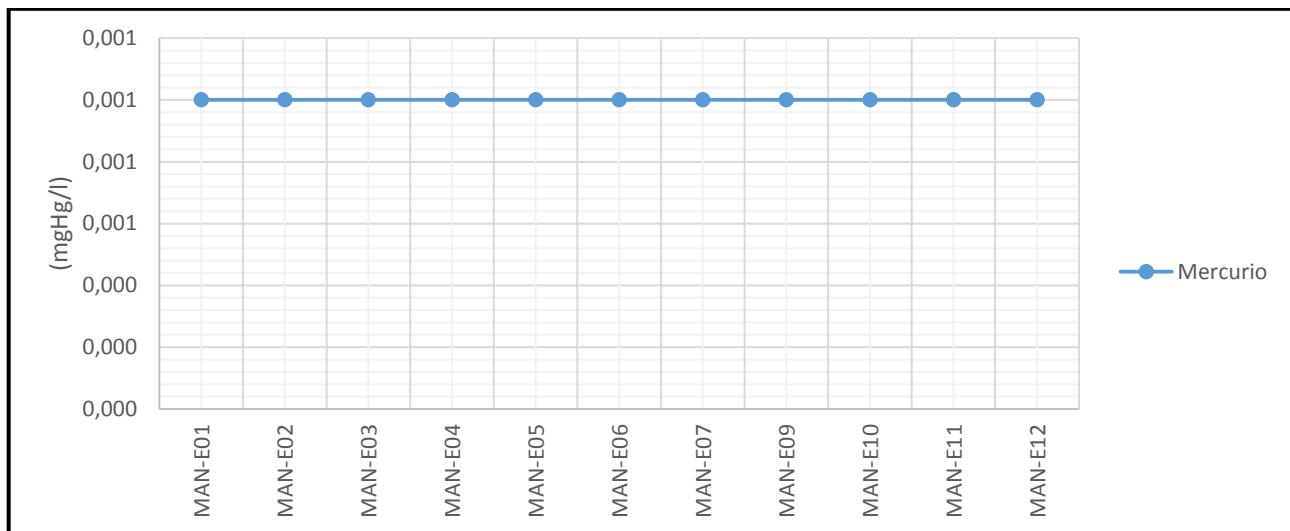
En la estación MAN E05 se observa un aumento en la concentración de la DBO_5 y DQO, en este punto la quebrada Manizales ha recibido el aporte de la quebrada Cimitarra, que trae una elevada carga orgánica e inorgánica ($\text{DBO}_5 288 \pm 18$ y $\text{DQO } 236 \pm 24 \text{ mg/l}$) debido a que ha recibido los vertimientos de las empresas Progel que aporta carga contaminante ($\text{DBO}_5 725 \pm 24$ y $\text{DQO } 1630 \pm 49 \text{ mg/l}$) y Descafecol ($\text{DBO}_5 164 \pm 17$ y $\text{DQO } 244 \pm 7 \text{ mg/l}$).

Posteriormente para el tramo entre MAN E06 y MAN E07 se observa una disminución en la concentración de los dos parámetros, debido al aporte de caudal y baja concentración de DBO_5 y DQO de las quebradas Santa Rita, Tesorito y Universitaria, favoreciendo los procesos de dilución y autodepuración sobre la quebrada Manizales.

En el tramo desde la estación MAN E08 hasta MAN E09, se observa un leve aumento en la concentración DQO y una disminución en la DBO_5 , en la estación MAN E09 la concentración de los dos parámetros disminuye notablemente, hecho que puede atribuirse a la incorporación de la quebrada Guayabal y a los procesos de autodepuración de la quebrada, finalmente en la estación MAN E12 en la desembocadura en el río Chinchiná, termina con valores de $\text{DBO}_5 100 \pm 10 \text{ mg/l}$ y $\text{DQO } 143 \pm 4 \text{ mg/l}$, en este punto ya la quebrada ha recibido los aportes de carga contaminante de la quebrada Cristales, vertimientos de la empresa Toptec y los vertimientos de las aguas residuales domésticas del barrio la Enea.

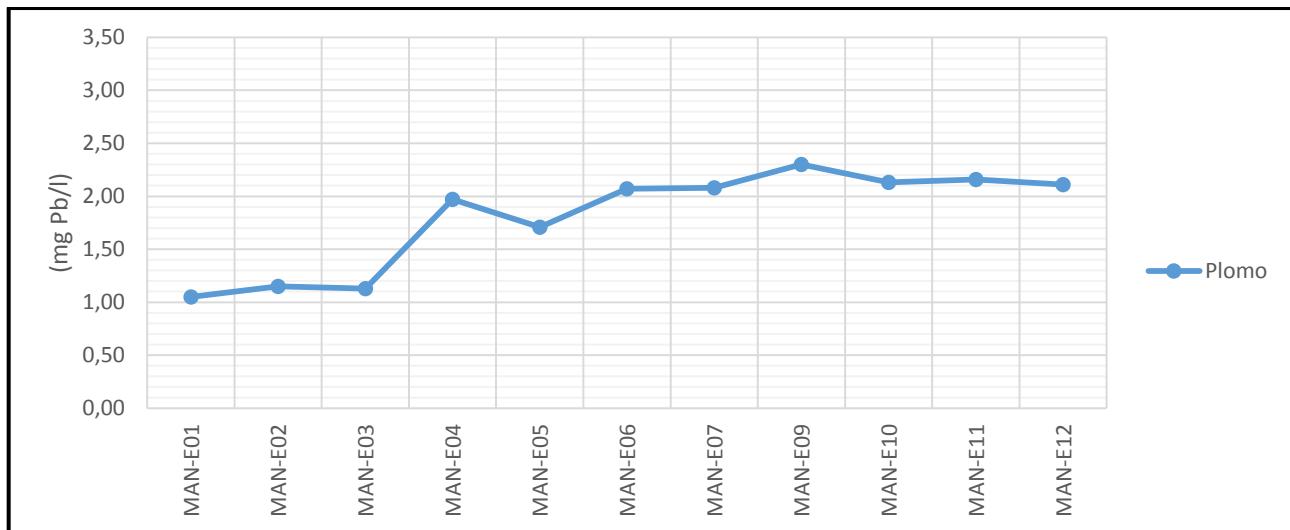
En la quebrada Manizales se evidencia contaminación por materia orgánica e inorgánica, los valores de DBO_5 y DQO en el tramo final antes de desembocar al río son cercanos razón por la cual se puede inferir que la mayoría de la carga contaminante es materia orgánica biodegradable.

- **Mercurio y Plomo**



Gráfica 40. Comportamiento del Mercurio Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que la concentración del mercurio permanece constante a lo largo de la corriente con un valor de 0,001 mg/l, por debajo del límite de cuantificación del Laboratorio de CORPOCALDAS, por lo tanto se observa que no se presenta contaminación por presencia de mercurio en la quebrada. La medición de este parámetro se hace necesario debido a la actividad minería que se realiza en la parte alta de la quebrada Manizales, con el fin de identificar su presencia en los procesos de extracción de metales.



Gráfica 41. Comportamiento del Plomo Quebrada Manizales

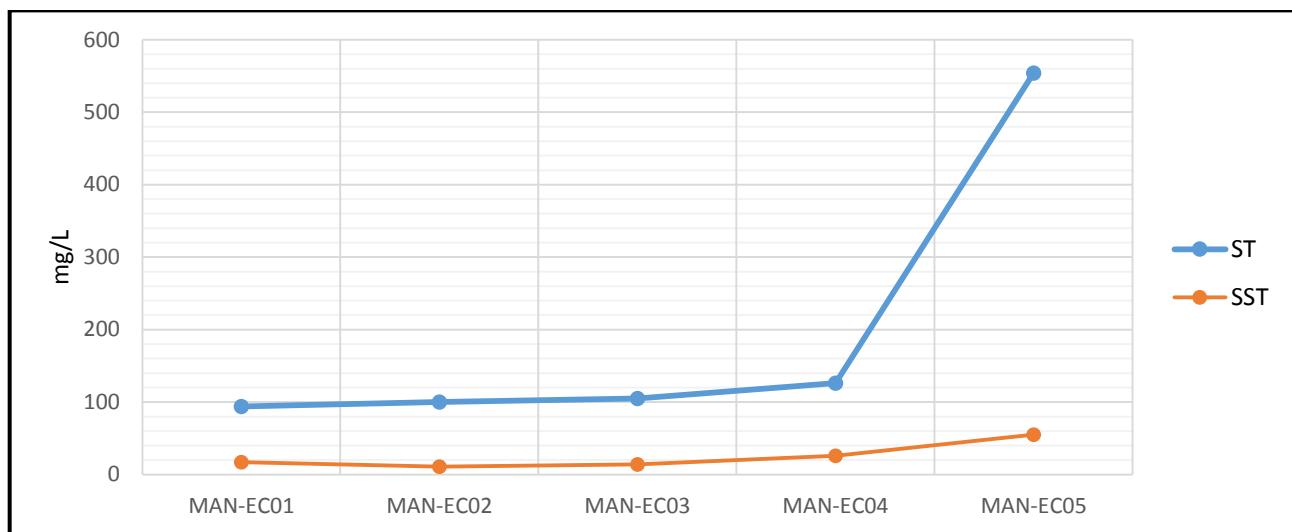
En la gráfica se observa que la concentración de plomo Pb, presenta una tendencia creciente a partir de la estación MAN E02 donde se encuentra el vertimiento de la mina la Coqueta, es importante comprender que la industria minera usa nitrato de plomo para mejorar la cinética de reacción de la precipitación del oro aumentando así la eficiencia de la extracción. El leve aumento en la estación MAN E04 después del acueducto de la Enea, se puede atribuir a la reducción en su caudal y la concentración de los mismos debido a que se disminuye el poder de dilución de la fuente por las captaciones, después tiene una leve disminución con el aporte de la quebrada Cimitarra en la estación MAN E05, una vez que la quebrada recibe los vertimientos de aguas residuales no domésticas y las quebradas Tesorito, Cimitarra, Guayabal y Santa rila, se alcanza un valor en la estación MAN E12 de 2.11 mg/l, lo que indica que se genera una aporte en este parámetro por ingreso de los diferentes tributarios. Para la estación MAN E08 no se midieron Mercurio ni Plomo.

Para el caso de la quebrada Manizales se cuenta con actividades minería y algunos procesos desarrollados en la zona industrial que indican presencia de Plomo Pb como los vertimientos de las empresas Progel y Surtipieles, también se observa que el vertimiento de las aguas residuales domésticas del barrio la Enea presenta una concentración de Plomo Pb, esto puede

deberse a la utilización de pinturas, residuos de gasolinas o desgaste de algunas tuberías antiguas con recubrimientos de Plomo.

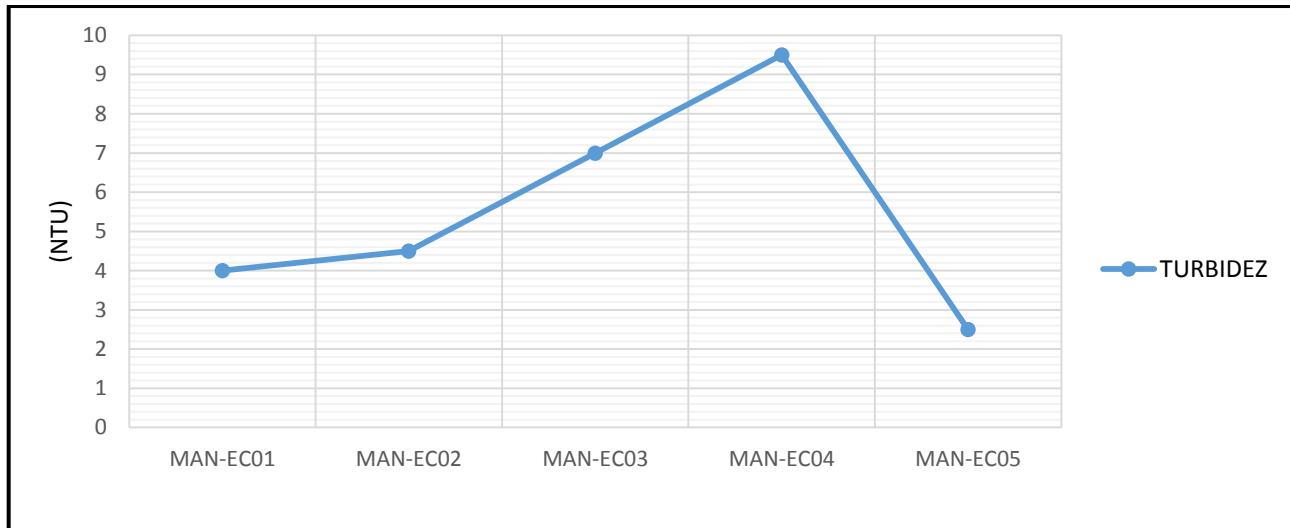
QUEBRADA CIMITARRA

- **Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspensos Totales (SST), Turbiedad y Color**



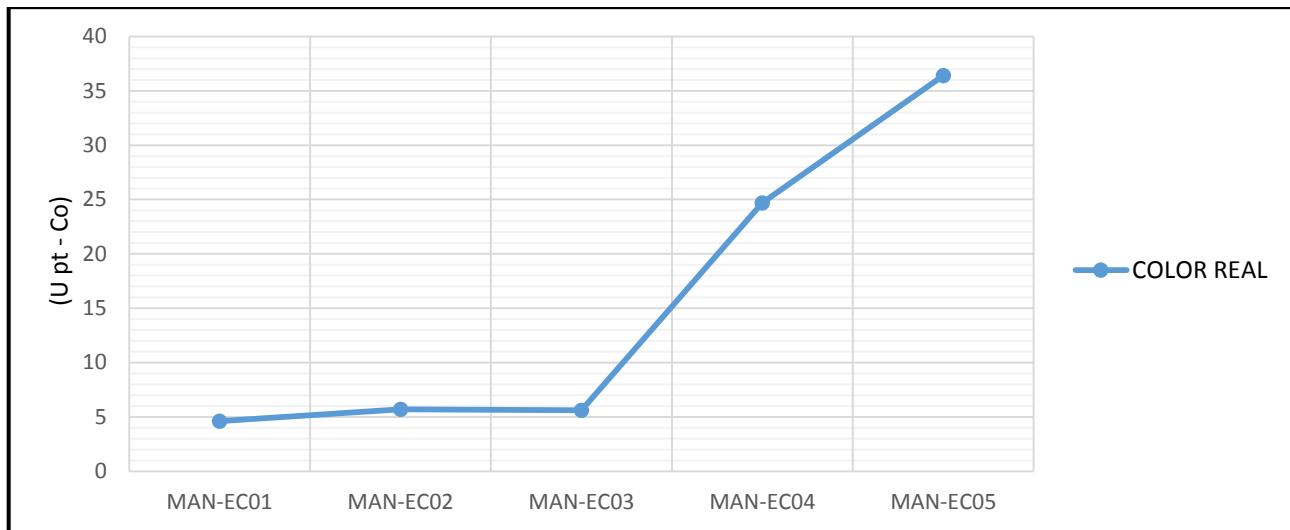
Gráfica 42. Comportamiento de los ST y SST Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que la concentración de los sólidos suspendidos totales y los sólidos totales tiene una tendencia creciente a lo largo de la corriente entre las estaciones MAN EC01 y MAN EC04, para la estación MAN EC04 se observa un aumento más pronunciado para los sólidos totales ya que en este tramo la quebrada recibe vertimiento de la empresa Descafecol ST 350 mg/l SST 22± 1, en la estación MAN EC05 la concentración de sólidos totales aumenta considerablemente, esto se debe a que en este tramo la Quebrada recibe el vertimiento de la PTAR de la empresa Progel ST 2890 mg/l SST 492± 25 con una elevada carga de material disuelto que altera considerablemente las condiciones de la quebrada Cimitarra, antes de desembocar a la quebrada Manizales.



Gráfica 43. Comportamiento de la Turbidez Quebrada Cimitarra

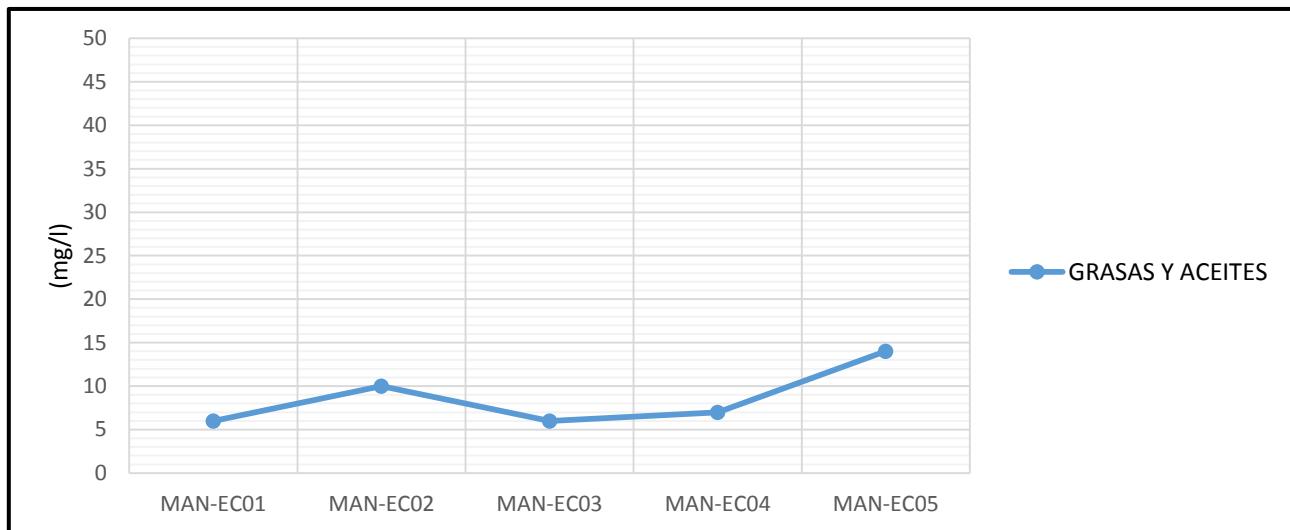
En la gráfica se observa que la turbiedad presenta valores bajos menores a 10 NTU sobre la quebrada Cimitarra presentando un leve aumento entre las estaciones MAN EC02 y MAN EC04, en esta última se presenta el vertimiento de la empresa Descafecol, posteriormente, disminuye antes de desembocar en la quebrada Manizales, lo que pude inferir que tiene una estrecha relación directamente proporcional a la concentración de sólidos suspendidos totales.



Gráfica 44. Comportamiento Color Real Quebrada Cimitarra

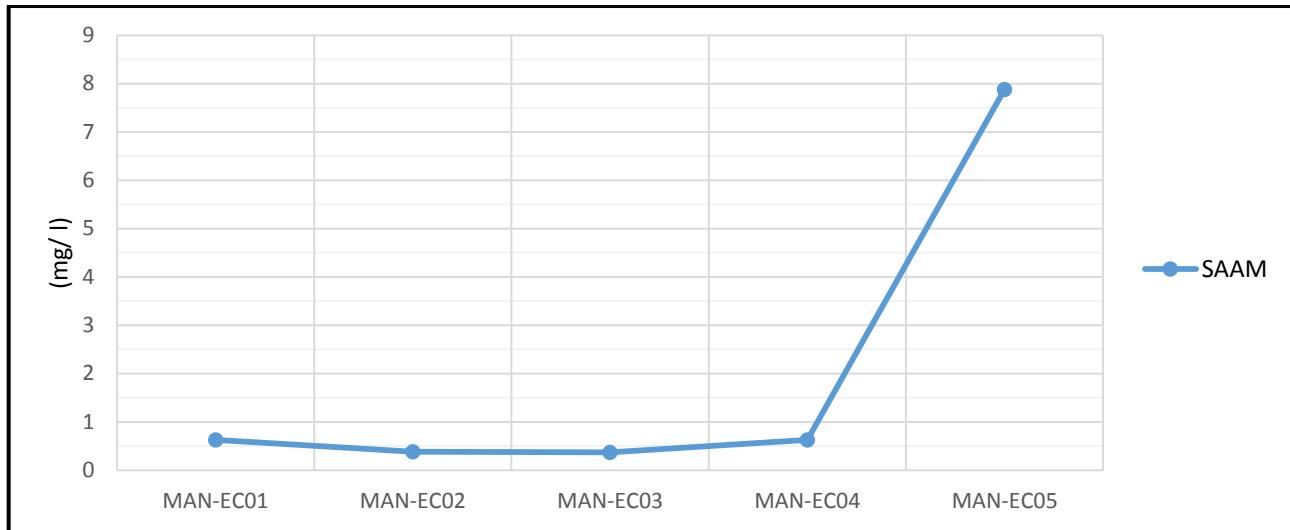
En la gráfica se observa que el color real toma un valores alrededor de 6 Upt-Co, entre las estaciones MAN EC01 y MAN EC03, pero una vez se presentan los vertimientos de las empresas Descafecol y Progel, el color real aumenta considerablemente antes de desembocar en la quebrada Manizales en MAN EC05, es de esperarse ya que estos vertimientos aportan una concentración mayor de material disuelto que en material suspendido

- **Grasas y Aceites, detergentes**



Gráfica 45. Comportamiento Grasas y Aceites Quebrada Cimitarra

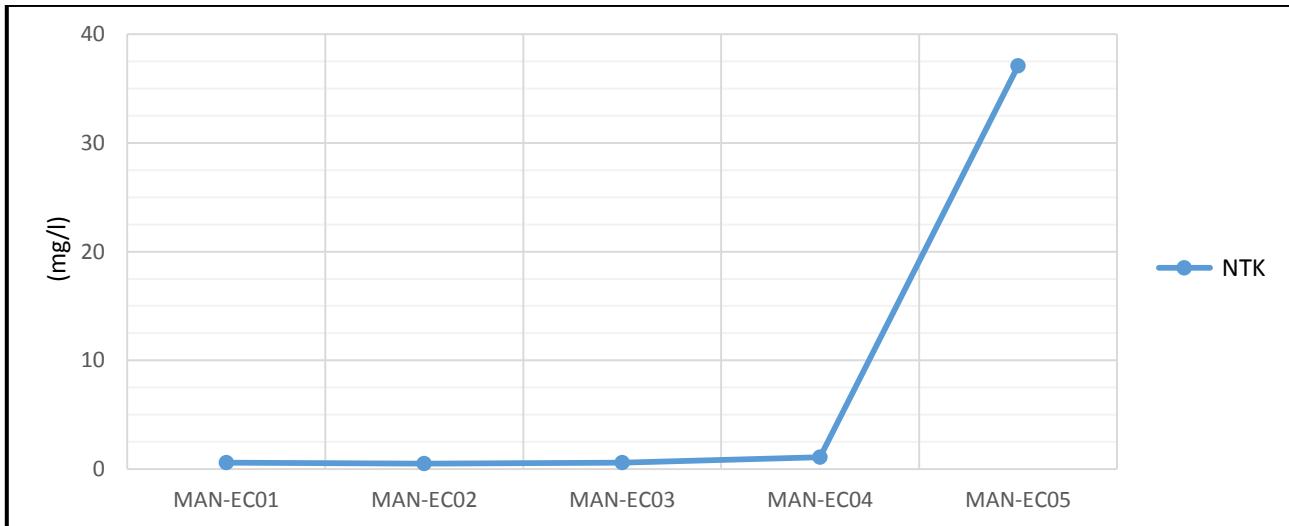
En la gráfica se observa que la concentración de grasas y aceites es baja entre las estaciones MAN EC01 y MAN EC04, pero se presenta un aumento una vez se incorpora el vertimiento de la empresa Progel antes de desembocar a la Quebrada Manizales, aunque no es un valor muy alto, se puede inferir que la empresa ha optimizado su sistema de tratamiento y se ha reducido el impacto sobre la quebrada.



Gráfica 46. Comportamiento Detergentes Quebrada Cimitarra

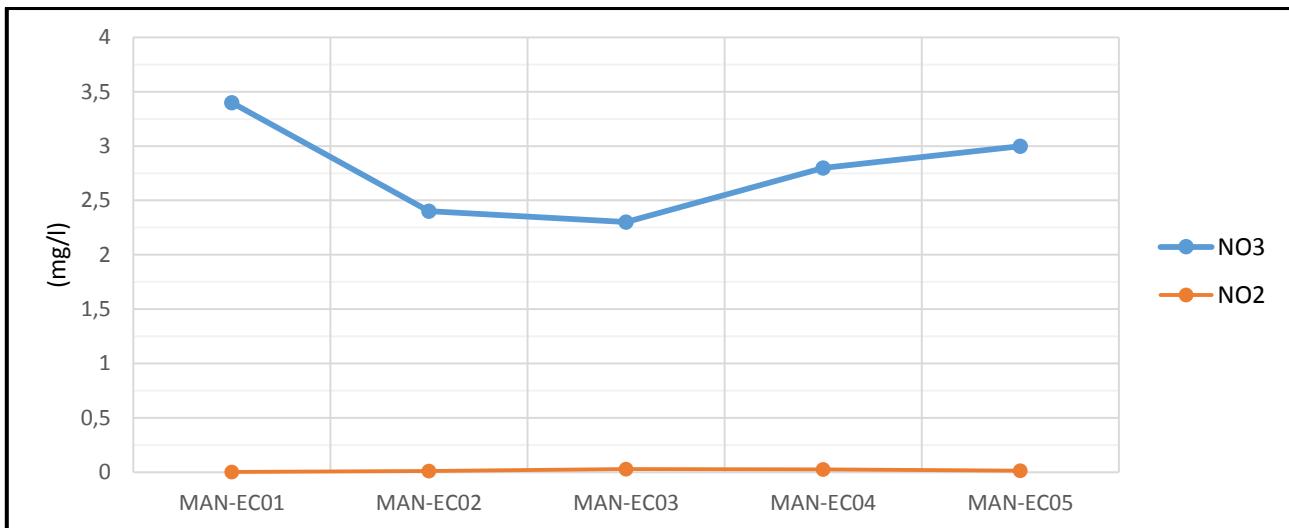
En la gráfica se observa que la concentración de detergentes presenta valores muy bajos entre las estaciones MAN EC01 y MAN EC03, con un leve aumento en la estación MAN EC04, y un aumento pronunciado en la estación MAN EC05, la quebrada en este tramo recibe los vertimientos de las empresas Descafecol y Progel, pero para este estudio mostraron una concentración de detergentes menor a uno, por lo que este aumento se puede atribuir a alguna escorrentía de las actividades domésticas que se realizan en las viviendas que se encuentran en la zona.

- **Nitrógeno total (NTK), Nitritos y Nitratos**



Gráfica 47. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que la concentración de Nitrógeno Total sobre la quebrada Cimitarra, en el tramo entre MAN EC01 y MAN EC03 los valores son muy bajos, se observa un leve aumento en la estación MAN EC04 después de la entrada del vertimiento de la empresa Descafecol 5.8 mg/l y posteriormente un aumento considerable antes de su desembocadura en la Quebrada Manizales en la estación MAN EC05 debido al aporte de nutrientes del vertimiento de la PTAR de la empresa Progel 139 mg/l.



Gráfica 48. Comportamiento Nitratos y Nitratos Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que la concentración de Nitratos está por encima de 2,3 mg/l en el tramo desde la estación MAN EC01 a MAN EC05, el comportamiento creciente y luego decreciente se da por los procesos de oxidación del Nitrógeno y las formas presentes del Nitrógeno, se observa que la concentración de Nitritos se mantiene constante, lo que indica que los cambios que están ocurriendo se deben a la oxidación del Nitrógeno total a Nitratos rápidamente, en la última estación MAN EC05, se observa un valor alto en Nitrógeno total y un valor para los Nitratos menor , esto se debe a que la fuente de contaminación por Nitrógeno es cercana a las estación, en este caso el vertimiento de la PTAR de la empresa Progel.

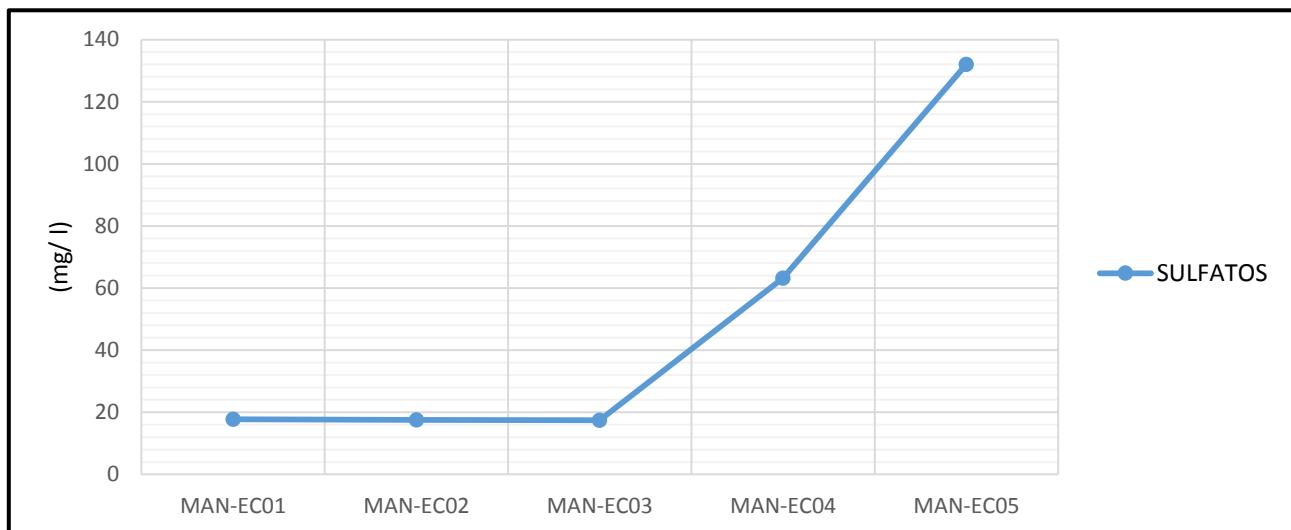
- **Fósforo Total y Fósforo Soluble**



Gráfica 49. Comportamiento Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Cimitarra

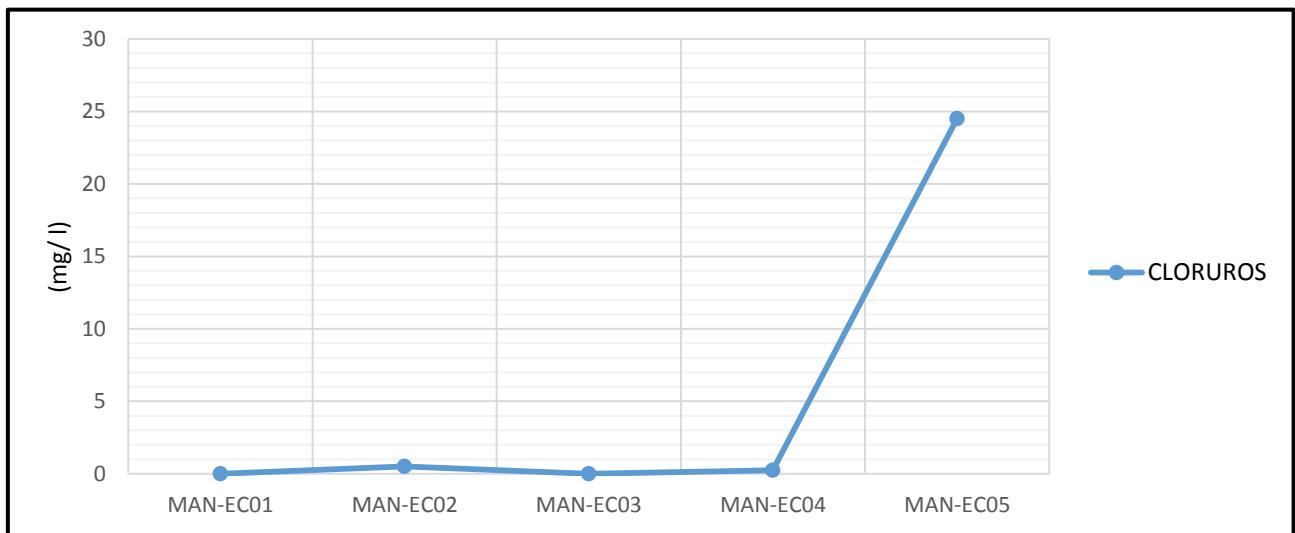
En la gráfica se observa que la concentración de fósforo total y soluble, tienen un comportamiento variable, en la estación MAN EC02 se observa un valor para el fósforo total de 2.92 mg/l superior a los valores observados en las demás estaciones, este aumento puede deberse a erosión de algunas rocas, degradación de materia orgánica o un aporte de aguas residuales ricas en nutrientes, para este caso no hay presencia de actividades antrópicas en el tramo MAN EC01 a MAN EC03, por lo que este cambio significativo se puede atribuir a causas naturales.

- **Sulfatos y Cloruros**



Gráfica 50. Comportamiento Sulfatos Quebrada Cimitarra

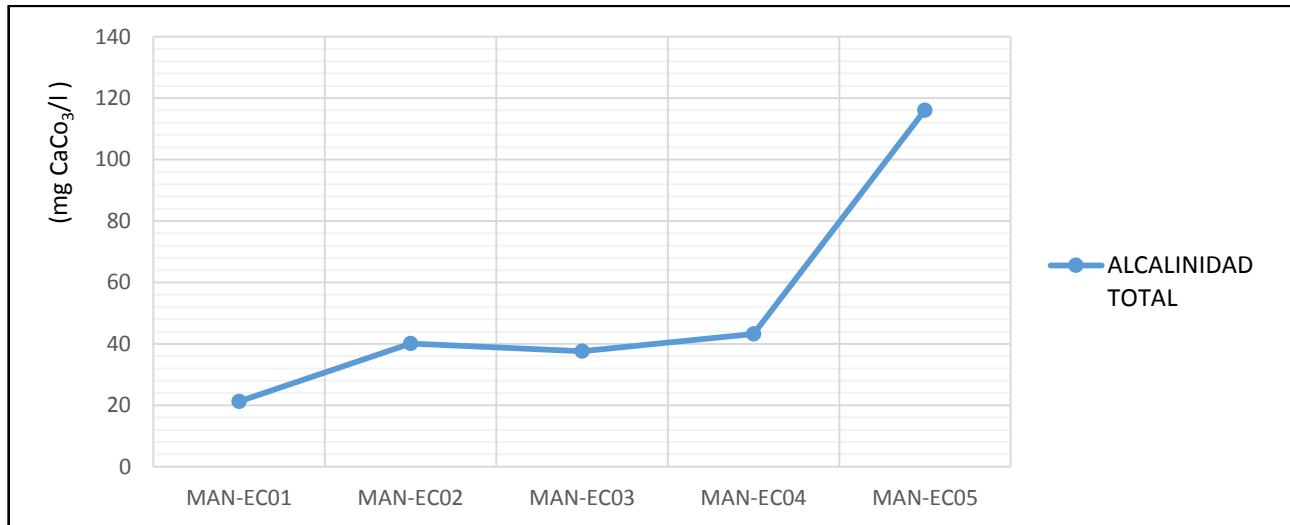
En la gráfica se observa que la concentración de los sulfatos sobre la quebrada cimitarra presenta valores constantes en el tramo entre las estaciones MAN EC01 hasta MAN EC03, se presenta un aumento en la concentración en la estación MAN EC04 y MAN EC05, en estas últimas se presentan los vertimientos de las empresas Descafecol y PTAR de la empresa Progel; este aumento puede darse debido a las condiciones naturales de la quebrada por dilución del suelo y las rocas, o por la oxidación de sulfuros, adicionalmente el vertimiento de las aguas no residuales domésticas provenientes de las actividades realizadas en las dos empresas mencionadas.



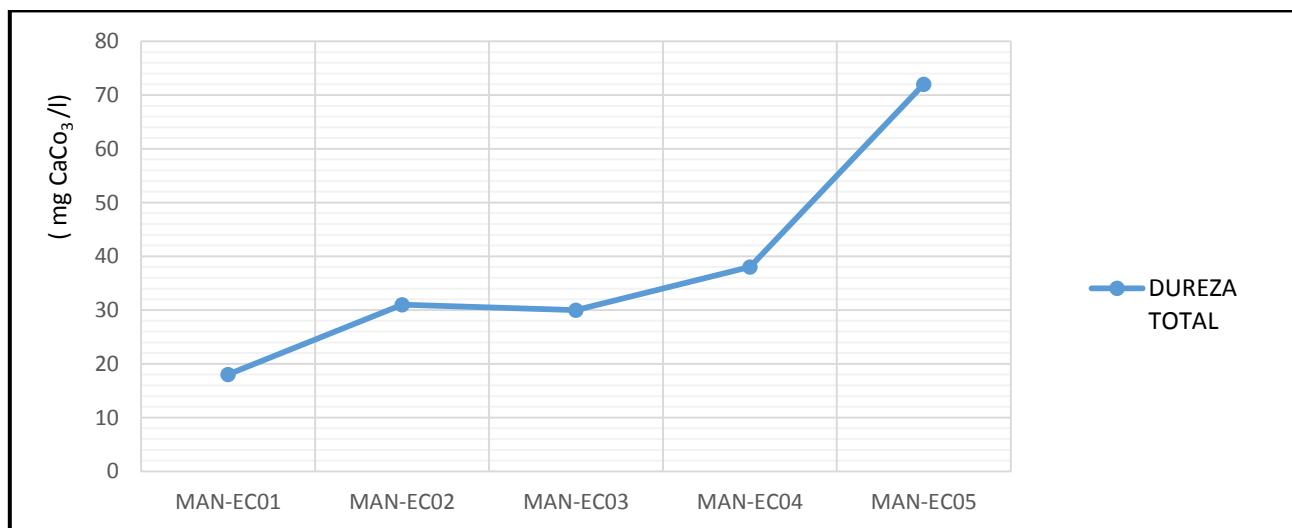
Gráfica 51. Comportamiento Cloruros Quebrada Cimitarra

En la gráfica puede observarse que la concentración de cloruros es inferior a 1 mg/l entre las estaciones MAN EC01 y MAN EC04, pero en MAN E05, después de recibir el vertimiento de la empresa Progel, se observa un aumento considerable en la quebrada Cimitarra, posiblemente esto se debe a los residuos generados en el proceso industrial y en las etapas donde se realiza el lavado y la extracción de materia prima.

Alcalinidad Total y Dureza Total



Gráfica 52. Alcalinidad Quebrada Cimitarra

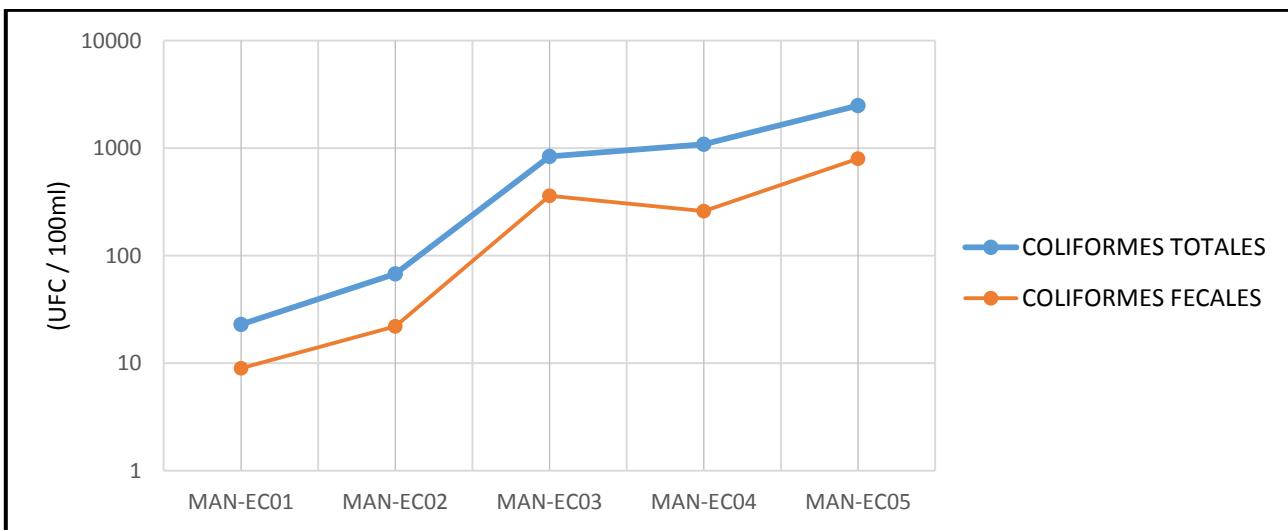


Gráfica 53. Comportamiento Dureza Total Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que los parámetros de Alcalinidad Total y la Dureza Total, tienen un comportamiento creciente a lo largo de la quebrada, finalizando con un valor para la alcalinidad de 116 mg/l y dureza total de 72 mg/l en la estación MAN EC05, esto indica que el aporte de los vertimientos de las empresas Descafecol y Progel, está generando un aporte en

compuestos como los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos en el caso de la alcalinidad y sales de calcio y magnesio en el caso de la Dureza.

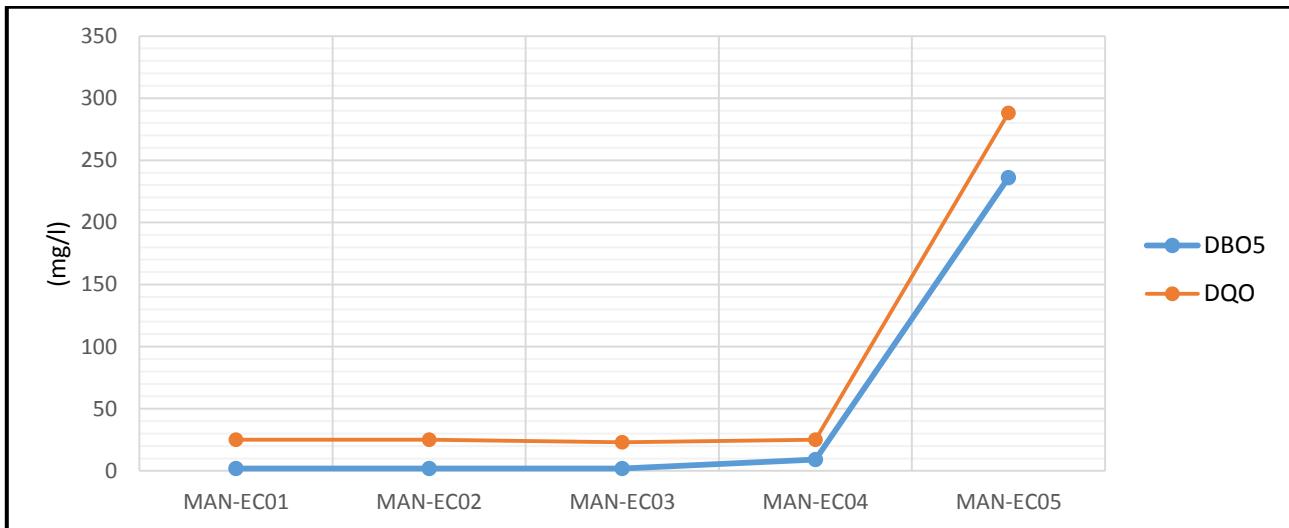
- **Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)**



Gráfica 54. Comportamiento Coliformes Totales y Coliformes Fecales Quebrada Cimitarra

En la gráfica se observa que el comportamiento de los Coliformes es creciente, desde la estación MAN EC01 hasta la estación MAN EC05 se observa un aumento en la cantidad de Coliformes Totales y fecales, esto se debe al aporte de aguas residuales domésticas generadas en algunas viviendas que se encuentran en la zona, sin embargo se observa que los valores más altos para estos parámetros se alcanzan en la estación MAN EC05, donde la quebrada ya ha recibido los vertimientos de las empresas Descafecol y Progel.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ y Demanda Química de oxígeno DQO**



Gráfica 55. Comportamiento DBO₅ y DQO Quebrada Cimitarra

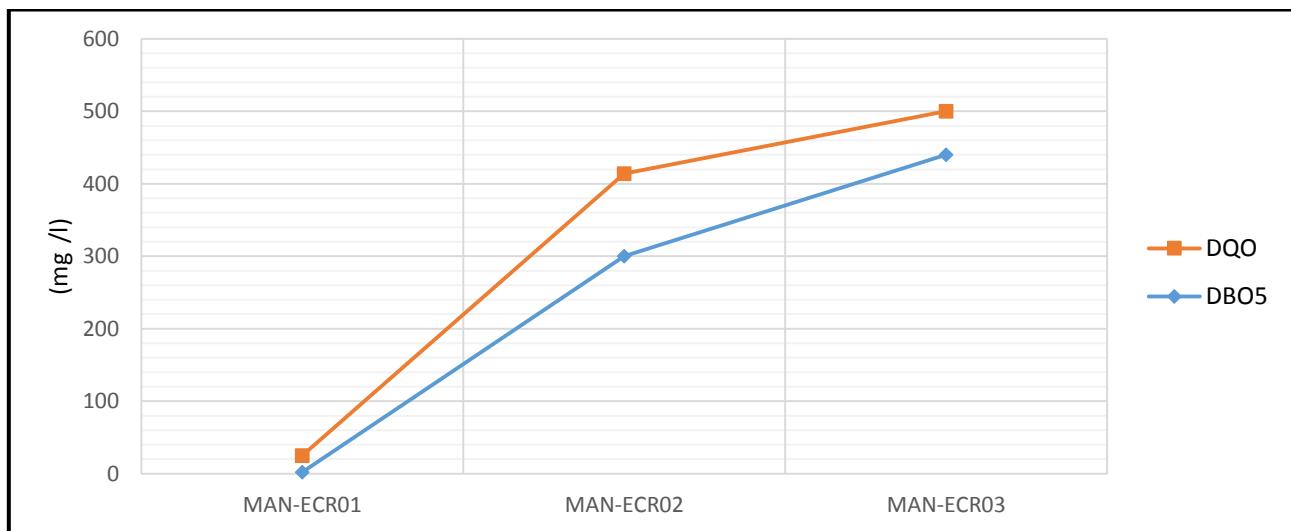
En la gráfica se observa que las concentraciones de DBO₅ y DQO permanecen alrededor de 10 mg/l para la DBO₅ y menores a 25 mg/l para la DQO hasta la estación MAN EC04, lo que indica que la fuente no está siendo alterada drásticamente con el aporte de materia orgánica e inorgánica en este tramo, en la estación MAN EC04 la concentración de los parámetros tiende al aumento debido a la entrada del vertimiento de la empresa Descafecol que aporta en DBO₅ 164 ± 17 mg/l y en DQO 244 ± 7 mg/l, posteriormente se ve afectada también por el vertimiento de la empresa Progel, que aporta en DBO₅ 725 ± 24 mg/l y en DQO 1630 ± 49 mg/l, finalmente la quebrada Cimitarra desemboca a la quebrada Manizales con concentraciones de DBO₅ 236 ± 24 mg/l y en DQO 288 ± 9 mg/l respectivamente, evidentemente se ve impactada por la presencia de estos vertimientos.

- **Mercurio y Plomo**

Los parámetros de Mercurio y Plomo solo se midieron en la estación MAN EC01, como estrategia de control y seguimiento a las actividades de minería que se desarrollan en la parte alta de microcuenca de la Quebrada Manizales, para el mercurio se encontró una concentración de <0,001 mg/l y para el Plomo de 1,4 mg/l, según los resultados obtenidos se observa que no se cumple con el valor de Plomo para los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para los usos pecuario, humano doméstico y/o preservación de fauna y flora, establecidos en el decreto 1594 de 1984. Por esta razón La medición de metales pesados determina una problemática generada y su impacto sobre el recurso hídrico, el deterioro de ecosistemas y la salud humana.

QUEBRADA CRISTALES

- Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ y Demanda Química de Oxígeno DQO

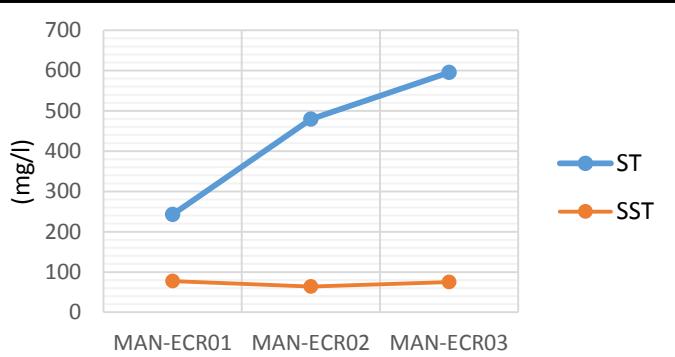


Gráfica 56. Comportamiento DBO₅ Y DQO Quebrada Cristales

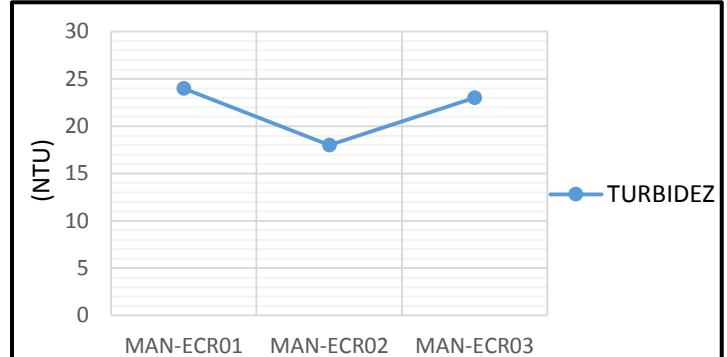
En la gráfica se observa que la concentración de DBO₅ y DQO tiene una tendencia creciente a lo largo de la quebrada, en la estación MAN ECR01 tiene una concentración de DBO₅ menor a 1,98 mg/l y una DQO menor a 25 mg/l, una vez ingresan los vertimientos de la empresa Súper de alimentos se observa un impacto significativo en la concentración de estos parámetros, finalmente la Quebrada en la estación MAN ECR03 termina con una concentración de DBO₅ 440 ± 45 mg/l y DQO 500 ± 15 mg/l respectivamente.

El vertimiento de las aguas residuales no domésticas de la empresa Súper de Alimentos aporta a la Quebrada Cristales una concentración en DBO₅ de 3011 ± 307 mg/l y DQO de 7483 ± 224 mg/l, se observa que la quebrada Cristales trata asimilar un poco la carga contaminante recibida, sin embargo no recupera las condiciones iniciales, demostrando que la fuente receptora no tiene capacidad de autodepuración, por lo tanto entrega a la quebrada Manizales una gran carga contaminante.

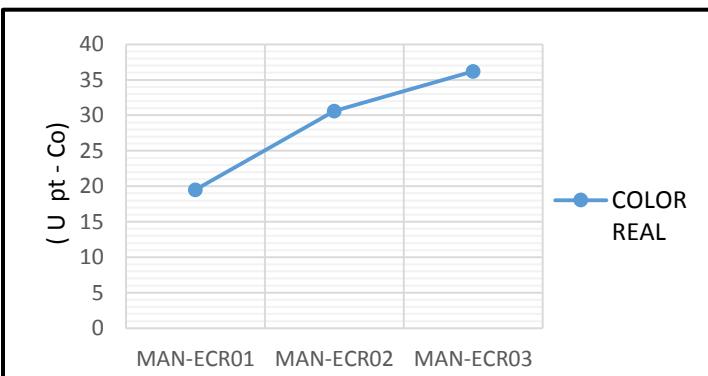
- **Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspensidos Totales (SST), Turbiedad y Color**



Gráfica 57. Comportamiento ST y SST Quebrada Cristales



Gráfica 58. Comportamiento Turbidez Quebrada Cristales



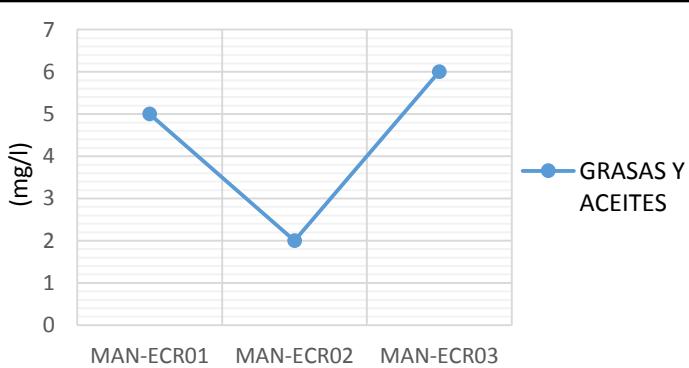
Gráfica 59. Comportamiento Color Quebrada Cristales

El comportamiento de los sólidos totales y suspendidos, turbidez y color real, se muestra en las gráficas anteriores donde se observa que la concentración de sólidos totales tienen una tendencia creciente, mientras que la concentración de sólidos suspendidos totales no supera un valor de 77 mg/l en las tres estaciones monitoreadas, un comportamiento similar al de los sólidos totales se observa en la gráfica de color real, comportamiento esperado debido a la relación directamente proporcional que tiene la concentración de sólidos disueltos y el color real, para la turbidez se observa que tiene un comportamiento similar al de los sólidos suspendidos totales, la turbidez trata de estar en un valor constante no superior a 25

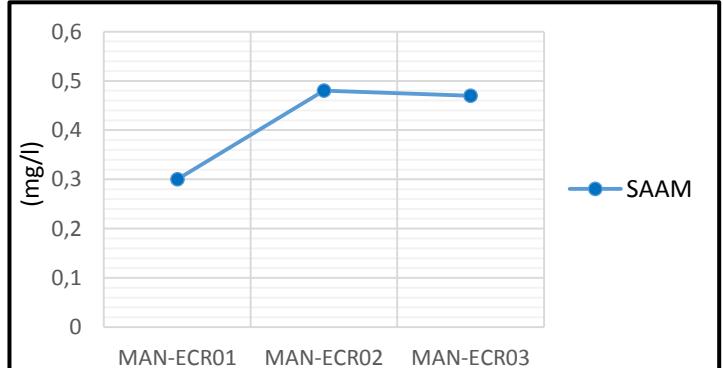
NTU, debido a que la mayor cantidad de sólidos corresponde a los sólidos disueltos la mayor variación se evidencia en el parámetro de Color real.

La tendencia creciente en los Sólidos totales y el Color real, se debe a la incorporación de los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos, para el caso de los sólidos totales se genera un aporte a la Quebrada de 4523 mg/l y 915 mg/l respectivamente, afectando notablemente las condiciones iniciales de esta.

- **Grasas y Aceites, Detergentes SAAM**



Gráfica 60. Comportamiento Grasas y Aceites Quebrada Cristales



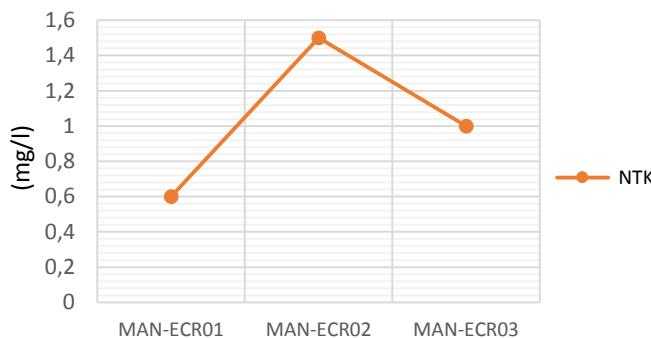
Gráfica 61. Comportamiento Detergentes Quebrada Cristales

En las gráficas se observa el comportamiento de las Grasas y aceites y los detergentes sobre la quebrada cristales, se observa que la concentración de las grasas y aceites es variable, disminuyendo entre la estación MAN ECR01 y MAN ECR02, después se observa que aumenta en la estación MAN ECR03; la quebrada Cristales recibe los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos que aportan una baja concentración en grasas y aceites 10 y 7 mg/l respectivamente, sin embargo se observa que en la estación MAN ECR02 disminuye la concentración, una vez ya se han recibido los vertimientos mencionados, esto puede deberse a reacciones de neutralización e hidrólisis en la corriente que causan la variación de

concentraciones en este parámetro, sin embargo se observa que en la estación MAN ECR03 este parámetro toma un valor de 6 mg/l una unidad por encima del valor en MAN ECR01, por lo tanto este parámetro no sufre gran alteración sobre la corriente.

En la gráfica 61 se observa del comportamiento de los detergentes, donde la concentración sufre un aumento en la estación MAN ECR02, valor consistente teniendo en cuenta que uno de los vertimientos de la empresa Súper de alimentos corresponde a aguas residuales domésticas por lo tanto genera un aporte en este parámetro sobre la quebrada.

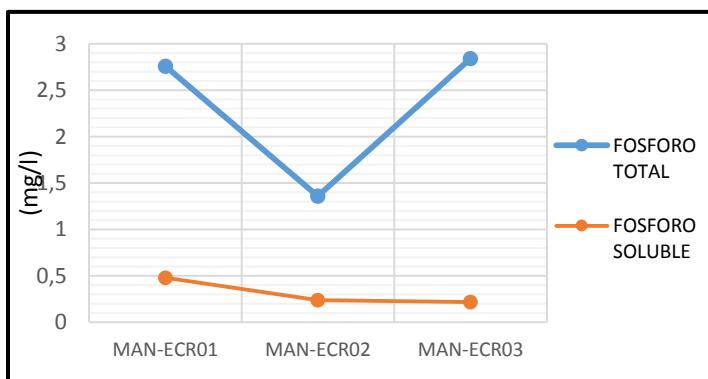
- **Nitrógeno Total, Nitritos, Nitratos, fósforo Total y Fósforo soluble.**



Gráfica 62. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Cristales



Gráfica 63. Comportamiento Nitritos y Nitratos Quebrada Cristales



Gráfica 64. Comportamiento Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Cristales

En las gráficas se observa el comportamiento de los nutrientes sobre la quebrada Cristales, la concentración de Nitrógeno total aumenta en la estación MAN ECR02 debido a la incorporación de los vertimientos de la empresa Súper de alimentos, luego disminuye su concentración en la estación MAN ECR03, debido a la oxidación que sufre cambia su estado rápidamente a Nitritos y Nitratos; la concentración de nitritos no sufre ningún cambio significativo, debido a las características hidráulicas de la fuente, la distancia tan corta entre estaciones y el Oxígeno disuelto presente, ocurre rápidamente la oxidación a Nitratos, hecho representado en la gráfica 63, se observa también que la concentración de Nitratos disminuye entre MAN ECR01 y MAN ECR02, debido a la incorporación de los vertimientos de la

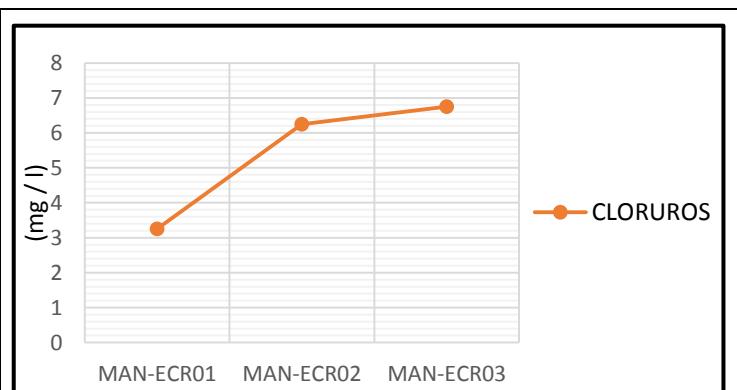
empresa Súper de alimentos, el aumento en la materia orgánica y Nitrógeno orgánico puede favorecer un proceso de asimilación de los microorganismos presentes, causando un consumo en las formas de Nitritos y Nitratos.

La concentración de Fósforo soluble no sufre ningún cambio significativo, en comparación con la concentración de Fósforo total, que aunque tienen una tendencia similar, la mayor variación se da en la concentración de fósforo total, esto se debe a las reacciones químicas y biológicas que ocurren en el ciclo normal del fósforo, por lo que se observa una disminución en la estación MAN ECR02 y un aumento en MAN ECR03 alcanzando casi un valor igual al de la estación MAN ECR03.

- **Sulfatos, Cloruros**



Gráfica 65. Comportamiento Sulfatos Quebrada Cristales

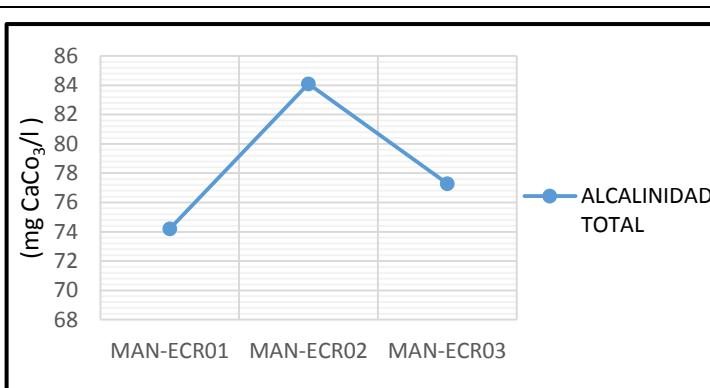


Gráfica 66. Comportamiento Cloruros Quebrada Cristales

En las gráficas se observa el comportamiento de la concentración de Sulfatos y Cloruros, la concentración de sulfatos es variable en las tres estaciones monitoreadas, se observa una disminución en MAN ECR02, pero finalmente la concentración final en MAN ECR03 supera la concentración inicial en 6 unidades, la presencia de Sulfatos en la fuente es un factor normal, ya que estos están presentes en las aguas como sales solubles, la disminución y el aumento observado puede deberse a la reacción química o biológica de oxidación de sulfuros a sulfatos. Para el caso de la concentración de Cloruros se observa una tendencia creciente, esto se

debe al aporte de cloruros de las aguas residuales domésticas y aguas residuales no domésticas generadas en la empresa Súper de alimentos.

- **Alcalinidad Total y Dureza Total**



Gráfica 67. Comportamiento Alcalinidad Total Quebrada Cristales



Gráfica 68. Comportamiento Dureza Total Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que los parámetros de Alcalinidad Total y la Dureza Total, tienen un comportamiento variable a lo largo de la quebrada, mostrando un aumento para el tramo entre MAN ECR01 y MAN ECR02, este aumento se atribuye a los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos, que indica que se está generando un aporte en compuestos como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos en el caso de la alcalinidad y sales de calcio y magnesio en el caso de la Dureza, generando una capacidad neutralizante en la fuente.

- **Coliformes Totales y Coliformes fecales**



Gráfica 69. Comportamiento Coliformes Totales y Coliformes Fecales Quebrada Cristales

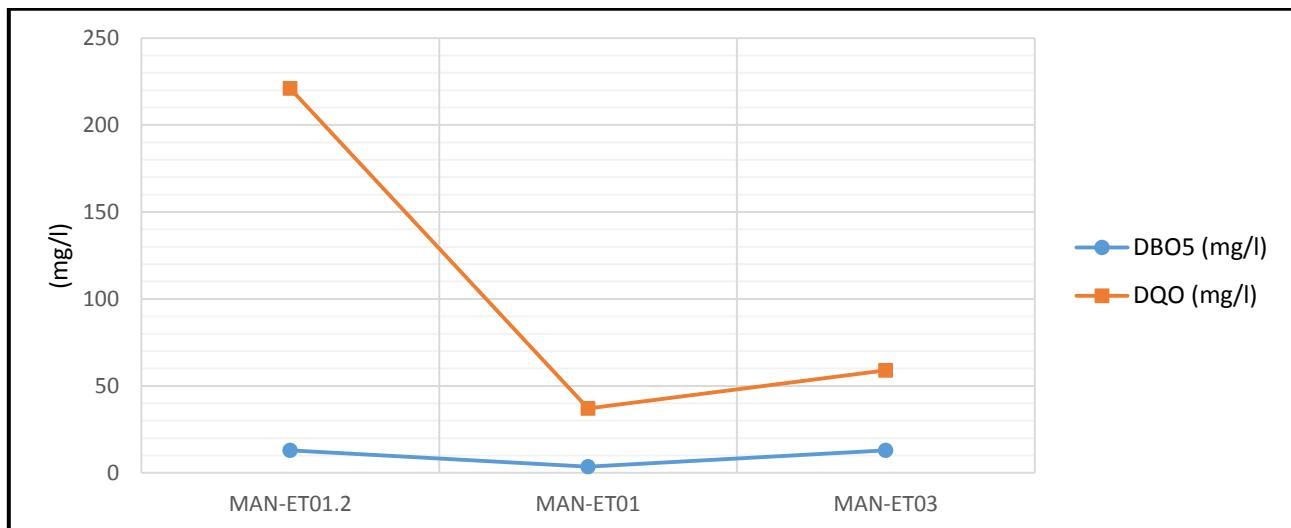
En la gráfica se observa que los Coliformes totales y fecales, tienen una tendencia creciente debido al ingreso del vertimiento de las aguas residuales domésticas de la empresa Súper de alimentos, se puede observar que los Coliformes tienen un comportamiento en fase exponencial en las estaciones MAN ECR01 y MAN ECR02, luego una fase estacionaria en la estación MAN ECR03.

- **Mercurio y Plomo**

Los parámetros de Mercurio y Plomo solo se midieron en la estación MAN ECR01, como estrategia de control y seguimiento a las actividades industriales realizadas en la zona, para el mercurio se encontró una concentración de 0,001 mg/l y para el Plomo de 0,73 mg/l, según los resultados obtenidos se observa que no se cumple con el valor de Plomo para los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para los usos pecuario, humano doméstico y/o preservación de fauna y flora, establecidos en el decreto 1594 de 1984. Por esta razón La medición de metales pesados determina una problemática generada y su impacto sobre el recurso hídrico, causando el deterioro de ecosistemas y la salud humana.

QUEBRADA TESORITO

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ y Demanda Química de oxígeno DQO**

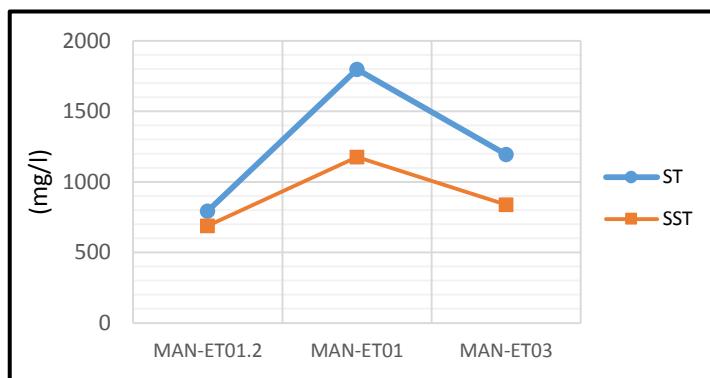


Gráfica 70. Comportamiento DBO₅ y DQO Quebrada Tesorito

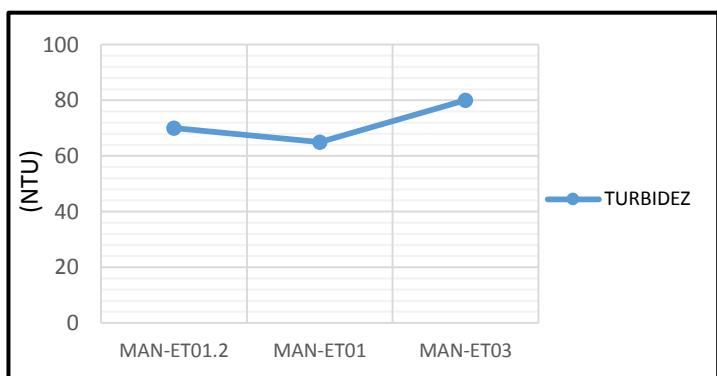
En la gráfica se observa el comportamiento de la concentración de DBO₅ y DQO sobre la Quebrada Tesorito, el mayor valor para la DQO se presenta en la estación MAN ET01.2, este aumento se puede atribuir a las actividades antropogénicas que se estaban desarrollando en la zona el día de la toma de muestra, se observó que se estaban realizando obras sobre la carretera con maquinaria y equipos de construcción, lo que pudo causar algún derrame de combustible o material de construcción sobre la vía y/o ladera, causando por arrastre o infiltración la contaminación de la fuente por materia inorgánica. En la estación MAN ET01 y MAN ET03 se observa una disminución en la DQO, lo que indica que el cuerpo de agua logra asimilar en gran parte la carga aportada por medio de los procesos de reaireación y autodepuración, adicional a esto si el aumento en la DQO fue por una causa ocasional y no es un vertimiento difuso habitual la fuente cuenta con una capacidad de dilución mayor, teniendo en cuenta que mantiene la calidad del agua; en la estación MAN ET03 aumenta levemente el valor de la DQO, lo que puede deberse a la presencia de algún vertimiento difuso en

este tramo, sin embargo no causa gran impacto en los parámetros de DBO₅ y DQO, se observa que el valor de la DBO₅ en la estación MAN ET03 toma el mismo valor que la condición inicial de la fuente.

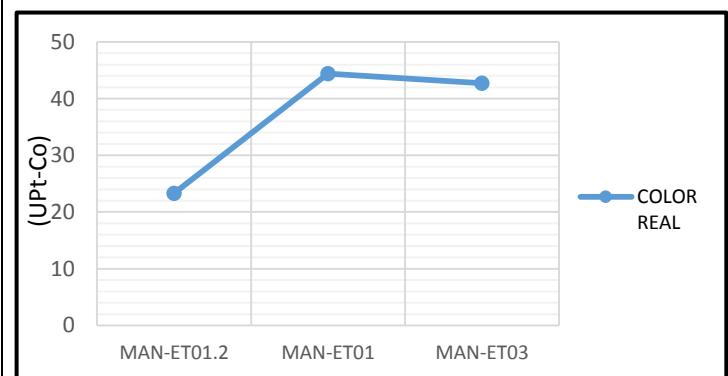
- **Sólidos Totales ST, Sólidos Suspensidos Totales SST, Color Real y Turbidez.**



Gráfica 71. Comportamiento ST y SST Quebrada Tesorito



Gráfica 72. Comportamiento Turbidez Quebrada Tesorito



Gráfica 73. Comportamiento Color Quebrada Tesorito

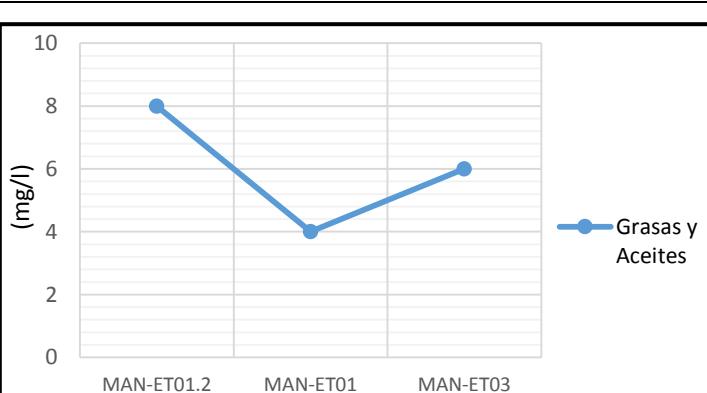
En las gráficas anteriores se muestra el comportamiento de los parámetros Solidos totales, Solidos suspendidos totales, Turbiedad y Color real. La concentración de sólidos totales y suspendidos totales tiene un comportamiento variable, obteniendo su mayor valor en la estación MAN ET01, esto puede deberse a las fuertes lluvias presentadas durante los días

de monitoreo y las actividades antrópicas realizadas en la zona, que pudieron causar problemas de erosión y arrastre de sólidos sobre la fuente.

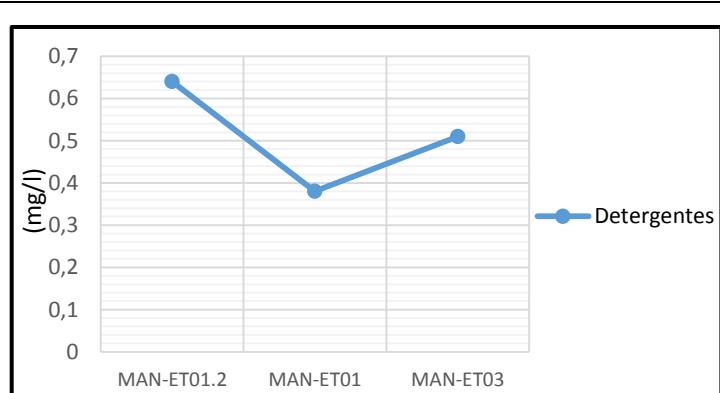
La turbiedad presenta valores altos y permanece con poca variabilidad, se observa un leve aumento en la estación MAN ET03 antes de la desembocadura en la quebrada Manizales, correspondiente a las altas concentraciones de material suspendido en la quebrada. El color tiene un comportamiento similar al de los sólidos totales, donde se observa un aumento en el material disuelto entre las estaciones MAN ET01.2 y MAN ET01 y posteriormente desciende un poco en la estación MAN ET03.

Sobre esta quebrada se presenta el vertimiento del parque industrial MAN T04, sin embargo en la jornada de monitoreo no se encontró este vertimiento sobre las coordenadas establecidas inicialmente, por lo tanto no se analiza el impacto generado por este vertimiento sobre la quebrada

- **Grasas y aceites, Detergentes.**



Gráfica 74. Comportamiento Grasas y Aceites Quebrada Tesorito

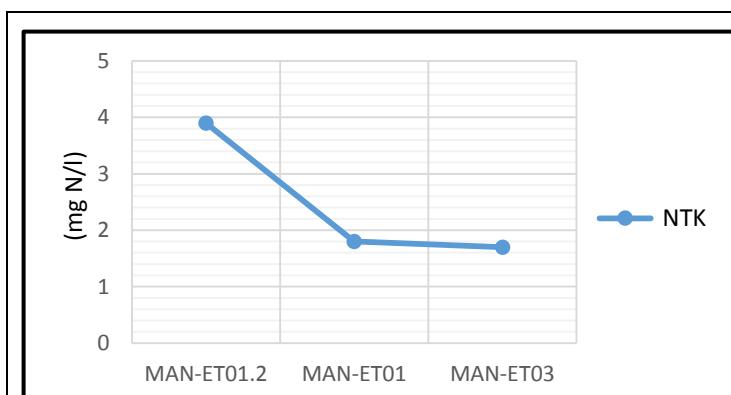


Gráfica 75. Comportamiento Detergentes Quebrada Tesorito

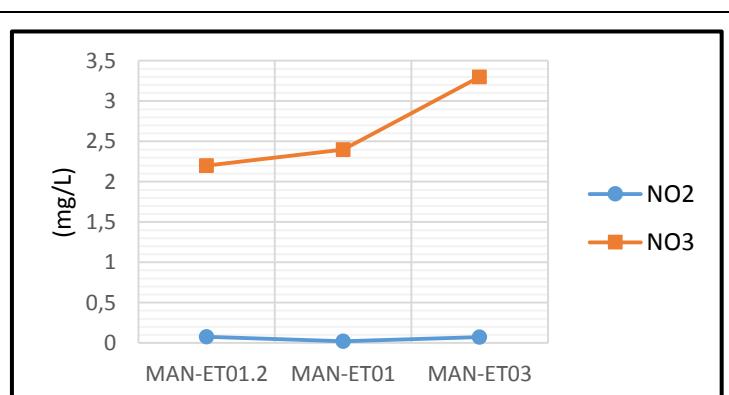
En las gráficas se muestra el comportamiento para las Grasas y Detergentes sobre la quebrada Tesorito, se observa un valor elevado en la parte alta para los dos parámetros sobre la quebrada en la estación MAN ET01.2, este resultado puede estar asociado a la actividad antrópica en la zona y a las obras de construcción realizadas sobre la vía del sector, donde se pueden

presentar derrames de combustibles o material de construcción utilizado en la operación de la maquinaria, para la estación MAN ET01 se observa una disminución en la concentración en ambos parámetros, comportamiento esperado debido a las características hidráulicas de la fuente y a los procesos de reaireación y depuración en el tramo de la estación MAN ET01.2 y MAN ET01, finalmente en la estación MAN ET03 se presenta un leve aumento antes de desembocar a la quebrada Manizales.

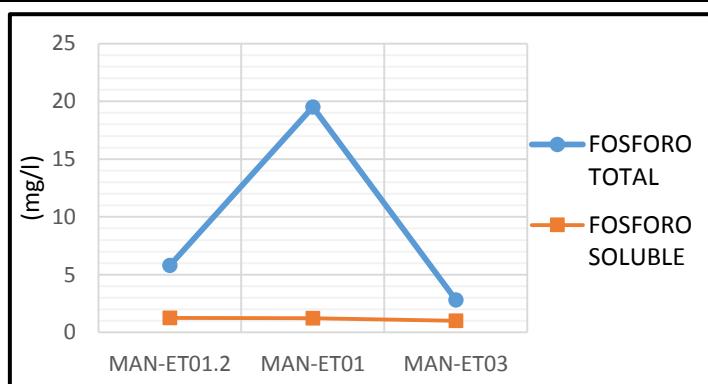
- **Nitrógeno total, Nitratos, Nitritos, Fósforo total y Fósforo soluble.**



Gráfica 76. Comportamiento Nitrógeno Total Quebrada Tesorito



Gráfica 77. Comportamiento Nitritos y Nitratos Quebrada Tesorito



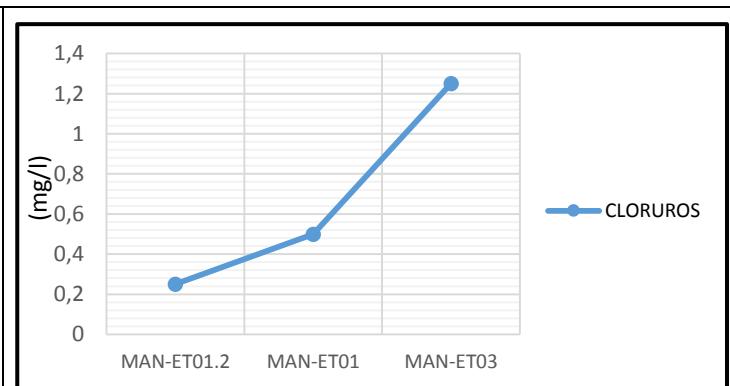
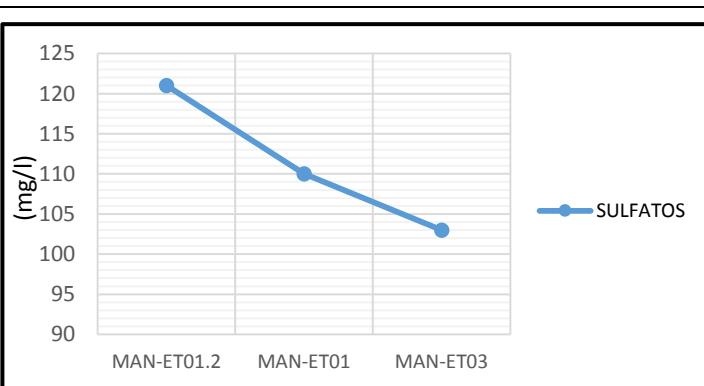
Gráfica 78. Comportamiento Fósforo Total y Fósforo Soluble Quebrada Tesorito

En las gráficas se observa el comportamiento de los nutrientes sobre la quebrada Tesorito, la concentración de Nitrógeno total es mayor en la estación MAN ET01.2 disminuyendo en la estación MAN ET01, que ocurre debido las reacciones de oxidación del Nitrógeno, hecho evidenciado en

el comportamiento de la concentración de Nitratos donde se observa que mientras la concentración del Nitrógeno total disminuye la de Nitratos aumenta.

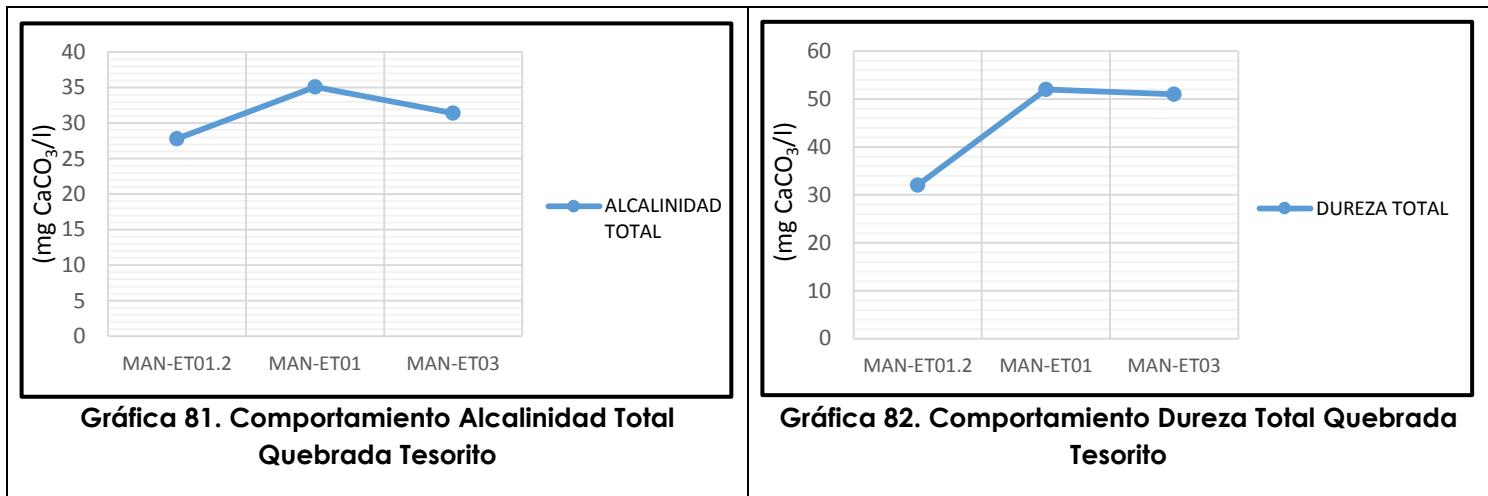
La concentración de Fósforo soluble no sufre ningún cambio significativo, en comparación con la concentración de Fósforo total, la mayor variación se da en la concentración de fósforo total, esto se debe a las reacciones químicas y biológicas que ocurren en el ciclo normal del fósforo, por lo que se observa una disminución en la estación MAN ET03, indicando que la quebrada tiene buena capacidad de asimilación de nutrientes.

- **Sulfatos y Cloruros**



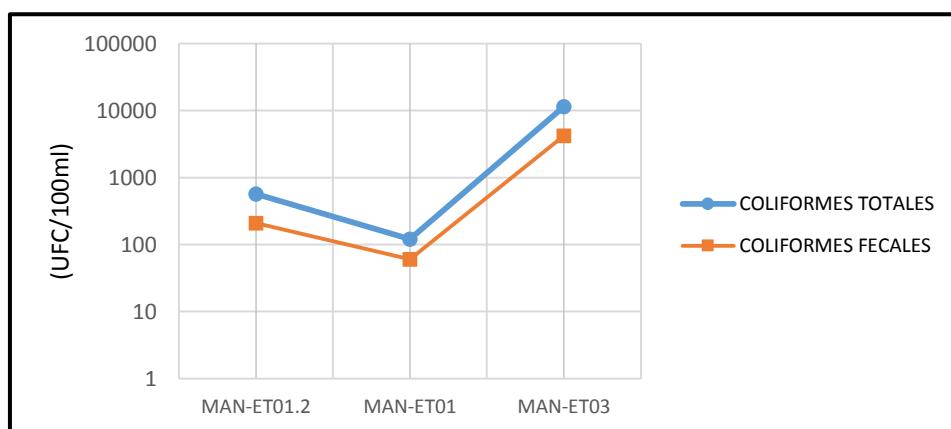
En las gráficas se observa el comportamiento de la concentración de Sulfatos y Cloruros sobre la quebrada Tesorito, la concentración de sulfatos tiene un comportamiento decreciente presencia de Sulfatos en la fuente es un factor normal, ya que estos están presentes en las aguas como sales solubles, la disminución puede deberse reacciones químicas o biológicas. En el caso de la concentración de Cloruros se observa una tendencia creciente, posiblemente esto se debe a causas naturales y/o vertimientos difusos, teniendo en cuenta que no se identificó ningún vertimiento puntual sobre la fuente.

Alcalinidad Total y Dureza Total



En la gráfica se observa que los parámetros de Alcalinidad Total y la Dureza Total, tienen un comportamiento poco variable a lo largo de la quebrada, mostrando un aumento para el tramo entre MAN ET01, este aumento se puede atribuir a posibles vertimientos difusos o procesos de dilución de las rocas o sedimentos en la fuente, lo que indica presencia de compuestos como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, sales de calcio y magnesio, generando una capacidad neutralizante en la fuente.

Coliformes Totales y fecales



Gráfica 83. Coliformes Totales y Fecales Quebrada Tesorito

En la gráfica se observa que los Coliformes totales y fecales, tienen una tendencia creciente, se puede observar que los Coliformes tienen un comportamiento en fase exponencial en las estaciones MAN ET01 y MAN ET03 con un aumento considerable, resultado que puede deberse a la presencia de un vertimiento difuso o puntual no identificado de aguas residuales domésticas sobre la quebrada.

- **Mercurio, Plomo y Cianuro**

Los parámetros de Mercurio, Plomo se midieron en la estación MAN ET01 y Cianuro se midió en las estaciones MAN ET01.2 y MAN ET01, como estrategia de control y seguimiento a las actividades industriales realizadas en la zona, para el mercurio se encontró una concentración de 0,001 mg/l y para el Plomo de 1,01 mg/l, para el Cianuro <0,01 en las dos estaciones. Según los resultados obtenidos se concluye que no se cumple con el valor de Plomo para los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para los usos pecuario, humano doméstico y/o preservación de fauna y flora, establecidos en el decreto 1594 de 1984. Por esta razón La medición de metales pesados determina una problemática generada y su impacto sobre el recurso hídrico, causando el deterioro de ecosistemas y la salud humana.

6.2.2 Análisis General Tributarios Red De Monitoreo Quebrada Manizales

En este apartado se realiza un análisis comparativo entre tributarios, con el fin de tener una visión general del aporte que cada uno genera sobre los diferentes cuerpos de agua que conforman el área de estudio. Para este caso se evaluaron y analizaron los parámetros de interés sanitario, que están relacionados con los índices de calidad y contaminación del ICA e ICO. Estos parámetros son: pH, oxígeno disuelto, DBO, DQO, SST, NTK, fósforo Grasa y Aceites, Coliformes fecales y totales.

Tributarios Quebrada Manizales

La quebrada Manizales es la principal fuente receptora de vertimientos industriales y domésticos, esto se debe a que atraviesa toda la zona industrial y parte del barrio la enea hasta desembocar en el Rio Chinchiná; para esta red de monitoreo se realizó el seguimiento a 18 tributarios conformados por 6 Quebradas, 2 descoleos y 10 vertimientos industriales. En el siguiente cuadro se clasifican los vertimientos según su categoría.

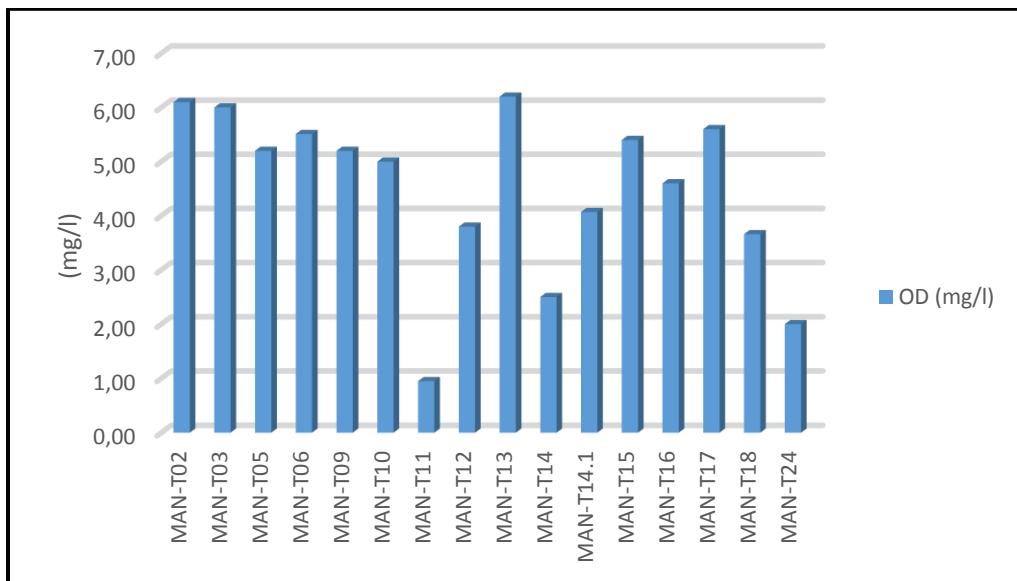
Cuadro 1. Clasificación del Tributario Quebrada Manizales

INDUSTRIALES	DOMÉSTICOS	QUEBRADAS
<ul style="list-style-type: none"> •T1. Vertimiento mina la Cascada •T2. Vertimiento mina la coqueta •T4. Vertimiento Parque Industrial Maltería •T7. Vertimiento PTAR ILC •T8. Vertimiento ILC •T10. Vertimiento puente verdum •T11. Vertimiento Súper de Alimento 1 •T12. Vertimiento Toptec 1 •T14. Vertimiento Toptec 3 Lavandería •T18. Vertimiento Surtipielles •T24. Vertimiento Foodex 	<ul style="list-style-type: none"> •T16. Descole ARD La Enea 1 •T17. Descole ARD La Enea 2 	<ul style="list-style-type: none"> •T3. Quebrada Chuscales •T5. Quebrada Santa Rita •T6. Quebrada Universitaria •T9. Quebrada Guayabal •T13. Q. 2615 -002-098-001 •T15. Q. sin nombre 2 – Recibe ARD

Teniendo la clasificación de los tributarios de la quebrada Manizales se presenta la tabla y las gráficas donde se analizan los parámetros que se consideraron de interés sanitario y que son importantes para definir el ICA y los ICO; ya que sus aportes a la quebrada afectan estos índices de calidad

Tabla 20. Parámetros de análisis tributarios Quebrada Manizales.

ESTACIONES	OD (mg/l)	pH	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Grasas Y Aceites (mg/L)	Fósforo Total (mgPO ₄ -P)
MAN-T02	6,10	7,98	<1.98	<25.0	533±27	0,3	115X10 ²	63X10 ²	27	5,54
MAN-T03	6,00	8,16	2±0.2	24±1	17±1	1,3	12X10 ¹	2X10 ¹	9	0,54
MAN-T05	5,20	7,87	7±1	45±1	15±1	1,2	79X10 ³	51X10 ³	4	1,09
MAN-T06	5,51	7,91	9±1	26±1	23±1	5,2	15X10 ⁴	10X10 ⁴	16	0,32
MAN-T09	5,20	7,63	2±0.2	33±1	37±2	1,3	38X10 ¹	6X10 ¹	15	4,30
MAN-T10	5,00	7,08	272±28	512±15	605±30	23,0	31X10 ⁵	4X10 ⁵	4	4,00
MAN-T11	2,42	4,44	3011±307	7483±224	68±3	6,6	36X10 ²	12X10 ²	10	1,40
MAN-T12	3,80	8,21	527±54	931±28	395±20	63,2	68X10 ⁵	27X10 ⁵	59	9,68
MAN-T13	6,20	7,61	6±1	25±1	24±1	1,7	49X10 ²	8X10 ²	16	0,77
MAN-T14	2,50	8,63	75±8	154±5	29±1	5,2	9X10 ⁴	3X10 ⁴	15	3,92
MAN-T14.1	4,07	8,04	38±4	63±2	15±1	29,5	66X10 ¹	31X10 ¹	6	2,88
MAN-T15	5,40	7,53	22±2,8	55±3,50	116±6	8,5	53X10 ⁵	21X10 ⁵	10	5,40
MAN-T16	4,60	8,13	372±38	675±20	246±12	51,5	75X10 ⁵	36X10 ⁵	19	6,96
MAN-T17	5,60	7,93	<LCM	18±1	<LCM	2,6	52X10 ²	3X10 ²	6	3,72
MAN-T18	3,66	7,29	108±11	130±4	157±8	6,6	11X10 ⁵	5X10 ⁵	11	0,5
MAN-T24	2,00	6,01	807±82	1051±32	45±2	26,9	43X10 ⁴	5X10 ⁴	6	1,32



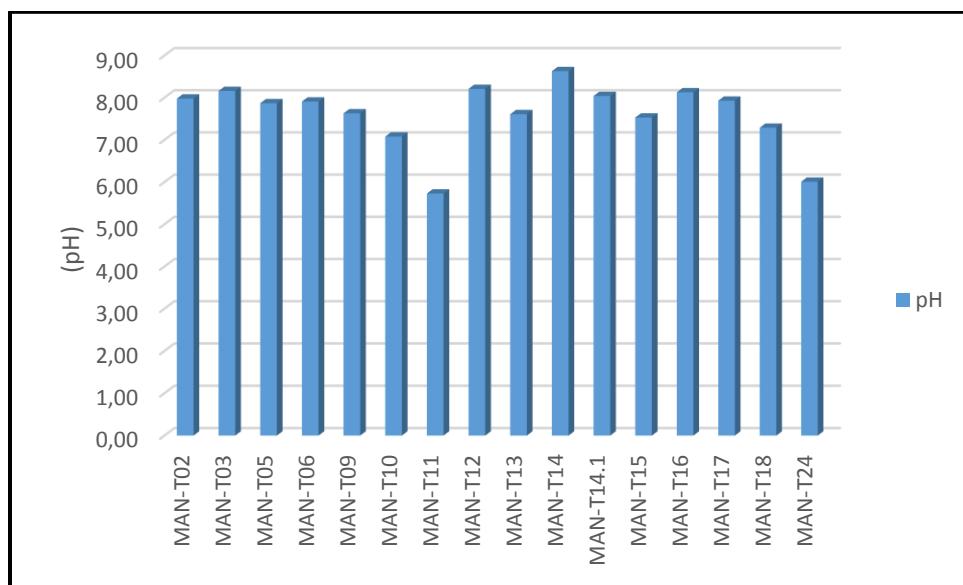
Gráfica 84. Oxígeno Disuelto Tributarios Quebrada Manizales

El comportamiento del oxígeno disuelto en los tributarios de la Quebrada Manizales, se representa en la gráfica anterior, donde se observa que los tributarios **T02** (Vertimiento mina La Coqueta), **T03** (Quebrada Chuscales) y **T13** (Quebrada 2615-002-098-001), tienen mayor concentración de oxígeno disuelto, esto debido a las características fisicoquímicas que representan valores bajos, como es el caso específico de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO, para el día en el que fueron tomadas las muestras, adicional a esto las variables como la temperatura, y la aireación permiten una mejor transferencia de oxígeno.

En el caso de los tributarios, **T11** (vertimiento Súper de Alimentos 1 Advance Supplies), **T12** (Vertimiento Toptec 1), **T14** (Vertimiento Toptec 3 lavandería), **T14.1** (Vertimiento Toptec 2- vertimiento nuevo), **T16** (Descole ARD la Enea 1), **T18** (Vertimiento Surtipieles) y **T24** (Vertimiento Foodex), se observa una disminución notable de la concentración del Oxígeno disuelto, esto se debe a que la mayoría corresponden a vertimientos de aguas residuales no domésticas generadas en la zona industrial, y sus características

fisicoquímicas corresponden a aguas residuales con alta carga orgánica e inorgánica que demandan oxígeno en las reacciones de oxidación y degradación de sustancias orgánicas e inorgánicas susceptibles; en este caso la medida de OD puede indicar un grado de contaminación, generando condiciones anaeróbicas en los vertimientos mencionados.

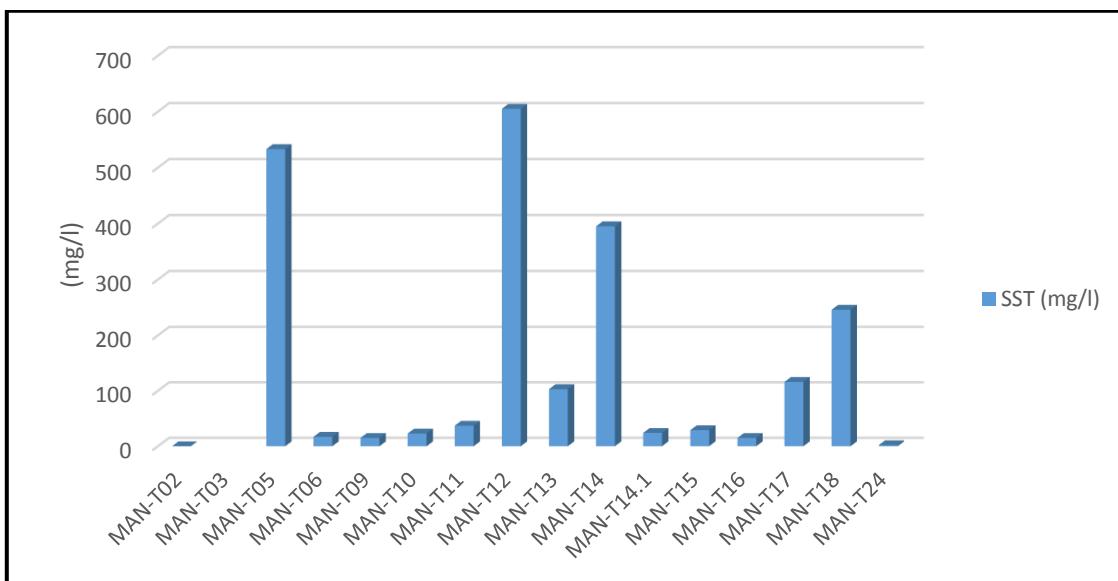
Para los tributarios, **T03** (Quebrada Chuscales), **T05** (Quebrada Santa Rita), **T06** (Quebrada Universitaria), **T09** (Quebrada Guayabal), **T13** (Quebrada 2615-002-098-001), **T15** (Quebrada sin nombre 2-Recibe ARD), se observa que la concentración de oxígeno disuelto está por encima de 5 mg/l, lo que puede indicar concentración aceptable, por lo tanto representa una baja contaminación por nutrientes, materia orgánica e inorgánica, factor que favorece las condiciones aeróbicas en las fuentes hídricas mencionadas.



Gráfica 85. pH Tributarios Quebrada Manizales

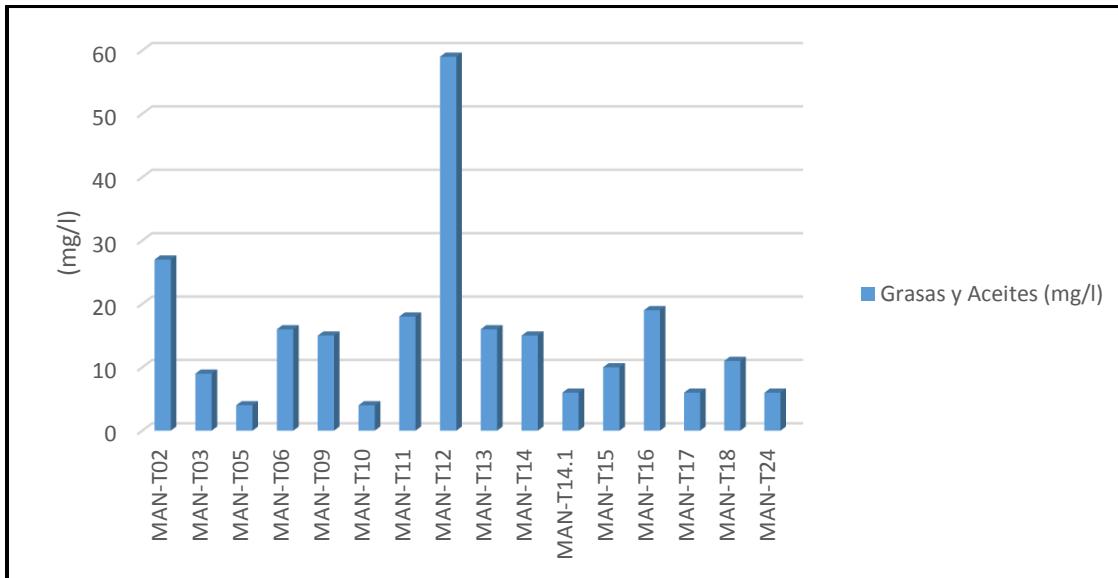
El comportamiento del pH en los tributarios de la Quebrada Manizales, se representa en la gráfica anterior, donde se observa que, el menor valor para el pH se presenta en el tributario **T11** (vertimiento Súper de Alimentos 1 (Advance Supplies) y el valor más alto para el pH se presenta en el tributario **T14** (Vertimiento Toptec 3 Lavandería), para los demás tributarios se observa un comportamiento estable con pH entre 7 y 8 unidades.

El pH refleja la acidez o alcalinidad de una solución considerándose como neutro al 7, valores alcalinos a aquellos que superen a 7 y ácidos a los menores a 7. Aunque el pH es un parámetro significativo en la calidad del agua no quiere decir que las aguas de los vertimientos industriales sean de buena calidad así presenten condiciones de alcalinidad.



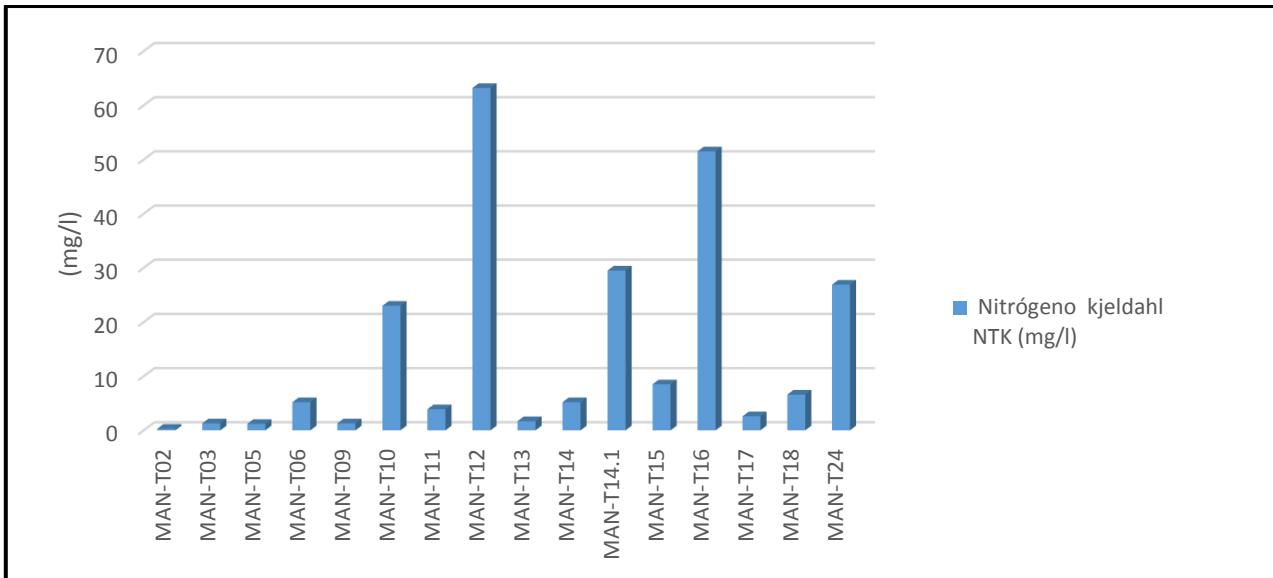
Gráfica 86. SST Tributarios Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que las concentraciones más altas en sólidos suspendidos totales SST se presentan en el **T02** (Vertimiento Mina la Coqueta) y **T10** (Vertimiento puente Verdum), estos valores se deben a los sedimentos que se generan propios de la actividad minera y de actividades industriales de la zona. Los demás tributarios no reflejan concentraciones considerables de SST.



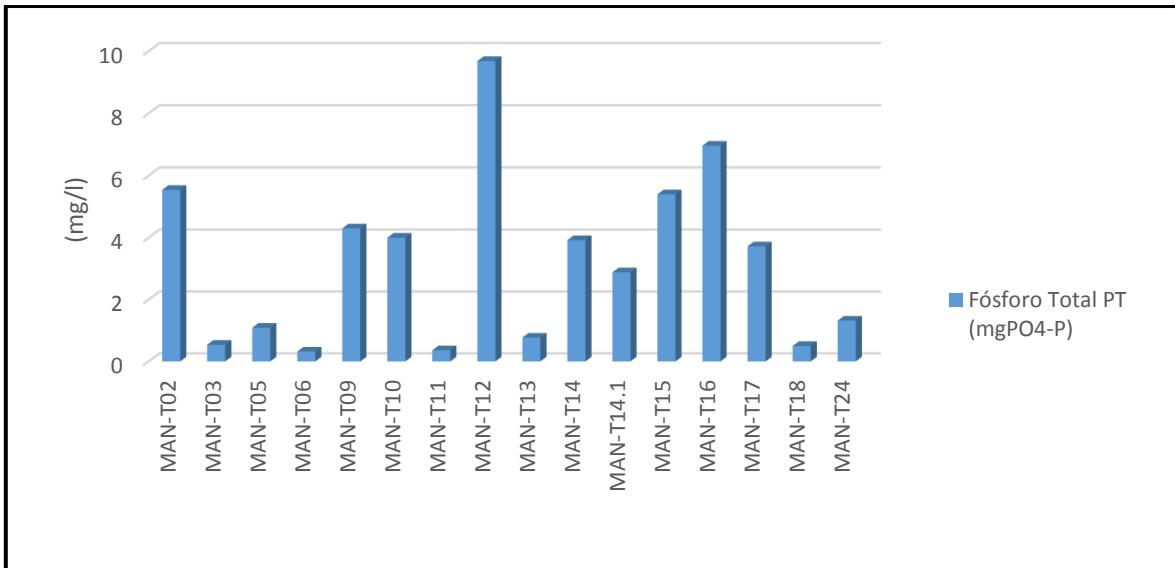
Gráfica 87. Grasas y aceites Tributarios Quebrada Manizales

En la gráfica se observa que los tributarios con mayor concentración de grasas y aceites son el **T02**(Vertimiento Mina la Coqueta) y el **T12**(Vertimiento Toptec 1); el **T12** corresponde al vertimiento doméstico que se encuentra, cerca de las instalaciones de la empresa Toptec, esta concentración de grasas y aceites se debe a la generación de residuos domésticos de la zona, la cual genera este descole en la quebrada; el **T16** (descole 1 del barrio La Enea) aguas residuales que contienen concentraciones de grasas y aceites generadas en las actividades domésticas como el lavado de cocinas y baños de las residencias, las cuales se vierten a este descole. El tributario que presenta menor valor para este parámetro es el **T05** (Quebrada Santa Rita).



Gráfica 88. NTK Tributarios Quebrada Manizales

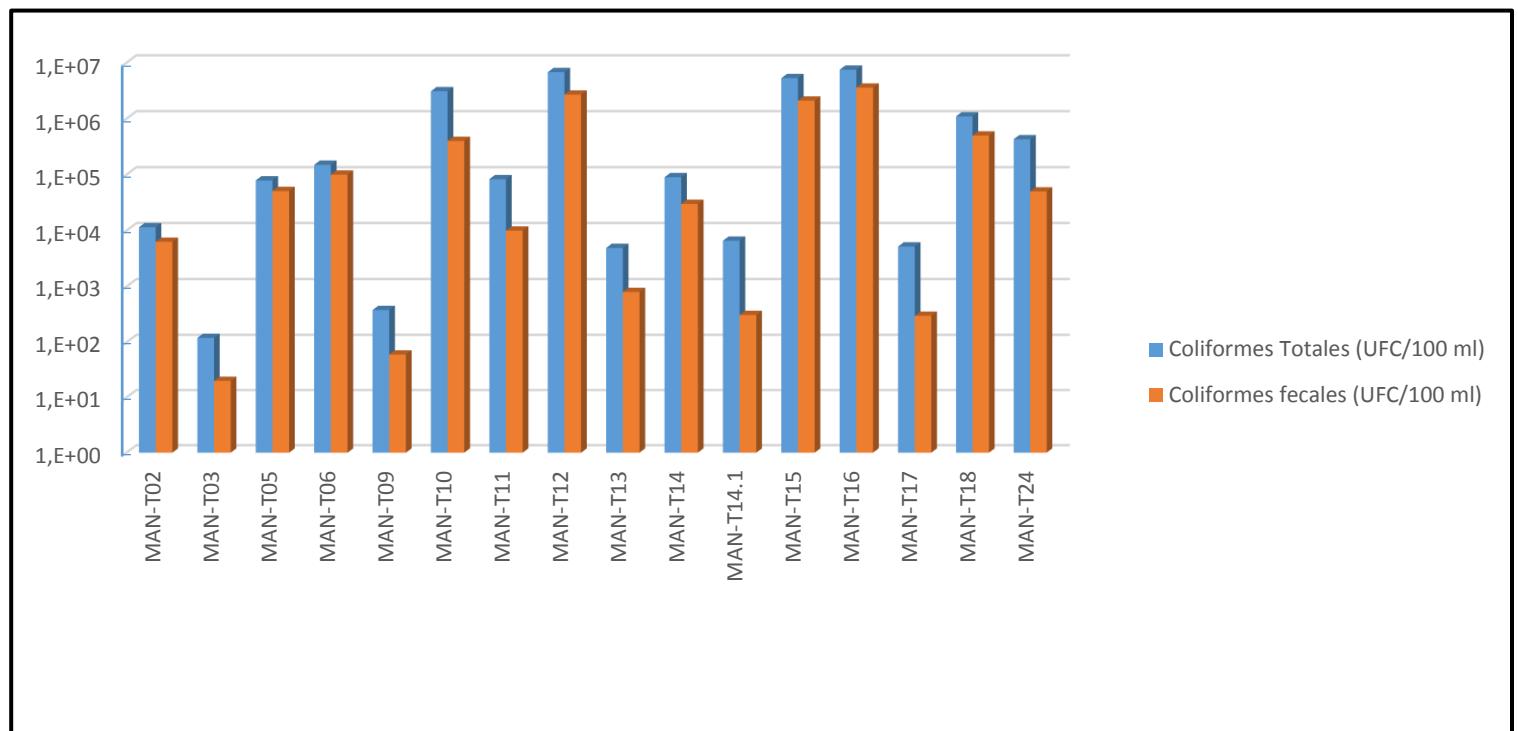
En la gráfica se observa que se presentan mayores concentraciones de NTK, en los tributarios **T10** (Vertimiento Puente Verdum), **T12** (Vertimiento Toptec 1), **T14.1** (Vertimiento Toptec 2 Industrial) y **T16** (Descoles ARD la Enea 1); esto se debe a que dicho tributarios corresponden a vertimientos industriales con alta carga orgánica e inorgánica, lo que induce a altas concentraciones de nutrientes y contaminantes en los vertimientos, en el caso del **T16**, el aporte generado es por aguas residuales domésticas. En los demás tributarios se presentan concentraciones relativamente bajas.



Gráfica 89. Fósforo Total Tributarios Quebrada Manizales

Se observa en la gráfica que las mayores concentraciones de fósforo total se presentan en los tributarios, **T02** (Vertimiento mina La Coqueta), **T12** (Vertimiento Toptec 1) y **T16** (Descole ARD la Enea 1); las menores concentraciones en los tributarios, **T03** (Quebrada Chuscales), **T06** (Quebrada Universitaria), **T11** (Vertimiento Súper de alimentos 1), **T13** (Quebrada 2615-002-098-001), **T18** (Vertimientos Surtipieles).

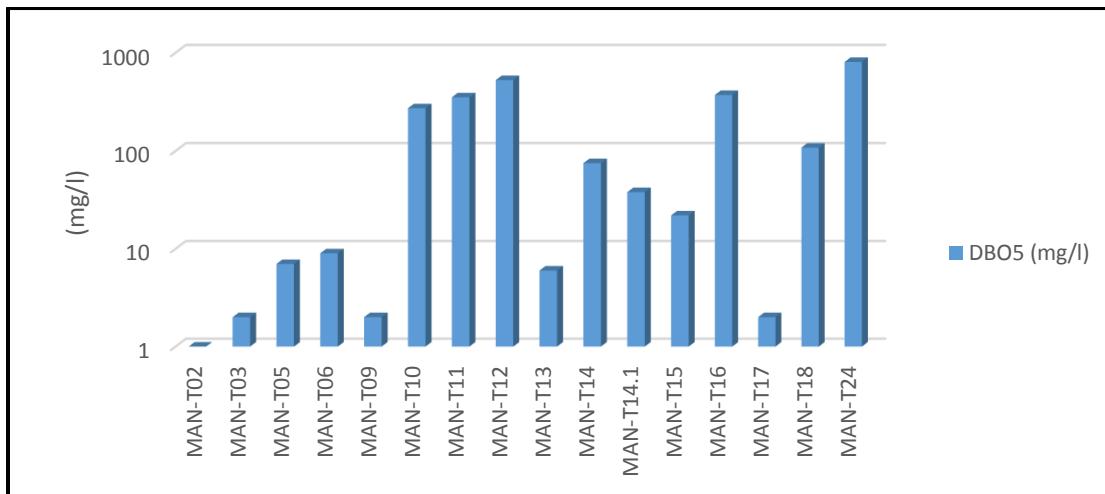
Las concentraciones comunes en aguas residuales domésticas, para el fósforo están entre 5 – 15 mg/l, los valores que aquí se muestran están dentro del rango, sin decir que son aguas de buena calidad. Es importante tener en cuenta que la descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada, ya que son los principales responsables de los procesos de eutrofización, que da lugar a una proliferación de algas y plantas acuáticas, que a su vez lleva consigo una pérdida de transparencia del agua y disminución de la luz que llega a las capas situadas bajo la superficie de la misma; y consumo de oxígeno disuelto.



Gráfica 90. Coliformes fecales y totales Tributarios Quebrada Manizales

Se observa en la gráfica que el mayor aporte de Coliformes totales lo generan los tributarios **T10** (vertimiento puente Verdum), **T 12** (Vertimiento Toptec 1), **T15** (Quebrada sin nombre 2-Recibe ARD) y **T16** (Descole ARD La Enea 1) correspondientes a vertimientos domésticos en su mayoría.

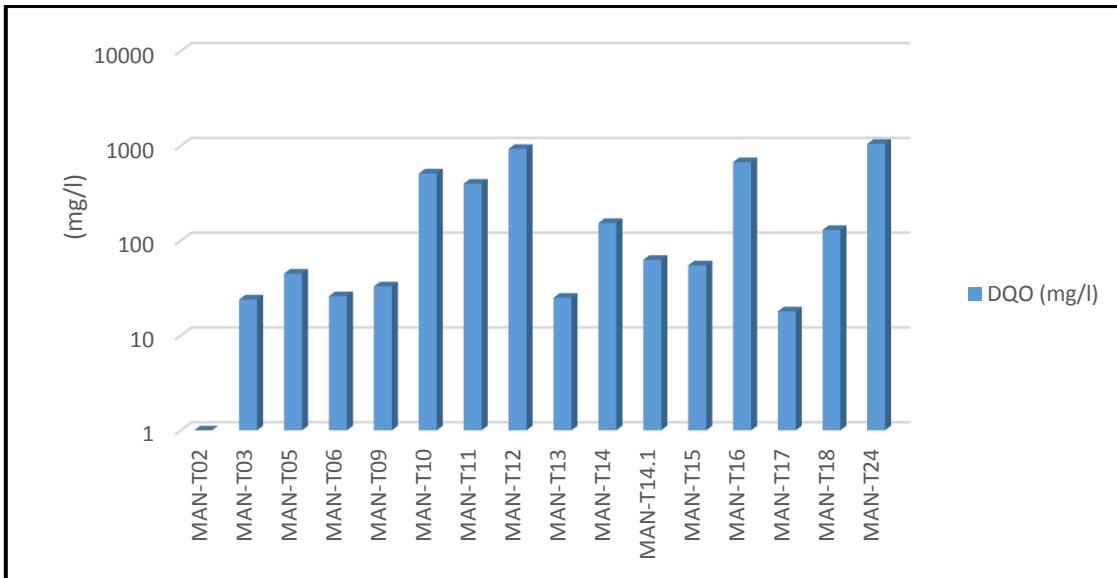
La presencia de bacterias Coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. La contaminación fecal es un riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener dentro de la quebrada Manizales.



Gráfica 91. DBO₅ Tributarios Quebrada Manizales

Se observa en la gráfica que la concentración de DBO₅, es mayor en los tributarios **T12** (Vertimiento Toptec 1), **T16** (Descole ARD La Enea 1) y **T24** (Vertimiento Foodex), con aportes de 527, 372 y 807 mg/l respectivamente, valores que representan alta demanda de oxígeno disuelto, debido a la presencia de materia orgánica e inorgánica, y los procesos de auto depuración y degradación; lo que indica que pueden impactar en gran medida el cuerpo de agua receptor, en este caso la quebrada Manizales.

Los tributarios de menor concentración de DBO₅ son **T02** (Vertimiento mina la Coqueta), **T03** (Quebrada Chuscales), **T09** (Quebrada Guayabal), **T13** (**Quebrada 2615-002-098-001**), con valores inferiores a 2 mg/L, lo que indica menor cantidad de materia orgánica, en dichos vertimientos.



Gráfica 92. DQO Tributarios Quebrada Manizales

Se observa en la gráfica que el comportamiento de la DQO, es similar al de la DBO_5 los tributarios que más demanda Química de oxígeno presentan, son **T12** (Vertimiento Toptec 1), **T16** (Descole ARD La Enea 1) y **T24** (Vertimiento Foodex), con aportes de 931, 675 y 1051 mg/L, valores que representan alta demanda de oxígeno disuelto, debido a la presencia de materia orgánica e inorgánica, y los procesos de auto depuración y degradación; lo que indica que pueden impactar en gran medida el cuerpo de agua receptor, en este caso la Quebrada Manizales.

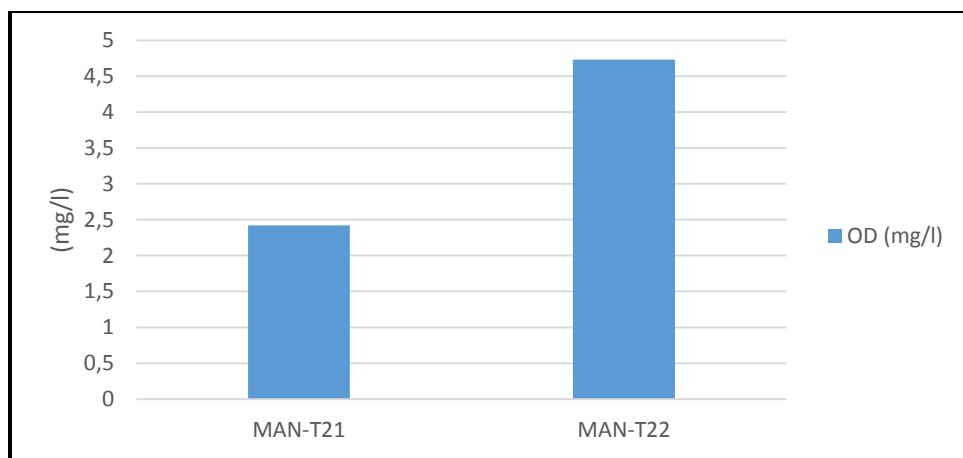
Los tributarios de menor concentración de DQO son **T02** (Vertimiento mina la Coqueta), **T03** (Quebrada Chuscales), **T09** (Quebrada Guayabal), **T13** (Quebrada 2615-002-098-001), con valores inferiores a 25 mg/L, lo que indica menor cantidad de materia inorgánica, en dichos vertimientos.

Tributarios Quebrada cristales

Sobre la quebrada Cristales anteriormente se realizaba el seguimiento a cuatro tributarios, en esta campaña de monitoreo se identificó que solo dos de esos tributarios continúan vertiendo a la quebrada, correspondientes a, **T21** Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3).

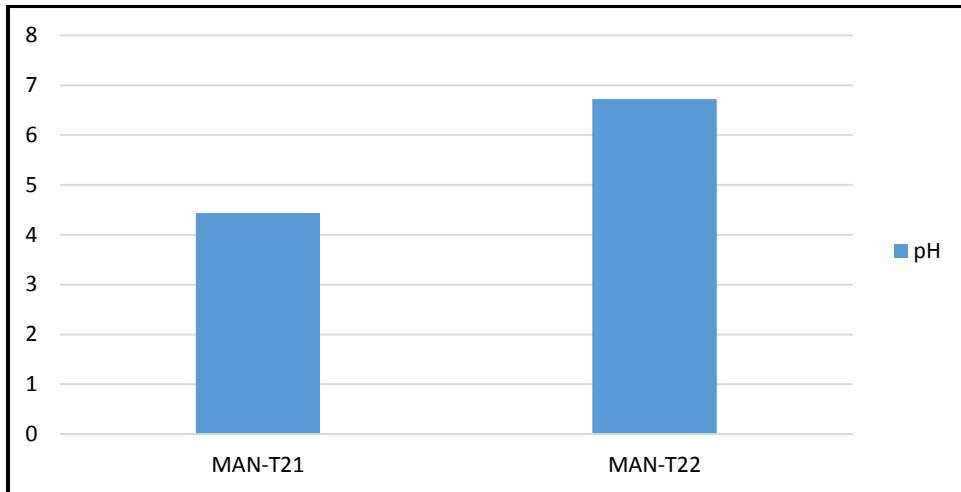
Tabla 21. Parámetros tributarios Quebrada Cristales

ESTACIONES	OD (mg/l)	pH	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Grasas Y Aceites (mg/l)	Fósforo Total (mgPO ₄ - P)
MAN - T21	2,42	4,44	3011±307	7483±224	68±3	6,6	3,6x10 ³	1,2x10 ³	10	1,4
MAN - T22	4,73	6,72	87±9	131±4	76±4	45,8	13,4x10 ³	6,8x10 ³	7	15,7



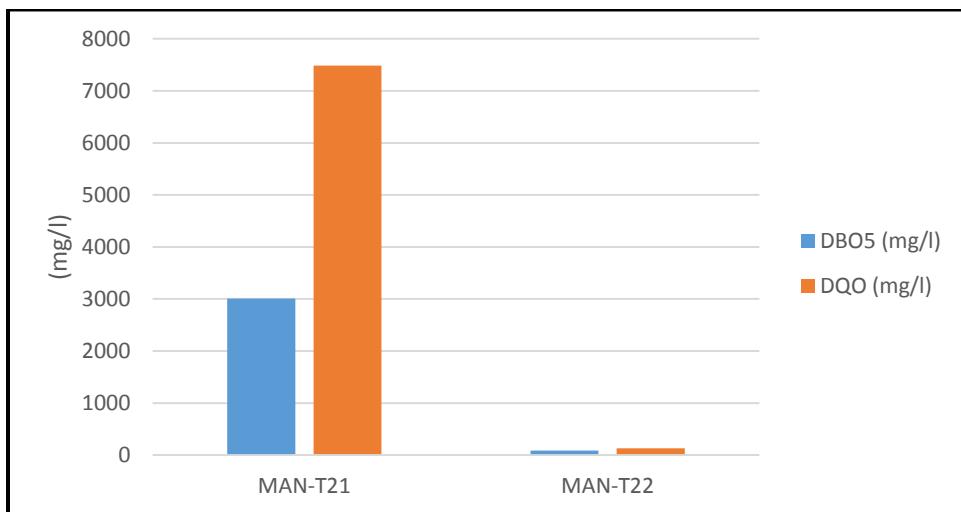
Gráfica 93. OD Tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que el oxígeno disuelto en los vertimientos, **T21** Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), se presentan valores bajos por debajo de 5 mg/l, en el caso del vertimiento industrial de Súper de Alimentos **T21** el valor para el oxígeno disuelto es de 2,42 mg/l, lo que hace que la concentración de este parámetro disminuya considerablemente en la Quebrada Cristales.



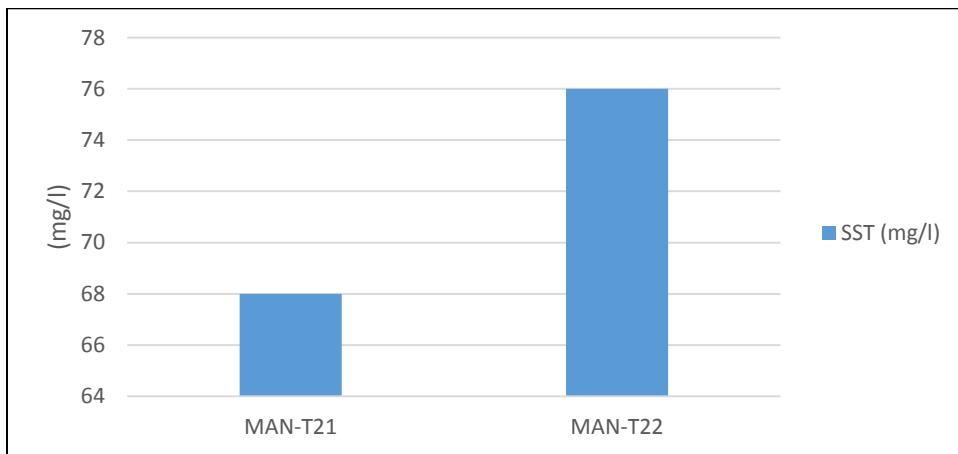
Gráfica 94. pH Tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que el pH en los vertimientos, **T21** Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), el valor para el **T22** se encuentran dentro del rango aceptable establecido en la resolución No.631 del 2015, para vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO₅, para el caso del **T21** vertimiento industrial no se encuentra dentro del rango establecido en la Resolución No. 631 de 2015 (Alimentos y bebidas - elaboración de productos alimenticios), 6 a 9 unidades de pH.



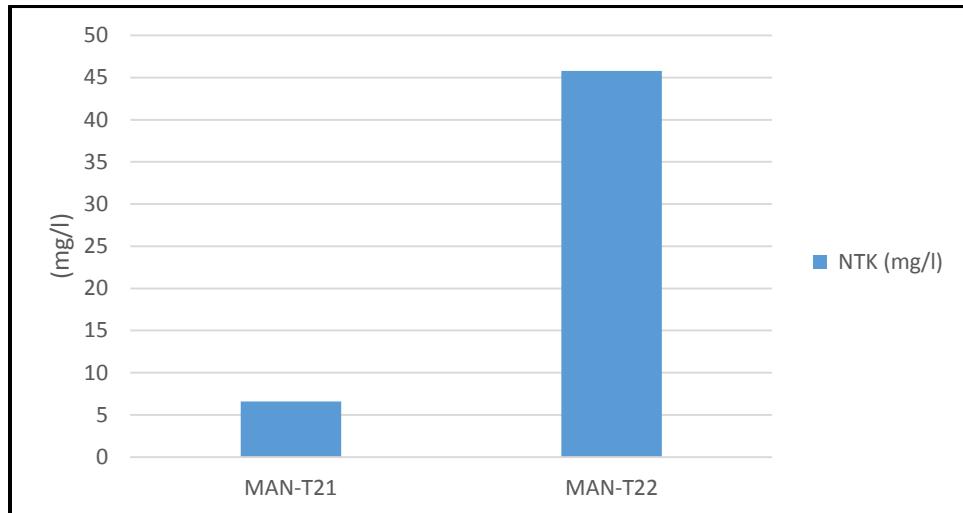
Gráfica 95. DBO₅ y DQO Tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que la DBO_5 y la DQO en **T21** (Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), tienen valores de DBO_5 3011 y 87 mg/l, DQO 7483 y 131 mg/l respectivamente, los valores de los parámetros en T22 se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en la resolución No.631 del 2015 para vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO_5 , para el caso de **T21** siendo el vertimiento industrial de empresa Súper de Alimentos, los valores de los parámetros se encuentran por fuera de los límites permisibles establecidos en la resolución No.631 del 2015 (Alimentos y bebidas - Elaboración de productos alimenticios), la DBO_5 se establece en 400 mg/L y la DQO en 600 mg/L.

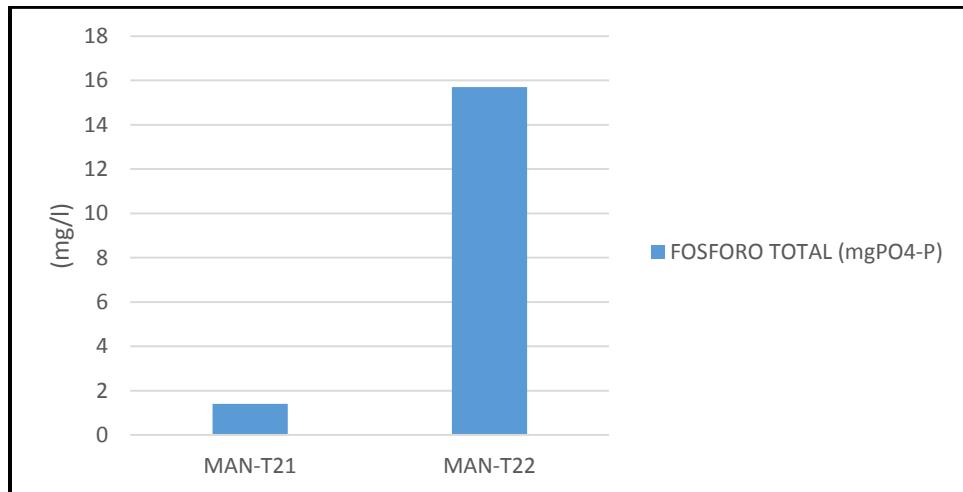


Gráfica 96. Solidos Suspendidos Totales, Tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que los SST en los vertimientos, **T21** (Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), tienen un mayor valor en el **T22** siendo este el vertimiento doméstico de la empresa Súper de Alimentos, pero aun así se encuentra dentro los límites permisibles establecidos en la resolución No.631 del 2015, el cual se encuentra establecido en SST 90 mg/L para vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO_5 .



Gráfica 97. Nitrógeno Total Tributarios Quebrada Cristales

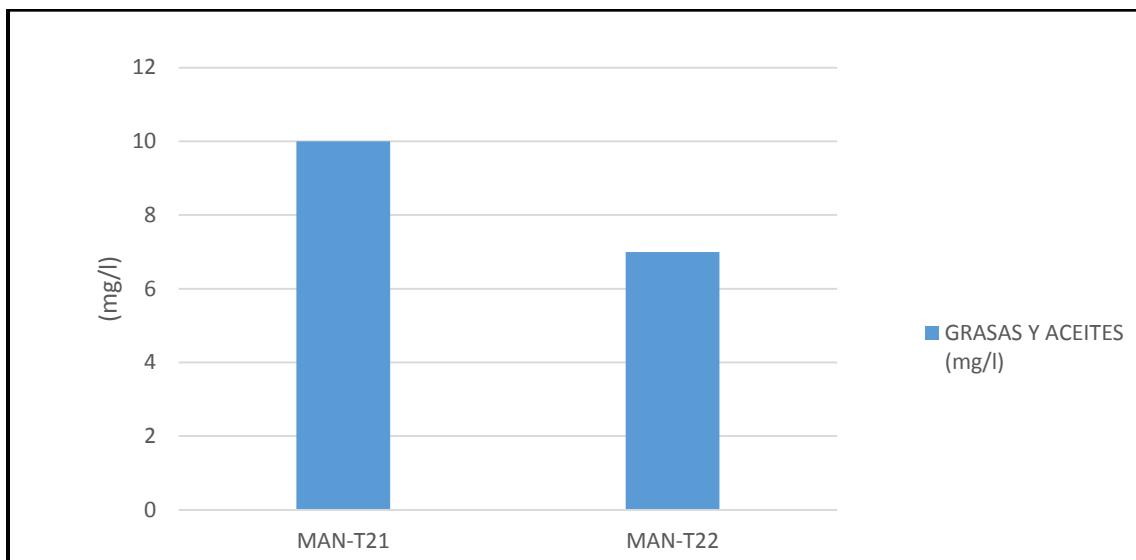


Gráfica 98. Fósforo Total Tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que el Nitrógeno y el Fósforo en los vertimientos, **T21** (Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), para el **T21** se tiene una concentración baja en Nitrógeno y Fósforo Total, pero para el caso de **T22** se observa una concentración más elevada las cuales son típicas de vertimientos de aguas residuales.

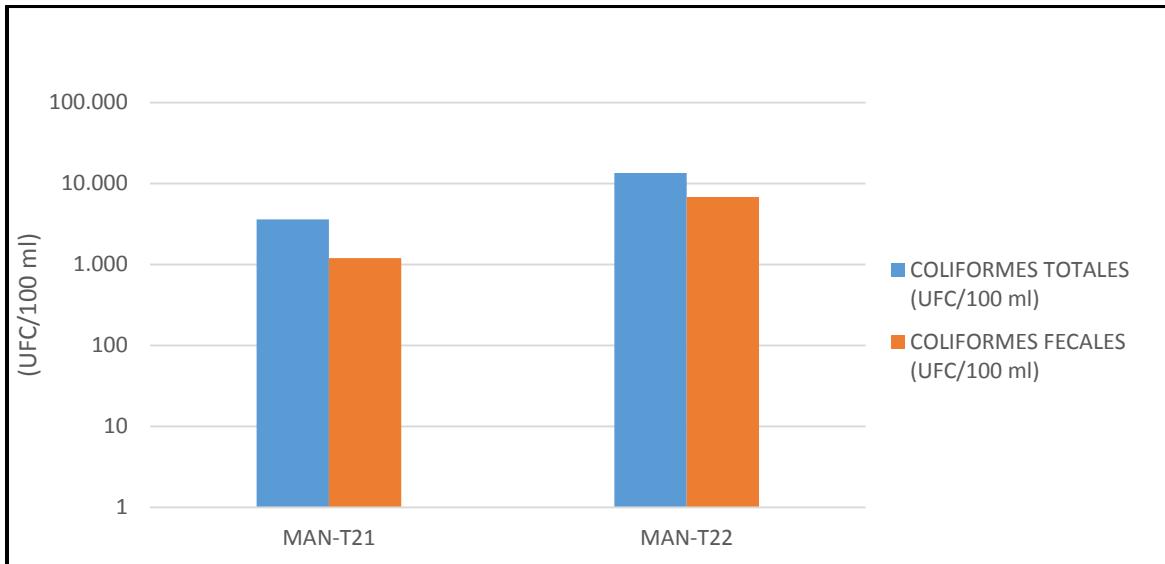
Las concentraciones comunes en aguas residuales domésticas, para el fósforo están entre 5 – 15 mg/l, los valores que aquí se muestran están dentro

del rango, sin decir que son aguas de buena calidad. Es importante tener en cuenta que la descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada, ya que son los principales responsables de los procesos de eutrofización, que da lugar a una proliferación de algas y plantas acuáticas, que a su vez lleva consigo una pérdida de transparencia del agua y disminución de la luz que llega a las capas situadas bajo la superficie de la misma; y consumo de oxígeno disuelto.



Gráfica 99. Grasas y Aceites Tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica se observa que el parámetro de Grasas y Aceites en los vertimientos, **T21** (Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), es mayor en **T21**, esto puede esperarse debido a que este vertimiento corresponde a las aguas residuales no domésticas generadas dentro de la empresa, esto se atribuye a la actividad desarrollada que corresponde a la fabricación de alimentos, para el **T22** se observa un valor menor; los valores obtenidos se encuentran dentro los límites permisibles establecidos en la resolución No.631 del 2015, el cual se encuentra establecido en 20 mg/L para vertimientos de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO₅ y Elaboración de productos alimenticios.



Gráfica 100. Coliformes Totales y Fecales, Tributarios Quebrada Cristales

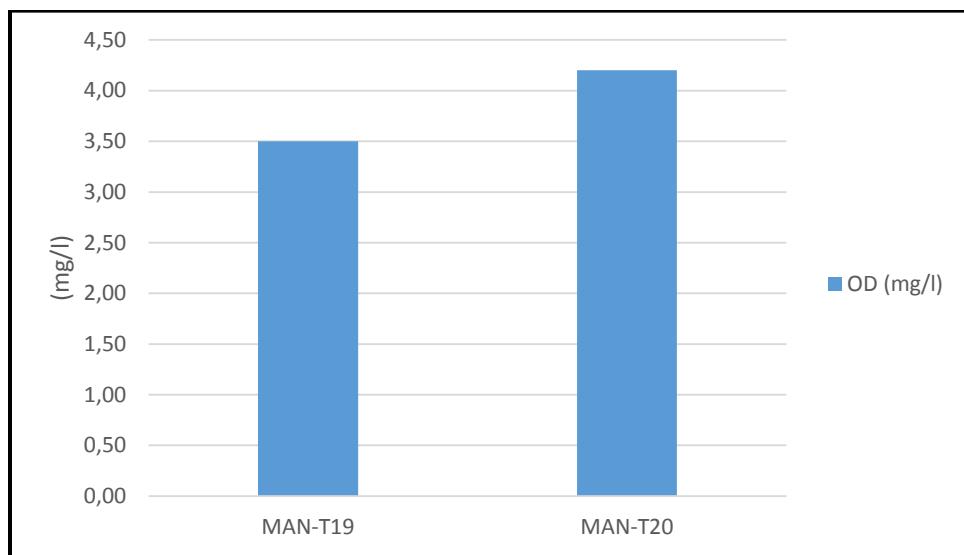
En la gráfica se observa que los Coliformes Totales y Fecales en los vertimientos, **T21** (Vertimiento Súper de Alimentos 2) y **T22** (Vertimiento Súper de Alimentos 3), se observa una mayor concentración en el **T22** considerando que este es un vertimiento doméstico, aunque la concentración en **T21** se encuentra por encima de las 1000 UFC/100 ml, según lo anterior se puede concluir que la presencia de bacterias Coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

6.2.3. Análisis General Tributarios Quebrada Cimitarra

Sobre la Quebrada cimitarra se hace monitoreo y seguimiento a los tributarios **T19** Vertimiento PTAR Descafecol y el **T20** Vertimiento Progel 4 PTAR. En la tabla 22 se presentan los datos obtenidos con su el respectivo análisis.

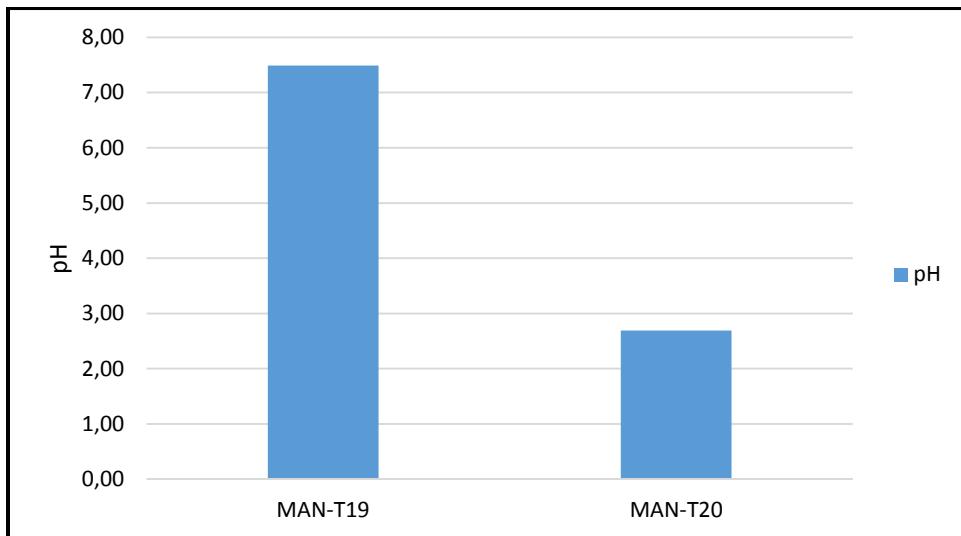
Tabla 22. Parámetros tributarios Quebrada Cimitarra

ESTACIONES	OD (mg/l)	pH	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Grasas Y Aceites (mg/l)	Fósforo Total (mgPO ₄ - P)
MAN - T19	3,5	7,49	164±17	244±7	22±1	5,8	68X10 ²	29X10 ²	9	1,12
MAN - T20	4,2	2,69	725±24	1630±49	492±25	139	ND	ND	6	4,16



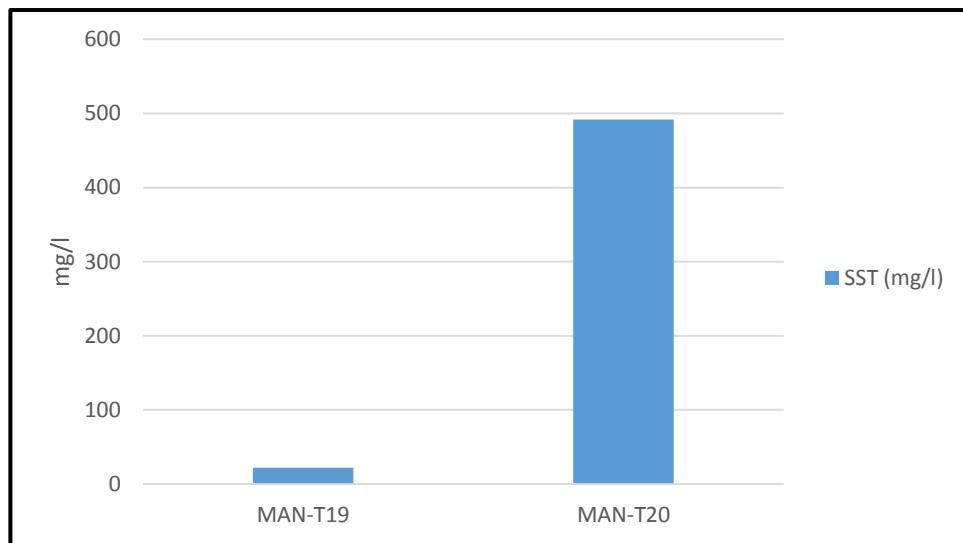
Gráfica 101. Oxígeno Disuelto Tributarios Quebrada Cimitarra

En la gráfica se puede observar que las concentraciones de oxígeno disuelto de los vertimientos, **T19** (Vertimiento PTAR Descafecol) y **T20** (Vertimiento Progel 4 PTAR) sobre la Quebrada cimitarra, se encuentran por debajo de 5 mg/l, esto puede atribuirse a la naturaleza de los procesos llevados a cabo en dichas industrias, lo cual se correlaciona con los altos valores de DBO₅ y DQO, en los cuales la demanda de oxígeno es elevada debido carga de materia orgánica e inorgánica que presentan estos vertimientos.



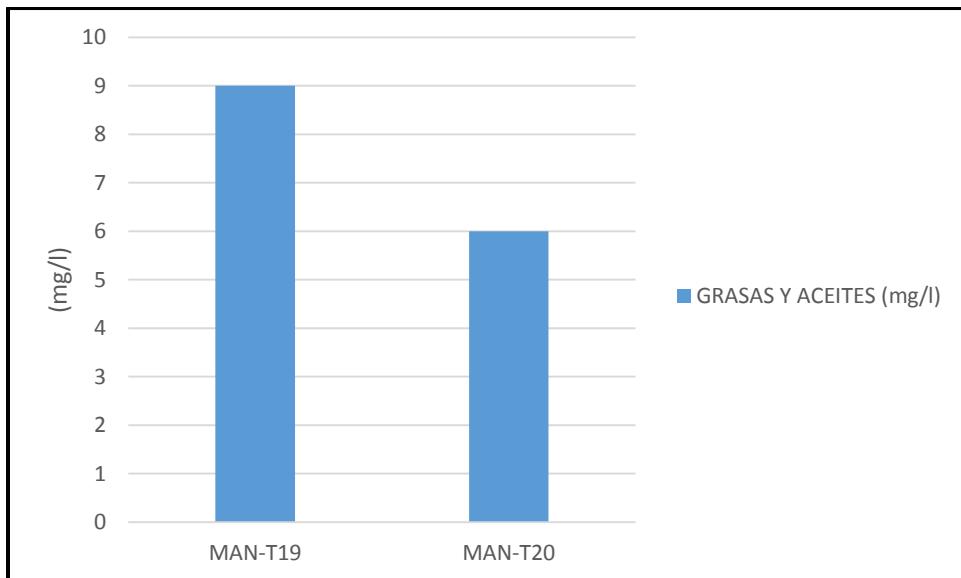
Gráfica 102. pH Tributarios Quebrada Cimitarra

En la gráfica se puede observar que el valor del pH en los vertimientos, **T19** (Vertimiento PTAR Descafecol) y **T20** (Vertimiento Progel 4 PTAR), para el **T19** se encuentra dentro del rango permitido por la Resolución No.631 de 2015, el cual está establecido entre 6 a 9 unidades de pH, en el caso del **T20**, se observa que el pH está en valores ácidos por debajo de las 3 unidades de pH, lo que puede afectar considerablemente la naturaleza de la fuente; puede influir en diversos equilibrios químicos que ocurren naturalmente, la influencia sobre los ecosistemas acuáticos naturales, el efecto indirecto, pudiendo en determinadas condiciones de pH, contribuir a la precipitación de elementos químicos tóxicos como metales pesados; otras condiciones pueden tener efectos sobre las solubilidades de los nutrientes. De esta forma, las restricciones de rango de pH se establecen para las aguas superficiales, los criterios de protección de la vida acuática se fijan el pH entre 6 y 9.



Gráfica 103. SST Tributarios Quebrada Cimitarra

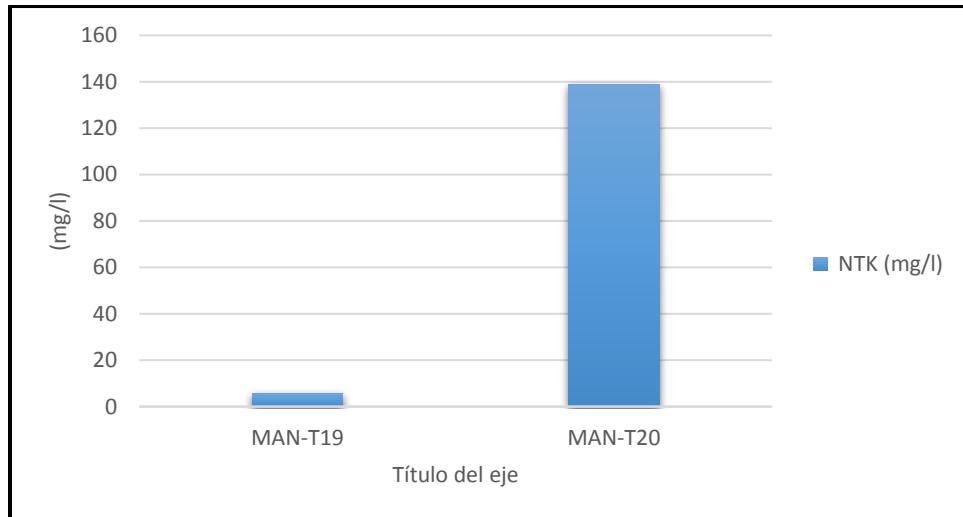
En la gráfica se puede observar que el valor de los Sólidos Suspensidos Totales en los vertimientos, **T19** (Vertimiento PTAR Descafecol) y **T20** (Vertimiento Progel 4 PTAR), es mayor para el **T20** esto se debe a las características de este vertimiento, que presenta gran cantidad de material flotante y sólidos suspendidos, características que se pudieron observar, y fueron evidenciadas durante el monitoreo de este punto y de las estaciones que continúan después de este, tanto en la quebrada Cimitarra como en la quebrada Manizales.



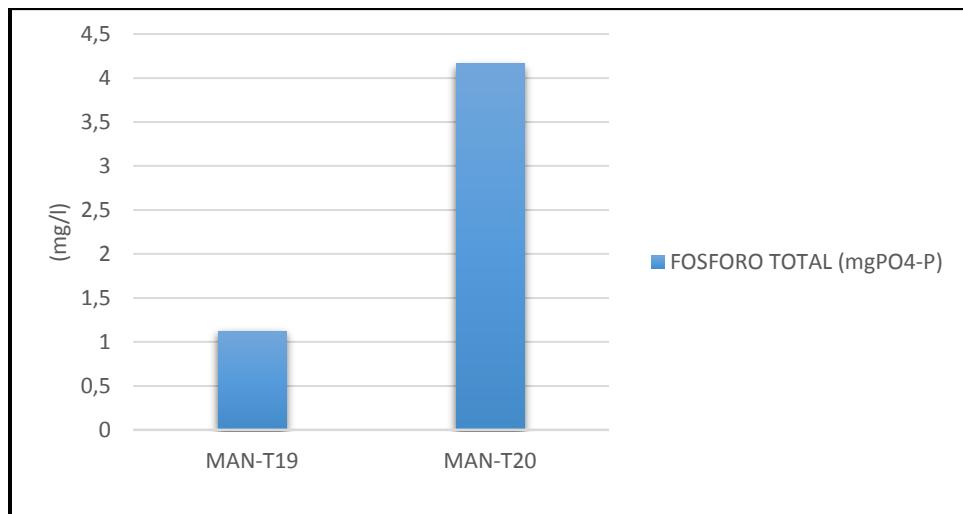
Gráfica 104. Grasas y aceites Tributarios Quebrada Cimitarra

En la gráfica se puede observar que el valor de las Grasas y Aceites en los vertimientos, **T19** (Vertimiento PTAR Descafecol) y **T20** (Vertimiento Progel 4 PTAR), es mayor en el **T 19** en comparación con el vertimiento **T20**; podía esperarse que el vertimiento **T20**, tuviera un valor mayor debido al proceso llevado a cabo dentro de la empresa, sin embargo el día en que se tomó la muestra el pH se encontró por debajo de 3, lo que pudo generar la hidrólisis de las grasas y aceites contenidos en la muestra y afectar su medición en el laboratorio.

De acuerdo a lo anterior debe tenerse en cuenta, que en la determinación de grasas y aceites no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica; se determinan grupos de sustancias con características físicas similares con base en su solubilidad en el solvente (*n*-hexano). Así que las "grasas y aceites" comprenden cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente. Esto incluye otros materiales extraídos por el solvente de la muestra acidificada, tales como compuestos azufrados, algunos colorantes orgánicos y clorofila, no volatilizados durante el ensayo.

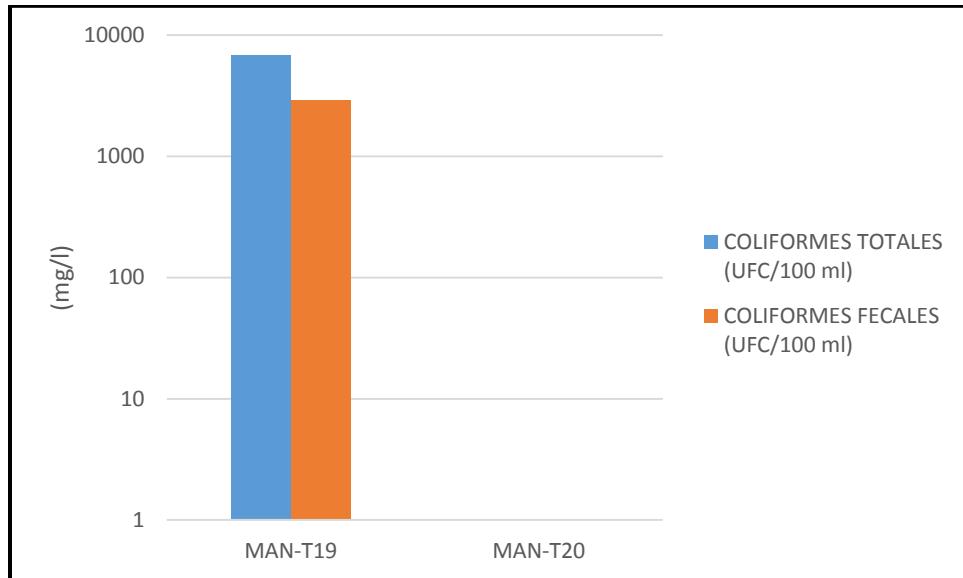


Gráfica 105. NTK Tributarios Quebrada Cimitarra



Gráfica 106. Fósforo total Tributarios Quebrada Cimitarra

En la gráfica se puede observar que el valor del Nitrógeno y Fósforo en los vertimientos, **T19** (Vertimiento PTAR Descafecol) y **T20** (Vertimiento Progel 4 PTAR), es mayor para el vertimiento **T20**, es de esperarse debido al proceso que se lleva a cabo dentro de la empresa donde se utilizan materias primas ricas en compuestos de nitrógeno y fósforo, generando un gran aporte de nutrientes a la Quebrada Cimitarra, situación que genera eutrofización y consumo de oxígeno en la fuente receptora.



Gráfica 107. Coliformes totales y fecales Tributarios Quebrada Cimitarra

En la gráfica se puede observar que el valor para los Coliformes Totales y Fecales en los vertimientos, **T19** (Vertimiento PTAR Descafecol) y **T20** (Vertimiento Progel 4 PTAR), es No detectable para el vertimiento **T20**, esto puede deberse a las condiciones del vertimiento en el día en que se tomó la muestra, el valor de pH en condiciones ácidas, además se reportó por parte del laboratorio la presencia de Cloro en la muestra, lo que pudo afectar considerablemente la supervivencia de las Coliformes; La mayor concentración se presentó en **T19**, esto debido al proceso llevado a cabo dentro de la industria y a la existencia de un vertimiento mixto con aguas residuales domésticas.

6.2.4. Análisis General Tributarios Quebrada Tesorito

El tributario evaluado y monitoreado sobre la quebrada Tesorito es el **T25** correspondiente al Vertimiento Parque Industrial Juanchito. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos y se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

Tabla 23. Parámetros tributarios Quebrada Tesorito

ESTACIONES	OD (mg/l)	pH	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	NTK (mg/l)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Grasas Y Aceites (mg/l)	Fósforo Total (mgPO ₄ - P)
MAN - T25	5,90	7,48	427±44	694±21	835±42	3,6	43X10 ⁴	7X10 ⁴	24	3,88

Según los resultados obtenidos, el vertimiento **T25** presenta valores para la DBO₅ y la DQO, altos que se atribuyen a la carga de materia orgánica e inorgánica, aportadas por los vertimientos industriales generados en el Parque Industrial Juanchito, aunque presenta valores aceptables de oxígeno disuelto, esto no indica que sea de buena calidad, se observa que aporta una gran cantidad de sólidos suspendidos totales, y la concentración de Coliformes totales y fecales es alta.

6.2.5. Análisis General Tributarios Quebrada 2615-002-098-003

Sobre esta Quebrada se realizaba anteriormente el seguimiento y monitoreo del tributario **T24** vertimiento Foodex, pero actualmente el vertimiento es realizado a la quebrada Manizales, por lo tanto, está quebrada no recibe tributarios representativos de aguas residuales no domésticas.

7. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA E ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Los índices de contaminación son considerados de gran importancia a la hora de cuantificar y calificar la calidad de un cuerpo de agua, así como su contaminación. A continuación se presentan los resultados obtenidos al momento de determinar el índice de calidad ICA-CETESB; así como los índices de contaminación por sólidos ICOSUS, índice de contaminación por materia orgánica ICOMO e índice de contaminación por mineralización ICOMI.

Dentro de los estudios realizados en el tema, el índice que mejor representa la calidad de las fuentes hídricas, es el ICA-CETESB debido a que su ponderación establece valores porcentuales diferentes de acuerdo al grado de afectación y relevancia establecida para las variables de interés sanitario como lo son, el oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, Potencial de hidrógeno, Demanda Bioquímica de oxígeno, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Temperatura, Sólidos Totales y Turbiedad.

Por otro lado, la metodología utilizada por el ICA-IDEAM, se utiliza para establecer los impactos ambientales sobre fuentes hídricas, ya que solo tiene en cuenta variables como oxígeno Disuelto, Sólidos suspendidos totales, Demanda Química de Oxígeno, Conductividad eléctrica y pH con igual peso en la ponderación.

Se realizó el cálculo de los índices de calidad para las estaciones de estudio sobre la quebrada Manizales y sus principales afluentes (tributarios), esto con el fin de comparar y observar cual metodología representa mejor las condiciones de las fuentes superficiales.

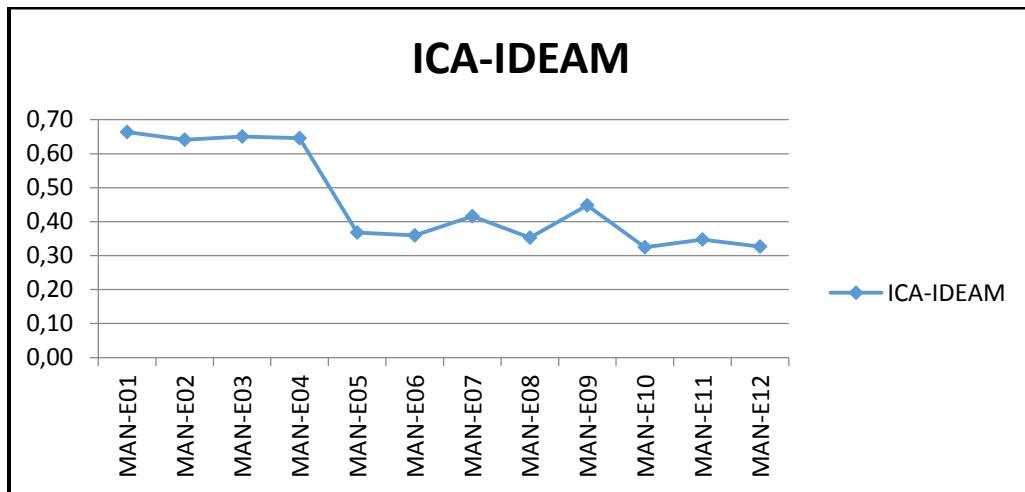
7.1 ICA-IDEAM

Los resultados obtenidos para este índice se presentan de la tabla 24 a la 28.

Tabla 24. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Manizales

Estación	ICA-IDEAM	Clasificación ICA-IDEAM
MAN-E01	0,66	Regular
MAN-E02	0,64	Regular
MAN-E03	0,65	Regular
MAN-E04	0,65	Regular
MAN-E05	0,37	Mala
MAN-E06	0,36	Mala
MAN-E07	0,42	Mala
MAN-E08	0,35	Mala
MAN-E09	0,45	Mala
MAN-E10	0,32	Mala
MAN-E11	0,35	Mala
MAN-E12	0,33	Mala

Gráfica 108. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Manizales

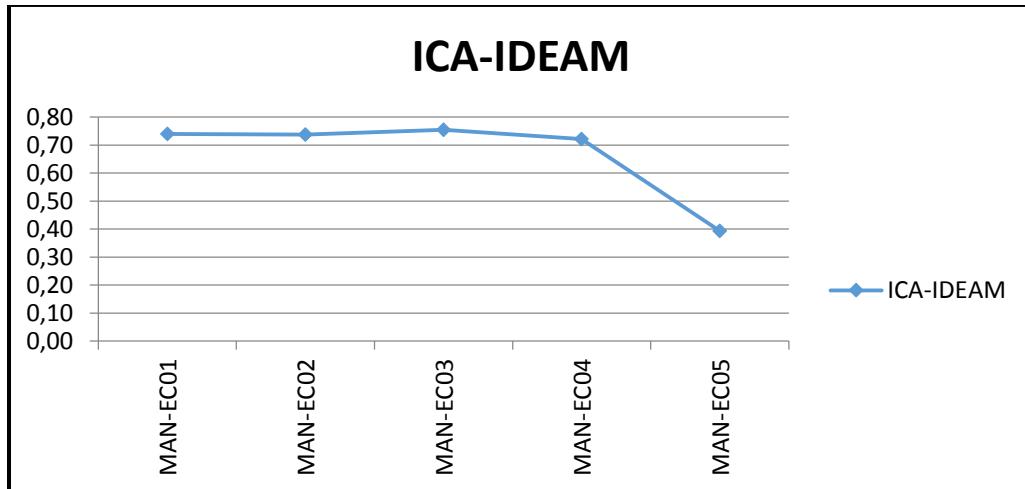


En la gráfica se observa, que el ICA-IDEAM se mantiene en una valor regular desde la E01 hasta la estación E04, posteriormente presenta un descenso en la estación E05 donde tributa la Quebrada Cimitarra, la cual presenta una mala calidad según el ICA-IDEAM calculado para esta, continuando con el trayecto de la Quebrada, esta se mantiene con una calidad mala durante todo su recorrido, teniendo unos picos de mejoramiento en las estaciones E07 y E09 en donde se presenta una dilución de contaminantes provenientes de las Quebradas Tesorito, Universitaria y Guayabal, pero posteriormente vuelve a disminuir su calidad debido a los aportes de contaminantes por parte de la Quebrada Cristales y los descoles del barrio la Enea.

Tabla 25. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cimitarra

Estación	ICA-IDEAM	Clasificación ICA-IDEAM
MAN-EC01	0,74	Aceptable
MAN-EC02	0,74	Aceptable
MAN-EC03	0,75	Aceptable
MAN-EC04	0,72	Aceptable
MAN-EC05	0,39	Mala

Gráfica 109. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cimitarra



Se observa en la gráfica anterior que la calidad del agua sobre la Quebrada Cimitarra, se mantiene en la clasificación de Aceptable desde la estación EC01 hasta la EC04, donde se clasifica en calidad Mala, esto se debe a que en este tramo la quebrada recibe el vertimiento de la empresa Progel, lo que genera un impacto considerable en la calidad del agua de la quebrada.

Tabla 26. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cristales

Estación	ICA-IDEAM	Clasificación ICA-IDEAM
MAN-ECR01	0,62	Regular
MAN-ECR02	0,49	Mala
MAN-ECR03	0,47	Mala

Gráfica 110. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Cristales

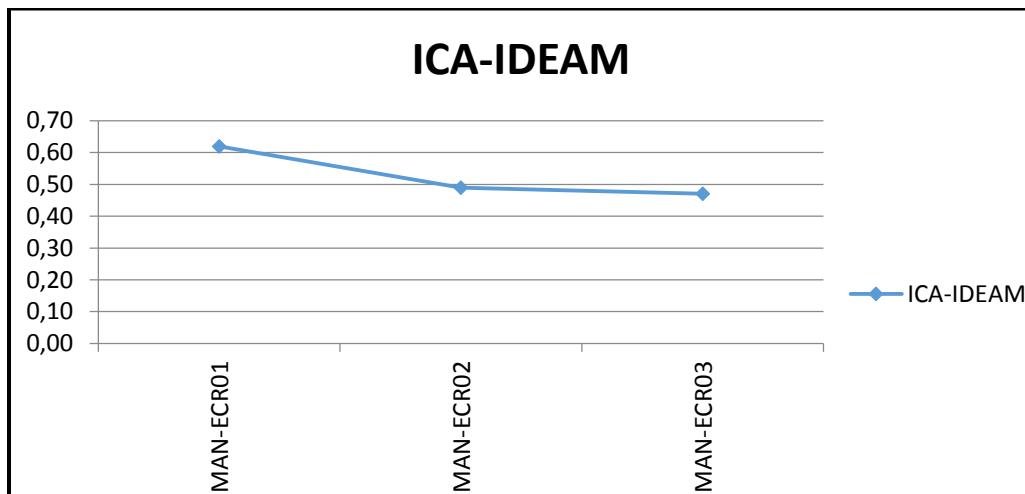


Tabla 27. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Tesorito

Estación	ICA-IDEAM	Clasificación ICA-IDEAM
MAN-ET01.2	0,48	Mala
MAN-ET01	0,55	Regular
MAN-ET03	0,49	Mala

Gráfica 111. ICA IDEAM Estaciones Quebrada Tesorito

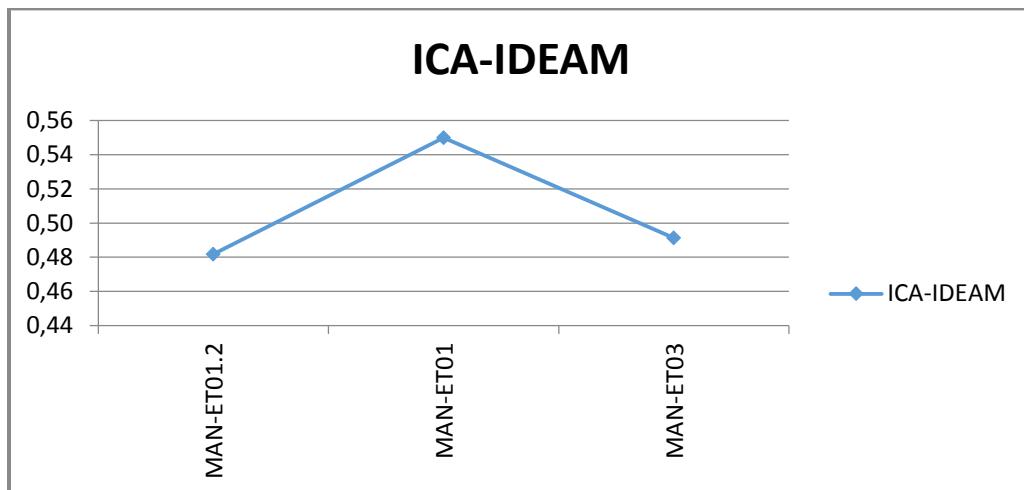
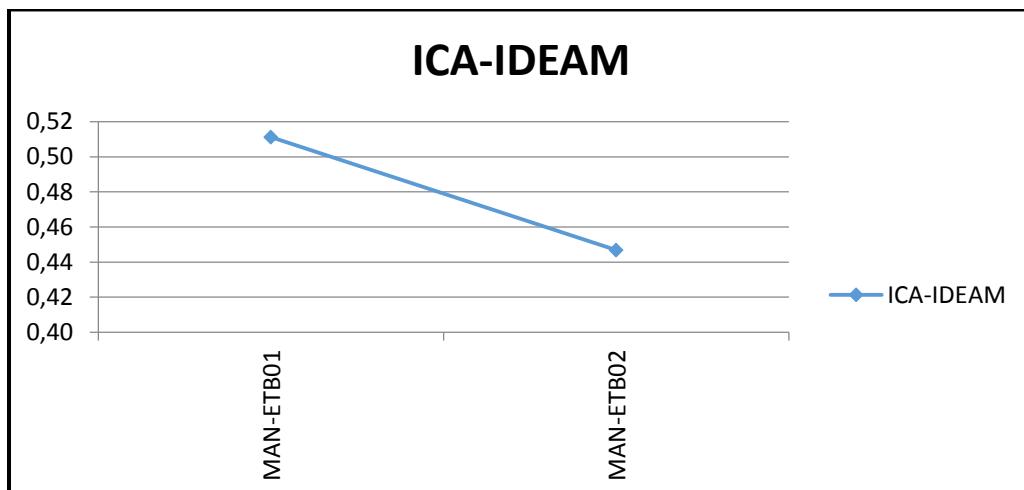


Tabla 28. ICA IDEAM Estaciones Quebrada 2615-002-093-003

Estación	ICA-IDEAM	Clasificación ICA-IDEAM
MAN-ETB01	0,51	Regular
MAN-ETB02	0,45	Mala

Gráfica 112. ICA IDEAM Estaciones Quebrada 2615-002-093-003



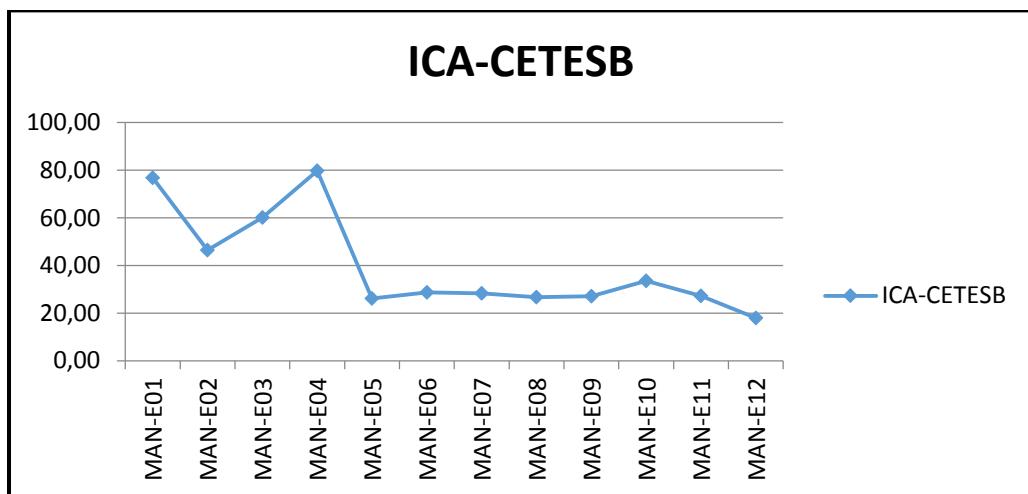
7.2 ICA CETESB

Los resultados obtenidos para este índice se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 29. ICA CETESB Estaciones Quebrada Manizales

Estación	ICA-CETESB	Clasificación ICA-CETESB
MAN-E01	76.86	Buena
MAN-E02	46.49	Regular
MAN-E03	60,10	Buena
MAN-E04	79.71	Excelente
MAN-E05	26.12	Mala
MAN-E06	28.72	Mala
MAN-E07	28.27	Mala
MAN-E08	26.71	Mala
MAN-E09	27.05	Mala
MAN-E10	33.59	Mala
MAN-E11	27.22	Mala
MAN-E12	18.01	Pésima

Gráfica 113. ICA-CETESB Estaciones Quebrada Manizales



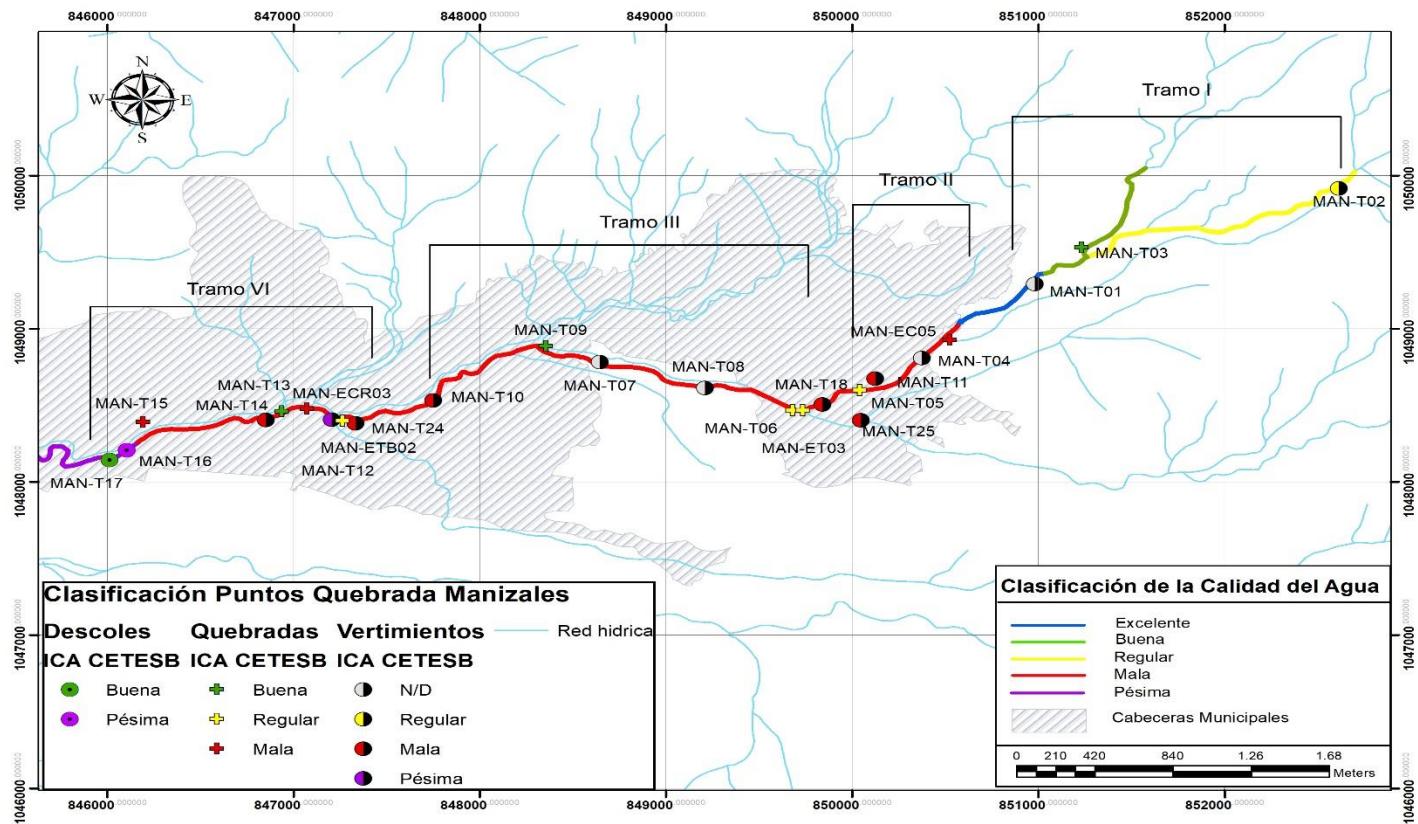
En la gráfica y tabla anterior se observa la clasificación del ICA CETESB, para las estaciones de monitoreo sobre la quebrada Manizales, solo la estación E04 presenta una calidad de agua “excelente”, esto puede deberse a que en este punto las concentraciones de las variables fisicoquímicas medidas fueron menores en comparación con las otras estaciones; mientras que la estación E12 muestra una clasificación de “pésima”, esto se debe a que en este punto la quebrada ya ha recibido todos los vertimientos industriales y vertimientos de aguas residuales domésticas, que aportan carga contaminante, haciendo que la calidad del agua sobre la quebrada Manizales disminuya considerablemente.

Después de la estación E04 la quebrada presenta una calidad mala, esto se debe al aporte de la quebrada Cimitarra la cual presenta el vertimiento de las empresas Descafecol y Progel, los cuales aportan gran contaminación por materia orgánica y nutrientes, haciendo que el índice disminuya considerablemente.

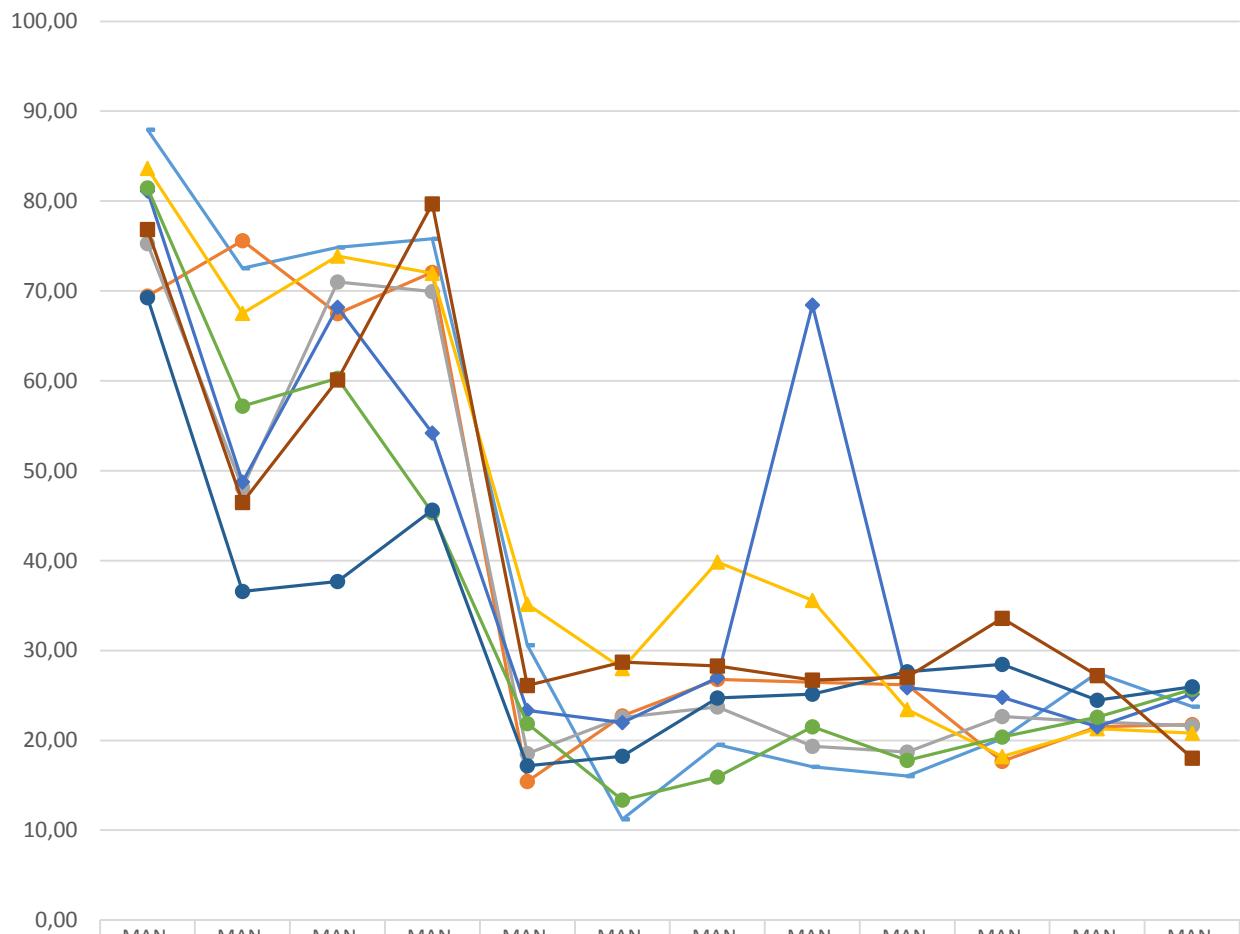
En la gráfica se observa claramente la tendencia decreciente que muestra la quebrada Manizales, para la estación E02 disminuye levemente su calidad debido al vertimiento de la mina la Coqueta, pero posteriormente mejora debido a la incorporación de la quebrada Chuscales y después de

la bocatoma del acueducto; posteriormente para las siguientes estaciones se ve una gran disminución, donde es notable el empobrecimiento en la calidad del agua a medida que la quebrada Manizales va descendiendo hacia su desembocadura al río Chinchiná, encontrando su valor más bajo en la E12 con 18,01.

En el siguiente mapa se presenta el diagnóstico general del ICA CETESB calculado por tramos y tributarios.



Mapa: Fuente Propia.



	MAN-E01	MAN-E02	MAN-E03	MAN-E04	MAN-E05	MAN-E06	MAN-E07	MAN-E08	MAN-E09	MAN-E10	MAN-E11	MAN-E12
ICA CETESB 2008 - Febrero	87,94	72,53	74,84	75,83	30,61	11,21	19,52	17,07	16,04	20,21	27,49	23,75
ICA CETESB 2008 - Junio	69,45	75,61	67,49	72,07	15,43	22,73	26,77	26,45	26,19	17,67	21,50	21,76
ICA CETESB 2008 - Septiembre	75,28	48,11	71,00	69,95	18,52	22,55	23,74	19,35	18,69	22,65	22,05	21,62
ICA CETESB 2010	83,66	67,51	73,87	71,98	35,16	27,99	39,87	35,57	23,43	18,22	21,30	20,79
ICA CETESB 2012	81,11	48,74	68,20	54,21	23,32	21,98	26,95	68,45	25,86	24,78	21,51	25,16
ICA CETESB 2015	81,48	57,20	60,28	45,33	21,87	13,35	15,91	21,53	17,78	20,36	22,57	25,70
ICA CETESB 2017	69,27	36,58	37,68	45,61	17,16	18,25	24,73	25,14	27,64	28,45	24,48	25,96
ICA CETESB 2018	76,86	46,49	60,10	79,71	26,12	28,72	28,27	26,71	27,05	33,59	27,22	18,01

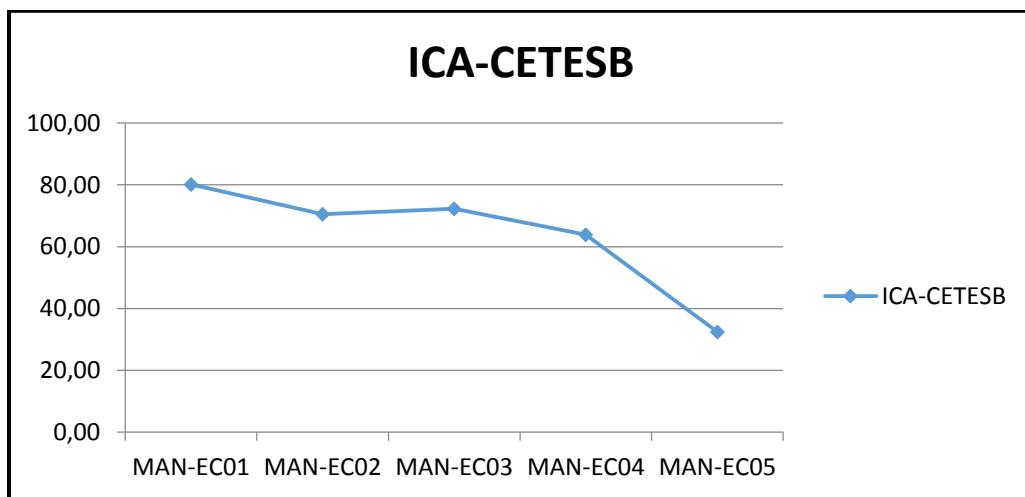
Gráfica 114. Datos Históricos ICA CETESB

En el gráfico anterior se muestra un comparativo de los ICA-CETESB obtenidos en las diferentes campañas de monitoreo realizados sobre la

quebrada Manizales. Como puede observarse en el tiempo en que se han realizado los monitoreos, la tendencia en la calidad del agua es decreciente, siendo una constante en los diferentes estudios; aunque para el estudio presentado se obtuvieron valores más altos del índice de calidad para la mayoría de estaciones en comparación con el reporte inmediatamente anterior, exceptuando las estaciones E09 y E12, en esta última, el índice se encuentra en su valor más bajo de todos los reportes mostrados. Para las primeras cuatro estaciones para el presente reporte se observa una notable mejoría con relación a los años anteriormente analizados, esto se puede atribuir al desplazamiento del vertimiento de la mina la cascada hacia la parte media de la quebrada.

Tabla 30. Quebrada Cimitarra ICA CETESB

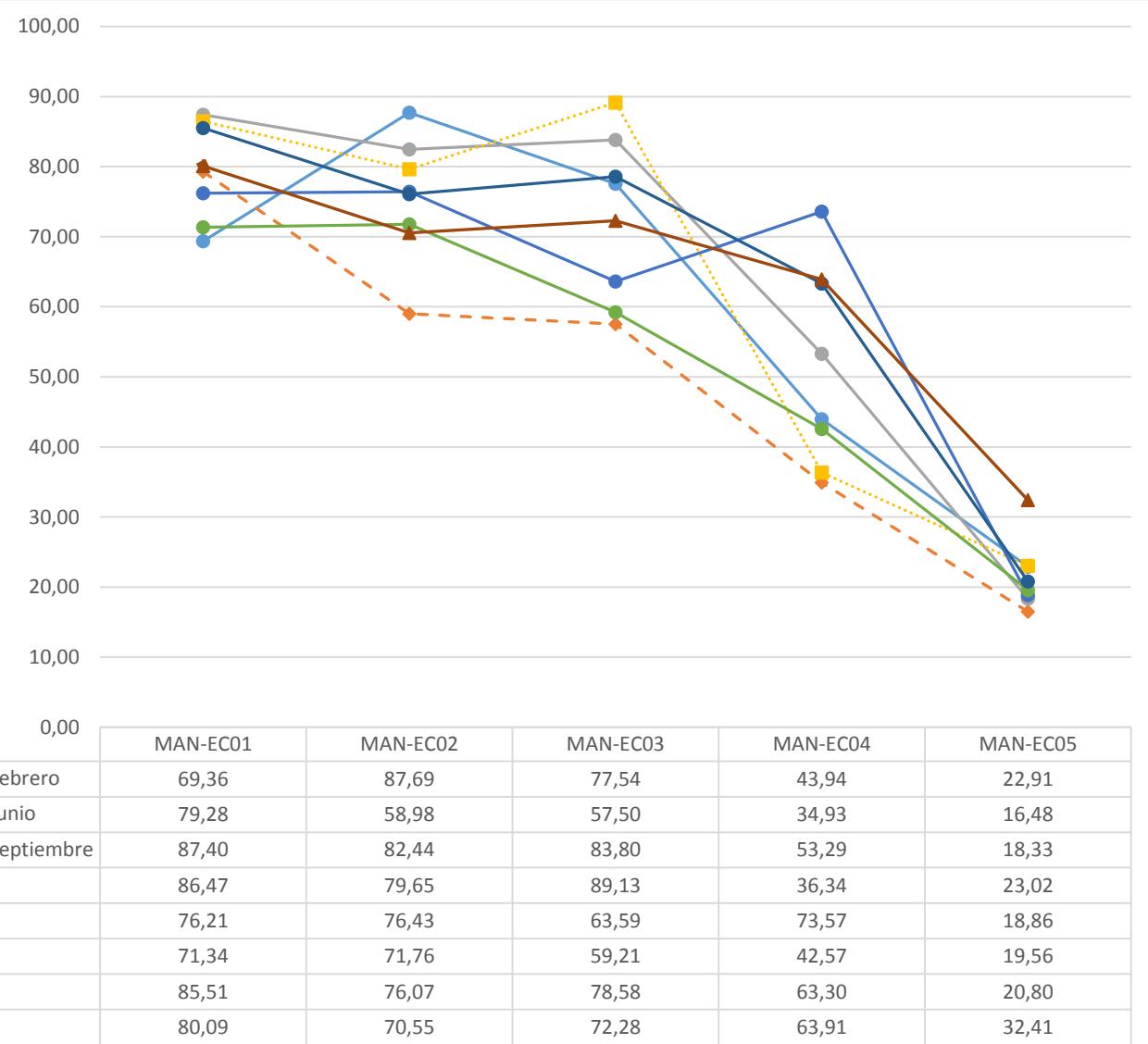
Estación	ICA-CETESB	Clasificación ICA-CETESB
MAN-EC01	80,09	Excelente
MAN-EC02	70,55	Buena
MAN-EC03	72.28	Buena
MAN-EC04	63.91	Buena
MAN-EC05	32.41	Mala



Gráfica 115. ICA CETESB Q. Cimitarra.

Similar a lo ocurrido con la quebrada Manizales, la quebrada Cimitarra tiene un descenso en la calidad de sus aguas conforme avanza hacia su desembocadura pasando de una calidad “excelente” en la EC01 a “mala”

en la EC05. Como se puede apreciar en la tabla 30, y en la gráfica 121. El deterioro se hace más notable con el aporte de los vertimientos de Descafecol Planta Descafeinadora y Progel, siendo este último el que mayor impacto sobre la calidad tiene, ya que pasa de ser “buena” a “mala” en la EC05 antes de entregar sus aguas a la quebrada Manizales.

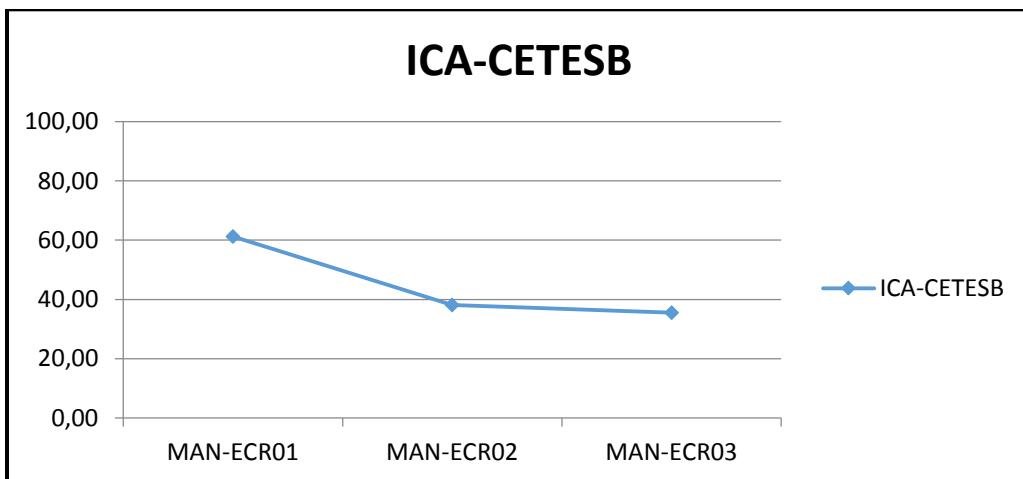


Gráfica 116. Histórico ICA CETESB Q. Cimitarra

De lo observado en la gráfica 116, para la calidad de la quebrada Cimitarra se observa que es constante a lo largo de las primeras 4 estaciones, posteriormente se observa una notable mejoría en la calidad del agua para la estación E05 con respecto a todos los años anteriores, esto se puede representar en una posible disminución de contaminantes que llegan a la quebrada por los vertimientos de las industrias presentes y a la dilución que ocurre con ayuda del aporte de aguas lluvias por la temporada en la que se tomaron las muestras.

Tabla 31. Quebrada Cristales ICA CETESB

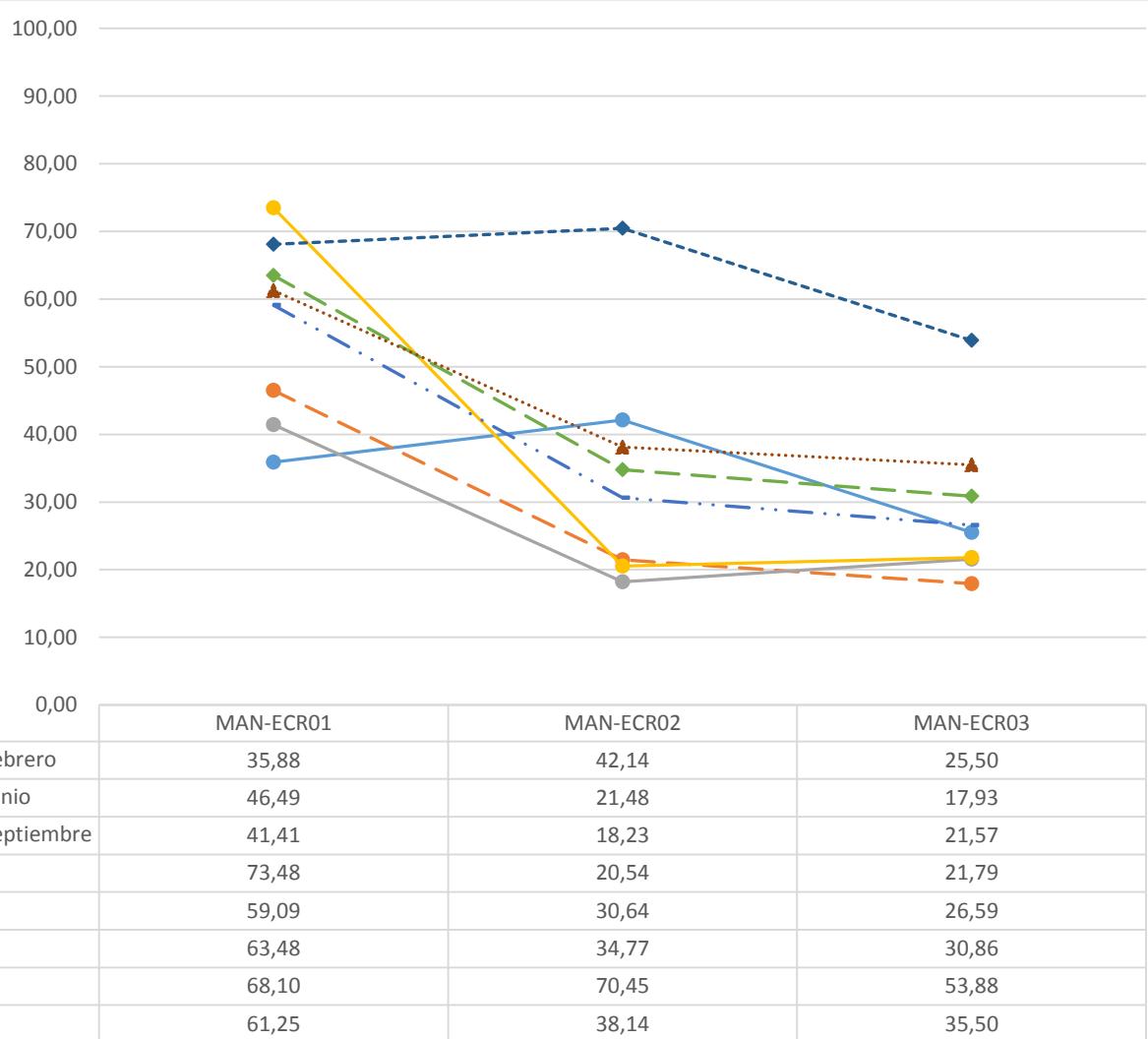
Estación	ICA-CETESB	Clasificación ICA-CETESB
MAN-ECR01	61.25	Buena
MAN-ECR02	38.14	Regular
MAN-ECR03	35.50	Mala



Gráfica 117. ICA -CETESB Quebrada Cristales

Para las aguas de la quebrada cristales se observa que el impacto que tienen los vertimientos de la empresa Súper de alimentos altera considerablemente la calidad de esta, debido a que pasa de ser un cuerpo de agua con calidad Buena a ser regular en la estación ECR02 y posteriormente desciende un poco pero ese cambio en su calidad hace

que el índice la clasifique como de mala calidad en la estación ECR03, antes de entregar sus aguas a la quebrada Manizales.

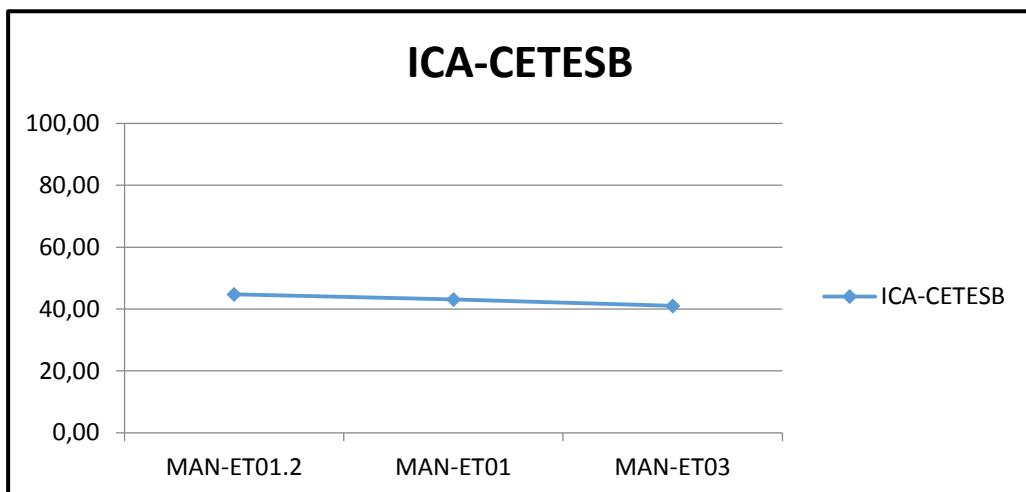


Gráfica 118. HISTORICO ICA- CETESB Q. CRISTALES

En la gráfica se observa que para la estación ECR01 el índice permanece estable a lo largo de los últimos 4 estudios realizados; pero después de recibir los vertimientos de la industria Súper de Alimentos muestra una disminución considerable con respecto al estudio realizado en el año 2016, aunque muestra comportamiento similar a los otros estudios como el del año 2012 y 2014 en donde su índice de calidad se veía afectado por estos vertimientos.

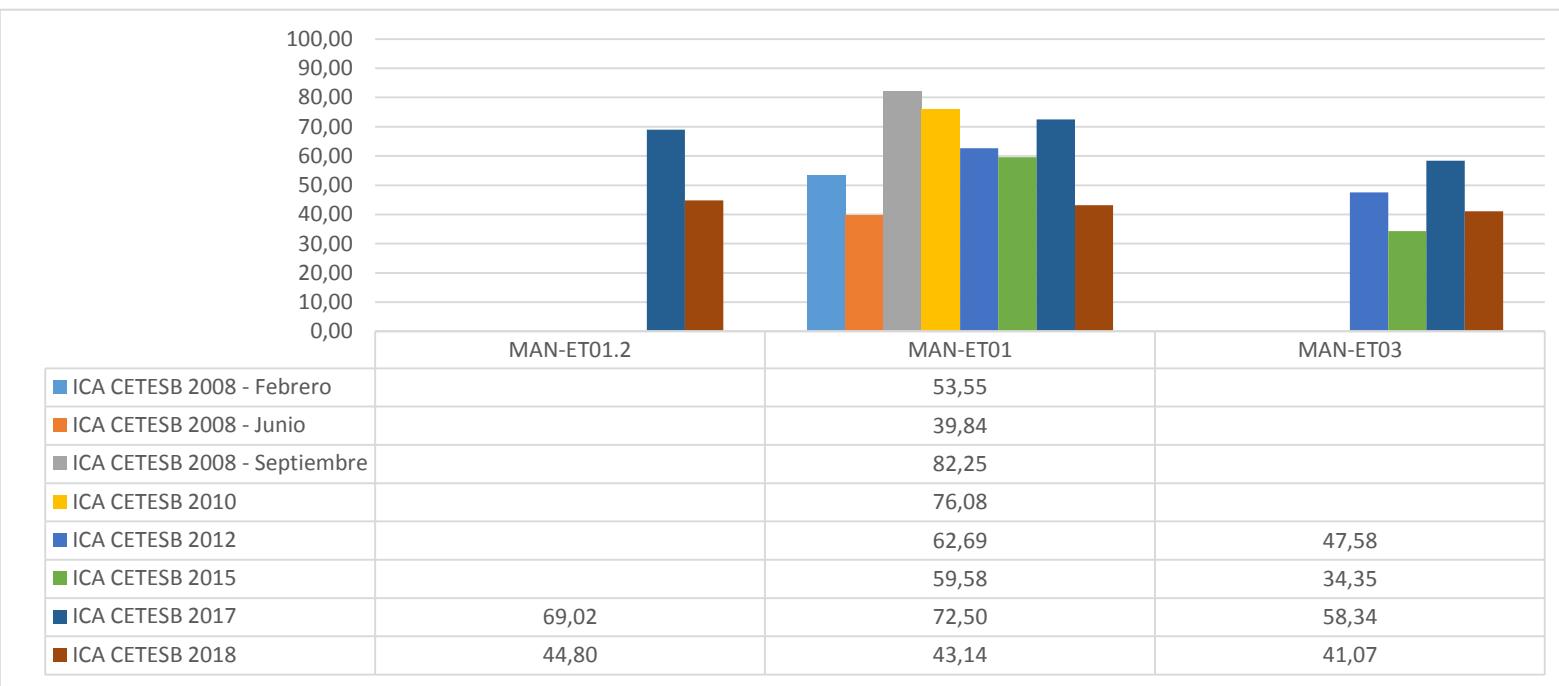
Tabla 32. Quebrada Tesorito ICA CETESB

Estación	ICA-CETESB	Clasificación ICA-CETESB
MAN-ET01.2	44.80	Regular
MAN-ET01	43.14	Regular
MAN-ET03	41.07	Regular



Gráfica 119. ICA-CETEBS Quebrada Tesorito

En cuanto a la calidad del agua sobre la quebrada Tesorito todas sus estaciones registran una calidad como “Regular”, para esta quebrada se propuso una nueva estación aguas arriba de la ET01, a la cual se le llamo ET01.2 y donde se obtuvo el valor más alto de calidad con 44,8; valor que comienza a descender conforme la fuente se acerca a la quebrada Manizales y recibe el vertimiento del parque Industrial Juanchito teniendo su valor más bajo en ET03 con 41,07.



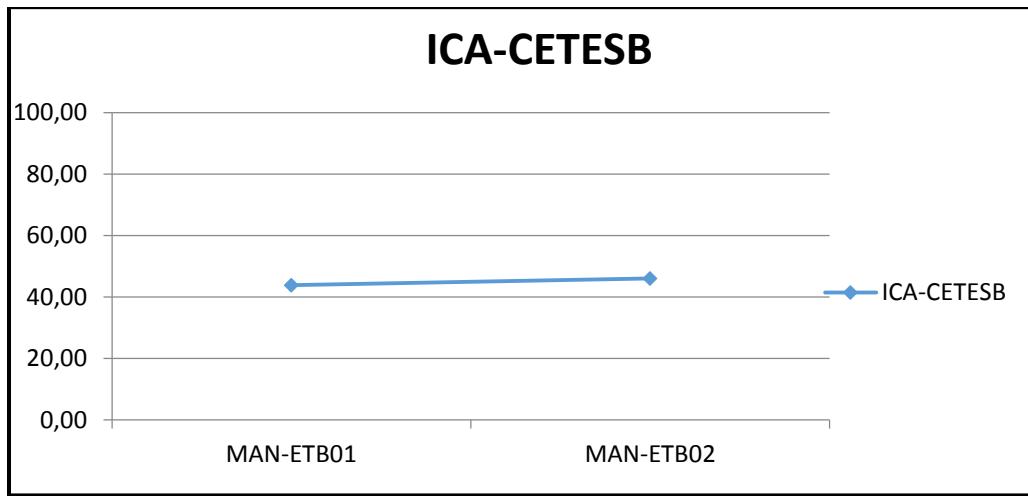
Nota: los espacios en blanco corresponden a indicadores no calculados. (No se tomaron datos en estos años)

Gráfica 120. HISTORICOS ICA-CETEBS Q. TESORITO

En cuanto a los valores históricos para la quebrada Tesorito solo se cuenta con datos de todos los estudios para la estación E01, entonces al analizar el presente reporte con el inmediatamente anterior se observa una disminución de la calidad del agua de esta quebrada en todas sus estaciones; y para la estación E01 se observa que tiene un índice de calidad similar al de los valores reportados en el mes de Junio del 2008 en donde se presentó la más baja de las calidades.

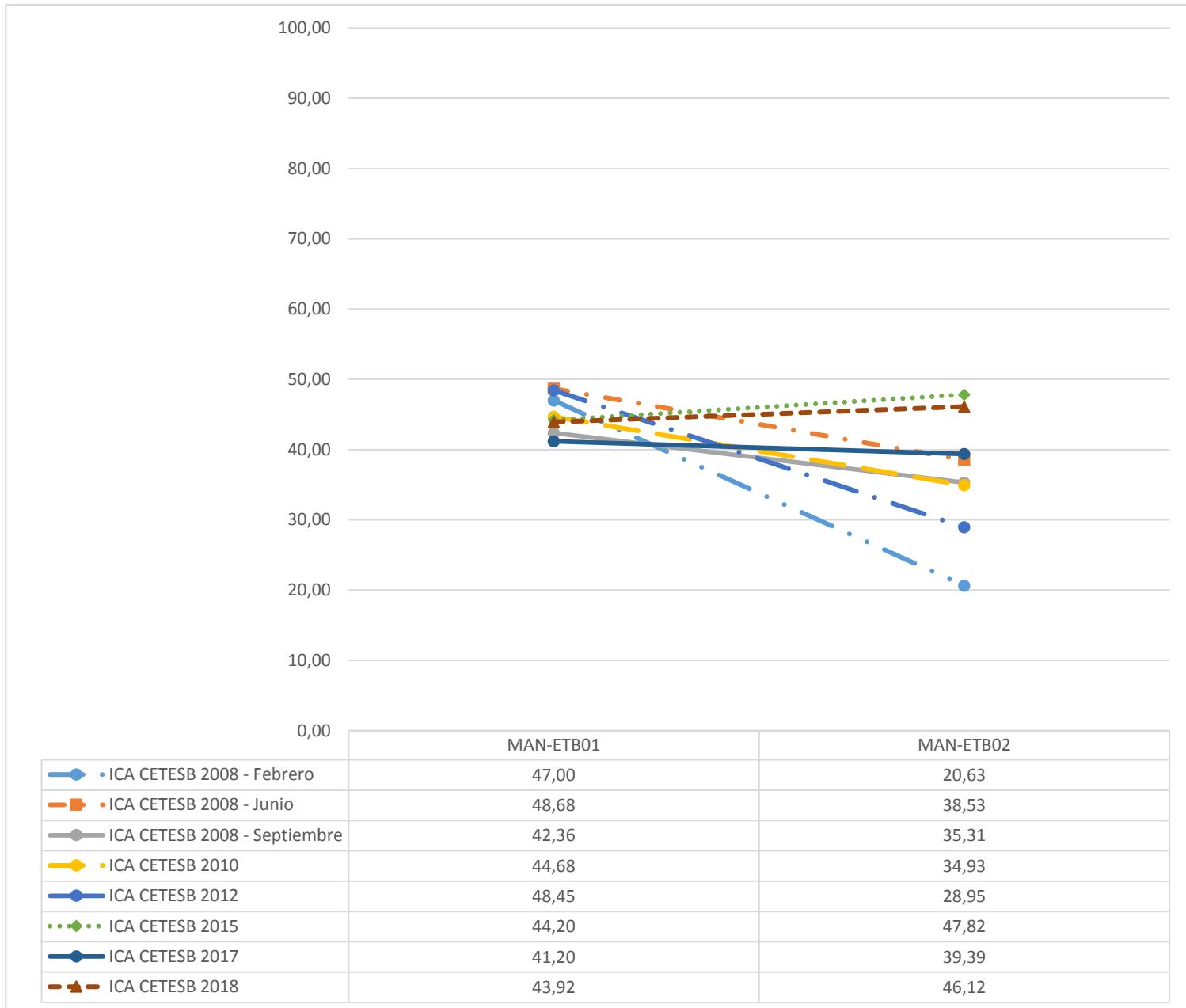
Tabla 33. Quebrada 2615-002-093-003 ICA CETESB

Estación	ICA-CETESB	Clasificación ICA-CETESB
MAN-ETB01	43.92	Regular
MAN-ETB02	46.12	Regular



Gráfica 121. ICA-CETESB Q. 2615-002-093-003

En la quebrada 2615-002-093-003 la calidad del agua en las dos estaciones para este índice da como resultado “regular”, esto debido a que la distancia entre las dos estaciones es muy corta y a que no presenta alteración por vertimientos, por lo tanto, las condiciones no varían considerablemente.



Gráfica 122 HISTORICO ICA- CETESB Q. 2615-002-093-003

En los históricos se puede ver como la estación ETB01 ha ido disminuyendo su calidad a través del tiempo como en los últimos estudios, aunque para este reporte se observa una mejoría, luego de tener sus mejores resultados

en el año 2010, mientras que para la estación ETB02, se registra una mejoría en la calidad en relación a lo obtenido en el estudio anterior realizado por la ONG Servicios Ambientales de Caldas, esto se puede atribuir a que está quebrada ya no recibe el vertimiento de la empresa Foodex.

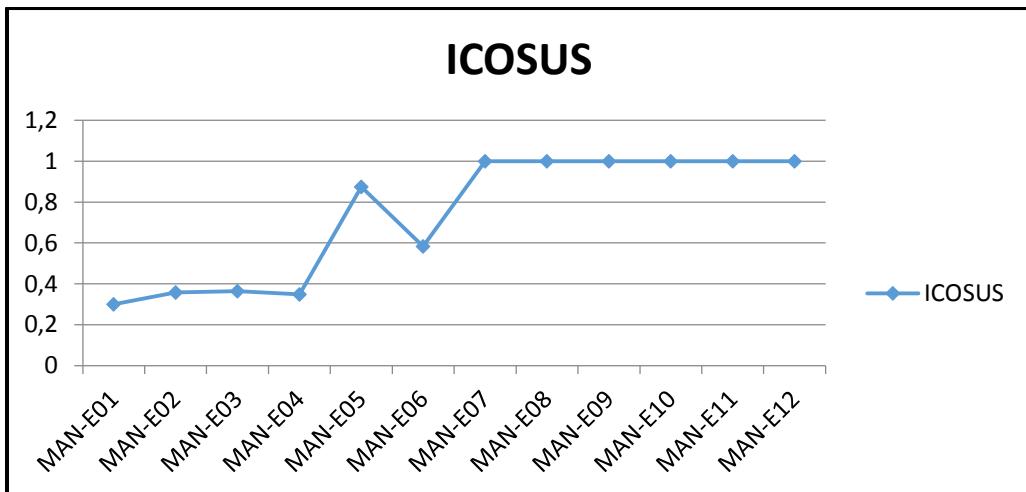
7.3 Índices de Contaminación

Los índices de contaminación toman valores inversamente proporcionales a los índices de calidad, esto quiere decir que entre más alto sea el índice de calidad menor debe ser el índice por contaminación y viceversa.

7.3.1 ICOSUS

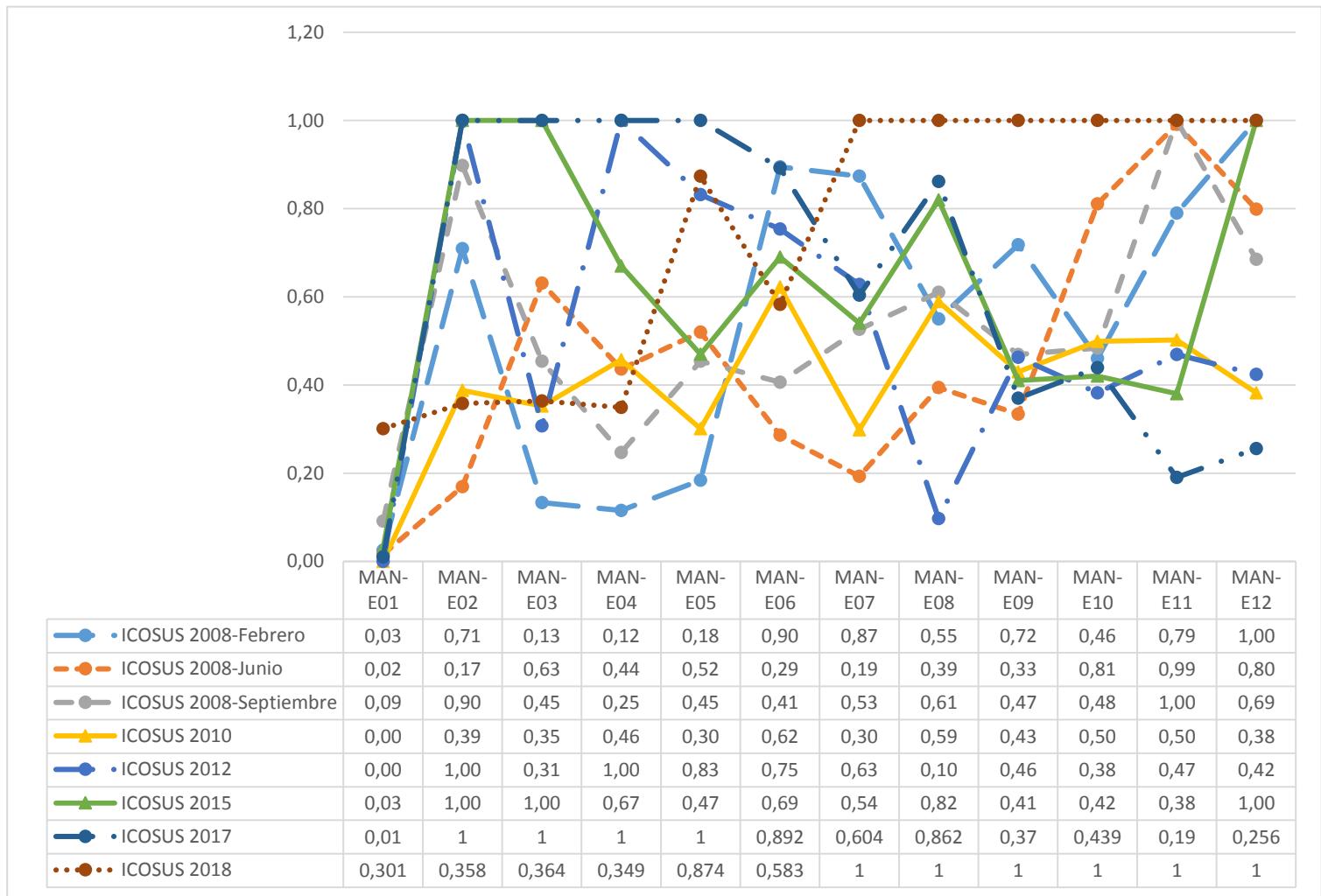
Tabla 34. ICOSUS Quebrada Manizales

Estación	ICOSUS	Clasificación ICOSUS
MAN-E01	0,301	Baja
MAN-E02	0,358	Baja
MAN-E03	0,364	Baja
MAN-E04	0,349	Baja
MAN-E05	0,874	Muy Alta
MAN-E06	0,583	Media
MAN-E07	1	Muy Alta
MAN-E08	1	Muy Alta
MAN-E09	1	Muy Alta
MAN-E10	1	Muy Alta
MAN-E11	1	Muy Alta
MAN-E12	1	Muy Alta



Gráfica 123. ICOSUS QUEBRADA MANIZALES

En la anterior grafica se observa el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, donde la quebrada Manizales en su parte alta tiene la menor contaminación por sólidos, luego presenta un pico en la estación E05 debido al tributario quebrada Cimitarra, la cual aporta una gran cantidad de sólidos de los vertimientos que recibe; los valores más altos se obtuvieron a partir de la estación E07 hasta E12 dando como resultado contaminación “muy alta”, debido a que para estas estaciones se registran los valores más altos de concentración de sólidos.



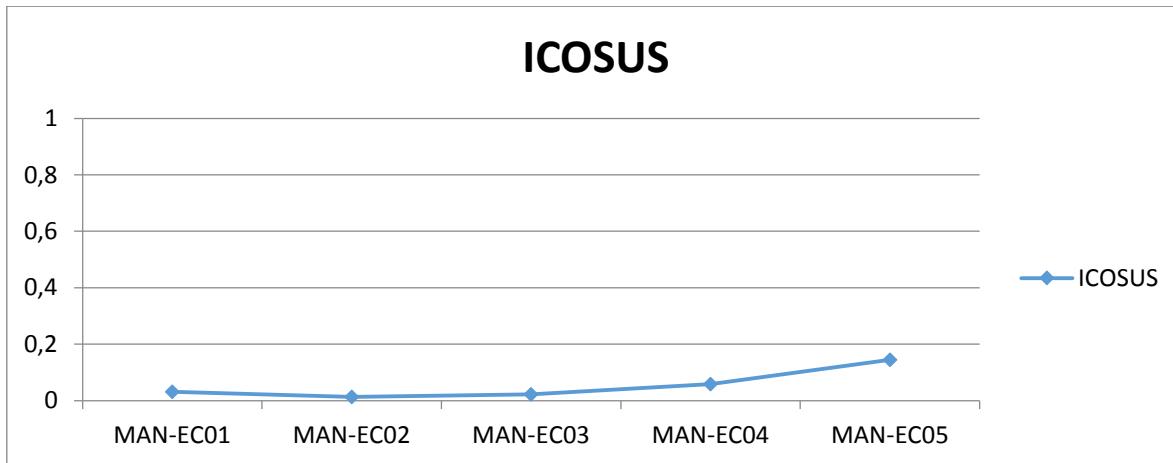
Gráfica 124. HISTORICOS ICOSUS Q. MANIZALES

En la anterior grafica se muestra un histórico de los valores que ha dado para el Índice de contaminación por Sólidos Suspensidos a lo largo de los diferentes estudios, como se puede observar los valores más bajos siempre se han reportado en la estación E01, mientras que en las estaciones desde E02 hasta E04 se observa una disminución en los valores altos que se presentaban en los estudios previos, esto debido a que los diferentes vertimientos que se presentan sobre la zona, tales como los de la mina La Cascada fueron modificados y llevados a la parte media de la quebrada.

Para la E05 se observa de nuevo un aumento, pero es mejor la contaminación con respecto a los estudios anteriores, Para la E07 se observa un aumento considerable con respecto a los años anteriores, debido a la incorporación de la quebrada tesorito, la cual presenta una gran cantidad de Sólidos suspendidos.

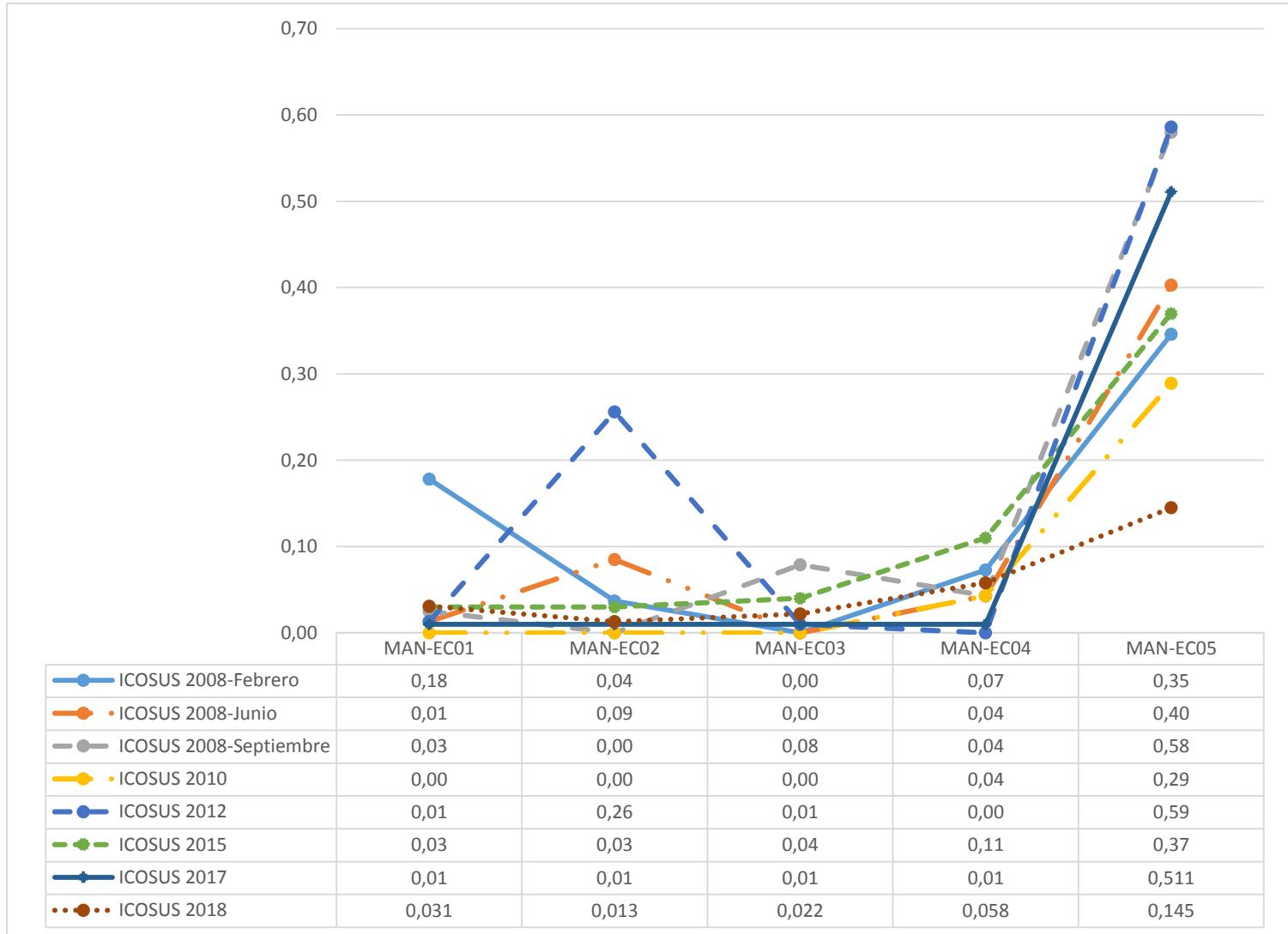
Tabla 35. Quebrada Cimitarra ICOSUS

Estación	ICOSUS	Clasificación ICOSUS
MAN-EC01	0,031	Muy Baja
MAN-EC02	0,013	Muy Baja
MAN-EC03	0,022	Muy Baja
MAN-EC04	0,058	Muy Baja
MAN-EC05	0,145	Muy Baja



Gráfica 125. ICOSUS Q. CIMITARRA

El índice de contaminación por sólidos suspendidos, a lo largo de la quebrada Cimitarra se mantiene en el valor de contaminación “muy baja” durante las primeras 4 estaciones, luego para la quinta se ve un incremento hasta llegar a un valor de 0,145, pero no se altera su clasificación, esto debido a la gran carga de sólidos que llegan a la quebrada mediante el vertimiento de la empresa Progel.



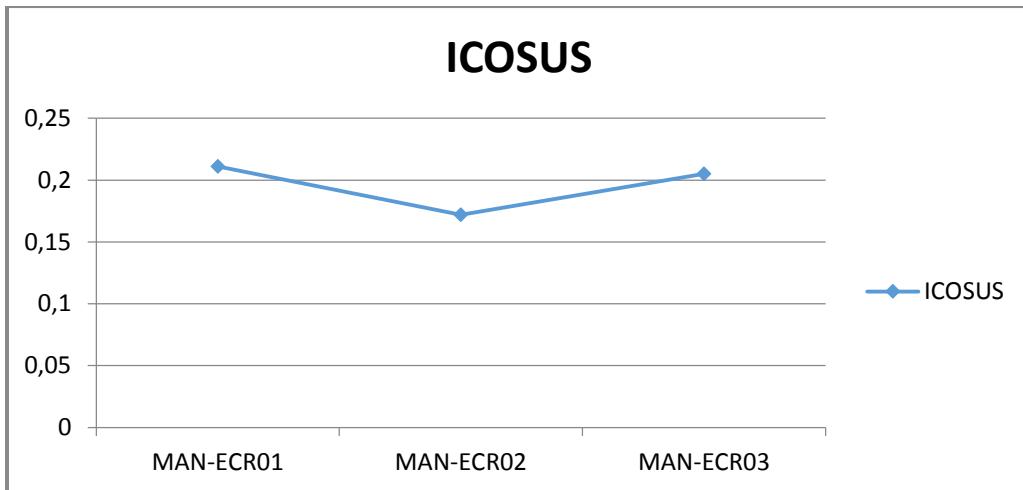
Gráfica 126. HISTORICOS ICOSUS Q. CIMITARRA

En el histórico para el ICOSUS, se puede observar que para la EC05 siempre se han presentado valores altos, mientras que para las primeras 4 estaciones se ha mantenido los valores bajos, aunque se observa en el presente estudio que para estas primeras 4 estaciones se aumentó levemente la cantidad de sólidos con respecto al estudio anterior, tomando valores similares a los reportados en el año 2015, esto se puede atribuir a que el monitoreo se realizó en época de lluvias, favoreciendo el arrastre de sólidos; pero para la

estación E05 se muestra una el menor valor de contaminación por sólidos de todos los estudios previamente realizados, esto también se puede atribuir al factor de dilución que presenta la quebrada por las lluvias.

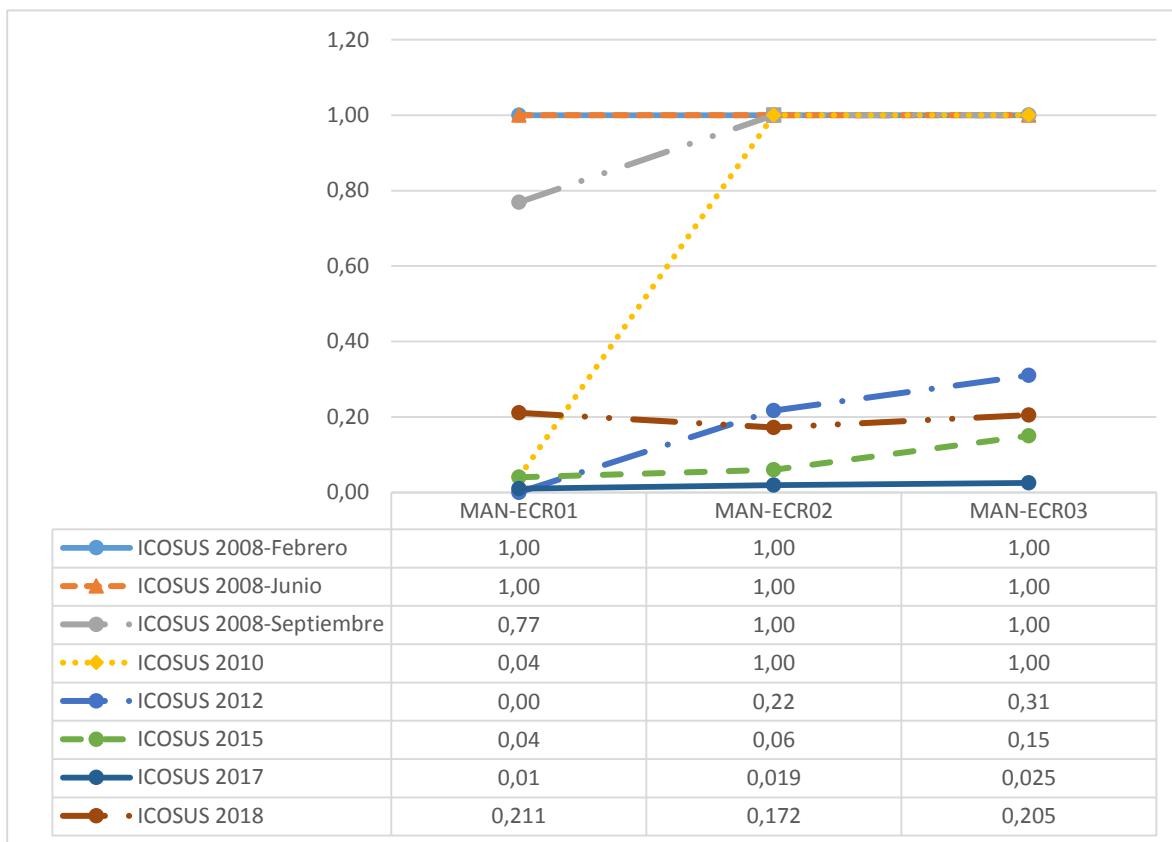
Tabla 36. Quebrada Cristales ICOSUS

Estación	ICOSUS	Clasificación ICOSUS
MAN-ECR01	0,211	Baja
MAN-ECR02	0,172	Muy Baja
MAN-ECR03	0,205	Baja



Gráfica 127. ICOSUS Q. CRISTALES

En la quebrada Cristales los índices por contaminación debido a sólidos suspendidos tienen un comportamiento estable, sin embargo, pasa de ser “baja” en ECR01 a “muy baja” en ECR02, para posteriormente volver a aumentar en ECR03 hasta “Baja”, aunque en las tres estaciones su concentración es casi constante, consecuente con la cantidad de sólidos que presenta la fuente.

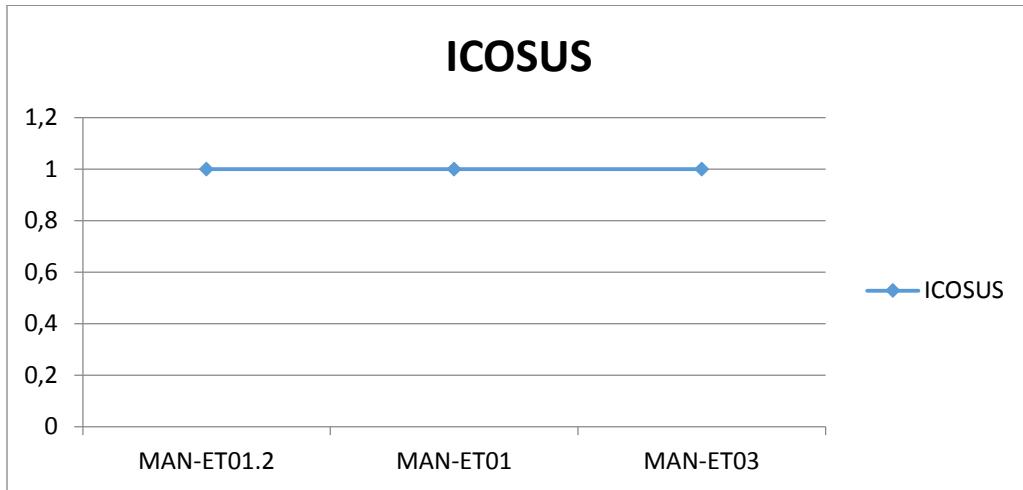


Gráfica 128. HISTORICOS ICOSUS Q. CRISTALES

De acuerdo al histórico, la fuente presentaba una mejora en sus tres estaciones en cuanto a la contaminación por sólidos, como se puede observar, los valores más altos reportados se presentan para los primeros estudios, en los años 2008 y 2010, pero para el presente estudio se nota un leve aumento en la contaminación por sólidos sobre la Quebrada, mostrando un comportamiento similar al del año 2014 el cual se puede atribuir al arrastre de sólidos por la temporada de lluvias.

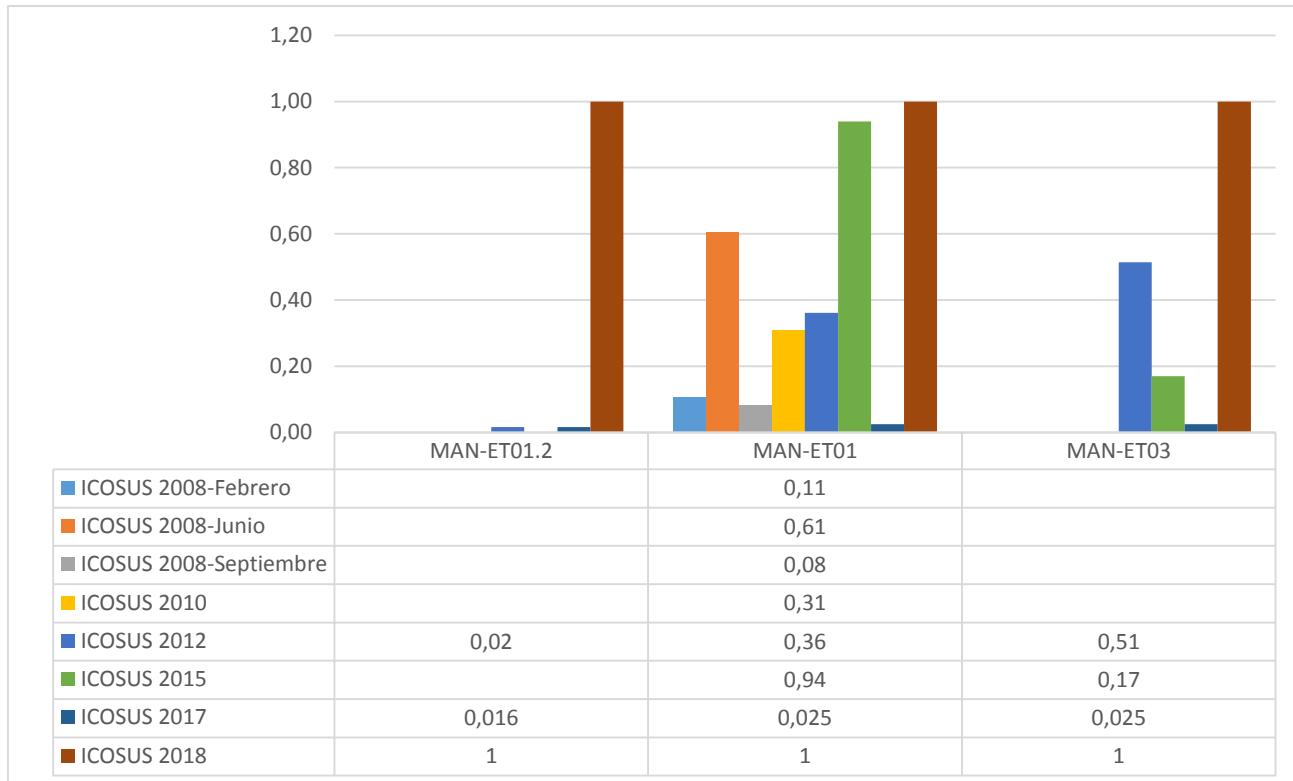
Tabla 37. Quebrada Tesorito ICOSUS

Estación	ICOSUS	Clasificación ICOSUS
MAN-ET01.2	1	Muy Alta
MAN-ET01	1	Muy Alta
MAN-ET03	1	Muy Alta



Gráfica 129. ICOSUS Q. TESORITO

El comportamiento del ICOSUS en la quebrada Tesorito presenta los valores más altos a lo largo de todo su recorrido, debido a la cantidad de sólidos presentes en toda la corriente de la quebrada, estando en la categoría de "Muy Alta"



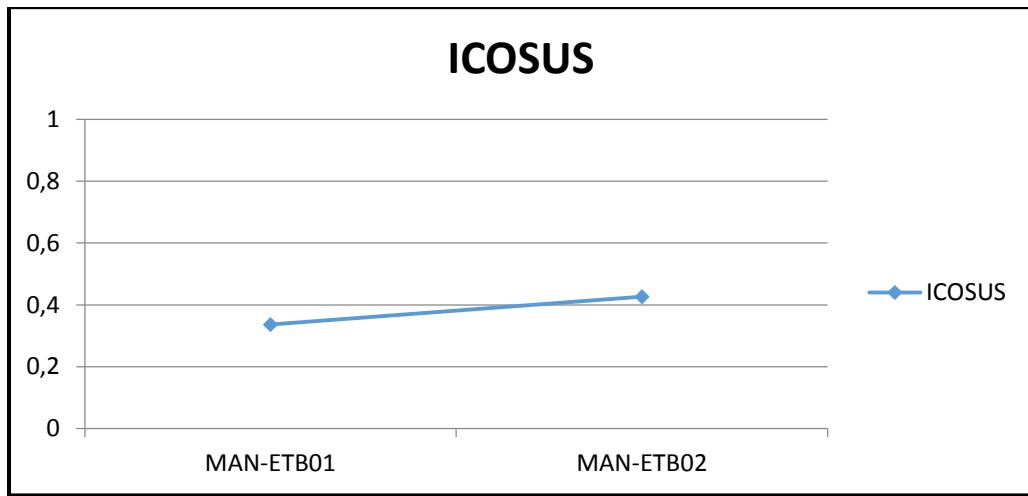
Nota: los espacios en blanco corresponden a indicadores no calculados. (No se tomaron datos en estos años)

Gráfica 130. HISTORICOS ICOSUS Q. TESORITO

Puesto que las únicas estaciones que tienen valores en todos los muestreos son la ET01 y ET03, la comparación solo se hará en estas estaciones, en cuanto a la ET01, puede verse que registró el valor más alto de todos los estudios realizados, aunque la estación E01 presenta valores similares para el año 2014, atribuyéndose al arrastre de sólidos que se presentó por las lluvias durante las campañas de monitoreo.

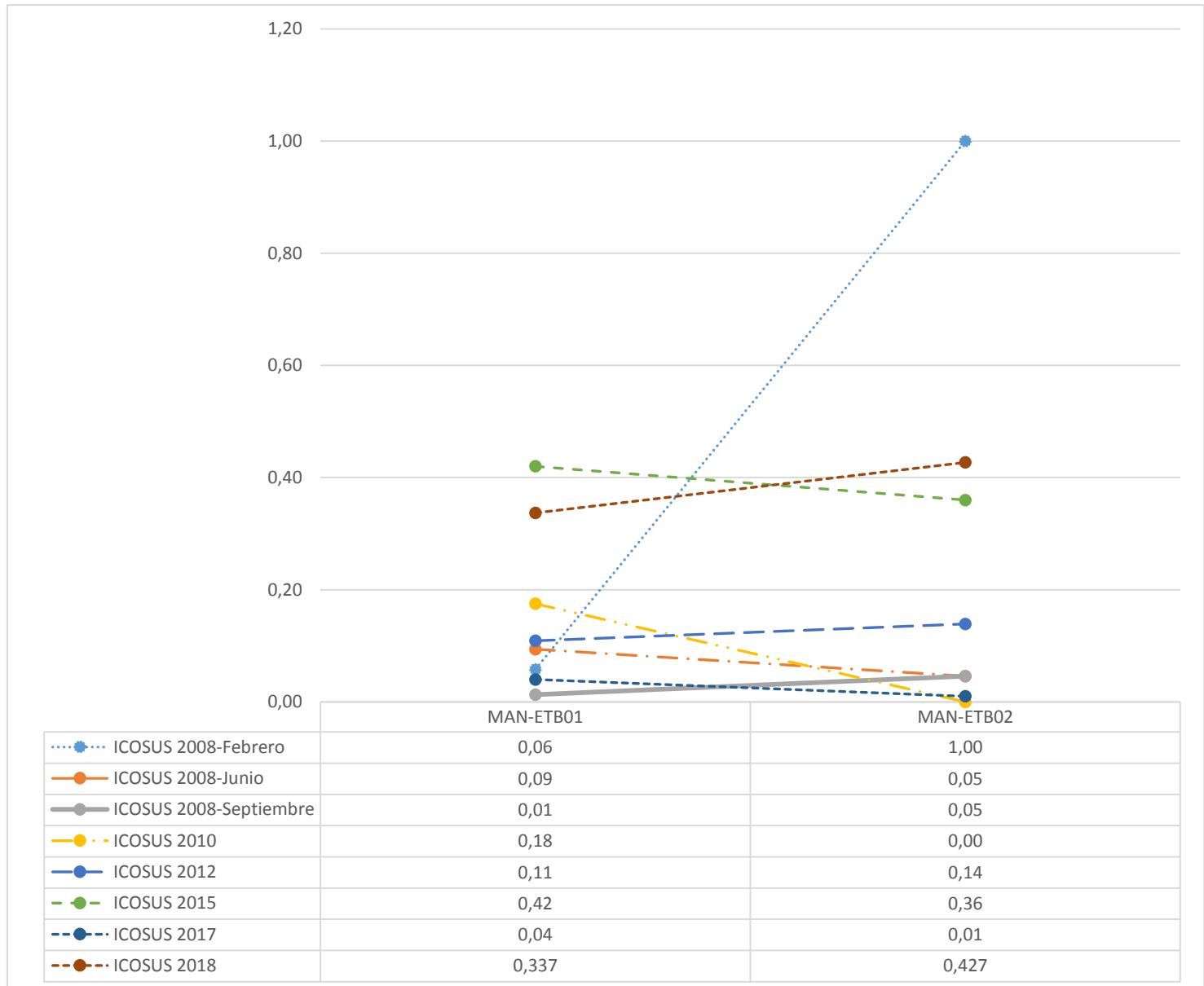
Tabla 38. Q. 2615-002-093-003 ICOSUS

Estación	ICOSUS	Clasificación ICOSUS
MAN-ETB01	0,337	Baja
MAN-ETB02	0,427	Media



Gráfica 131. ICOSUS Q. 2615-002-093-003

El índice de contaminación por sólidos suspendidos totales para esta quebrada pasa de ser “bajo” a “medio”, aunque su cambio no es considerablemente alto debido a la distancia entre las dos estaciones.



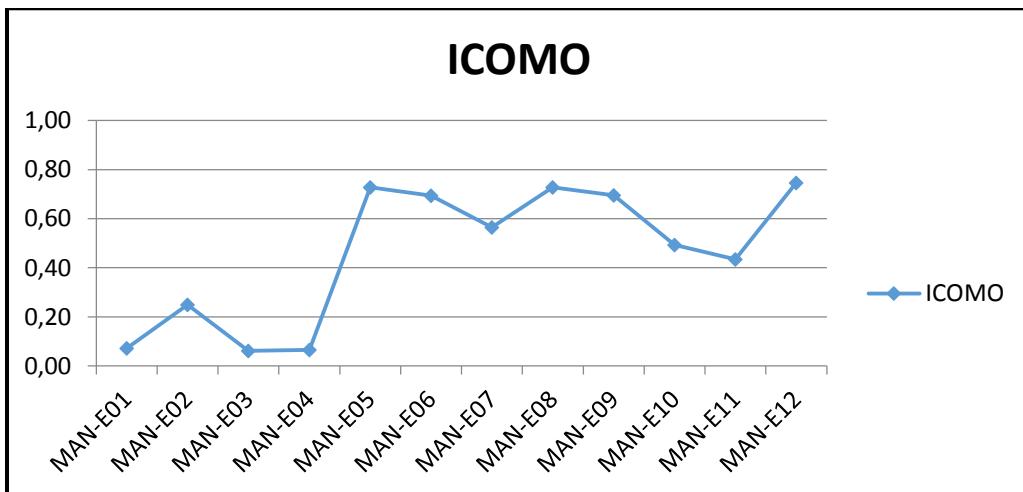
Gráfica 132. HISTORICOS ICOSUS Q. 2615-002-093-003

En el gráfico se puede observar que para ambas estaciones aumenta la contaminación por sólidos con respecto al estudio anterior, mostrando comportamiento similar al del año 2015, atribuyendo este comportamiento a las lluvias presentes en la zona, en las campañas de monitoreo.

7.3.2 ICOMO

Tabla 39. Quebrada Manizales ICOMO

Estación	ICOMO	Clasificación ICOMO
MAN-E01	0,07	Muy Baja
MAN-E02	0,25	Baja
MAN-E03	0,06	Muy Baja
MAN-E04	0,07	Muy Baja
MAN-E05	0,73	Alta
MAN-E06	0,69	Alta
MAN-E07	0,56	Media
MAN-E08	0,73	Alta
MAN-E09	0,70	Alta
MAN-E10	0,49	Media
MAN-E11	0,43	Media
MAN-E12	0,75	Alta

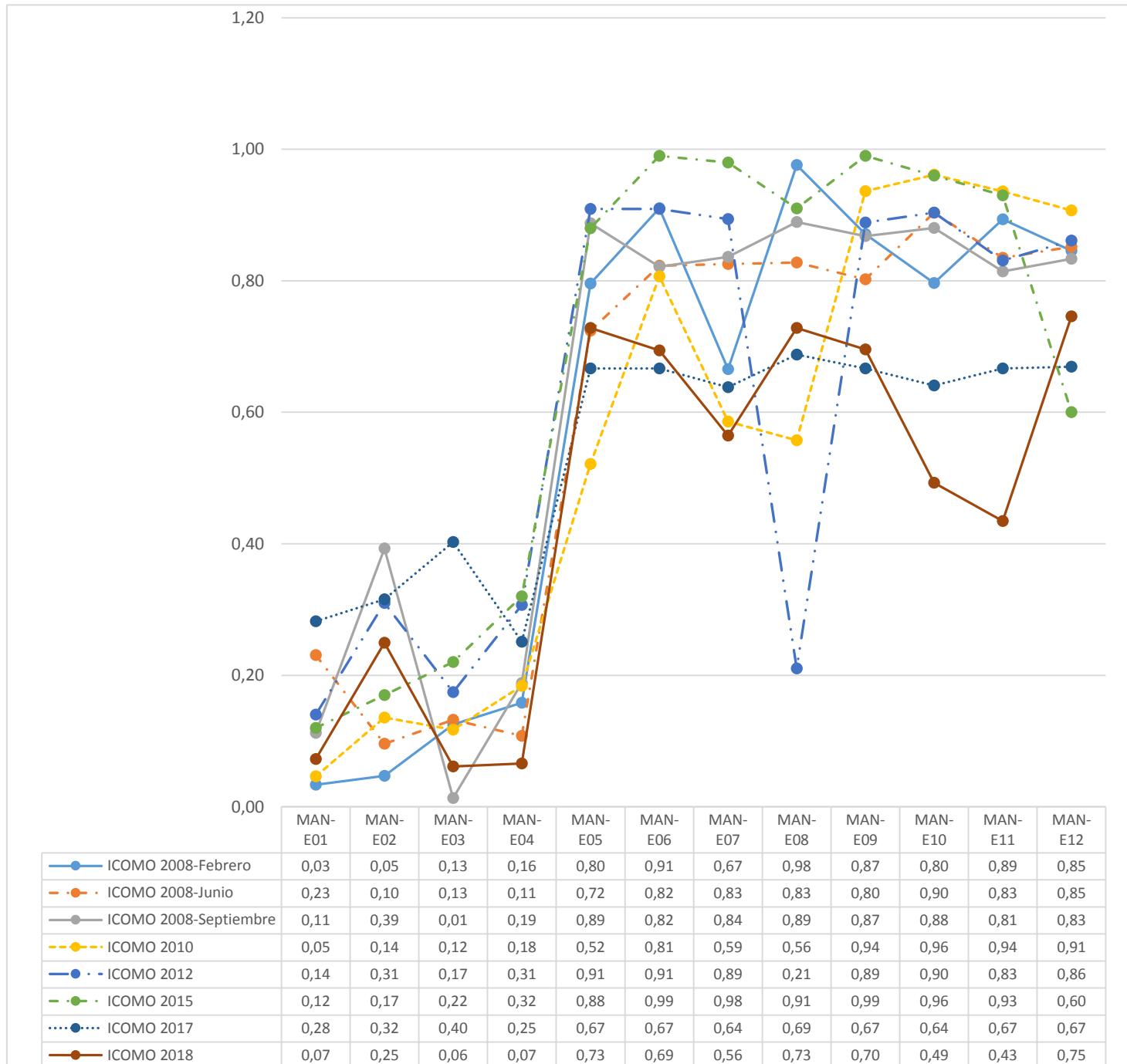


Gráfica 133. ICOMO Q. MANIZALES

El índice de contaminación por materia orgánica ICOMO, en la quebrada Manizales muestra una tendencia creciente a partir de la E02, donde se nota un aumento debido al vertimiento de la mina la Coqueta, posteriormente disminuye el índice mostrando una contaminación “Muy baja”, luego en la estación E05 muestra un pico debido al aporte de la quebrada Cimitarra, manteniéndose entre valores “Altos” con pequeñas disminuciones hasta

índices de “Media” contaminación debido a dilución de tributarios en las estaciones E07, E10 y E11; pero presenta el valor más alto E12 antes de desembocar al río Chinchiná, debido a los aportes de los descooles del barrio la Enea

El comportamiento del ICOMO es consecuente con lo observado en los índices de calidad, donde se muestran valores similares a lo largo del todo el trayecto después de la E05 este alcanza uno de los valores más altos, debido al aporte de la quebrada Cimitarra, manteniéndose después de esta en valores medios y altos de contaminación, así mismo, en valores medios y bajos de calidad.

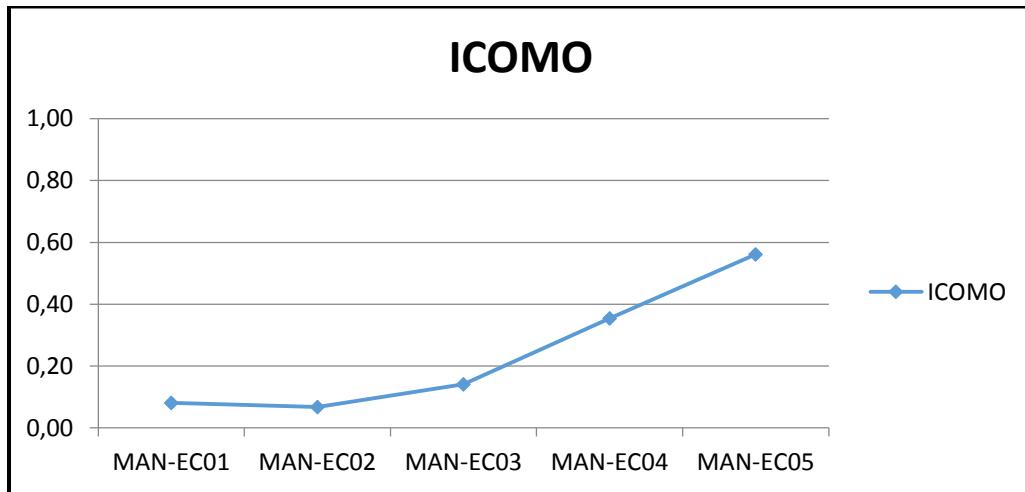


Gráfica 134 HISTORICOS ICOMO Q. MANIZALES

En la gráfica 134 Se observa que las primeras cuatro estaciones de la quebrada Manizales han manejado los valores más bajos de ICOMO y para esta campaña en el presente estudio muestra una disminución con respecto al estudio anterior; después el comportamiento creciente de este índice a medida que la quebrada avanza hacia su desembocadura en el río Chinchiná mostrando en este estudio un aumento considerable en la última estación, representada en la carga orgánica que traen los descoles del sector de la Enea a la quebrada.

Tabla 40. Quebrada Cimitarra ICOMO

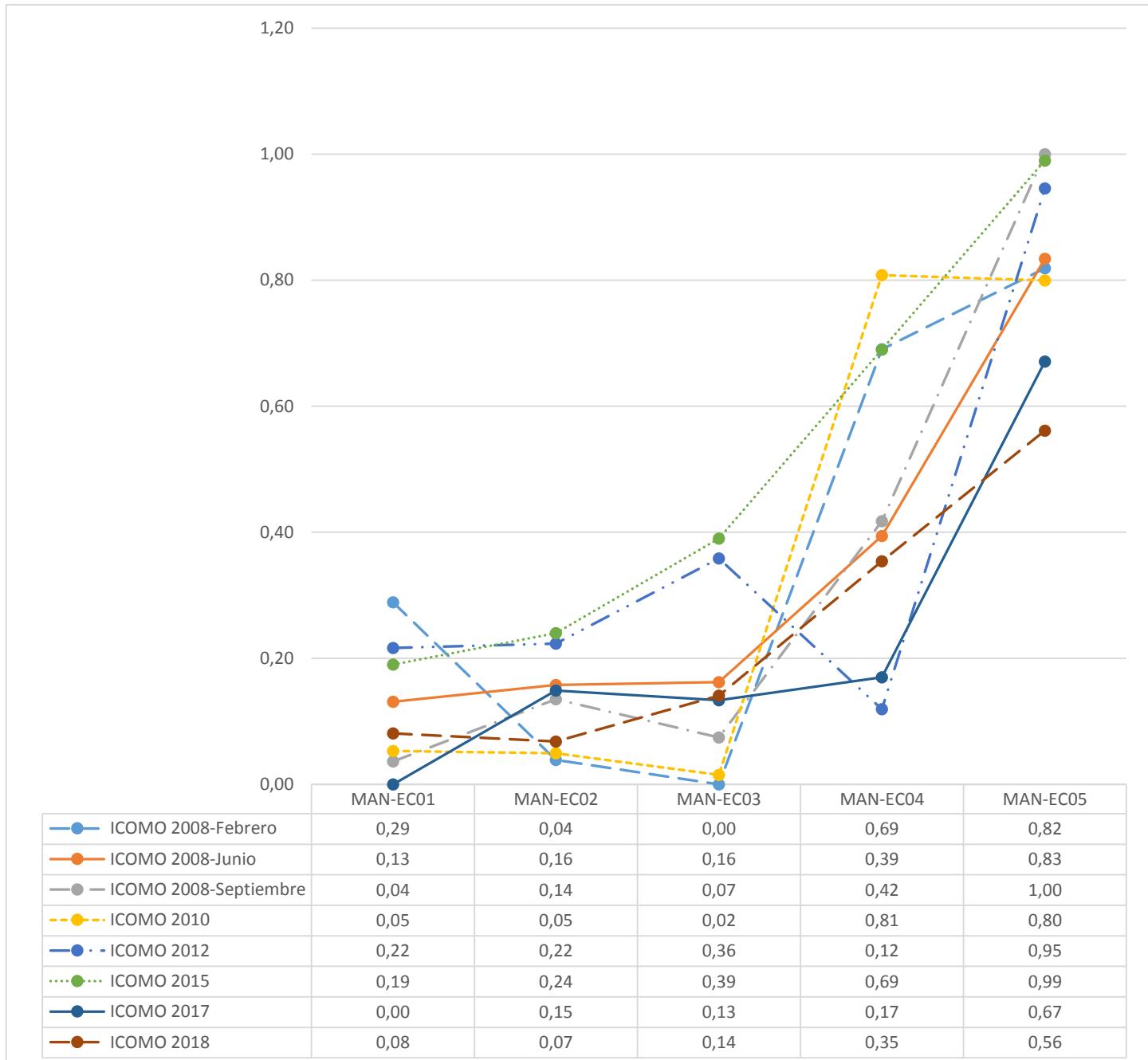
Estación	ICOMO	Clasificación ICOMO
MAN-EC01	0,08	Muy Baja
MAN-EC02	0,07	Muy Baja
MAN-EC03	0,14	Muy Baja
MAN-EC04	0,35	Baja
MAN-EC05	0,56	Media



Gráfica 135. ICOMO Q. CIMITARRA

El índice de contaminación por materia orgánica en la quebrada Cimitarra en las primeras cuatro estaciones oscila entre “muy baja” y “baja”, siendo consecuente con lo obtenido para el índice de calidad, y con lo visto a lo largo del análisis de los diferentes parámetros, el aumento en el ICOMO de

la EC03 y EC04 se debe a la presencia del vertimiento Descafecol que aporta materia orgánica (DBO_5 y sólidos disueltos). Luego el ICOMO presenta su valor más alto en la EC05 después de la descarga de Progel S.A. pasando a un valor de 0,56 lo que indica una contaminación “Media” debido a la carga de materia orgánica que aporta este vertimiento a la fuente.

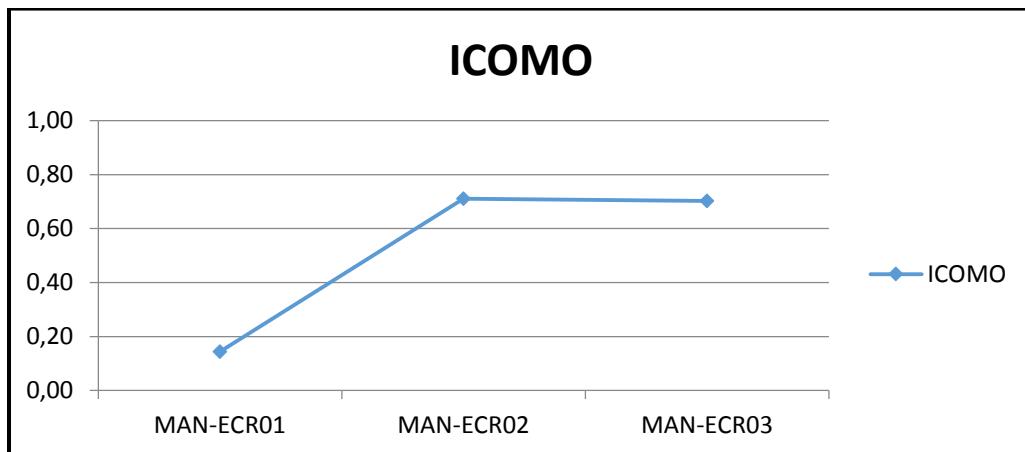


Gráfica 136. HISTORICOS ICOMO Q. CIMITARRA

En cuanto al comportamiento histórico del ICOMO en la quebrada Cimitarra, puede observarse que la tendencia creciente a medida que la fuente va avanzando ha sido una constante, mostrando sus valores más altos en la EC05, En cuanto al estudio realizado en el presente puede observarse una mejora en cuanto al valor obtenido para el ICOMO en referencia a los estudios anteriores para esta estación, pero en las demás estaciones presenta un leve aumento en el índice con respecto a los estudios anteriores.

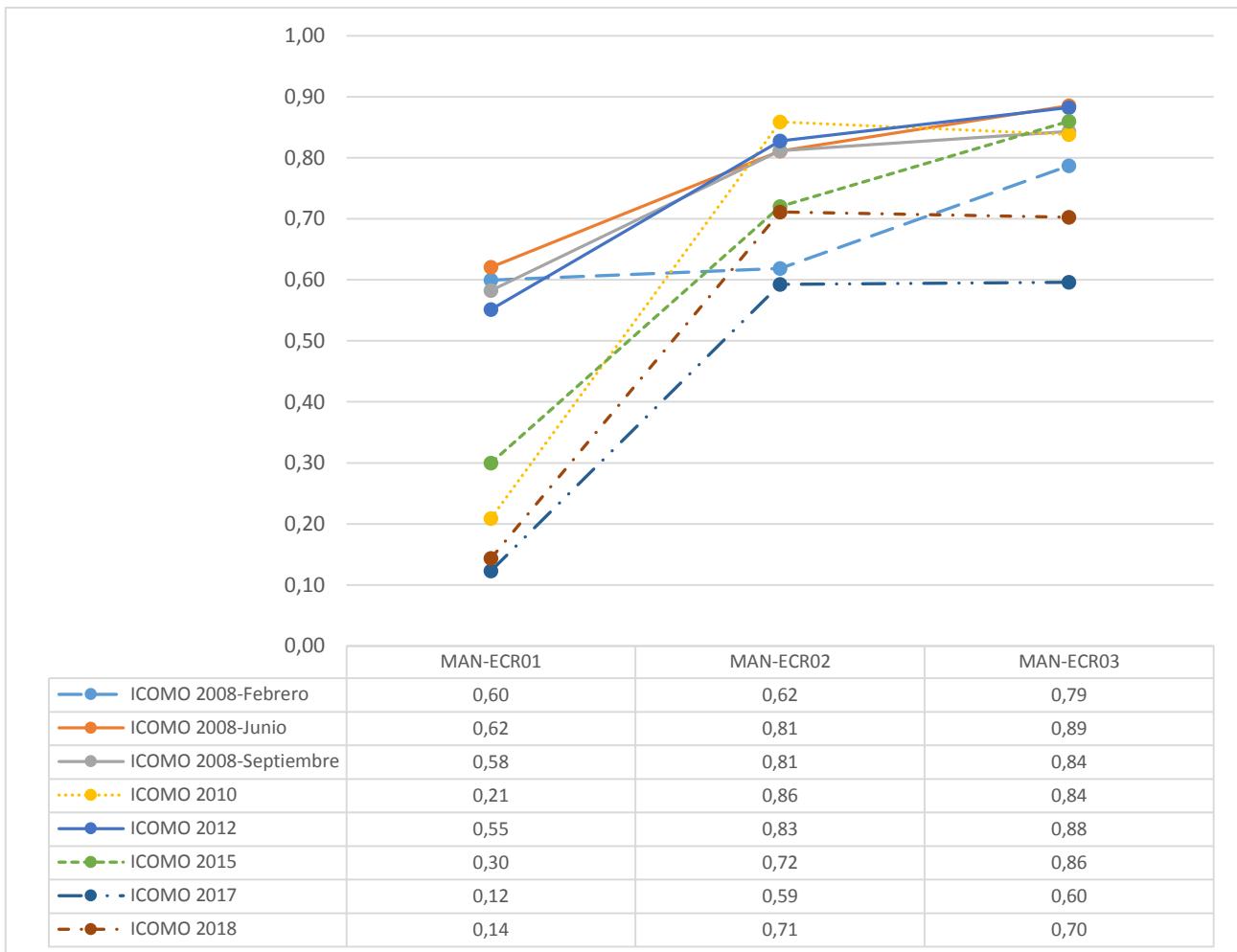
Tabla 41. Quebrada Cristales ICOMO

Estación	ICOMO	Clasificación ICOMO
MAN-ECR01	0,14	Muy Baja
MAN-ECR02	0,71	Alta
MAN-ECR03	0,70	Alta



Gráfica 137. ICOMO Q. CRISTALES

De lo observado en la tabla 41, El índice ICOMO aumenta en el primer tramo para estabilizarse y permanecer estable hasta el final, esto se debe a la presencia de los vertimientos de Súper de alimentos, pasando de un índice de contaminación "Muy bajo" a uno "alto" y como su valor casi se triplica principalmente por el aporte de materia orgánica, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y Coliformes totales de la industria Súper de alimentos. Mientras que entre las dos últimas estaciones no sufre alteración ya que no presenta mayor alteración por la falta de vertimientos.

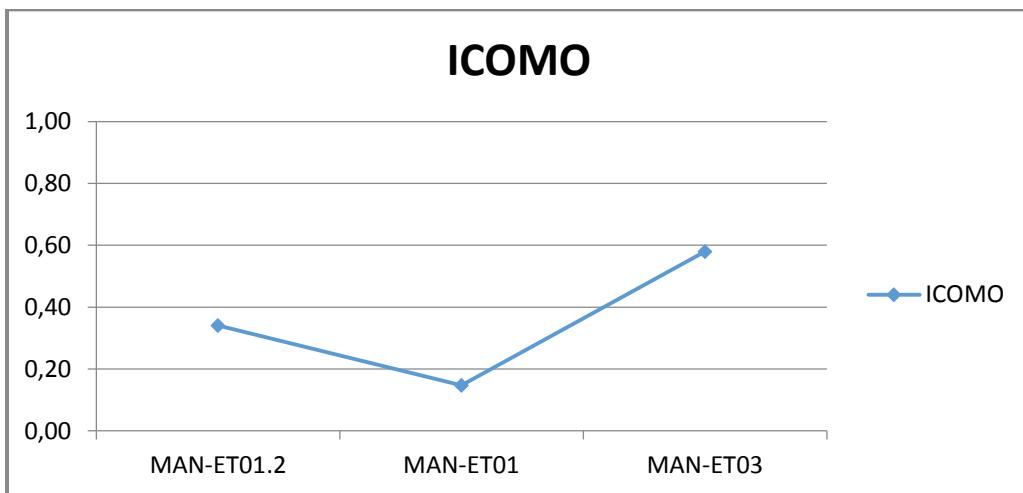


Gráfica 138. HISTORICOS ICOMO Q. CRISTALES

En la gráfica se evidencia la tendencia de deterioro que sufre la quebrada Cristales a medida que recorre su cauce a lo largo del tiempo en que se ha realizado el estudio, también se aprecia que la ausencia de vertimientos entre las últimas dos estaciones permite obtener valores más bajos del índice de contaminación por materia orgánica para el estudio realizado en el año 2016, pero para este estudio se observa un leve aumento, mostrando comportamiento similar al año 2014 y un poco inferior a los demás estudios anteriores.

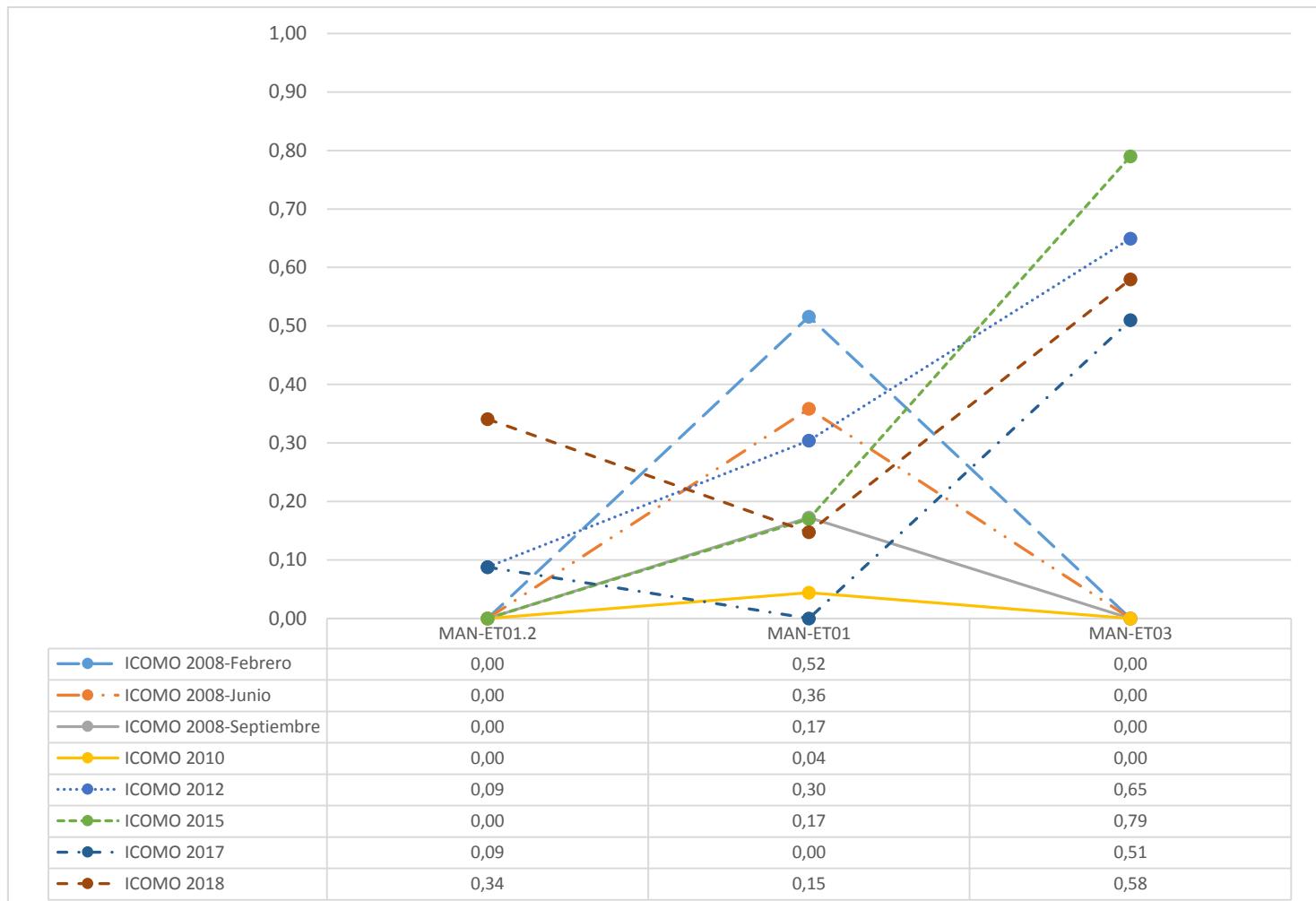
Tabla 42 Quebrada Tesorito ICOMO

Estación	ICOMO	Clasificación ICOMO
MAN-ET01.2	0,34	Baja
MAN-ET01	0,15	Muy Baja
MAN-ET03	0,58	Media



Gráfica 139. ICOMO Q. TESORITO

Para la quebrada Tesorito el ICOMO muestra valores de contaminación “Baja” para el blanco propuesto y “Muy baja” para ET01, para luego incrementarse a “media” en la estación antes de desembocar a la quebrada Manizales, este cambio se debe a la presencia de vertimientos entre la ET01 y ET03 que deterioran la calidad del agua.

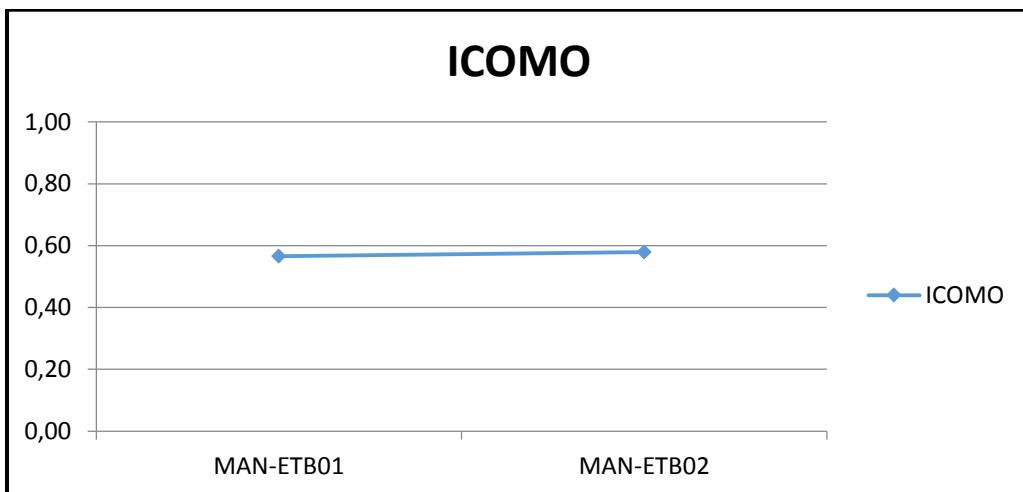


Gráfica 140. HISTORICOS ICOMO Q. TESORITO

Los valores obtenidos en los diferentes estudios realizados muestran que históricamente la estación ET01 ha tenido valores más bajos de ICOMO que la ET03, pero en comparación con el estudio anterior, el estudio presente muestra un aumento, similar al del año 2015.

Tabla 43. Quebrada 2615-002-093-003 ICOMO

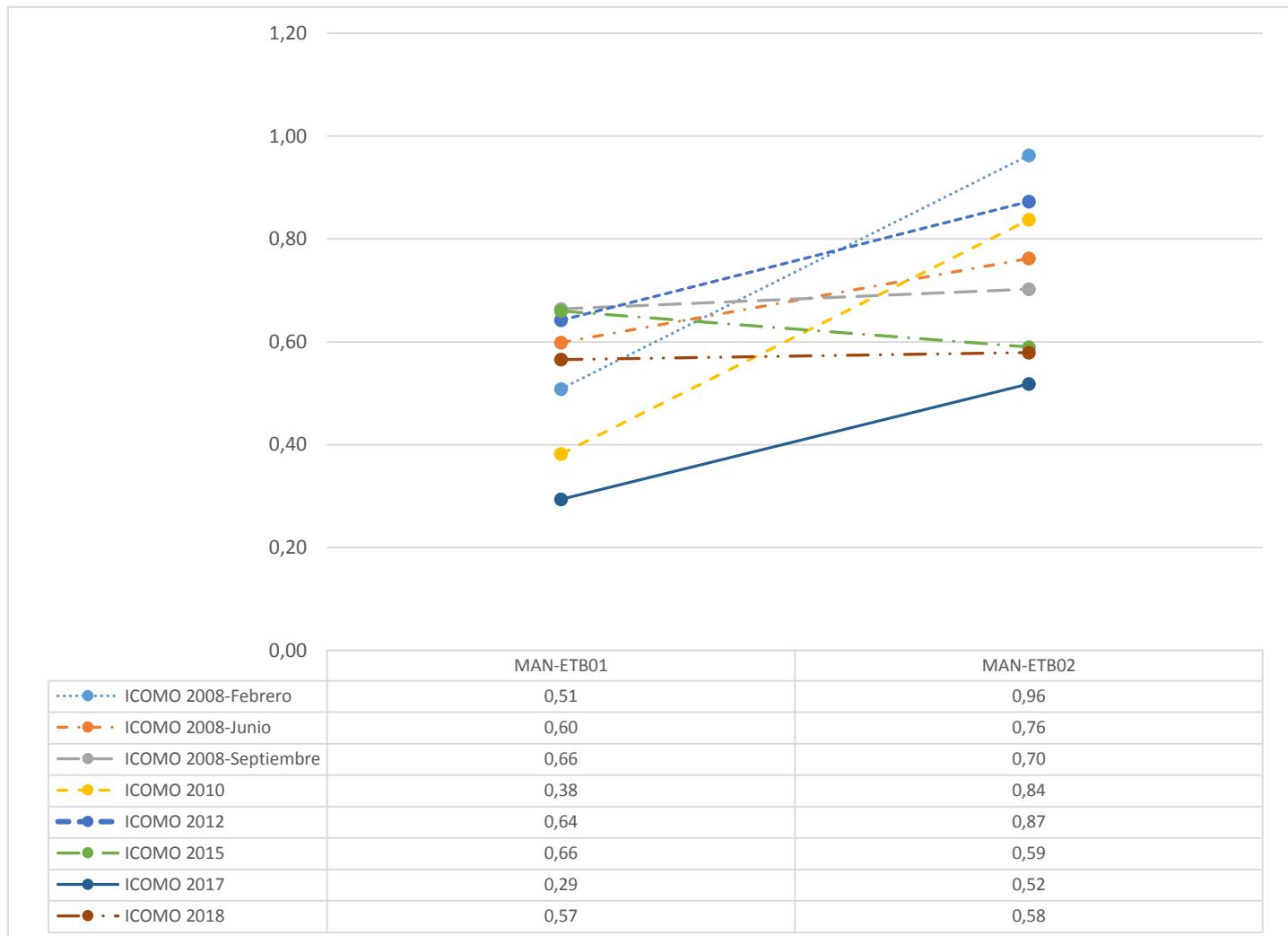
Estación	ICOMO	Clasificación ICOMO
MAN-ETB01	0,57	Media
MAN-ETB02	0,58	Media



Gráfica 141. ICOMO Q. 2615-002-093-003

El ICOMO en la Quebrada 2615-002-093-003 muestra un comportamiento levemente creciente entre sus dos estaciones, aunque el cambio es mínimo, su clasificación se encuentra en “media” en ambas estaciones.

Históricamente, se ha visto un incremento en el ICOMO entre ambas estaciones, exceptuando en el estudio del 2015 donde se presentó lo inverso, también se puede observar el proceso de mejora que ha sufrido la estación ETB02 a lo largo de todos estos años de monitoreo. Para el presente estudio se observa un aumento en ambas estaciones en comparación con el año 2016, pero su comportamiento es similar al del año 2015, donde se observa una contaminación por materia orgánica similar en ambas estaciones.

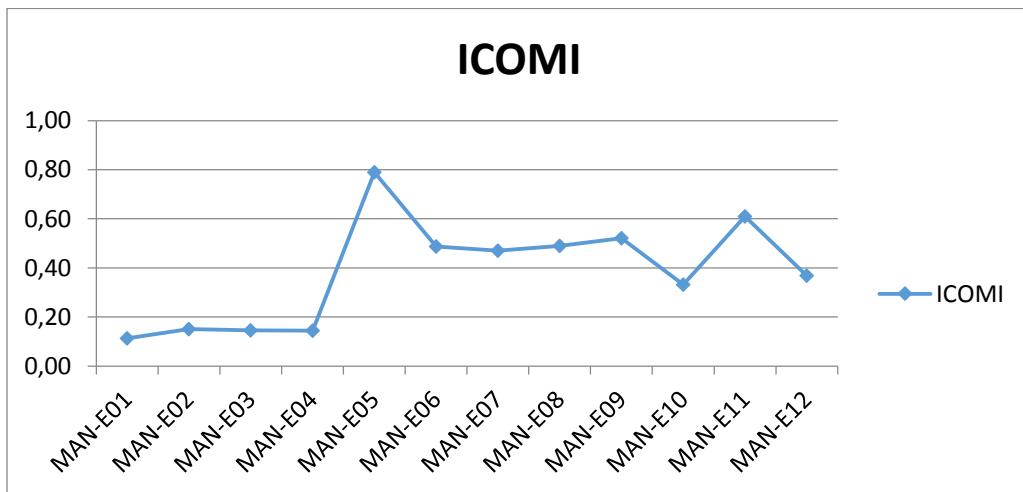


Gráfica 142. HISTORICOS ICOMO Q. 2615-002-093-003

7.2.3 ICOMI

Tabla 44. Quebrada Manizales ICOMI

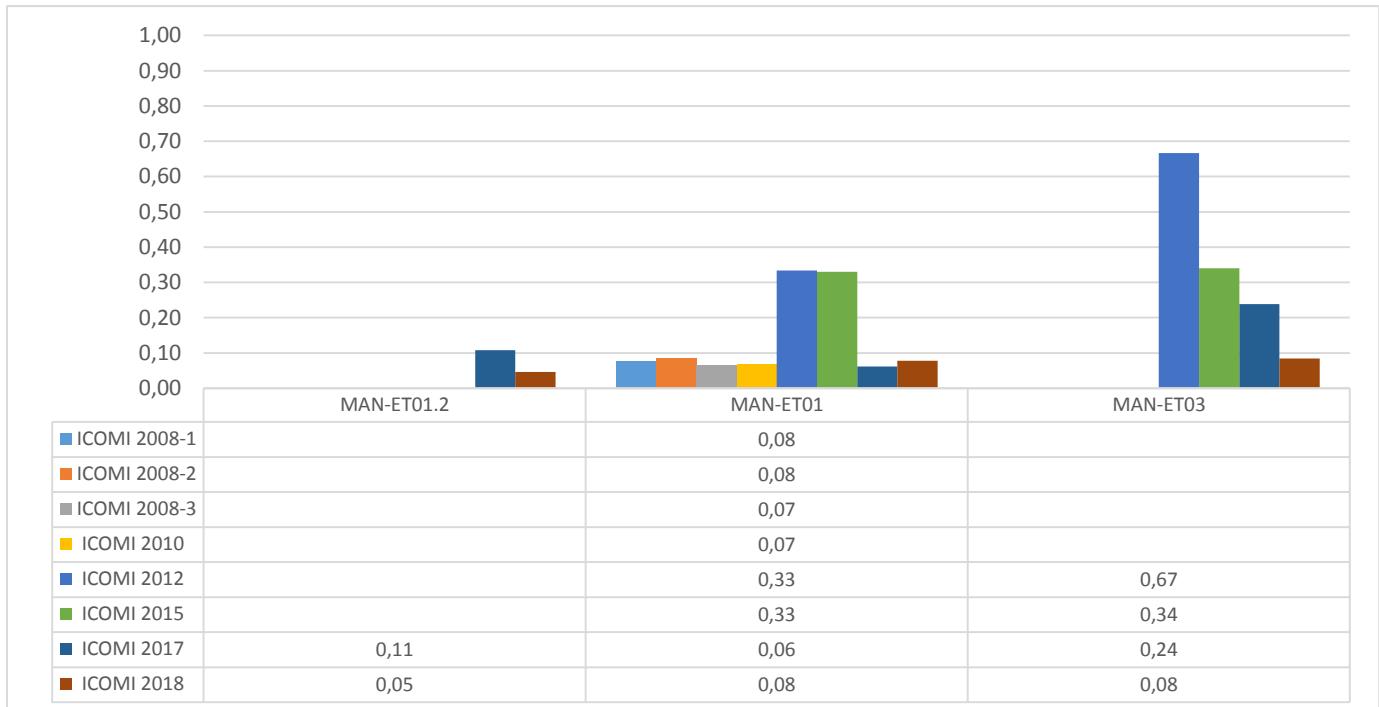
Estación	ICOMI	Clasificación ICOMI
MAN-E01	0,11	Muy Baja
MAN-E02	0,15	Muy Baja
MAN-E03	0,15	Muy Baja
MAN-E04	0,14	Muy Baja
MAN-E05	0,79	Alta
MAN-E06	0,49	Media
MAN-E07	0,47	Media
MAN-E08	0,49	Media
MAN-E09	0,52	Media
MAN-E10	0,33	Baja
MAN-E11	0,61	Alta
MAN-E12	0,37	Baja



Gráfica 143. ICOMI Q. MANIZALES

Los resultados para el cálculo del índice de contaminación por mineralización se muestran en la tabla, donde se observa la tendencia creciente que tiene este indicador hasta la estación E05 donde alcanza su valor más alto con 0.79, mientras que su valor más bajo se presenta en la

estación E01. Luego desde la estación E06 a E12 los valores son estables y muestran pequeños cambios, debido a la capacidad de asimilación con el que cuenta la quebrada.



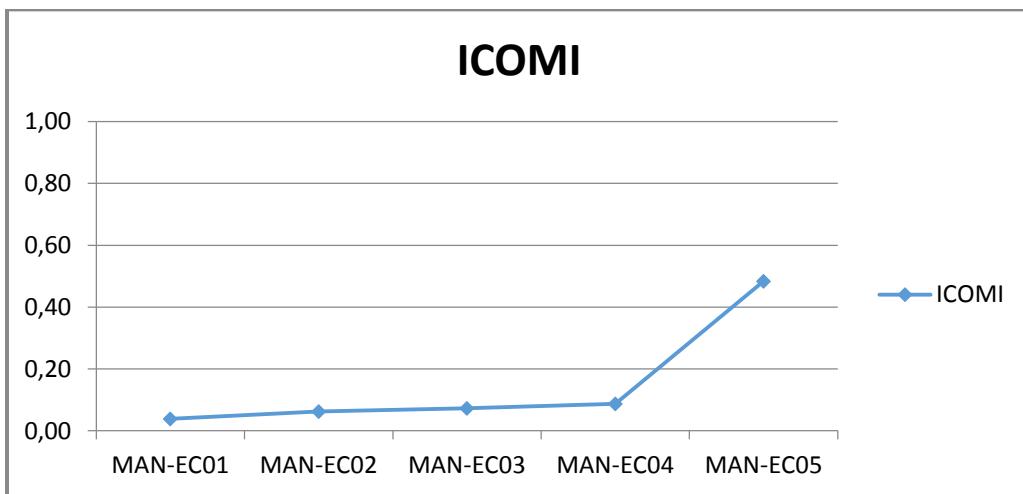
Nota: los espacios en blanco corresponden a indicadores no calculados. (No se tomaron datos en estos años)

Gráfica 144. HISTORICOS ICOMI Q. MANIZALES

Para los datos históricos de contaminación por mineralización se observa un comportamiento creciente a lo largo del tiempo en todo el recorrido de la quebrada, teniendo los valores más altos para el año 2010. Para el presente estudio se observa una disminución de la contaminación para las primeras estaciones, comportamiento atribuido a la modificación de los vertimientos industriales de las minas en la parte alta de la quebrada; en general se observa una disminución del índice para la mayoría de las estaciones en comparación con los estudios previos realizados, teniendo un comportamiento similar al del año 2015 en la parte media y baja de la quebrada.

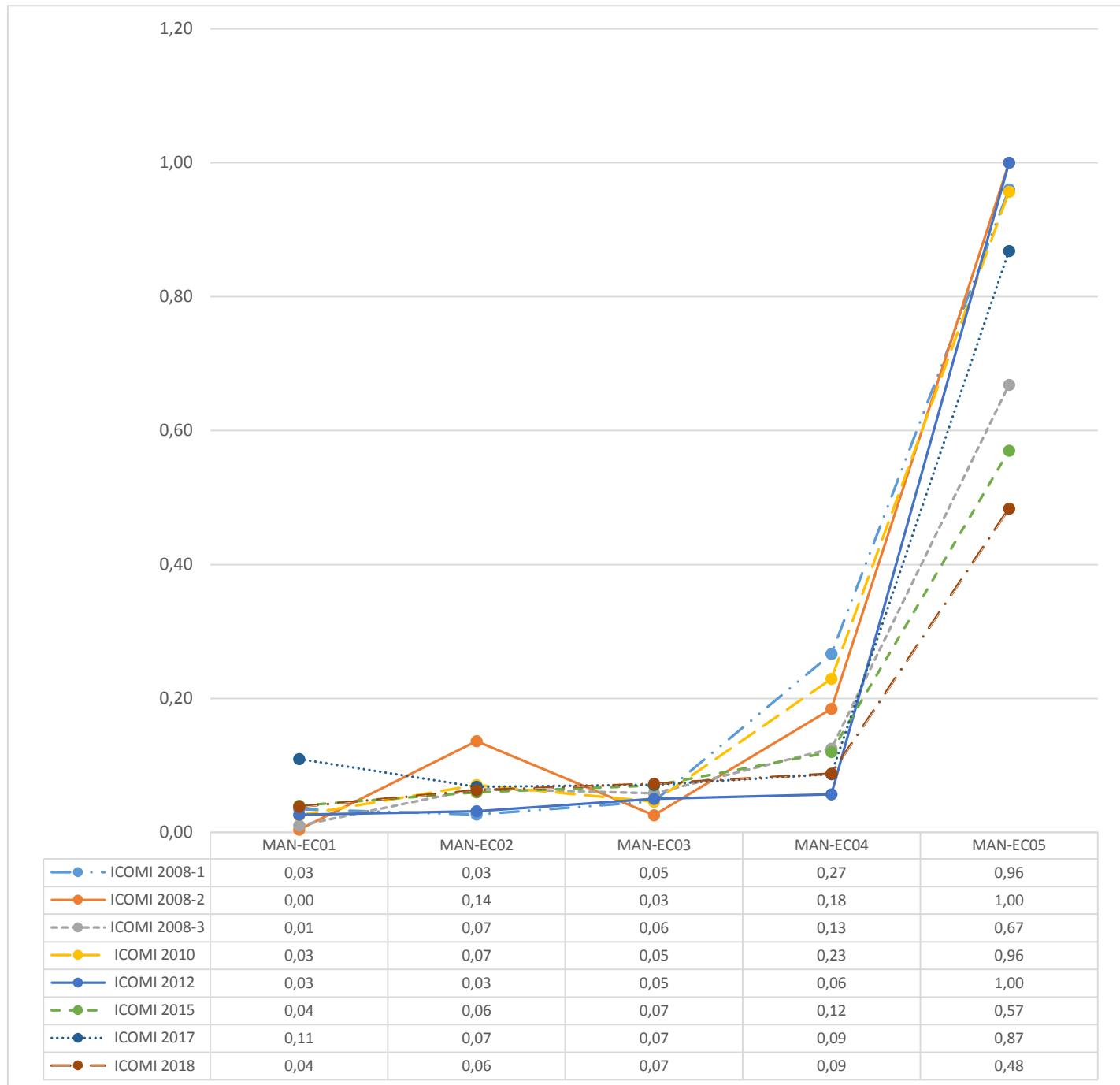
Tabla 45. Quebrada Cimitarra ICOMI

Estación	ICOMI	Clasificación ICOMI
MAN-EC01	0,04	Muy Baja
MAN-EC02	0,06	Muy Baja
MAN-EC03	0,07	Muy Baja
MAN-EC04	0,09	Muy Baja
MAN-EC05	0,48	Media



Gráfica 145. ICOMI Q. CIMITARRA

En la tabla y grafica anterior se muestra el comportamiento del ICOMI a lo largo de la quebrada Cimitarra, y como puede observarse tiene una comportamiento estable en las primeras cuatro estaciones y una clasificación de “muy baja”, así como es claro el impacto que sufre en la última estación debido al aporte de minerales que llegan con el vertimiento de la empresa Progel aumentando hasta una clasificación “media” con un valor de 0.48

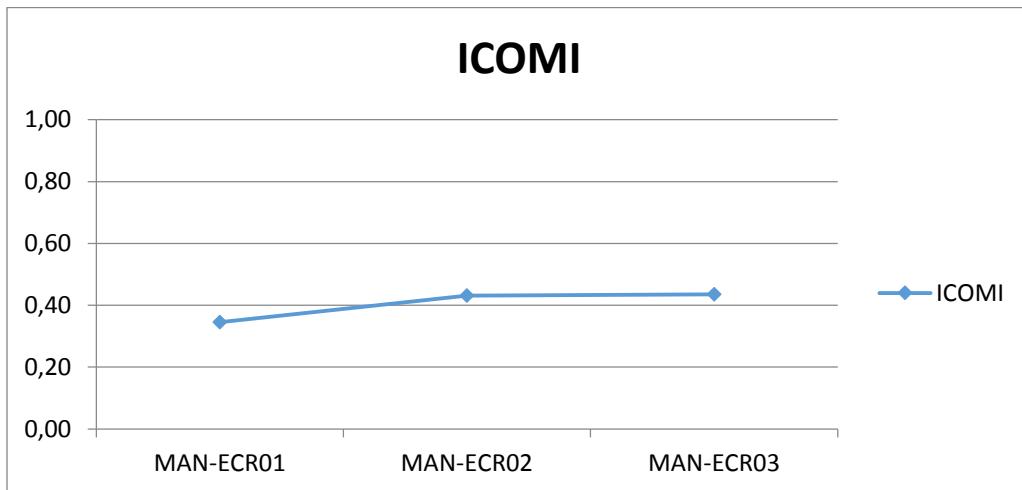


Gráfica 146. HISTORICOS ICOMI Q. CIMITARRA

En la gráfica se muestra el comportamiento histórico del ICOMI en las diferentes estaciones de la quebrada Cimitarra, puede verse que para las estaciones hay una leve mejora en cuanto al valor del índice de contaminación por minerales en comparación con los estudios anteriores, aunque para la EC04 se observa un leve aumento con respecto al estudio del 2016; para EC05 se muestran valores más bajos de todos los estudios realizados.

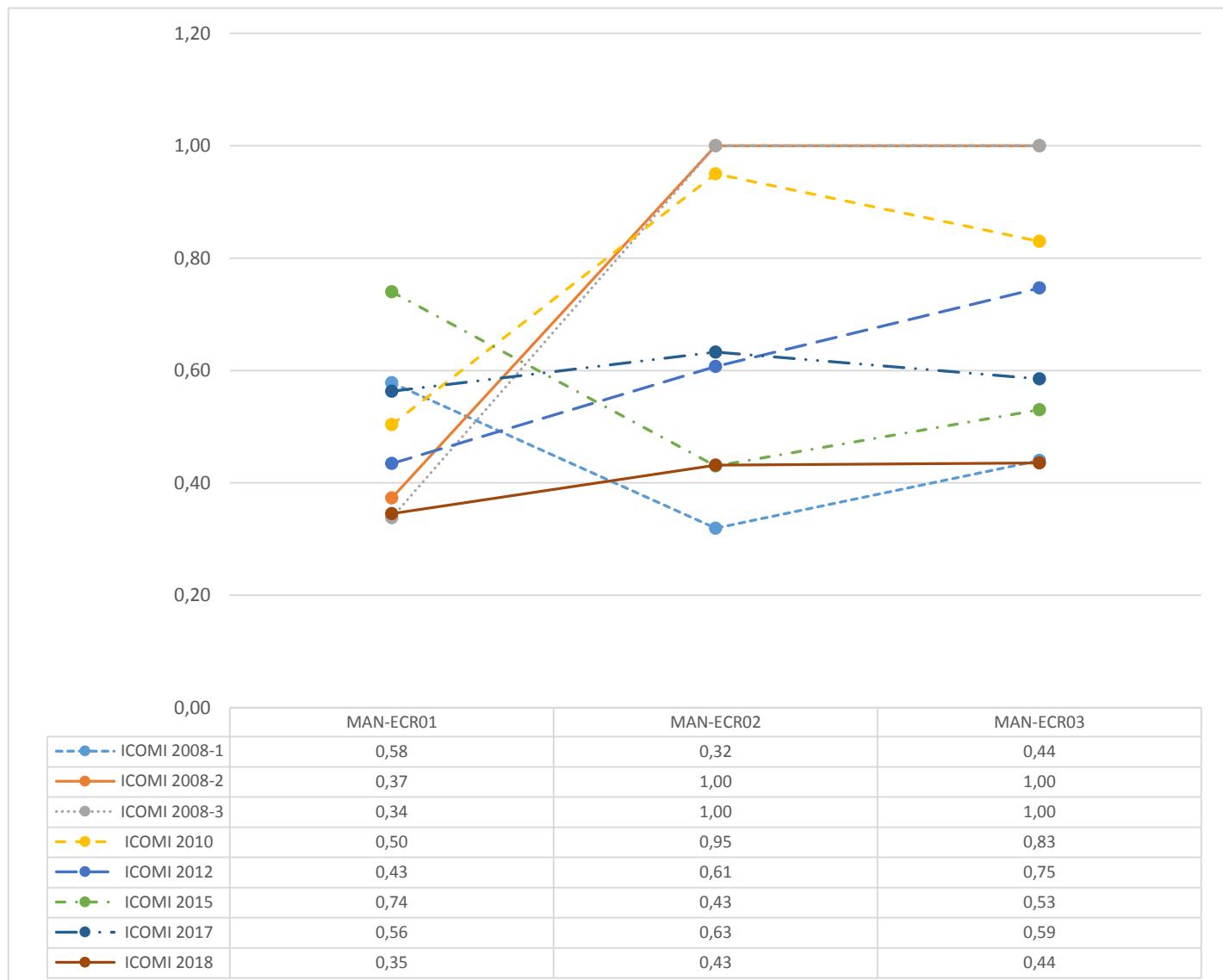
Tabla 46. Quebrada Cristales ICOMI

Estación	ICOMI	Clasificación ICOMI
MAN-ECR01	0,35	Baja
MAN-ECR02	0,43	Media
MAN-ECR03	0,44	Media



Gráfica 147. ICOMI Q. CRISTALES

En la tabla y grafica anterior se ve el comportamiento del índice ICOMI para las tres estaciones sobre la quebrada Cristales, donde se pasa de contaminación “Baja” en ECR01 a una “Media” en ECR02 y ECR03, con el valor más alto en esta última, aunque la diferencia es pequeña, esto debido al aporte de los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos

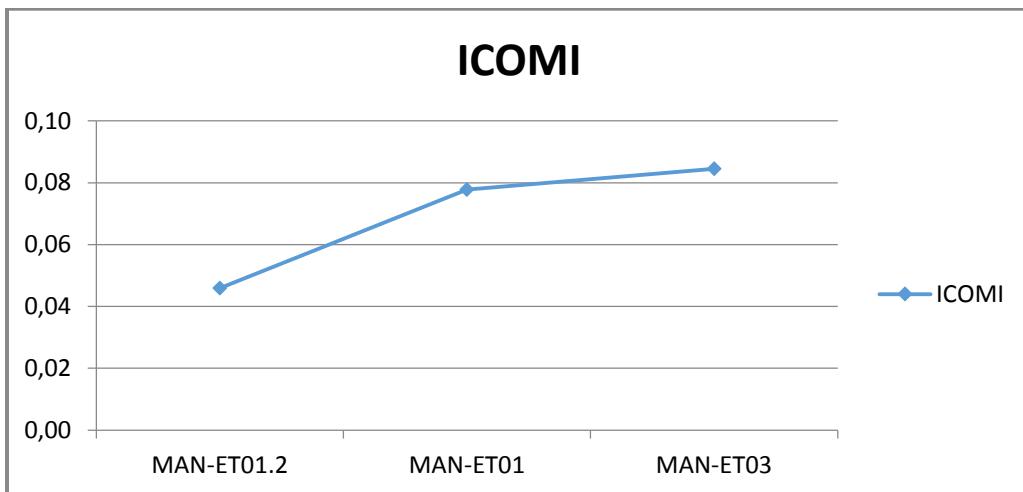


Gráfica 148. HISTORICOS ICOMI Q. CRISTALES

Como se puede observar en el comportamiento histórico del ICOMI hay una tendencia creciente en los dos últimos estudios realizados, también cabe resaltar que de todos los estudios realizados sobre esta quebrada, el presente estudio muestra los valores casi constantes de contaminación, mostrando que los vertimientos sobre esta no están aportando gran cantidad de minerales.

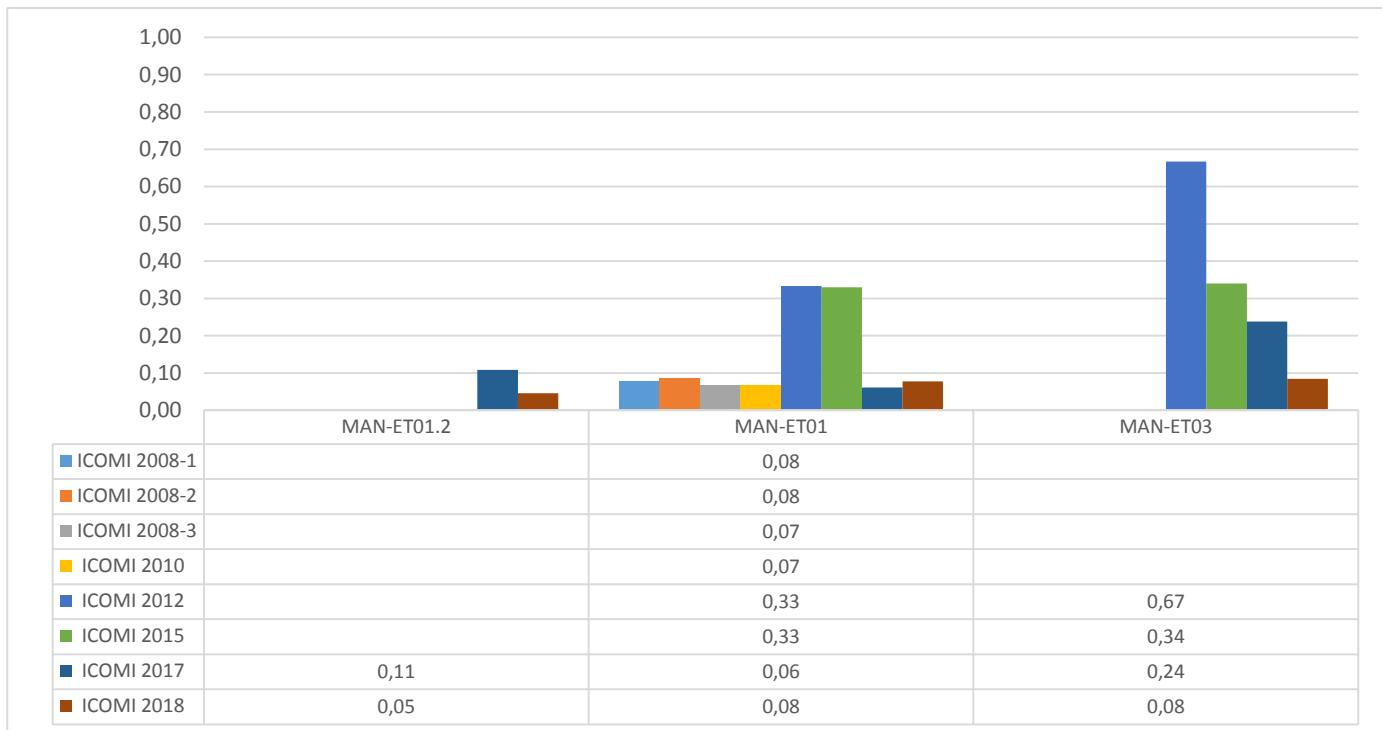
Tabla 47. Quebrada Tesorito ICOMI

Estación	ICOMI	Clasificación ICOMI
MAN-ET01.2	0,05	Muy Baja
MAN-ET01	0,08	Muy Baja
MAN-ET03	0,08	Muy Baja



Gráfica 149. ICOMI Q. TESORITO

El ICOMI en la quebrada Tesorito muestra que la contaminación por minerales es “Muy baja”, lo que refleja la estabilidad que maneja está Quebrada en sus valores de alcalinidad y dureza a lo largo de las tres estaciones monitoreadas.



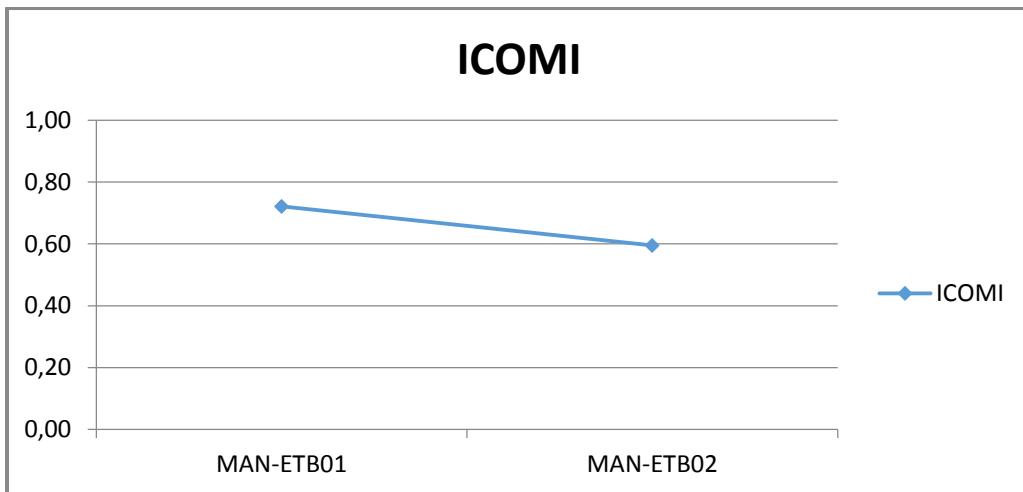
Nota: los espacios en blanco corresponden a indicadores no calculados. (No se tomaron datos en estos años)

Gráfica 150. HISTORICOS ICOMI TESORITO

En los valores históricos del ICOMI, se puede observar que el comportamiento es similar en los diferentes estudios, de los valores presentes en todas las estaciones, el más alto registrado para estas estaciones se dieron en el 2016, mientras que los valores registrados en el presente estudio muestran una disminución con respecto a los estudios anteriores, siendo similares a los presentes en el año 2014 para las estaciones ET01 y ET03.

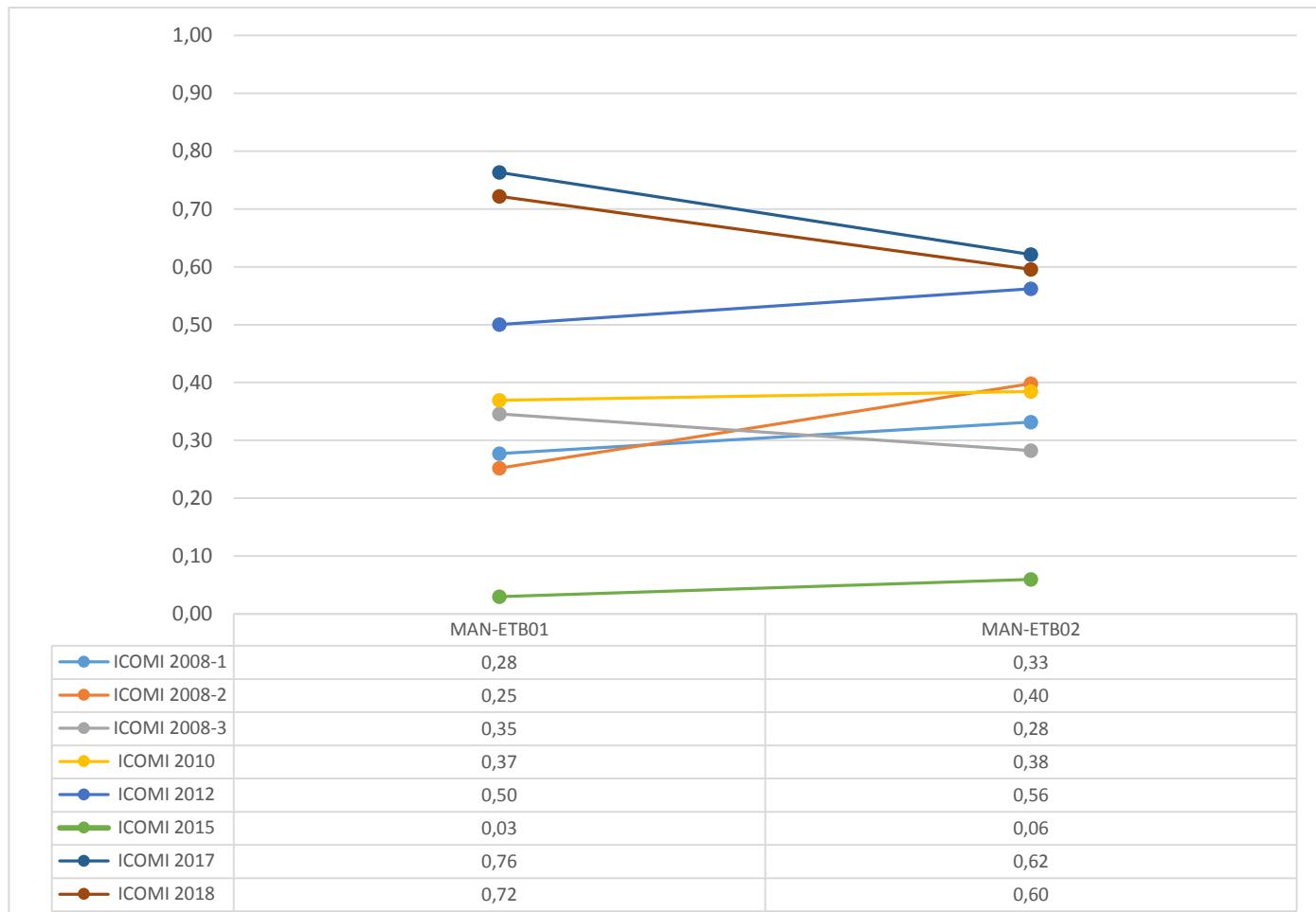
Tabla 48. Quebrada 2615-002-093-003ICOMI

Estación	ICOMI	Clasificación ICOMI
MAN-ETB01	0,72	Alta
MAN-ETB02	0,60	Media



Gráfica 151. ICOMI Q. 2615-002-093-003

La contaminación por minerales en la Quebrada 2615-002-093-003 es alta en las dos estaciones, aunque en la gráfica se puede apreciar una leve tendencia decreciente que sufre este índice para la ETB02, esto debido a la acción de dilución sobre los compuestos carbonaceos y bicarbonaceos al momento de caracterizar ambas estaciones.



Gráfica 152. HISTORICOS ICOMI 2615-002-093-003

Con base a la gráfica anterior, que compara los diferentes resultados obtenidos para el ICOMI en las estaciones sobre la Quebrada 2615-002-093-003, se observa que el comportamiento en la estación ETB01 es similar en todo el tiempo que se ha estudiado, mientras que para la ETB02 se muestra un aumento a partir del año 2014 aunque los valores son muy similares en los

estudios presentes para ambas estaciones, esto quiere decir que en estos estudios la Quebrada no presenta mayor alteración en su recorrido; en comparación con el estudio inmediatamente anterior se observa un aumento en la contaminación por minerales, mostrando un comportamiento similar al del año 2014.

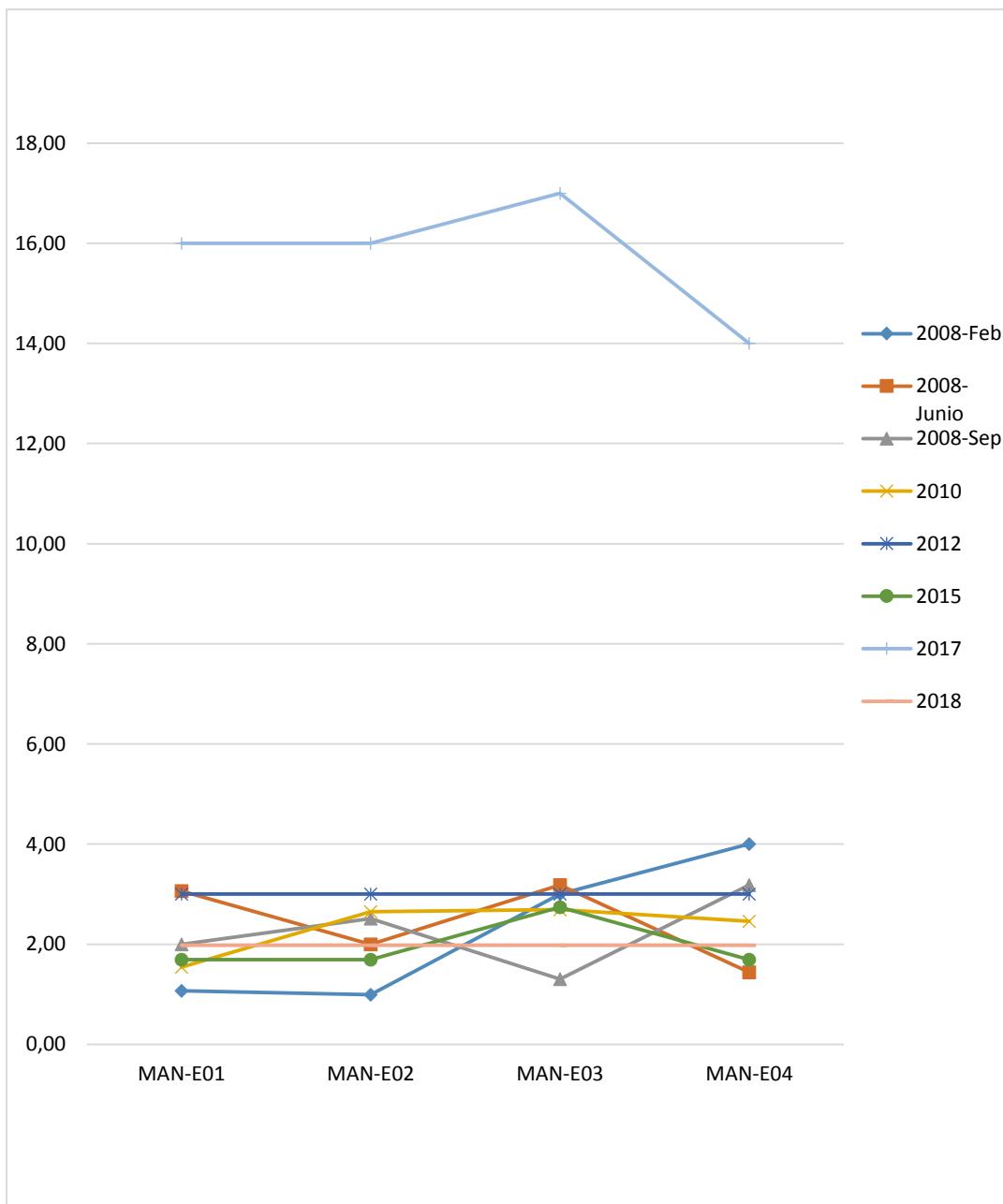
8. VARIACIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

En este capítulo se realiza una comparación de los parámetros más representativos para determinar la calidad de un cuerpo de agua, a continuación se muestra el comportamiento de cada uno de estos en las estaciones de la red quebrada Manizales, sus principales afluentes y tributarios en los diferentes estudios realizados sobre la misma, desde el año 2008 hasta el reciente estudio en el año 2018.

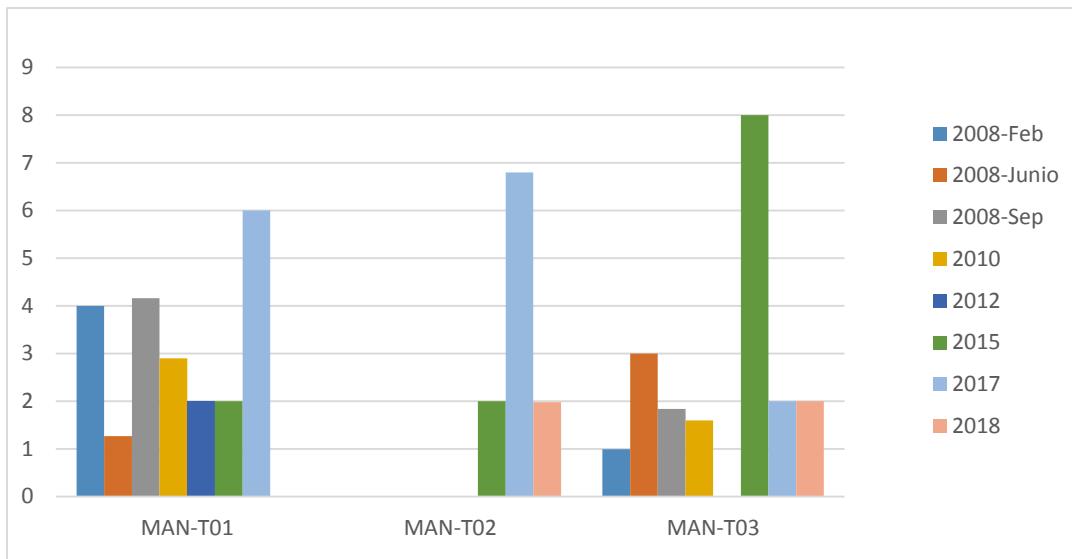
Se presentan los resultados en tablas informativas, donde se reportan los resultados de los tributarios y vertimientos, que posiblemente inciden en las concentraciones de cada uno de los parámetros estudiados a lo largo del tiempo, esto con el fin representar e interpretar la variación de concentraciones y cargas contaminantes sobre la quebrada Manizales.

Tabla 49. Datos históricos DBO₅. Tramo I Quebrada Manizales

Estación/Tributario	Tramo I							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-E01	1.07	3.06	2.00	1.54	3.00	1.69	16.00	1.98
MAN-T01	4.00	1.27	4.16	2.90	2.00	2.00	6.00	-
MAN-T02	-	-	-	-	-	2.00	6.80	1.98
MAN-E02	0.99	2.00	2.51	2.65	3.00	1.69	16.00	1.98
MAN-T03	0.99	3.00	1.84	1.60	-	8.00	2.00	2.00
MAN-E03	3.00	3.18	1.30	2.69	3.00	2.74	17.00	1.98
MAN-E04	4.00	1.44	3.18	2.46	3.00	1.69	14.00	1.98



Gráfica 153. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo I Quebrada Manizales



Gráfica 154. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo I Quebrada Manizales

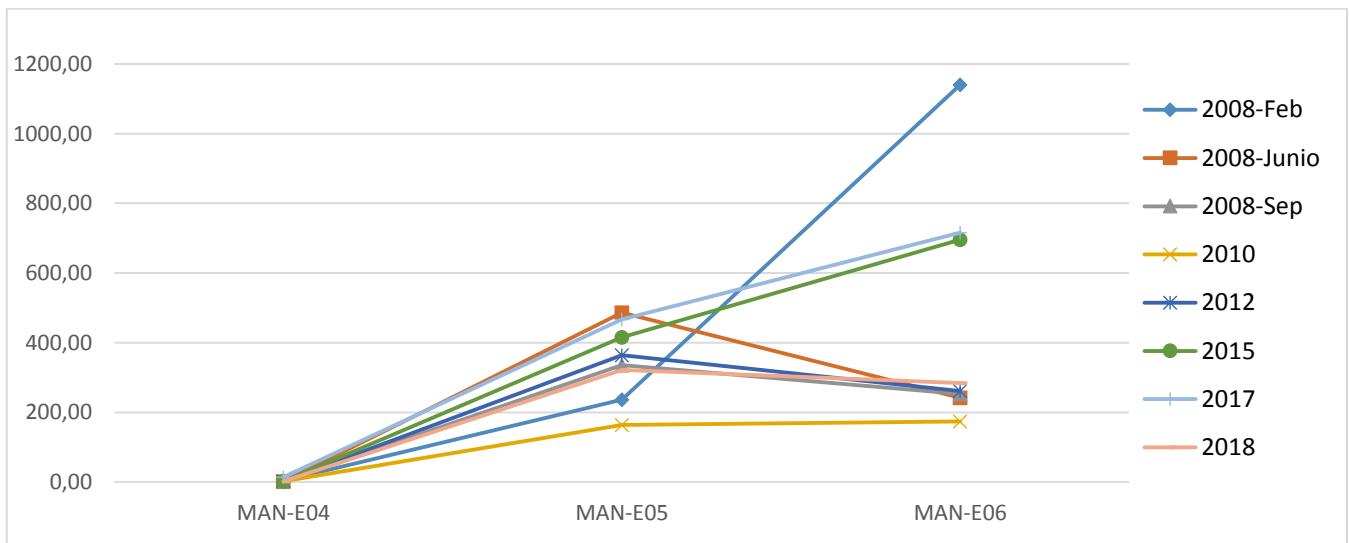
En la gráfica se presenta el comportamiento histórico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las estaciones que conforman el tramo I sobre la quebrada Manizales, mostrando que en el estudio realizado en el año 2016 se presentaron los valores más elevados para estas estaciones y sus tributarios, superando las concentraciones presentadas en la quebrada en estudios anteriores, donde se presentan valores inferiores a 5 mg O₂/L.

Para el caso de los tributarios sobre este tramo T01 mina La Cascada, T02 mina La Coqueta y T03 quebrada Chuscales, se observa que el valor de la DBO₅ no supera los 8mg/l, mejorando su calidad en el último año.

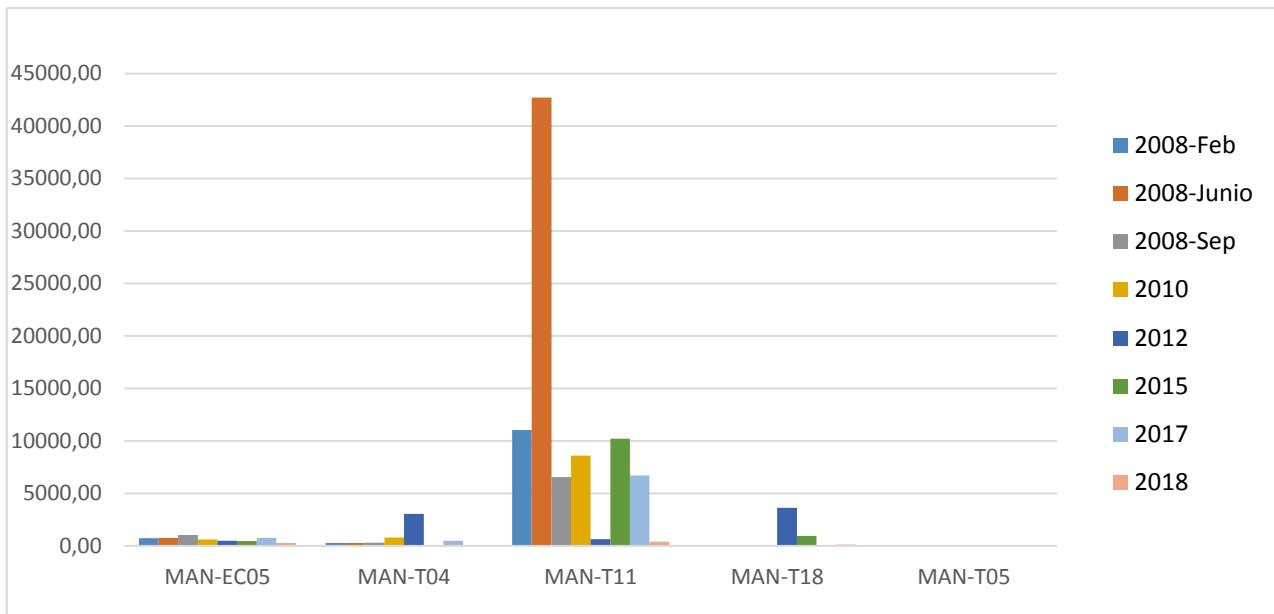
Para el presente estudio se observa que la concentración de la DBO₅ disminuye comparada con el reporte realizado en el año 2017, con respecto a esto se puede inferir que la calidad del agua de los tributarios sobre este tramo está mejorando, y/o la variación del método de medición del parámetro que representa límites de cuantificación menores, por lo tanto arroja valores más bajos de concentración.

Tabla 50. Datos históricos DBO₅. Tramo II Quebrada Manizales

Estación/tributario	TRAMO II							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC05	636.00	611.00	825.00	298.00	380.00	407.00	615.00	236.00
MAN-T04	152.00	168.00	41.00	136.00	2350.00	5025.00	8.80	-
MAN-T11	4440.00	35850.00	5450.00	8010.00	349.00	5025.00	2548.00	352.00
MAN-T18	-	-	-	-	3150.00	616.00	22.00	108.00
MAN-E05	236.00	486.00	336.00	164.00	364.00	415.00	467.00	322.00
MAN-T05	11.00	5.82	3.61	17.54	5.00	21.00	13.00	7.00
MAN-E06	1140.00	242.00	253.00	174.00	261.00	696.00	716.00	284.00



Gráfica 155. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo II Quebrada Manizales



Gráfica 156. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo II Quebrada Manizales

A partir de la estación MAN-E04 (Después Bocatoma acueducto la Enea) se observa un aumento en la DBO₅, debido a la desembocadura de diferentes afluentes como la quebrada Cimitarra y a los vertimientos que tributan sobre la quebrada Manizales, haciendo que sus condiciones cambien considerablemente.

En cuanto a los valores históricos reportados, se observa que los máximos se presentaron en los años 2008, 2015 y 2017 y los valores mínimos en los valores reportados en el año 2010 para las estaciones que conforman el tramo II.

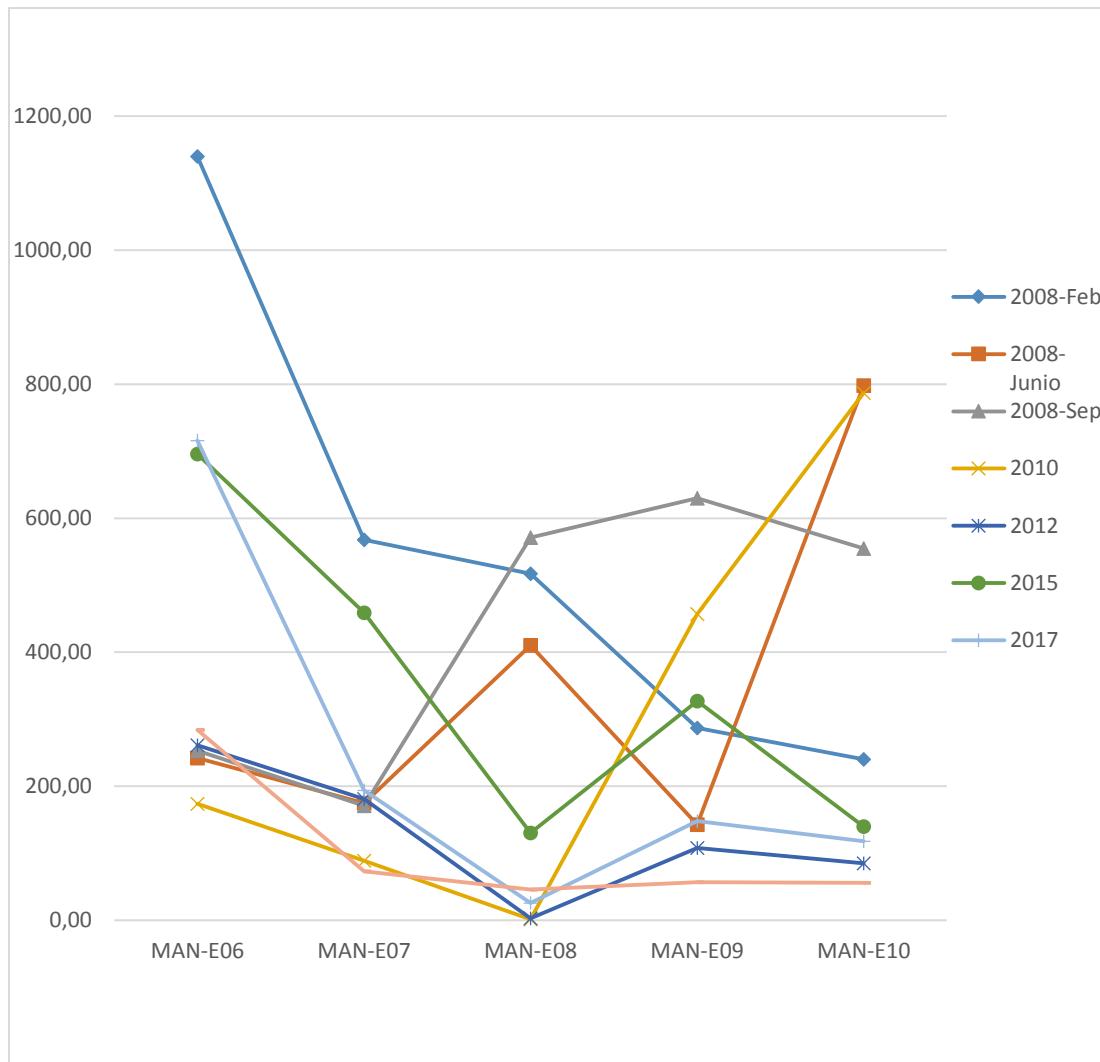
Para el presente estudio se evidencia una mejora en cuanto a la concentración de la DBO₅, presentando una disminución considerable en las estaciones MAN-E05 (Antes quebrada Santa Rita) y MAN-E06 (Antes quebrada Tesorito); esta reducción se debe a que los tributarios que se encuentran en este tramo han disminuido sus aportes en cuanto a materia orgánica, tributarios como la quebrada Cimitarra (MAN-EC05), la cual presenta su nivel más bajo en concentración de DBO₅ comparado con los estudios anteriores, considerando que en esta quebrada se encuentra el vertimiento de la empresa Progel, la cual aplicó un tratamiento a sus aguas

residuales antes de ser descargadas sobre la quebrada Cimitarra, reduciendo considerablemente su contaminación.

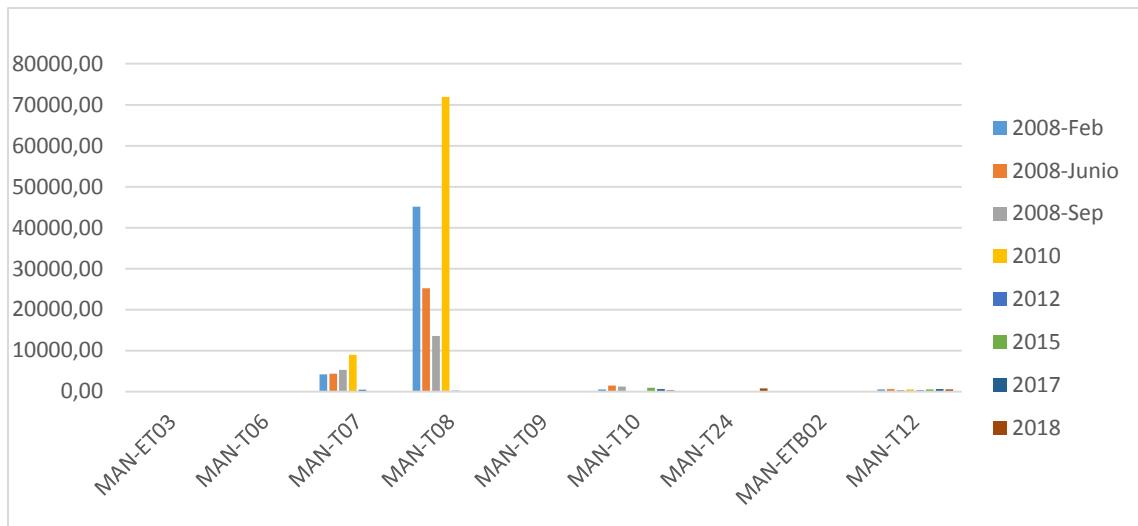
A partir de este punto, se observa una mejoría notable sobre la concentración de materia orgánica en la quebrada Manizales y continua para los vertimientos de las empresas Súper de alimentos 1 (Advance) (MAN-T11) con respecto al estudio realizado en el año 2017; para el vertimiento de la empresa Surtipieles (MAN-T18), el cual cuenta con estudios realizados sobre la quebrada Manizales desde el año 2012 donde se observa su máxima concentración, también presenta una disminución considerable del aporte de contaminación con respecto a los años anteriores, mejorando las condiciones de la quebrada para el Tramo II, como se muestra en la gráfica.

Tabla 51. Datos históricos DBO₅. Tramo III Quebrada Manizales

TRAMO III								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET03	-	-	-	-	12.00	16.65	13.00	13.00
MAN-T06	11.00	24.00	173.00	146.00	11.00	171.00	17.00	9.00
MAN-E07	568.00	175.00	171.00	89.00	181.00	459.00	194.00	73.00
MAN-T07	4220.00	4400.00	5300.00	9000.00	480.00	-	3.00	-
MAN-T08	45150.00	25200.00	13560.00	71925.00	193.00	-	3.00	-
MAN-E08	517.00	410.00	571.00	1.30	3.00	130.55	26.00	46.00
MAN-T09	3.96	4.00	3.73	2.41	3.00	4.00	2.00	2.00
MAN-E09	287.00	143.00	630.00	457.00	108.00	327.00	148.00	57.00
MAN-T10	546.00	1464.00	1215.00	117.00	145.00	895.00	576.00	272.00
MAN-T24	-	-	-	-	-	-	120.00	807.00
MAN-ETB02	117.00	23.00	36.00	42.00	131.00	5.00	11.00	13.00
MAN-T12	552.00	595.00	395.00	504.00	318.00	499.00	654.00	527.00
MAN-E10	240.00	798.00	555.00	787.00	85.00	140.00	118.00	56.00



Gráfica 157. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo III Quebrada Manizales



Gráfica 158. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo III Quebrada Manizales

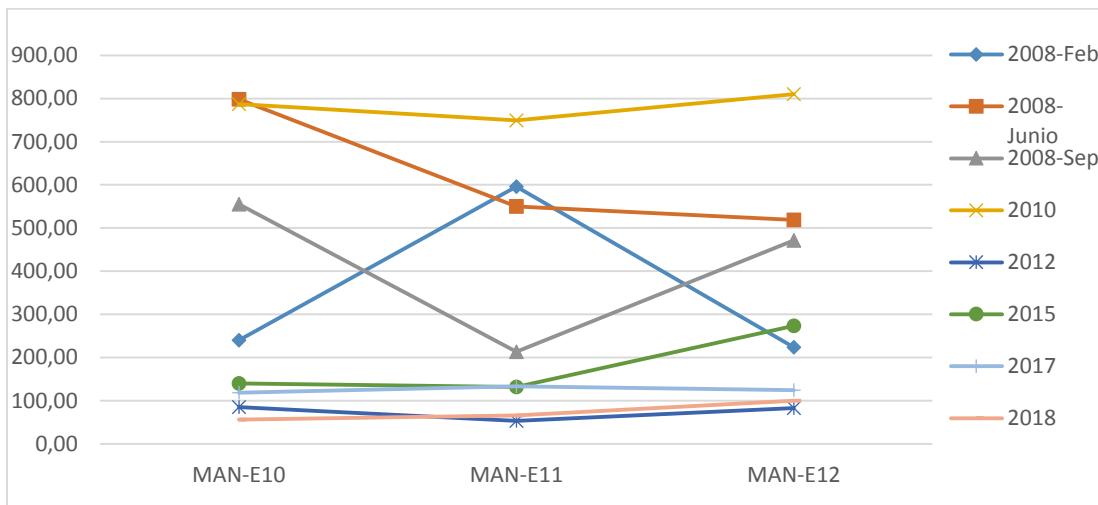
En la gráfica 157 se muestra el comportamiento de la DBO₅ para el tramo III, se observa que entre las estaciones MAN-E09 (Puente Verdum) y MAN-E10 (Antes Quebrada Cristales) hay una disminución de concentración en la DBO₅ de los vertimientos del puente Verdum (MAN-T10) y TopTec (MAN-T12) haciendo que se continúe con la tendencia de disminución de concentración de materia orgánica sobre la quebrada Manizales.

Según lo observado en la gráfica, los valores más altos para las estaciones se encontraron en el año 2008 y 2010, mejorando su calidad en los años posteriores, para el año actual 2018, las estaciones MAN E07, MAN E09 y MAN E10 alcanzaron los valores más bajos con respecto a los años anteriores, lo que puede indicar una mejor calidad de los tributarios sobre este tramo, para las estaciones MAN E06 y MAN E08 valores similares a los encontrados en los años 2010 y 2012.

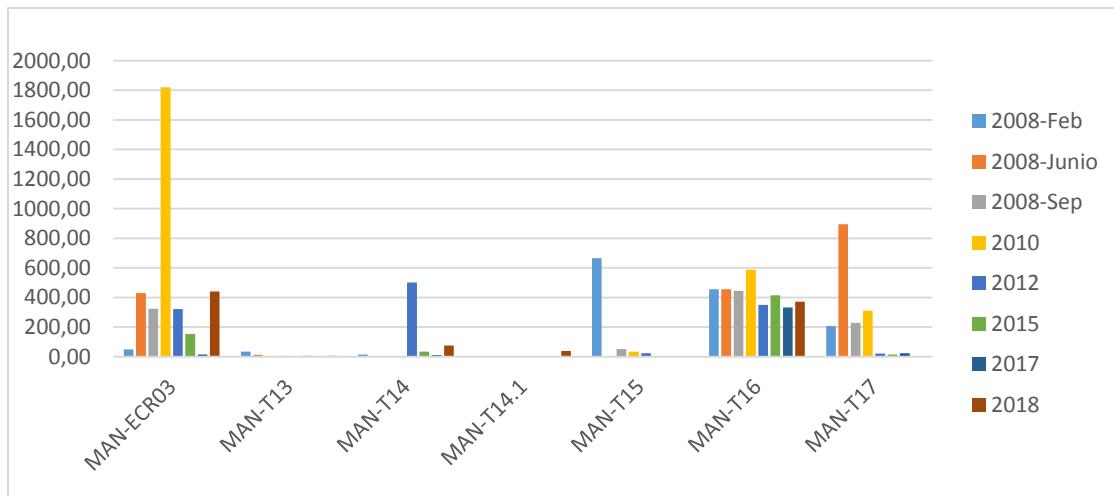
Con respecto a los tributarios se observa que el mayor impacto y la mayor carga contaminante a través de los años corresponden a la Industria Licorera de Caldas T07 y T09, luego se encuentra el puente Verdum T10, TopTec T12 y T24 Foodex.

Tabla 52. Datos históricos DBO₅.Tramo IV Quebrada Manizales

Estación	TRAMO IV							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR03	50.00	429.00	324.00	1821.00	322.00	153.00	15.00	440.00
MAN-T13	34.00	13.00	4.00	5.00	3.00	6.00	2.00	6.00
MAN-T14	14.00	1,19	14,38	22,50	501.00	35.00	10.00	75.00
MAN-T14.1	-	-	-	-	-	-	-	38.00
MAN-T15	666.00	3.00	52.00	34.00	24.00	2.00	1.98	22.00
MAN-E11	596.00	550.00	213.00	749.00	53.00	132.00	133.00	66.00
MAN-T16	456.00	456.00	444.00	588.00	349.00	415.00	333.00	372.00
MAN-T17	207.00	894.00	229.00	310.00	20.00	14.20	24.00	1.98
MAN-E12	224.00	519.00	471.00	810.00	83.00	273.52	124.00	100.00



Gráfica 159. Comportamiento histórico DBO₅ Tramo IV Quebrada Manizales



Gráfica 160. Comportamiento histórico DBO₅ Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales

Se observa en las gráficas 159 y 160 que la concentración de la DBO₅ en este tramo muestra que ha disminuido sobre las estaciones MAN E10, MAN E11 y MAN E12., se observa que la quebrada Cristales antes de desembocar a la quebrada Manizales (MAN-ECR05) con respecto a los estudios del año 2015 y 2017, aumentó su concentración en DBO₅, esto se puede atribuir a la naturaleza de los vertimientos que existen sobre esta quebrada, que hacen parte de la empresa Súper de Alimentos, los cuales son cambiantes de acuerdo a los procesos internos que los generan, haciendo que las concentraciones varíen constantemente sobre la quebrada Cristales; al igual que los vertimientos de la industria TopTec (MAN-T14) y (MAN-T14.1) presentan valores considerables en cuanto a concentración de DBO₅ que aporta contaminación sobre la quebrada Manizales.

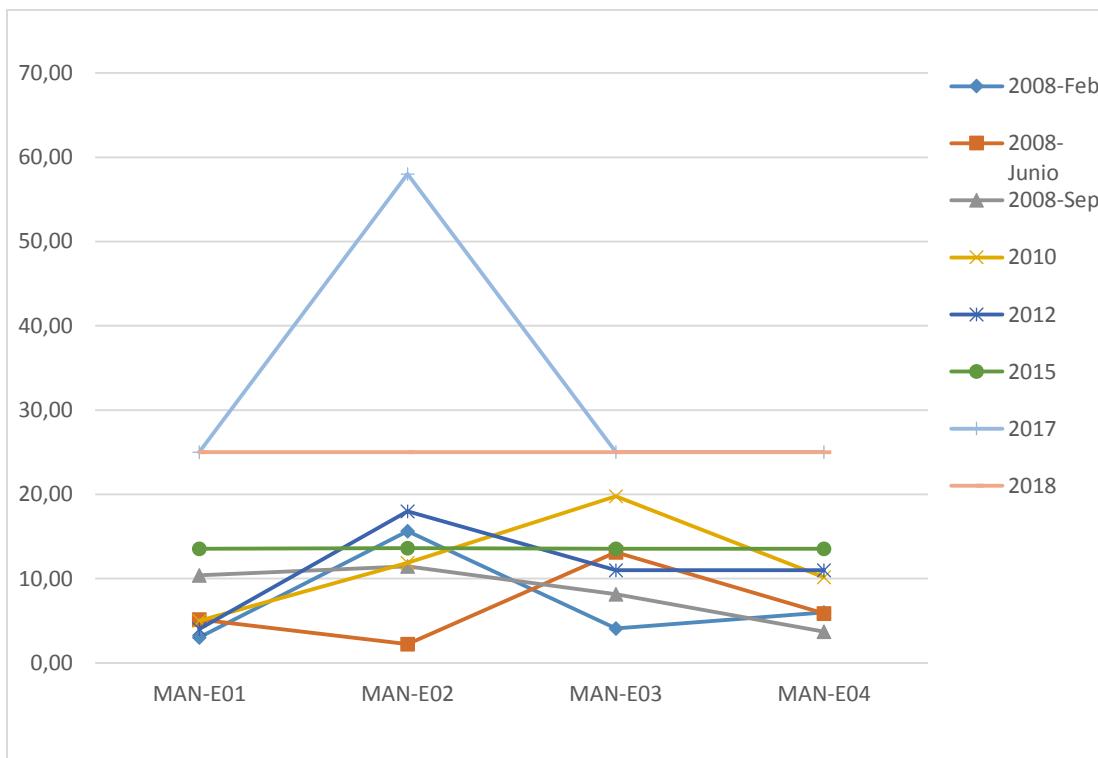
Por último, se presenta un aumento en la concentración de la DBO₅ en el descole del barrio la Enea 1 (MAN-T16) en comparación con el estudio realizado en el año 2017, aunque esta concentración se encuentra dentro del rango de valores reportados para este descole en todos los estudios realizados como muestra la gráfica 160.

De manera general se observa que el comportamiento de la DBO₅ en las estaciones sobre la quebrada presenta una tendencia a la disminución con el paso del tiempo, esto se debe a que la mayoría de afluentes principales

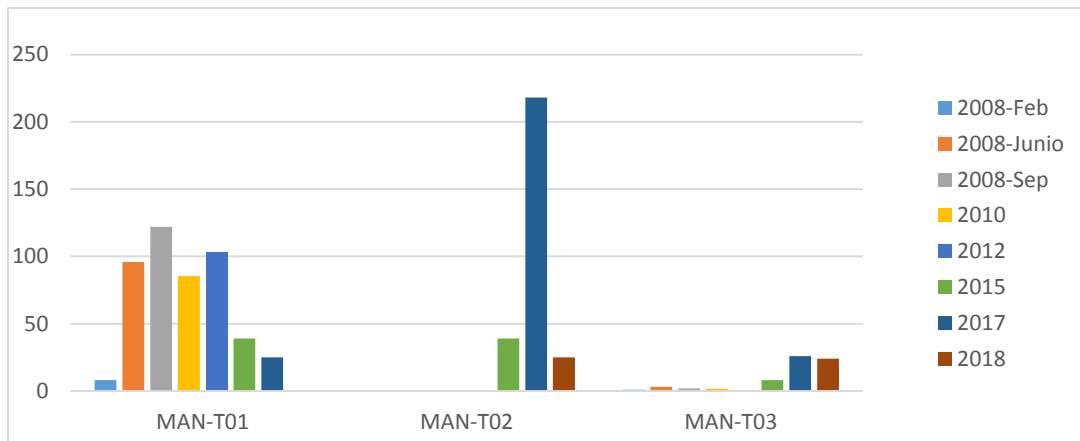
y vertimientos han reducido su aporte de carga orgánica, haciendo que las concentraciones sobre la quebrada sean menores, permitiendo mejorar la calidad de la quebrada.

Tabla 53. Datos históricos DQO. Tramo I Quebrada Manizales

Estación	Tramo I							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-E01	3.03	5.14	10.41	4.99	4.00	13.56	25.00	25.00
MAN-T01	8.00	95.85	121.96	85.27	103.00	39.00	25.00	-
MAN-T02	-	-	-	-	-	39.00	218.00	25.00
MAN-E02	15.65	2.23	11.44	11.89	18.00	13.61	58.00	25.00
MAN-T03	0.99	3.00	1.84	1.60	-	8.00	26.00	24.00
MAN-E03	4.10	13.13	8.14	19.76	11.00	13.56	25.00	25.00
MAN-E04	5.99	5.88	3.71	10.18	11.00	13.56	25.00	25.00



Gráfica 161. Comportamiento histórico DQO Tramo I Quebrada Manizales

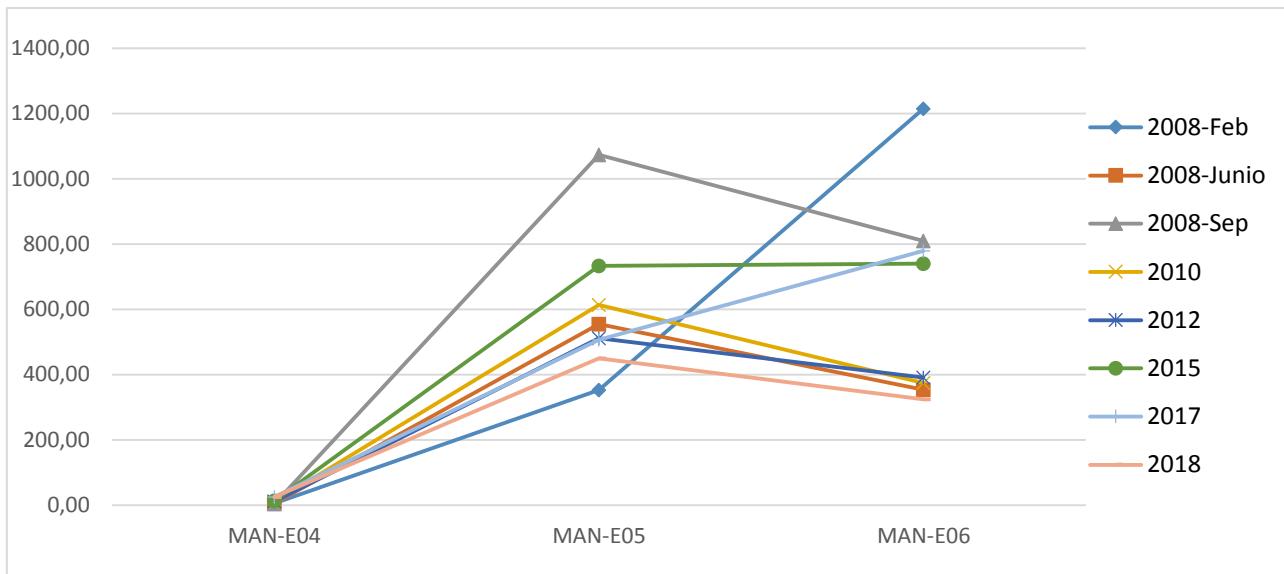


Gráfica 162. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo I Quebrada Manizales

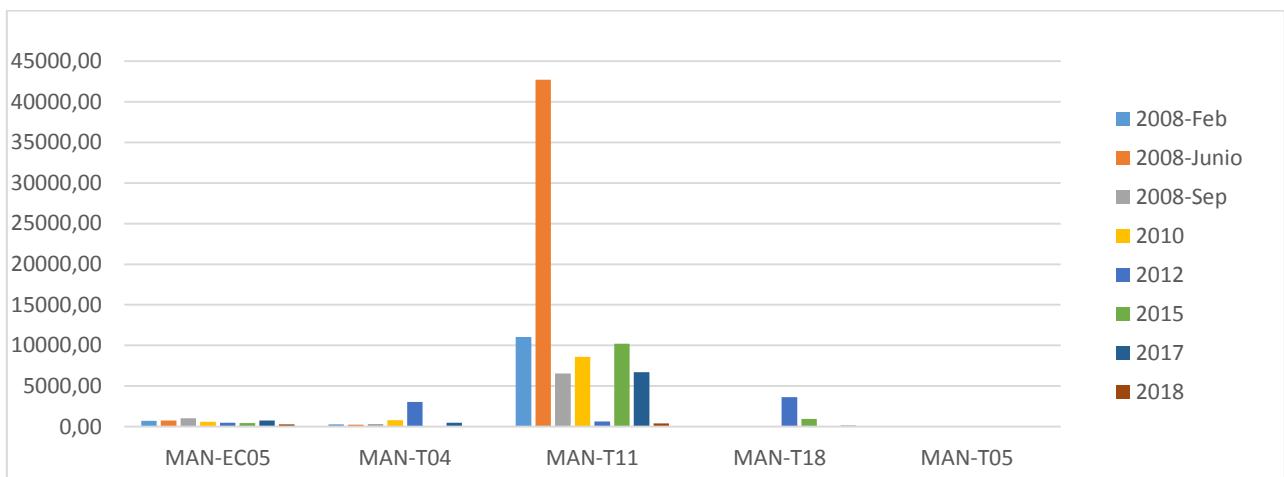
En la gráfica se observa el comportamiento histórico de la DQO en las estaciones que conforman el tramo I de la quebrada Manizales, mostrando un comportamiento similar al de la DBO₅, arrojando que la mayor concentración de DQO para este tramo se presentó en el estudio realizado en el año 2017 en la estación MAN-E02 (Antes quebrada Chuscales); Para las estaciones que conforman el tramo I de la quebrada se muestran concentraciones bajas que no superan los 25 mg O₂/l para el presente estudio, además se observa una disminución sobre la estación MAN-E02, esto se debe el vertimiento de la mina la Coqueta (MAN-T02) presenta su valor más bajo en concentración de DQO como se observa en la gráfica 162.

Tabla 54. Datos históricos DQO. Tramo II Quebrada Manizales

Estación	TRAMO II							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC05	730.00	780.00	1030.00	616.00	501.00	454.00	755.00	288.00
MAN-T04	276.00	265.00	311.00	795.00	3039.00	39.00	501.00	-
MAN-T11	11044.00	42690.00	6550.00	8600.00	646.00	10223.00	6695.00	400.00
MAN-T18	-	-	-	-	3638.00	962.00	33.00	130.00
MAN-E05	353.00	555.00	1073.00	614.00	512.00	733.00	507.00	450.00
MAN-T05	34.00	35.28	8.61	25.93	32.00	8.00	47.00	45.00
MAN-E06	1215.00	354.00	810.00	374.00	391.00	740.00	779.00	324.00



Gráfica 163. Comportamiento histórico DQO Tramo II Quebrada Manizales



Gráfica 164. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo II Quebrada Manizales

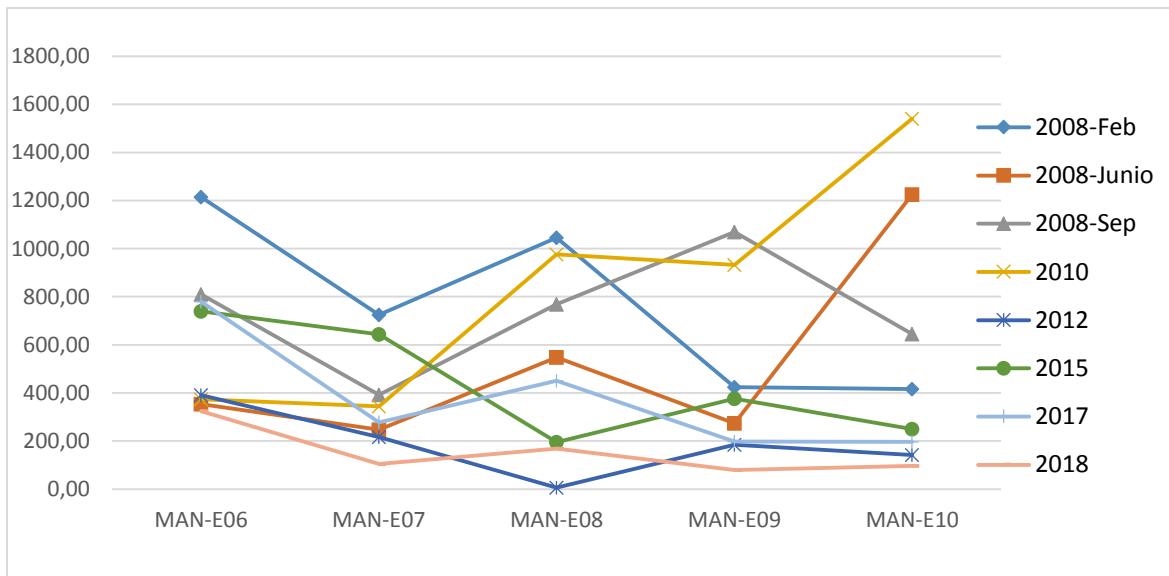
En las gráficas 163 y 164 se observa que a partir de la estación MAN-E04 (Después acueducto la Enea) se observa un aumento en la concentración de DQO en todos los estudios realizados, esto debido al aporte de la quebrada Cimitarra (MAN-EC05) que trae consigo los aportes generados por el vertimiento de la empresa Progel, este comportamiento se mantiene a lo largo del tramo II de la quebrada debido a los demás aportes de

vertimientos que se presentan, como el de la empresa Súper de Alimentos 1 (Advance) (MAN-T11).

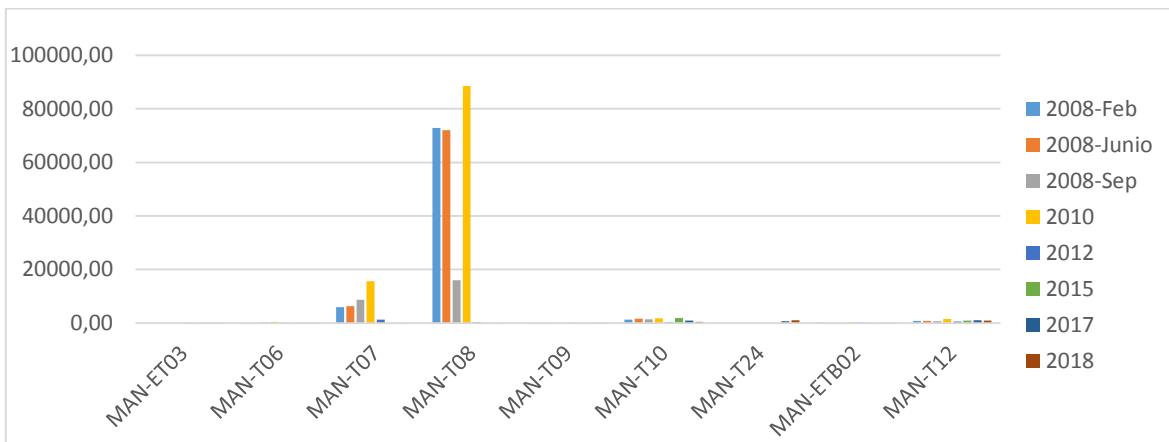
Al observar en la gráfica 163 en los años 2015 y 2017 se observa una notable recuperación en cuanto a la DQO, específicamente en la concentración que presenta la quebrada Cimitarra (MAN-EC05) mostrando su concentración más baja de todos los estudios realizados, esto demuestra que la contaminación que entregan los vertimientos de la empresa Progel y Descafecol sobre esta quebrada han disminuido considerablemente, debido que posiblemente el tratamiento que se le realiza a las aguas residuales está disminuyendo su concentración, de igual forma pasa con el vertimiento de la empresa Súper de Alimentos 1 (Advance) (MAN-T11) y el de la empresa Surtipieles (MAN-T18), que a partir del estudio realizado en el año 2017 se observa una considerable reducción de la DQO en su vertimiento permitiendo que la contaminación de la quebrada sobre el tramo II sea menor.

Tabla 55. Datos históricos DQO. Tramo III Quebrada Manizales

Estación	TRAMO III							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET03	-	-	-	-	23.00	37.71	33.00	59.00
MAN-T06	55.00	64.00	360.00	510.00	21.00	92.00	81.00	26.00
MAN-E07	725.00	247.00	392.00	344.00	217.00	643.00	277.00	104.00
MAN-T07	5935.00	6339.00	8700.00	15640.00	1256.00	-	19.00	-
MAN-T08	72865.00	72000.00	16000.00	88500.00	372.00	-	2.40	-
MAN-E08	1045.00	548.00	769.00	976.00	6.00	194.88	451.00	168.00
MAN-T09	4.79	61.17	6.64	6.13	5.00	3.00	2.40	33.00
MAN-E09	424.00	274.00	1070.00	932.00	185.00	376.00	198.00	79.00
MAN-T10	1295	1681	1350	1715	276.00	1881.00	888.00	512.00
MAN-T24	-	-	-	-	-	-	645.00	1051.00
MAN-ETB02	218.00	120.00	54.00	276.00	260.00	47.00	87.00	47.00
MAN-T12	757.00	770.00	655.00	1510.00	573.00	880.00	1019.00	931.00
MAN-E10	416.00	1225.00	645.00	1540.00	142.00	250.00	197.00	96.00



Gráfica 165. Comportamiento histórico DQO Tramo III Quebrada Manizales



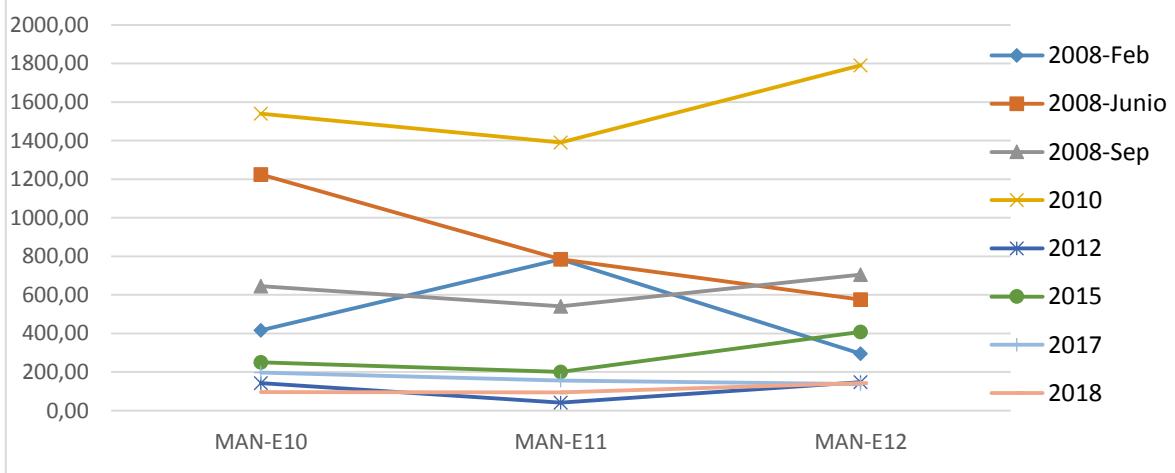
Gráfica 166. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo III Quebrada Manizales

Se observa en la gráfica 165 y 166 que la quebrada Tesorito (MAN-ET03) muestra una concentración mayor en el año 2018 que para los años anteriores, aunque la quebrada actualmente recibe vertimientos de aguas residuales no domésticas del parque industrial Juanchito, también está siendo afectada por las obras de construcción sobre la vía y arrastre de sólidos; la tendencia a la disminución de la DQO se mantiene en el tramo III de la quebrada, observando que los tributarios aportan menos concentración de

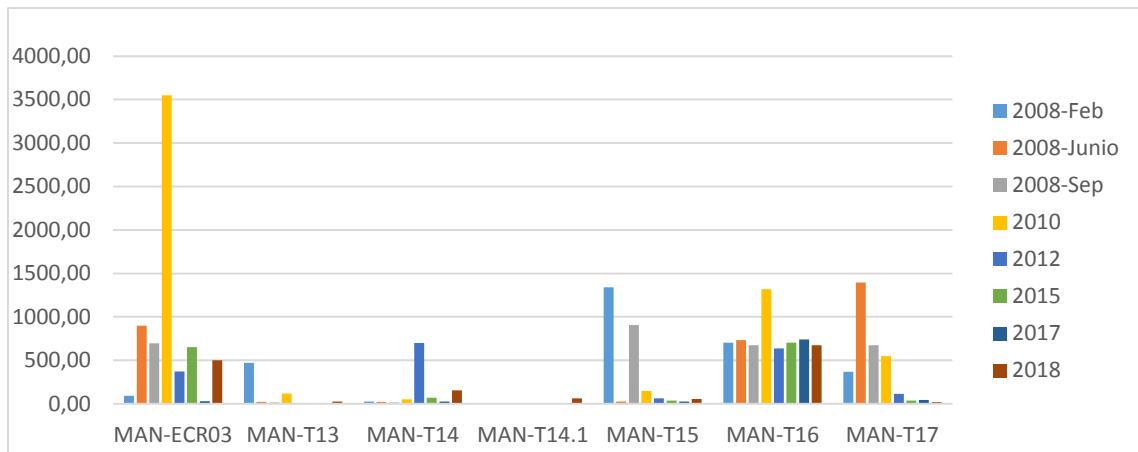
DQO, como la quebrada Universitaria (MAN-T06) y los vertimientos del puente Verдум (MAN-T10) y TopTec (MAN-T12) permitiendo que se mantenga baja la concentración de este parámetro sobre la quebrada Manizales.

Tabla 56. Datos históricos DQO. Tramo IV Quebrada Manizales

Estación	TRAMO IV							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR03	91.00	900.00	695.00	3550.00	374.00	651.00	29.00	500.00
MAN-T13	473.28	22.00	16.00	118.00	4.00	3.00	7.79	25.00
MAN-T14	24.98	22.91	15.55	52.13	699.00	71.00	26.00	154.00
MAN-T14.1	-	-	-	-	-	-	-	63.00
MAN-T15	1340.00	26.00	907.12	146.00	62.00	39.00	25.00	55.00
MAN-E11	785.00	785.00	541.00	1390.00	41.00	200.00	155.00	95.00
MAN-T16	703.00	733.00	675.00	1320.00	636.00	703.00	739.00	675.00
MAN-T17	370.00	1395.00	675.00	549.00	115.00	39.00	45.00	18.00
MAN-E12	295.00	575.00	705.00	1790.00	148.00	407.70	138.00	143.00



Gráfica 167. Comportamiento histórico DQO Tramo IV Quebrada Manizales



Gráfica 168. Comportamiento histórico DQO Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales

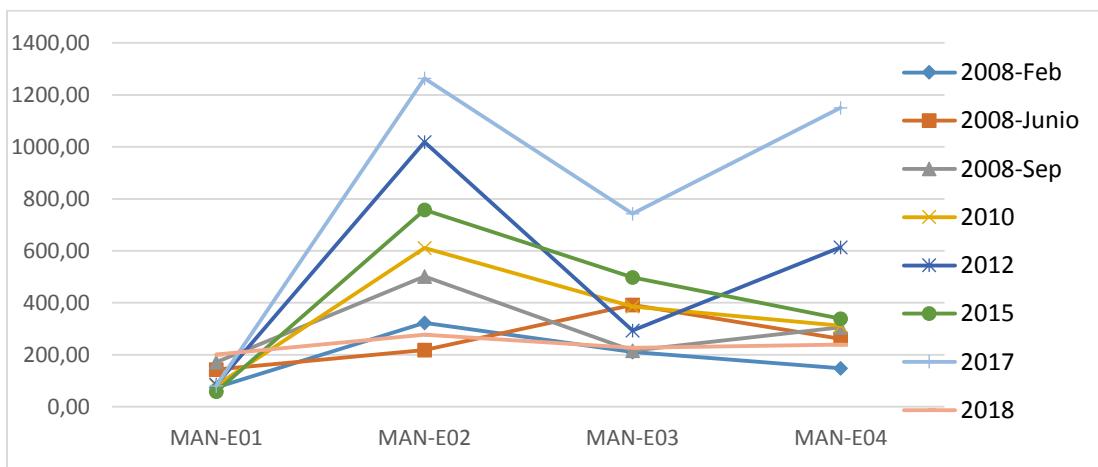
Como se observa en la gráfica 167, para las estaciones MAN-E11 (Antes descole la Enea) y MAN-E12 (Antes desembocadura río Chinchiná) se observa una disminución en la DQO y un pequeño aumento con respecto a los estudios realizados anteriormente, esto debido a que los aportes de la quebrada Cristales (MAN-ECR01) y Toptec Lavandería (MAN-T14) para este último estudio como lo muestra la gráfica 168, aumentaron considerablemente con respecto a los valores reportados en el estudio realizado en el año 2017, este aumento se debe a que en la quebrada Cristales recibe los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos (MAN-T21 y MAN-T22), los cuales aportan gran cantidad de contaminación orgánica e inorgánica,

Por último, se observa una reducción del descole del barrio la Enea 1, pero esta concentración se encuentra dentro de los valores reportados históricamente para este vertimiento, esta disminución no genera cambios significativos sobre la contaminación de la quebrada Manizales ya que se ha mantenido estable en todos los años estudiados.

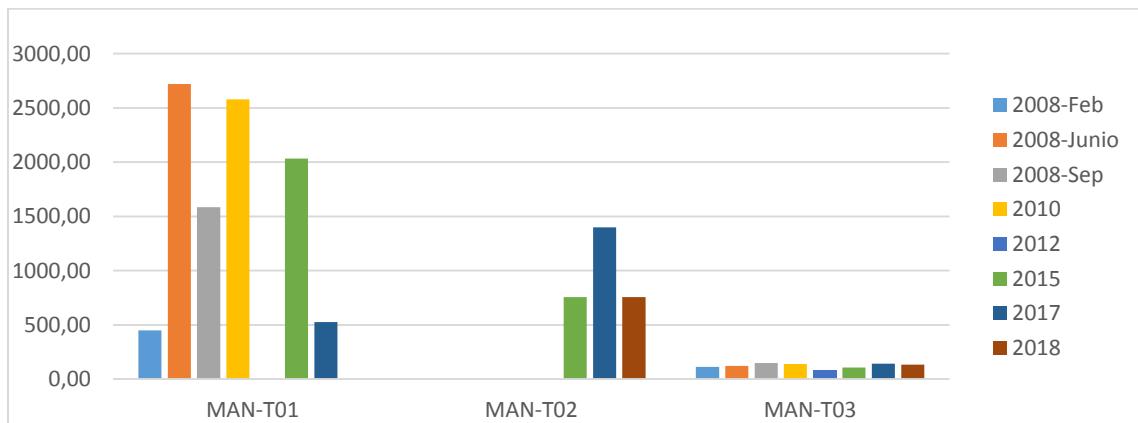
De manera global se observa una tendencia a la disminución de la contaminación sobre la quebrada con respecto a los estudios realizados anteriormente; en la mayoría de estaciones sobre los tramos II y III se observan los valores más bajos de concentración de DQO reportados en todos los años estudiados.

Tabla 57. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo I Quebrada Manizales

Estación	Tramo I							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-E01	74.00	143.00	172.00	82.00	86.00	59.00	80.00	201.00
MAN-T01	448.00	2721.00	1585.00	2579.00	-	2034.00	525.00	-
MAN-T02	-	-	-	-	-	757.00	1399.00	756.00
MAN-E02	323.00	218.00	501.00	611.00	1019.00	758.00	1263.00	277.00
MAN-T03	111.00	122.00	148.00	138.00	82.00	105.00	142.00	132.00
MAN-E03	211.00	392.00	216.00	386.00	293.00	498.00	743.00	227.00
MAN-E04	148.00	261.00	306.00	312.00	613.00	339.00	1150.00	239.00



Gráfica 169. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo I Quebrada Manizales



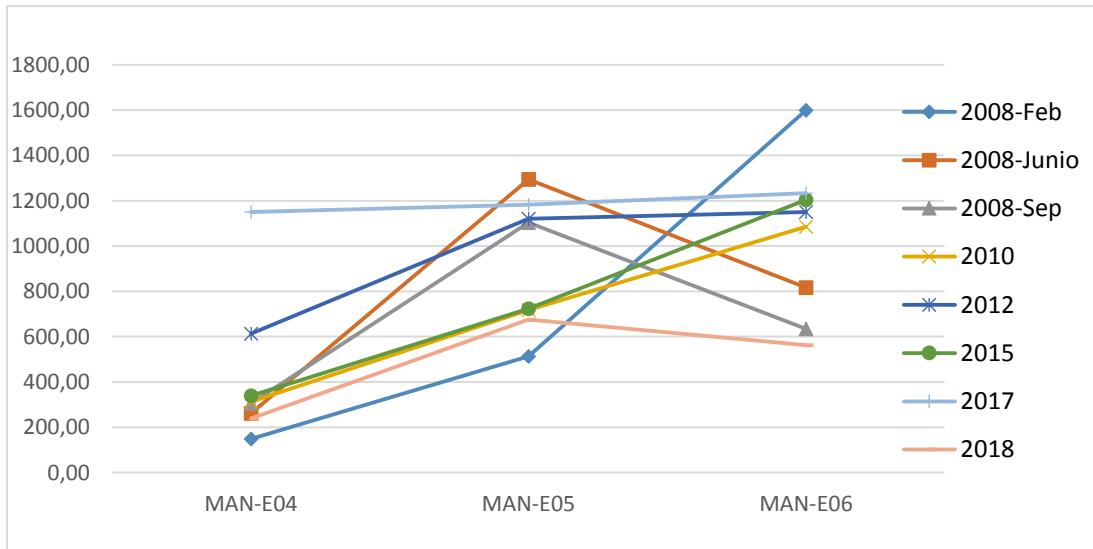
Gráfica 170. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo I Quebrada Manizales

En la gráfica 169 se muestra el comportamiento histórico de los sólidos totales sobre las estaciones que conforman el tramo I de la quebrada Manizales, mostrando un comportamiento fluctuante a lo largo del tramo, desde la estación MAN-E02 (Antes quebrada Chuscales) se observa una alta concentración de sólidos debido a los vertimientos de las minas la Cascada (MAN-T01) y la Coqueta (MAN-T02) y esta concentración se mantiene elevada a medida que avanza la quebrada y tributan los afluentes principales y otros vertimientos, observándose las máximas concentraciones en el estudio realizado en el año 2017.

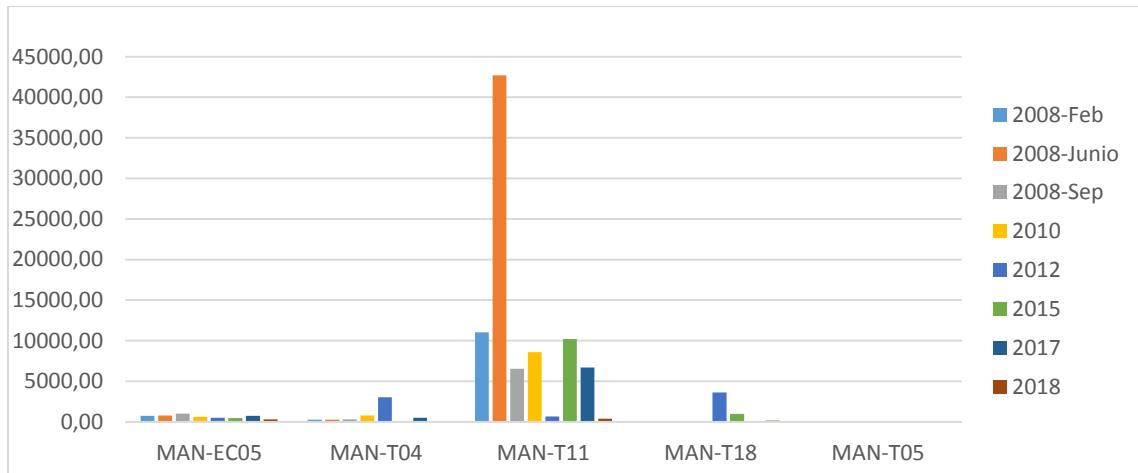
Al analizar el comportamiento de los sólidos reportados sobre las estaciones que conforman el Tramo I; en el presente estudio se observa una notable disminución comparado con los estudios realizados anteriormente, esto se debe inicialmente a que el vertimiento de la mina la Cascada (MAN-T01) fue trasladado después de la estación MAN-E04 (Después acueducto la Enea), por lo tanto la cantidad de sólidos que aporta este vertimiento no alteran el tramo I, seguido a esto, en la gráfica 170 se observa que la concentración de sólidos aportados por el vertimiento de la mina la Coqueta (MAN-T02) presenta su valor mínimo con respecto a las caracterizaciones realizadas anteriormente, haciendo entonces que sobre la estación MAN-E02 (Antes quebrada Chuscales) se observe una disminución considerable y este comportamiento se mantenga sobre las demás estaciones.

Tabla 58. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo II Quebrada Manizales

Estación	TRAMO II							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC05	829.00	896.00	2071.00	966.00	1274.00	1040.00	1855.00	554.00
MAN-T04	7679.00	6197.00	339.00	4061.00	-	346.00	5288.00	-
MAN-T11	6365.00	22615.00	4008.00	1501.00	-	4690.00	5669.00	456.00
MAN-T18	-	-	-	-	-	743.00	157.00	308.00
MAN-E05	513.00	1294.00	1103.00	718.00	1121.00	723.00	1183.00	675.00
MAN-T05	134.00	164.00	176.00	134.00	203.00	202.00	145.00	137.00
MAN-E06	1599.00	816.00	634.00	1085.00	1150.00	1204.00	1233.00	562.00



Gráfica 171. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo II Quebrada Manizales



Gráfica 172. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo II Quebrada Manizales

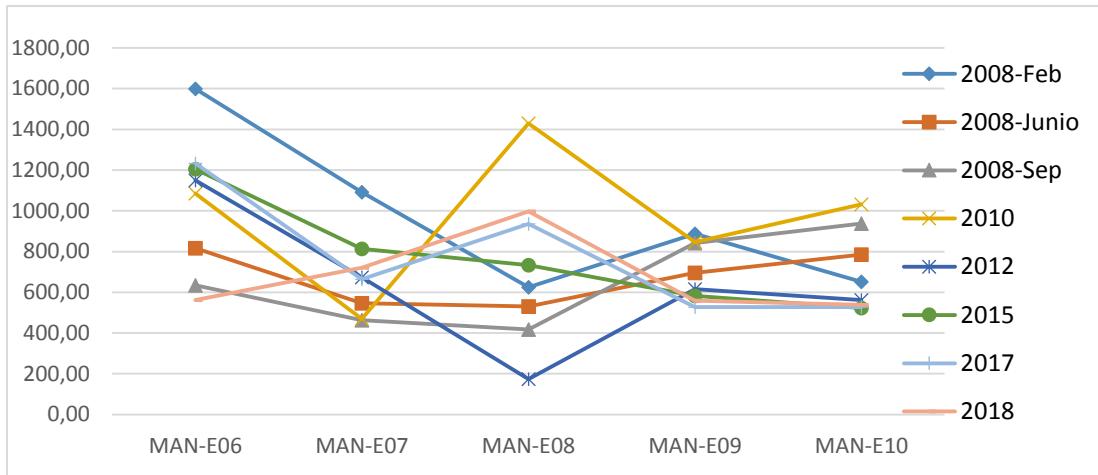
La tendencia a la disminución en la concentración de sólidos totales continua sobre las estaciones que conforman el Tramo II de la quebrada Manizales, observando en la gráfica 172 que la cantidad de sólidos que aporta la quebrada Cimitarra (MAN-EC05) es menor a los valores reportados en los estudios anteriores, mostrando también un mínimo en la concentración de sólidos para esta quebrada, esto debido a que el sistema

de tratamiento que se viene implementando en la empresa Progel permite disminuir considerablemente tanto sólidos como materia orgánica, haciendo eficiente su remoción y así mejora notablemente las características de la quebrada Cimitarra, al igual que el vertimiento de la empresa Súper de Alimentos 1 (Advance) (MAN-T11), el cual muestra una concentración de sólidos totales menor a las reportadas en los estudios anteriores, lo que hace que la concentración de sólidos totales sobre la quebrada Manizales en la estación MAN-E06 (Antes quebrada Tesorito) sea la más baja reportada en todos los estudios realizados.

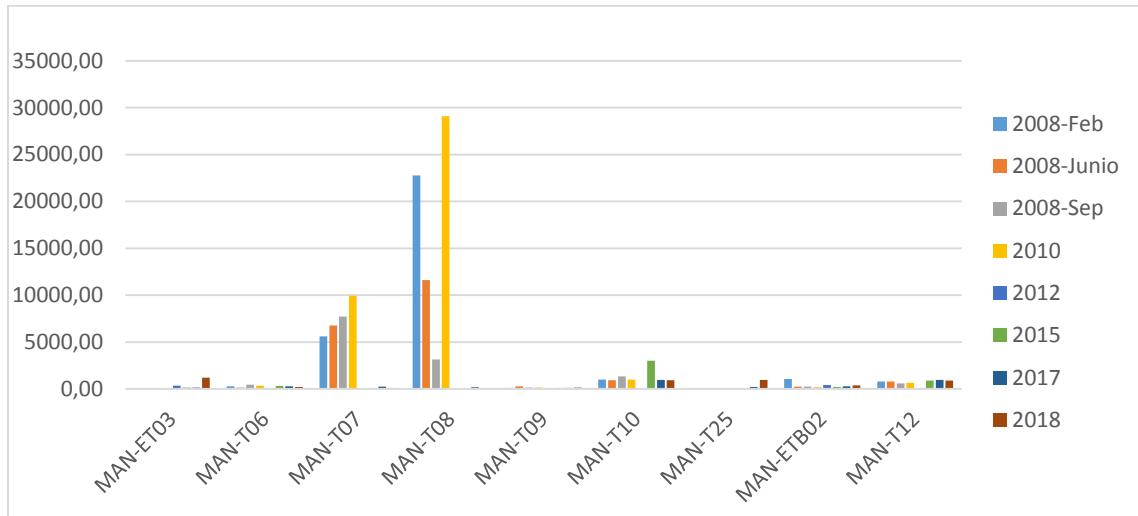
Para el caso específico del vertimiento de la empresa Surtipieles (MAN-T18), el cual cuenta con estudios desde el año 2012 sobre el Tramo II de la quebrada Manizales, presenta su máxima concentración en el estudio realizado para el año 2015.

Tabla 59. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo III Quebrada Manizales

TRAMO III								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET03	-	-	-	-	373.00	135.00	156.00	1195.00
MAN-T06	286.00	158.00	451.00	364.00	-	330.00	274.00	227.00
MAN-E07	1092.00	546.00	463.00	469.00	673.00	814.00	664.00	721.00
MAN-T07	5598.00	6761.00	7721.00	9960.00	-	-	246.00	-
MAN-T08	22786.00	11616.00	3156.00	29074.00	-	-	192.00	-
MAN-E08	625.00	531.00	417.00	1430.00	174.00	734.00	936.00	997.00
MAN-T09	129.00	276.00	149.00	136.00	-	119.00	127.00	147.00
MAN-E09	887.00	696.00	842.00	847.00	616.00	582.00	528.00	559.00
MAN-T10	1000.00	941.00	1344.00	992.00	-	3017.00	969.00	937.00
MAN-T24	-	-	-	-	-	-	1407.00	1210.00
MAN-ETB02	1070.00	249.00	262.00	185.00	410.00	217.00	292.00	390.00
MAN-T12	805.00	801.00	579.00	669.00	-	904.00	959.00	906.00
MAN-E10	652.00	785.00	937.00	1032.00	562.00	523.00	528.00	538.00



Gráfica 173. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo III Quebrada Manizales



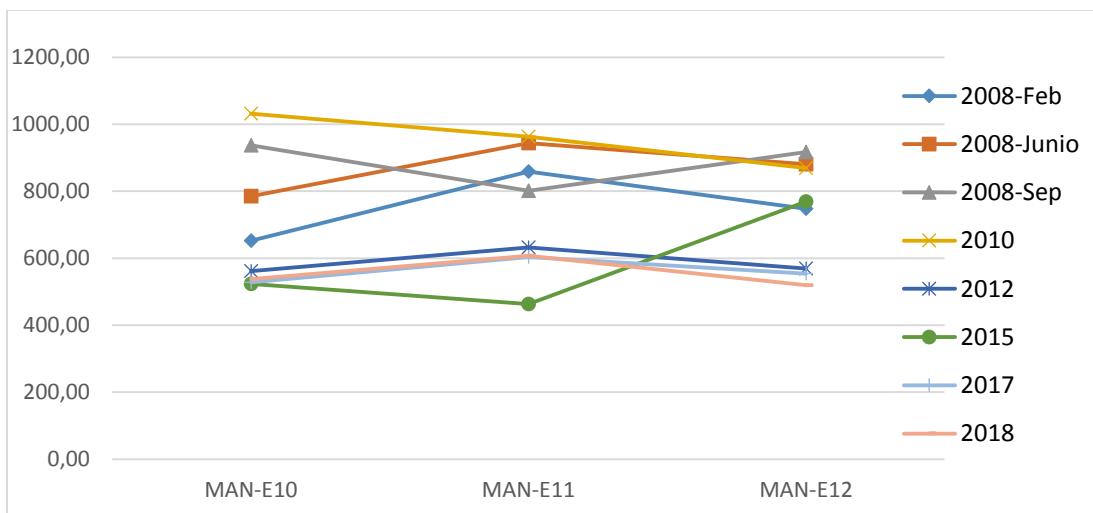
Gráfica 174. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo III Quebrada Manizales

Para el tramo III, se observa que a partir de la estación MAN-E07 (Antes ILC) hay un incremento en la concentración de sólidos totales, comparado con los datos registrados en el año 2017, comportamiento similar al reportado en los estudios realizados en los años 2012, 2015, este aumento se debe a que sobre la quebrada Tesorito (MAN-ET03) se presenta la máxima concentración de sólidos totales en todos los estudios realizados sobre este punto como se muestra en la gráfica , este aumento se debe al aporte del vertimiento del Parque Industrial Juanchito, y a las condiciones que se

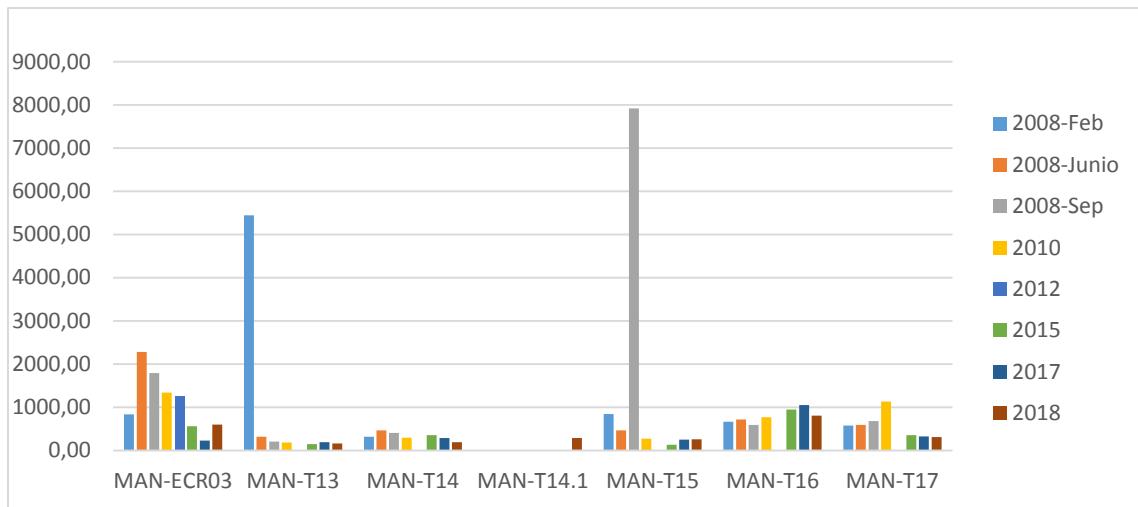
encontraron el día en que se realizó la visita sobre la estación MAN-ET01.2 (Blanco propuesto), debido a que en la parte alta de la quebrada, en el sector de sabinas, se encontraban realizando obras sobre la vía, haciendo que la quebrada presentara un arrastre de sólidos mayor, comportamiento que se refleja en la parte baja sobre la estación MAN-ET03.

Tabla 60. Datos históricos Sólidos Totales. Tramo IV Quebrada Manizales

Estación	TRAMO IV							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR03	836.00	2276.00	1789.00	1335.00	1261.00	560.00	228.00	595.00
MAN-T13	5444.00	318.00	202.00	183.00	-	146.00	187.00	160.00
MAN-T14	316.00	465.00	403.00	291.00	-	353.00	285.00	191.00
MAN-T14.1	-	-	-	-	-	-	-	284.00
MAN-T15	839.00	461.00	7918.00	274.00	-	131.00	249.00	258.00
MAN-E11	859.00	944.00	801.00	963.00	632.00	463.00	604.00	607.00
MAN-T16	663.00	713.00	588.00	767.00	-	943.00	1050.00	803.00
MAN-T17	576.00	588.00	677.00	1129.00	-	350.00	323.00	311.00
MAN-E12	748.00	881.00	917.00	869.00	569.00	769.00	554.00	520.00



Gráfica 175. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tramo IV Quebrada Manizales



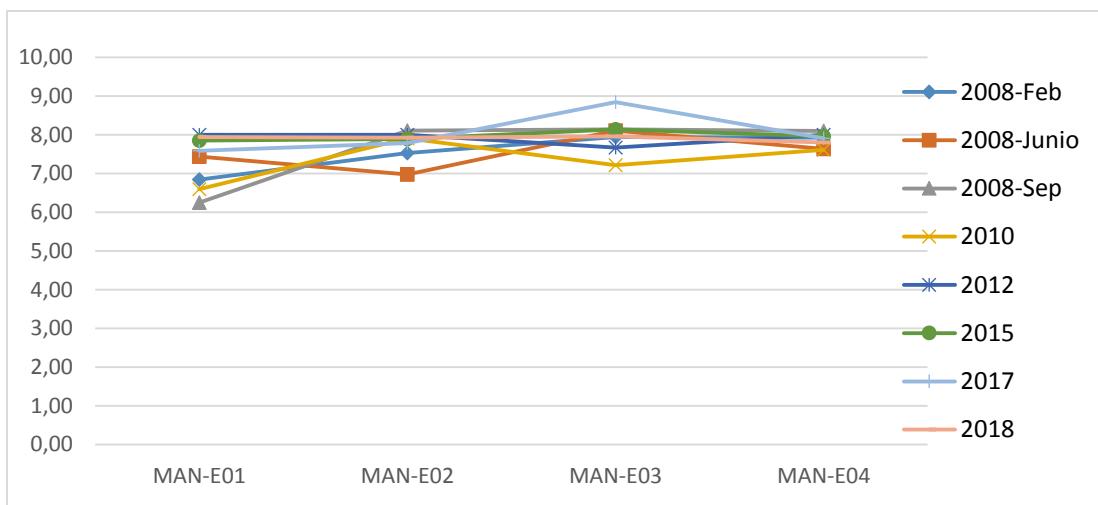
Gráfica 176. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales

A partir de la estación MAN-E10 (Antes quebrada Cristales) se observa que los tributarios que llegan a la quebrada Manizales tienen un comportamiento casi constante históricamente para las concentraciones de sólidos totales; el mayor aumento lo presenta la quebrada Cristales (MAN-ECR03) en este parámetro, debido a las características de los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos como se presenta en la gráfica 176.

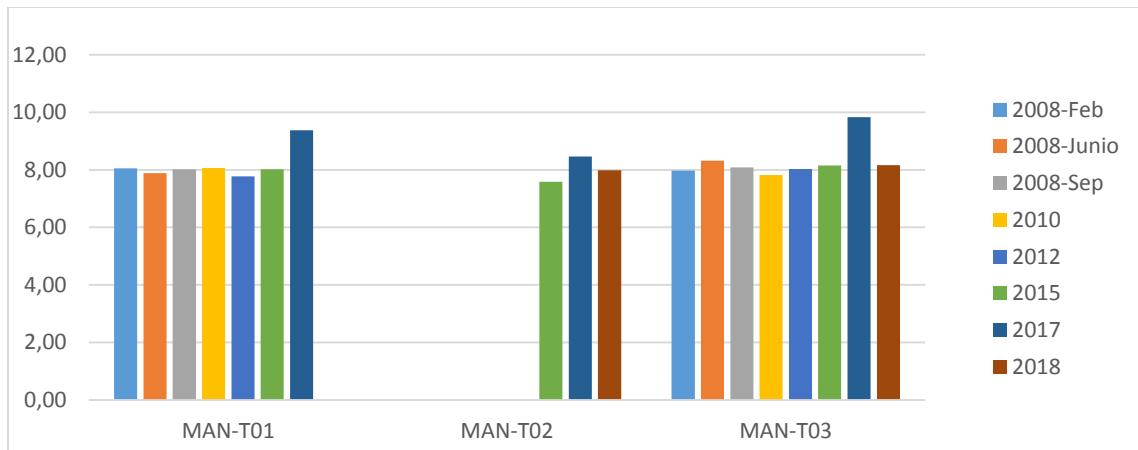
De manera general se observa que el comportamiento de los sólidos totales muestra una tendencia a la disminución desde la parte alta de la quebrada Manizales, debido a que posiblemente se esté realizando la remoción de estos en alguna de las etapas de los sistemas de tratamiento (STAR's) de las diferentes industrias que aportan vertimientos sobre la quebrada, aunque para la parte media y baja se mantenga un comportamiento similar a la concentración de sólidos totales comparado con los estudios anteriores, por las actividades que se presentan sobre algunos de los afluentes principales.

Tabla 61. Datos históricos pH. Tramo I Quebrada Manizales

Estación	Tramo I							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-E01	6.84	7.44	6.25	6.60	8.00	7.85	7.59	7.94
MAN-T01	8.05	7.88	8.02	8.06	7.77	8.01	9.37	-
MAN-T02	-	-	-	-	-	7.58	8.46	7.98
MAN-E02	7.53	6.98	8.11	7.91	8.00	7.89	7.79	7.93
MAN-T03	7.97	8.32	8.08	7.82	8.03	8.15	9.83	8.16
MAN-E03	7.94	8.11	8.14	7.22	7.67	8.14	8.85	7.96
MAN-E04	7.93	7.64	8.10	7.61	8.00	7.96	7.91	7.80



Gráfica 177. Comportamiento histórico pH Tramo I Quebrada Manizales

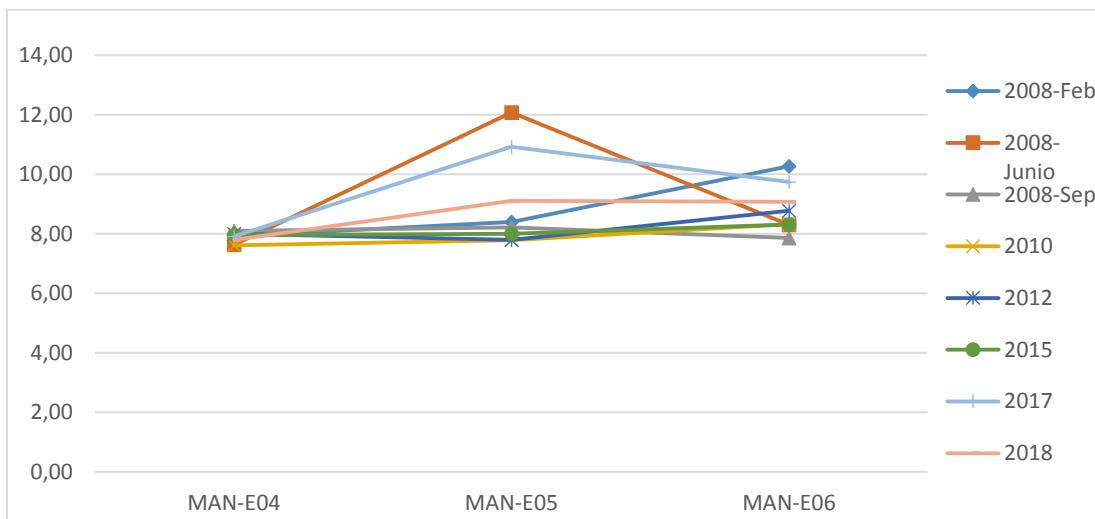


Gráfica 178. Comportamiento histórico pH Tributarios Tramo I Quebrada Manizales

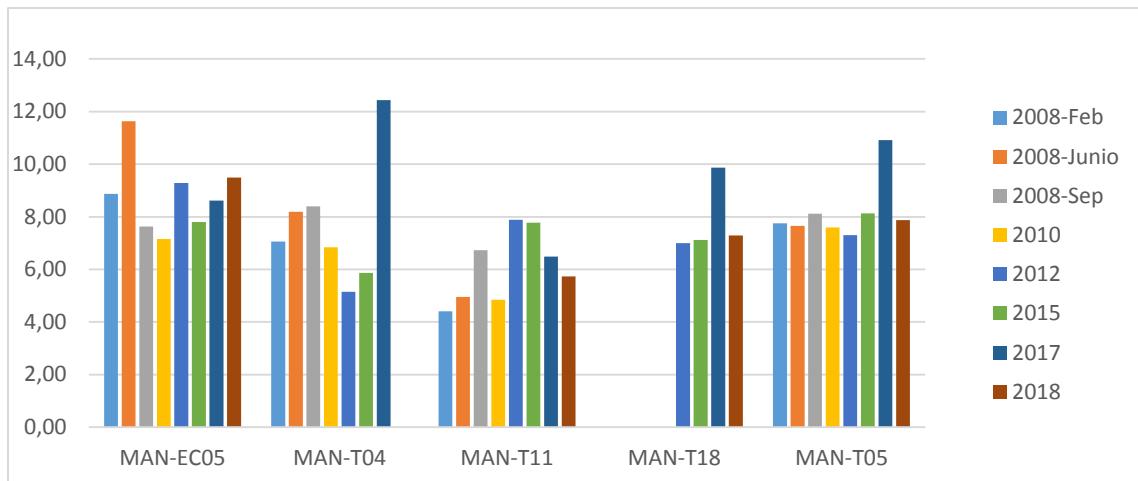
En la gráfica 177 se observa el comportamiento histórico del pH sobre las estaciones de la quebrada Manizales, presentando un comportamiento poco variable en todos los estudios realizados, el valor máximo se observa en la estación MAN-E03 (Antes acueducto la Enea) en el año 2016, esto debido a la incorporación de la quebrada Chuscales (MAN-T03), que en el mismo año presentó su valor máximo de pH, al igual que los valores máximos de los demás tributarios que hacen parte de este tramo, como se muestra en la gráfica 178.

Tabla 62. Datos históricos pH. Tramo II Quebrada Manizales

Estación	TRAMO II							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC05	8.87	11.63	7.63	7.15	9.29	7.80	8.61	9.49
MAN-T04	7.06	8.19	8.40	6.84	5.15	5.87	12.44	-
MAN-T11	4.40	4.95	6.73	4.84	7.88	7.77	6.49	5.73
MAN-T18					7.00	7.12	9.87	7.92
MAN-E05	8.40	12.08	8.22	7.79	7.80	8.00	10.93	9.11
MAN-T05	7.75	7.65	8.12	7.59	7.30	8.13	10.92	7.87
MAN-E06	10.27	8.30	7.86	8.32	8.78	8.31	9.75	9.08



Gráfica 179. Comportamiento histórico pH Tramo II Quebrada Manizales



Gráfica 180. Comportamiento histórico pH Tramo II Quebrada Manizales

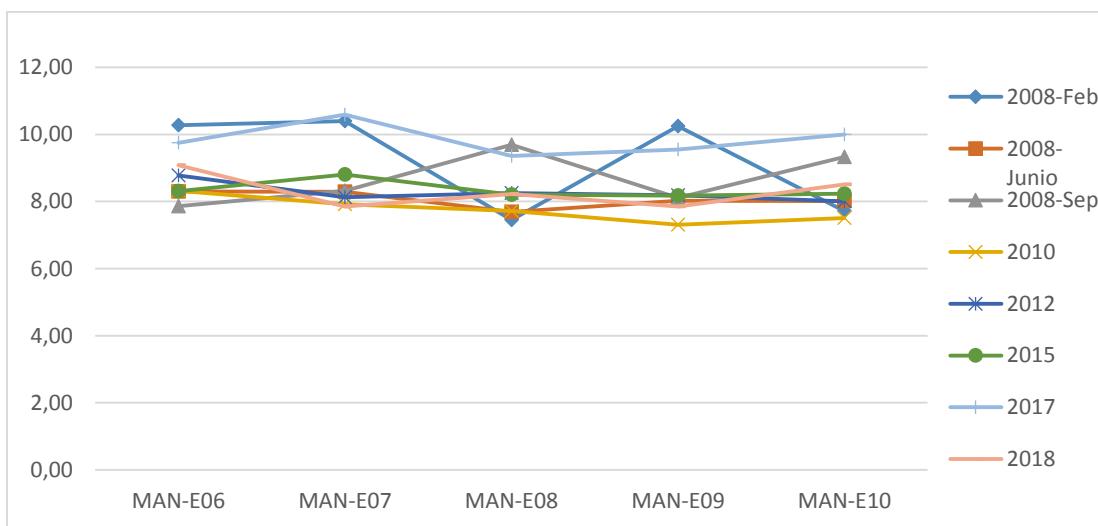
En la gráfica 179 se presenta el comportamiento del pH para el tramo II, donde se observa que para la estación MAN-E05 (Antes quebrada Santa Rita) existen valores de pH elevados, para los estudios realizados en los años 2008 y 2017, debido a los vertimientos que presentan valores de pH alto como la quebrada Cimitarra (MAN-EC05), el vertimiento de Surtipieles (MAN-T18) y el descole del parque industrial Juanchito (MAN-T25).

Para los valores de pH reportados en el presente estudio se observa una menor variación en este parámetro, en comparación con los estudios anteriores, con valores cercanos a las 8 unidades de pH, esto debido que los tributarios y descoles presentes sobre la quebrada en este tramo no presentan valores de pH menores a 5, ni mayores a 10.

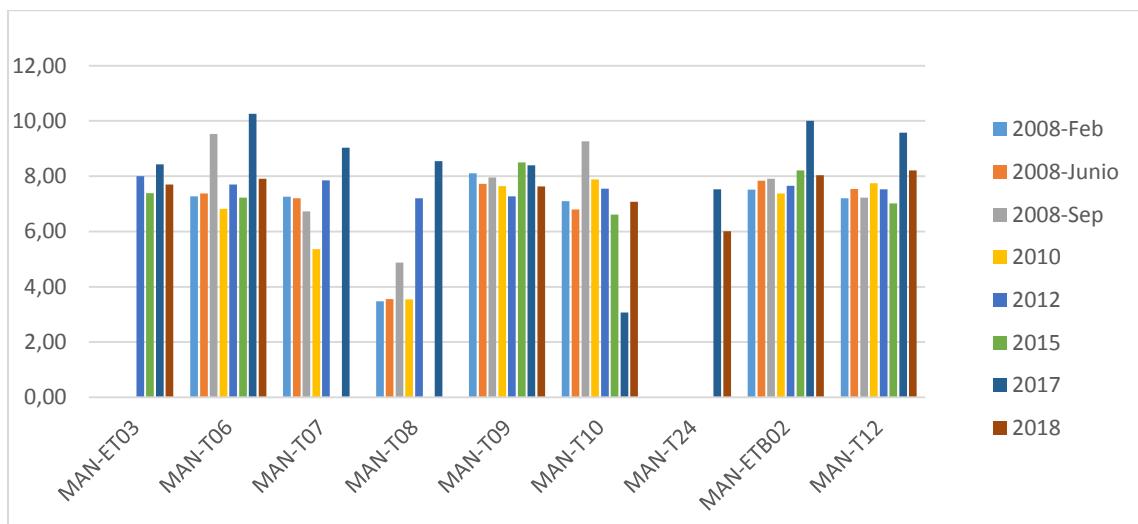
Tabla 63. Datos históricos pH. Tramo III Quebrada Manizales

Estación	TRAMO III							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET03	-	-	-	-	8.00	7.39	8.43	7.70
MAN-T06	7.27	7.38	9.53	6.82	7.70	7.23	10.26	7.91
MAN-E07	10.40	8.29	8.32	7.92	8.13	8.81	10.59	7.85
MAN-T07	7.26	7.20	6.73	5.36	7.85	-	9.03	-
MAN-T08	3.48	3.55	4.87	3.54	7.20	-	8.55	-
MAN-E08	7.45	7.69	9.69	7.72	8.25	8.20	9.35	8.22
MAN-T09	8.10	7.72	7.95	7.64	7.27	8.49	8.40	7.63

MAN-E09	10.25	8.02	8.11	7.31	8.19	8.18	9.55	7.85
MAN-T10	7.10	6.80	9.26	7.88	7.55	6.61	3.07	7.08
MAN-T24	-	-	-	-	-	-	7.53	6.01
MAN-ETB02	7.51	7.84	7.91	7.38	7.65	8.21	10.01	8.04
MAN-T12	7.20	7.54	7.23	7.75	7.53	7.02	9.58	8.21
MAN-E10	7.72	8.01	9.33	7.51	8.00	8.23	9.99	8.51



Gráfica 181. Comportamiento histórico pH Tramo III Quebrada Manizales

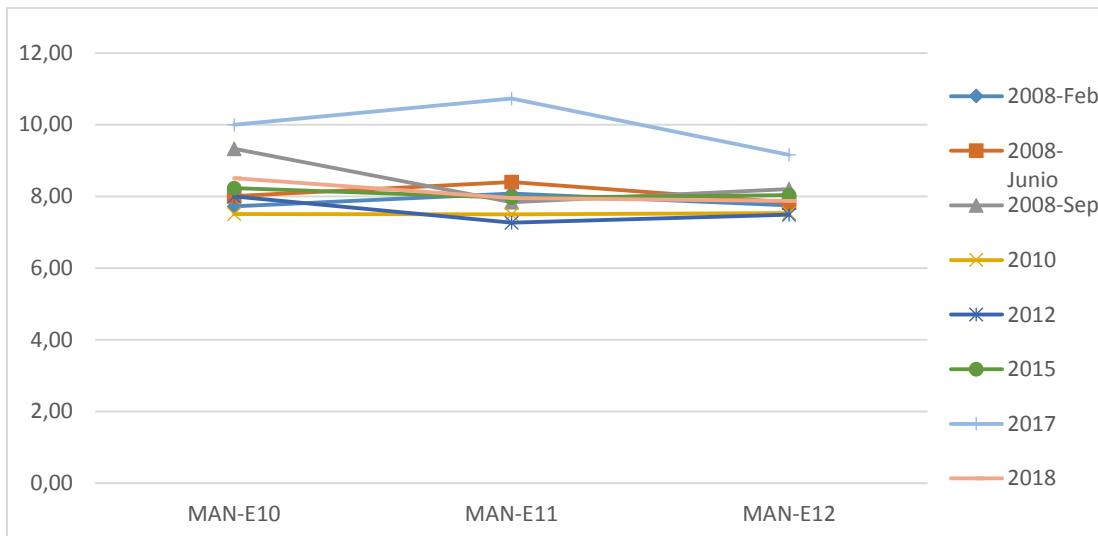


Gráfica 182. Comportamiento histórico pH Tributarios Tramo III Quebrada Manizales

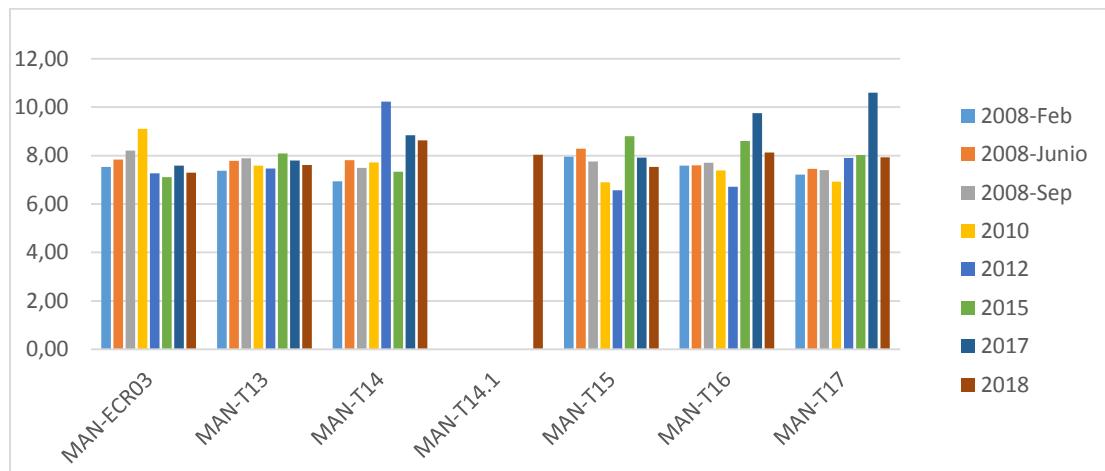
Para el tramo III se observa que los máximos valores de pH se presentan en los estudios realizados en los años 2008 y 2017, con valores cercanos a las 10 unidades de pH, ya que para esos estudios, los tributarios como quebrada Universitaria (MAN-T06), vertimiento Foodex (MAN-T24), quebrada 2615-002-098-003 (MAN-ETB02) y el vertimiento de Toptec (MAN-T12) presentaron los valores máximos en pH como se muestra en la gráfica 182, haciendo que este parámetro aumente sobre la quebrada; para el presente estudio se observa una menor variación en el pH sobre todas las estaciones del tramo, mostrando valores de pH cercanos a las 8 unidades, tanto en las estaciones como en los tributarios que lo conforman.

Tabla 64. Datos históricos pH. Tramo IV Quebrada Manizales

Estación	TRAMO IV							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR03	7.53	7.83	8.20	9.10	7.27	7.11	7.59	7.30
MAN-T13	7.38	7.78	7.89	7.58	7.47	8.09	7.79	7.61
MAN-T14	6.94	7.81	7.49	7.72	10.22	7.34	8.85	8.63
MAN-T14.1	-	-	-	-	-	-	-	8.04
MAN-T15	7.95	8.28	7.76	6.90	6.57	8.80	7.91	7.53
MAN-E11	8.08	8.40	7.84	7.50	7.27	7.96	10.73	7.95
MAN-T16	7.58	7.60	7.71	7.39	6.71	8.60	9.75	8.13
MAN-T17	7.21	7.45	7.40	6.93	7.90	8.02	10.59	7.93
MAN-E12	7.75	7.83	8.20	7.53	7.49	8.03	9.16	7.87



Gráfica 183. Comportamiento histórico pH Tramo IV Quebrada Manizales



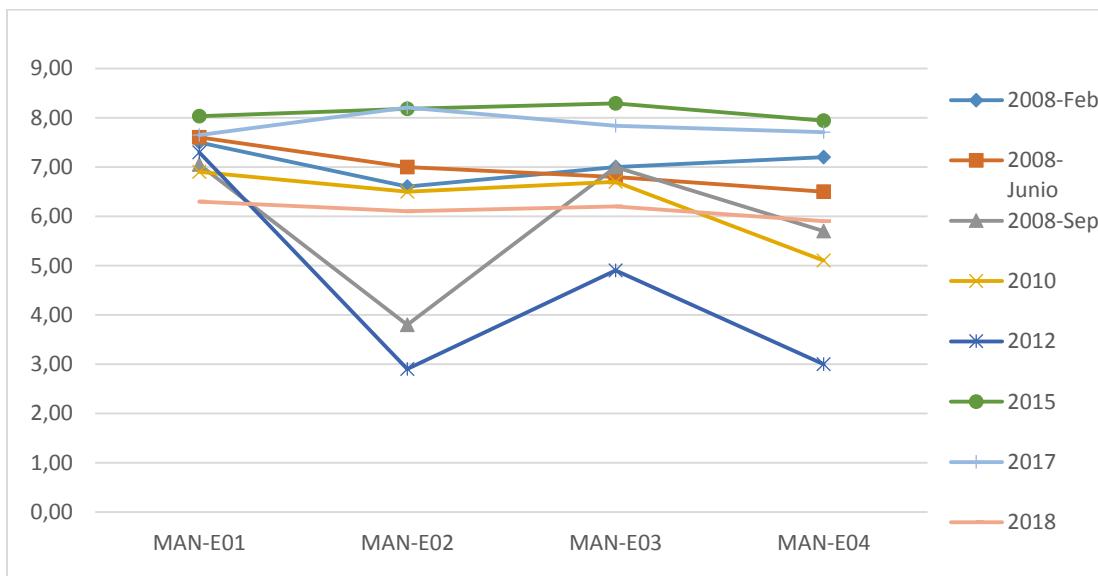
Gráfica 184. Comportamiento histórico pH Tributarios Tramo IV Quebrada Manizales

Para el tramo IV se observa que el comportamiento del pH se mantiene con poca variación en los estudios realizados, mostrando los máximos valores en los reportes del año 2017, debido al comportamiento arrojado en el tramo III y a que los descales del sector de la Enea (MAN-T16 y MAN-T17) presentan sus valores máximos en todos los estudios realizados como se presenta en la gráfica.

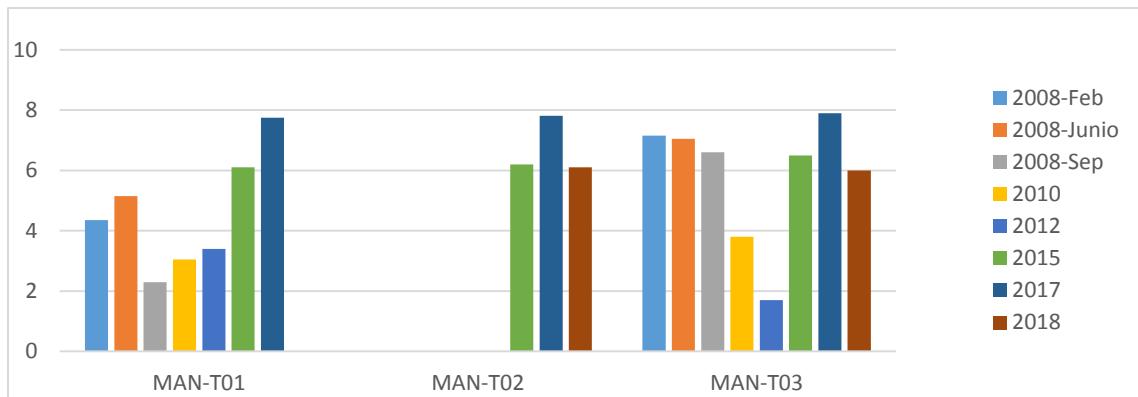
Para el presente estudio se observa una menor variabilidad del pH en comparación con los demás estudios, mostrando sobre las estaciones valores cercanos a las 8 unidades.

Tabla 65. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo I Quebrada Manizales

Estación	Tramo I							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-E01	7.50	7.60	7.05	6.90	7.30	8.03	7.65	6.30
MAN-T01	4.35	5.15	2.30	3.05	3.40	6.10	7.75	-
MAN-T02	-	-	-	-	-	6.20	7.81	6.10
MAN-E02	6.60	7.00	3.80	6.50	2.90	8.18	8.21	6.10
MAN-T03	7.15	7.05	6.60	3.80	1.70	6.50	7.90	6.00
MAN-E03	7.00	6.80	7.00	6.70	4.90	8.29	7.84	6.20
MAN-E04	7.20	6.50	5.70	5.10	3.00	7.94	7.71	5.90



Gráfica 185. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo I Quebrada Manizales



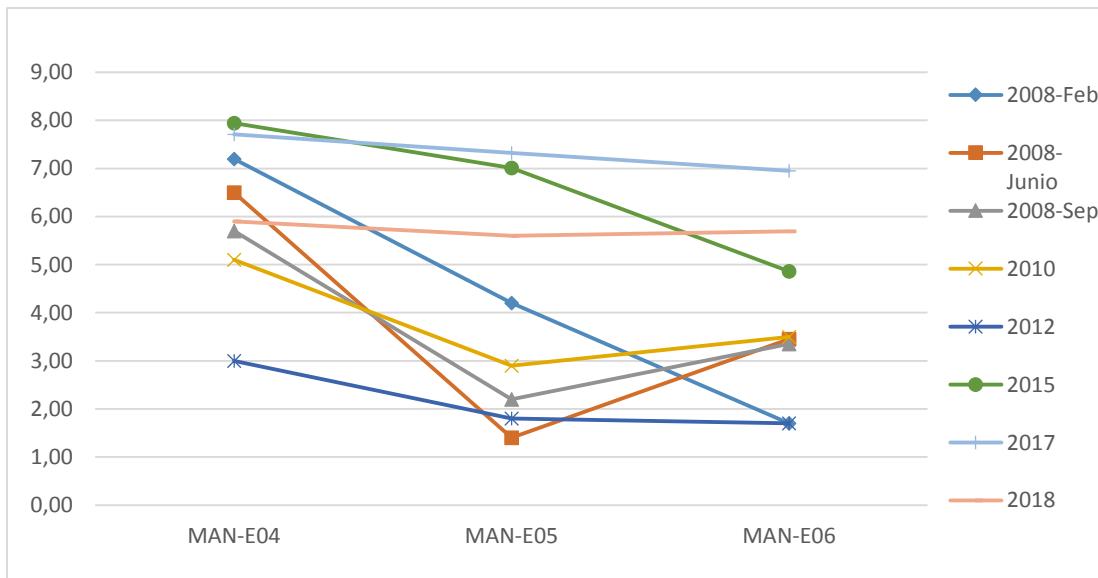
Gráfica 186. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributarios Tramo I Quebrada Manizales

En la gráfica 185 se presenta el comportamiento histórico del oxígeno disuelto en las estaciones que conforman el tramo I de la quebrada Manizales, mostrando los valores más bajos de concentración en la mayoría de estaciones y tributarios para el estudio realizado en el año 2012, ahora, para las estaciones se observa una tendencia a la disminución con respecto a los estudios realizados anteriormente.

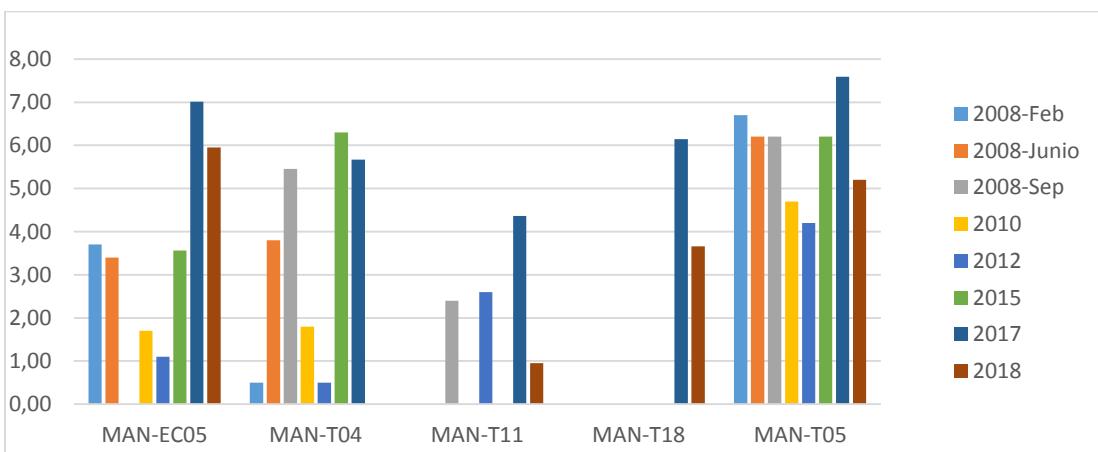
Para el presente estudio se observa en la estación MAN-E01 (Blanco) la concentración de oxígeno disuelto más baja dentro de los estudios realizados y una leve variación dentro de las estaciones que conforman el tramo I.

Tabla 66. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo II Quebrada Manizales

Estación	TRAMO II							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC05	3.70	3.40	0.00	1.70	1.10	3.56	7.01	5.95
MAN-T04	0.50	3.80	5.45	1.80	0.50	6.30	5.67	-
MAN-T11	0.00	0.00	2.40	0.00	2.60	0.00	4.36	0.95
MAN-T18	-	-	-	-	0.00	0.00	6.14	3.66
MAN-E05	4.20	1.40	2.20	2.90	1.80	7.01	7.32	5.60
MAN-T05	6.70	6.20	6.20	4.70	4.20	6.20	7.59	5.20
MAN-E06	1.70	3.45	3.35	3.50	1.70	4.86	6.95	5.69



Gráfica 187. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo II Quebrada Manizales



Gráfica 188. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributarios Tramo II Quebrada Manizales

En la gráfica 187 se muestra el comportamiento del oxígeno disuelto para el tramo II, observando que en la estación MAN-E05 (Antes quebrada Santa Rita), donde ya se ha incorporado la quebrada Cimitarra (MAN-EC05), la quebrada Manizales disminuye considerablemente su concentración de oxígeno disuelto, esto debido al aporte de materia orgánica y a la demanda

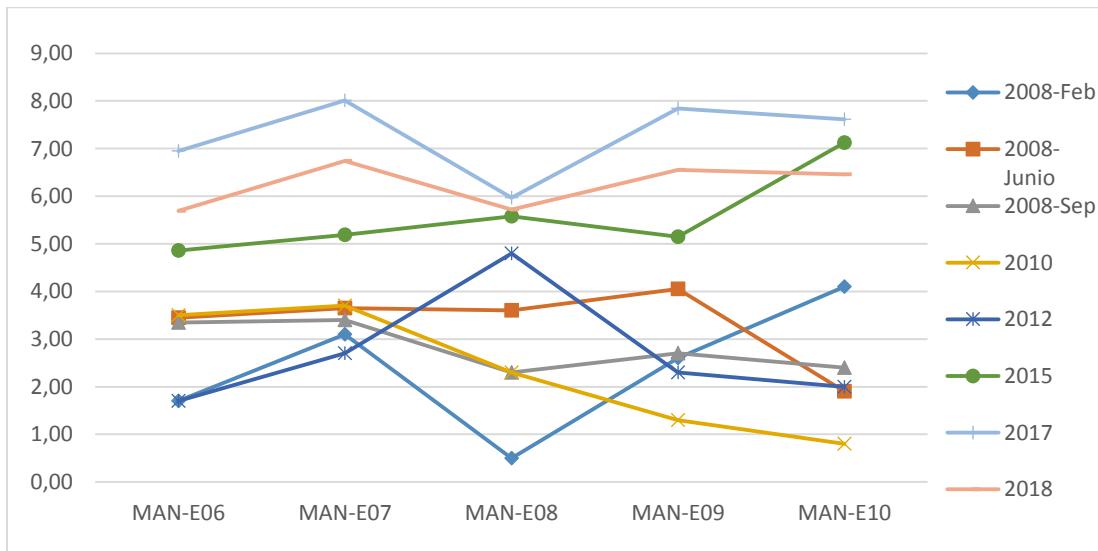
de oxígeno que aporta la quebrada Cimitarra por los vertimientos de las industrias Descafecol y Progel.

Para los vertimientos presentes en el tramo II, se observa que la empresa Súper de Alimentos (Advance) (MAN-T11) presenta en varias ocasiones una concentración mínima de 0 mg O₂/l, haciendo que la concentración del oxígeno disuelto de la quebrada Manizales se vea afectado considerablemente; al igual que el vertimiento de la empresa Surfipieles (MAN-T18) que desde el año 2012 en el cual se cuenta con estudios del vertimiento sobre la quebrada Manizales, presenta el mínimo en concentración de oxígeno con valores de 0 mg O₂/l; pero en el año 2017 estos vertimientos más la quebrada Cimitarra (MAN-EC05) presentan una concentración máxima de oxígeno disuelto, haciendo que la concentración de este parámetro aumente considerablemente sobre las estaciones MAN-E05 (Antes quebrada Santa Rita) y MAN-E06 (Antes quebrada Tesorito).

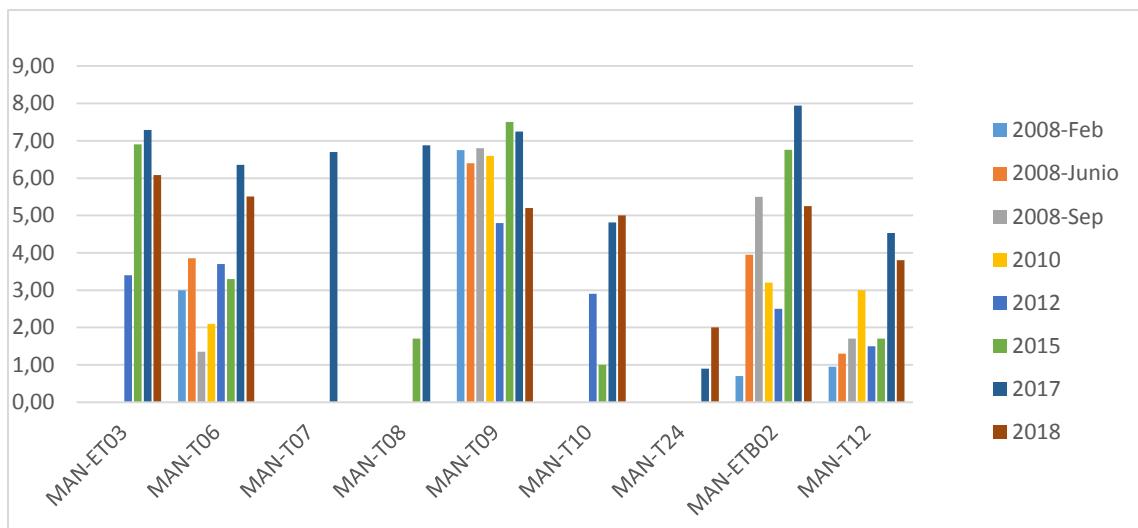
Al analizar el comportamiento del oxígeno disuelto en las estaciones que conforman el tramo II de la quebrada Manizales para el reciente estudio, se observa que la concentración es menor en comparación con el estudio realizado en el año 2017, pero sus valores son superiores a la tendencia obtenida en los años anteriores, como en 2008, 2010 y 2012, estos valores obtenidos muestran que aunque sea menor la concentración en comparación con el valor máximo obtenido en el año 2017, la quebrada Manizales ha mejorado su concentración con respecto a los valores mínimos reportados en los estudios anteriores, manteniéndose con poca variación en valores cercanos a los 6 mg O₂/l.

Tabla 67. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo III Quebrada Manizales

TRAMO III								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET03	-	-	-	-	3.40	6.90	7.29	6.08
MAN-T06	3.00	3.85	1.35	2.10	3.70	3.30	6.36	5.51
MAN-E07	3.10	3.65	3.40	3.70	2.70	5.19	8.01	6.74
MAN-T07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	6.70	-
MAN-T08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	6.88	-
MAN-E08	0.50	3.60	2.30	2.30	4.80	5.58	5.97	5.72
MAN-T09	6.75	6.40	6.80	6.60	4.80	7.50	7.25	5.20
MAN-E09	2.60	4.05	2.70	1.30	2.30	5.15	7.84	6.55
MAN-T10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	1.00	4.81	5.00
MAN-T24	-	-	-	-	-	-	0.90	2.00
MAN-ETB02	0.70	3.95	5.50	3.20	2.50	6.76	7.94	5.25
MAN-T12	0.95	1.30	1.70	3.00	1.50	1.70	4.53	3.80
MAN-E10	4.10	1.90	2.40	0.80	2.00	7.12	7.61	6.46



Gráfica 189. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo III Quebrada Manizales



Gráfica 190. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributarios Tramo III Quebrada Manizales

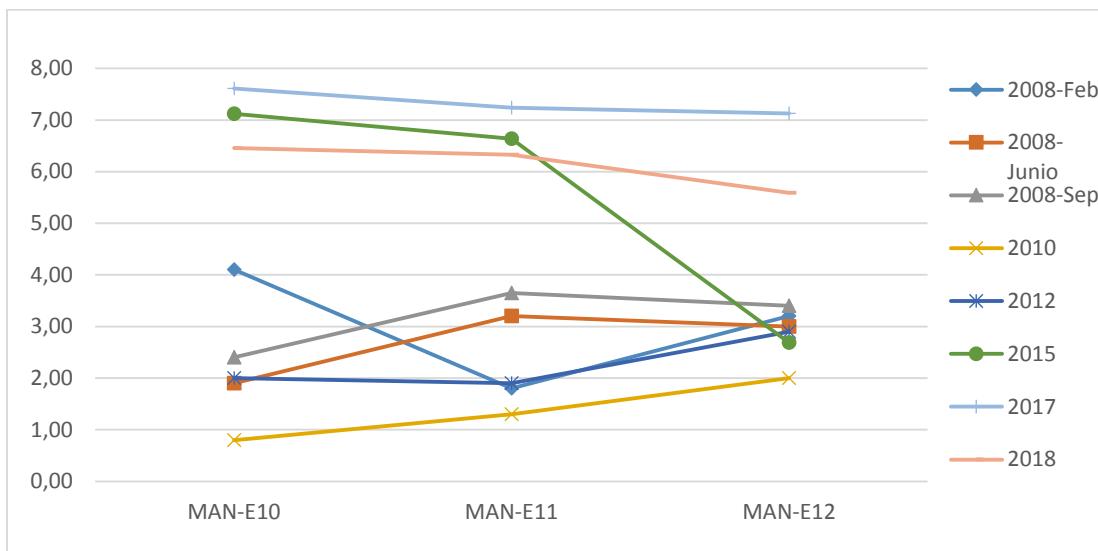
Para el tramo III se observa la tendencia al aumento que lleva la quebrada en los estudios realizados, mostrando en algunas estaciones para el año 2008 y 2010 los valores mínimos de concentración de oxígeno disuelto y para el año 2017 los valores máximos, alcanzando concentraciones de 8 mg O₂/l en la estación MAN-E07 (Antes ILC), por los aportes de tributarios como la quebrada Tesorito (MAN-ET03) y quebrada Universitaria (MAN-T06) que en este año presentan sus valores más altos en este parámetro como se muestra en la gráfica 190.

Para el presente estudio se observa una concentración más baja al compararse con el estudio realizado en el año 2017, pero presenta menor variación en su comportamiento, manteniéndose en concentraciones cercanas a los 6 mg O₂/L.

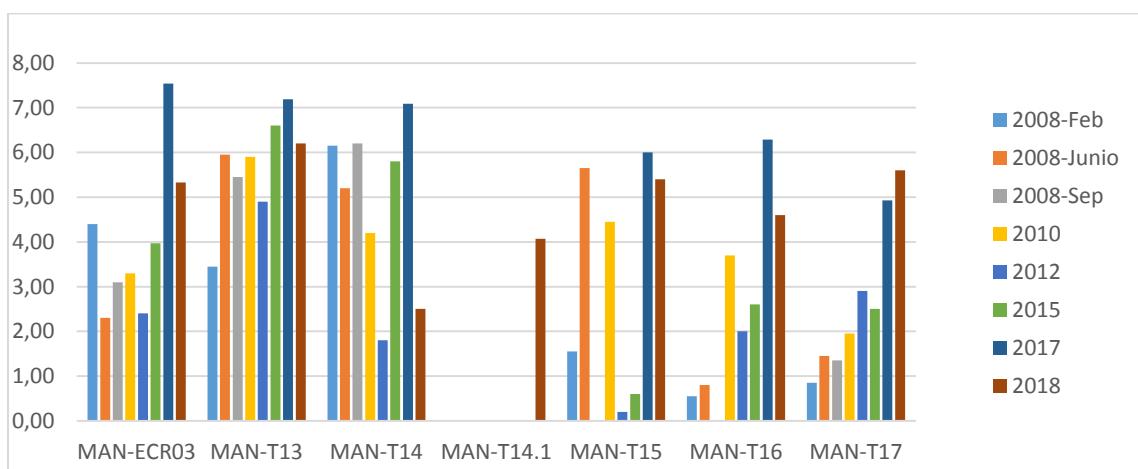
Tabla 68. Datos históricos Oxígeno Disuelto. Tramo IV Quebrada Manizales

Estación	TRAMO IV							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR03	4.40	2.30	3.10	3.30	2.40	3.97	7.54	5.33
MAN-T13	3.45	5.95	5.45	5.90	4.90	6.60	7.19	6.20
MAN-T14	6.15	5.20	6.20	4.20	1.80	5.80	7.09	2.50
MAN-T14.1	-	-	-	-	-	-	-	4.07

MAN-T15	1.55	5.65	0.00	4.45	0.20	0.60	6.00	5.40
MAN-E11	1.80	3.20	3.65	1.30	1.90	6.64	7.24	6.33
MAN-T16	0.55	0.80	0.00	3.70	2.00	2.60	6.29	4.60
MAN-T17	0.85	1.45	1.35	1.95	2.90	2.50	4.93	5.60
MAN-E12	3.20	3.00	3.40	2.00	2.90	2.69	7.13	5.59



Gráfica 191. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo IV Quebrada Manizales



Gráfica 192. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tramo IV Quebrada Manizales

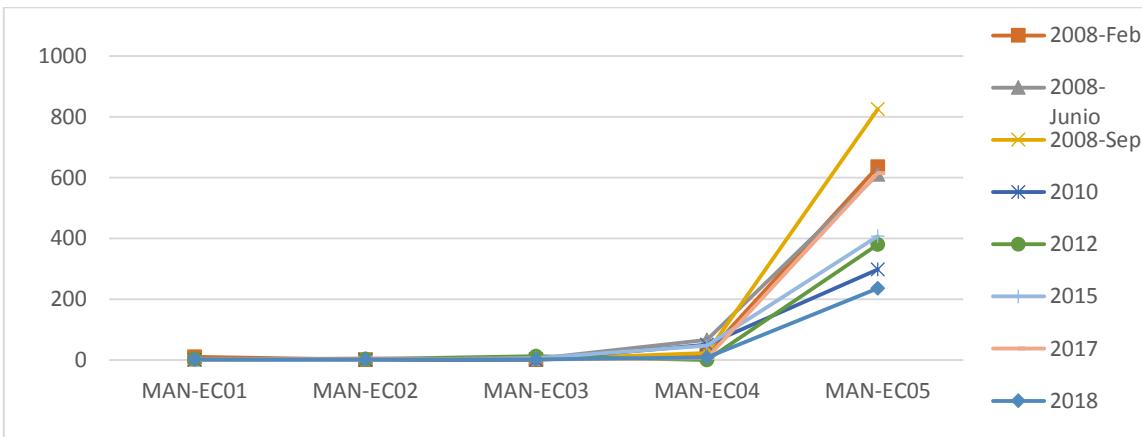
En la gráfica 191 se presenta el comportamiento del oxígeno para el tramo IV de la quebrada Manizales, mostrando un comportamiento similar a los

demás tramos, con poca variabilidad, a pesar de que vertimientos como el de TopTec Lavandería (MAN-T14) presentaron concentraciones de oxígeno cercanas a los valores mínimos reportados en estudios anteriores, y por último se muestra una leve disminución en la estación MAN-E12 (Antes desembocadura río Chinchiná) debido al aporte de los descoles del barrio la Enea (MAN-T16 y MAN-T17), estos vertimientos afectan de manera significativa las características de la quebrada como se muestra en el año 2014, en donde estos vertimientos presentaron valores más bajos de concentración de Oxígeno (2.50 y 2.69 mg/l respectivamente) como se observa en la gráfica 192, haciendo que el oxígeno que muestra la quebrada disminuyera considerablemente, a pesar de que en las demás estaciones su concentración se encontraba en valores más altos.

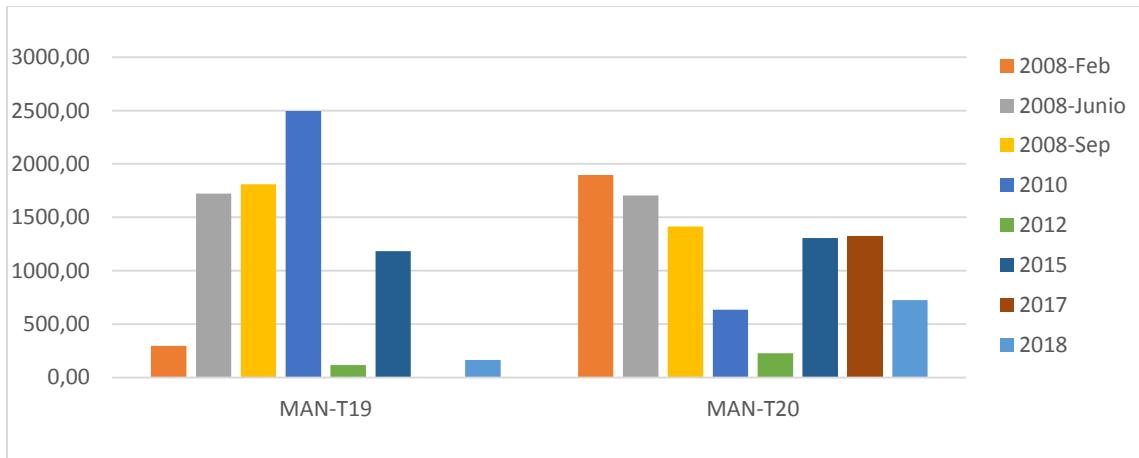
Para el reciente estudio, la tendencia al aumento en la concentración se mantiene con respecto al estudio realizado en el año 2017, mostrando hasta la estación MAN-E12 la poca variabilidad y la buena reaireación que tiene la quebrada a pesar de recibir descoles como los del barrio la Enea. Mostrando que en los últimos años la quebrada ha mejorado sus características a lo largo de todo su recorrido y sobre todo en la parte media y baja, donde se concentran la mayor cantidad de tributarios y vertimientos.

Tabla 69. Datos históricos BDO_5 Quebrada Cimitarra

Quebrada Cimitarra								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC01	11	2.80	1.35	1.67	3.00	1.69	1.98	1.98
MAN-EC02	1.42	4	3.01	1.60	3.00	1.69	5.00	1.98
MAN-EC03	1.35	4.80	2	0.99	13.00	7.00	2.00	2.00
MAN-T19	296.00	1722.00	1810	2495.00	117.00	1183.00	--	164.00
MAN-EC04	20.00	66.26	23.06	50.91	0.00	47.36	6.30	9.00
MAN-T20	1896.00	1704.00	1413.00	633.00	226.00	1307.00	1320.00	725.00
MAN-EC05	636.00	611.00	825.00	298.00	380.00	407.00	615.00	236.00



Gráfica 193. Comportamiento histórico DBO_5 Quebrada Cimitarra



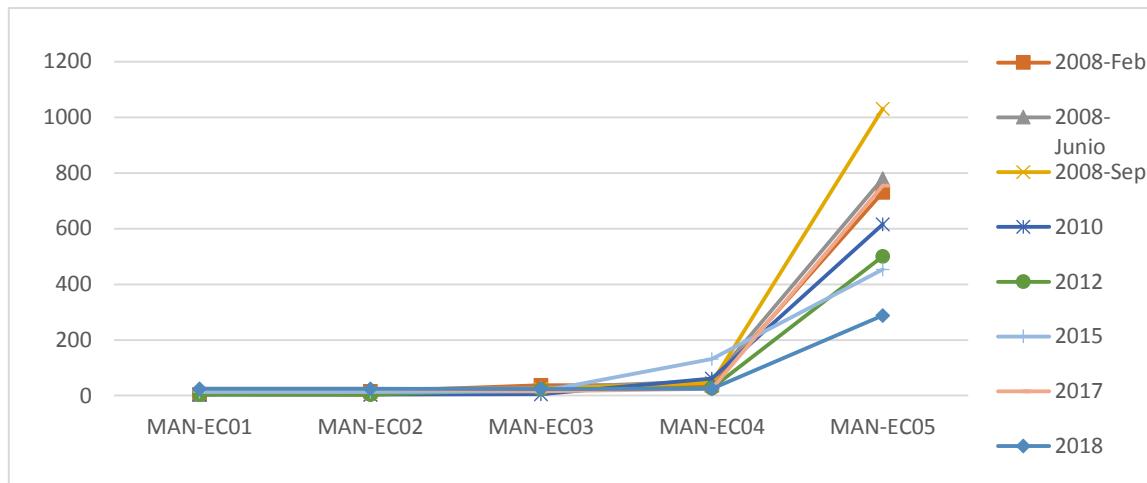
Gráfica 194. Comportamiento histórico DBO_5 tributarios Quebrada Cimitarra

La gráfica 193 muestra el comportamiento histórico de la DBO₅ para la quebrada Cimitarra, observando que antes del vertimiento de la empresa Descafecol (MAN-T19) se mantiene la concentración de DBO₅ en valores inferiores a 13 mg O₂/l, siendo este el máximo reportado en la estación MAN-EC03 (Antes acueducto la Enea), pero después de este vertimiento, esta concentración aumenta y una vez se presenta el vertimiento de la empresa Progel (MAN-T20), la concentración de la DBO₅ aumenta significativamente sobre la quebrada Cimitarra, antes de desembocar a la quebrada Manizales.

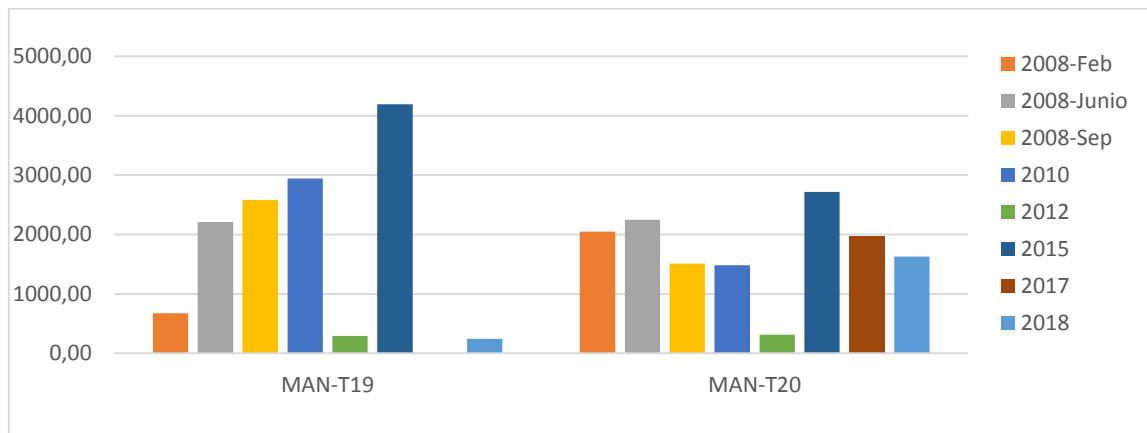
Para los estudios realizados, se observa que en el presente año tanto para el vertimiento de Descafecol como de Progel se presentaron concentraciones de DBO₅ inferiores a las reportadas en otros estudios anteriores, lo cual se ve reflejado sobre la estación MAN-EC05 presentando su valor mínimo en cuanto a concentración de este parámetro en los estudios realizados.

Tabla 70. Datos históricos DQO Quebrada Cimitarra

Quebrada Cimitarra								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC01	3.94	4.03	4.89	3.86	4.00	13.56	25.00	25.00
MAN-EC02	15.41	22.28	3.14	3.54	4.00	13.56	25.00	25.00
MAN-EC03	37.00	28.00	25	4.89	22.00	16.00	15.00	23.00
MAN-T19	675.00	2210.00	2583	2940.00	296.00	4194.00	--	244.00
MAN-EC04	37.00	52.00	46.00	61.62	27.00	131.39	25.00	25.00
MAN-T20	2050.00	2250.00	1510.00	1485.00	317.00	2715.00	1970.00	1630.00
MAN-EC05	730.00	780.00	1030.00	616.00	501.00	454.00	755.00	288.00



Gráfica 195. Comportamiento histórico DQO Quebrada Cimitarra



Gráfica 196. Comportamientos históricos tributarios DQO Quebrada Cimitarra

En la gráfica 195 se muestra el comportamiento histórico de la DQO para la quebrada Cimitarra, observando el máximo de concentración sobre el vertimiento de la empresa Descafecol (MAN-T19) para el año 2015, viéndose reflejado en la estación MAN-EC04 (Antes descole Progel) donde también se observa la máxima concentración para este parámetro.

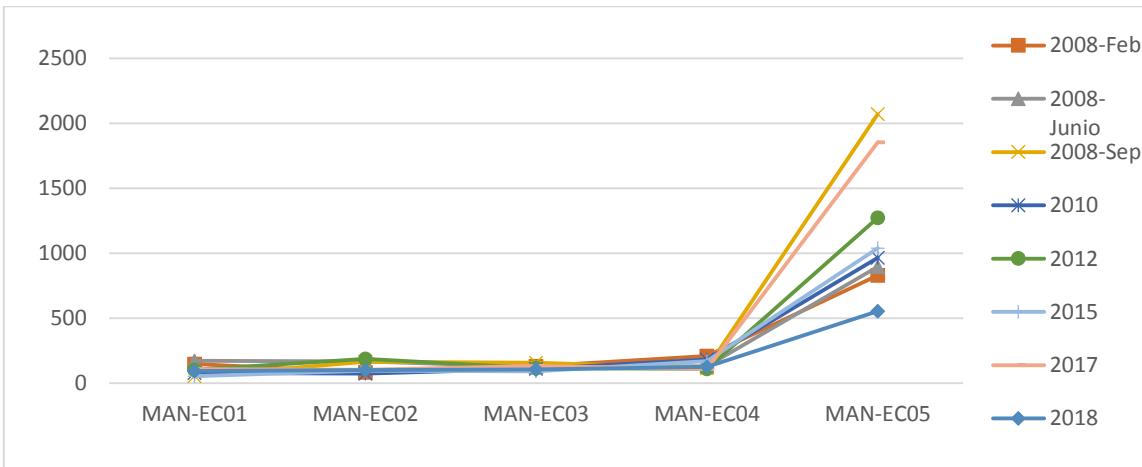
3

Para el presente estudio, se observa una disminución considerable sobre la DQO de la empresa Descafecol, presentando su concentración mínima sobre todos los estudios realizados, al igual que con el descole de la empresa Progel (MAN-T20), que presenta una disminución con respecto a los reportes de los años 2015 y 2017, esta disminución se refleja sobre la concentración

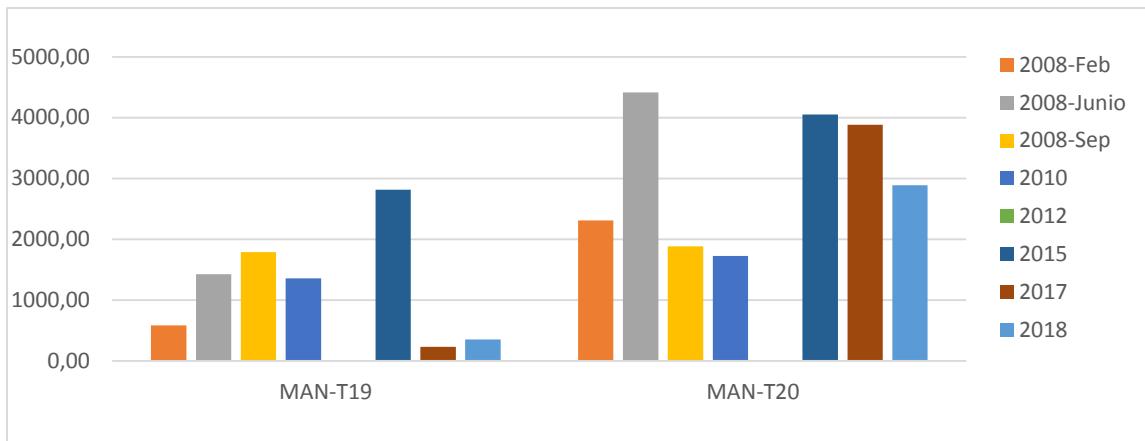
de la DQO sobre la estación MAN-EC05 de la quebrada cristales presentando también su concentración más baja a lo largo de los estudios realizados.

Tabla 71. Datos históricos Sólidos Totales Quebrada Cimitarra

Quebrada Cimitarra								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC01	148	171.00	54.00	78.00	102.00	54.00	108.00	94.00
MAN-EC02	82.00	167	164.00	72.00	186.00	94.40	102.00	100.00
MAN-EC03	129.00	126.00	156	110.00	114.00	91.00	133.00	105.00
MAN-T19	584.00	1423.00	1786	1359.00		2816.00	230.00	350.00
MAN-EC04	208.00	130.00	116.00	181.00	111.00	170.00	108.00	126.00
MAN-T20	2307.00	4413.00	1884.00	1725.00		4049.00	3884.00	2890.00
MAN-EC05	829.00	896.00	2071.00	966.00	1274.00	1040.00	1855.00	554.00



Gráfica 197. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada Cimitarra

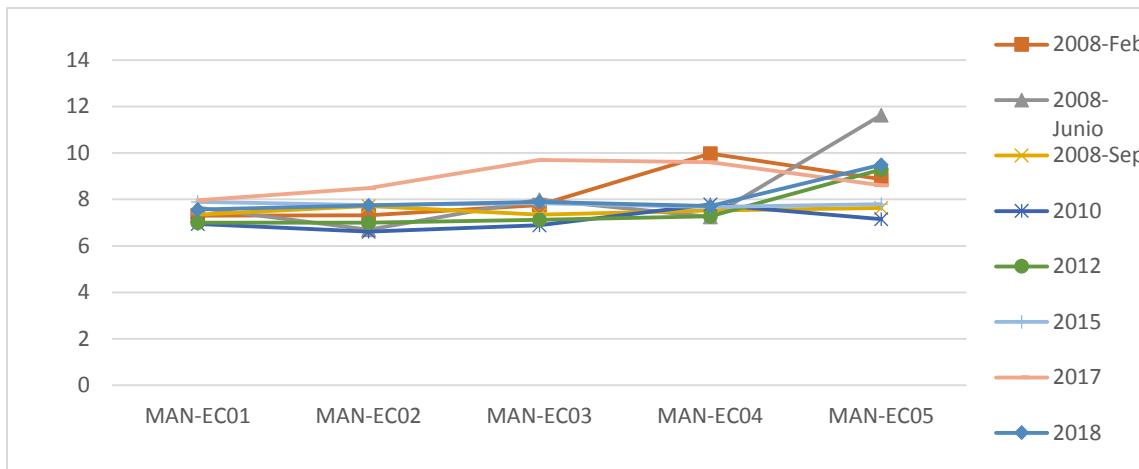


Gráfica 198. Comportamiento histórico Sólidos Totales tributarios Quebrada Cimitarra

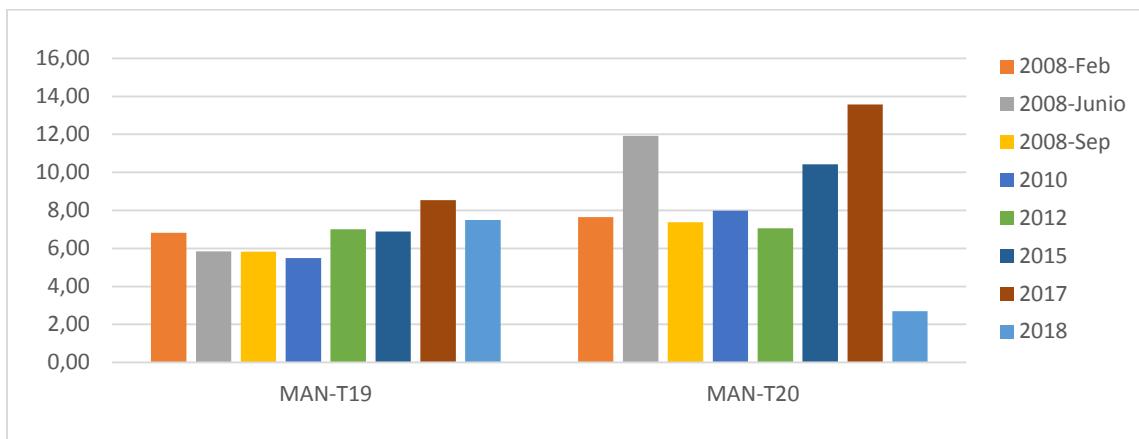
En la gráfica 197 se muestra el comportamiento de los sólidos totales sobre la quebrada Cimitarra, observando que la concentración de este parámetro en los vertimientos de las empresas Descafecol (MAN-T19) y Progel (MAN-T20) presentan una disminución con respecto a los estudios anteriores, aunque el descole de la empresa Descafecol muestra un pequeño aumento con respecto al estudio realizado en el año 2016, su concentración es baja en comparación con los demás estudios anteriores, mientras que para Progel, se observa una tendencia a disminuir con respecto a los valores reportados en los estudios realizados en los años 2015 y 2017, esta disminución de los sólidos se ve reflejado en la estación MAN-EC05 (antes desembocadura quebrada Manizales) en donde se observa el mínimo valor reportado para los sólidos totales dentro de los estudios realizados.

Tabla 72. Datos históricos pH Quebrada Cimitarra

Quebrada Cimitarra								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC01	7.3	7.65	7.35	6.95	7.00	7.90	7.96	7.56
MAN-EC02	7.32	6.7	7.71	6.61	7.00	7.76	8.49	7.74
MAN-EC03	7.76	7.99	7.35	6.89	7.12	7.84	9.70	7.90
MAN-T19	6.82	5.85	5.83	5.50	7.01	6.90	8.54	7.49
MAN-EC04	9.97	7.25	7.52	7.79	7.28	7.67	9.61	7.71
MAN-T20	7.64	11.92	7.37	7.98	7.05	10.42	13.58	2.69
MAN-EC05	8.87	11.63	7.63	7.15	9.29	7.80	8.61	9.49



Gráfica 199. Comportamiento histórico pH Quebrada Cimitarra

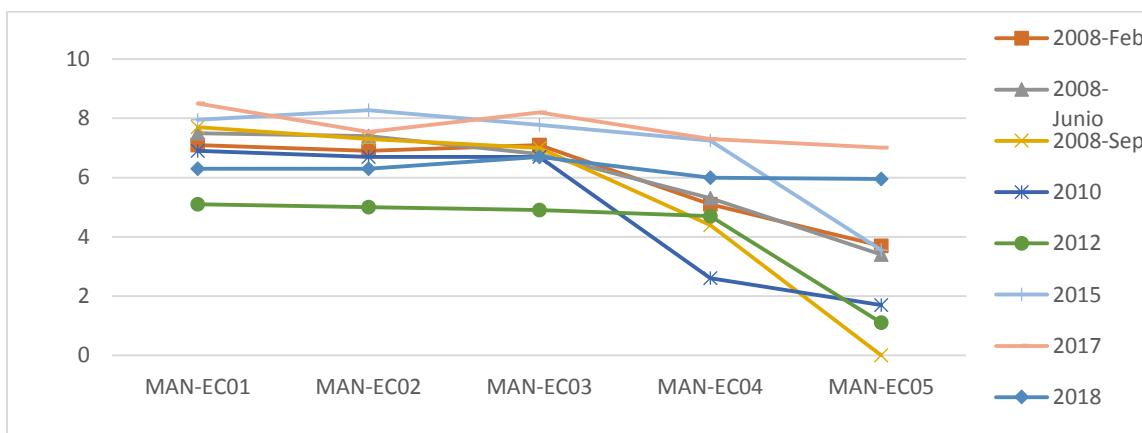


Gráfica 200. Comportamiento histórico pH tributarios Quebrada Cimitarra

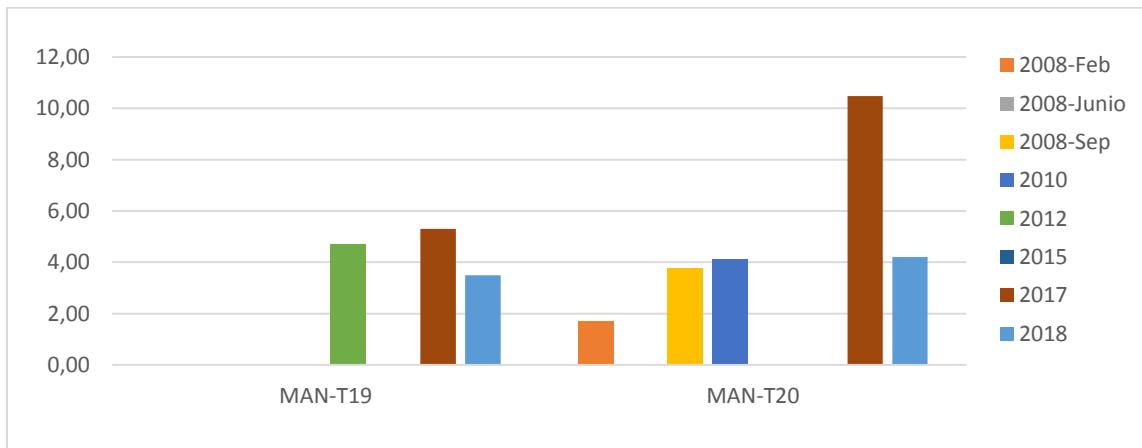
En la gráfica se presenta el comportamiento del pH sobre la quebrada Cimitarra, mostrando que los valores máximos para este parámetro se presentaron en el año 2016 para la mayoría de estaciones y para ambos vertimientos. Para el caso del vertimiento de la empresa Progel (MAN-T20) se observa que el pH presenta gran variabilidad, ya que su valor máximo se encuentra en 13.58 unidades de pH reportado en el año 2016 y para el presente estudio se reportó un valor de 2.69 unidades de pH, aunque esa gran variabilidad no presenta gran repercusión sobre la quebrada Cimitarra ya que para la estación MAN-EC05 se observa un pH con poca variación en los estudios realizados a lo largo del tiempo.

Tabla 73. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada Cimitarra

Quebrada Cimitarra								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-EC01	7.1	7.50	7.70	6.90	5.10	7.95	8.50	6.30
MAN-EC02	6.90	7.4	7.30	6.70	5.00	8.27	7.54	6.30
MAN-EC03	7.10	6.80	7	6.70	4.90	7.78	8.20	6.70
MAN-T19	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	0.00	5.30	3.50
MAN-EC04	5.10	5.30	4.40	2.60	4.70	7.25	7.30	6.00
MAN-T20	1.70	0.00	3.75	4.10	0.00	0.00	10.48	4.20
MAN-EC05	3.70	3.40	0.00	1.70	1.10	3.56	7.01	5.95



Gráfica 201. Comportamiento histórico oxígeno disuelto Quebrada Cimitarra

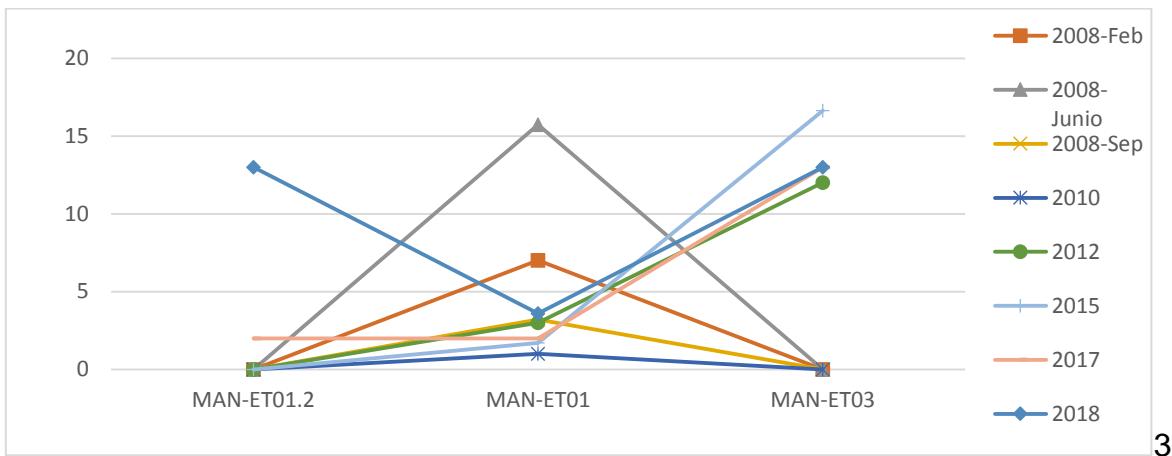


Gráfica 202. Comportamiento histórico oxígeno disuelto tributarios Quebrada Cimitarra

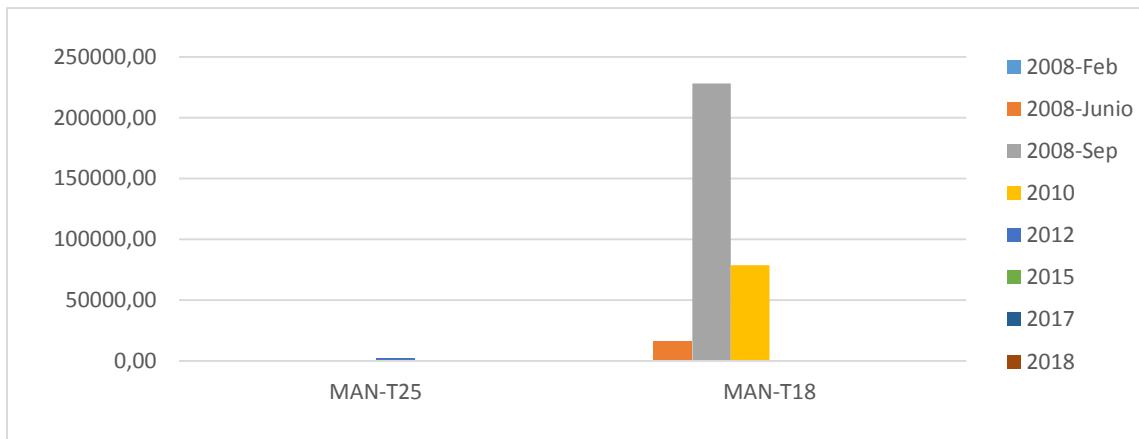
En la gráfica 201 se muestra el comportamiento del oxígeno disuelto sobre la quebrada Cimitarra y sus tributarios, observando que en algunos estudios, para los vertimientos de las empresas Descafecol (MAN-T19) y Progel (MAN-T20) se presentaron concentraciones de oxígeno iguales a 0 mg O₂/l, viéndose seriamente afectada la quebrada Cimitarra ya que en el estudio realizado en el año 2008 en el mes de septiembre, se reportó una concentración de 0 mg O₂/l sobre la estación MAN-EC05, posteriormente se presenta para el año 2017 un aumento considerable tanto para los vertimientos como para las estaciones sobre la quebrada, mostrando los valores máximos en cuanto a concentración del oxígeno disuelto permitiendo que la quebrada Cimitarra antes de la desembocadura a la quebrada Manizales presente una concentración cercana a los 6 mg O₂/l.

Tabla 74. Datos históricos DBO₅ Quebrada Tesorito

Quebrada Tesorito								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET01.2	-	-	-	-	-	-	1.98	13.00
MAN-ET01	7	15.74	3.21	0.99	3.00	1.69	1.98	3.60
MAN-T25	-	-	301.64	75.00	2256.00	582.00	20.00	427.00
MAN-T18	-	16020	228000	78750	-	-	-	-
MAN-ET03	-	-	-	-	12.00	16.65	13.00	13.00



Gráfica 203. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada Tesorito

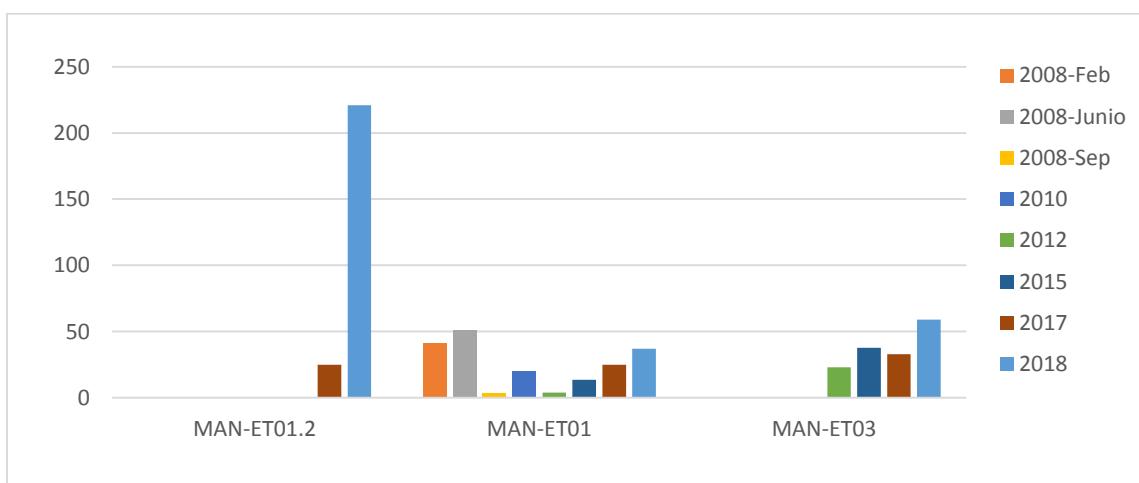


Gráfica 204. Comportamiento histórico DBO₅ tributarios Quebrada Tesorito

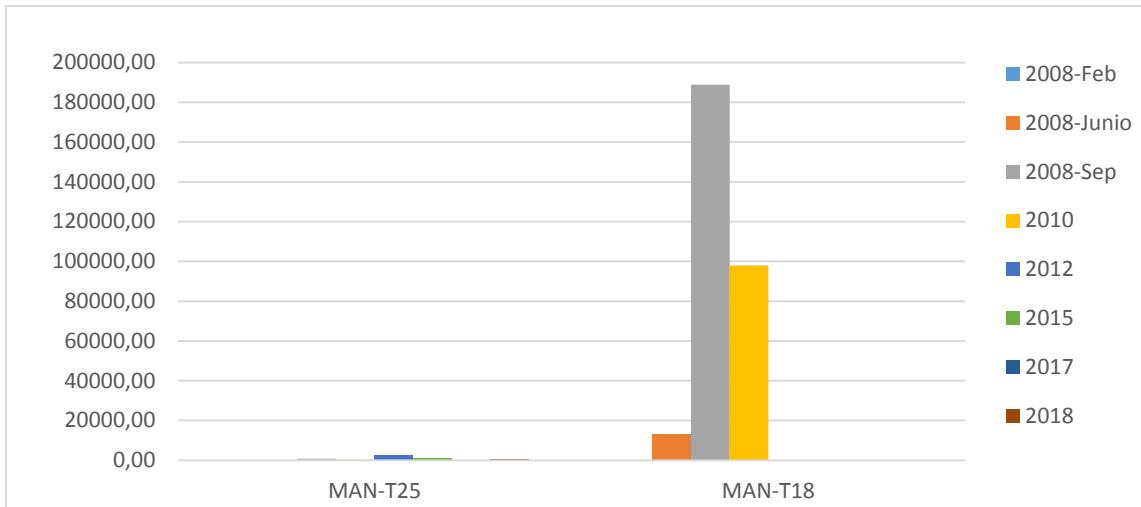
En la gráfica 203 se presenta el comportamiento de la DBO₅ sobre la quebrada Tesorito y sus tributarios, mostrando sobre todo su recorrido que no presenta valores elevados de este parámetro, con un valor máximo de 16.65 mg O₂/L. Valor reportado para la estación MAN-ET03 en el año 2015, para el vertimiento del Parque Industrial Juanchito (MAN-T25) se observa un máximo en la DBO₅ para el año 2012 y a pesar de que su concentración es alta la mayoría de estudios realizados, por su bajo caudal no presenta mayor afectación sobre la quebrada, para el caso del vertimiento de la empresa Surtipieles, se observa el valor máximo de concentración en la DBO₅ para el estudio realizado en el año 2008 como se observa en la gráfica 204, para este vertimiento se cuenta con estudios hasta el año 2010 ya fue modificado y a partir del año 2012 se encuentra sobre la quebrada Manizales.

Tabla 75. Datos históricos DQO Quebrada Tesorito

Quebrada Tesorito								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET01.2	-	-	-	-	-	-	25.00	221.00
MAN-ET01	41.41	50.96	3.80	19.79	4.00	13.56	25.00	37.00
MAN-T25	-	-	715.76	218.00	2748.00	924.00	181.00	694.00
MAN-T18	-	13292	188800	97950	-	-	-	-
MAN-ET03	-	-	-	-	23.00	37.71	33.00	59.00



Gráfica 205. Comportamiento histórico DQO Quebrada Tesorito

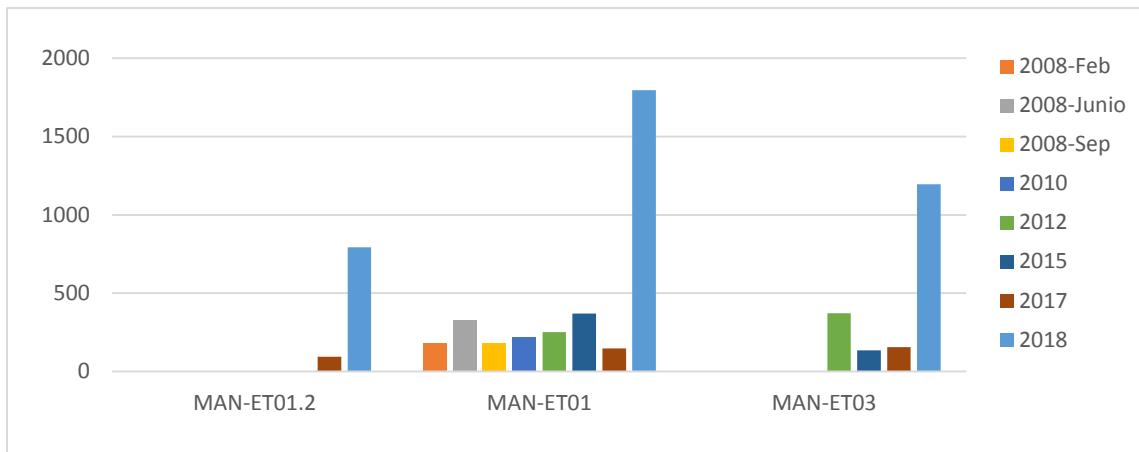


Gráfica 206. Comportamiento histórico DQO tributarios Quebrada Tesorito

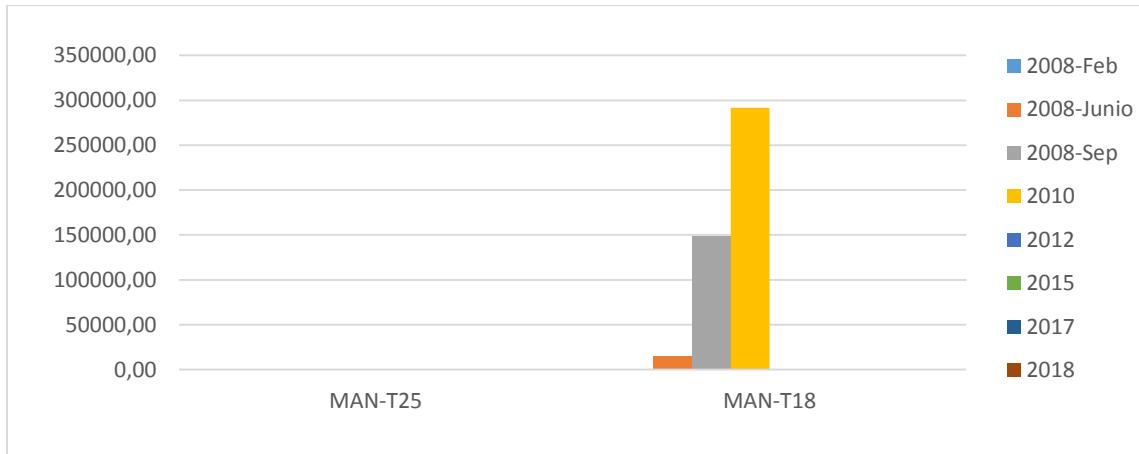
En la gráfica 205 se presenta el comportamiento de la DQO sobre la quebrada Tesorito, mostrando un comportamiento similar al de la DBO₅, para el vertimiento del Parque Industrial Juanchito (MAN-T25) se observa un máximo en la DQO para el año 2012 y para el vertimiento de la empresa Surtipieles (MAN-T18) el máximo en el año 2008; para el presente estudio se observa en la estación MAN-ET01.2 (Blanco propuesto) un valor máximo sobre los estudios realizados en esta estación, al igual que en la estación MAN-ET03 (Antes desembocadura quebrada Manizales), esto se puede atribuir a que parte de los sólidos que arrastra la quebrada puedan ser material orgánico degradable de manera química.

Tabla 76. Datos históricos Sólidos totales Quebrada Tesorito

Quebrada Tesorito								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET01.2	-	-	-	-	-	-	94.00	793.00
MAN-ET01	185	330	183.00	219.00	252.00	370.00	147.00	1797.00
MAN-T25	-	-	-	471.00	-	568.00	210.00	976.00
MAN-T18	-	14631	148505	291838	-	-	-	-
MAN-ET03	-	-	-	-	373.00	135.00	156.00	1195.00



Gráfica 207. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada Tesorito



Gráfica 208. Comportamiento histórico Sólidos Totales tributarios Quebrada Tesorito

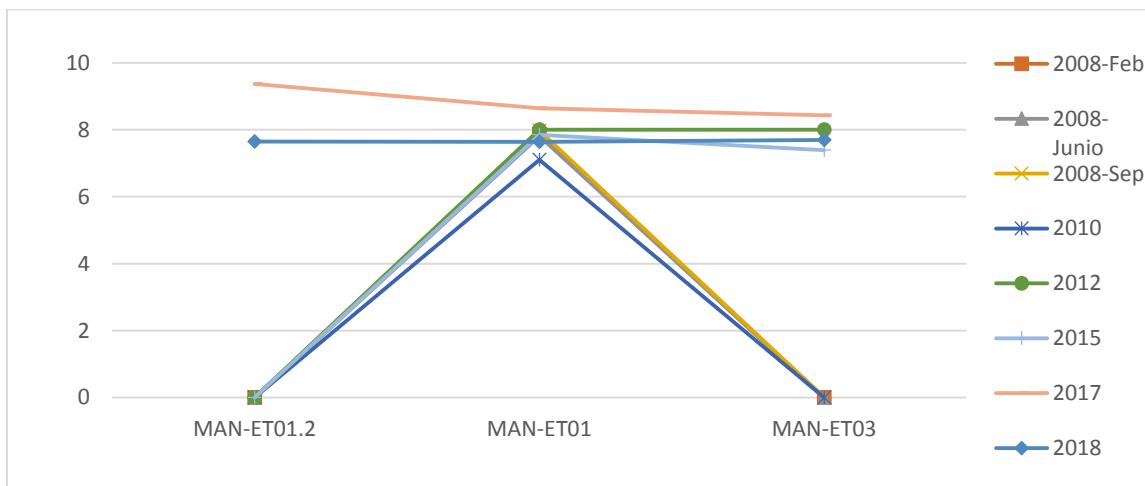
En la gráfica 207 se reporta el comportamiento de los sólidos totales sobre la quebrada Tesorito, mostrando que en el presente estudio se observan los valores máximos de sólidos, tanto sobre la quebrada como en el vertimiento del Parque Industrial Juanchito (MAN-T25), estos valores, como se mencionó anteriormente, se atribuyen a las obras que se adelantan sobre la vía en el sector de Sabinas, teniendo repercusiones directas sobre la quebrada Tesorito, debido al arrastre de material liberado en las obras.

Para el caso del vertimiento de la empresa Surtipielles (MAN-T18) se observa que para el año 2010 tuvo su valor máximo de concentración de sólidos, ya

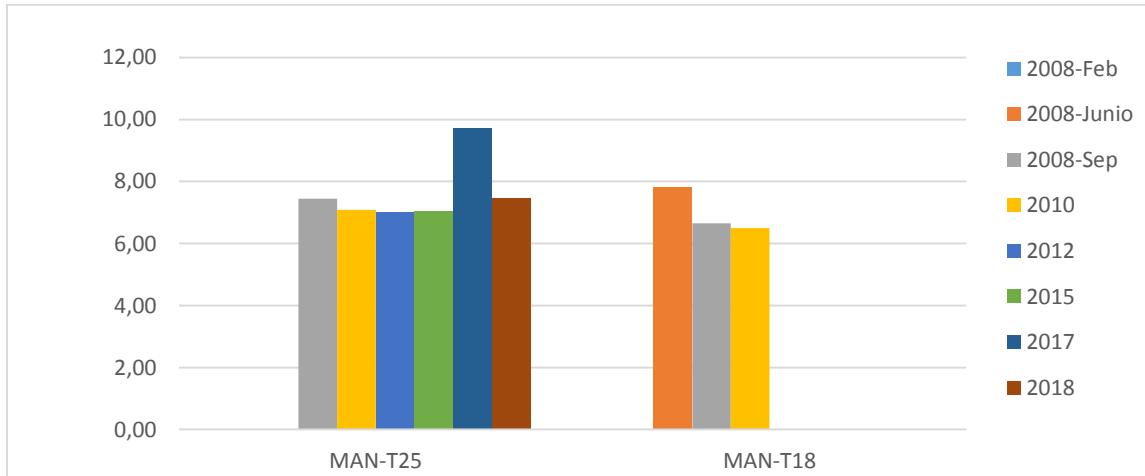
que para el estudio del año 2012 su ubicación fue modificada y se realiza el vertimiento sobre la quebrada Manizales.

Tabla 77. Datos históricos pH Quebrada Tesorito

Quebrada Tesorito								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET01.2	-	-	-	-	-	-	9.37	7.65
MAN-ET01	7.86	7.81	7.97	7.10	8.00	7.85	8.64	7.64
MAN-T25	-	-	7.45	7.09	7.00	7.05	9.71	7.48
MAN-T18	-	7.81	6.65	6.50	-	-	-	-
MAN-ET03	-	-	-	-	8.00	7.39	8.43	7.70



Gráfica 209. Comportamiento histórico pH Quebrada Tesorito



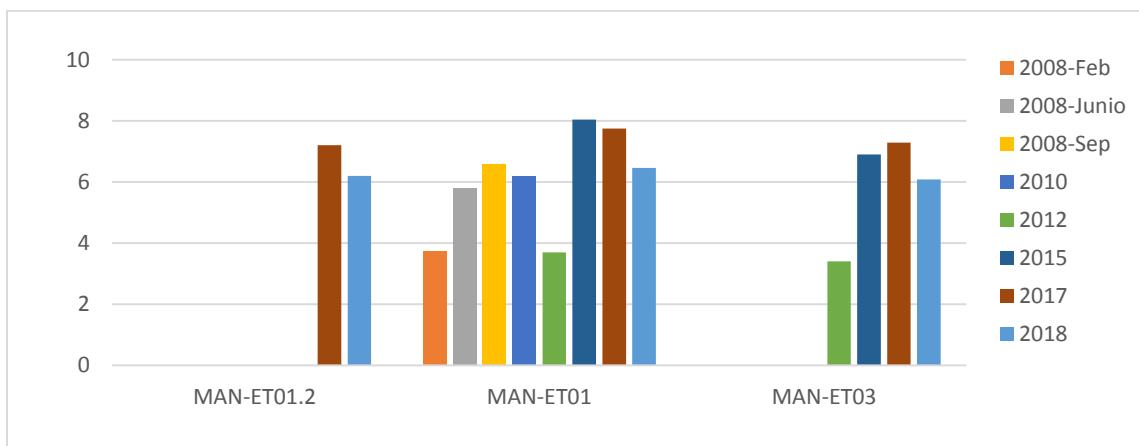
Gráfica 210. Comportamiento histórico pH tributarios Quebrada Tesorito

En la gráfica 209 se presenta el comportamiento del pH sobre la quebrada Tesorito, mostrando los valores máximos para el estudio realizado en el año 2017, aunque presenta poca variabilidad sobre las estaciones; en cuanto al vertimiento del Parque Industrial Juanchito se observa que su variabilidad es poca, se presenta también un pico máximo en el estudio realizado en el año 2017.

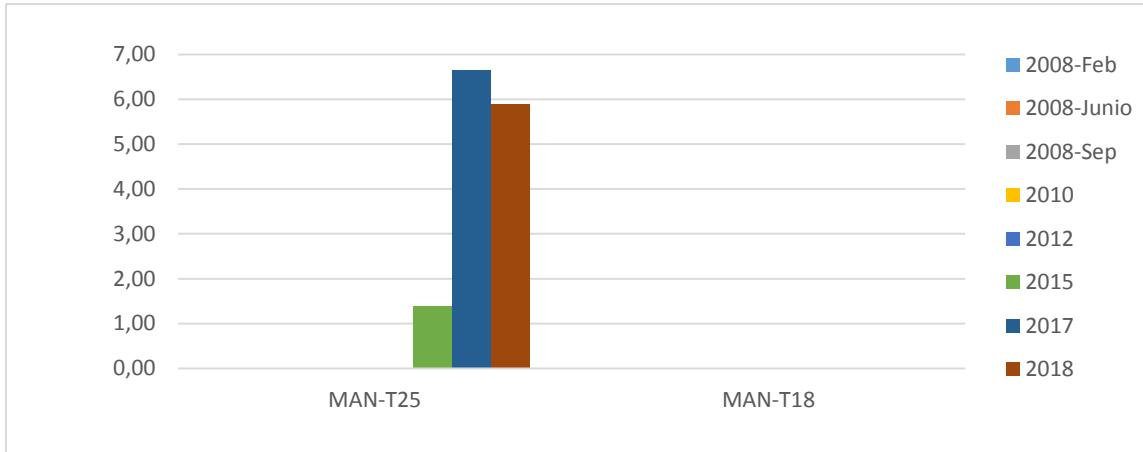
Para el estudio actual se mantiene su comportamiento con poca variación en el pH, manteniéndose en valores cercanos a las 7.50 unidades de pH.

Tabla 78. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada Tesorito

Quebrada Tesorito								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ET01.2	-	-	-	-	-	-	7.21	6.20
MAN-ET01	3.75	5.8	6.60	6.20	3.70	8.04	7.75	6.46
MAN-T25	-	-	0.00	0.00	0.00	1.40	6.64	5.90
MAN-T18	-	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
MAN-ET03	-	-	-	-	3.40	6.90	7.29	6.08



Gráfica 211. Comportamiento histórico oxígeno disuelto Quebrada Tesorito



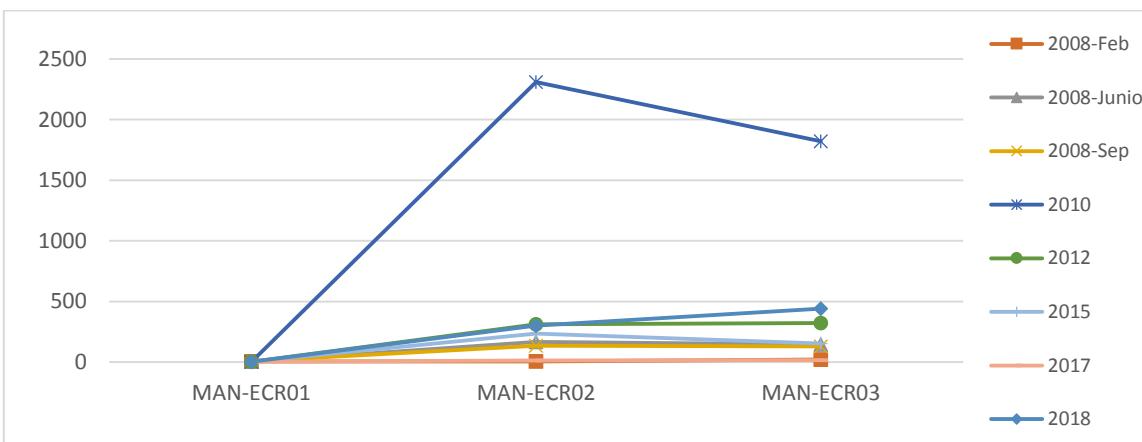
Gráfica 212. Comportamiento histórico oxígeno disuelto tributarios Quebrada Tesorito

En la gráfica 211 se presenta el comportamiento del oxígeno disuelto sobre la quebrada Tesorito, mostrando los valores mínimos sobre las estaciones de la quebrada se presentaron en el año 2012, año en el que también el vertimiento del Parque Industrial Juanchito (MAN-T25) tuvo un oxígeno disuelto con valor de 0 mg O₂/l, al igual que el vertimiento de la empresa Surtipieles, durante todos los años de los cuales se tienen estudios, en los que realizó vertimiento sobre la quebrada Tesorito.

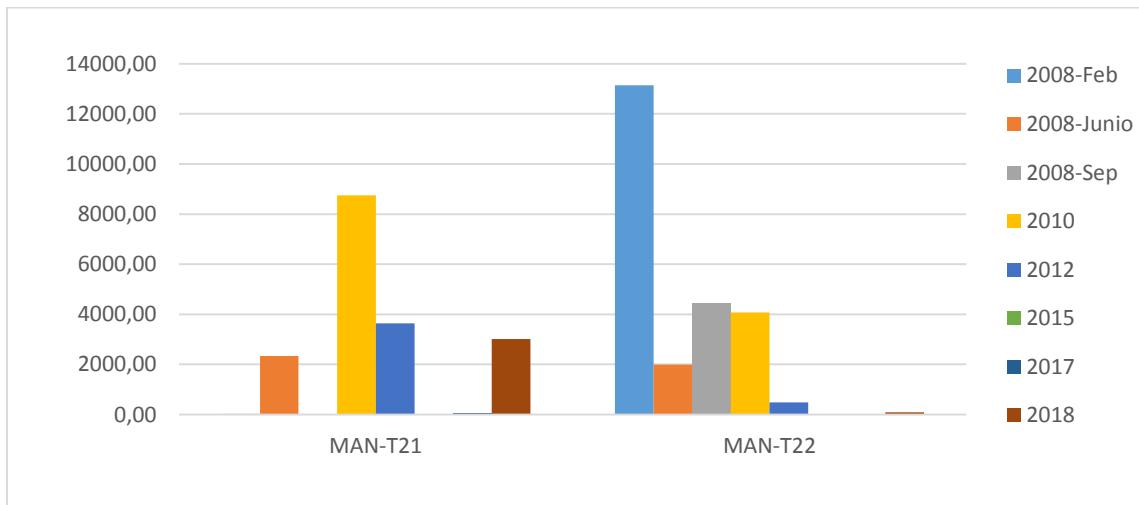
A partir del año 2015 se observó un aumento de este parámetro sobre las estaciones de la quebrada, obteniendo la máxima concentración en la estación MAN-ET01 (Blanco) en este año. Para el presente estudio se observó que la concentración de oxígeno tuvo una baja variabilidad a lo largo de las estaciones sobre la quebrada, al igual que el vertimiento del Parque Industrial, con valores cercanos a los 6 mg O₂/l.

Tabla 79. Datos históricos DBO₅ Quebrada Cristales

Estación	Quebrada Cristales							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR01	6.23	6.11	8.00	2.95	3.00	5.23	1.98	1.98
MAN-T21	30.00	2340	-	8745.00	3640.00	-	82.00	3011.00
MAN-T22	13140.00	1995.00	4440	4080.00	482.00	24.00	-	87.00
MAN-ECR02	6.00	166	135.00	2310.00	312.00	235.00	14.00	300.00
MAN-ECR03	22.00	145.00	128	1821.00	322.00	153.00	15.00	440.00



Gráfica 213. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada Cristales



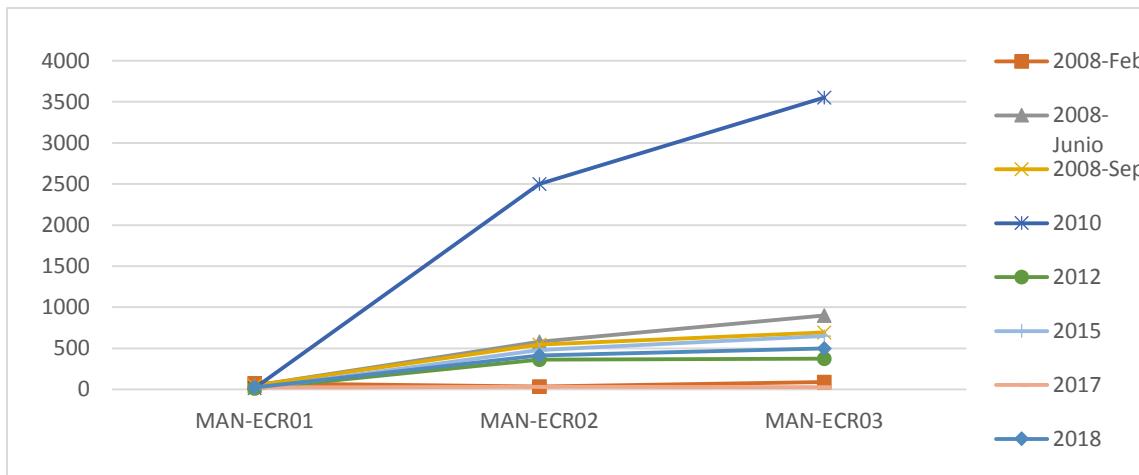
Gráfica 214. Comportamiento histórico DBO₅ tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica 213 se presenta el comportamiento de la DBO₅ sobre la quebrada Cristales, observando que debido a los vertimientos de la empresa Súper de alimentos y principalmente al no doméstico (MAN-T21) se presentan aumentos considerables en la concentración de materia orgánica sobre la quebrada Cristales, como se muestra en el estudio realizado en el año 2010, donde se tiene el valor máximo en el vertimiento MAN-T21 con 8745 mg O₂/L y para este mismo año se presentan sobre las estaciones siguientes los valores máximos en concentración de DBO₅ en la quebrada Cristales.

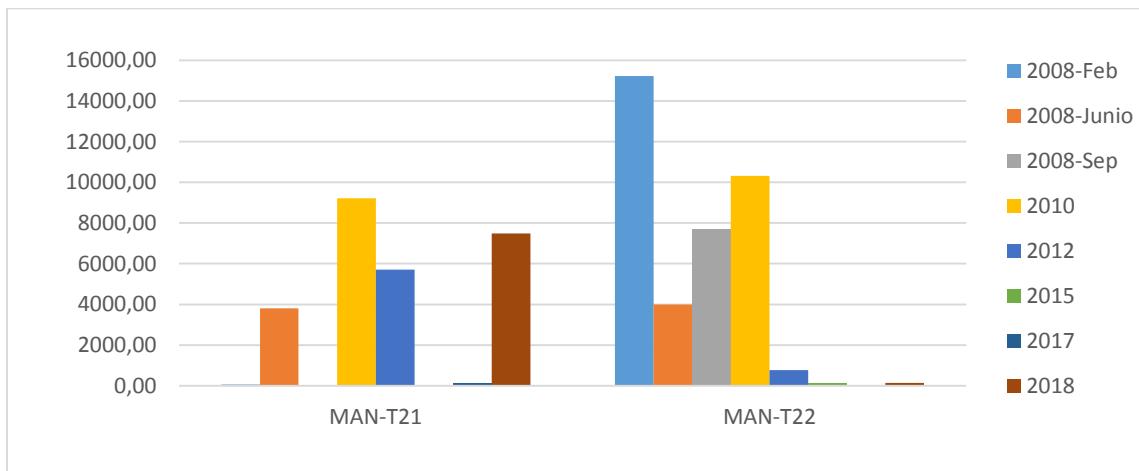
Para el presente estudio se observa un aumento en la concentración de la DBO₅ sobre la quebrada, comparados con el estudio realizado en el año 2017, esto se debe a que en el estudio realizado en este año, los valores de DBO₅ para los vertimientos de la empresa Súper de Alimentos (MAN-T21 y MAN-T22) fueron los mínimos reportados en todos los estudios realizados, permitiendo entonces que la concentración de la DBO₅ sobre la quebrada sea la mínima reportada en todos los estudios, tanto para la estación MAN-ECR02 (Antes descole ARD) como para MAN-ECR03 (Antes quebrada Manizales).

Tabla 80. Datos históricos DQO Quebrada Cristales

Quebrada Cristales								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR01	76.60	48.02	48.71	18.37	11.00	13.56	25.00	25.00
MAN-T21	63.58	3800.00		9220.00	5711.00		106.00	7483.00
MAN-T22	15228.00	4000.00	7700.00	10320.00	768.00	124.00		131.00
MAN-ECR02	36.00	580.00	545.00	2500.00	365.00	480.00	31.00	414.00
MAN-ECR03	91.00	900.00	695.00	3550.00	374.00	651.00	29.00	500.00



Gráfica 215. Comportamiento histórico DQO Quebrada Cristales



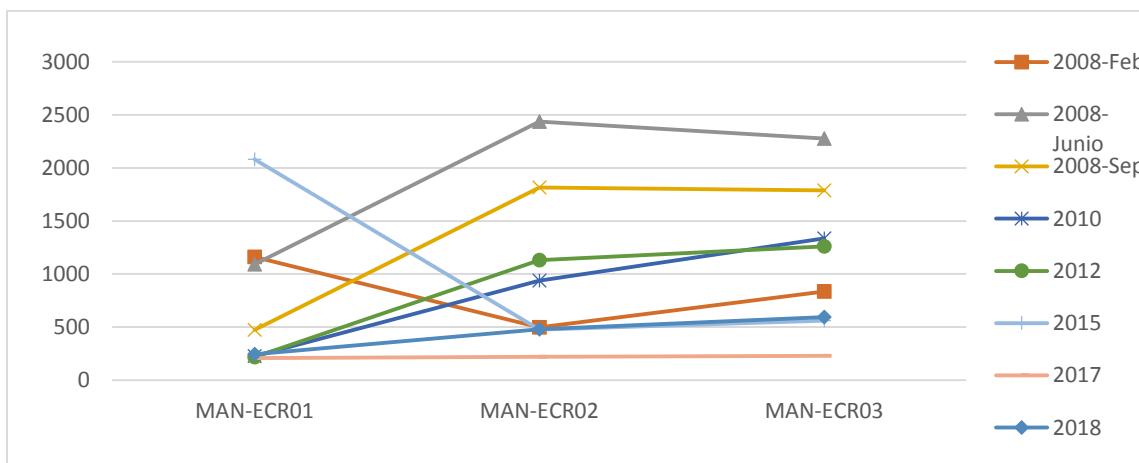
Gráfica 216. Comportamiento histórico DQO tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica 215 se presenta el comportamiento de la DQO sobre la quebrada Tesorito, mostrando un comportamiento similar al de la DBO₅, con los valores máximos sobre las estaciones MAN-ECR02 (Antes descole ARD) como para MAN-ECR03 (Antes quebrada Manizales) en el estudio realizado para el año 2010, comportamiento atribuido al aporte del vertimiento MAN-T21 de la empresa Súper de Alimentos, el cual también tiene su máxima concentración en el año 2010.

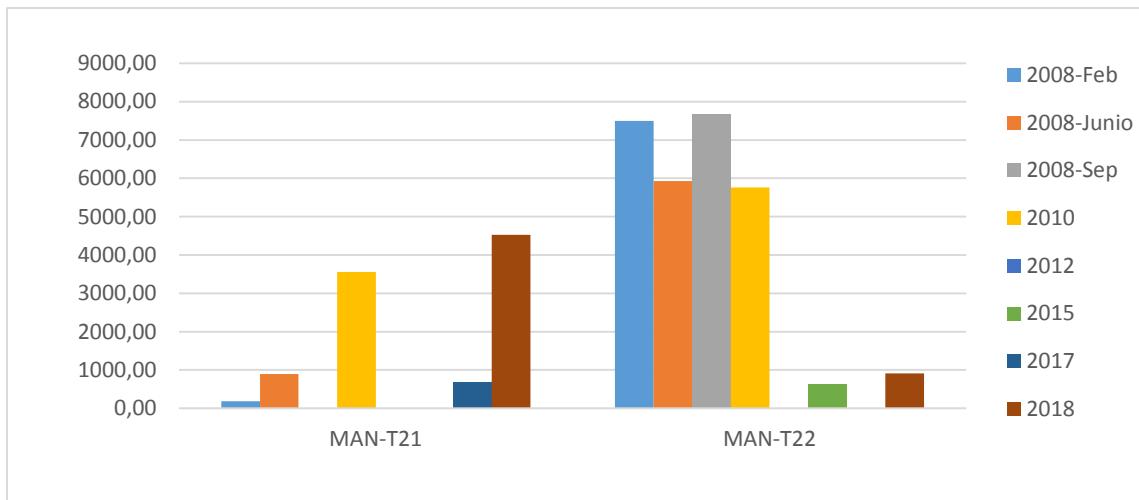
Para el presente estudio se observa un aumento en comparación con el estudio realizado en el año 2017, debido a que en este año se presentaron los valores mínimos de concentración para la DQO, haciendo que la quebrada Cristales presente también los valores más bajos de concentración para este parámetro.

Tabla 81. Datos históricos Sólidos Totales Quebrada Cristales

Quebrada Cristales								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR01	1162.00	1092.00	473.00	226.00	218.00	2081.00	207.00	243.00
MAN-T21	184.00	896.00		3557.00			677.00	4523.00
MAN-T22	7494.00	5930.00	7667.00	5765.00		639.00		915.00
MAN-ECR02	497.00	2438.00	1814.00	938.00	1132.00	477.00	221.00	479.00
MAN-ECR03	836.00	2276.00	1789.00	1335.00	1261.00	560.00	228.00	595.00



Gráfica 217. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada Cristales



Gráfica 218. Comportamiento histórico Sólidos Totales tributarios Quebrada Cristales

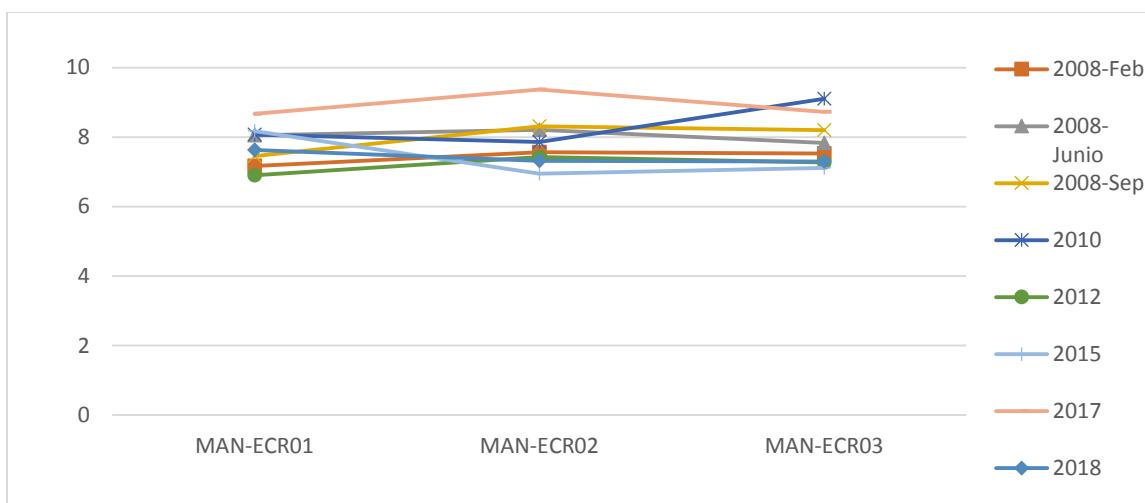
En la gráfica 217 se presenta el comportamiento de los sólidos totales sobre la quebrada Tesorito, mostrando que presentan una concentración alta desde la estación MAN-ECR01, teniendo máximo para esta estación en el año 2015, esto se puede atribuir al arrastre de sólidos que tiene la quebrada, cuando se presentan temporadas de lluvias.

Para los vertimientos, se observa que históricamente tiene mayor concentración de sólidos el vertimiento doméstico de la empresa Súper de Alimentos (MAN-T22), teniendo las máximas concentraciones en los estudios realizados en los años 2008 y 2010, en los cuales se observa también la máxima concentración de sólidos totales sobre la quebrada Cimitarra en las siguientes estaciones.

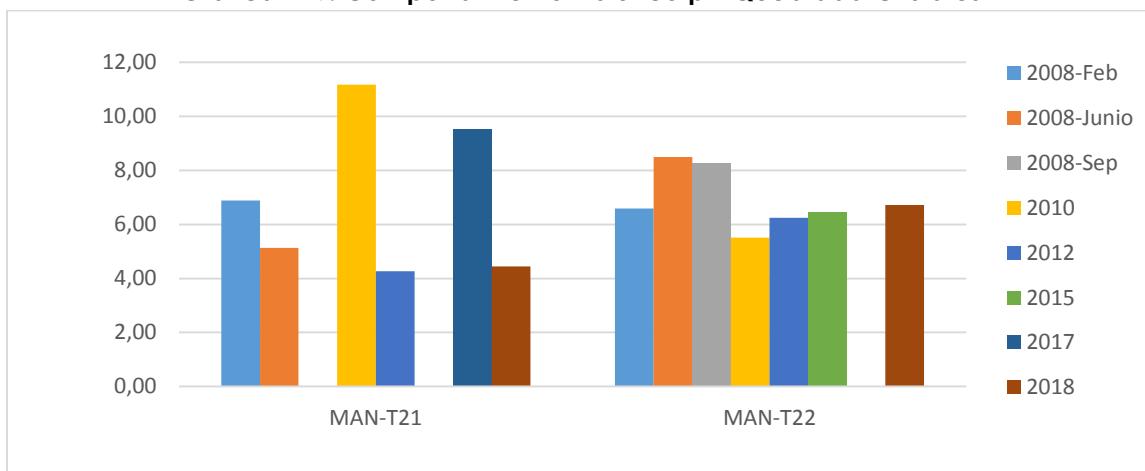
Para el presente estudio se observa que el vertimiento industrial (MAN-T21) presenta la máxima concentración de sólidos de todos los estudios realizados, aunque esto no presenta una alteración considerable sobre la quebrada Cristales ya que los sólidos no muestran una gran variación entre las estaciones debido a este vertimiento.

Tabla 82. Datos históricos pH Quebrada Cristales

Quebrada Cristales								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR01	7.17	8.05	7.45	8.07	6.90	8.17	8.67	7.63
MAN-T21	6.88	5.13		11.17	4.27		9.53	4.44
MAN-T22	6.59	8.50	8.26	5.51	6.24	6.46		6.72
MAN-ECR02	7.56	8.21	8.31	7.86	7.43	6.95	9.37	7.32
MAN-ECR03	7.53	7.83	8.2	9.10	7.27	7.11	8.72	7.30



Gráfica 219. Comportamiento histórico pH Quebrada Cristales

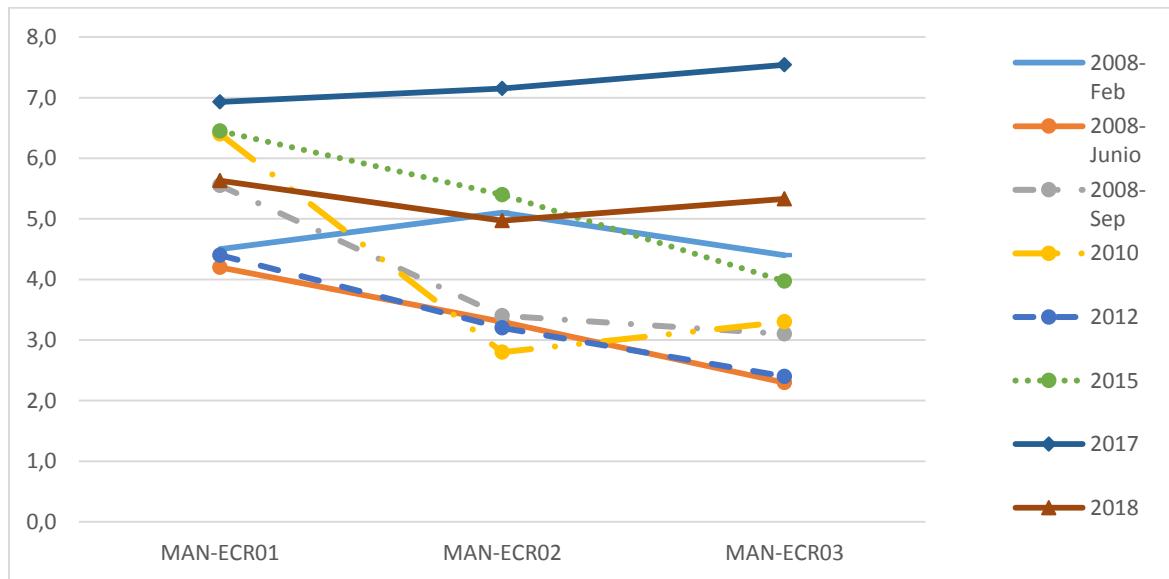


Gráfica 220. Comportamiento histórico pH tributarios Quebrada Cristales

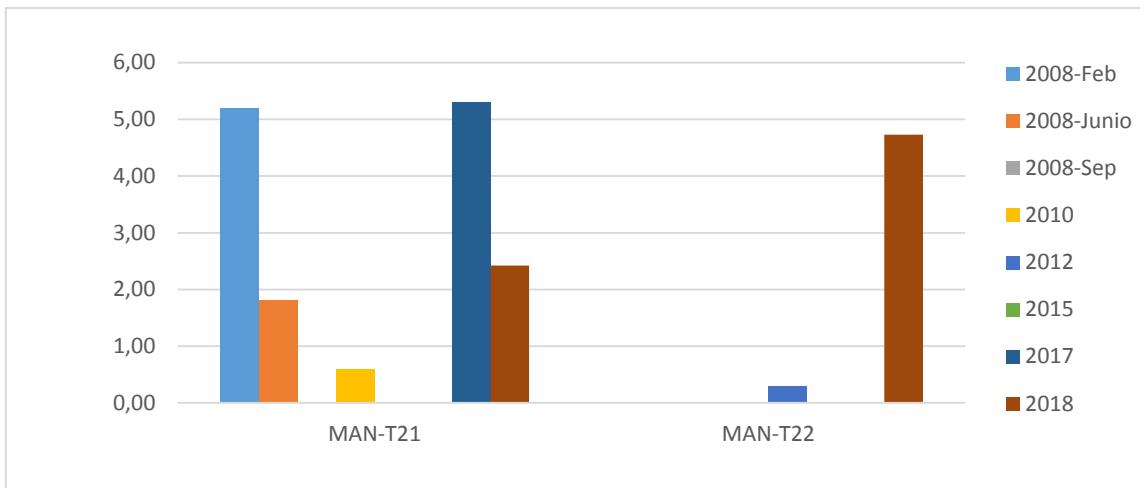
En la gráfica se observa el comportamiento del pH sobre la quebrada Tesorito, mostrando una baja variabilidad en este parámetro sobre las estaciones de la quebrada a lo largo de todos los estudios realizados, comportamiento que se demuestra a pesar de que el vertimiento industrial de la empresa Súper de Alimentos (MAN-T21) presenta un valor cercano al mínimo reportado en todos los estudios, no representa mayor afectación sobre el pH de la quebrada Cristales

Tabla 83. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada Cristales

Estación	Quebrada Cristales							
	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ECR01	4.5	4.20	5.55	6.40	4.40	6.45	6.93	5.63
MAN-T21	5.20	1.80	-	0.60	0.00	-	5.30	2.42
MAN-T22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	-	4.73
MAN-ECR02	5.10	3.3	3.40	2.80	3.20	5.40	7.15	4.97
MAN-ECR03	4.40	2.30	3.1	3.30	2.40	3.97	7.54	5.33



Gráfica 221. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Quebrada Cristales



Gráfica 222. Comportamientos histórico Oxígeno Disuelto tributarios Quebrada Cristales

En la gráfica 221 se observa el comportamiento del oxígeno disuelto sobre la quebrada Tesorito, mostrando que debido a los vertimientos de la empresa súper de Alimentos (MAN-T21 y MAN-T22), se presenta una disminución en la concentración de oxígeno sobre las estaciones MAN-ECR02 y MAN-ECR03, como en el caso del año 2012, en el que el oxígeno disuelto para los vertimientos fueron los mínimos reportados en todos los estudios realizados (0 y 0.30 mg O₂/L respectivamente), se observa sobre las estaciones de la quebrada Cristales una disminución en este parámetro.

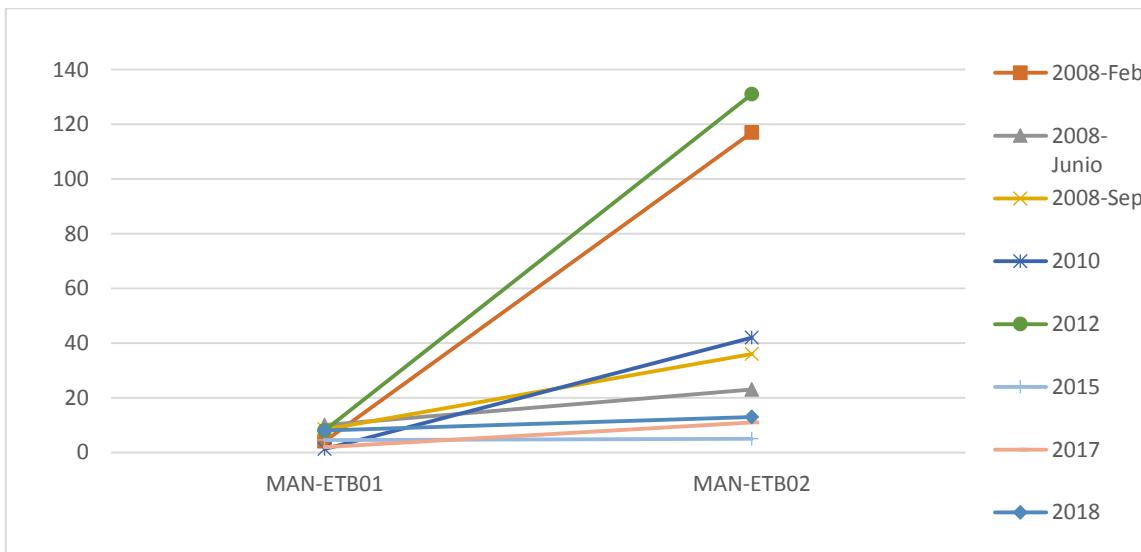
Para el año 2017 se observan los valores máximos en la concentración de oxígeno tanto en las estaciones de la quebrada Cristales, como en el vertimiento industrial de la empresa Súper de Alimentos (MAN-T21), debido a que el vertimiento no presentaba una gran contaminación, no requería oxígeno para degradar materia orgánica, por lo tanto, las condiciones del vertimiento en este año fueron mejores, con un máximo de oxígeno disuelto de 5.3 mg O₂/l.

En el estudio actual se muestra una disminución de la concentración de oxígeno con respecto al reporte del año 2017, pero se observa una baja variabilidad en este parámetro, a pesar de que el oxígeno que presenta el vertimiento industrial MAN-T21 es bajo, la quebrada Cristales no presenta

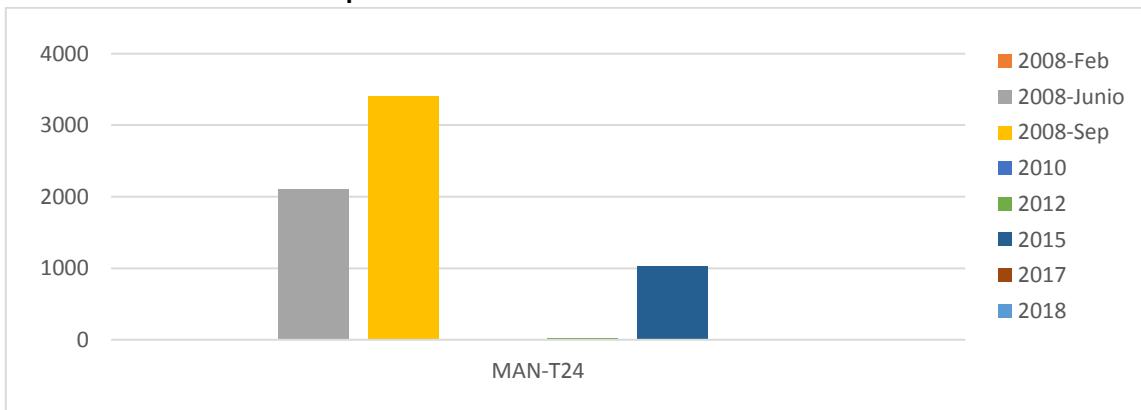
grandes cambios en el oxígeno, manteniendo su concentración por encima de los 5 mg O₂/L, antes de desembocar a la quebrada Manizales.

Tabla 84. Datos históricos DBO₅ Quebrada 2615-002-098-003

Quebrada 2615-002-098-003								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ETB01	4.05	10	8.44	1.30	8.00	4.57	1.98	8.02
MAN-T24	-	2105	3405.00	0.00	27.00	1033.00	-	-
MAN-ETB02	117.00	23.00	36.00	42.00	131.00	5.00	11.00	13.00



Gráfica 223. Comportamiento histórico DBO₅ Quebrada 2615-002-098-003

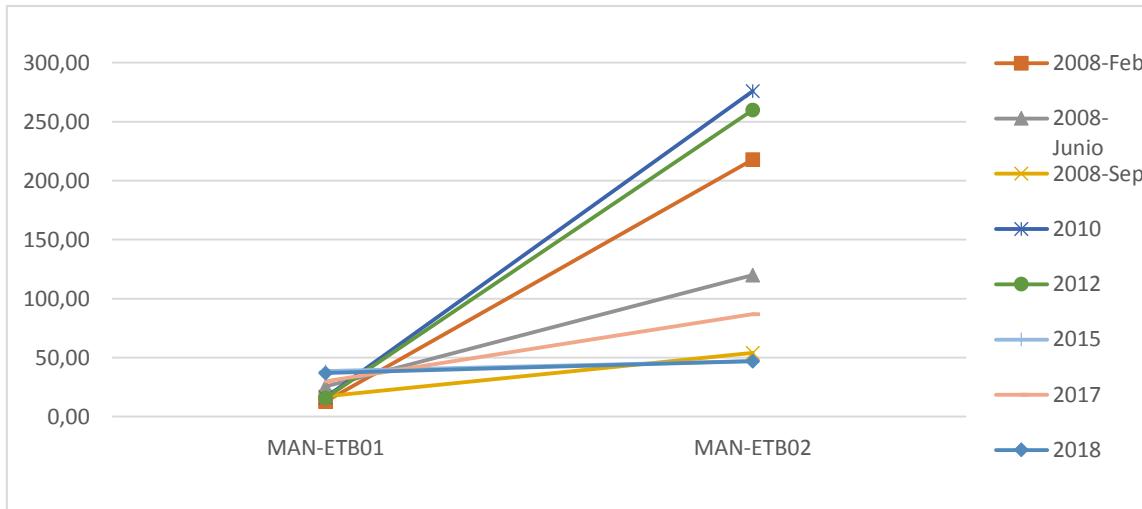


Gráfica 224. Comportamiento histórico DBO₅ Tributario Quebrada 2615-002-098-003

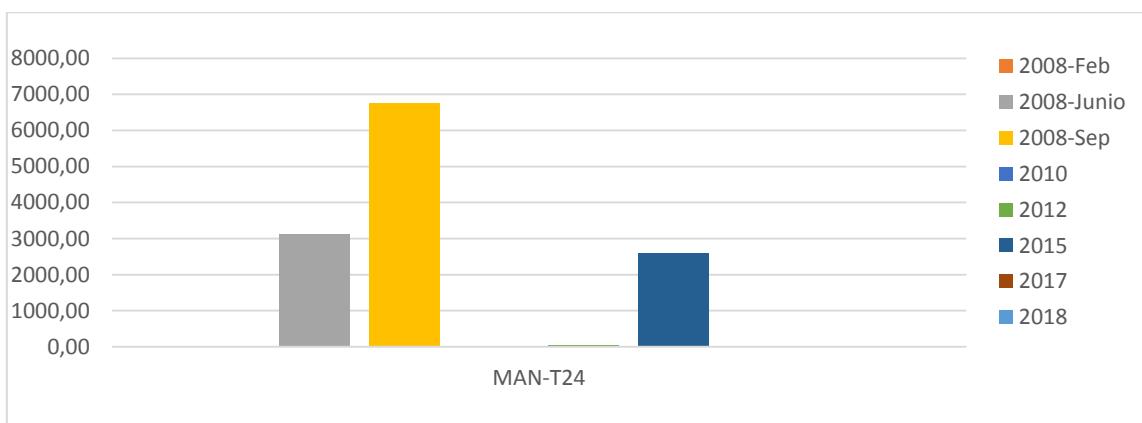
En la gráfica 223 se observa el comportamiento de la DBO₅ sobre la quebrada 2615-002-098-003, mostrando que debido al vertimiento de la empresa Foodex (MAN-T24) se presenta un aumento en este parámetro sobre la estación MAN-ETB02 (Antes desembocadura quebrada Manizales), comportamiento que es evidente en los estudios realizados en los años 2008-2012 en donde el vertimiento de Foodex presenta su máxima concentración de DBO₅ para el año 2008, al igual que la estación MAN-ETB02; para el siguiente estudio, en el año 2015 se observa una disminución sobre el vertimiento de la empresa Foodex comparado con los estudios anteriores, lo que hace que la concentración de la DBO₅ sobre la quebrada 2615-002-098-003 antes de desembocar a la quebrada Manizales presente su concentración más baja, siendo este el último estudio de este vertimiento sobre la quebrada, ya que a partir del año 2016 el vertimiento de la empresa Foodex cambió de ubicación y es entregado a la quebrada Manizales en el Tramo III. A partir de ese cambio en el vertimiento, las condiciones de la quebrada 2615-002-098-003 cambian considerablemente, mostrando la menor variación en la concentración de la DBO₅ sobre esta quebrada.

Tabla 85. Datos históricos DQO Quebrada 2615-002-098-003

Quebrada 2615-002-098-003								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ETB01	12.85	25.64	17.30	16.37	16.00	38.52	30.00	37.00
MAN-T24		3123	6750.00	0	44	2591.00		
MAN-ETB02	218	120	54	276	260.00	47.00	87.00	47.00



Gráfica 225. Comportamiento histórico DQO Quebrada 2615-002-098-003

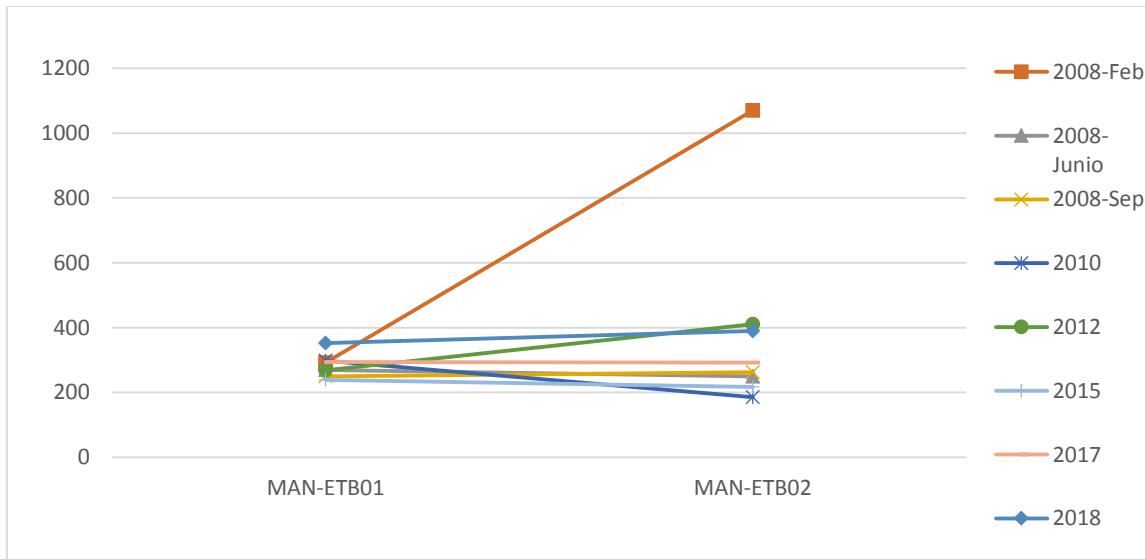


Gráfica 226. Comportamiento histórico DQO Tributario Quebrada 2615-002-098-003

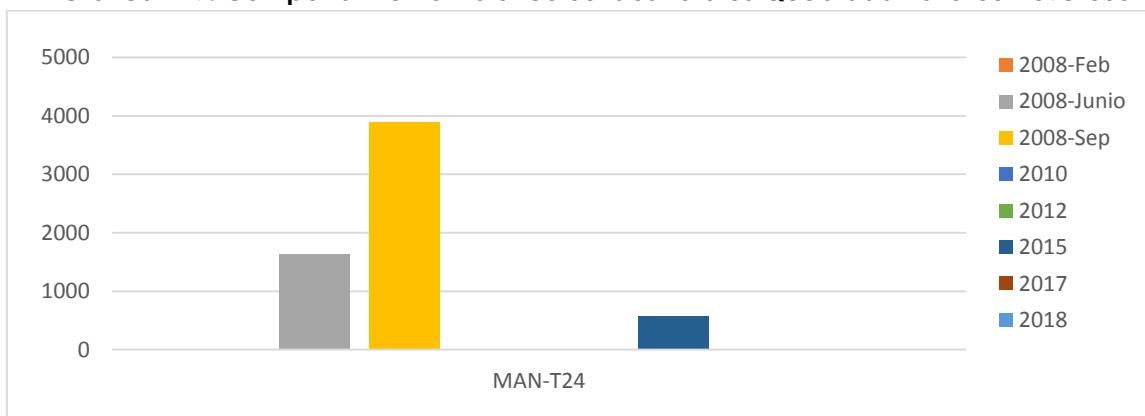
Para la gráfica 225 se presenta el comportamiento de la DQO sobre la quebrada 2615-002-098-003, mostrando un comportamiento similar al de la DBO₅, donde se observa un aumento considerable en este parámetro en la estación MAN-ETB02 (Antes desembocadura quebrada Manizales) para el estudio realizado en el año 2012, debido al máximo de concentración que presenta el vertimiento de la empresa Foodex (MAN-T24). A partir del estudio realizado en el año 2015 y hasta el presente se observa la menor variación en este parámetro, esto se debe a que la ubicación del vertimiento fue modificada, descargando sobre la quebrada Manizales.

Tabla 86. Datos históricos Sólidos Totales Quebrada 2615-002-098-003

Quebrada 2615-002-098-003								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ETB01	292	269	249.00	298.00	268.00	239.00	294.00	352.00
MAN-T24	-	1636	3896.00	0.00	-	575.00	-	-
MAN-ETB02	1070	249	262	185	410.00	217.00	292.00	390.00



Gráfica 227. Comportamiento histórico Sólidos Totales Quebrada 2615-002-098-003



Gráfica 228. Comportamiento histórico Sólidos Totales Tributario Quebrada 2615-002-098-003

Para la gráfica 227 se presenta el comportamiento de los Sólidos Totales sobre la quebrada 2615-002-098-003, mostrando poca variación sobre este parámetro, a excepción del estudio realizado en el año 2008 en el mes de febrero, donde se presenta la máxima concentración de sólidos totales en la estación MAN-ETB02 (Antes desembocadura quebrada Manizales).

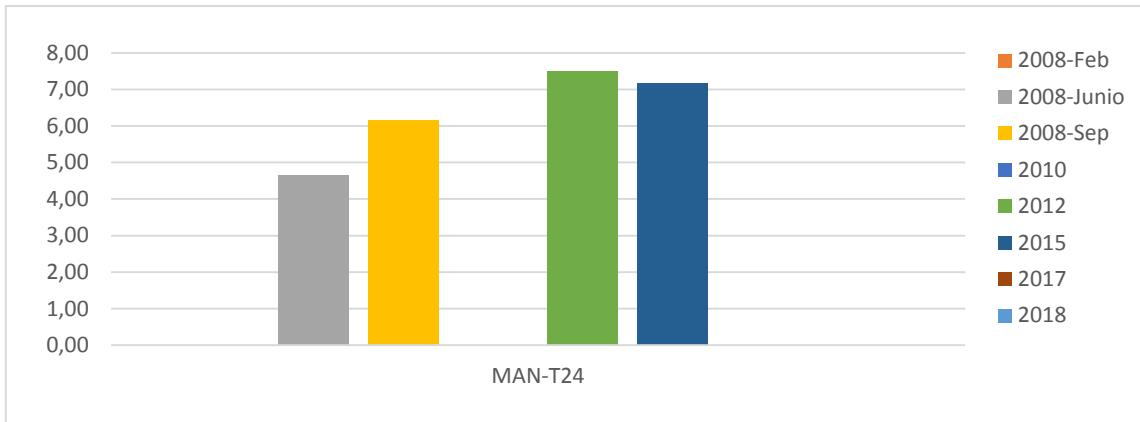
Para el vertimiento de la empresa Foodex solo se presentan cuatro caracterizaciones realizadas, antes de que se modifique el vertimiento en el año 2016 y se traslade a la quebrada Manizales. Estas concentraciones de sólidos no son lo suficientemente altas para afectar significativamente los sólidos totales sobre la quebrada, manteniéndose poco variables.

Tabla 87. Datos históricos pH Quebrada 2615-002-098-003

Quebrada 2615-002-098-003								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ETB01	7.85	7.89	8.09	7.39	7.58	8.04	10.62	7.93
MAN-T25	-	4.66	6.17	0.00	7.5	7.17	-	-
MAN-ETB02	7.51	7.84	7.91	7.38	7.65	8.21	10.02	8.04



Gráfica 229. Comportamiento histórico pH Quebrada 2615-002-098-003



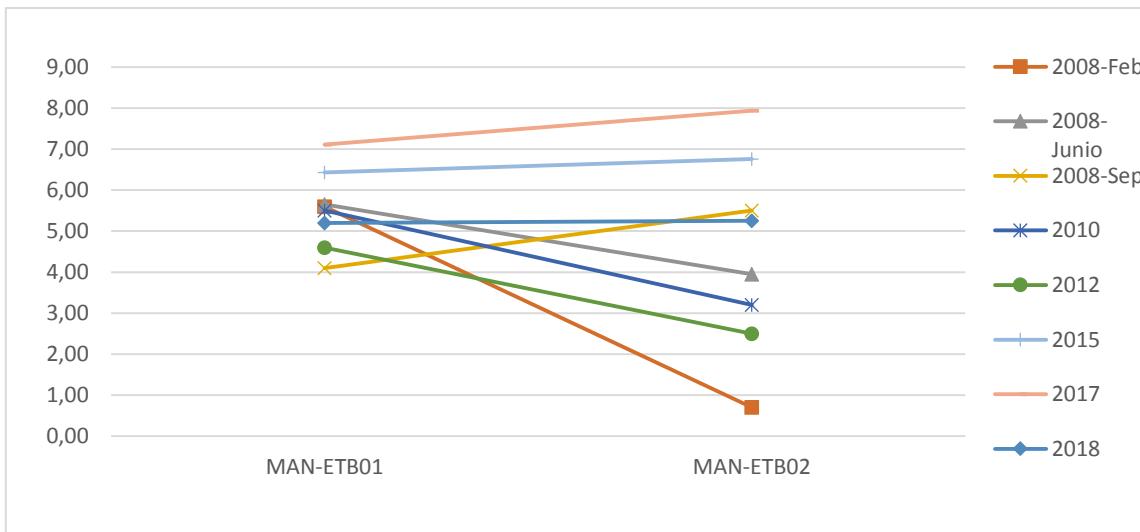
Gráfica 230. Comportamiento histórico pH Tributario Quebrada 2615-002-098-003

Para la gráfica 229 se presenta el comportamiento del pH sobre la quebrada 2615-002-098-003, mostrando poca variación en este parámetro sobre todos los estudios realizados en las estaciones de la quebrada, al igual que en el vertimiento de la empresa Foodex (MAN-T24), el cual, en los estudios que se realizaron se mantuvo una leve variación en valores cercanos a las 7 unidades de pH para los últimos estudios realizados, antes de ser modificada su ubicación.

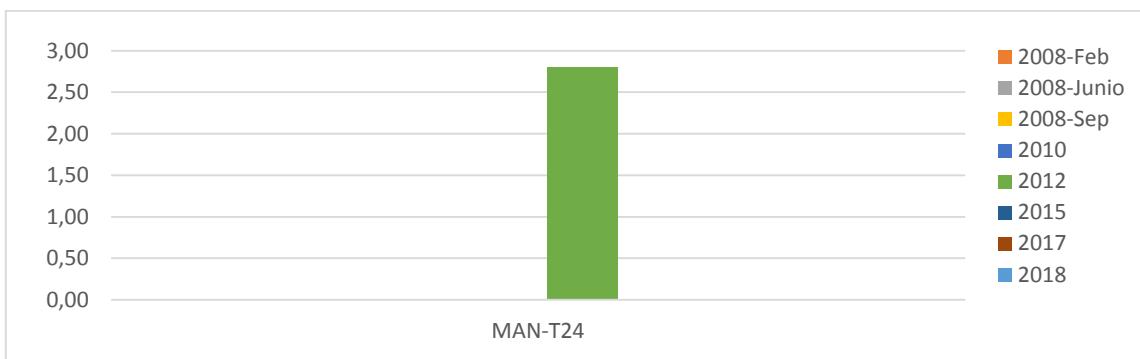
La quebrada 2615-002-098-003 presenta sus valores más altos de pH en el estudio realizado para el año 2017, este pH se mantiene desde la parte alta de la quebrada en donde se ubica la estación MAN-ETB01 (Antes vertimiento Foodex).

Tabla 88. Datos históricos Oxígeno Disuelto Quebrada 2615-002-098-003

Quebrada 2615-002-098-003								
Estación	2008-Feb	2008-Junio	2008-Sep	2010	2012	2015	2017	2018
MAN-ETB01	5.60	5.65	4.10	5.50	4.60	6.43	7.11	5.20
MAN-T24	-	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00		
MAN-ETB02	0.7	3.95	5.5	3.2	2.50	6.76	7.94	5.25



Gráfica 231. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Quebrada 2615-002-098-003



Gráfica 232. Comportamiento histórico Oxígeno Disuelto Tributario Quebrada 2615-002-098-003

Para la gráfica 231 se presenta el comportamiento del Oxígeno Disuelto sobre la quebrada 2615-002-098-003, mostrando la afectación directa que tiene el vertimiento de la empresa Foodex (MAN-T24) sobre la concentración de este parámetro en la estación MAN-ETB02 (Antes desembocadura quebrada Manizales) hasta el estudio realizado en el año 2010, donde el oxígeno de este vertimiento es igual a 0 mg O₂/l y la quebrada presenta su valor mínimo de concentración para el año 2008 en el mes de febrero; posteriormente en el año 2015 el vertimiento vuelve a disminuir después de mostrar su único valor de oxígeno en el año 2012.

Para el estudio realizado en el año 2017, cuando la ubicación del vertimiento fue modificada, se observa un aumento considerable en la concentración de oxígeno sobre la quebrada, presentando sus valores máximos en ambas estaciones y para el presente estudio se logra evidenciar la menor variación en la concentración de este parámetro.

9. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA MANIZALES SEGÚN RESOLUCION 469 DE 2014 POR MEDIO DE LA CUAL SE AJUSTAN LOS OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO EN LA SUBCUENCA DEL RIO CHINCHINA Y SE DEFINEN PARA LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA MANIZALES.

Los objetivos de calidad se plantean para la protección de los cuerpos de agua como estrategia que permita garantizar su calidad de acuerdo al uso; Se han definido para esto varios parámetros base como DBO₅, Coliformes Fecales, Oxígeno disuelto, 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, 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 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 a los estudios que se han realizado desde el 2008 se han ajustado los objetivos de calidad para la microcuenca de la quebrada Manizales, en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de caldas CORPOCALDAS.

A continuación, se presenta la comparación de los parámetros establecidos por la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS, para la microcuenca de la quebrada Manizales, con el fin de realizar un análisis más detallado. Es de importancia establecer que los parámetros objeto de análisis son lo de interés sanitario para la entidad ambiental por sus características fisicoquímicas y biológicas.

Para la variable de Coliformes Totales y Fecales no se puede realizar una comparación, debido a que las unidades de medición estipuladas en la norma (NMP) y las reportadas por el laboratorio de Corpocaldas (UFC), se realizan bajo metodologías de análisis diferentes. Cabe mencionar que para Coliformes Totales y Fecales, siendo el principio del análisis, el crecimiento biológico propio de cada microorganismo, no se pueden controlar los procesos de crecimiento y reproducción, por ende solo se establece la comparación con los parámetros de Demanda Biológica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto y Sólidos Suspensos Totales.

Es de resaltar que lo estipulado en la resolución 469 de 2014, ordenada por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, muestra los valores de los parámetros, que según los diferentes análisis técnicos e históricos de la quebrada Manizales, representan mayor relevancia en la contaminación de la fuente de estudio.

Para la comparación de las variables analizadas frente a los objetivos de calidad se han establecido cuatro (4) tramos descritos en las tablas 50,51,52 y 53 con el fin de conocer el comportamiento de la Quebrada Manizales en relación a sus principales tributarios (Q. Manizales, Cimitarra, Tesorito, Cristales Y 2615-002-098-003) además de los vertimientos de tipo industrial.

Uso actual Quebrada Manizales: Consumo humano, doméstico e industrial
transporte de aguas residuales

Uso potencial: Estético

9.1 Tramos Quebrada Manizales

Tramo I. Desde el nacimiento (MAN- E01) hasta la desembocadura de la Quebrada Cimitarra (MAN-E04).

Tramo II. Desde la desembocadura de la Q. Cimitarra (MAN – T04) hasta la desembocadura de la Q. Tesorito (MAN- E06).

Tramo III. Desde la Desembocadura de la Q. tesorito (MAN- T06) hasta la desembocadura de la Q. Cristales (MAN- E10)

Tramo IV. Desde la Desembocadura Q. Cristales (MAN- T13) hasta la desembocadura en el Rio Chinchiná (MAN-E12)

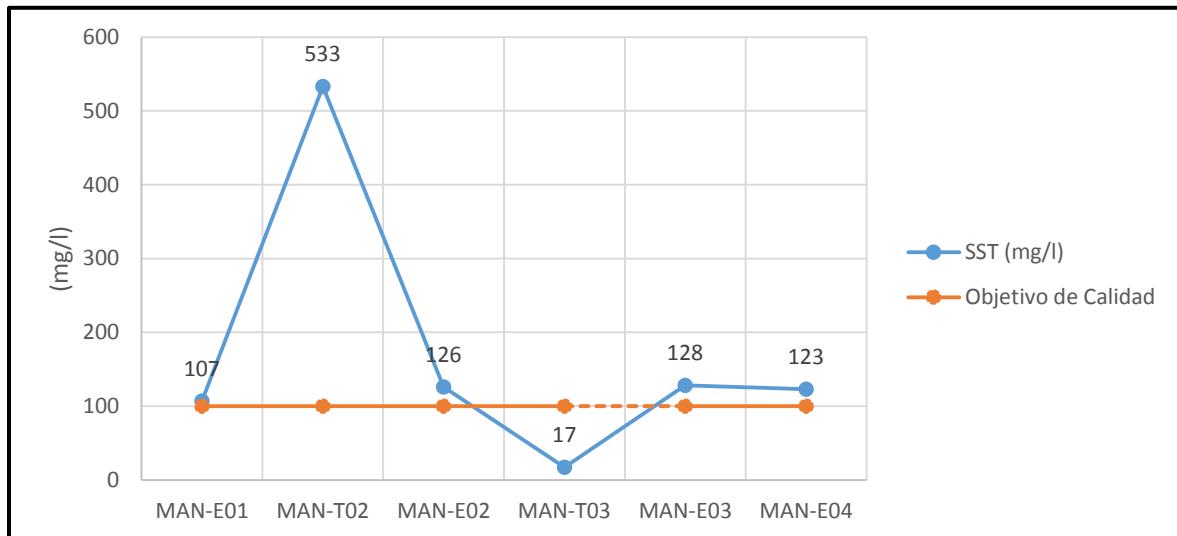
9.1.1 Tramo I

Tabla 89. Cuadro comparativo tramo I calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.

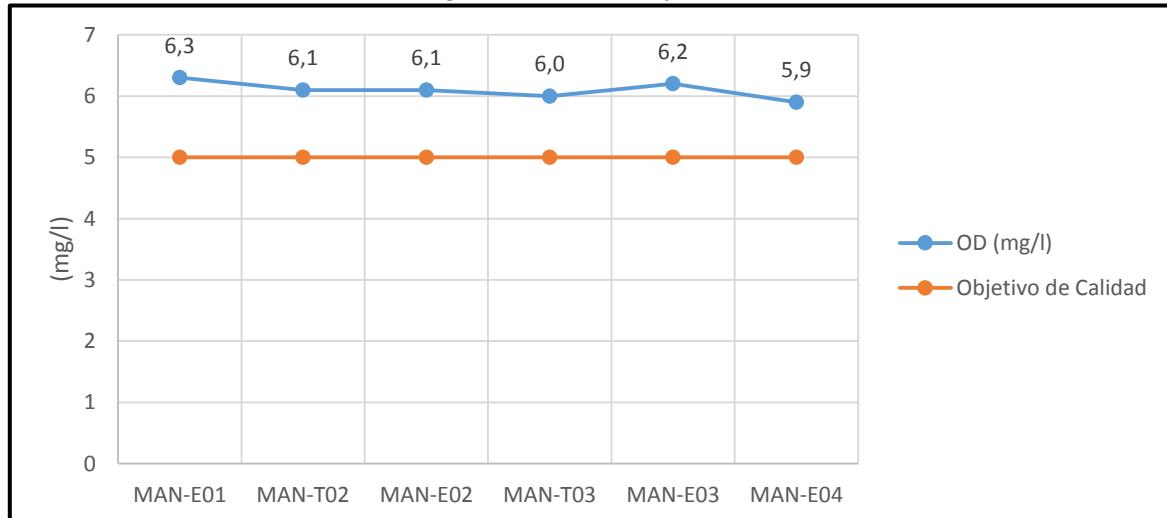
Tramo 1. (Nacimiento- desembocadura Q. Cimitarra)				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mgO ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	≤ 100	≥ 5	≤ 10	≤ 2000
E 1 Blanco	107±5	6,3	<1.98	*
T 1 Vertimiento Mina la Cascada	---	-		*
T 2 Vertimiento Mina la Coqueta	533±27	6,1	<1.98	*
E 2 Antes de la quebrada Chuscales	126±6	6,1	<1.98	*
T 3 Q. Chuscales	17±1	6,0	2±0,2	*
E 3 Antes de Bocatoma Acueducto la Enea	128±6	6,2	<1.98	*
E 4 Despues de Bocatoma Acueducto la Enea	123±6	5,9	<1.98	*

*Los valores de Coliformes fecales no son comparados debido al método empleado para el análisis; en la norma nacional los límites máximos están expresados en términos de Número Más Probable (NMP), para expresar la población de bacterias en estas unidades, es necesario usar una técnica diferente a la que está estandarizada en los laboratorios a nivel nacional e internacional, los cuales hacen recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

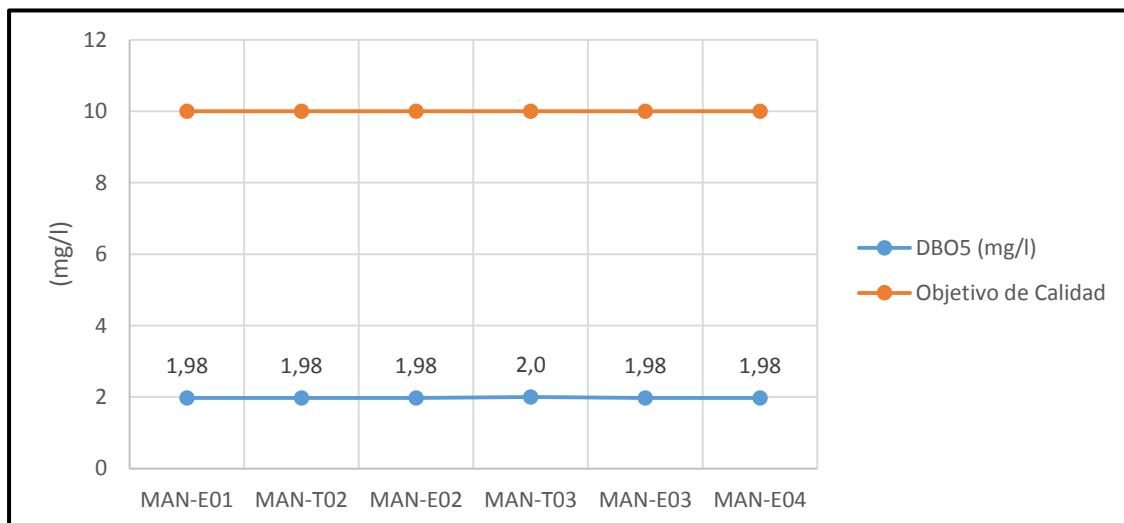
Gráfica 233. Tramo I Sólidos Suspensidos Totales Objetivo de Calidad



Gráfica 234. Tramo I Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad



Gráfica 235. Tramo I DBO₅ Objetivo de Calidad



En el tramo I se evalúa la calidad del agua y el cumplimiento de los objetivos de calidad, este inicia desde la estación MAN- E01 (Blanco) y termina en la estación MAN- E04 (Después de la Bocatoma acueducto de la Enea), en este tramo la quebrada Manizales recibe tres tributarios, MAN-T01 (Vertimiento Mina la Cascada), MAN-T02 (Vertimiento Mina La Coqueta) y MAN-T03 (Quebrada Chuscales), a continuación se analizan los resultados obtenidos. En esta campaña de monitoreo no se tomaron muestras sobre el MAN-T01, debido a que no se encontraba en funcionamiento la mina, por lo tanto no se estaba generando vertimiento.

Los resultados obtenidos en la tabla 89. Corresponden a los valores de Sólidos suspendidos totales (mg/l), oxígeno disuelto (mg/l) y DBO₅ (mgo₂/l); Coliformes Fecales no es comparado con los objetivos de calidad establecidos en la resolución 469 de 2014, debido al método empleado por el laboratorio para el análisis, dicho reporte esta en Unidad Formadora de colonias (UFC) y la norma esta en Número más probable (NMP).

En la gráfica se observa que solo la estación MAN-T03 (Quebrada Chuscales), cumple con el objetivo de calidad establecido para sólidos suspendidos totales. Las demás estaciones de este tramo presentan valores cercanos al objetivo de calidad (100 mg/l), el valor más alto corresponde a MAN-T02 (Vertimiento Mina La Coqueta), esto se debe a la actividad de minería desarrollada en este punto, donde la producción de arenas en las etapas principales (Trituración, Molienda y Lavado) del proceso es un factor determinante.

En la estación MAN-E02 (Antes de la Quebrada Chuscales) la corriente ha tenido un proceso de dilución que se evidencia en la concentración de los sólidos suspendidos totales (126 mg/l) sobre la corriente, aunque ya ha recibido el MAN-T02 (Vertimiento Mina La Coqueta), con una concentración de sólidos suspendidos de (533 mg/l), la corriente recupera casi su estado inicial con respecto a este parámetro, es preciso resaltar que durante las campañas de monitoreo se presentaron lluvias, lo que pudo influir en el aumento de caudal y dilución de contaminantes; sin embargo genera un leve aumento en la concentración de los sólidos suspendidos totales. En el caso del tributario MAN-T03 (Quebrada Chuscales) presenta una concentración de sólidos suspendidos totales relativamente baja, por lo tanto no genera un impacto significativo; después de recibir los tributarios mencionados la corriente mantiene casi constante su concentración de sólidos suspendidos totales, pero no logra cumplir con el objetivo de calidad propuesto.

En la estación MAN-E03 (Antes de la Bocatoma del Acueducto de la Enea) permanece con una concentración de (128 mg/l). A pesar de que la concentración de SST no es muy alta, sigue superando el objetivo de calidad, pudiendo afectar las necesidades básicas o industriales de la captación realizada por el acueducto la Enea, se considera para este tramo el principal conflicto por el uso del agua.

Para la última estación MAN-E04 (Después de la Bocatoma del acueducto la Enea) la concentración de sólidos suspendidos totales se mantiene en una concentración de (123 mg/l), en esta campaña no sé evidencio según

los resultados obtenidos, alguna alteración debido a la disminución en el caudal por el proceso de captación, ni por operaciones unitarias realizadas en el proceso de potabilización realizado por el acueducto, ya que no cuenta con un sistema de tratamiento para los vertimientos generados en los filtros y sedimentadores, por lo tanto se genera un vertimiento intermitente sobre la corriente, el cual puede representar un aporte de sólidos.

Para el oxígeno disuelto se da cumplimiento al objetivo de calidad establecido, ya que en todas las estaciones la concentración supera de los 5 mg/l. Este resultado es un buen indicador de la calidad del agua, ya que el oxígeno disuelto es esencial para el mantenimiento de procesos de autodepuración en sistemas acuáticos naturales y en sistemas de tratamiento de aguas residuales, también indica la capacidad de un cuerpo de agua natural de mantener la vida acuática.

Los valores obtenidos de DBO₅ para la estación MAN-T02 (Vertimiento mina La coqueta) cumple con el valor límite establecido por el objetivo de calidad para el uso actual del agua que es para consumo humano, doméstico e industrial transporte de aguas residuales, esto se debe principalmente a la ausencia de materia orgánica en su actividad productiva, en la caso de las demás estaciones se presenta un valor menor al límite de cuantificación, utilizado por los laboratorios, lo que indica una buena calidad del agua en este tramo, durante la jornada de monitoreo realizada para este estudio. Es importante resaltar que en esta jornada no se estaba realizando el vertimiento de la mina la cascada MAN-T01, lo que puede influir notablemente en las características fisicoquímicas de la corriente, y en la dinámica habitual de la misma.

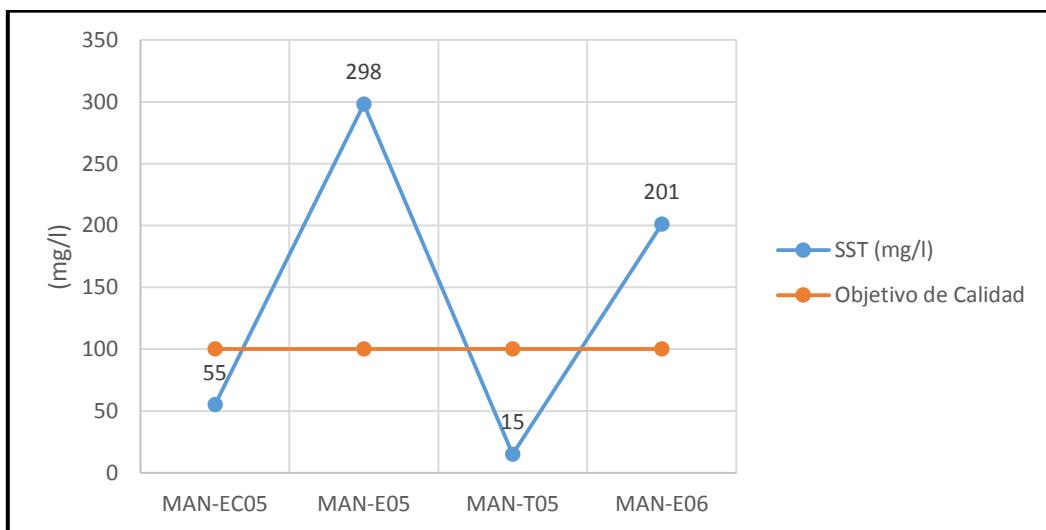
9.1.2 Tramo II

Tabla 90 . Cuadro comparativo tramo II calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.

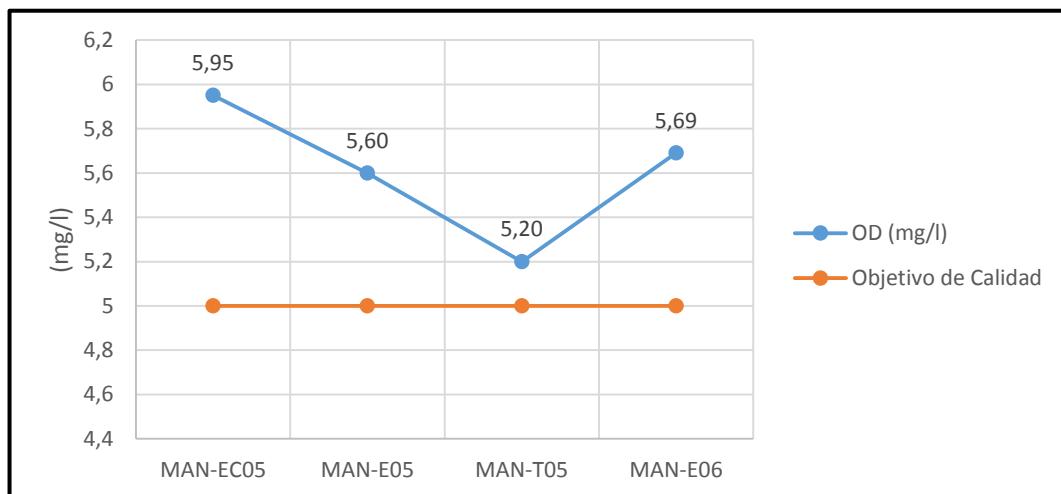
Tramo 2 (Desembocadura Q. Cimitarra - Desembocadura Q. Tesorito)				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mgO ₂ /l)	DBO ₅ (mgO ₂ /l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	≤ 100	≥ 5	≤ 10	≤ 2000
MAN EC05 Antes desembocadura Q. Manizales	55±3	5,95	236±24	*
T 4 Vertimiento parque industrial Malteria	-	-	-	*
E 5 Antes Quebrada Santa Rita	298±15	5,60	322±33	*
T 5 Quebrada Santa Rita	15±1	5,20	7±1	*
E 6 Antes Q. Tesorito	201±10	5,69	284±29	*

*Los valores de Coliformes fecales no son comparados debido al método empleado para el análisis; en la norma nacional los límites máximos están expresados en términos de Número Más Probable (NMP), para expresar la población de bacterias en estas unidades, es necesario usar una técnica diferente a la que estándarizada en los laboratorios a nivel nacional e internacional, los cuales hacen recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

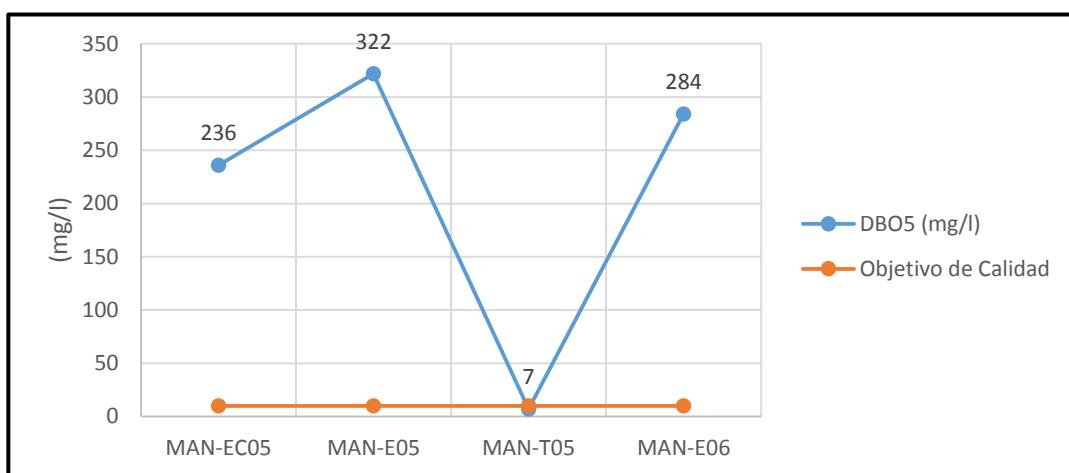
Gráfica 236. Tramo II Sólidos Suspensidos Totales Objetivo de Calidad



Gráfica 237. Tramo II Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad



Gráfica 238. Tramo II DBO₅ Objetivo de Calidad



En el tramo II se evalúa la calidad del agua y el cumplimiento de los objetivos de calidad, este inicia desde la estación MAN-EC05 (Quebrada Cimitarra antes desembocadura Q. Manizales) y termina en la estación MAN-E06 (Antes de la Quebrada Tesorito), en este tramo se reciben los tributarios MAN-T04 (Vertimiento parque industrial Malteria), MAN-T05 (Q. Santa Rita). En esta campaña de monitoreo no se tomaron muestras sobre

el MAN-T04, debido a que no se pudo identificar el nuevo punto de vertimiento; a continuación se analizan los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en la tabla 90, corresponden a los valores de Sólidos suspendidos totales (mg/l), oxígeno disuelto (mg/l) y DBO₅ (mgo₂/l); Coliformes Fecales no es comparado con los objetivos de calidad establecidos en la resolución 469 de 2014, debido al método empleado por el laboratorio para el análisis, dicho reporte esta en Unidad Formadora de colonias (UFC) y la norma esta en Número más probable (NMP).

El parámetro de Sólidos Suspendidos Totales sobre la quebrada Manizales para dicho tramo, tiene un comportamiento creciente, para la estación MAN-EC05 (Antes desembocadura quebrada Manizales) presenta una concentración de (55 mg/l), dando cumplimiento al objetivo de calidad, en la estación MAN-E05 (Antes de la quebrada Santa Rita) se presenta una concentración de (298 mg/l) incumpliendo el objetivo de calidad, en este punto ya ha recibido varios vertimientos industriales, y la quebrada Cimitarra que ha recibido antes de desembocar a la quebrada Manizales, los vertimientos de la industrias Progel y Descafecol, la estación MAN-T5 (Quebrada Santa Rita) presenta una concentración baja de sólidos suspendidos totales, sin embargo en la estación MAN-E06 (Antes quebrada Tesorito) se presenta una concentración de (201 mg/l) menor a la concentración inicial en este tramo, esto puede deberse a los procesos de dilución dentro del cuerpo receptor.

El parámetro de oxígeno disuelto presenta un comportamiento estable, dando concentraciones superiores al objetivo de calidad, lo que indica que los procesos de reaireación y difusión de oxígeno disuelto sobre la corriente se están llevando a cabo, logrando la autodepuración de contaminantes dentro de la corriente.

El parámetro de DBO₅ tiene un comportamiento creciente dentro de la corriente, en la estación MAN-EC05 (quebrada Cimitarra) no se cumple con el valor límite establecido por el objetivo de calidad para el uso actual del agua - consumo humano, doméstico e industrial transporte de aguas residuales, tiene una concentración de (236 mg/l), producto de los

vertimientos que tiene la quebrada Cimitarra (Progel y Descafecol), la estación MAN-E05 (Antes quebrada Santa Rita) presenta una concentración de (322 mg/l) para este punto no se cumplen los objetivos de calidad de la corriente y puede atribuirse a la alta carga orgánica del vertimiento de la quebrada Cimitarra, para la estación MAN-T05 (quebrada Santa Rita) se observa una concentración de DBO₅ de (7 mg /l) lo que indica una carga mínima, casi nula de materia orgánica, en la última estación MAN-E06 (Antes Quebrada tesorito) hay una disminución en el valor de la concentración de la DBO₅ con un valor de (284 mg/l), lo que indica que sobre la corriente se han realizado procesos de autodepuración de contaminantes y dilución de los mismos.

9.1.3 Tramo III

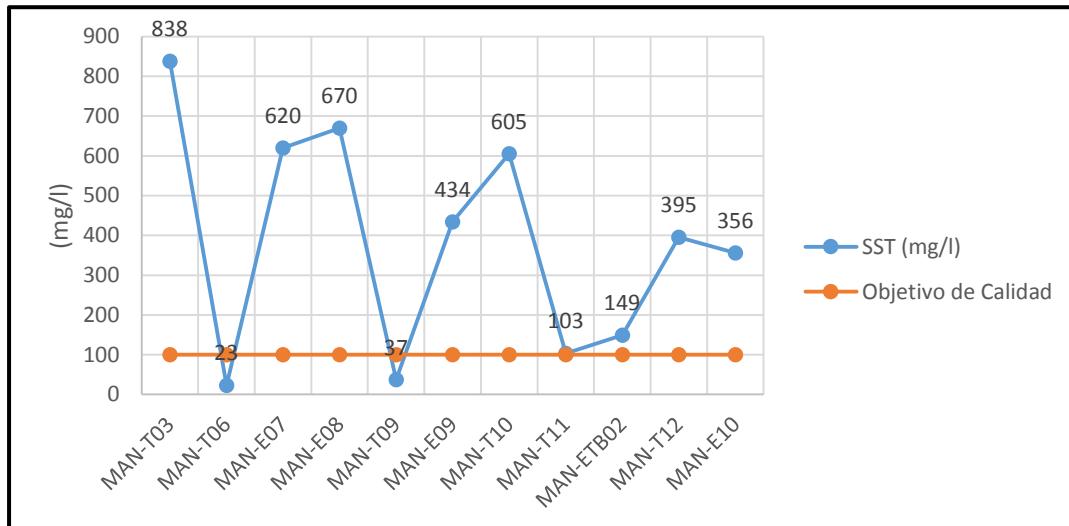
Tabla 91. Cuadro comparativo tramo III calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.

Tramo 3 (Desembocadura Q. tesorito- desembocadura Q. Cristales)				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mgO ₂ /l)	DBO ₅ (mgO ₂ /l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	≤ 100	≥ 5	≤ 10	≤ 2000
MAN-ET03 Antes Desembocadura Q. Manizales	838±42	6,08	13±1	*
T 6 Q. Universitaria	23±1	5,51	9±1	*
E 7 Antes de Industria Licorera de Caldas	620±31	6,74	73±7	*
T 7 Vertimiento PTAR ILC	-	-	-	*
T 8 Vertimiento ILC	-	-	-	*
E 8 Antes Q. Guayabal	670±33	5,72	46±6	*
T 9 Q. guayabal	37±2	5,20	2±0.2	*
E 9 Puente Verdum	434±22	6,55	57±6	*
T 10 Puente Verdum	605±30	5,00	272±28	*
T 11 Vertimiento súper de alimentos 1	103±55	0,95	352±36	*
MAN- ETB02 Quebrada 2615-002-098-003	149±7	5,25	13±1	*
T 12 vertimiento Toptec	395±20	3,80	527±54	*
E 10 Antes Q. Cristales	356±18	6,46	56±6	*

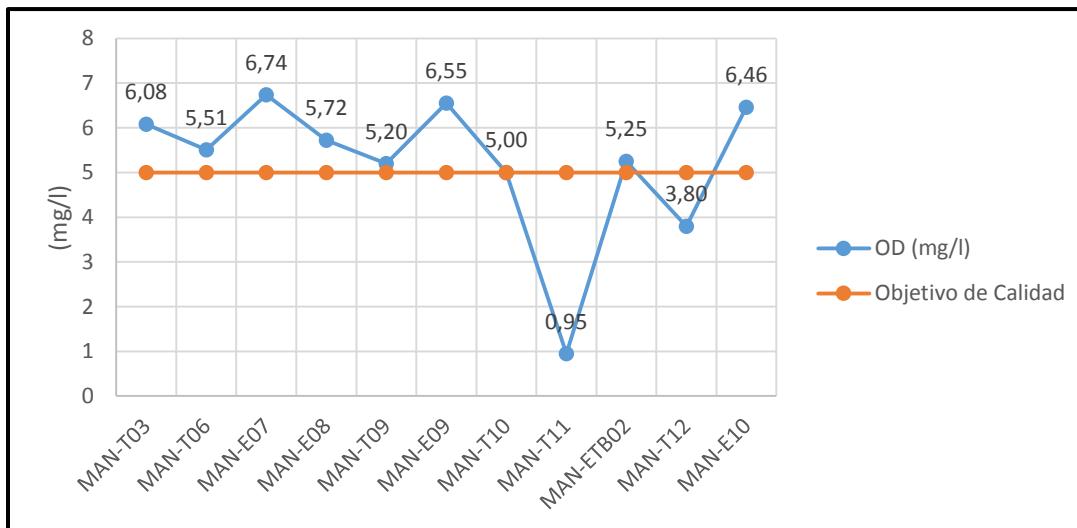
*Los valores de Coliformes fecales no son comparados debido al método empleado para el análisis; en la norma nacional los límites máximos están expresados en términos de Número Más Probable (NMP), para expresar la población de bacterias en estas unidades, es necesario usar una técnica diferente a la que esta

estandarizada en los laboratorios a nivel nacional e internacional, los cuales hacen recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

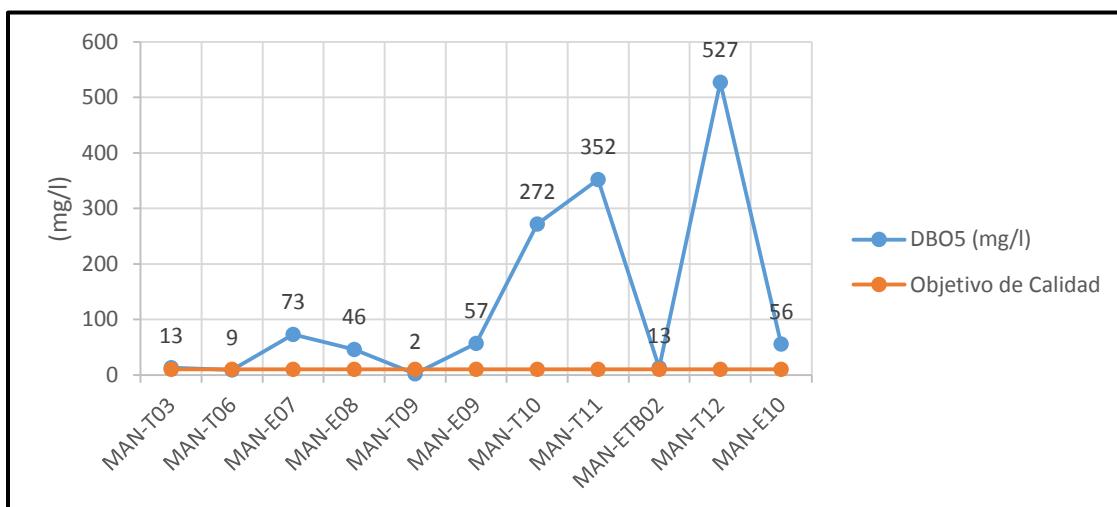
Gráfica 239. Tramo III Sólidos Suspendidos Totales Objetivo de Calidad



Gráfica 240. Tramo III Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad



Gráfica 241. Tramo III DBO₅ Objetivo de Calidad



En el tramo III se evalúa la calidad del agua y el cumplimiento de los objetivos de calidad, este inicia desde la estación MAN-ET03 (Q. Tesorito antes desembocadura Q. Manizales) y termina en la estación MAN-E10 (Antes de la Quebrada Cristales), en este tramo la quebrada Manizales recibe los tributarios, tributarios MAN-T7 (V. PTAR ILC), MAN-T8 (V. ILC), MAN-T9 (Q. Guayabal), MAN-T10 (Puente Verdum) MAN-T11 (Vertimiento súper de alimentos) y MAN-T12 (Vertimiento Toptec), en esta campaña de monitoreo no se tomaron muestras sobre los vertimientos MAN-T17 y MAN-T8, debido a que no se encontraron activos. A continuación se analizan los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en la tabla 91. Corresponden a los valores de Sólidos suspendidos totales (mg/l), oxígeno disuelto (mg/l) y DBO₅ (mgo₂/l); Coliformes Fecales no es comparado con los objetivos de calidad establecidos en la resolución 469 de 2014, debido al método empleado por el laboratorio para el análisis, dicho reporte esta en Unidad Formadora de colonias (UFC) y la norma esta en Número más probable (NMP).

En la gráfica se observa que el parámetro de Sólidos Suspendidos Totales, tiene un comportamiento decreciente sobre las estaciones de la quebrada Manizales, para el caso de los tributarios se presentan concentraciones que superan el límite del objetivo de calidad, se observa que la estación MAN-E03 aporta una gran concentración de sólidos suspendidos totales de (838 mg/l), lo que altera significativamente la concentración de este parámetro sobre la fuente, teniendo en cuenta que en MAN-E06 se tenía una concentración de (201 mg/l), y en la estación MAN-E07 se alcanza una concentración de (620 mg/l), en la estación MAN-E09 disminuye la concentración alcanzando un valor de (434 mg/l), finalmente en la última estación sobre este tramo MAN -E10 la corriente se ha recuperado un poco y termina con una concentración de (356 mg/l), sin embargo no se da cumplimiento al objetivo de calidad.

En la gráfica se observa que el parámetro Oxígeno disuelto, tiene un comportamiento estable en la mayoría de estaciones en este tramo, manteniéndose por encima de la concentración establecida en el objetivo de calidad. Sin embargo los tributarios MAN-T11 (Vertimiento súper de alimentos) y MAN-T12 (Vertimiento Toptec 2), presentan una concentración muy baja 0.95 mg/l y 3.80 mg/l, respectivamente, sin embargo no se evidencia un impacto significativo sobre la fuente, teniendo en cuenta que en la última estación de este tramo se presenta un oxígeno disuelto de 6,46 mg/L.

En la gráfica se observa que el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, sobre las estaciones de la quebrada Manizales presenta una concentración que varía entre 46 mg/l y 73 mg/l, sin embargo no se da cumplimiento al objetivo de calidad, el aporte significativo en DBO_5 lo realizan los tributarios MAN-T10 (Puente Verдум), MAN-T11 (Vertimiento súper de alimentos) y MAN-T12 (Vertimiento Toptec 2), con concentraciones de 272, 352 y 527 mg/l respectivamente, sin embargo la concentración final en este tramo en la estación MAN-E10 corresponde a 56 mg/l, lo que puede deberse a procesos de dilución sobre la corriente a razón de las lluvias presentadas sobre el monitoreo, y a los procesos de autodepuración de los contaminantes sobre la misma.

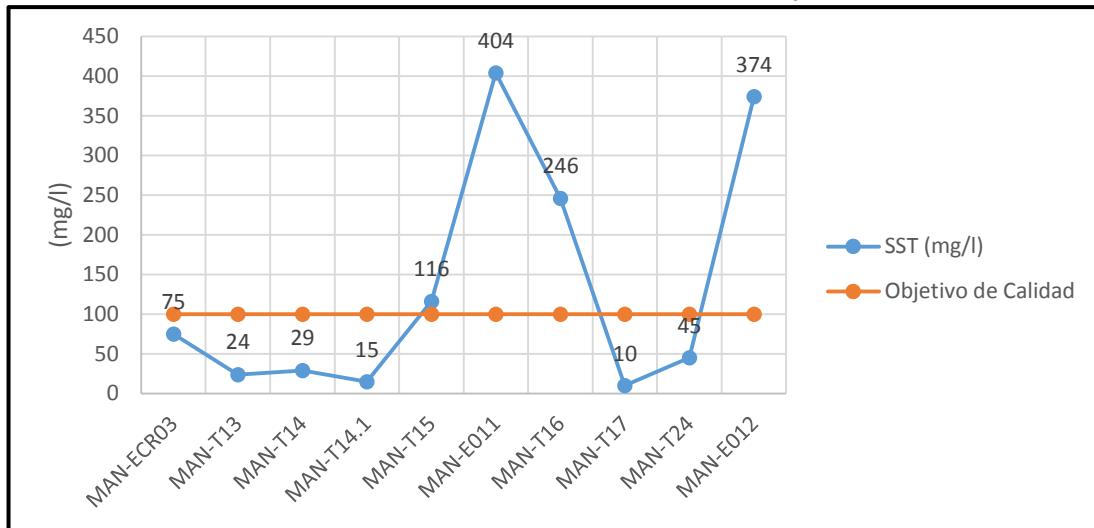
9.1.4 Tramo IV

Tabla 92. Cuadro comparativo tramo IV calidad del agua con objetivos de calidad Quebrada Manizales.

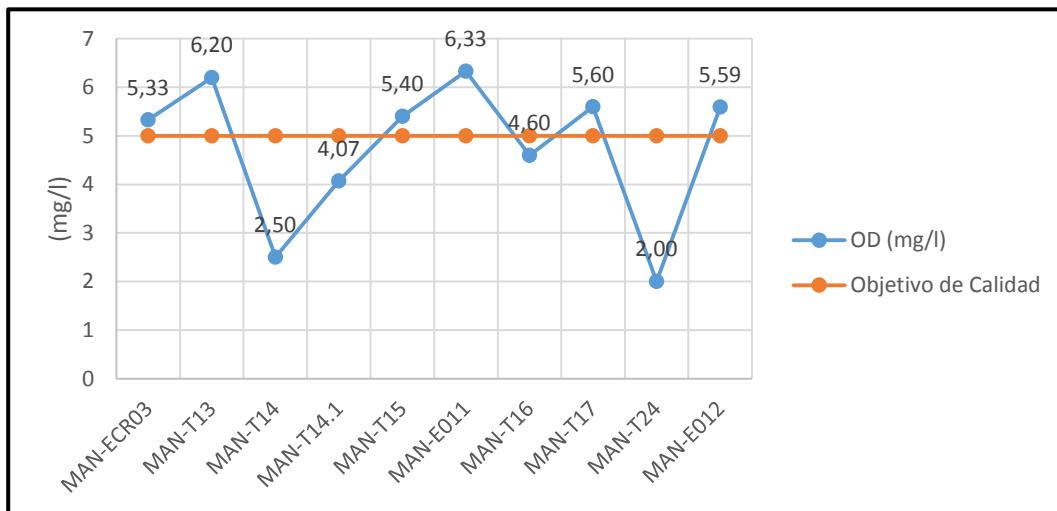
Tramo 4 (Desembocadura Q. Cristales -desembocadura en R. Chinchiná)					
USUARIO - VERTIMIENTO		SST (mg/l)	OD (mgO₂/l)	DBO₅ (mgO₂/l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente		≤ 100	≥ 5	≤ 10	≤ 2000
MAN-ECR03	Antes desembocadura	Q.	75±4	5,33	13±1 *
T 13 Q. 2615-002-098-001		24±1	6,20	6±1	*
T 14 Vertimiento Toptec 3 Lavandería		29±1	2,50	75±8	*
T 14.1 Vertimiento Toptec 2 Industrial		15±1	4,07	38±4	*
T 15 Q. Sin nombre 2 - Recibe ARD		116±6	5,40	22±2,8	*
E 11 Antes descole la Enea		404±20	6,33	66±7	*
T 16 Descole ARD La Enea 1		246±12	4,60	372±38	*
T 17 Descole ARD La Enea 2		<10	5,60	<2	*
T24 Vertimiento Foodex		45±2	2,00	807±82	
E 12 Antes de la desembocadura Rio Chinchiná		374±199	5,59	100±10	*

*Los valores de Coliformes fecales no son comparados debido al método empleado para el análisis; en la norma nacional los límites máximos están expresados en términos de Número Más Probable (NMP), para expresar la población de bacterias en estas unidades, es necesario usar una técnica diferente a la que está estandarizada en los laboratorios a nivel nacional e internacional, los cuales hacen recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

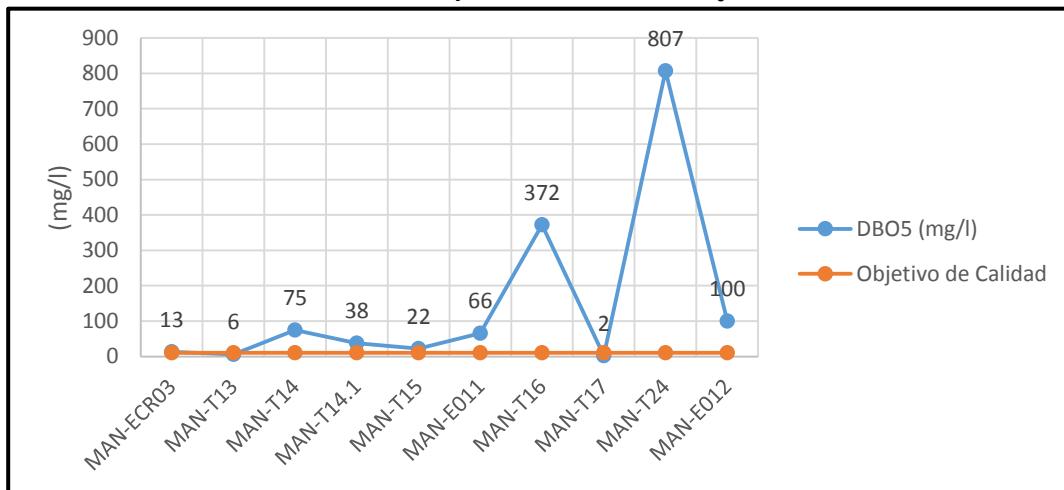
Gráfica 242. Tramo IV Sólidos Suspensidos Totales Objetivo de Calidad



Gráfica 243. Tramo IV Oxígeno Disuelto Objetivo de Calidad



Gráfica 244. Tramo IV Sólidos Suspensidos Totales Objetivo de Calidad



En el tramo IV se evalúa la calidad del agua y el cumplimiento de los objetivos de calidad, este inicia desde la estación MAN-ECR03 (Q. Cristales antes desembocadura Q. Manizales) y termina en la estación MAN- E12 (Antes de la desembocadura Rio Chinchiná), en este tramo la quebrada Manizales recibe los tributarios, tributarios MAN-T13 (Q. 2615-002-098-001), MAN-T14 (V. Toptec 3 lavandería) MAN-14.1 (vertimiento Toptec industrial), MAN-T24 (Vertimiento Foodex), MAN-T15 (Recibe Aguas residuales domésticas), MAN-T16 (ARD la Enea 1) y MAN-T17 (ARD La Enea 2), en esta campaña de monitoreo se tomaron muestras sobre un vertimiento nuevo identificado en la empresa Toptec 14.1.

Los resultados obtenidos en la tabla 92 corresponden a los valores de Sólidos suspendidos totales (mg/l), oxígeno disuelto (mg/l) y DBO₅ (mgO₂/l); Coliformes Fecales no es comparado con los objetivos de calidad establecidos en la resolución 469 de 2014, debido al método empleado por el laboratorio para el análisis, dicho reporte esta en Unidad Formadora de colonias (UFC) y la norma esta en Número más probable (NMP).

En la gráfica se observa que el parámetro de Sólidos Suspensidos Totales, tiene un comportamiento creciente sobre las estaciones de la quebrada Manizales, se observa que los aportes significativos se atribuyen a los

tributarios MAN-T15 (Recibe Aguas residuales domésticas) y MAN-T16 (ARD la Enea 1), que corresponden a vertimientos de aguas residuales domésticas, la concentración de sólidos suspendidos totales aumenta una vez la quebrada recibe el vertimiento MAN-T15, pasando de una concentración de 356 mg/l a 404 mg/l en la estación MAN-E11, finalmente termina con una concentración en este tramo de 374 mg/l en MAN-E12.

En la gráfica se observa que el parámetro de Oxígeno disuelto, continua con valores superiores al límite establecido en el objetivo de calidad, sin embargo los tributarios en este tramo, MAN-T14 (V. Toptec 3 lavandería) MAN-14.1 (vertimiento Toptec industrial), MAN-T24 (Vertimiento Foodex) MAN-T16 (ARD la Enea 1), presentan concentraciones por debajo de dicho límite; sin embargo no genera un impacto significativo sobre la concentración del oxígeno en la quebrada Manizales, aunque se observa una leve disminución de 6,33 mg/l a 5,59 mg/l, para la estación MAN-E12.

En la gráfica se observa que el parámetro de DBO_5 , tiene un comportamiento creciente sobre la quebrada Manizales, en este tramo la concentración aumenta de 66 mg/l a 100 mg/l, esto se debe al aporte de los tributarios presentes, que tienen concentraciones altas en este parámetro, como es el caso de MAN-T24 (Vertimiento Foodex) MAN-T16 (ARD la Enea 1), con una DBO_5 807 mg/l y 372 mg/l respectivamente, finalmente la quebrada termina con una concentración superior al objetivo de calidad establecido.

10. CUMPLIMIENTO CON RESOLUCION 0631 DE 2015 POR LA CUAL SE ESTABLECEN LOS PARAMETROS Y LOS VALORES LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES.

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.

De acuerdo a lo expuesto en el párrafo anterior se realiza la comparación de los vertimientos industriales que se hacen en la Quebrada Manizales comprendidos entre la estación MAN E-1 (Blanco) hasta la estación MAN-E12 (Antes desembocadura Rio Chinchiná) en base a la clasificación que hace dicha resolución discriminando los valores de los vertimientos por sectores productivos, esto con objeto de articular el análisis de los resultados obtenidos en la red de monitoreo con el estado actual de los trámites ambientales.

Para este análisis se toma en consideración la revisión de los permisos de vertimiento en aras de conocer el estado de los mismos. Además identificar los planes de reconversión de tecnologías limpias que se adelantan por parte de los responsables de dichos vertimientos, orientando todos sus procesos industriales al cumplimiento de los objetivos de calidad, reduciendo así las cargas contaminantes y garantizando la recuperación ambiental del cuerpo de agua.

Tabla 93. Actividad -Aguas residuales Domésticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) Resolución 0631 de 2015

Parámetro	Unidades	Aguas residuales Domésticas- ARD y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625,00 kg/día DBO5	MAN-T11	MAN-T14	MAN-T22	MAN-T24
PH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	5,73	8,63	6,72	6,01
Demandा Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o2	180	400	154	131	1051
Demandा Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/l o3	90	352	75	87	807
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	90	103	29	76	45
Sólidos sedimentables	mg/l	5				
Grasas y aceites	mg/l	20	18	15	7	6
Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	análisis y reporte	0,91	1,14	0,82	1,21
Hidrocarburos Totales	mg/l	análisis y reporte				
Ortofósforatos	mg/l	análisis y reporte	0,21	0,22	12,84	1,30
Fósforo Total	mg/l	análisis y reporte	0,36	3,92	15,7	1,32
Nitratos	mg/l	análisis y reporte	4,5	3,9	236	25,6
Nitritos	mg/l	análisis y reporte	0,321	0,48	0,997	0,146
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	análisis y reporte				
Nitrógeno total	mg/l	análisis y reporte	3,9	5,2	45,8	26,9

Tabla 94. Sector Ganadería de bovina, bufalino, equino, ovino y/o caprino (beneficio)
Resolución 0631 de 2015.

Parámetro	Unidades	Ganadería de bovina, bufalino, equino, ovino y/o caprino (beneficio)	MAN-T20
PH	Unidades de Ph	6,00 a 9,00	2,69
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o ₂	900	1630
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l o ₃	450	725
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	200	492
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/l	5	
Grasas y aceites	mg/l	50	6
Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	Análisis y reporte	0,57
Ortofósforatos	mg/l	Análisis y reporte	3,12
Fósforo Total	mg/l	Análisis y reporte	4,16
Nitratos	mg/l	Análisis y reporte	12,0
Nitritos	mg/l	Análisis y reporte	0,129
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Análisis y reporte	
Nitrógeno Total	mg/l	Análisis y reporte	139
Cloruros	mg/l	500	119
Sulfatos	mg/l	500	1250
Acidez total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte	
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte	
Dureza Cálcica	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte	
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte	332
Color real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620 nm)	m/l	Análisis y reporte	115

Tabla 95. Sector Minería Resolución 0631 de 2015

Parámetro	Unidades	Extracción de oro y otros metales preciosos	MAN-T1	MAN-T2
PH	Unidades de Ph	6,00 a 9,00		7,98
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o ₂	150		<25
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l o ₃	50		<1,98
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	50		533
Sólidos sedimentables	mg/l	2		
Grasas y aceites	mg/l	10		27
Fenoles		0,2		
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/l	Análisis y reporte		0,51
Hidrocarburos totales (HTP)		10		
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAP)				
BTEX (Benceno, tolueno, etilbenceno, y xileno)				
Compuestos orgánicos Halogenados Absorbibles				
Ortofosfatos	mg/l	Análisis y reporte		0,92
Fósforo Total	mg/l	Análisis y reporte		5,54
Nitratos	mg/l	Análisis y reporte		3
Nitritos	mg/l	Análisis y reporte		0,151
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Análisis y reporte		
Nitrógeno Total	mg/l	Análisis y reporte		0,3
Cianuro total		1		0,08
Cloruros	mg/l	250		1,25
Sulfatos	mg/l	1200		123
Sulfuros	mg/l	1		
Arsénico	mg/l	0,1		
Cadmio	mg/l	0,05		
Cinc	mg/l	3		
Cobre	mg/l	1		

Cromo	mg/l	0,5		
Hierro	mg/l	2		
Mercurio	mg/l	0,002		
Níquel	mg/l	0,50		
Plata	mg/l	0,50		
Plomo	mg/l	0,20		
Acidez total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte		
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte		44,5
Dureza Cálcica	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte		
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte		124
Color real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620 nm)	m/l	Análisis y reporte		67,9

Tabla 96. Actividad preparación de alimentos y bebidas

Parámetro	Unidades	Elaboración de productos alimenticios	MAN T-11	MAN T-21	Elaboración de alimentos preparados para Animales	MAN T-18
PH	Unidades de Ph	6,00 a 9,00	5,73	4,44	6,00 a 9,00	7,29
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o ₂	600	400	7483	200	130
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l o ₃	400	352	3011	100	108
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	200	103	68	50	157
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/l	2			1	
Grasas y aceites	mg/l	20	18	10	10	11
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/l	Análisis y reporte				
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/l	Análisis y reporte	0,91	0,83	Análisis y reporte	1,74
Ortofósforatos	mg/l	Análisis y reporte	0,21	0,32	Análisis y reporte	0,16
Fósforo Total	mg/l	Análisis y reporte	0,36	1,4	Análisis y reporte	0,5

Nitratos	mg/l	Análisis y reporte	4,5	41	Análisis y reporte	4,8
Nitritos	mg/l	Análisis y reporte	0,321	0,118	Análisis y reporte	0,439
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Análisis y reporte			Análisis y reporte	
Nitrógeno Total	mg/l	Análisis y reporte	3,9	6,6	Análisis y reporte	6,6
Cianuro total		0,5			0,2	
Cloruros	mg/l	250	34,2	15,2		9,75
Sulfatos	mg/l	250	57,2	160		37
Sulfuros	mg/l					
Cadmio	mg/l	0,05			0,05	
Cinc	mg/l	3			3	
Cobre	mg/l	1			1	
Cromo	mg/l	0,5			0,5	
Mercurio	mg/l	0,01			0,01	<0,001
Níquel	mg/l	0,5				
Plomo	mg/l	0,2			0,2	0,89
Acidez total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte			Análisis y reporte	
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte	82,2		Análisis y reporte	74,7
Dureza Cálcica	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte			Análisis y reporte	
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y reporte	15	139	Análisis y reporte	84
Color real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620 nm)	m/l	Análisis y reporte	22,8	121	Análisis y reporte	41,8

Tabla 97. Actividad-Elaboración de alimentos

Parámetro	Unidades	Elaboración de café soluble	MAN-T24

PH	Unidades de Ph	6,00 a 9,00	6,01
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o2	1000	1051
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/l o3	600	807
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	400	45
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/l	5	
Grasas y aceites	mg/l	30	6
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/l	Análisis y reporte	
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/l	Análisis y reporte	1,21
Hidrocarburos Totales	mg/l		
Ortofosfatos	mg/l		1,30
Fósforo Total	mg/l	Análisis y reporte	1,32
Nitratos	mg/l		25,6
Nitritos	mg/l		0,146
Nitrógeno Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l	Análisis y reporte	26,9
Cloruros	mg/l		17,5
Sulfatos	mg/l		180
Sulfuros	mg/l		
Cadmio	mg/l		
Cinc	mg/l		
Cobre	mg/l		
Cromo	mg/l		
Mercurio	mg/l		
Níquel	mg/l		
Plomo	mg/l		
Acidez total	mg/l CaCO3	Análisis y reporte	
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	Análisis y reporte	333
Dureza Cálcica	mg/l CaCO3	Análisis y reporte	
Dureza Total	mg/l CaCO3	Análisis y reporte	304
Color real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620 nm)	m/l	Análisis y reporte	513

Tabla 98. Actividad - Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso resolución 0631de 2015.

Parámetro	Unidades	Fabricación de artículos de Hormigón cemento y yeso	MAN-T12	MAN-T14.1
PH	Unidades de Ph	6,00 a 9,00	8,21	8,04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o2	200	931	63
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/l o3	100	527	38
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	100	395	15
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/l	1		
Grasas y aceites	mg/l	20	59	6
Fenoles	mg/l	0,2		
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/l	Análisis y Reporte	3,9	0,55
Cloruros	mg/l		51,7	42,5
Fluoruros	mg/l			
Sulfatos	mg/l		249	49,2
Antimonio				
Arsénico				
Cadmio	mg/l	0,1		
Cinc	mg/l	3		
Cobre	mg/l			
Cromo	mg/l			
Mercurio	mg/l			
Níquel	mg/l	0,1		
Plomo	mg/l	0,1		
Acidez total	mg/l CaCO3	Análisis y Reporte		
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	Análisis y Reporte	271	186
Dureza Cárlica	mg/l CaCO3	Análisis y Reporte		
Dureza Total	mg/l CaCO3	Análisis y Reporte	143	95
Color real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620 nm)	m/l	Análisis y Reporte	152	53

11. COMPARATIVO DECRETO 1594 DE 1984

Los usos del recurso hídrico establecidos en el Decreto 1594 son:

- Consumo humano y doméstico (tratamiento convencionales y/o solamente con desinfección)
- Agrícolas
- Pecuarios
- Recreativo
- Preservación de flora y fauna

Entre los parámetros establecidos por el Decreto 1594, no se realizó ninguna comparación con la turbiedad y los Coliformes Fecales, teniendo en cuenta que están expresados en la norma en unidades diferentes a las que fueron determinadas en los laboratorios. El Decreto 1594 expresa la turbiedad en Unidades Jackson de Turbiedad (UJT), pero en los laboratorios generalmente suele expresarse la turbiedad en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT), para lo cual debemos usar factores de conversión, establecidos internacionalmente con el fin de poder realizar las respectivas comparaciones aunque no es aconsejable porque las condiciones de los métodos es variable. Con los Coliformes Fecales y Totales; la situación es similar porque en la norma nacional los límites máximos están expresados en términos de Número Más Probable (NMP), para expresar la población de bacterias en estas unidades, es necesario usar una técnica muy diferente a la que está estandarizada en los laboratorios a nivel nacional e internacional, los cuales hacen recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC). En los dos casos no es posible comparar los datos entregados por el laboratorio y los criterios de calidad que presenta el Decreto 1594.

Tabla 99.Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional

Parámetro	Unidades	Valor	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Cloruros	mg/l	250	ND	1.5	2.5	2.75	27.5	28.7
Cromo hexavalente	mg/l	0.05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mercurio	mg/l	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.001
Color	U Pt – Co	75	7.7	25	23.4	26.1	57.1	84.2*
Nitratos	mg/l	10	6	4.1	<2.2	3.7	3.9	3.2
Nitritos	mg/l	1.0	0.008	0.024	0.02	0.035	0.106	0.134
pH	mg/l	5.0-9.0	7.94	7.93	7.96	7.8	9.11*	9.08*
Detergentes	mg/l	0.5	0.4	0.11*	0.16*	<0.05	<0.05	0.12*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico.

Tabla 100.Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional

Parámetro	Unidades	Valor	E07	E08	E09	E10	E11	E12
Cloruros	mg/l	250	6.75	9.75	7.25	8.75	10	14.5
Cromo hexavalente	mg/l	0.05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mercurio	mg/l	0.002	0.001	-	0.001	0.001	0.001	0.001
Color	U Pt – Co	75	83.70*	14.8	49.1	65.5	38.2	51.8
Nitratos	mg/l	10	2.4	<2.2	2.5	2.4	2.7	<2.2
Nitritos	mg/l	1.0	0.136	0.108	0.074	0.106	0.08	0.126
pH	mg/l	5.0-9.0	7.85	8.22	7.85	8.51	7.95	7.87
Detergentes	mg/l	0.5	0.55	0.35	0.91*	0.95*	0.81*	1.5*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico.

Tabla 101. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso del agua en consumo

humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente desinfección

Parámetro	Unidades	Valor	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Cloruros	mg/l	250	ND	1.5	2.5	2.75	27.5	28.7
Cromo hexavalente	mg/l	0.05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mercurio	mg/l	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.001
Color	U Pt – Co	20	7.7	25*	23.4*	26.1*	57.1*	84.2*
Nitratos	mg/l	10	6	4.1	<2.2	3.7	3.9	3.2
Nitritos	mg/l	1.0	0.008	0.024	0.02	0.035	0.106	0.134
pH	mg/l	6.5-8.5	7.94	7.93	7.96	7.8	9.11*	9.08*
Detergentes	mg/l	0.5	0.4	0.11*	0.16*	<0.05	<0.05	0.12*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente desinfección.

Tabla 102. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente desinfección

Parámetro	Unidades	Valor	E07	E08	E09	E10	E11	E12
Cloruros	mg/l	250	6.75	9.75	7.25	8.75	10	14.5
Cromo hexavalente	mg/l	0.05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mercurio	mg/l	0.002	0.001	-	0.001	0.001	0.001	0.001
Color	U Pt – Co	20	83.70*	14.8	49.1*	65.5*	38.2*	51.8*
Nitratos	mg/l	10	2.4	<2.2	2.5	2.4	2.7	<2.2
Nitritos	mg/l	1.0	0.136	0.108	0.074	0.106	0.08	0.126
pH	Unidades	6.5-8.5	7.85	8.22	7.85	8.51	7.95	7.87
Detergentes	mg/l	0.5	0.55	0.35	0.91*	0.95*	0.81*	1.5*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente desinfección

Haciendo la comparación con los valores de los parámetros establecidos en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente tratamiento

convencional y las que requieren solo desinfección; de los parámetros tomados en las 12 estaciones, se evidencia que el agua de esta fuente no es apta para el consumo humano, debido a que los valores principalmente el del Color Real sobre pasan los niveles en la mayoría de estaciones menos en la **E01** y la **E8**; también se observa que los valores del parámetro Detergentes superan el límite, específicamente en las estaciones (**E02, E03, E06, E09, E10, E11, E12**) esto se debe a la actividad industrial característica de la zona, los valores de pH para las estaciones (**E5 y E6**) se salen del límite establecido para ambos usos.

El Parámetro Mercurio para esta campaña en las 12 estaciones realizadas, en comparación a las anteriores, se evidencia que cumple con lo establecido en el decreto 1594 del 1984.

Tabla 103. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua agrícola.

Parámetro	Unidades	Valor	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Cromo hexavalente	mg/l	0.1	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
pH	Unidades	4.5-9.0	7.94	7.93	7.96	7.8	9.11*	9.08*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso del agua agrícola.

Tabla 104. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso agrícola del agua

Parámetro	Unidades	Valor	E07	E08	E09	E10	E11	E12
Cromo hexavalente	mg/l	0.1	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
pH	Unidades	4.5-9.0	7.85	8.22	7.85	8.51	7.95	7.87

Para calificar que un cuerpo de agua es apto para uso agrícola, la fuente debe cumplir con los valores establecidos para los 18 parámetros que se describen en el artículo 40 de este decreto, para la evaluación de la quebrada Manizales de estos 18 parámetros solo se evaluaron 2 el cromo y el pH.

Según los resultados del pH obtenido en las 12 estaciones, este sobrepasa los niveles permitidos en la estación **E05** y **E06**. En cuanto a los valores del cromo hexavalente están por debajo de 0,04 que es el valor mínimo cuantificable por el método, esto se debe a que los vertimientos generados por la actividad minera e industrial controlan este componente durante su proceso, además el cromo es liberado por industrias, como las involucradas en galvanoplastia, curtidores, metalúrgicas, producción de textiles, pintura y en la manufactura de productos en base a cromo. Las cuales son pocas en el área de influencia de la fuente de estudio.

Tabla 105. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso pecuario del agua.

Parámetro	Unidades	Valor	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Cromo hexavalente	mg/l	1.0	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mercurio	mg/l	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.001
*Nitratos + Nitritos	mg/l	100	1.357	0.933	0.502	0.846	0.912	0.763
Nitritos	mg/l	10	0.008	0.024	0.02	0.035	0.106	0.134

*El reporte de Nitritos más Nitratos se hizo en miligramos de nitrógeno por litro (mg N/L) por lo tanto para las concentraciones de nitritos y nitratos solo se presenta el porcentaje de Nitrógeno que contiene cada una, para este paso se obtuvo el peso molecular de cada una de las sustancias y se dividió el peso del nitrógeno que contiene por el de la molécula y ahí se tiene el porcentaje de cada molécula, para que cada una esté específica en solo nitrógeno.

Tabla 106. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso pecuario del agua.

Parámetro	Unidades	Valor	E07	E08	E09	E10	E11	E12
Cromo hexavalente	mg/l	1.0	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mercurio	mg/l	0.01	0.001	-	0.001	0.001	0.001	0.001
*Nitratos + Nitritos	mg/l	100	0.583	0.529	0.587	0.574	0.634	0.535
Nitritos	mg/l	10	0.136	0.108	0.074	0.106	0.08	0.126

*El reporte de Nitritos más Nitratos se hizo en miligramos de nitrógeno por litro (mg N/L) por lo tanto para las concentraciones de nitritos y nitratos solo se

presenta el porcentaje de Nitrógeno que contiene cada una, para este paso se obtuvo el peso molecular de cada una de las sustancias y se dividió el peso del nitrógeno que contiene por el de la molécula y ahí se tiene el porcentaje de cada molécula, para que cada una esté específica en solo nitrógeno.

El cromo, mercurio, nitratos y nitritos evaluados en la quebrada Manizales, están dentro de los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984 para el uso pecuario. Según los resultados obtenidos se observa que todos cumplen con el límite permisible. Se resalta el cumplimiento del límite permisible de Mercurio sobre la quebrada Manizales para esta campaña, teniendo en cuenta que en campañas anteriores presentaba concentraciones altas en dicho parámetro.

Tabla 107. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso recreativo.

Parámetro	Unidades	Valor	E01	E02	E03	E04	E05	E06
pH	mg/l	5.0-9.0	7.94	7.93	7.96	7.8	9.11*	9.08*
Detergentes	mg/l	0.5	0.4	0.11*	0.16*	<0.05	<0.05	0.12*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso recreativo.

Tabla 108. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para el uso recreativo del agua.

Parámetro	Unid.	Valor	E07	E08	E09	E10	E11	E12
pH	mg/l	5.0-9.0	7.85	8.22	7.85	8.51	7.95	7.87
Detergentes	mg/l	0.5	0.55	0.35	0.91*	0.95*	0.81*	1.5*

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de 1984 para el uso recreativo.

Según lo que se presenta en las tablas 68 y 69; y teniendo en cuenta los parámetros establecidos por el decreto para uso recreativo la quebrada Manizales sobrepasa los niveles para pH en las estaciones (**E05 y E06**) para detergentes las estaciones (**E02, E03, E06, E09, E10, E11, E12**). Para este tipo de uso también se debe tener en cuenta los Coliformes fecales y totales

parámetros que no se pudo comparar teniendo en cuenta que están expresados en la norma en unidades diferentes a las que fueron determinadas en los laboratorios (unidades diferentes) Cabe resaltar que la quebrada Manizales solo por su apariencia, olor, tipo y cantidad de vertimientos no es apta para este uso, (Recreativo).

Tabla 109. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso de preservación de flora y fauna del agua.

Parámetro	Unidades	Valor	E01	E02	E03	E04	E05	E06
pH	mg/l	5.5-9.0 (Agua fría dulce)						
		4.5-9.0 (Agua cálida dulce)	7.94	7.93	7.96	7.8	9.11*	9.08*
OD	mg/l	5.0 (Agua fría dulce)						
		4.0 (Agua cálida dulce)	6.3	6.1	6.2	5.9	5.6	5.69
Mercurio	mg/l	0.01 (Agua fría dulce)						
		0,01 (Agua cálida dulce)	0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.001

* Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores específicos dados en el decreto 1594 de1984 para el uso de preservación de flora y fauna del agua.

Tabla 110. Comparación de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso de preservación de flora y fauna del agua.

Parámetro	Unidades	Valor	E07	E08	E09	E10	E11	E12
pH	mg/l	5.5-9.0 (Agua fría dulce)						
		4.5-9.0 (Agua cálida dulce)	7.85	8.22	7.85	8.51	7.95	7.87
OD	mg/l	5.0 (Agua fría dulce)						
		4.0 (Agua cálida dulce)	6.74	5.72	6.55	6.46	6.33	5.59
Mercurio	mg/l	0,01 (Agua fría dulce)						
		0,01 (Agua cálida dulce)	0.001	-	0.001	0.001	0.001	0.001

Dentro del comparativo de las tablas 69 y 70 de los parámetros de calidad del agua con lo estipulado en el decreto 1594 de1984 para el uso de preservación de flora y fauna del agua, se observa que

en gran parte cumple con los límites permisibles, por lo que se concluye que este uso se podría potencializar, en gran parte de la quebrada Manizales.

RESOLUCION 595 DE 2016

En la siguiente tabla se presenta la comparación realizada con La resolución número 595 de Diciembre 29 de 2016 por la cual presenta el proyecto de reglamentación de vertimientos de la Quebrada Manizales, el objeto de dicha reglamentación consiste en que todos los vertimientos realizados a la Quebrada Manizales y sus principales tributarios, garanticen los usos actuales y potenciales de la quebrada como el cumplimiento de los objetivos de calidad definido en la resolución 469 del 28 de Noviembre de 2014. Cabe señalar que para dicha resolución ya se realizó el proceso de socialización con los usuarios del recurso hídrico en la microcuenca, entre el 8 y el 12 de febrero, como las visitas de campo, entre el 22 de febrero y el 18 de marzo de 2016 y que en el periodo actual se encuentra en espera para aprobación. En atención a lo anterior se deja plasmado en el ejercicio con color rojo los valores que no cumplen con los límites permisibles, considerando la importancia y la pertinencia por parte de la corporación al seguimiento de aquellos que aún no tienen proyectos de optimizaciones y planes de reconversión a tecnologías limpias en gestión de vertimientos.

Límites puntuales de vertimiento, usuarios Quebrada Manizales y Tributarios				
USUARIO - VERTIMIENTO	PARÁMETRO – LPV			
	SST (mg/l)	OD (mg O ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	CF (NMP/100 ml)
CORRIENTE TRAMO				
Q. Cimitarra				
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	100	5	10	3000
EC 01 Blanco	17	6.3	1.98	9
EC 02 Antes de Descafecol	11	6.3	1.98	22
EC 03 Antes de Acueducto la Enea	14	6.7	1.98	36X10 ¹
T 19 Vertimiento PTAR Descafecol	22	3.5	164	29X10 ²
EC 04 Antes descole Progel PTAR	26	6	9.0	26X10 ¹
T 20 Vertimiento PTAR Progel	492	4.2	725	ND
EC 05 Antes de desembocadura Quebrada Manizales	55	5.95	236	8X10 ²
Q. Tesorito				
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	250	5	10	3000
ET 01 Blanco	1176	6.46	3,6	6X10 ¹
T 25 Vertimiento Parque Industrial Juanchito	835	5.9	427	7X10 ⁴

ET 01.2 Blanco Propuesto	688	6.2	13	21X10 ¹
ET 03 Antes desembocadura Q. Manizales	838	6.8	13	42X10 ²
Q. Cristales				
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	500	5	10	20000
ECR 01 Antes Vertimiento súper	77	5.63	1.98	31X10 ¹
T 21 vertimientos súper de alimentos 2	68	2.42	3011	12X10 ²
T22 Vertimiento súper de alimentos 3	76	4.73	87	68X10 ²
ECR 02 Antes descole ARD	64	4.97	300	13X10 ²
ECR 03 Antes desembocadura Quebrada Manizales	75	5.33	440	15X10 ²
Q. Manizales				
Tramo 1. (Nacimiento- desembocadura Q. Cimitarra)				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mg O2/l)	DBO5 (mgO2/l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	230	5	15	5000
E 1 Blanco	107	6.3	1.8	3
T 1 Vertimiento Mina la Cascada				
T 2 Vertimiento Mina la Coqueta	533	6.1	1.98	63X10 ²
E 2 Antes de la quebrada Chuscales	126	6.1	1.98	9X10 ²
T 3 Q. Chuscales	17	6	2	2X10 ¹
E 3 Antes de Bocatoma Acueducto la Enea	128	6.2	1.98	5X10 ¹
E 4 Despues de Bocatoma Acueducto la Enea	123	5.9	1.98	2
Tramo 2 (Desembocadura Q. Cimitarra - Desembocadura Q. Tesorito) 4				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mg O2/l)	DBO5 (mgO2/l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	100	5	30	3000
MAN EC05 Antes desembocadura Q. Manizales	55	5.95	236	8X10 ²
T 4 Vertimiento parque industrial Malteria				
E 5 Antes Quebrada Santa Rita	298	5.6	322	9X10 ³
T 5 Quebrada Santa Rita	15	5.2	7	51X10 ³
E 6 Antes Q. Tesorito	201	5.69	284	8X10 ³
Tramo 3 (Desembocadura Q. tesorito- desembocadura Q. Cristales) 7,8,9,10,11				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mg O2/l)	DBO5 (mgO2/l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	500	5	15	5000
MAN-ET03 Antes Desembocadura Q. Manizales	838	6.08	13	42X10 ²

T 6 Q. Universitaria	23	5.51	9	10X10 ⁴
E 7 Antes de Industria Licorera de Caldas	620	6.74	73	21X10 ²
T 7 Vertimiento PTAR ILC				
T 8 Vertimiento ILC				
E 8 Antes Q. Guayabal	670	5.72	46	9X10 ³
T 9 Q. guayabal	37	5.2	2	6X10 ¹
E 9 Puente Verдум	434	6.55	57	10X10 ³
T 10 Puente Verдум	605	5	272	4X10 ⁵
T 11 Vertimiento súper de alimentos	103	0.95	352	10X10 ³
MAN- ETB02 Desembocadura Q. Manizales	149	5.25	13	46X10 ²
T 12 vertimiento Toptec	395	3.8	527	27X10 ⁵
E 10 Antes Q. Cristales	356	6.46	56	7X10 ²
Tramo 4 (Desembocadura Q. Cristales -desembocadura en R. Chinchiná)				
USUARIO - VERTIMIENTO	SST (mg/l)	OD (mg O ₂ /l)	DBO5 (mgO ₂ /l)	CF (NMP/100 ml)
Todos los usuarios que generan vertimientos en esta corriente	500	5	10	20000
MAN-ECR03 Antes desembocadura Q. Manizales	75	5.33	440	15X10 ²
T 13 Q. 2615-002-098-001	24	6.2	6	8X10 ²
T 14 Vertimiento Toptec 3 Lavandería	29	2.5	75	3X10 ⁴
T 15 Q. Sin nombre 2 - Recibe ARD	116	5.4	22	21x10 ⁵
E 11 Antes descole la Enea	404	6.33	66	6X10 ²
T 16 Descole ARD La Enea 1	246	4.6	372	36X10 ⁵
T 17 Descole ARD La Enea 2	<LCM	5.6	<LCM	3X10 ²
E 12 Antes de la desembocadura Rio Chinchiná	374	5.59	100	12X10 ⁵

*Los parámetros en rojo no cumplen con los criterios de valores límites permisibles específicos dados en el **decreto 595 de 2016**.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

❖ ESTADO ACTUAL DE LA RED DE MONITOREO

En el presente estudio emitido como informe final de la red de monitoreo de calidad del agua sobre la quebrada Manizales para el periodo del primer semestre del año 2018, ejecutado y desarrollado por la ONG SAC (servicios ambientales de caldas), se determinó el estado actual con respecto a la calidad y cantidad del agua de la quebrada Manizales, estudio derivado a partir de la recolección de información primaria en las campañas de monitoreo desarrolladas, donde se midieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cada una de las estaciones y tributarios de la red de monitoreo establecida por CORPOCALDAS.

Se realizó el Monitoreo a 48 estaciones, 25 estaciones sobre la quebrada Manizales y 23 estaciones sobre los tributarios, adicional a las 48 estaciones, se identificaron dos vertimientos correspondientes a la empresa Toptec, se encontró que el vertimiento de la mina la Cascada fue trasladado aguas abajo de la bocatoma del acueducto la Enea, los vertimientos de la empresa Industria Licorera de Caldas no se encontraron activos para esta campaña, debido a que no se están realizando procesos de destilación de alcohol en sus instalaciones.

Durante el desarrollo de las campañas de monitoreo se presentaron algunas lluvias, lo que pudieron influir en un aumento de caudal, y así mismo en la dilución y transporte de contaminantes sobre la quebrada, adicionalmente el aporte de caudal por la entrada de vertimientos a lo largo de la quebrada y posibles infiltraciones, hecho que se ve reflejado en los resultados como un aumento de caudal desde la primera estación monitoreada MAN-E01, hasta la última estación MAN-E12, comportamiento similar desde que se presentan los primeros estudios sobre la quebrada, para el año 2008 la estación MAN-E01 registró un caudal de $0.055 \text{ m}^3/\text{s}$ y en el año 2018 de $0,082 \text{ m}^3/\text{s}$, para la estación MAN-E12 en el año 2008 se registró un caudal de $1,17 \text{ m}^3/\text{s}$, y en el 2018 $1,61 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sobre la quebrada Manizales actualmente se realiza una intervención significativa que causa una modificación del caudal, esta corresponde a la captación de agua realizada por parte del Acueducto la Enea entre las estaciones MAN-E04 y MAN-E05, donde el caudal disminuye aproximadamente en un 50%, pasando de un caudal de 0.3761 a 0.1997 m³/seg en dichas estaciones. Las siguientes intervenciones sobre el caudal de la quebrada se atribuyen los vertimientos directos y las quebradas que ingresan a la fuente, hecho evidenciado en los resultados obtenidos, donde la quebrada en la estación MAN-E01 inicia con un caudal de 0.084 m³/seg y termina en la estación MAN-E12 con un caudal 1.6197 m³/seg.

El aumento o disminución significativa en el caudal sobre la quebrada Manizales, influye directamente en los procesos de dilución y autodepuración por lo que es una variable determinante en el análisis del impacto de las cargas contaminantes vertidas sobre la quebrada.

❖ ÍNDICES DE CALIDAD

Para interpretar de mejor manera los resultados obtenidos y tener una clasificación más acertada de las condiciones de la calidad del agua de la quebrada Manizales, se utilizaron los índices de calidad (ICA IDEAM, ICA CETESB) y los índices de contaminación (ICOMO, ICOMO e ICOSUS), donde se articulan las variables de calidad y cantidad, de esta forma se predice de forma más aproximada el estado de la quebrada Manizales, lo que arrojó:

La quebrada Manizales según la calificación del ICA IDEAM, indicador que se calcula a partir de las variables: DQO, DBO₅, CF, OD, Turb, ST, Ph, Cond, NT, PT; presentó calidad **Regular** desde la estación MAN-E01 hasta la estación MAN-E04, desde la estación MAN-E05 hasta la estación MAN-E012 presenta calidad **Mala**; esta calificación se atribuye a las cargas contaminantes aportadas por los tributarios sobre la corriente, que en su gran mayoría corresponden a vertimientos de aguas residuales no domésticas generadas en la zona industrial de Malteria, que modifican considerablemente las condiciones de la calidad del agua sobre la quebrada Manizales.

Para el caso del ICA CETESB, indicador que se calcula a partir de las variables: DBO5, CF, OD, Turb, ST, Ph, NT Y PT , presenta calidad **Buena** en la estación MAN-E01y MAN-E03, **Regular** en la estación MAN-E02, **Excelente** en la estación MAN-E04, **Mala** desde la estación MAN-E05 a la estación MAN-E11 y **Pésima** en la estación MAN-E12; se observa que para este índice en las primeras estaciones la calidad del agua es buena pasando a regular una vez recibe el vertimiento de la mina La Cascada, ya que la mina La Coqueta traslado su vertimiento aguas debajo de la bocatoma del acueducto de la Enea, luego se recupera obteniendo una calificación de excelente debido al ingreso de la quebrada Chuscales, finalmente termina con calificación de mala a pésima, debido a la las cargas contaminantes aportadas por los tributarios sobre la corriente, que en su gran mayoría corresponden a vertimientos de aguas residuales no domésticas generadas en la zona industrial de Malteria, que modifican considerablemente las condiciones de la calidad del agua sobre la quebrada Manizales.

Con respecto a los índices de contaminación se obtuvo que para el índice de contaminación orgánico (ICOMO), este indicador que se calcula a partir de las variables: CT, OD, DBO₅. El índice de contaminación arroja una clasificación de **Muy Baja** en la estación MAN-E01, después de la estación MAN-E02 donde recibe el vertimiento de la mina La Coqueta, en la estación MAN-E05 que ocurre la disminución el caudal por la captación del Acueducto La Enea, la entrada de la quebrada Cimitarra y los demás aportes que generan los demás vertimientos, la clasificación se convierte en **Alta**, lo que indica que la calidad del agua finalmente en la estación MAN-E12 es mala.

En el caso del índice de contaminación por sólidos suspendidos totales (ICOSUS), este indicador que se calcula a partir de la variable de sólidos suspendidos Totales, en la quebrada Manizales arroja una clasificación de contaminación **Muy baja** en las primeras cuatro estaciones, después de la estación MAN-E05, cambia a **Muy alta**, indicando alta contaminación por aporte de sólidos suspendidos totales en la corriente.

En último indicador calculado es el índice de contaminación por minerales (ICOMI), que se calcula a partir de la variables, Dureza y Alcalinidad, para este se observa que la clasificación en las primeras cuatro estaciones se mantiene en **Muy baja**, en la estación MAN-E05 cambia a una clasificación **Alta**, teniendo en cuenta que en este tramo recibe el vertimiento de la mina La Coqueta y disminuye su caudal por la captación del Acueducto la Enea, se mantiene en un a clasificación **Media**, hasta la estación MAN- E09, en la estación MAN-E11 se convierte en **Alta**, esto se debe al aporte recibido por los vertimientos de la empresa TopTec y los descooles de aguas residuales domésticas del barrio la Enea, finalmente en la estación MAN-E12 logra recuperarse y alcanzar una clasificación **Baja**.

A partir de los resultados obtenidos en el cálculo de los índices de calidad es evidente que la quebrada Manizales pierde calidad, a medida que va recibiendo cargas contaminantes en cada tramo, las cuales impactan directamente el cuerpo de agua, y finalmente se genera un efecto negativo en la calidad del agua de la quebrada.

Los índices de calidad también fueron calculados para las quebradas que tributan a la quebrada Manizales, con el fin de determinar la calidad del agua de cada una antes de desembocar a la quebrada; se tiene que para estos resultados el **ICA IDEAM**, en las quebradas Cimitarra, Cristales, Tesorito y 2615-002-098-003, arroja una clasificación de **Mala** calidad antes de desembocar a la quebrada Manizales, para el caso del ICA CETESB, las quebradas Cimitarra y Cristales obtienen una clasificación de **Mala** calidad, las quebradas Tesorito y 2615-002-098-003, reciben una clasificación de **Regular**, es de esperarse ya que las quebradas Cimitarra y Cristales son las que reciben los aportes de contaminantes más fuertes.

Para los índices de contaminación se tiene que para el ICOSUS, la quebrada Cimitarra recibe una clasificación de contaminación **Muy Baja**, la quebrada Cristales una clasificación **Baja**, la quebrada Tesorito **Muy Alta**, y la quebrada 2615-002-098-003 una clasificación **Media**, se tiene que cada una de las quebradas recibe aportes de cargas contaminantes por los diferentes tributarios, se observa que la quebrada Tesorito presenta la calificación más

alta lo que puede atribuirse a las cargas en sólidos suspendidos aportadas por el tributario principal vertimiento del Parque industrial Juanchito, adicional a esto la quebrada en esta campaña de monitoreo arrojo resultados altos de sólidos suspendidos totales desde la primera estación.

En el cálculo del ICOMO, la quebrada Cimitarra recibe una clasificación de contaminación **Media**, la quebrada Cristales una clasificación **Alta**, la quebrada Tesorito **Media**, y la quebrada 2615-002-098-003 una clasificación **Media**, se observa que la quebrada Tesorito presenta la calificación más alta lo que puede atribuirse a los vertimientos de la empresa Súper de alimentos, que aportan una concentración alta en los parámetros de DBO₅ y DQO.

En el cálculo del ICOMI, la quebrada Cimitarra recibe una clasificación de contaminación **Media**, la quebrada Cristales una clasificación **Media**, la quebrada Tesorito **Muy baja**, y la quebrada 2615-002-098-003 una clasificación **Media**, se observa que en este índice se mantienen en un nivel medio en la mayoría de los casos, por lo que se puede concluir que no se genera un gran aporte en los parámetros de Dureza y Alcalinidad, por parte de las industrias.

A partir de los resultados obtenidos para las quebradas se concluye que los índices de contaminación tienen una relación con el ICA teniendo en cuenta que arrojaron clasificaciones de Regular y Mala, calculado en cada uno de los casos, teniendo en cuenta las características de cada fuente y las cargas contaminantes que reciben, y que finalmente se observa que todas las quebradas antes de desembocar a la quebrada Manizales cuentan con calificaciones en la mayoría de los casos Media, lo que demuestra que en cierta forma están generando un impacto sobre la calidad del agua de la quebrada.

❖ **OBJETIVOS DE CALIDAD**

Otro análisis realizado dentro de este estudio está relacionado con los objetivos de calidad planteados como estrategia para la protección de la quebrada Manizales, y garantizar su calidad de acuerdo al uso, estos objetivos están establecidos en la Resolución No. 469 del 2014 de

CORPOCALDAS. La quebrada Manizales está dividida en cuatro tramos objeto de estudio, por lo tanto se refirió el análisis con respecto a cada uno de los tramos.

En la evaluación de la calidad del agua se observó que se dio cumplimiento al objetivo de calidad establecido en la resolución No.469 de 2014 para el oxígeno disuelto (5mg/l), se mantuvo hasta el último tramo de la quebrada, se observó que la quebrada a pesar de recibir altas cargas contaminantes, como aportes en DBO_5 de 807 mg/l, finalmente terminó con una DBO_5 de 100 mg/l.

Para el primer tramo de la quebrada se da cumplimiento al objetivo de calidad correspondiente al Oxígeno disuelto y a la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 , en el caso del objetivo planteado para los Sólidos Suspendidos Totales no se está dando cumplimiento aunque para esta campaña de monitoreo este parámetro arroja una concentración de 123 mg/l, siendo el objetivo una concentración de 100 mg/l, esto puede verse relacionado con el cambio del punto de vertimiento de la mina La Cascada, ya que este tipo de vertimiento genera un gran aporte de sólidos a la quebrada, hecho evidenciado en estudios anteriores.

Para el segundo tramo de la quebrada se da cumplimiento al objetivo de calidad correspondiente al Oxígeno disuelto, en el caso de los objetivos planteados para la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 , y los Sólidos Suspendidos Totales, no se da cumplimiento; se observa que la quebrada sufre un cambio drástico en estos parámetros ya que en la última estación del tramo I termina con una concentración de DBO_5 1.98 mg/l y SST de 123 mg/l, y la última estación en el tramo II termina con una concentración de DBO_5 284 mg/l y SST de 201 mg/l, lo que indica que los tributarios en este tramo están generando un gran impacto en la calidad del agua de la quebrada.

Para el tercer tramo las estaciones de la quebrada se da cumplimiento al objetivo de calidad correspondiente al Oxígeno disuelto, en el caso de los objetivos planteados para la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 , y los Sólidos Suspendidos Totales, no se da cumplimiento; se observa que la

quebrada trata de recuperarse con respecto a la concentración que trae en DBO₅ alcanzando una concentración de 56 mg/l, para la concertación de SST se observa un comportamiento creciente desde el primer tramo hasta el tercer tramo, lo que indica que en este tramo aún la quebrada no se recupera y sigue siendo contaminada con las cargas aportadas por los tributarios.

Para el cuarto tramo las estaciones de la quebrada se da cumplimiento al objetivo de calidad correspondiente al Oxígeno disuelto, en el caso de los objetivos planteados para la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅, y los Sólidos Suspendidos Totales, no se da cumplimiento; se observa que la quebrada incrementa su concentración con respecto a la DBO₅ alcanzando una concentración de 100 mg/l, para la concertación de SST se observa un comportamiento creciente desde el primer tramo hasta el cuarto tramo iniciando con una concentración de 123 mg/l, terminando con 374 mg/l, lo que indica que en este tramo aún la quebrada no se recupera y sigue siendo contaminada con las cargas aportadas por los tributarios específicamente por le vertimiento Foodex y el vertimiento industrial de la empresa Toptec, afectando notablemente la calidad del agua.

En el caso del objetivo de calidad establecido para el Oxígeno disuelto (5mg/l), se observó cumplimiento en todas de las estaciones sobre la quebrada Manizales, lo que puede indicar que se dan condiciones de aireación y procesos de autodepuración sobre la quebrada, a pesar de la variación en la concentración de los parámetros de DBO₅ y SST.

La afectación identificada y evidenciada sobre la quebrada Manizales, está asociado con las intervenciones realizadas sobre la misma, donde uno de los factores determinantes son los vertimientos de los procesos industriales de la zona, que llegan a la quebrada con concentraciones altas en algunos de los parámetros, hecho que se ve reflejado en el incumplimiento a la normatividad ambiental vigente en materia de vertimientos, la Resolución No.631 de 2015; si bien se ha considerado un periodo de transición para que las industrias optimicen sus procesos de tratamiento y den cumplimiento a

los límites permisibles en sus vertimientos, se observa que aún no se da cumplimiento, esto se debe a que la norma es exigente frente a la disposición de aguas residuales a fuentes de agua superficial, sin embargo, CORPOCALDAS viene realizando actividades de seguimiento y la evaluación donde se presentan las estrategias de cada usuario frente a la situación mencionada, esto con ánimo de recuperar o mejorar calidad del agua sobre la quebrada Manizales.

❖ RESOLUCIÓN 631

Desde la implementación de la resolución como norma vigente para el manejo de vertimientos en el año 2015, CORPOCALDAS ha diseñado estrategias de seguimiento y cumplimiento enfocadas a cada industria que influencia la microcuenca de la quebrada Manizales; en el presente estudio se realiza un comparativo de cumplimiento, donde se evidencia que hay un avance en cuanto a remoción de contaminantes pero aún no se alcanzan los valores máximo permisibles exigidos.

❖ ANÁLISIS HISTÓRICO

De manera general se observó que la quebrada Manizales ha ido recuperando la calidad del agua a través del tiempo, eso se atribuye a varios factores, como: la ausencia de algunos tributarios sobre la fuente, como es el caso de los vertimientos de la Industria Licorera de Caldas, que aportaban una gran carga contaminante, el vertimiento de la empresa Surtipieles, que en la actualidad no se encuentra activo; y la optimización de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales generadas dentro de las industrias, han ayudado a que la quebrada mejore la calidad del agua.

❖ **Finalmente se realizan las recomendaciones para los próximos estudios:**

- Revisión y confirmación de los permisos de vertimientos otorgados por CORPOCALDAS, teniendo en cuenta las modificaciones que se presentan en la localización de puntos de vertimiento y optimización de sistemas tratamiento, adiciona a esto nuevos puntos que se adicionen a los permisos actuales o a nuevas solicitudes.
- Se sugiere a la SE y SA, que dentro de los procesos de seguimiento de permisos de vertimientos, se realicen acciones enfocadas a Fortalecer las herramientas de evaluación y seguimiento, con el fin de identificar el proceso que han llevado las industrias en su optimización de sistemas de tratamiento, tecnologías limpias y demás estrategias, para el cumplimiento de la normativa ambiental, lo cual se ve reflejado en el comportamiento de la fuente, demostrado por este estudio, y así mismo tomar acciones correctivas sobre situaciones recurrentes. Así como evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad, y plantear estrategias para el cumplimiento de los mismos, teniendo en cuenta que es una labor articulada con los principales actores de la contaminación sobre la quebrada Manizales.
- Eliminar la estación MAN-ETB01 antes del vertimiento Foodex, punto de muestreo sobre la quebrada 2615-002-098-003, teniendo en cuenta que el vertimiento de la empresa Foodex, no se realiza actualmente sobre esta quebrada, sino que se realiza a la quebrada Manizales, no hay un vertimiento significativo entre las dos estaciones existentes sobre la quebrada, por lo tanto no es necesaria su medición.
- Se propone adicionar los dos vertimientos identificados dentro de la empresa Toptec, un punto que corresponde a aguas residuales no domésticas generadas en las actividades realizadas dentro de la empresa, en este informe se reportó como (MAN-T14.1), y el otro punto corresponde a las aguas provenientes del autoclave, en este estudio no se tomó muestra debido a que no se encontró en funcionamiento.

- Evaluar la posibilidad de realizar una modelación de calidad del agua sobre la quebrada Manizales, con el fin de identificar los escenarios posibles bajo el impacto de los vertimientos realizados sobre esta.
- Evaluar factores que interactúan de forma permanente y en este estudio no se analizan, como los son: ciclo hidrológico, balance hídrico, escorrentía superficial, rendimiento hídrico, régimen hidrológico, disponibilidad hídrica natural y caudal ambiental. Lo que puede dar un análisis más completo sobre el comportamiento de la cantidad del agua en la Quebrada Manizales.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambiental, G. D.-C. (2008). *Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo*. São Paulo: Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

Biodiversidad, M. d. (2014). *Plan Estandarizado de Muestreos de Calidad de Agua Superficial Proyecto Monitoreo de Calidad de Aguas - Provincia de Misiones*. Misiones: Dr. Nahuel F. Schenone.

Libro blanco del agua. (2000). *Libro blanco del agua*. España: Centro de publicaciones secretaría general técnica Ministerio de medio Ambiente.

Sandí, W. B. (Diciembre de 2008). Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica". 2008. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

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 de Caldas, CORPOCALDAS y Universidad del Caldas. Hojas metodológicas de los indicadores propuestos para calidad del agua superficial. Manizales. Departamento de Caldas.

Von Sperling, M. (2005). Introducción a la calidad del agua y al tratamiento de aguas residuales. Universidad de Federal de Minas Gerais.

Vásquez G. (2009). Calidad de las aguas naturales epicontinentales con base en su caracterización físico-química. Caudal Ambiental, conceptos, experiencias y desafíos. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali.

14. ANEXOS

1. Cronograma de monitoreo
2. Fichas técnicas
3. Tablas de resultados y resultados de laboratorio
4. Registro Fotográfico
5. Tabulación
6. Valores históricos
7. Planos



