



RED DE MONITOREO DEPARTAMENTAL

CONVENIO 189 DE 2019

INFORME SEMESTRE I

2020



Universidad
Tecnológica
de Pereira



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS – CORPOCALDAS

Director

Dr. Juan David Arango Gartner

Supervisor

Ana Lucía Rosero

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

Director

Dr. Ingeniero Diego Paredes cuervo

Pereira, diciembre de 2020

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

Director

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

Equipo Técnico

<i>Cristhian Alfredo Galeano León</i>	<i>Químico Industrial, MSc. (C) Ecotecnología</i>

<i>Jenny Adriana García Palacio</i>	<i>Administradora Ambiental, MSc. Ecotecnología; Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales</i>

<i>Ana María Buitrago Ramírez</i>	<i>Administradora Ambiental, MSc. (C) Gestión de Recursos Hídricos</i>

<i>John Mario Mosquera Calle</i>	<i>Químico Industrial</i>

<i>Juan Carlos Sierra Ríos</i>	<i>Administrador Ambiental, Magister en Sistemas de Información Geográfica</i>

<i>Jonathan Correa Ladino</i>	<i>Técnico en Producción Agrícola</i>

<i>Luis Fernando Prieto Lozano</i>	<i>Técnico en Control Ambiental</i>

<i>Juan Lavid Ramírez</i>	<i>Técnico en Agua Potable y Saneamiento</i>

Pereira, Colombia

Diciembre de 2020

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	25
1. OBJETIVOS	27
1.1. Objetivo general	27
1.2. Objetivos específicos	27
2. METODOLOGÍA	27
2.1. Revisión de información	27
2.2. Planificación campaña de monitoreo	29
2.2.1. Estaciones de monitoreo	29
2.2.2. Ensayos determinados en campo	31
2.2.3. Ensayos determinados en laboratorio	32
3. RESULTADOS CAMPAÑA DE MONITOREO RED DEPARTAMENTAL DE CALDAS	33
3.1. CUENCA RÍO RISARALDA	33
3.1.1. Municipio Anserma	33
3.1.2. Municipio de Risaralda	58
3.1.3. Municipio de Belalcázar- Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia	70
3.1.4. Municipio de San José- Quebrada La Habana	81
3.1.4.1 Campaña de monitoreo municipio de San José – Quebrada La Habana. 82	
3.1.4.2 Ensayos in-situ	83
3.1.4.3 Resultado ensayos de laboratorio	83
3.1.4.4 Variación histórica de la calidad del agua municipio de San José .	85
3.1.4.5 Índices de calidad y contaminación del agua	87
3.1.4.6 Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	91
3.1.4.7 Conclusiones	92
3.1.5 Municipio Viterbo – Río Risaralda	93
3.1.5.1. Campaña de monitoreo municipio de Viterbo – Río Risaralda	94
3.1.5.2. Ensayos in situ	95
3.1.5.3. Resultado ensayos de laboratorio	95

3.1.5.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Viterbo	96
3.1.5.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	98
3.1.5.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	103
3.1.5.7.	Conclusiones	104
3.2	CUENCA AFERENTES DIRECTOS AL CAUCA OCCIDENTE	105
3.2.2	Municipio de Belalcázar- Quebradas 2617-124-011 y Montevideo..	105
3.2.3	Municipio de San José - Q. 2614-001-046-009 y Changüí	117
3.2.3.	Municipio de Marmato	128
3.2.4.	Municipio de Riosucio	154
3.2.4.1.	Campaña de monitoreo municipio de Riosucio	156
3.2.4.2.	Ensayos in-situ	157
3.2.4.3.	Resultado ensayos de laboratorio	157
3.2.4.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Riosucio.	159
3.2.4.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	162
3.2.4.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	167
3.2.4.7.	Conclusiones	169
3.2.5.	Municipio de Supía	169
3.2.5.1.	Campaña de monitoreo municipio de Supía.....	171
3.2.5.2.	Ensayos in-situ	172
3.2.5.3.	Resultado ensayos de laboratorio	172
3.2.5.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Supía	174
3.2.5.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	177
3.2.5.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	184
3.2.5.7.	Conclusiones	185
3.3.	CUENCA RÍO GUARINO	186
3.3.1.	Municipio de Manzanares	186
3.3.1.1.	Campaña de monitoreo municipio de Manzanares	187
3.3.1.2.	Ensayos in situ	188
3.3.1.3.	Resultado ensayos de laboratorio	188
3.3.1.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Manzanares	

3.3.1.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	192
3.3.1.6.	Objetivos de Calidad - Resolución 239 de 2007	196
3.3.1.7.	Conclusiones	197
3.3.2.	Municipio de Marulanda	198
3.3.2.1.	Campaña de monitoreo municipio de Marulanda	199
3.3.2.2.	Ensayos in situ	200
3.3.2.3.	Resultados de ensayos de laboratorio	200
3.3.2.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Marulanda 202	
3.3.2.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	203
3.3.2.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	207
3.3.2.7.	Conclusiones	208
3.3.3.	Municipio de Victoria	209
3.3.3.1.	Campaña de monitoreo municipio de Victoria	210
3.3.3.2.	Ensayos In Situ	211
3.3.3.3.	Resultados de ensayos de laboratorio	211
3.3.3.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Victoria ..	213
3.3.3.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	216
3.3.3.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	221
3.3.3.7.	Conclusiones	222
3.3.4.	Municipio Marquetalia	223
3.3.4.1.	Campaña de monitoreo municipio de Marquetalia - Q. Minitas	224
3.3.4.2.	Ensayos in situ	225
3.3.4.3.	Resultado ensayos de laboratorio	225
3.3.4.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Marquetalia 226	
3.3.4.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	228
3.3.4.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007	233
3.3.4.7.	Conclusiones	234
3.4.	CUENCA RÍO SAMANÁ SUR	234
3.4.1.	Municipio de Norcasia	234

3.4.1.1.	Campaña de monitoreo municipio de Norcasia.....	236
3.4.1.2.	Ensayos in-situ	237
3.4.1.3.	Resultado ensayos de laboratorio	238
3.4.1.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Norcasia	239
3.4.1.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	242
3.4.1.6.	Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007.....	247
3.4.1.7.	Conclusiones.....	250
3.4.2.	Municipio de Pensilvania	251
3.4.2.1.	Campaña de monitoreo municipio de Pensilvania.....	252
3.4.2.2.	Ensayos in situ	253
3.4.2.3.	Resultado ensayos de laboratorio	253
3.4.2.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Pensilvania 255	
3.4.2.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	257
3.4.2.6.	Objetivos de Calidad según la Resolución 239 de 2007	261
3.4.2.7.	Conclusiones.....	262
3.4.3.	Municipio de Samaná	263
3.4.3.1.	Campaña de monitoreo municipio de Samaná.....	264
3.4.3.2.	Ensayos in situ	265
3.4.3.3.	Resultados de ensayos de laboratorio	266
3.4.3.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Samaná .	269
3.4.3.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	275
3.4.3.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007.....	282
3.4.3.7.	Conclusiones.....	283
3.5.	CUENCA AFERENTES DIRECTOS AL CAUCA ORIENTE	285
3.5.1.	Municipio de Aránzazu	285
3.5.1.1.	Campaña de monitoreo municipio de Aránzazu	286
3.5.1.2.	Ensayos in-situ	287
3.5.1.3.	Resultado ensayos de laboratorio	288
3.5.1.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Aránzazu	290
3.5.1.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	296

3.5.1.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007	300
3.5.1.7.	Conclusiones	303
3.5.2.	Municipio de Filadelfia	304
3.5.2.1.	Campaña de monitoreo municipio de Filadelfia.....	305
3.5.2.2.	Ensayos in-situ	306
3.5.2.3.	Resultado ensayos de laboratorio	306
3.5.2.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Filadelfia	308
3.5.2.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	311
3.5.2.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007	316
3.5.2.7.	Conclusiones	317
3.5.3.	Campaña de monitoreo municipio de La Merced	318
3.5.3.1.	Campaña de monitoreo municipio de La Merced	319
3.5.3.2.	Ensayos in-situ	320
3.5.3.3.	Resultado ensayos de laboratorio	321
3.5.3.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de La Merced	324
3.5.3.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	332
3.5.3.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007	336
3.5.3.7.	Conclusiones	338
3.5.4.	Municipio de Neira	339
3.5.4.1.	Campaña de monitoreo municipio de Neira	340
3.5.4.2.	Ensayos in-situ	341
3.5.4.3.	Resultado ensayos de laboratorio	341
3.5.4.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Neira.....	343
3.5.4.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	345
3.5.4.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007	347
3.5.4.7.	Conclusiones	348
3.5.5.	Municipio de Pácora	349
3.5.5.1.	Campaña de monitoreo municipio de Pácora.....	350
3.5.5.2.	Ensayos in-situ	351
3.5.5.3.	Resultado ensayos de laboratorio	351

3.5.5.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Pácora ...	353
3.5.5.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	356
3.5.5.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007	361
3.5.5.7.	Conclusiones	362
3.5.6.	Municipio de Salamina.....	363
3.5.6.1.	Campaña de monitoreo municipio de Salamina	364
3.5.6.2.	Ensayos in situ	365
3.5.6.3.	Resultado ensayos de laboratorio	365
3.5.6.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Salamina	367
3.5.6.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	369
3.5.6.6.	Objetivos de Calidad - Resolución 239 de 2007	373
3.5.6.7.	Conclusiones	374
3.6.	Cuenca Río Arma	375
3.6.1.	Municipio de Aguadas	375
3.6.1.1.	Campaña de monitoreo municipio de Aguadas.....	376
3.6.1.2.	Ensayos in-situ	377
3.6.1.3.	Resultado ensayos de laboratorio	377
3.6.1.4.	Variación histórica de la calidad del agua municipio de Aguadas	379
3.6.1.5.	Índices de calidad y contaminación del agua	382
3.6.1.6.	Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007	387
3.6.1.7.	Conclusiones	388
3.7.	MONITOREO DE CALIDAD POMCA RIO TAPIAS.....	389
3.7.1.	Ubicación de la zona de estudio	389
3.7.2.	Río Pozo (2616-063)	390
3.7.2.1.	Análisis monitoreo año 2020	391
3.7.2.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	392
3.7.3.	Río Chamberí (2616-063-080).....	396
3.7.3.1.	Análisis monitoreo año 2020	396
3.7.3.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	397
3.7.4.	Quebrada Pocito (2616-063-080-047)	399

3.7.4.1.	Análisis monitoreo año 2020	399
3.7.4.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	400
3.7.5.	Quebrada Aliñaderos (2616-036-054)	401
3.7.5.1.	Análisis monitoreo año 2020	402
3.7.5.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	402
3.7.6.	Quebrada Soledad (2616-036-056).....	404
3.7.6.1.	Análisis monitoreo año 2020	404
3.7.6.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	405
3.7.7.	Río Pácora (2616-036)	406
3.7.7.1.	Análisis monitoreo año 2020	407
3.7.7.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	408
3.7.8.	Quebrada Guarbarada (2616-036-025)	410
3.7.8.1.	Análisis monitoreo año 2020	410
3.7.8.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	411
3.7.9.	Quebrada La Mica (2636-036-034).....	413
3.7.9.1.	Análisis monitoreo año 2020	413
3.7.9.2.	Análisis comparativo años 2020-2018.....	413
3.7.10.	Quebrada Bareño (2616-036-029)	414
3.7.10.1.	Análisis monitoreo año 2020	414
3.7.10.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	415
3.7.11.	Río Tapias (2616-114).....	416
3.7.11.1.	Análisis monitoreo año 2020	417
3.7.11.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	418
3.7.12.	Quebrada La Honda (2616-114-001)	423
3.7.12.1.	Análisis monitoreo año 2020	423
3.7.12.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	424
3.7.13.	Quebrada Sardinas (2616-114-008-024).....	429
3.7.13.1.	Análisis monitoreo año 2020	429
3.7.13.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	429
3.7.14.	Quebrada Zabaleta (2616-14-001-011).....	431

3.7.14.1.	Análisis monitoreo año 2020	431
3.7.14.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	432
3.7.15.	Quebrada Llanogrande (2616-123)	433
3.7.15.1.	Análisis monitoreo año 2020	434
3.7.16.	Quebrada la Frisolera (2616-036)	434
3.7.16.1.	Análisis monitoreo año 2020	435
3.7.16.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	436
3.7.17.	Quebrada El Palo	440
3.7.17.1.	Análisis monitoreo año 2020	440
3.7.17.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	441
3.7.18.	Quebrada Despensas.....	444
3.7.18.1.	Análisis monitoreo año 2020	444
3.7.18.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	445
3.7.19.	Quebrada Doctrinas	447
3.7.19.1.	Análisis monitoreo año 2020	447
3.7.19.2.	Análisis comparativo años 2020-2018	448
4.	CONCLUSIONES	451
5.	BIBLIOGRAFIA	466
6.	ANEXOS	468

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Anserma</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada Cauya</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada San Pedro</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4. Perfil histórico de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales el Río Risaralda.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5. Resultados históricos ICA- IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Anserma.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 6. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Anserma.....</i>	<i>50</i>

<i>Figura 7. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo en la quebrada Cauya</i>	<i>51</i>
<i>Figura 8. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo en la quebrada en la San Pedro.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 9. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo en el Río Risaralda.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 10. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Anserma</i>	<i>54</i>
<i>Figura 11. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Risaralda</i>	<i>59</i>
<i>Figura 12. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para quebrada Lázaro-estación 616-E02.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 13. Resultados históricos ICA- IDEAM para la estación 616-E02 municipio de Risaralda</i>	<i>65</i>
<i>Figura 14. Resultados históricos ICA- CETESB para la estación 616-E02 municipio de Risaralda estación</i>	<i>66</i>
<i>Figura 15. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de la estación de monitoreo Quebrada Lázaro</i>	<i>67</i>
<i>Figura 16. Resultados históricos ICOTRO estación de monitoreo quebrada Lázaro municipio de Risaralda. ..</i>	<i>68</i>
<i>Figura 17. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Belalcázar.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 18. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada 2614-001-022-004 y Betulia, municipio Belalcázar.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 19 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 20 Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicada las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 21 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 22 Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 23 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de San José.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 24. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para las estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 25. Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, Municipio de San José</i>	<i>88</i>
<i>Figura 26. Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, municipio de San José.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 27. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, municipio de San José.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 28. Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada la habana, municipio de San José.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 29. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02 ubicadas en el municipio de Viterbo, Caldas.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 30 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Risaralda, municipio Viterbo.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 31 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Risaralda, municipio de Viterbo.....</i>	<i>100</i>

<i>Figura 32 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Viterbo.</i>	100
<i>Figura 33 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo del río Risaralda.</i>	101
<i>Figura 34 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Viterbo.</i>	102
<i>Figura 35. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Belalcázar.</i>	106
<i>Figura 36. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.</i>	111
<i>Figura 37 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.</i>	111
<i>Figura 38 Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.</i>	112
<i>Figura 39 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.</i>	114
<i>Figura 40 Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.</i>	115
<i>Figura 41 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de San José.</i>	117
<i>Figura 42 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para las estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.</i>	122
<i>Figura 43. Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.</i>	123
<i>Figura 44. Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicada las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.</i>	124
<i>Figura 45. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.</i>	125
<i>Figura 46. Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.</i>	126
<i>Figura 47. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Marmato</i>	130
<i>Figura 48. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada Zaparrilla</i>	136
<i>Figura 49. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada Zaparrilla</i>	139
<i>Figura 50. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada 2617-016-001-001 442 (Q. Pantano)</i>	140
<i>Figura 51. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada Cascabel</i>	143
<i>Figura 52. Resultados históricos ICA- IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marmato.</i>	144
<i>Figura 53. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marmato.</i>	146
<i>Figura 54. Resultados históricos índice ICOMO para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato</i>	148
<i>Figura 55. Resultados históricos índice ICOMI para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato</i>	150

<i>Figura 56. Resultados históricos índice ICOSUS para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato</i>	<i>150</i>
<i>Figura 57. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio, Marmato Caldas.</i>	<i>152</i>
<i>Figura 58. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo.....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 59. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Riosucio</i>	<i>160</i>
<i>Figura 60. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 61. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 62. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 63.Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio</i>	<i>167</i>
<i>Figura 64. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Supía</i>	<i>171</i>
<i>Figura 65 Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Supía.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 66. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Supía.</i>	<i>179</i>
<i>Figura 67. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Supía.</i>	<i>180</i>
<i>Figura 68. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio.....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 69.Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio</i>	<i>183</i>
<i>Figura 70 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Manzanares.</i>	<i>187</i>
<i>Figura 71 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Santo Domingo.....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 72 Resultados históricos ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Santo Domingo, municipio de Manzanares.....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 73 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Manzanares.</i>	<i>193</i>
<i>Figura 74 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Santo Domingo.</i>	<i>194</i>
<i>Figura 75 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Manzanares.....</i>	<i>196</i>
<i>Figura 76 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Marulanda.</i>	<i>199</i>
<i>Figura 77 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Hondo.</i>	<i>203</i>
<i>Figura 78 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Hondo, municipio de Marulanda.</i>	<i>204</i>
<i>Figura 79 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marulanda.</i>	<i>204</i>

<i>Figura 80 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Hondo.</i>	206
<i>Figura 81 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marulanda.</i>	207
<i>Figura 82 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Victoria.</i>	210
<i>Figura 83 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada El Jardín.</i>	216
<i>Figura 84 Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Victoria.</i>	218
<i>Figura 85 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Victoria.</i>	219
<i>Figura 86 Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo quebrada El Jardín, municipio de Victoria.</i>	221
<i>Figura 87 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Victoria.</i>	221
<i>Figura 88 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo 444-E01 y 444-E02 ubicadas en el municipio de Marquetalia, Caldas.</i>	224
<i>Figura 89 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada Minitas municipio Marquetalia.</i>	228
<i>Figura 90 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada Minitas, municipio de Marquetalia.</i>	229
<i>Figura 91 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marquetalia.</i>	230
<i>Figura 92 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo quebrada Minitas.</i>	231
<i>Figura 93 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marquetalia.</i>	232
<i>Figura 94. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Norcasia</i>	236
<i>Figura 95. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para las estaciones de monitoreo quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia</i>	242
<i>Figura 96. Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia.</i>	243
<i>Figura 97. Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia.</i>	244
<i>Figura 98. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo quebrada La Bejuca</i>	246
<i>Figura 99. Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia</i>	247
<i>Figura 100 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania.</i>	252
<i>Figura 101 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Pensilvania.</i>	257
<i>Figura 102 Resultados históricos ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Pensilvania, municipio de Pensilvania.</i>	258
<i>Figura 103 Resultados históricos ICA-CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pensilvania.</i>	259

<i>Figura 104 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Pensilvania.....</i>	<i>260</i>
<i>Figura 105 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pensilvania.....</i>	<i>261</i>
<i>Figura 106. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Samaná.</i>	<i>264</i>
<i>Figura 107 Variación histórica de las variables para la quebrada San Agustín.....</i>	<i>271</i>
<i>Figura 108 Variación histórica de las variables para la quebrada Tasajos.....</i>	<i>275</i>
<i>Figura 109 Resultados históricos ICA- IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Samaná.....</i>	<i>277</i>
<i>Figura 110 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Samaná.....</i>	<i>278</i>
<i>Figura 111 Resultados de los ICOS históricos de las estaciones de monitoreo quebrada San Agustín.....</i>	<i>279</i>
<i>Figura 112 Resultados de los ICOS históricos de las estaciones de monitoreo quebrada Tasajos.</i>	<i>281</i>
<i>Figura 113 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Samaná.....</i>	<i>282</i>
<i>Figura 114. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Aránzazu</i>	<i>286</i>
<i>Figura 115. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Aránzazu</i>	<i>292</i>
<i>Figura 116. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Aránzazu</i>	<i>295</i>
<i>Figura 117. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu.....</i>	<i>297</i>
<i>Figura 118. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu</i>	<i>298</i>
<i>Figura 119. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu.....</i>	<i>300</i>
<i>Figura 120.Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu.....</i>	<i>300</i>
<i>Figura 121. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Filadelfia.....</i>	<i>305</i>
<i>Figura 122. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Filadelfia.....</i>	<i>309</i>
<i>Figura 123. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia</i>	<i>312</i>
<i>Figura 124. Resultados históricos ICA - CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia.....</i>	<i>313</i>
<i>Figura 125. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia</i>	<i>315</i>
<i>Figura 126.Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia</i>	<i>316</i>
<i>Figura 127. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de La Merced</i>	<i>319</i>
<i>Figura 128. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de La Merced.....</i>	<i>325</i>
<i>Figura 129. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de La Merced.....</i>	<i>328</i>

<i>Figura 130. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de La Merced.....</i>	<i>330</i>
<i>Figura 131. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced</i>	<i>333</i>
<i>Figura 132. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced.....</i>	<i>334</i>
<i>Figura 133. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced</i>	<i>335</i>
<i>Figura 134. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced.....</i>	<i>336</i>
<i>Figura 135. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Neira.....</i>	<i>340</i>
<i>Figura 136. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Neira.....</i>	<i>344</i>
<i>Figura 137. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Neira</i>	<i>347</i>
<i>Figura 138. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Pácora</i>	<i>350</i>
<i>Figura 139. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Pácora</i>	<i>354</i>
<i>Figura 140. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora.....</i>	<i>357</i>
<i>Figura 141. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora</i>	<i>358</i>
<i>Figura 142. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora.....</i>	<i>360</i>
<i>Figura 143. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora.....</i>	<i>361</i>
<i>Figura 144 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Salamina.</i>	<i>364</i>
<i>Figura 145 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Chambéry.</i>	<i>369</i>
<i>Figura 146 Resultados históricos ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Chambéry, municipio de Salamina.</i>	<i>369</i>
<i>Figura 147 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Salamina.</i>	<i>370</i>
<i>Figura 148 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Chambéry.</i>	<i>371</i>
<i>Figura 149 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Salamina.....</i>	<i>373</i>
<i>Figura 150 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Aguadas.</i>	<i>376</i>
<i>Figura 151. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Aguadas</i>	<i>380</i>
<i>Figura 152. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas.....</i>	<i>383</i>
<i>Figura 153. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas</i>	<i>384</i>

Figura 154. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas.....	386
Figura 155. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas.....	386
Figura 156. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	391
Figura 157. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	396
Figura 158. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	407
Figura 159. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	417
Figura 160. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	423
Figura 161. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	433
Figura 162. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.	435

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información histórica monitoreo red Departamental de Caldas.	28
Tabla 2. Estaciones de monitoreo red departamental de Caldas.....	29
Tabla 3. Ensayos determinados en campo.	31
Tabla 4. Ensayos determinados en laboratorio.	32
Tabla 5. Estaciones de monitoreo del municipio de Anserma	34
Tabla 6. Fecha de recolección de muestras municipio de Anserma.....	36
Tabla 7. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Anserma 2020	36
Tabla 8. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Anserma.....	37
Tabla 9. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), Quebrada Cauya	55
Tabla 10. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido tramo dos (2), Quebrada Cauya	56
Tabla 11. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para la preservación de flora y fauna tramo dos (2), Río Risaralda	57
Tabla 12. Estaciones de monitoreo del municipio de Risaralda	58
Tabla 13. Fecha de recolección de muestras Municipio de Risaralda.....	60
Tabla 14. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Risaralda 2020	60
Tabla 15. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Risaralda	60
Tabla 16. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Risaralda año 2020.....	65
Tabla 17. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Risaralda año 2020	66
Tabla 18. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Risaralda, año 2020.....	67
Tabla 19. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Risaralda año 2020	68
Tabla 20. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 en el tramo dos (2) quebrada Lázaro	69
Tabla 21. Estaciones de monitoreo del municipio de Belalcázar- Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia	70
Tabla 22. Fecha de recolección de muestras Municipio de Belalcázar- Quebradas 2614-001-022-004 y Betulia	72
Tabla 23. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Belalcázar, Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia 2020.....	72

<i>Tabla 24. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Belalcázar- Quebradas 2614-001-022-004 y Betulia</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 25. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio Belalcázar año 2020</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 26 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia.</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 27. Estaciones de monitoreo del municipio de San José-quebrada La Habana.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 28. Fecha de recolección de muestras Municipio de San José- Quebrada La Habana.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 29. Resultados de los ensayos determinados en campo municipio de San José, Quebrada La Habana, año 2020.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 30. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de San José- quebrada La Habana, año 2020.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 31. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 32. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 33. Valores índices de contaminación (ICOS) monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 34. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020 .</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 35. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebrada La Habana</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 36 Estaciones de monitoreo del municipio de Viterbo-río Risaralda.</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 37 Fecha de recolección de muestras Municipio de Viterbo- Río Risaralda.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 38 Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Viterbo, río Risaralda 2020.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 39. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Viterbo - Río Risaralda.</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 40. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Viterbo 2020.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 41. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Viterbo año 2020.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 42. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Viterbo, 2020</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 43. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Viterbo 2020.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 44. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo establecido en la resolución 239 de 2007 río Risaralda.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 45. Estaciones de monitoreo del municipio de Belalcázar- Quebradas 2617-124-011 y Montevideo..</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 46. Fecha de recolección de muestras Municipio de Belalcázar- quebradas 2617-124-011 y Montevideo</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 47. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Belalcázar, Quebrada 2617-124-011 y Montevideo, 2020.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 48. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Belalcázar- Quebradas 2617-124-011 y quebrada Montevideo</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 49. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar año 2020</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 50. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio de Belalcázar año 2020</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 51. Valores índices de contaminación (ICOS) estaciones de monitoreo quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar</i>	<i>114</i>

<i>Tabla 52 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 Quebrada 2617-124-001 y Montevideo.</i>	115
<i>Tabla 53. Estaciones de monitoreo del municipio de San José-quebrada 2614-001-046-009 y Changüí.</i>	117
<i>Tabla 54 Fecha de recolección de muestras Municipio de San José- Quebradas 2614-001-046-009 y Changüí.</i>	118
<i>Tabla 55. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-San José, Quebrada 2614-001-046-009 y Changüí 2020.</i>	118
<i>Tabla 56. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de San José- Quebrada 2614-001-046-009 y Changüí.</i>	118
<i>Tabla 57. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020</i>	123
<i>Tabla 58. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020</i>	124
<i>Tabla 59. Valores índices de contaminación (ICOS) estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020</i>	125
<i>Tabla 60 Valores ICOTRO estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020.</i>	126
<i>Tabla 61. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebradas 2614-001-046-009 y Changüí</i>	127
<i>Tabla 62 Estaciones de monitoreo del municipio de Marmato.</i>	129
<i>Tabla 63. Fecha de recolección de muestras municipio de Marmato</i>	131
<i>Tabla 64. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Marmato 2020</i>	131
<i>Tabla 65. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio, estaciones municipio de Marmato</i>	132
<i>Tabla 66. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020</i>	145
<i>Tabla 67 Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos municipio de Marmato año 2020</i>	146
<i>Tabla 68 Valores índices de contaminación (ICOS) estaciones de monitoreo quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, municipio Marmato año 2020</i>	150
<i>Tabla 69 Valores ICOTRO estaciones de monitoreo quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, municipio de Marmato año 2020.</i>	152
<i>Tabla 70. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007, quebradas Zaparrilla y Aguas Claras</i>	153
<i>Tabla 71 Estaciones de monitoreo del municipio de Riosucio.</i>	155
<i>Tabla 72. Fecha de recolección de muestras municipio de Riosucio.</i>	157
<i>Tabla 73. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Riosucio 2020</i>	157
<i>Tabla 74. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Riosucio</i>	157
<i>Tabla 75. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas Riosucio campaña 2020.</i>	163
<i>Tabla 76. Valores ICA-CETESB, municipio de Riosucio año 2020</i>	164
<i>Tabla 77. Valores ICOS estaciones de monitoreo municipio de Riosucio año 2020</i>	166
<i>Tabla 78. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Riosucio 2020</i>	167
<i>Tabla 79. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), de la quebrada Riosucio ...</i>	168
<i>Tabla 80. Estaciones de monitoreo del municipio de Supía.</i>	170
<i>Tabla 81.Fecha de recolección de muestras municipio de Supía.</i>	172

Tabla 82. Resultados ensayos determinados en campo red departamental- Supía 2020.....	172
Tabla 83. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Supía.	172
Tabla 84. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo río Supía, municipio de Supía, año 2020	179
Tabla 85. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo río Supía, municipio de Supía año 2020	180
Tabla 86. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo río Supía, municipio de Supía año 2020	182
Tabla 87. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo río Supía, municipio de Supía año 2020	184
Tabla 88. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), del río Supía	184
Tabla 89. Estaciones de monitoreo del municipio de Manzanares	186
Tabla 90. Fecha de recolección de muestras Municipio de Manzanares.....	188
Tabla 91. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Manzanares 2020.....	188
Tabla 92. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Manzanares.	188
Tabla 93. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Manzanares 2020	193
Tabla 94. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Manzanares 2020	193
Tabla 95. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Manzanares, 2020.....	195
Tabla 96. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Manzanares 2020	196
Tabla 97. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 (Río Santo Domingo).....	196
Tabla 98. Estaciones de monitoreo del municipio de Marulanda.....	198
Tabla 99. Fecha de recolección de muestras Municipio de Marulanda.....	200
Tabla 100. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Marulanda 2020.....	200
Tabla 101. Resultado de los ensayos analizados en laboratorio, municipio de Marulanda.	200
Tabla 102. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Marulanda 2020	204
Tabla 103. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Marulanda año 2020	205
Tabla 104. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Marulanda, 2020.	206
Tabla 105. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Marulanda 2020	207
Tabla 106. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 (Río Hondo).....	208
Tabla 107. Estaciones de monitoreo del municipio de Victoria.	209
Tabla 108. Fecha de recolección de muestras Municipio de Victoria	211
Tabla 109. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - Victoria 2020.	211
Tabla 110. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Victoria.....	212
Tabla 111. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Victoria año 2020	218
Tabla 112. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Victoria 2020.....	219
Tabla 113 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la Resolución 239 de 2007 quebrada El Jardín.	222
Tabla 114. Estaciones de monitoreo del municipio de Marquetalia-quebrada Minitas.....	223
Tabla 115. Fecha de recolección de muestras Municipio de Marquetalia- Quebrada Minitas.	224
Tabla 116 Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Marquetalia, quebrada Minitas 2020.....	225
Tabla 117. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Marquetalia- quebrada Minitas.....	225
Tabla 118. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Marquetalia 2020.	229

Tabla 119. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Marquetalia año 2020.	230
Tabla 120. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Marquetalia, 2020.....	231
Tabla 121. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Marquetalia 2020.	232
Tabla 122. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo establecido en la resolución 239 de 2007 quebrada Minitas.	233
Tabla 123. Estaciones de monitoreo del municipio de Norcasia	235
Tabla 124. Fecha de recolección de muestras Municipio de Norcasia	237
Tabla 125. Resultados de los ensayos determinados en campo municipio de Norcasia, año 2020	237
Tabla 126. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Norcasia, año 2020	238
Tabla 127. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Norcasia año 2020.....	244
Tabla 128. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Norcasia año 2020.....	245
Tabla 129. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Norcasia, año 2020.....	246
Tabla 130. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Norcasia año 2020	247
Tabla 131. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)	249
Tabla 132. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebrada La Bejuca.	250
Tabla 133. Estaciones de monitoreo del municipio de Pensilvania.	251
Tabla 134. Fecha de recolección de muestras Municipio de Pensilvania.	253
Tabla 135. Resultados de ensayos determinados en campo red departamental Pensilvania 2020.	253
Tabla 136. Resultados de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Pensilvania.	253
Tabla 137. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania año 2020.....	258
Tabla 138. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania año 2020.	259
Tabla 139. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Pensilvania, año 2020.....	260
Tabla 140. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania año 2020	261
Tabla 141. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la Resolución 239 de 2007 Río Pensilvania.	262
Tabla 142. Estaciones de monitoreo del municipio de Samaná.	263
Tabla 143. Fecha de recolección de muestras municipio de Samaná.....	265
Tabla 144. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Samaná 2020	265
Tabla 145. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Samaná.....	266
Tabla 146. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola restringido en el tramo dos (2), quebrada San Agustín.	282
Tabla 147. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007 para el uso agrícola no restringido tramo dos (2), quebrada Tasajos.....	283
Tabla 148. Estaciones de monitoreo del municipio de Aránzazu.....	285
Tabla 149.Fecha de recolección de muestras municipio de Aránzazu.....	287
Tabla 150. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - Aránzazu 2020.....	287
Tabla 151. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Aránzazu	288
Tabla 152. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), Quebrada Sargento	301

Tabla 153. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso preservación de flora y fauna de la Quebrada La Honda.....	302
Tabla 154. Estaciones de monitoreo del municipio de Filadelfia	304
Tabla 155.Fecha de recolección de muestras municipio de Filadelfia	305
Tabla 156. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Filadelfia 2020.....	306
Tabla 157. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Filadelfia	306
Tabla 158 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para uso agrícola no restringido tramo II del río Maibá.....	317
Tabla 159. Estaciones de monitoreo del municipio de La Merced.....	318
Tabla 160.Fecha de recolección de muestras municipio de La Merced	320
Tabla 161. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - La Merced 2020.....	320
Tabla 162. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de La Merced	321
Tabla 163. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007 para la preservación de flora y fauna tramo dos (2), Q Malvinas y Amazonas	337
Tabla 164. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007 para la preservación de flora y fauna tramo dos (2), Q El Tambor	338
Tabla 165. Estaciones de monitoreo del municipio de Neira.....	339
Tabla 166.Fecha de recolección de muestras municipio de Neira	341
Tabla 167. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Neira 2020.....	341
Tabla 168. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Neira	341
Tabla 169. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso preservación de fauna y flora en el tramo dos (2), río Tapias.....	348
Tabla 170. Estaciones de monitoreo del municipio de Pácora	349
Tabla 171.Fecha de recolección de muestras municipio de Pácora.....	351
Tabla 172. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Pácora 2020	351
Tabla 173. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Pácora.....	351
Tabla 174 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007 para uso agrícola no restringido tramo II del río Pacora.....	362
Tabla 175. Estaciones de monitoreo del municipio de Salamina.....	363
Tabla 176. Fecha de recolección de muestras Municipio de Salamina.....	365
Tabla 177. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Salamina 2020.....	365
Tabla 178. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Salamina.	365
Tabla 179. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Salamina 2020.....	370
Tabla 180. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Salamina año 2020	370
Tabla 181. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Salamina, 2020.....	372
Tabla 182. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Salamina 2020	373
Tabla 183. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 (Río Chambéry).	373
Tabla 184. Estaciones de monitoreo del municipio de Aguadas	375
Tabla 185.Fecha de recolección de muestras municipio de Aguadas.....	377
Tabla 186. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - Aguadas 2020.....	377
Tabla 187. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Aguadas	377
Tabla 188 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para uso preservación de fauna y flora tramo II quebrada Pore.....	387

<i>Tabla 189. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio área POMCA río Tapias.</i>	389
<i>Tabla 190. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	394
<i>Tabla 191. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	398
<i>Tabla 192. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	400
<i>Tabla 193. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	403
<i>Tabla 194. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	405
<i>Tabla 195. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	409
<i>Tabla 196. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	412
<i>Tabla 197. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	413
<i>Tabla 198. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	416
<i>Tabla 199. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	420
<i>Tabla 200. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	426
<i>Tabla 201. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	430
<i>Tabla 202. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	432
<i>Tabla 203 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	437
<i>Tabla 204 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	441
<i>Tabla 205 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	445
<i>Tabla 206 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.</i>	448

INTRODUCCIÓN

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

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

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

Como parte del aseguramiento de la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, el grupo de investigación en agua y saneamiento (GIAS), se encuentra acreditado por el IDEAM mediante la Resolución N° 1354 del 13 de noviembre de 2019, por la cual se modifica el alcance de la acreditación inicial dada en la Resolución No. 0287 del 06 de febrero de 2018 y se adoptan otras determinaciones. Las variables acreditadas para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales

competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, son para la matriz agua: Toma de muestra Puntual: pH (SM 4500 – H+ B), Conductividad eléctrica (SM 2510 B), Caudal, Toma de muestra Compuesta: pH (SM 4500 – H+ B), Conductividad eléctrica (SM 2510 B), Caudal. Además, el Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento aplica los métodos de ensayo de la versión 23rd de 2017 del Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Realizar la operación de la red de monitoreo de las fuentes receptoras de vertimientos líquidos municipales en 22 municipios del departamento de Caldas.

1.2. Objetivos específicos

- Elaborar y ejecutar una campaña de monitoreo de cantidad y calidad del recurso hídrico en la red departamental de Caldas.
- Realizar una visita técnica de reconocimiento de las estaciones de monitoreo de la red departamental de Caldas.
- Realizar determinación de ensayos en campo (caudal, pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto) en las estaciones de monitoreo de la red departamental de Caldas
- Tomar muestras de agua para análisis en laboratorio de las estaciones de monitoreo de la red departamental de Caldas
- Analizar los resultados de las concentraciones de los ensayos determinados en campo y en laboratorio para las estaciones de monitoreo de la red departamental de Caldas
- Analizar e interpretar los datos históricos de calidad de las estaciones de la red departamental de Caldas entre el periodo 2006 – 2020 como herramienta estadística para la identificación de variaciones o afectaciones en la calidad del recurso hídrico.
- Determinar y analizar los índices de calidad del agua (ICA) y contaminación (ICO) en las estaciones de monitoreo de la red departamental de Caldas.
- Determinar y analizar los índices de calidad del agua (ICA) y contaminación (ICO) históricos en las estaciones de monitoreo red departamental de Caldas como herramienta estadística para la identificación de variaciones o afectaciones en la calidad del recurso hídrico.
- Evaluar el cumplimiento de los criterios de calidad en función del uso del agua establecidos en la resolución 239 de 2007.
- Sistematizar la información recolectada y analizada en las estaciones de monitoreo de las fuentes receptoras de vertimiento municipales en los 22 municipios del departamento de Caldas de acuerdo con el procedimiento de entrega de información al Proceso de Gestión de Información Ambiental- SIAR (previa validación)

2. METODOLOGÍA

2.1. Revisión de información

En el marco del desarrollo de la planificación y análisis de información relacionada con la operación de la red de monitoreo departamental del recurso hídrico en el departamento de Caldas, contrato 189 de 2019 celebrado entre la Universidad Tecnológica de Pereira – Grupo de Investigación en agua y saneamiento (GIAS) y

la corporación autónoma regional de Caldas (CORPOCALDAS), se hace necesario conocer las principales herramientas o productos desarrollados históricamente en las estaciones de la red de monitoreo a nivel departamental para fuentes receptoras de vertimientos líquidos a fin de poder estimar un diagnóstico inicial de las condiciones actuales y/o posibles vulnerabilidades que puedan afectar el adecuado desarrollo de monitoreo y operación de la red departamental.

La información revisada fue suministrada por el área de subdirección de planificación ambiental y territorio de la Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS. Dicha información fue adquirida a través de la interventoría del proyecto y consistió principalmente en información histórica de los monitoreos de la red de calidad de agua en el departamento de Caldas y la información cartográfica en formato **.Shp** con la localización de las estaciones de monitoreo de calidad de agua en el departamento de Caldas. Esta información ha sido recopilada por la autoridad ambiental a través de los distintos estudios realizados entre los años 2005 y 2019. A continuación, en la Tabla 1 se mencionan los documentos o informes técnicos a partir de los cuales ha sido extraída la información revisada:

Tabla 1. Información histórica monitoreo red Departamental de Caldas.

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

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

2.2. Planificación campaña de monitoreo

A continuación, se anuncian las estaciones de monitoreo, la metodología, los ensayos determinados en campo los ensayos determinados en el laboratorio y la planificación de la campaña de monitoreo

2.2.1. Estaciones de monitoreo

La red de monitoreo departamental de caldas actualmente se compone por setenta (70) estaciones, que se encuentran distribuidas en veintidós (22) municipios del departamento de caldas. En la Tabla 2 se muestran las estaciones que conforman la red de monitoreo departamental de caldas:

Tabla 2. Estaciones de monitoreo red departamental de Caldas

Vertiente	Cuenca	Municipio	Cod Estación	Corriente	Información		
					Norte	Este	msnm
Río Cauca	Río Risaralda	Anserma	042-E01	Q. Cauya E1	1071177	811752	1647
		Anserma	042-E02	Q. Cauya E2	1068735	810251	1494
		Anserma	042-E03	Q. San Pedro E3	1071308	809035	1558
		Anserma	042-E04	Q. San Pedro E4	1070802	808672	1248
		Anserma	042-E05	Río Risaralda E5	1071097	807965	1242
		Anserma	042-E06	Río Risaralda E6	1064727	807136	1099
		Risaralda	616-E01	Q. Sin Nombre	1063455	812058	1658
		Risaralda	616-E02	Q. Lázaro E2	1063436	811826	1444
		Viterbo	877-E01	Río Risaralda E1	1057334	804552	1010
		Viterbo	877-E02	Río Risaralda E2	1049711	801353	963
		Belalcázar	088-E01	Q. 2614-001-022-004	1043628	805308	1560
		Belalcázar	088-E02	Q. Betulia	1044010	804179	994
		San José	665-E03	Q. La Habana	1051640	810507	1081
		San José	665-E04	Q. La Habana	1051661	810564	1075

Vertiente	Cuenca	Municipio	Cod Estación	Corriente	Información		
					Norte	Este	msnm
	Aferentes Directos al Cauca Occidente	Belalcázar	088-E03	Q. 2617-124-011	1044540	807952	1575
		Belalcázar	088-E04	Q. Montevideo	1043901	808709	1245
		San José	665-E01	Q. 2614-001-046-009	1054707	805848	1128
		San José	665-E02	Q. Changüi	1054719	804168	1007
		Marmato	442-E01	Q. Zaparrilla E1	1096967	830071	1630
		Marmato	442-E02	Q. Aguas Claras	1096981	831719	1227
		Marmato	442-E03	Q. Aguas Claras	1095922	833425	678
		Marmato	442-E04	Q. Cascabel	1097582	830835	1577
		Marmato	442-E05	Q. Cascabel	1096981	831719	1045
		Marmato	442-E06	Q. Cascabel	1096775	832134	948
		Marmato	442-E07	Q. Pantanos	1097185	831922	1012
		Marmato	442-E08	Q. Pantanos	1098075	830706	1588
		RioSucio	614-01	Río Sucio E1	1090011	819874	1468
		RioSucio	614-02	Río Sucio E2	1090089	821638	1668
		Supia	777-01	Río Supía E1	1095604	825191	1123
		Supia	777-02	Río Supía E2	1092034	825772	1152
Río Cauca	Río Arma	Aguadas	013-E01	Q. Pore E1	1111300	850155	2133
		Aguadas	013-E02	Q. Pore E2	1115144	848478	1999
	Afluentes directos al Cauca Oriente	Aránzazu	050-E01	Q. Sargento E1	1074609	843791	1816
		Aránzazu	050-E02	Q. Sargento E2	1073127	842483	1636
		Aránzazu	050-E03	Q. La Honda E3	1073070	842495	1627
		Aránzazu	050-E04	Q. La Honda E4	1073032	842339	1624
		Filadelfia	272-E01	Río Maiba E1	1077668	836819	1305
		Filadelfia	272-E02	Río Maiba E2	1080359	836556	1122
		La Merced	388-E01	Q. 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas)	1089085	835939	1552
		La Merced	388-E02	Quebrada Amazonas	1088220	835773	1378
		La Merced	388-E03	Q. El Tambor E3	1090776	836558	1398
		La Merced	388-E04	Q. El Tambor E4	1090915	836568	1381
		Neira	E 01	Río Tapias E1	1065487	846132	1815
		Neira	E 02	Río Tapias E2	1065793	838808	1573
		Pácora	513-E1	Río Pacora E1	1101847	846912	1874
		Pácora	513-E2	Río Pacora E2	1104178	847037	1732
		Salamina	653-E01	Río Chamberry E1	1083911	843216	1455
		Salamina	653-E02	Río Chamberry E2	1093022	843409	1118
Medio Magdalena	Río Guarino	Manzanares	433-E01	Río Santo Domingo E1	1074310	881579	1956
		Manzanares	433-E02	Río Santo Domingo E2	1071969	880416	1780
		Marulanda	446-E01	Río Hondo E1	1076563	870698	2422
		Marulanda	446-E02	Río Hondo E2	1074620	869095	2483
		Victoria	867-E01	Q. El Jardín E1	1079635	909056	604
		Victoria	867-E02	Q. El Jardín E2	1079301	909262	580

Vertiente	Cuenca	Municipio	Cod Estación	Corriente	Información		
					Norte	Este	msnm
		Victoria	867-E03	Q. El Jardín E3	1077635	911290	382
		Marquetalia	444-E01	Q. 2302-001-063-001 (Q. Minitas E1)	1077251	891344	1563
		Marquetalia	444-E02	Q. 2302-001-063-001 (Q. Minitas E2)	1077101	892948	1444
	Río Samaná Sur	Marquetalia	444-E03	Q. 2305-001-170-004-03 (Q. La playa)	1078115	893496	1415
		Marquetalia	444-E04	Q. Los Saínos E4	1080682	892318	1098
		Norcasia	495-E01	Q. 2305-001-170-004-03 (Q. Norcasia E1)	1107820	910027	731
		Norcasia	495-E02	Q. 2305-001-170-004-03 (Q. Norcasia E2)	1108501	910422	672
		Norcasia	495-E03	Q. La Bejuca E3	1109921	910079	661
		Norcasia	495-E04	Q. La Bejuca E4	1110076	910105	660
		Pensilvania	541-E01	Río Pensilvania E1	1086583	878939	2122
		Pensilvania	541-E02	Río Pensilvania E2	1087400	881116	1947
		Samaná	662-E01	Q. 2305- 001-071-021-016 (Q. San Agustín E1)	1090638	898705	1479
		Samaná	662-E02	Q. 2305- 001-071-021-016 (Q. San Agustín E2)	1090301	899023	1440
		Samaná	662-E03	Q. Tasajos E3	1090832	897915	1498
		Samaná	662-E04	Q. Tasajos E4	1090121	898358	1470
		Samaná	662-E05	Q. Tasajos E5	1087801	905633	511

2.2.2. Ensayos determinados en campo

En la

Tabla 3 se muestran los ensayos determinados en campo para cada una de las estaciones de interés.

Tabla 3. Ensayos determinados en campo.

Punto (s)	Ensayo (s)	Unidades	Método (s)
Todos	pH	UpH	SM 4500 H ⁺ -B
Todos	Conductividad eléctrica	μS/cm	SM 2510 B
Todos	Temperatura	°C	SM 2550 B
Todos	Oxígeno disuelto	mgO ₂ /L	SM 4500-O, G
Todos	Caudal	m ³ /s - L/s	Correntómetro - Volumétrico

Los equipos para medición de pH y conductividad están direccionados bajo procedimientos establecidos en el Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento,

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

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

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

2.2.3. Ensayos determinados en laboratorio

En la Tabla 4 se muestra los ensayos determinados en laboratorio para cada una de las estaciones interés en la red de monitoreo departamental de Caldas

Tabla 4. Ensayos determinados en laboratorio.

Parámetro	Unidades	Método	Laboratorio
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	Electrodo de membrana (SM4500 - O G), Incubación 5 días (SM 5210 B)	CORPOCALDAS
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SM 5210 B – ASTM D 88-12 Método C	ANASCOL SAS
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado - Titulométrico (SM 5220 C)	CORPOCALDAS
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SM 5220 D	ANASCOL SAS
Sólidos totales	mg/L	Secada a 103-105 °C (SM 2540 B)	CORPOCALDAS
Sólidos suspendidos totales	mg/L	Secada a 103-105 °C (SM 2540 D)	CORPOCALDAS
Nitrógeno total kjeldahl	mg N/L	Macro kjeldahl (SM 4500 Norg B - 4500 NH ₃ B C)	CORPOCALDAS
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	Destilación Preliminar (SM 4500 NH ₃ B), (4500-NH ₃ C) Método Titulométrico	CORPOCALDAS
Nitratos	mg NO ₃ /L	Fotometría	CORPOCALDAS
Nitritos	mg NO ₂ /L	Colorimetría (SM 4500 - NO ₂ B)	CORPOCALDAS
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	Titulometría (SM 2320 B)	CORPOCALDAS

Parámetro	Unidades	Método	Laboratorio
Coliformes totales y fecales	UFC/100 mL	Filtración por membrana (SM 9222 B)	CORPOCALDAS
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	Volumetría con EDTA (SM 2340 A C)	CORPOCALDAS
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	Volumetría con EDTA (SM SM 3500 Ca B)	CORPOCALDAS
Turbidez	UNT	Nefelometría (SM 2130 B)	CORPOCALDAS
Grasas & Aceites	mg/L	Extracción soxhlet (SM 5520 D)	CORPOCALDAS
Cloruros	mg Cl-/L	Argentométrico (SM 4500 Cl - B)	CORPOCALDAS
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	Turbidímetro (SM 4500 SO ₄ 2- E)	CORPOCALDAS
Color real	U Pt- Co	Espectrofotometría (SM 2120 D)	CORPOCALDAS
Fósforo total	mg PO ₄ /L	Test de fosfatos procedimiento análogo SM 4500 P E	CORPOCALDAS
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	Test de fosfatos procedimiento análogo SM 4500 P E	CORPOCALDAS
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	Test en cubetas tensioactivos aniónicos - procedimiento análogo SM 5540 C	CORPOCALDAS
Cianuro	mg CN/L	Test cianuros - procedimiento análogo SM 4500 CN-	CORPOCALDAS
Mercurio	mg Hg/L	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (SM 3112 B - SM 3500 Hg)	CORPOCALDAS

3. RESULTADOS CAMPAÑA DE MONITOREO RED DEPARTAMENTAL DE CALDAS

La red de monitoreo departamental, actualmente se compone por setenta (70) estaciones distribuidos en veintidós (22) municipios del departamento de Caldas. El programa de monitoreo implica el seguimiento de la calidad a través del tiempo y analizar el cumplimiento de los objetivos de calidad, convirtiéndose en una herramienta para la toma de decisiones referente al recurso hídrico. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo.

3.1. CUENCA RÍO RISARALDA

En el bajo occidente del departamento de Caldas se encuentran los municipios de Anserma, Viterbo, Risaralda, San José y Belalcázar. Estos municipios tienen jurisdicción dentro la cuenca del Río Risaralda. A continuación, se presenta la descripción de las estaciones monitoreadas con los ensayos determinados en campo y en el laboratorio, con sus respectivos análisis de la calidad del agua y perfiles históricos por municipio.

3.1.1. Municipio Anserma

El municipio de Anserma cuenta con tres (3) fuentes receptoras de los vertimientos municipales que son la Quebrada Cauya, Quebrada San Pedro y Río Risaralda, en donde se han establecido seis (6) estaciones de monitoreo.

Dos estaciones de monitoreo se encuentran ubicadas en la Quebrada Cauya, la estación E1 está antes de entrar al municipio, seguido de la E2 ubicada después del último descole del municipio. En la Quebrada San Pedro está la estación E3 antes de recibir el primer descole y la estación E4 ubicada después de recibir el último descole antes de desembocar al Río Risaralda. La estación E5 se ubica sobre el río Risaralda antes de la desembocadura de la Quebrada San Pedro y la estación E6 que se localiza después de la desembocadura de la Quebrada Cauya. En la Tabla 5 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 5. Estaciones de monitoreo del municipio de Anserma

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Q. Cauya	042-E01	Antes de la primera descarga del municipio_K 2+319	1071177	811752
Q. Cauya	042-E02	Después de la última descarga del municipio_K 5+747	1068735	810251
Q. San Pedro	042-E03	Antes de la primera descarga del municipio_K 3+364	1071308	809035
Q. San Pedro	042-E04	Después de la última descarga del municipio_K 4+016	1070802	808672
Río Risaralda	042-E05	Antes de la desembocadura de la Q. San Pedro K 0+518 a partir de la entrada del río al municipio de Anserma	1071097	807965
Río Risaralda	042-E06	Después de la desembocadura de la Q. Cauya_K 9+301	1064727	807136

En la Figura 1 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Anserma, Caldas.

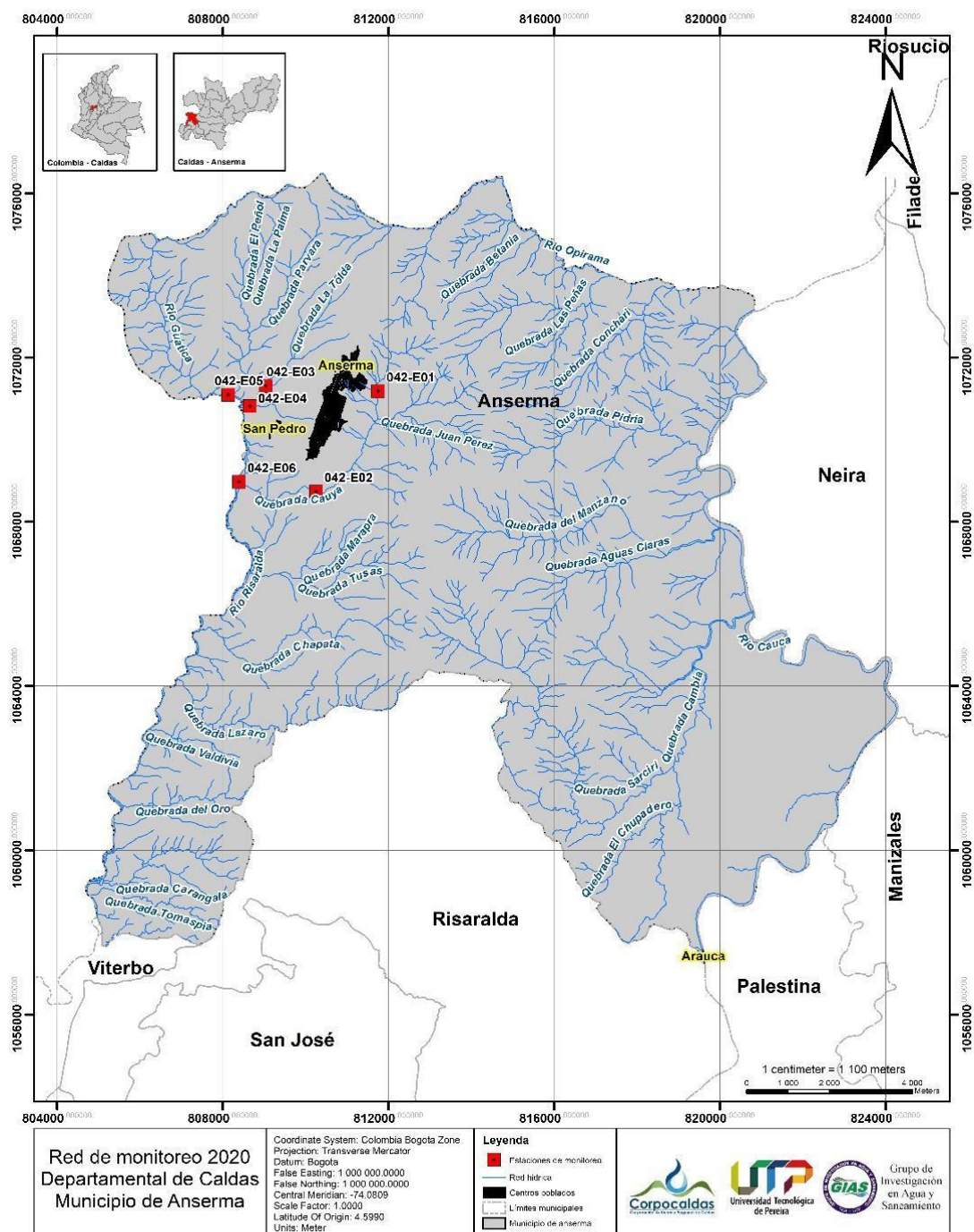


Figura 1. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Anserma
Fuente: propia

3.1.1.1. Campaña de monitoreo municipio de Anserma

La toma de muestras en el municipio fue realizada durante los días 04 y 05 de agosto de 2020. En la Tabla 6 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Anserma.

Tabla 6. Fecha de recolección de muestras municipio de Anserma

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
042-E01	Q. Cauya E1	4/08/2020
042-E02	Q. Cauya E2	4/08/2020
042-E03	Q. San Pedro E3	4/08/2020
042-E04	Q. San Pedro E4	4/08/2020
042-E05	Río Risaralda E5	5/08/2020
042-E06	Río Risaralda E6	5/08/2020

3.1.1.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Anserma, Caldas (ver Tabla 7).

Tabla 7. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Anserma 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
042-E01	5,96	7,27	160,8	20,50	0,054
042-E02	6,66	7,31	226,0	22,00	0,286
042-E03	7,49	7,16	136,9	22,50	0,087
042-E04	7,58	7,7	152,7	23,00	0,093
042-E05	7,86	7,52	78,7	21,20	4,230
042-E06	8,01	7,86	86,3	20,00	8,010

- **Quebrada Cauya.**

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 042-E01 y 042-E02 se observa un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual debe estar asociado principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Anserma. Con relación a los valores registrados de pH, se encontró que están por encima 7.00 UpH, sin tener diferencias significativas de una estación a otra. En cuanto a la conductividad eléctrica, se observa un aumento en el valor de una estación a otra, condición que puede estar relacionada principalmente por los vertimientos provenientes del municipio. Entre las estaciones 042-E01 y 042-E02, se evidencia variabilidad en los valores registrados para oxígeno disuelto encontrándose valores bajos para la estación E01 de 5,96 mg O₂/L (ver Tabla 7).

- **Quebrada San Pedro**

Con relación al caudal encontrado en las estaciones 042-E03 y 042-E04 ubicadas en la Quebrada San Pedro, se pudo evidenciar un leve aumento, el cual está asociado principalmente a que la Quebrada San Pedro es una fuente receptora de los vertimientos del municipio de Anserma. Los valores de conductividad eléctrica encontrados no se evidencian diferencias significativas de una estación a otra. Se puede apreciar en los resultados, un aumento en su valor de una estación a otra, teniendo pH de 7,16 UpH para la estación 042-E03 y de 7,7 UpH en la estación 042-E04. En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto, estas se encuentran por encima de 7,4 mg O₂/L para las dos estaciones, presentando concentraciones de OD normales para una fuente superficial (ver Tabla 7).

- **Río Risaralda**

El comportamiento del caudal para el Río Risaralda es de aumentar de una estación a otra; comportamiento normal, debido a que es una fuente receptora de la Quebrada Cauya como también de la Quebrada San Pedro y de los vertimientos del municipio. En relación con las estaciones en el río Risaralda, la temperatura tiende a disminuir de la estación 042-E05 a la estación 042-E06. Es importante resaltar, que la temperatura del agua es un parámetro que depende de factores ambientales tales como temperatura ambiente e intensidad de la radiación solar, y sumado también los aportes de los vertimientos a la fuente receptora. En el Río Risaralda los valores encontrados de pH son superiores a 7,5 UpH, teniendo un comportamiento aumentar el valor de una estación a otra, este aumento puede deberse a los aportes de las quebradas Cauya y San Pedro al Río Risaralda.

El registro de la conductividad eléctrica para las estaciones del Río Risaralda estuvo por debajo de los 87 µS/cm para las dos (2) estaciones. Para las estaciones de monitoreo encontrados en el Río Risaralda el oxígeno disuelto encontrado estuvo por encima de 8,0 mg O₂/L. Este comportamiento es bastante común en ríos de montaña que presentan procesos de reaeración favorecidos por la morfología e hidráulica asociada a la fuente superficial. Por lo anterior se permite inferir que el aporte de los vertimientos del municipio no afecta la concentración de oxígeno disuelto de la fuente superficial monitoreada (ver Tabla 7).

3.1.1.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 8 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Anserma Caldas.

Tabla 8. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Anserma

Ensayo (s)	Unidades	Código estación					
		042-E01	042-E02	042-E03	042-E04	042-E05	042-E06
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00	5,98±0,51	<5,00	7,70±0,65	5,40±0,45
Sólidos totales	mg/L	159	180	147	132	113	100
Sólidos suspendidos totales	mg/L	35±1	<LCM	31±1	15±1	23±1	<LCM

Ensayo (s)	Unidades	Código estación					
		042-E01	042-E02	042-E03	042-E04	042-E05	042-E06
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	5,91	8,78	0,98	1,09	2,35	0,46
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	3,42	0,46	0,29	0,17	0,41	0,41
Nitratos	mg NO ₃ /L	<2,20	13,60	8,60	7,50	<2,20	<2,20
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,228	1,104	0,114	0,036	0,002	0,019
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	78,2	95,4	51,6	60,9	38	45,3
Coliformes Totales	UFC/100 mL	83000	560	650	7200	640	5600
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	32000	150	230	3400	270	3200
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	67,7	93,7	48,8	59,	38,9	46,3
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	25,7	48,8	27,8	28,9	18,4	24,7
Turbidez	UNT	23,72	3,91	10,48	7,54	6,97	3,63
Grasas & Aceites	mg/L	12	11	12	10	12	11
Cloruros	mg Cl-/L	3,47	7,44	3,97	6,45	2,73	0,99
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	6,10	4,00	11,30	4,30	3,5	2,7
Color real	U Pt- Co	39,8	20,3	26,8	15,6	14,8	11,6
Fósforo total	mg PO ₄ /L	1,08	0,63	0,90	1,09	1,53	0,45
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,55	0,52	0,32	0,29	0,45	0,15
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,69	0,08	0,14	0,09	<0,05	0,17
Cianuro	mg CN/L	<0,005	<0,005	<0,005	--	--	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	--	<0,001	0,012

--Variable no solicitada en la muestra

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

• Quebrada Cauya

Para las estaciones 042-E01 y 042-E02 ubicadas en la Quebrada Cauya las concentraciones de los ensayos de DBO₅ y DQO reportados por el laboratorio, se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). Con respecto a las concentraciones de ST se puede observar un leve aumento de una estación a otra, esto puede estar relacionado con los vertimientos del municipio a la Quebrada Cauya. En la estación 042-E01 podemos observar una disminución de una estación a otra, de las concentraciones de los ensayos de SST, color real y turbidez, esta situación posiblemente exista presencia de materias diversas en suspensión, que previenen de procesos de erosión en la parte alta de la Quebrada Cauya y por procesos de dilución en la quebrada tienen a influir en la disminución de la concentración.

Con relación al ensayo de los nitratos en la estación 042-E01, el valor de la concentración es inferior al límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<2.2 mg/L). En la estación 042-E02 se puede apreciar un aumento significativo en las concentraciones de nitritos y nitratos, este aumento puede ser un reflejo de los aportes de los vertimientos residuales del municipio de Anserma a la Quebrada Cauya. Los valores de NTK, muestran aumento en su concentración de una estación a otra. Con relación al ensayo de nitrógeno amoniacal, las concentraciones para la estación E01 es alta en comparación a la estación E02 ubicada en la misma Quebrada, lo anterior, permite inferir la ausencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes a la quebrada y procesos de oxidación tendientes a la formación de nitritos como especie intermedia en la eliminación de nitrógeno amoniacal; aguas superficiales con procesos de aireación no favorables tienden a presentar concentraciones de amonio.

La estación E01 tiene mayor concentración de coliformes fecales y totales que la estación E02, esto posiblemente puede estar relacionado a procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden dar en la parte alta de la microcuenca, que debido a las características de depuración y dilución que tiene la quebrada se presentó la reducción de la concentración de una estación a otra.

- **Quebrada San Pedro**

Las estaciones ubicadas en la quebrada San Pedro presentan una concentración de DBO_5 por debajo del límite de cuantificación del método analítico ($<5,0$ mg O_2 /L). Con lo concerniente a las concentraciones de DQO para la estación E02 también presentan concentraciones por debajo del límite de cuantización del método. Para las estaciones ubicadas en la quebrada San Pedro, se puede inferir, que los aportes de vertimiento del municipio no afectan de manera significativa la calidad de las fuentes receptora

Las concentraciones reportadas de ST, para las estaciones 042-E03 y 042-E04 de la Quebrada San Pedro presentan un comportamiento estable sin cambios significativos entre las estaciones, teniendo valores inferiores a 150 mg/L. Para las estaciones E03 y E04 las concentraciones de SST, color real y turbidez tienen a disminuir de una estación a otra, se presume que, por procesos de dilución de la fuente superficial se da una disminución de las concentraciones de los ensayos mencionados. Con relación a los nutrientes no se dan diferencias significativas de una estación a otra, por lo que el aporte de los vertimientos del municipio no aporta concentraciones relevantes NKT, nitritos y nitratos.

Para las estaciones ubicadas en la Quebrada San Pedro (042-E03 y 042-E04) podemos apreciar que las concentraciones de fósforo total tienen una tendencia aumentar de una estación, por lo que esta sí puede verse afectada por los aportes de vertimientos residuales del municipio de Anserma. Con relación, las concentraciones de grasas y aceites se encuentran dentro de un rango de concentración de 10 mg/L a 12 mg/L, sin diferencias significativas con una tendencia a disminuir de una estación a otra.

Las concentraciones de los coliformes fecales y totales, tienen a tener un aumento de una estación a otro, infiriendo a que los aportes de los vertimientos residuales del municipio aportan contaminación microbiológica a la fuente receptora.

- **Río Risaralda**

Las estaciones que se encuentran en el Río Risaralda (042-E05 y 042-E06) los valores encontrados para la DBO₅ también se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método utilizado para su análisis. La concentración de DQO presenta disminución de una estación a otra. Para las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma se puede inferir, que los aportes de vertimiento del municipio no afectan de manera significativa la calidad de las fuentes superficiales

Las concentraciones reportadas de ST, para las estaciones 042-E05 y 042-E06 del Río Risaralda presentan un comportamiento estable sin cambios significativos entre las estaciones, teniendo valores inferiores a 150 mg/L. Con respecto a las concentraciones de SST, turbidez y color real se puede observar una tendencia a disminuir los valores de las concentraciones de un tramo a otro (ver Tabla 8).

Para los puntos ubicados en el Río Risaralda, las concentraciones de nitratos se encuentran por debajo de límite de cuantificación del método analítico (<2.2 mg/L, y con relación a los valores de nitritos para estas dos estaciones no supera los valores de 0,020 mg NO₂/L. Con lo que compete a las concentraciones de NTK puede apreciar una tendencia a disminuir la concentración. Lo anterior, se asocia a la ausencia de fuentes relevantes que aporten aguas residuales, así como la capacidad de autodepuración de del Río Risaralda.

3.1.1.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Anserma

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en tiempo y que permite establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período 2005 – 2020. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las seis estaciones ubicadas en el municipio de Anserma.

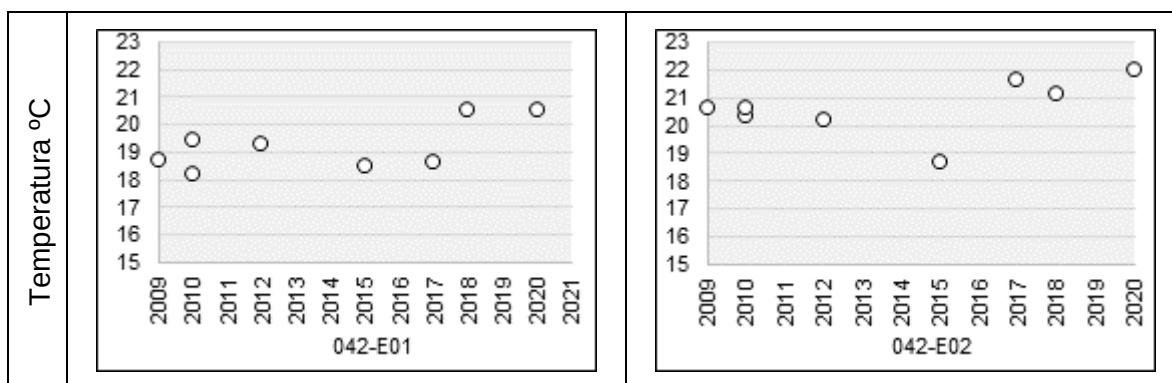
- **Estaciones Quebrada Cauya 042-E01 y 042-E02**

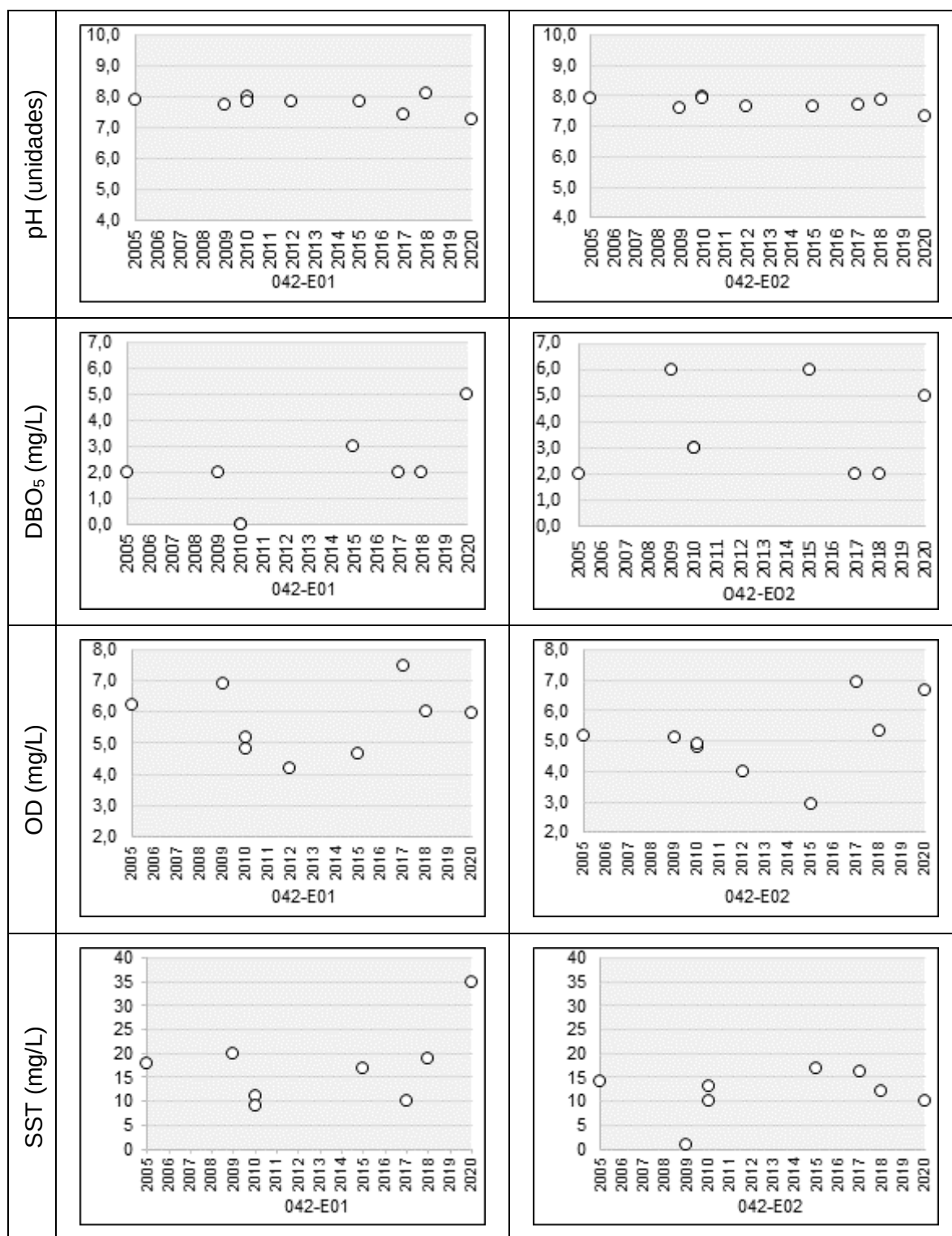
En la Figura 2 presenta los perfiles de las variables analizadas históricamente en la Quebrada la Cauya para cada una de las estaciones. Para la variable temperatura del agua se permite observar que el comportamiento para la estación 042-E01 es estable durante los primeros años. En la estación 042-E02 la temperatura se ha encontrado dentro de un rango de 20 a 22°C, solo en la campaña que corresponde al año 2015 se obtuvo temperatura con valores menores a 19°C. Con respecto al pH se puede observar en la figura que no se han presentado datos atípicos a esta variable, estando dentro de un rango de 7,5 a 8,0 UpH, excepción de la última campaña de monitoreo donde se encontró para las dos estaciones con pH menores a 7,3 UpH, valores alejados a los años anteriores.

En los datos históricos reportados de la DBO₅ para la estación E01 se encontraron con valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en la serie de datos. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 3,0 mg O₂/L. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis (< 5,0 mg O₂/L). Para la segunda estación E02 en la figura se puede observar un comportamiento con datos variables en toda la serie histórica con DBO₅ de 6,0 mg O₂/L, correspondiente a la segunda campaña de monitoreo del año 2009 y primera campaña de monitoreo del año 2015. Para los demás años las concentraciones se han encontrado dentro de un rango de 3 mg O₂/L, concluyendo que no representan altas concentraciones de esta variable la quebrada monitoreada.

Para las dos estaciones las concentraciones de oxígeno disuelto han sido estables durante los años de monitoreo, solo en el año 2015 se presentó un dato atípico con valores menores de 3,0 mg/L en la estación E02. Por lo que se refiere a los SST, para la estación E01 la concentración ha variado de un año a otro, teniendo máximos de 35 mg/L y mínimos de 9,0 mg/L. Para la segunda estación E02, también se observó que durante la serie de datos históricos la concentración de SST se ha comportado de manera inestable presentando datos de concentración mínimos de 1,0 mg/L. Para el estudio realizado en el año 2020 la concentración de SST es mayor en la estación E01 donde la concentración encontrada es de 35 mg/L, esto se puede atribuir a que puede existir arrastre de materia por posibles procesos de erosión en la parte alta de la quebrada.

La variable de coliformes también ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 12 UFC/100 ml a 32 x 10³ UFC/100ml para la estación E01 y concentraciones de 94 UFC/100 ml a 14 x 10⁴ UFC/100ml para la estación E02. En el año 2020 se observa una disminución sobre la estación E01, presentando concentraciones bajas.





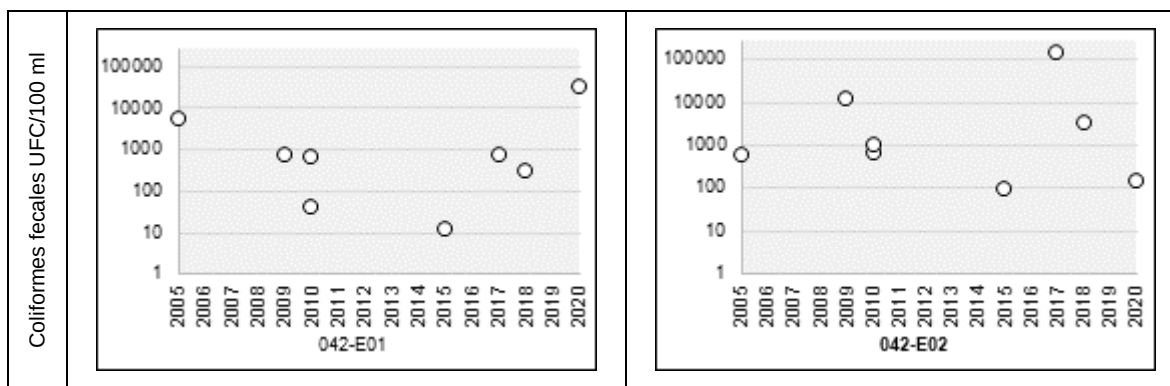


Figura 2. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada Cauya

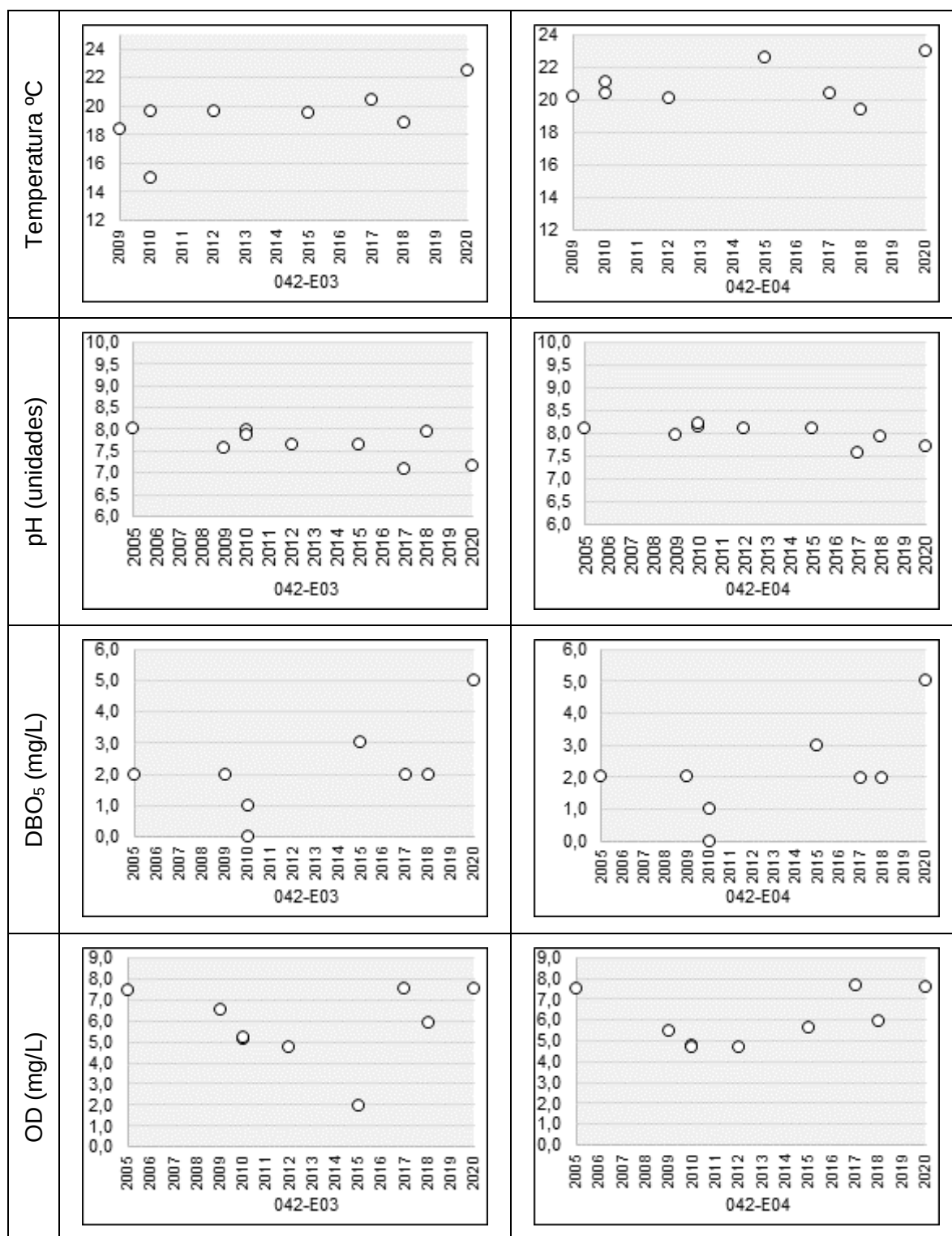
- **Estaciones Quebrada San Pedro 042-E03 y 042-E04**

En la Figura 3 se presenta el consolidado de las variables históricamente analizadas en la Quebrada San Pedro, donde se encuentran los puntos de monitoreo E03 y E04. La temperatura del agua para toda la serie histórica analizada se pudo observar que en la estación E03 ha tenido un comportamiento estable durante la serie histórica analizada, mientras que en la estación E04 presenta variabilidad, contando con datos atípicos periodo estudiado. En la variable pH la conducta de los datos históricos en general para las dos estaciones ha sido regular donde no se tienen cambios significativos de un año a otro.

En lo que respecta a la variable de DBO₅ el comportamiento de las dos estaciones ha sido similar donde se encontró con la novedad que tanto de la estación E03 como de la estación E04 cuentan con los mismos valores en los años de estudio. Hay existencia de valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en la serie de datos, ver Figura 3. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 3,0 mg O₂/L. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis (< 5,0 mg O₂/L), concluyendo que hay poco aporte de materia orgánica y la capacidad de depuración de la quebrada.

Los valores históricos de las concentraciones de oxígeno disuelto, no tiene variaciones significativas, solo en el año 2015 presenta un dato atípico para la estación E03 con una concentración de 1,94 mg O₂/L, siendo esta la concentración más baja en la serie de datos históricos reportados. Para la última campaña de monitoreo las concentraciones de oxígeno disuelto están por encima del valor de 7,4 mg O₂/L para las dos estaciones siendo un valor propio de aguas poco contaminadas.

En el caso de los SST el comportamiento histórico sobre la quebrada San Pedro, se puede observar una disminución de los valores de una estación a otra, donde la concentración es mayor en la estación E01 y menor en las E04, este caso se puede observar en los años 2009, 2017, 2018 y 2020 (Ver Figura 3).



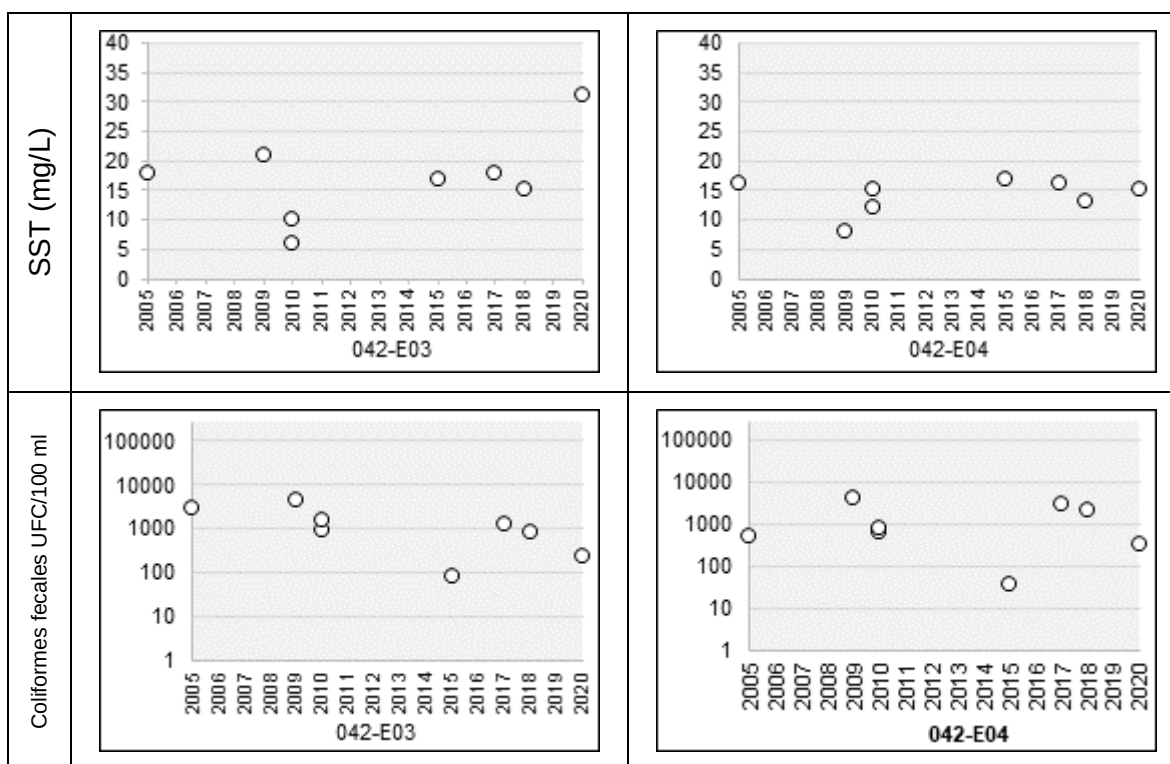


Figura 3. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada San Pedro

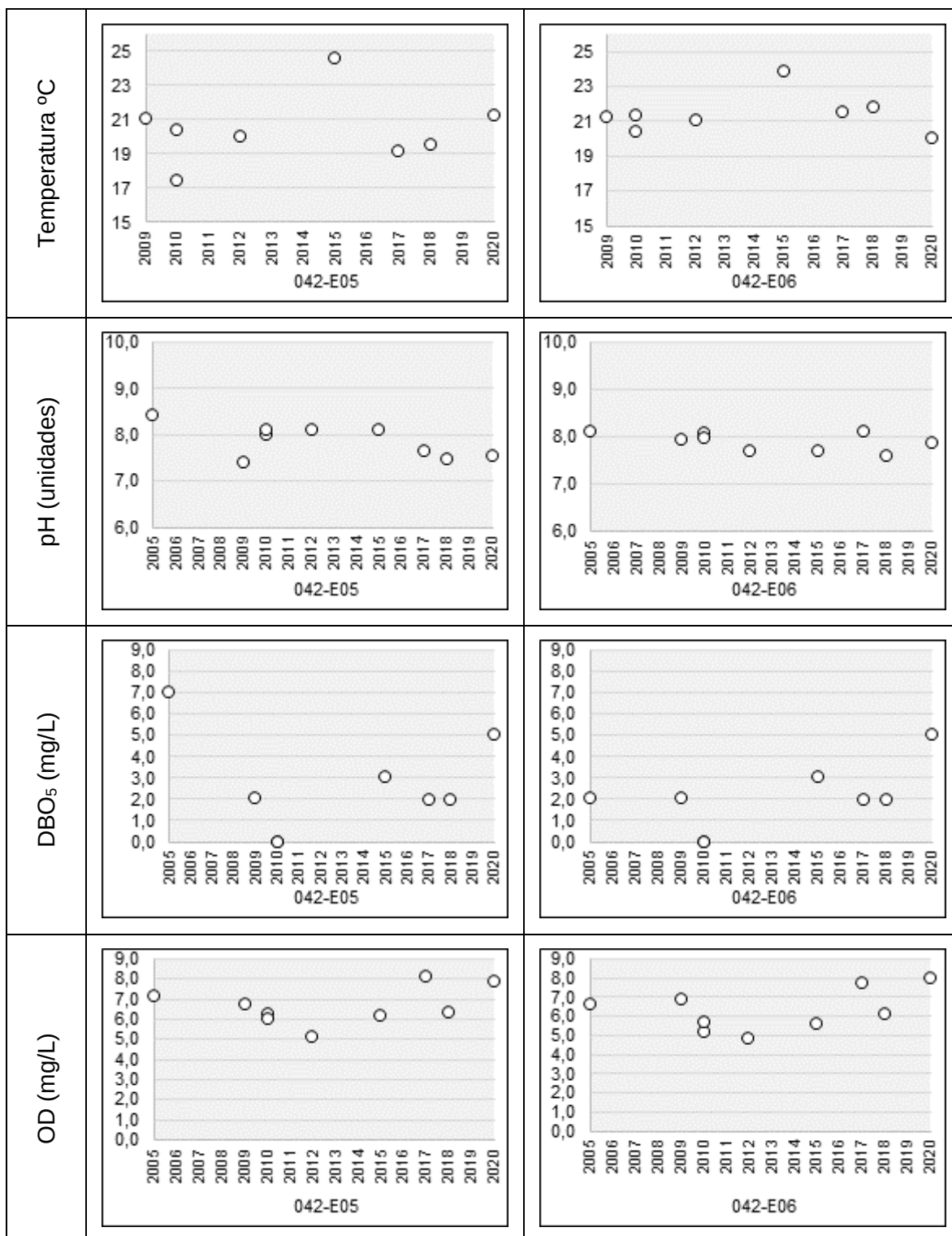
- **Estaciones Río Risaralda 042-E05 y 042-E06**

El comportamiento histórico de la variable de DBO₅ en el río Risaralda, se muestra estable en las concentraciones teniendo pocas variaciones de una estación a otra, a excepción del año 2005 donde se tiene una concentración de 7,0 mgO₂/L para la estación E01 las bajas concentraciones de esta variable indican que no se ve afectado por las descargas de las quebradas Cauya y San Pedro al Río Risaralda (Ver Figura 4).

Con respecto al pH, se puede observar en la ver Figura 4 que no han presentado datos atípicos, estando dentro de un rango de 7,5 a 8,0 UpH durante toda la serie histórica. La variable de oxígeno disuelto en las estaciones ubicadas en el río Risaralda se puede observar que no presenta datos atípicos en sus concentraciones. Para el año 2012 se presentaron las concentraciones más bajas de OD para las dos estaciones, con concentraciones inferiores a 5,1 mgO₂/L. Para en la última campaña de monitoreo se obtuvieron concentraciones OD mayores a 8,0 mgO₂/L, valores característicos de fuentes con baja contaminación.

La variable de coliformes ha presentado variación en sus datos históricos, teniendo niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 27×10^1 UFC/100ml a 5×10^3 UFC/100ml para la estación E05 y concentraciones de 94 UFC/100 ml a 32×10^3 UFC/100ml para la estación E06. En el año 2017 se puede observar que las concentraciones fueron las más altas en toda la serie de datos. ver Figura 4

Los valores históricos de SST por lo general han tenido concentraciones por debajo de 60 mg/L, con una tendencia a disminuir su concentración en la estación E06, esto puede ser por procesos de dilución que presenta el río Risaralda, y por las bajas concentraciones de SST provenientes de las quebradas Cauya y San Pedro.



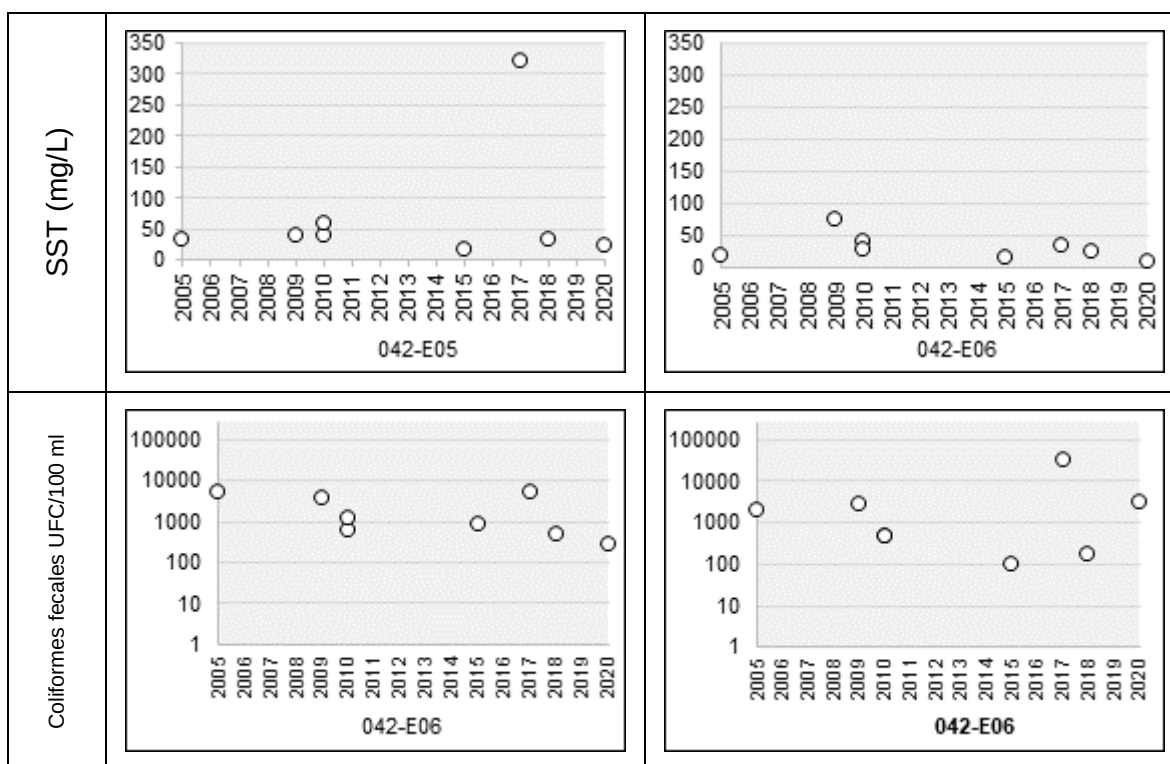


Figura 4. Perfil histórico de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales el Río Risaralda

3.1.1.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de o más variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

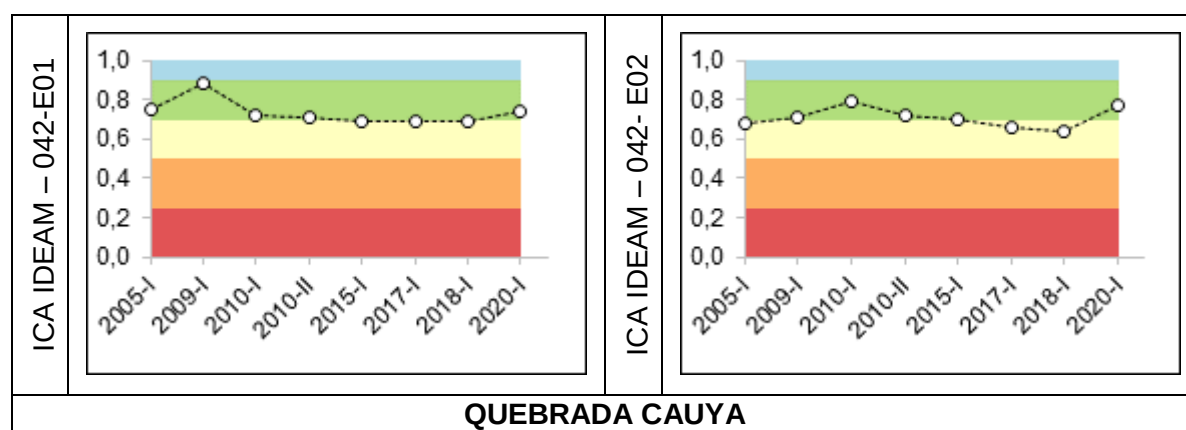
El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los nitritos, nitratos y nitrógeno total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del nitrógeno total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los nitritos y nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de coliformes fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de

Corpocaldas se encuentra en unidades formadoras de colonia (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Anserma Caldas. En la Figura 5 se puede observar que para la estación 042-E01 la calidad del agua se ubica en "Aceptable" para las primeras campañas de monitoreo, para luego tener valores por debajo del rango obteniendo una clasificación de "Regular" para los últimos años de registro. Para la estación 042-E02 la calidad del agua se ha ubicado entre "Regular" y "Aceptable" para todos los años de registro. En las estaciones 042-E03 y 042-E04 la calidad se ha encontrado en la categoría de "Aceptable" durante los años de monitoreo, presentándose un leve descenso de la calidad en el año 2017 pasando a la clasificación de "Regular". En la estación 042-E05 durante todo el período de monitoreo se ha encontrado en la categoría de "Aceptable" pero para el año 2017 disminuye la calidad del agua pasando a una clasificación de "Regular" lo cual se pudo constatar que los datos SST para ese año estuvieron por encima de los valores históricos obtenidos en años anteriores. Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para todas las estaciones se clasificaron en "Aceptable" encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo.



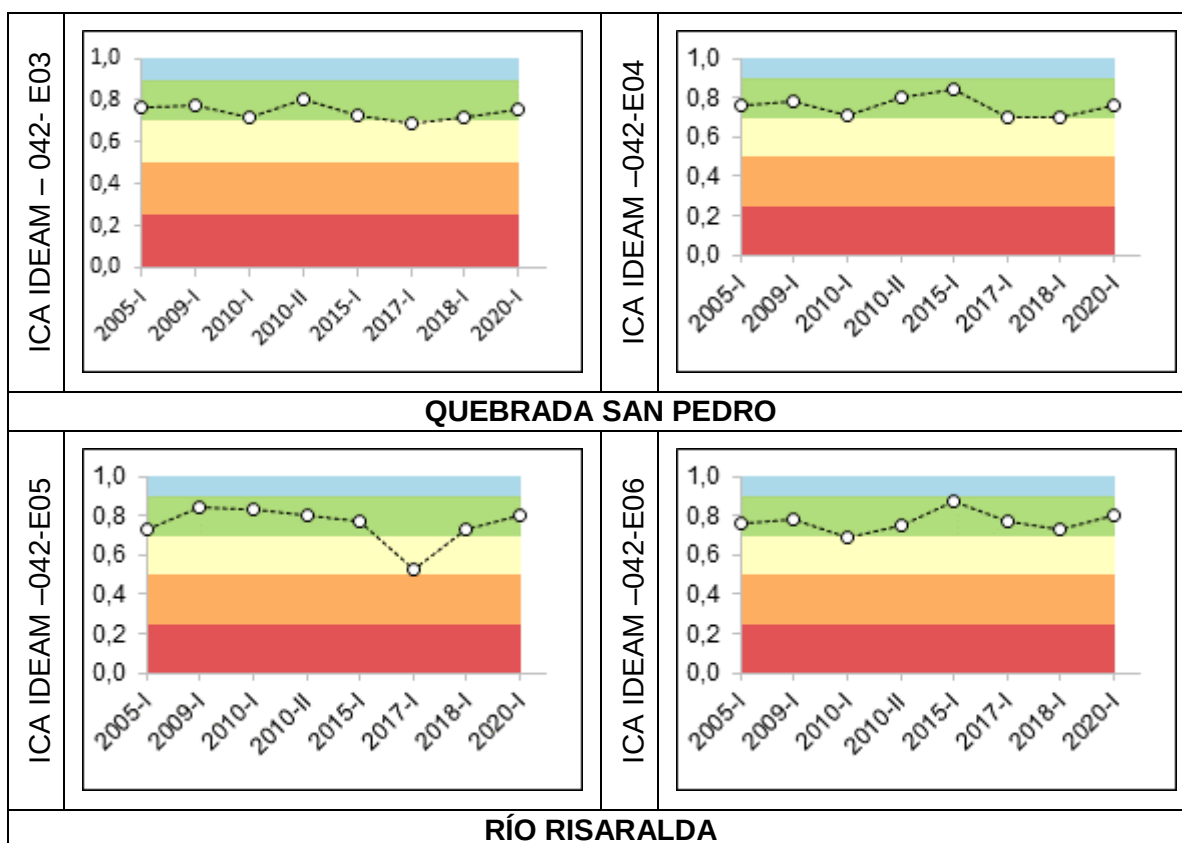
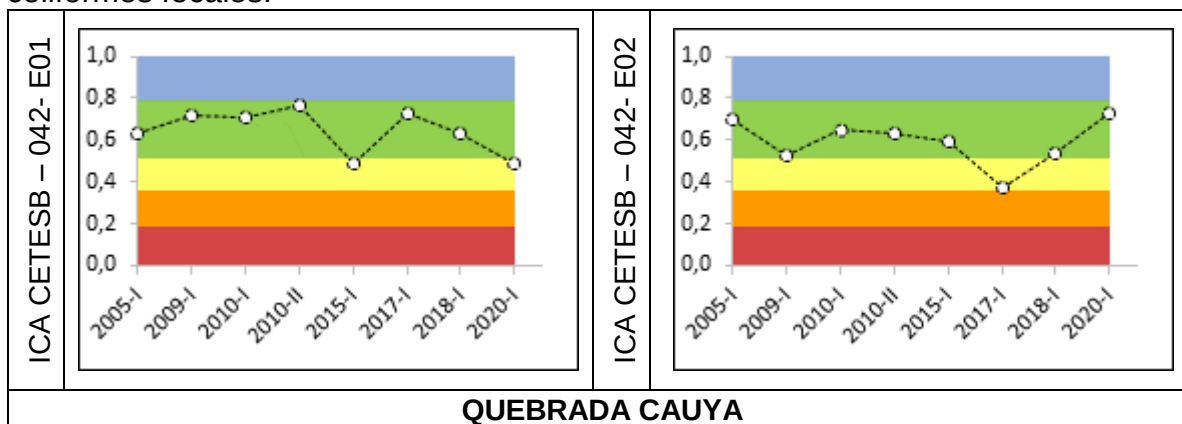


Figura 5. Resultados históricos ICA- IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Anserma

- **ICA-CETESB**

En la Figura 6 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Anserma. En la figura se observa que el ICA-CESTESB ha sido de calidad "Buena" en todas las estaciones monitoreadas con un comportamiento similar al ICA-IDEAM, sin embargo, este índice considera algunas variables adicionales como DBO₅ y coliformes fecales.



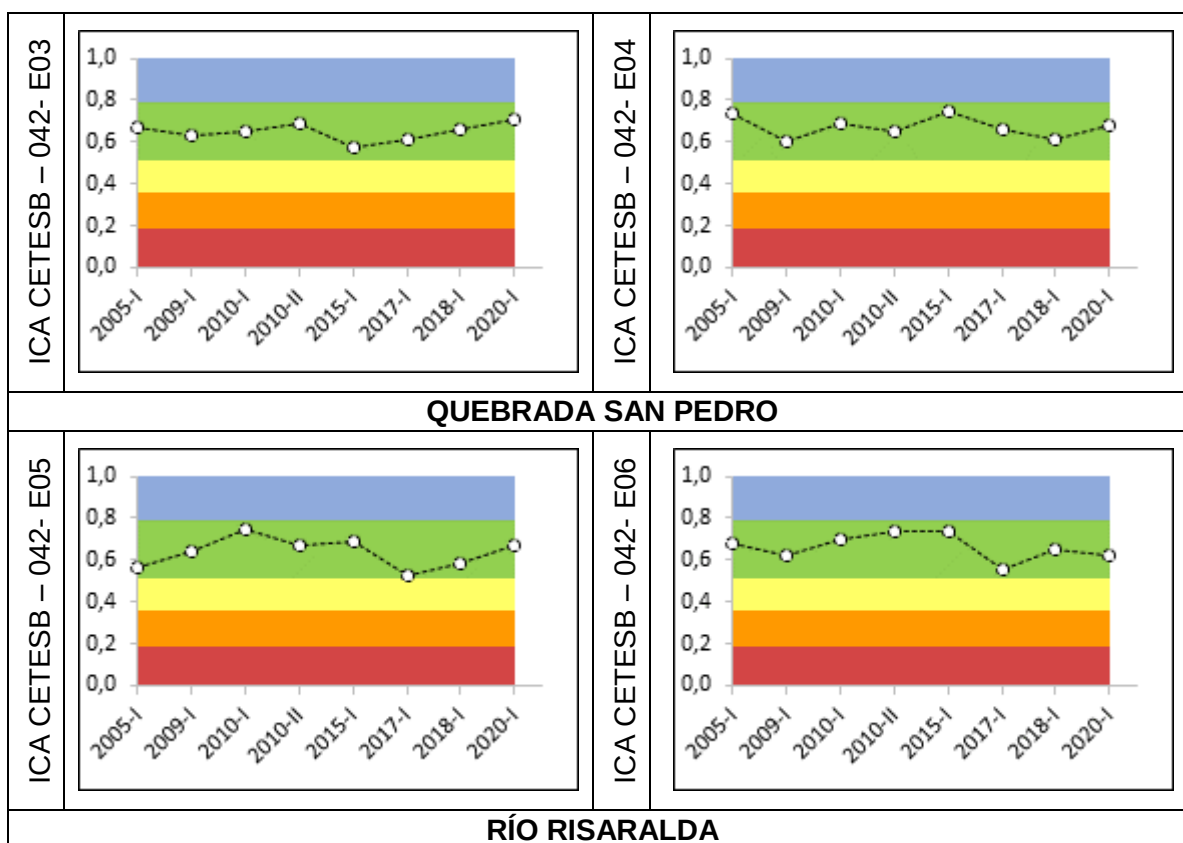


Figura 6. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Anserma

- **ICOMO, ICOMI e ICOSUS**

En la Figura 7 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 042-E01 y 042-E02 de la serie histórica analizada. En la estación E01 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “baja” y “muy baja”. El valor de ICOMO para el año 2020 presenta un nivel de contaminación “Media”, esto tiene relación al incremento de las concentraciones, en este caso de coliformes totales. Los valores para el índice ICOMI, están en un rango de “baja” contaminación y para el caso de los ICOSUS presenta un rango de “muy baja” contaminación. Para la estación E02 con relación a los índices de ICOMI, se puede observar en la Figura 7 históricamente ha tenido una tendencia de baja contaminación por mineralización, pero se da un cambio para el año 2015 y 2020 donde tiene un leve aumento pasando al nivel de contaminación “media”. El índice ICOMO podemos observar que se ha mantenido en la categoría de baja contaminación desde el año 2010 hasta la fecha. Al igual que la estación E01 podemos observar en la figura que el índice ICOSUS presenta un rango de “Muy baja”

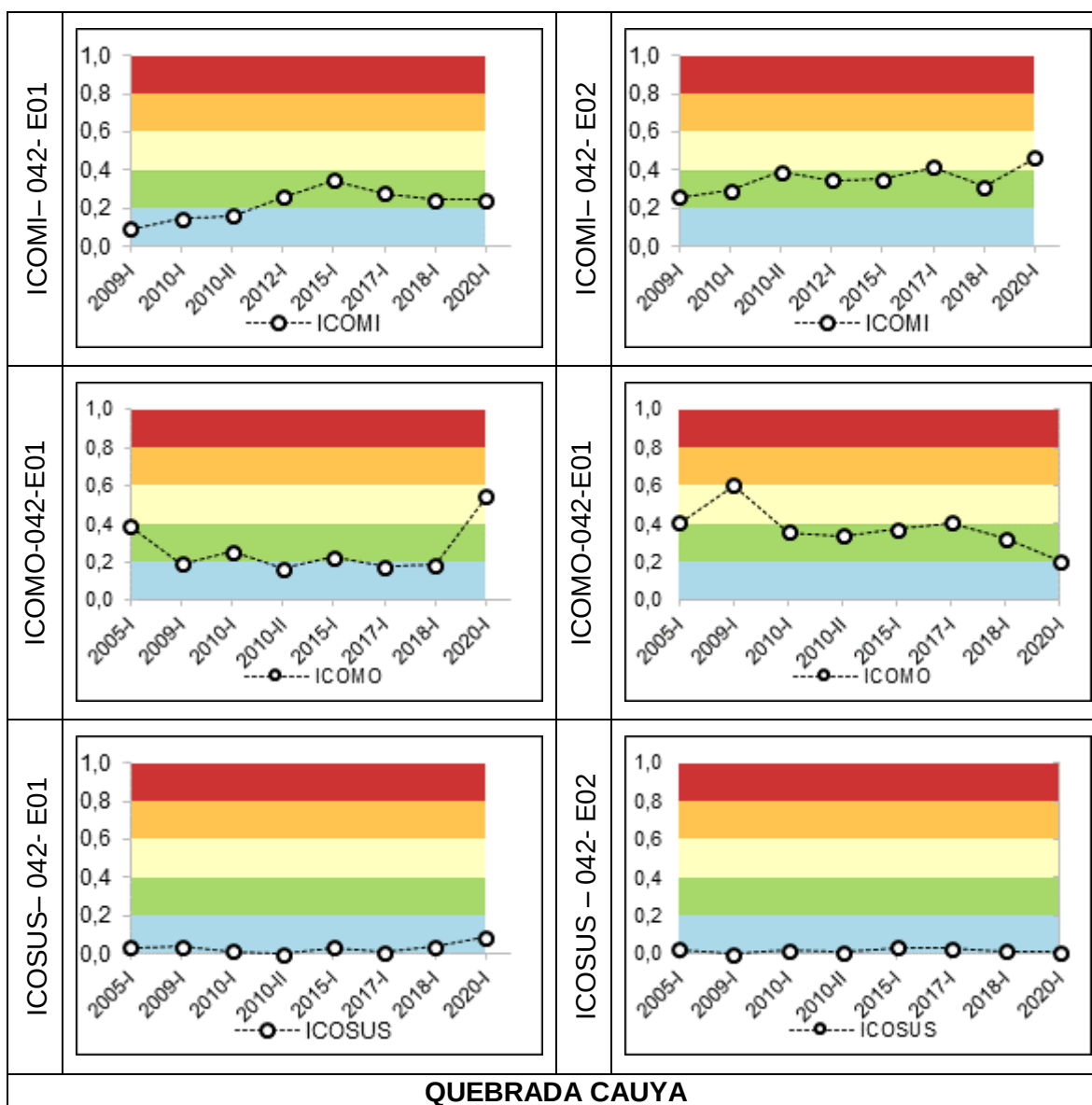


Figura 7. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo en la quebrada Cauya

Para las dos estaciones ubicadas en la quebrada San Pedro los índices de contaminación ICOMI e ICOSUS estuvieron en la categoría de “Muy baja”, por lo tanto, no se evidencia concentraciones altas de alcalinidad y dureza (ICOMI) y SST (ICOSUS) en estas dos estaciones. El índice de contaminación ICOMO, se han encontrado en una categoría de “Baja” contaminación en el periodo monitoreado. En la Figura 8, se presentan los resultados de los índices de contaminación históricos para las estaciones 042-E03 y 042-E04.

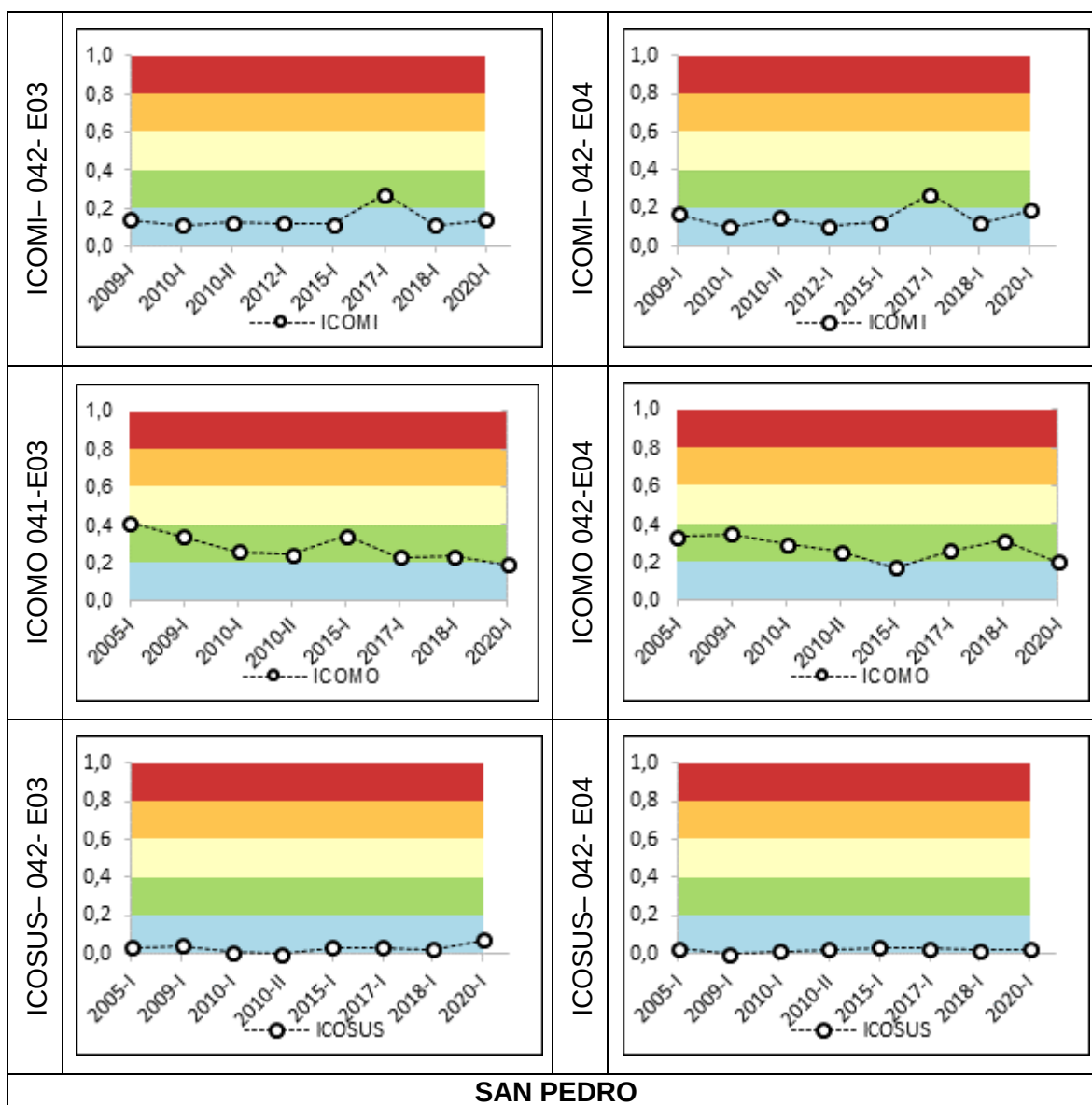


Figura 8. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo en la quebrada en la San Pedro

En la Figura 9 se muestra los índices de contaminación ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo ubicadas en el Río Risaralda. Con relación al índice ICOMI para los datos históricos se han encontrado en la categoría de “Muy baja”, por lo que las concentraciones de dureza y alcalinidad no son altas. Así mismo, el índice ICOSUS, en la mayoría de la serie histórica se encuentra en la categoría de “Muy baja”, solo en el año 2017 se evidencia en la figura que se dio una alta concentración de SST pasando a una categoría de “Muy Alta” contaminación. El índice ICOMO durante la serie histórica para las estaciones E01 y E02 se han mantenido en una categoría de “baja” contaminación. Para el año 2020 no se evidencias diferencia en con los resultados de años anteriores.

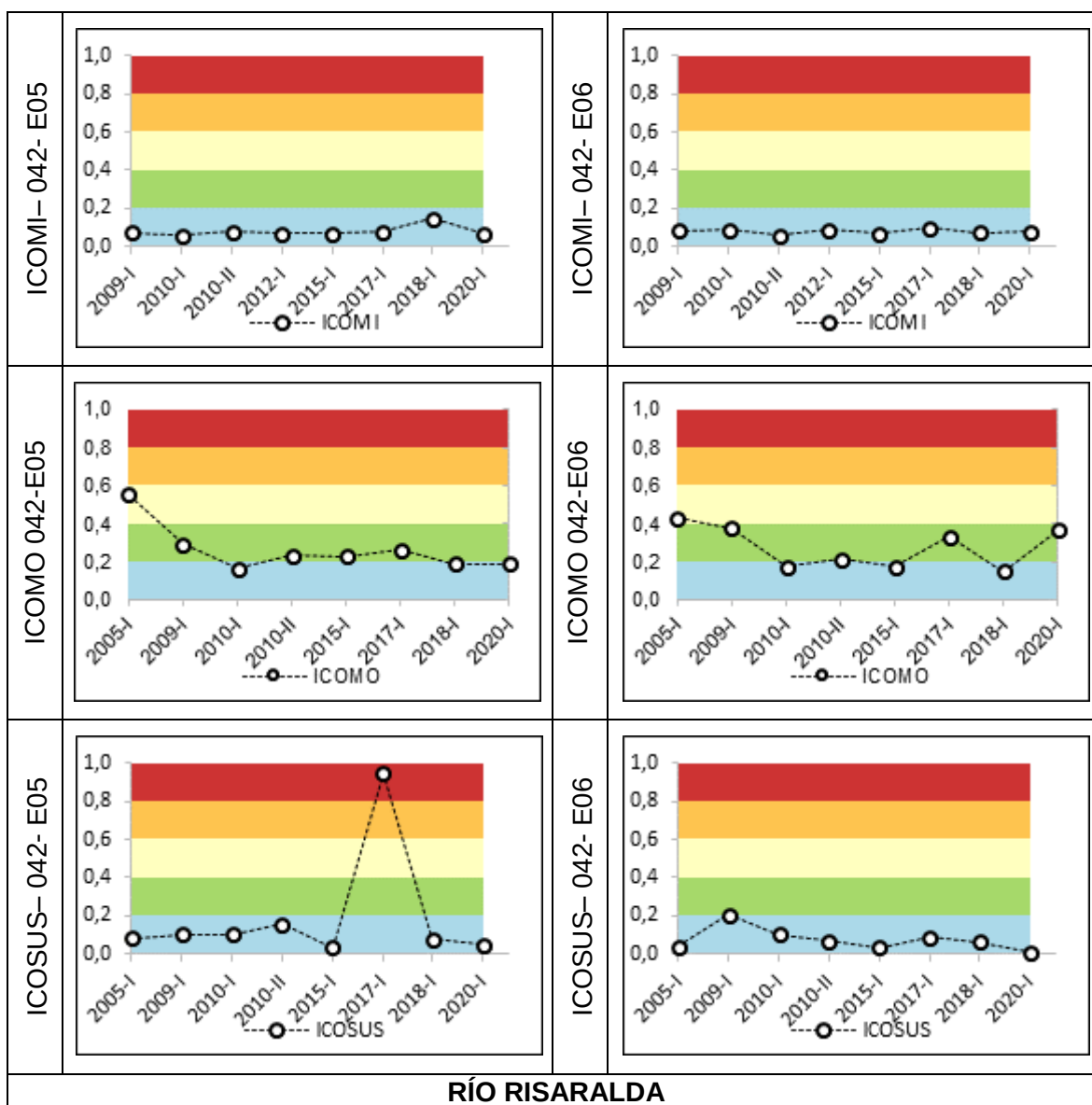


Figura 9. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo en el Río Risaralda

- **ICOTRO**

En la Figura 10 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo. Se observa que para todas las estaciones (con excepción a la estación 042-E04), se presentó un valor extremo en el ICOTRO durante los años 2017 al 2018 pasando a una categoría de “Hipereutrófico”, sin embargo, en los resultados obtenidos en 2020 se muestra que el ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para la mayoría de las estaciones.

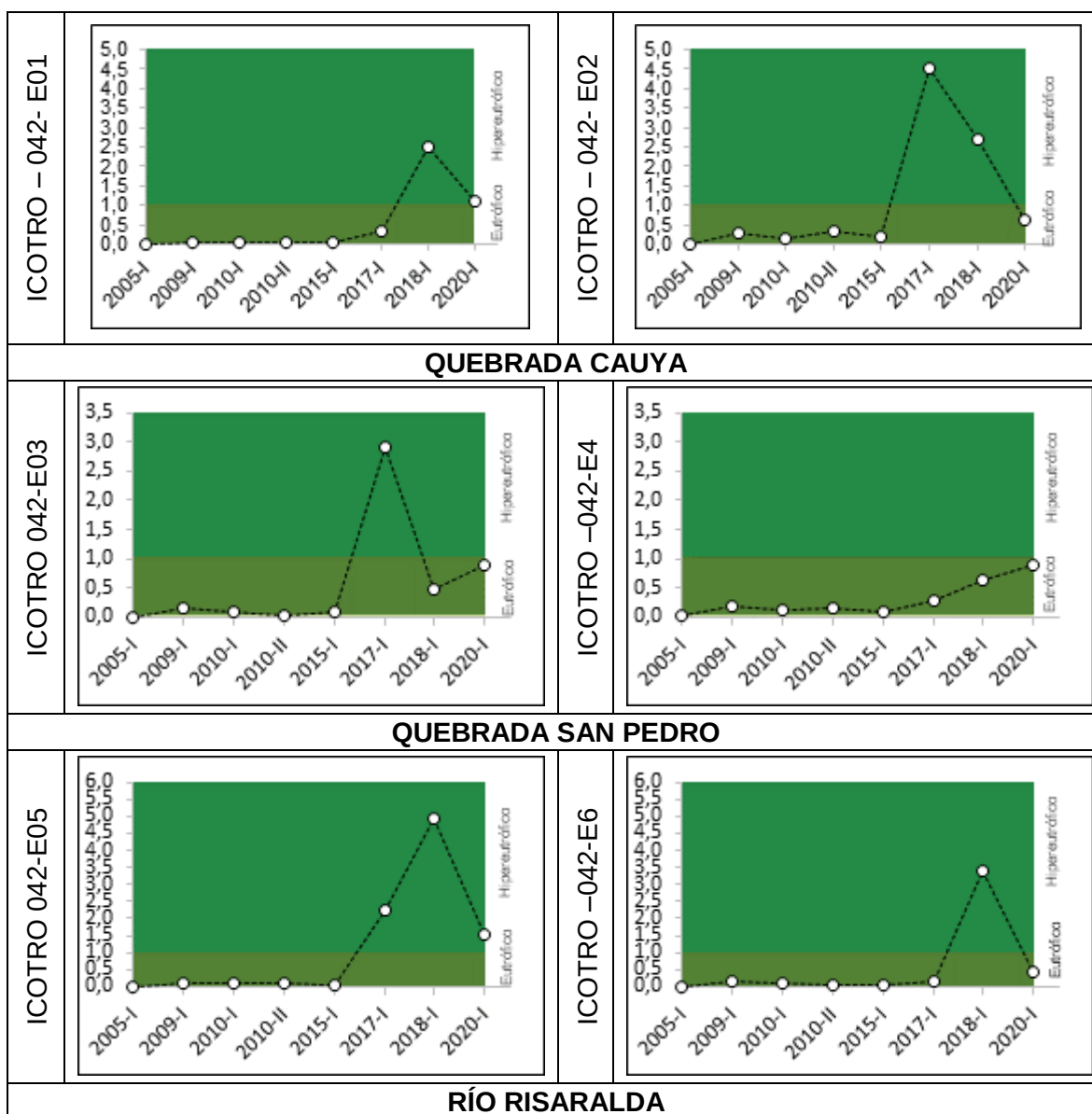


Figura 10. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Anserma

3.1.1.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Anserma, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de Corpocaldas reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Cauya.**

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación Anserma E1 hasta la estación Anserma E2, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso agrícola no restringido. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos (2) estaciones ver Tabla 9. Con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, las concentraciones de nitrógeno total de las dos estaciones se encuentran por encima del valor límite permitido. También se pudo evidenciar en campo la presencia de material flotante y espuma en la estación de monitoreo 042-E01 y 042-E02, incumpliendo estos criterios de calidad. También se identifica la presencia de sustancias de interés sanitario como el mercurio y cianuro, las cuales reportan concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método analítico

Tabla 9. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), Quebrada Cauya

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 042-E01	Estación 042-E02
Uso agrícola no restringido	pH	UpH	4,5-9,0	7,27	7,31
	OD	mg/L	>4	81,42	6,66
	Conductividad	(μ S/cm)	<700	160,8	226
	DQO	mg/L		<5,0	<5,0
	DBO ₅	mg/L	<20	<5,0	<5,0
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	5,91	8,78
	SST	mg/L	<50	35	10
	ST	mg/L	-	159	180
	Turbiedad	UNT	40-100	23,72	3,91
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	32000 UFC/100 mL	160 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	83000 UFC/100 mL	560 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	-	39,8	20,3
	Detergentes	mg SAAM /L	-	0,69	0,08
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Presente	Presente
	Sustancias de interés sanitario	N.A	Ausente	Presente (mercurio y cianuro)	Presente (Mercurio y cianuro)

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

• Objetivos de calidad del agua definidos para la Quebrada San Pedro

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación Anserma E3 hasta la estación Anserma E4, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso agrícola no restringido. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo ver Tabla 10.

Con los valores reportados, se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se pudo evidenciar en campo la presencia de material flotante y espuma en el punto de monitoreo 042-E04, incumpliendo este criterio de calidad. También se identifica la presencia de sustancias de interés sanitario como el mercurio y cianuro, las cuales reportan concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método analítico.

Tabla 10. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido tramo dos (2), Quebrada Cauya

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 042-E03	Estación 042-E04
Uso agrícola no restringido	pH		4,5-9,0	7,16	7,7
	OD	mg/L	>4	7,49	7,58
	Conductividad	(μ S/cm)	<700	136,9	152,7
	DQO	mg/L		5,98	<5,0
	DBO ₅	mg/L	<20	<5,0	<5,0
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	0,98	1,09
	SST	mg/L	<50	31	15
	ST	mg/L		147	132
	Turbiedad	UNT	40-100	10,48	7,54
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	230 UFC/100 mL	3400 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	650 UFC/100 mL	7200 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co			
	Detergentes	mg SAAM /L			
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Presente	Presente
	Sustancias de interés sanitario	N.A	Ausente	Presente (Cianuro y mercurio)	--

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

- **Objetivos de calidad del agua definidos para Río Risaralda**

Los objetivos de calidad a largo plazo definidos para el tramo dos (2) es el del uso de prevención de flora y fauna. A continuación, se define el cumplimiento de los objetivos de calidad desde la estación Anserma E05 hasta la estación Anserma E06. Tabla 11. Con las concentraciones reportadas de los puntos monitoreados, se observó que los valores se encuentran dentro del límite permitido para los dos tramos según la Resolución 239 de 2007. Sin embargo, se puede observar en los resultados que para la estación E06 hay presencia de mercurio y cianuro, siendo estas sustancias de interés sanitario.

Tabla 11. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007 para la preservación de flora y fauna tramo dos (2), Río Risaralda

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 042-E05	Estación 042-E06
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	7,52	7,86
	OD	mg/L	>5	7,86	8,01
	DBO ₅	mg/L	<50	<5,0	<5,0
	SST	mg/L	≤50	23	<10
	Turbiedad	UNT	<100	6,97	3,63
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	270 UFC/100 mL	3200 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	-	640 UFC/100 mL	5600 UFC/100 mL
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	N.A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias de interés sanitario	N.A	Ausente	Presente* (Mercurio)	Presente* (mercurio y cianuro)

*La sustancia de interés sanitario analizada y encontrada es la de mercurio y cianuro.

3.1.1.7. Conclusiones

- **Municipio de Anserma**

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una alta calidad de las fuentes superficiales, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Anserma.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Anserma indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de las fuentes receptoras ubicadas en el municipio de Anserma, están en la categoría de “aceptable”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la mayoría de las estaciones se encuentran en la categoría de “Buena” calidad, a excepción de la estación 042-E01, donde se pudo evidenciar que se encuentra en una categoría de “Regular” calidad, esto se debe a la concentración de coliformes y SST. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación es “bajo” para las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma.

La mayoría de las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007 para las diferentes fuentes receptoras y tramos de estas. La mayoría de los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites para los objetivos de calidad determinados usos según lo establecido en la resolución. Solo en el caso de la quebrada Cauya el tramo dos (2), no cumple

con el valor límite del parámetro de nitrógeno total establecido en la resolución uso de agrícola no restringido. En este sentido, también en las estaciones de la quebrada Cauya y San Pedro se pudo evidenciar presencia de material flotante y espuma, por lo anterior también hay incumplimiento de esta variable. Con relación a las sustancias de interés sanitario en las tres fuentes receptoras hay presencia de mercurio y cianuro, pero estas se encuentran generalmente debajo del límite de cuantificación del método.

3.1.2. Municipio de Risaralda

El municipio de Risaralda cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo, la estación 616-E01 ubicada en la quebrada Sin Nombre (2614-001-072-029), la cual converge en a la quebrada Lázaro y está la estación 616-E02 que se encuentra sobre la quebrada Lázaro después del último descole del municipio de Risaralda.

Es importante mencionar que, en la visita de reconocimiento de las estaciones de monitoreo en el municipio de Risaralda, Caldas, en conjunto con la interventoría del convenio 189 de 2019, se registró y evidenció que las coordenadas de la estación codificada 616-E01 llamada Quebrada Sin Nombre no correspondían al blanco en campañas anteriores, la muestra era tomada a un tributario de la quebrada Lázaro, que corresponde a un nacimiento donde se abastece una finca cercana a las coordenadas definidas.

Teniendo en cuenta la red hídrica de la zona y ubicación se reconoció que el punto no tenía relación con el blanco antes de la estación 616-E02. Por lo anterior se definió una nueva estación con nuevas coordenadas para para la toma del blanco antes del primer descole del municipio a la quebrada Lázaro. Se tomó muestra y se realizó ensayos de campo tanto a la nueva estación como de la estación llamada (nacimiento), la cual esta última no es no es objeto de análisis en el presente informe. En Tabla 12 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 12. Estaciones de monitoreo del municipio de Risaralda

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Quebrada Sin Nombre (2614-001-072-029)	616-E01	Antes de la primera descarga del municipio	1063455	812058
Q. Lázaro	616-E02	Q. Lázaro	1063436	811826
Q. Lázaro	616-E01A	(Nacimiento)	1063521	811753

En la Figura 11 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Risaralda, Caldas

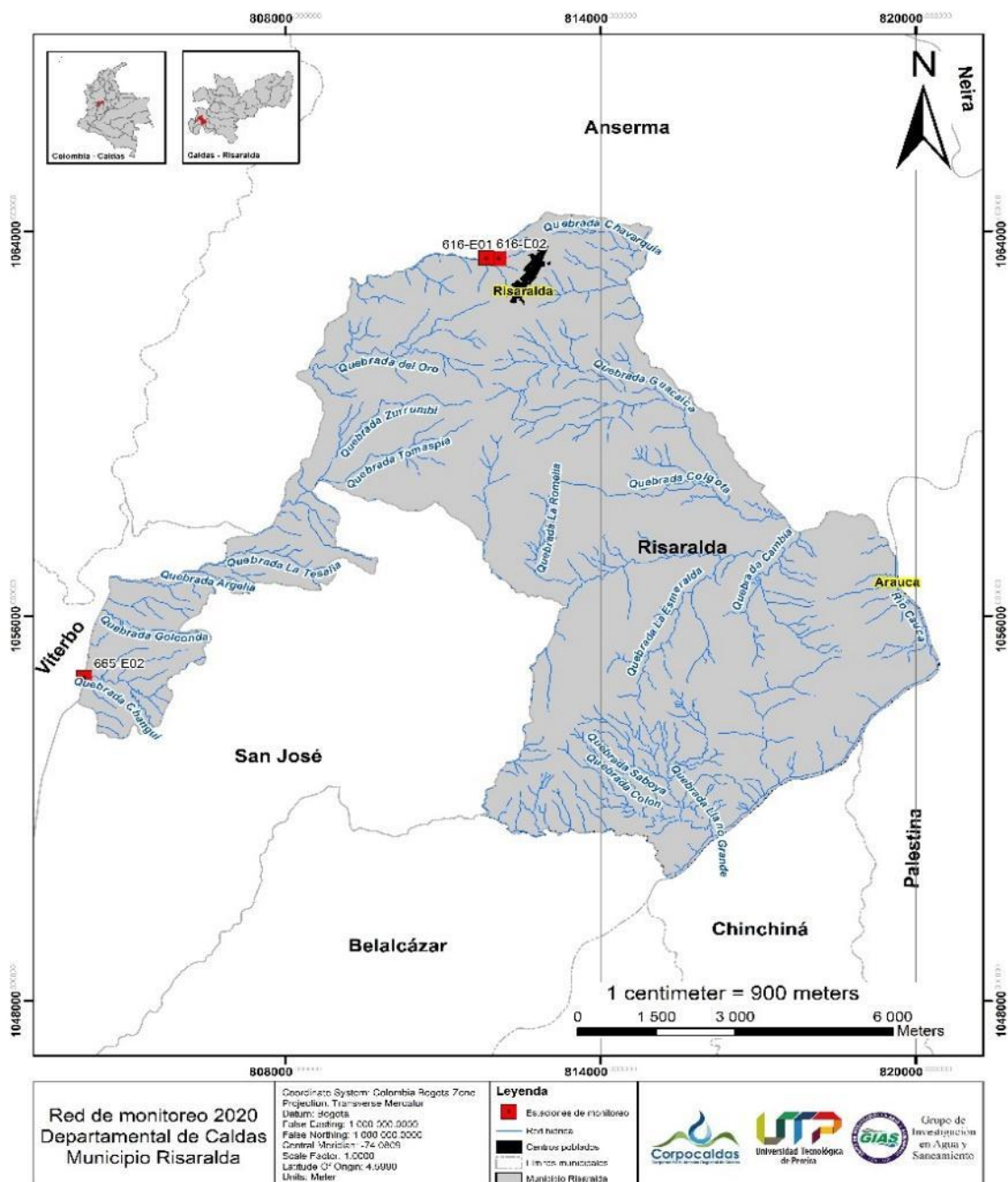


Figura 11. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Risaralda

3.2.1.1 Campaña de monitoreo municipio de Risaralda

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Risaralda fue realizada el día 10 de agosto de 2020. En la Tabla 13 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Risaralda.

Tabla 13. Fecha de recolección de muestras Municipio de Risaralda

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
616-E01	Q. Sin nombre (2614-001-0072-029) E1	10/08/2020
616-E02	Q. LázaroE2	10/08/2020
616-E01A	(Nacimiento) E3	10/08/2020

3.2.1.2 Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos tomados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Risaralda, Caldas. Ver Tabla 14

Tabla 14. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Risaralda 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
616-E01	7,48	7,82	109	20	0,012
616-E02	6,38	7,74	325	21	0,058
616-E01A	7,1	7,95	176,1	22	0,000642

De la información encontrada en campo podemos observar un aumento del caudal de la estación 616-E01 a la estación 616-E02, la cual debe estar relacionada a los aportes de los vertimientos residuales del municipio de Risaralda. En lo que compete al pH se puede observar que se encuentran por encima 7,7 UpH.

Para la estación E01 se obtuvo una concentración de OD mayor a la estación E02, infiriendo que los aportes de los vertimientos del municipio pueden llegar afectar la concentración de OD de la fuente superficial monitoreada. La conductividad eléctrica tiene una tendencia aumentar de una estación a otra. Este incremento puede estar asociado a las descargas de aguas residuales a la fuente receptora del vertimiento en este caso a la Quebrada Lázaro.

3.2.1.3 Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 15 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Risaralda, Caldas.

Tabla 15. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Risaralda

Ensayo (s)	Unidades	Estación código		
		616-E01	616-E02	616-E01A
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	11±1	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	19,9±1,7	<5,00
Sólidos totales	mg/L	179	248	121

Ensayo (s)	Unidades	Estación código		
		616-E01	616-E02	616-E01A
Sólidos suspendidos totales	mg/L	13±0,4	35,00	<LCM
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	11,48	19,98	20,78
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,52	9,16	0,70
Nitratos	mg NO ₃ /L	7,1	10,7	4,0
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,016	1,328	0,009
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	85,1	43,2	53,4
Coliformes Totales	UFC/100 mL	12700	18300000	10700
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	200	4900000	100
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	83,6	63,9	64,3
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	55,5	43,3	39,7
Turbidez	UNT	6,76	39,21	1,73
Grasas & Aceites	mg/L	11,0	14,0	6,0
Cloruros	mg Cl-/L	6,20	22,30	8,18
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	2,5	22,0	1,4
Color real	U Pt- Co	7,2	70,3	3,5
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,18	1,47	0,67
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,16	0,84	0,15
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,36	1,35	0,14
Cianuro	mg CN/L	<0,005	--	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001

--Variable no solicitada en la muestra

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

Los resultados de ST y SST para las muestras recolectadas durante la jornada de muestreo en la quebrada Lázaró muestran un aumento en su concentración desde la primera estación hasta la segunda estación. Este comportamiento debe estar asociado a los vertimientos que ha recibido la quebrada Lázaró del municipio de Risaralda, mostrando una variabilidad de una estación a otra.

Para los ensayos de DBO₅ y DQO para la estación 616-E01 se encuentra la concentración por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis (<5,0 mg /L). Con relación a la estación 616-E02 el valor reportado por el laboratorio muestra un aumento de la concentración de estos dos ensayos en comparación a la primera estación. Los valores registrados de DBO₅ para la estación dos es de 11 mg/L y la DQO de 19,9 mg/L siendo concentraciones bajas característica de aguas poco contaminadas de la presencia de compuestos orgánicos.

La determinación de turbiedad y color para las muestras recolectadas en las estaciones de monitoreo, muestran una gran variabilidad para ambos ensayos con tendencia aumentar de una estación a otra, valores que pueden estar asociados a las descargas que se presentan desde el tramo de la primera estación hasta la segunda estación. Las concentraciones de G&A y detergentes permiten apreciar que desde la primera estación hasta la segunda estación ambos presentan un aumento en su concentración. El aumento en sus concentraciones puede estar influenciado por los vertimientos residuales que provienen del casco urbano del municipio de Risaralda

Los ensayos de NTK y nitrógeno amoniacal tienen una tendencia de aumentar de una estación a otra, esto es debido al aporte de aguas residuales a la fuente receptora de vertimientos en este caso la quebrada Lázaró. De igual manera, los nitritos y nitratos aumentan su concentración por lo que los vertimientos provenientes del municipio generan una disminución en el oxígeno disuelto, por lo que estos parámetros tienden a aumentar su concentración en especial de nitrógeno amoniacal y de los nitritos. Las concentraciones fósforo total y soluble determinadas en las muestras recolectadas durante la jornada de muestreo, permiten evidenciar que el fósforo presenta un aumento significativo de una estación a otra por lo que esto también puede ser influido por las descargas del municipio a la fuente receptora quebrada Lázaró.

Con relación a los ensayos de alcalinidad y dureza nos muestra que su concentración de una estación a otra disminuye para ambos parámetros, esto puede deberse a que en la estación 616-E01 puede tener un grado de mineralización en la corriente que por procesos de dilución y/o depuración de la fuente receptora permite la disminución de la alcalinidad y la dureza total.

Los coliformes fecales y totales tienen una tendencia a aumentar de una estación a otra con picos de concentración altos para ambos parámetros. Este aumento significativo se debe a las descargas de los vertimientos de aguas residuales a la fuente receptora que es en este caso la quebrada Lázaró.

3.2.1.4 Variación histórica de la calidad del agua municipio de Risaralda

Se llevó a cabo la realización del perfil histórico de calidad para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para la estación 616-E02 ubicada en la Quebrada Lázaró, debido a que los datos históricos reportados para la estación 616-E01 son datos que provenían de la estación ahora codificada en este informe como 616-E01A, la cual fue identificada en este estudio como una estación que no correspondía al blanco de la quebrada Lázaró antes del primer descole del municipio, por lo anterior no se tiene en cuenta para el análisis de los perfiles históricos.

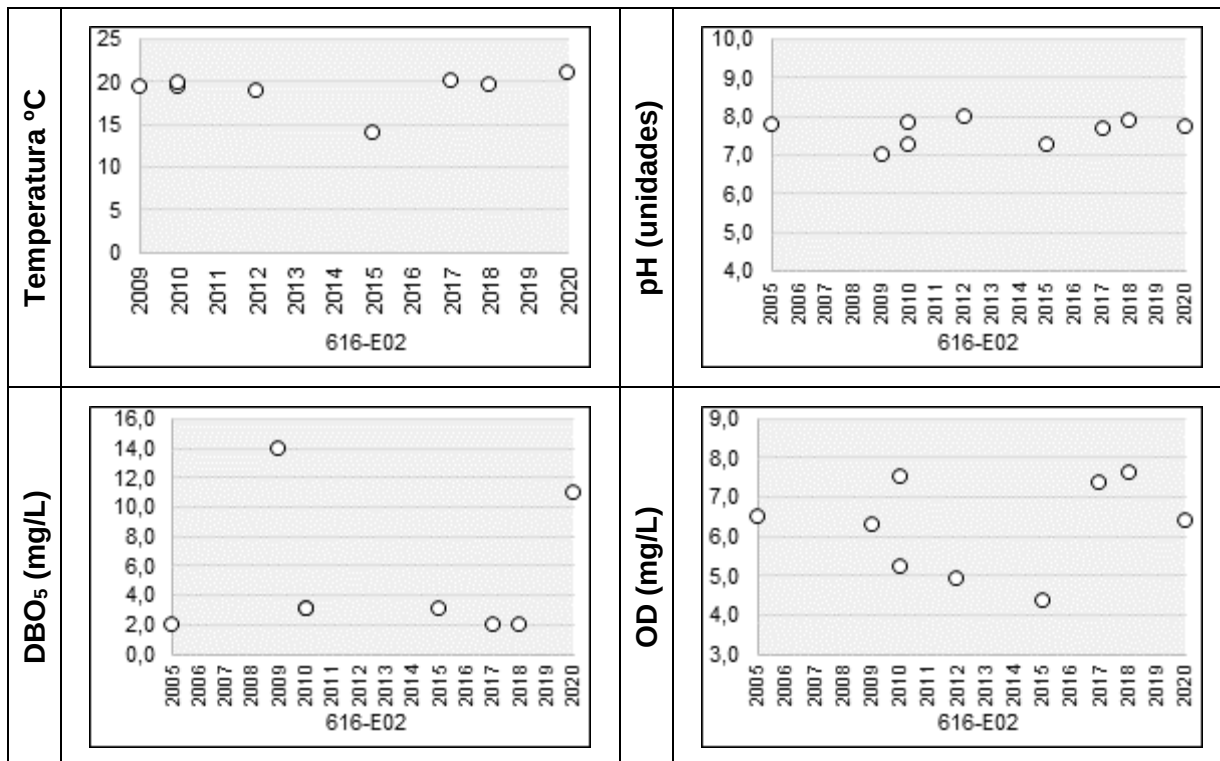
- **Quebrada Lázaró 616-E02**

En la Figura 12 se puede observar los perfiles históricos de las variables reportadas para la quebrada Lázaro estación 616-E02. Se inicia con el análisis de La temperatura del agua la cual ha tenido un comportamiento estable donde no se nota una variabilidad en los datos, solo en el año 2015 presentó temperaturas bajas. La variable pH, se puede observar en la figura que no hay variabilidad en los datos significativa estando en un rango neutro de pH con valores que van de 7 a 8.

Los valores históricos de la DBO₅ nos muestran una variabilidad en sus datos teniendo datos atípicos en el año 2009 y en el año 2020 con concentraciones mayores a 10 mg /L. Otra de las variables que ha tenido variabilidad en sus datos ha sido el OD, de la cual ha tenido concentraciones que van de un rango de 4,3 a 7,6 mg O₂/L.

Los datos históricos de los SST desde el período de 2005 hasta el 2012 tuvo un comportamiento estable en sus datos sin diferencias significativas, para el año 2015 aumentó la concentración de los SST, para el año 2020 es donde tiene un aumento significativo en su concentración obteniendo un valor de 35 mg/L.

La variable de coliformes ha presentado variación en sus datos históricos, teniendo niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 27×10^1 UFC/100ml a 49×10^5 UFC/100ml para la estación. En el año 2020 se puede observar que las concentraciones fueron las más altas en toda la serie de datos.



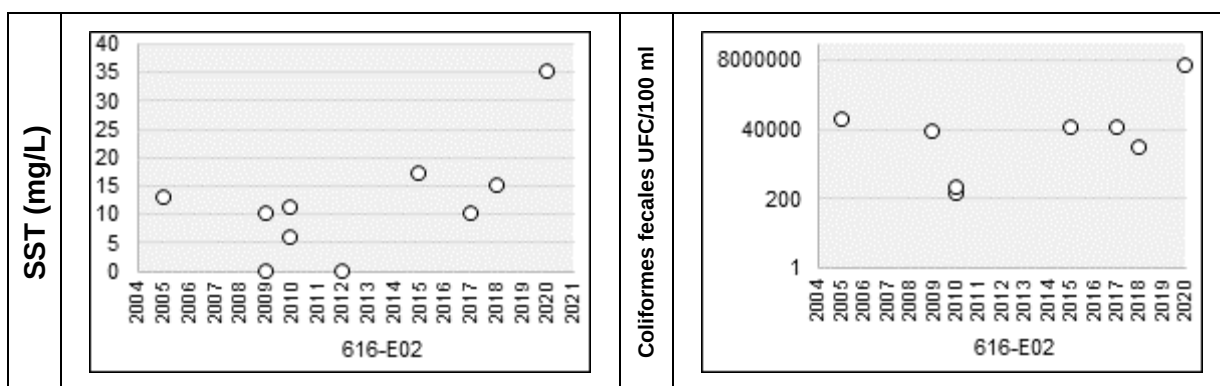


Figura 12. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para quebrada Lázaro-estación 616-E02.

3.2.1.5 Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de la estación 616-E02 quebrada Lázaro. Para este análisis no se tuvo en cuenta los datos históricos de la estación 616-E01 debido a que los valores y concentraciones reportadas para la estación en mención provenían de la estación ahora codificada en este informe como 616-E01A, la cual fue identificada en este estudio como una un punto de monitoreo que no correspondía al blanco de la quebrada Lázaro antes del primer descole del municipio. Por lo anterior, no se tiene en cuenta para el análisis de los índices los datos históricos reportados. Sin embargo, se realiza el cálculo de los índices para el año 2020 tanto para la estación 616-E01 como para la estación 616-E01A.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para la estación de monitoreo 616-E02 ubicada en la quebrada Lázaro en el municipio de Risaralda, Caldas. En la Figura 13 se puede observar que para la estación 616-E01 la calidad del agua se ubica en la categoría de "Aceptable" en la mayoría de las campañas de monitoreo, teniendo un descenso leve de la calidad en el año 2015 donde se obtuvo una categoría de "Regular" subiendo para los próximos años en el rango de aceptable, pero con valores menores 0,73.

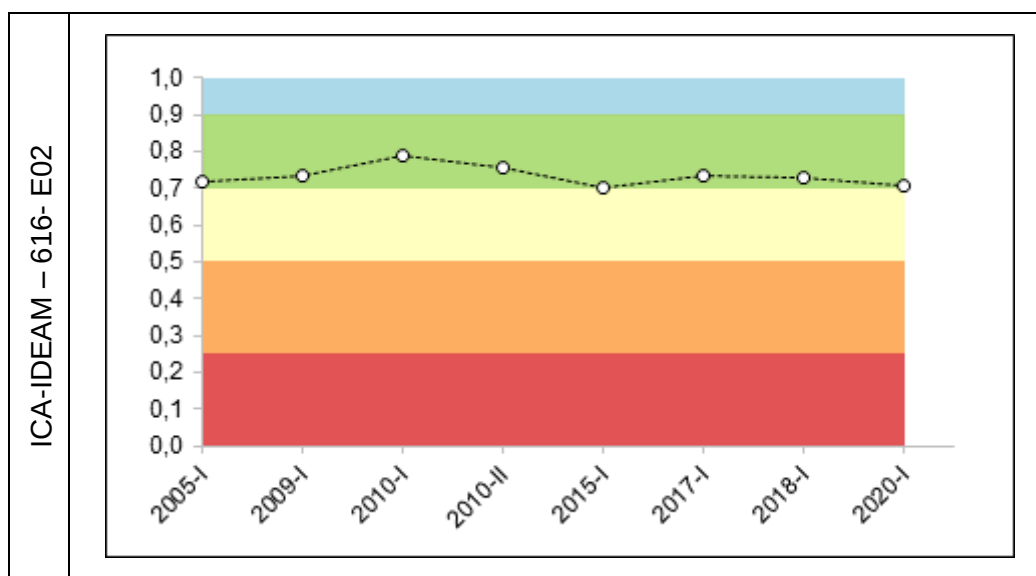


Figura 13. Resultados históricos ICA- IDEAM para la estación 616-E02 municipio de Risaralda

A continuación, se expone los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para las estaciones 616-E01 y 616-E02 la cual se encontró en la categoría de “Aceptable” (Ver Tabla 16).

Tabla 16. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Risaralda año 2020

Municipio	ICA-IDEM (Clasificación IDEAM)			
	Estación	616-E01	616-E02	616-E01A
Risaralda	Valor	0,7862	0,7082	0,7430
	Clasificación	Aceptable	Aceptable	Aceptable

- **ICA-CETESB**

En la Figura 14 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para la estación de monitoreo 616-E02 ubicada en el municipio de Risaralda. En la figura se observa que en esta estación se ha encontrado en la categoría de “Regular” y “Mala”, a diferencia del ICA-IDEAM, esta considera algunas variables adicionales como DBO_5 y coliformes fecales y para este caso las concentraciones históricas de coliformes fecales en esta estación tienen tendencia a hacer altos. Para el año 2020 la estación 616-E02 la categoría obtenida es “Mala”

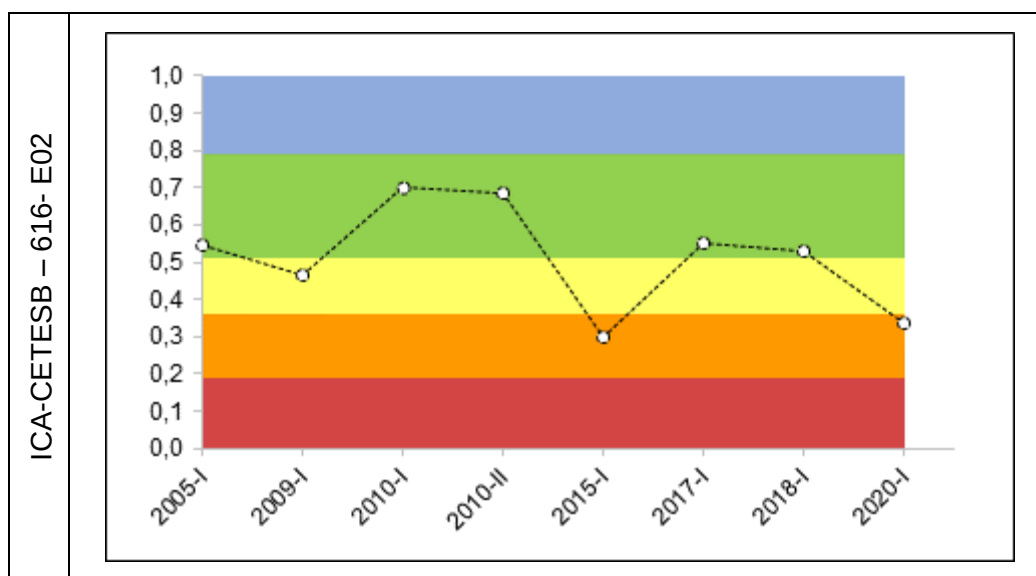


Figura 14. Resultados históricos ICA- CETESB para la estación 616-E02 municipio de Risaralda estación

Los resultados del ICA-CETESB para el año 2020 para la estación 616-E01 se conservó en la categoría de “Buena”. A continuación, se expone los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo del municipio de Risaralda y en la estación nombrada Nacimiento en este informe (Ver Tabla 17).

Tabla 17. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Risaralda año 2020

Municipio	ICA-CETESB			
	Estación	616-E01	616-E02	616-E01A
Risaralda	Valor	0,7335	0,3371	0,7151
	Clasificación	Buena	Mala	Buena

- **ICOMO, ICOMI e ICOSUS**

En la Figura 15 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMI e ICOSUS para la estación de monitoreo 616-E02 teniendo en cuenta los históricos. En algunos años faltan los cálculos de los ICOS, esto se debe a que en archivo oficial entregado por la Corporación no se reportó una o más variables requeridas para determinar el índice en algunos años, en este sentido se calcularon para los datos disponibles. En la estación E02 los índices de ICOMI presentan niveles históricos de contaminación “baja” y “muy baja” entendiendo que no hay contaminación por mineralización en este punto. Con relación a los valores históricos de los índices ICOSUS este se ha encontrado en la categoría de “muy baja” contaminación, durante el periodo de monitoreo. El índice ICOMO ha sido muy fluctuante durante la serie histórica, teniendo años como el 2009, 2015 y 2020 donde la contaminación se encuentra en la categoría de “alta”. Lo anterior puede estar relacionado a que es una fuente receptora de aguas residuales que se caracterizan por tener alta carga orgánica.

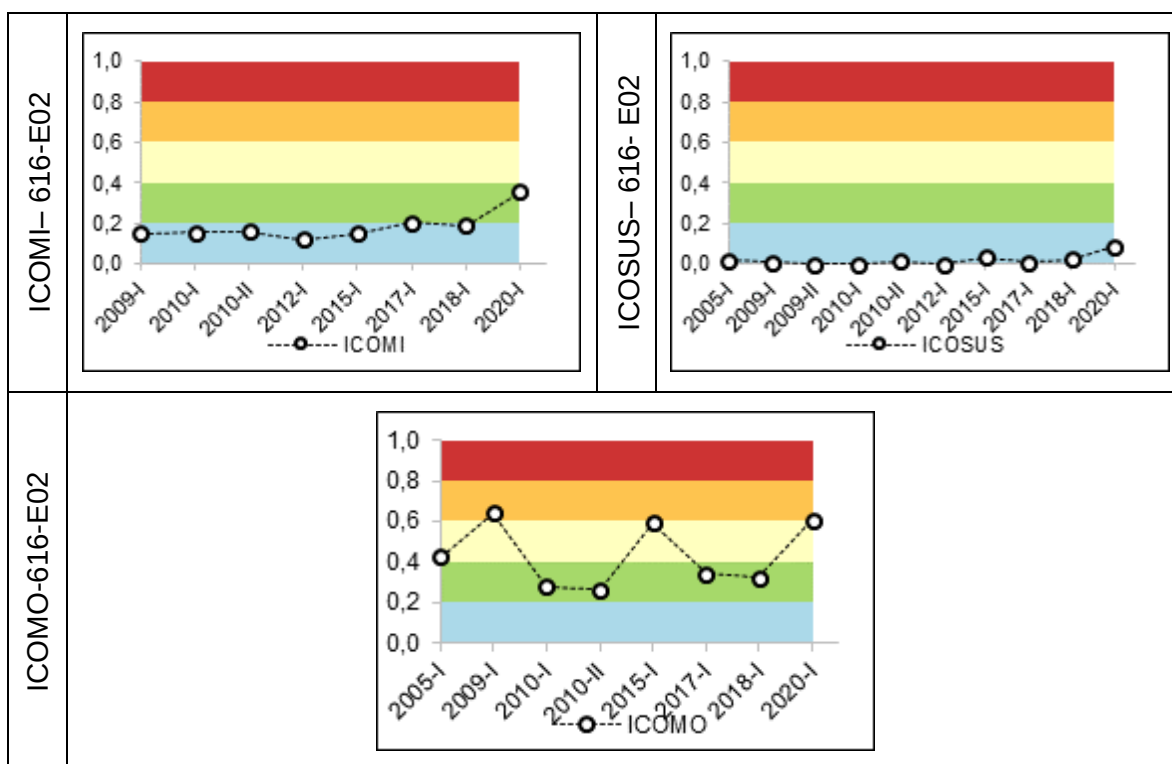


Figura 15. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de la estación de monitoreo Quebrada Lázaro

Los resultados de los ICOS para el año 2020 para la estación 616-E01 se conservó en la categoría de “Baja” para el Índice ICOMI y de “Muy baja” para índice ICOSUS. Con respecto al índice ICOMO, las estaciones presentan niveles de contaminación “Media” para la estación E01 y “Alta” para la estación E02. A continuación, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI e ICOSUS para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo y en el punto (Nacimiento) (Ver Tabla 18).

Tabla 18. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Risaralda, año 2020

Municipio	Estaciones	616-E01	616-E02	616-E01A
Risaralda	ICOMI			
	Valor	0,2357	0,3571	0,2173
	Clasificación	Baja	Baja	Baja
	ICOMO			
	Valor	0,4325	0,6066	0,4186
	Clasificación	Media	Alta	Media
	ICOSUS			
	Valor	0,019	0,01	0,085
	Clasificación	Muy baja	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 16 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para estación ubicada en la quebrada Lázaro en el municipio de Risaralda, Caldas. La variable

principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo. Se observa que para la estación se ha encontrado en la categoría de “Eutrófico” durante las primeras campañas de monitoreo, pero en se presentó un valor extremo en el ICOTRO durante el año 2018 pasando a una categoría de “Hipereutrófico” siguiendo con esa misma categoría para el año 2020.

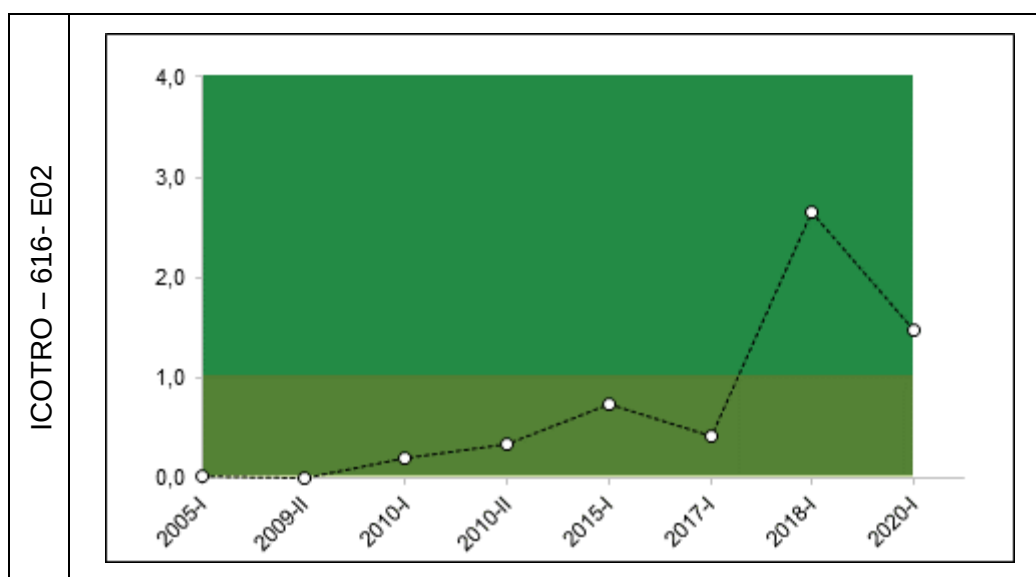


Figura 16. Resultados históricos ICOTRO estación de monitoreo quebrada Lázaro municipio de Risaralda.

Los resultados del ICOTRO para el año 2020 para la estación 616-E01 se conservó en la categoría es de “Eutrófico”. A continuación, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo del municipio de Risaralda y en el punto llamado en este informe (Nacimiento) (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Risaralda año 2020

Municipio	ICOTRO			
	Estación	616-E01	616-E02	616-E01A
Risaralda	Valor	0,18	1,47	0,67
	Rango	Eutrófico	Hipereutrófico	Eutrófico

3.2.1.6 Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para la quebrada Lázaro receptora de vertimientos en el municipio de Risaralda Caldas.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Lázaro.**

Se hace el análisis de los objetivos de calidad para el tramo dos (2) desde la estación Risaralda E1 hasta la estación Risaralda E2. Se comparó los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución 239 de 2007, en el cual define los objetivos para uso agrícola restringido. Se pudo observar que los valores encontrados en campo y en el laboratorio están dentro del valor límite para el uso del recurso hídrico establecido en el objetivo de calidad a largo plazo, a excepción de la presencia de material flotante y espuma que se encuentran por fuera del valor límite determinado en la resolución en la estación E02 (Ver Tabla 20).

Tabla 20. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 en el tramo dos (2) quebrada Lázaro

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 616-E01	Estación 616-E02
Uso agrícola restringido	pH		4,5-9,0	7,82	7,74
	OD	mg/L	>4	7,48	6,38
	Conductividad	(μ S/cm)	700-3000	109	325
	DQO	mg/L	-	<5,0	19,9
	DBO ₅	mg/L	<20	<5,0	11,0
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	11,48	19,98
	SST	mg/L	<50	13	35
	ST	mg/L		179	248
	Turbiedad	UNT	40-100	6,76	39,21
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	2 x 10 ²	49 x 10 ⁵
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	127x 10 ²	183 x 10 ⁵
	Color real	Unidades Pt/Co	--	7,20	7,30
	Detergentes	mg SAAM /L		0,36	1,35
	Material flotantes y espumas	Presencia	Ausente	Ausente	Presente

3.1.2.7 Conclusiones

Municipio de Risaralda

Se realizó la verificación de la estación de monitoreo 616-E01, en el cual se definió nuevas coordenadas en la quebrada Sin Nombre (2614-001-072-029), debido que en anteriores campañas la estación monitoreada no tenía relación con el blanco antes de la estación 616-E02, si no que era un tributario de la quebrada Lázaro. Se tomó muestra y se realizaron ensayos de campo tanto a la nueva estación como de la estación llamada (nacimiento), pero esta última no es objeto de análisis en el presente informe.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Risaralda indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, que para este año no se han presentado cambios

significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico que han tenido las distintas variables en las estaciones de monitoreo para la estación 616-E02.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad de la quebrada Lázaro es “aceptable”. Con respecto al ICA-CETESBE, para la estación E02 da una calificación de “mala” calidad en la quebrada Lázaro. Los resultados de los ICOS para el año 2020 para la estación 616-E01 se conservó en la categoría de “Baja” para el Índice ICOMI y de “Muy baja” para índice ICOSUS. Con respecto al índice ICOMO, las estaciones presentan niveles de contaminación “Media” para la estación E01 y “Alta” para la estación E02.

Las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. Los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites para los objetivos de calidad según lo establecido en la resolución para el tramo dos (2) de la quebrada Lázaro, solo no cumple el criterio de presencia de espuma y material flotante para la estación E02, la cual se pudo observar en campo.

3.1.3. Municipio de Belalcázar- Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia

El municipio de Belalcázar sobre la quebrada 2614-001-022-004 se ubica la estación 088-E01 Antes de la primera descarga del municipio 2+706 y en la quebrada Betulia se localiza la estación 088-E02 después de la última descarga del municipio 4+223. En Tabla 21 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 21. Estaciones de monitoreo del municipio de Belalcázar- Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Quebrada 2614-001-022-004	088-E01	Antes de la primera descarga del municipio_K 2+706	1043628	805308
Quebrada Betulia	088-E02	Después de la última descarga del municipio_K 4+223	1044010	804179

En la Figura 17 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada 2614-001-022-004 y Betulia, en el municipio de Belalcázar, Caldas.

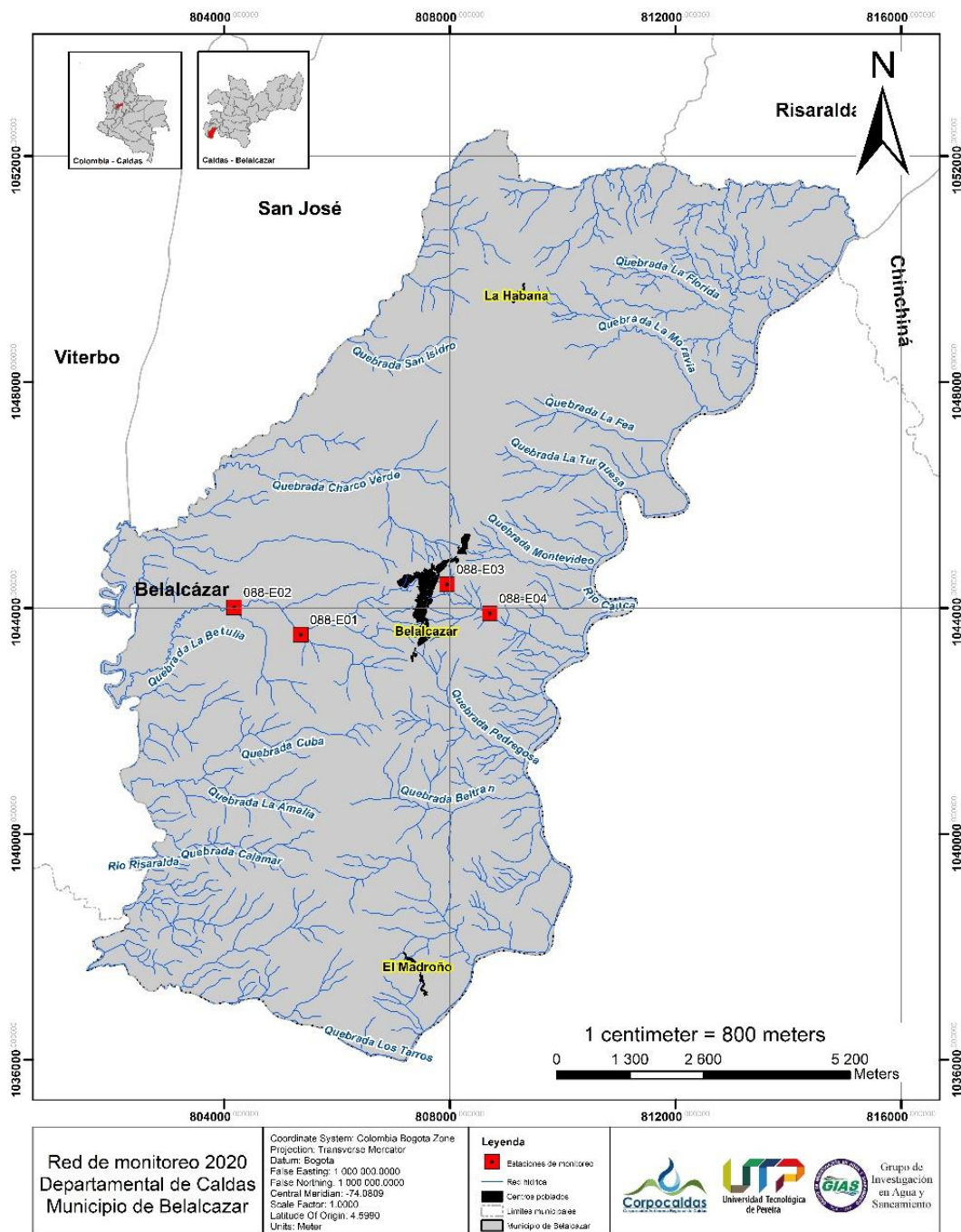


Figura 17. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Belalcázar

3.2.1.7 Campaña de monitoreo municipio de Belalcázar- Quebradas 2614-001-022-004 y Betulia

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Belalcázar fue realizada el día 4 de agosto de 2020. En la Tabla 22 se muestra en detalle la fecha

de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Belalcázar.

Tabla 22. Fecha de recolección de muestras Municipio de Belalcázar- Quebradas 2614-001-022-004 y Betulia

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
088-E01	Quebrada 2614-001-022-004	04/08/2020
088-E02	Quebrada Betulia	04/08/2020

3.2.1.8 Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos leídos en campo, para ambas estaciones de monitoreo en el municipio de Belalcázar, Caldas (Ver Tabla 23).

Tabla 23. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Belalcázar, Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
088-E01	7,60	7,77	262	22,0	0,106
088-E02	7,54	7,49	367	20,9	0,172

3.2.1.9 Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, Tabla 24 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Belalcázar Caldas quebrada 2614-001-022-004 y quebrada Betulia.

Tabla 24. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Belalcázar- Quebradas 2614-001-022-004 y Betulia

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		088-E01	088-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,0	<5,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,0	<5,0
Sólidos totales	mg/L	204	233
Sólidos suspendidos totales	mg/L	14,00±0,5	22,00±1,0
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	1,21	3,44
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,52	0,41
Nitratos	mg NO ₃ /L	17,8	25,7
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,008	0,072

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		088-E01	088-E02
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	106	115
Coliformes Totales	UFC/100 mL	540	820
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	180	360
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	119	122
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	63,5	73,7
Turbidez	UNT	3,98	6,80
Grasas & Aceites	mg/L	9,0	13,0
Cloruros	mg Cl-/L	6,94	12,4
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	1,9	4,4
Color real	U Pt- Co	4,1	13,3
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,14	0,46
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,14	0,27
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,07	0,14
Cianuro	mg CN/L	<0,005	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001

Nota1: Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

* La concentración se encuentra por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM), por lo tanto, no se estima la incertidumbre

3.2.1.10 Variación histórica de la calidad del agua municipio de Belalcázar

En la Figura 18. se muestran los perfiles de calidad que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y establecer una tendencia en el comportamiento para las variables: temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales para las estaciones 088-E01 y 088-E02, ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia en el período 2005 – 2020

- **Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia**

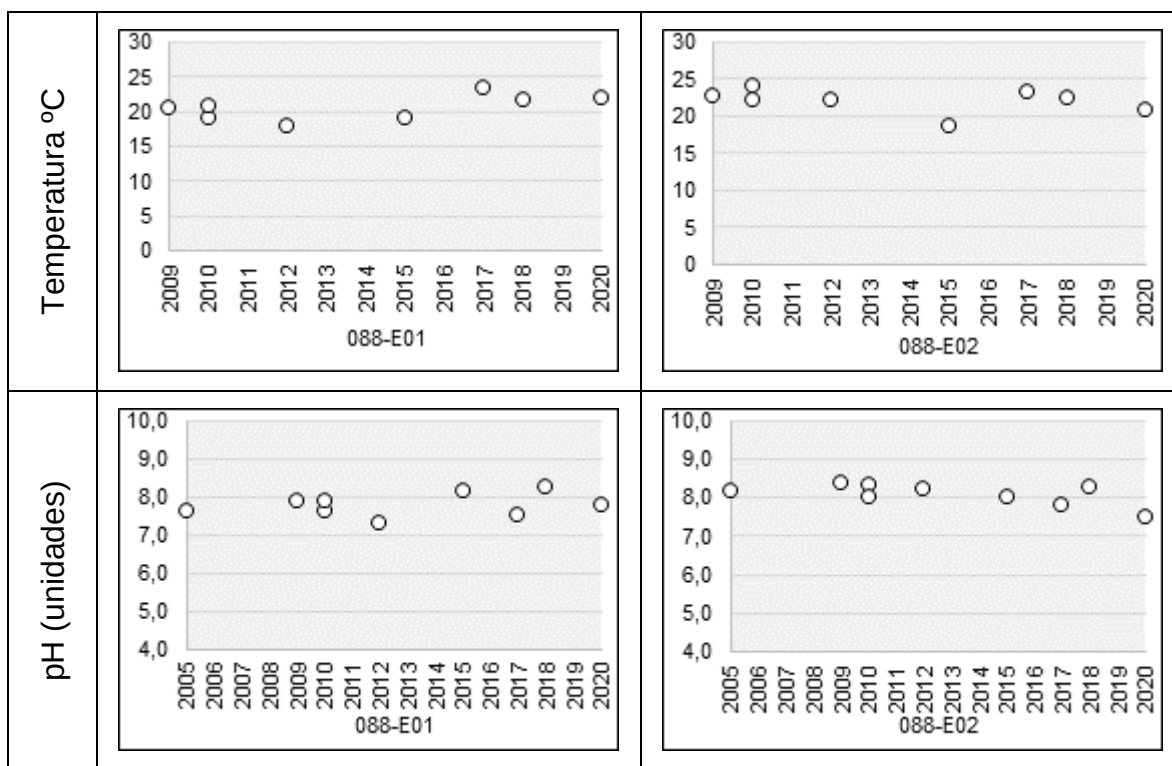
Para la variable temperatura del agua, se permite observar en la Figura 18. que el comportamiento histórico para ambas estaciones se ha encontrado en un rango de temperatura de 18 a 24 °C. Los valores históricos del pH están dentro de un rango de 7,3 a 8,3 UpH en ambas estaciones.

En los datos históricos reportados de la DBO₅ se encontraron con valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en toda la serie de datos. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 3,0 mg O₂/L para ambas estaciones. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis (< 5,0 mg O₂/L). Se concluye que no representan altas concentraciones de esta variable en las quebradas monitoreadas.

Las concentraciones de oxígeno disuelto para la estación E01 se han encontrado con valores menores a 5,0 mg O₂/L y con valores superiores 7,0 mg O₂/L y concentraciones menores a 4,0 mg O₂/L y superiores a 7,5 mg O₂/L para la estación E02, en este último caso en el año 2020.

Por lo que se refiere a los SST, para la estación E01 la concentración histórica generalmente se ha encontrado por debajo de 10 mg/L, a excepción de los años 2015 y 2020 donde se obtuvieron concentraciones de 17 mg/L y 14 mg/L respectivamente. Para la segunda estación E02, se observó que durante la serie de datos históricos la concentración de SST se ha comportado menos estable presentando datos de concentración menores a 10 mg/L y concentraciones superiores a 55 mg O₂/L en la segunda campaña del año 2010 siendo este un dato atípico en toda la serie de datos reportados.

La variable de coliformes ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 20 UFC/100 ml a 9×10^2 UFC/100ml para la estación E01. Para la estación E02 las concentraciones históricas reportadas presenta inestabilidad con concentraciones de 140 UFC/100 ml a 204×10^1 UFC/100ml.



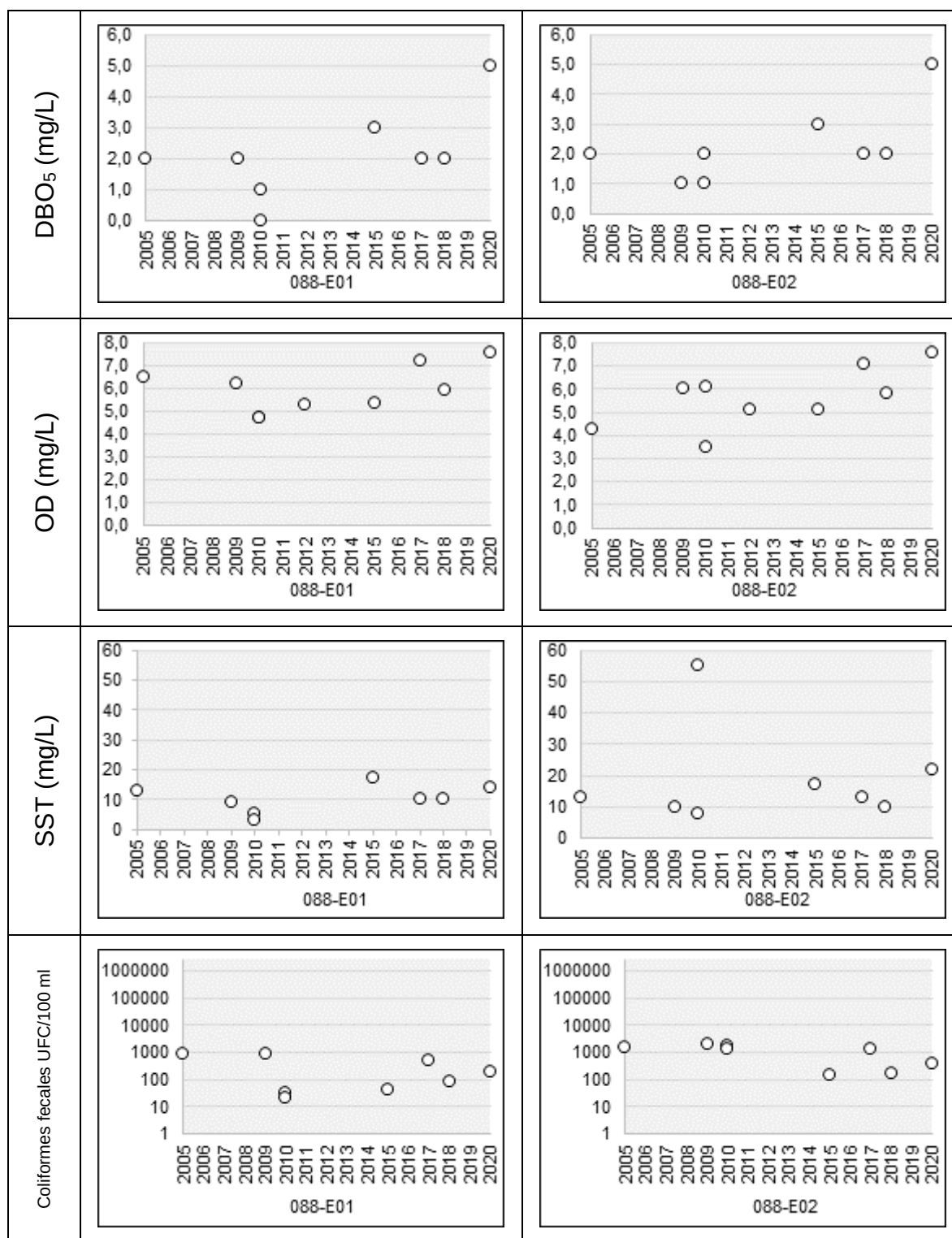


Figura 18. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada 2614-001-022-004 y Betulia, municipio Belalcázar.

3.2.1.11 Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tiene reporte de una o más variables, además de encontrar datos atípicos en las series históricas para las variables consideradas en dichos índices. En este sentido, se calcularon para los datos disponibles que se encontraban en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

- **ICA-IDEAM**

En la Figura 19 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, observando que para las estaciones 088-E01 y 088-E02, la calidad del agua se clasifica como “Regular” en toda la serie histórica, con excepción de algunos años, donde paso a una categoría de “Aceptable” en ambas estaciones.

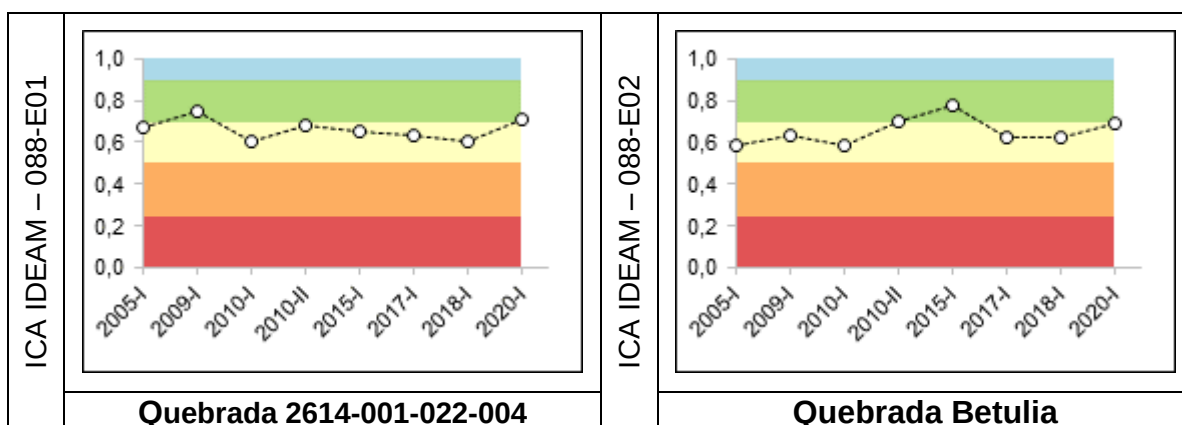


Figura 19 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.

Los resultados del ICA-IDEAM en el año 2020, para la estación E01 se clasifica como “aceptable” encontrándose por fuera de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo. Las concentraciones de DQO y OD influyeron en los valores encontrados en el ICA-IDEAM. En la estación E02 siguió con la tendencia histórica donde la calificación es “Regular”. En la Tabla 25 se exponen los resultados del cálculo realizado para las estaciones de las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio Belalcázar

Tabla 25. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio Belalcázar año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	088-E01	088-E02
Belalcázar	Valor	0,7079	0,6895
	Clasificación	Aceptable	Regular

- **ICA-CETESB**

En la Figura 20 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio Belalcázar. Se observa que el ICA-CETESB ha sido de calidad "Buena" en la mayoría de la serie histórica para ambas estaciones.

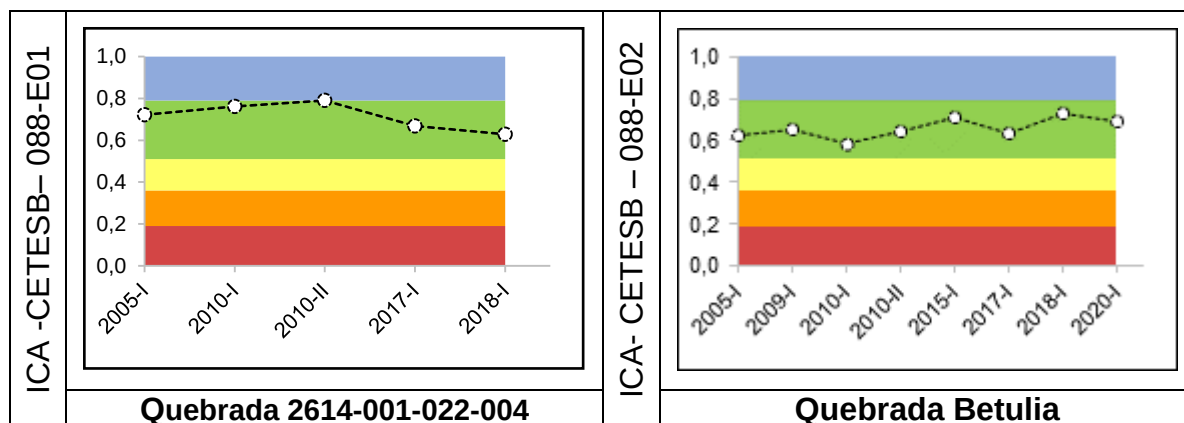


Figura 20 Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicada las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.

- **ICOS**

En la Figura 21 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo 088-E01 y 088-E02. En la estación E01, el índice ICOMI presentan datos históricos que dan un nivel de contaminación por mineralización "Alta" en casi toda la serie histórica. Con respecto al índice ICOMO, se encuentra en una clasificación entre "Baja" y "Muy baja" contaminación por materia orgánica. En cuanto al índice ICOSUS se presentan resultados de "muy baja" contaminación en toda la serie histórica.

La estación E02 el índice ICOMO ha estado en una categoría de "Muy baja" y "Baja", teniendo la peculiaridad en el año 2005 donde se encontró en la categoría de "Media", teniendo relación a los coliformes totales reportados para esa campaña. Se observa en la Figura 21 que para la estación E02 los valores de ICOSUS históricamente se han clasificado como "muy baja" contaminación, mientras que el ICOMI ha presentado variaciones más significativas en los datos históricos, encontrándose en una categoría de "Alta" contaminación por mineralización desde el año 2012.

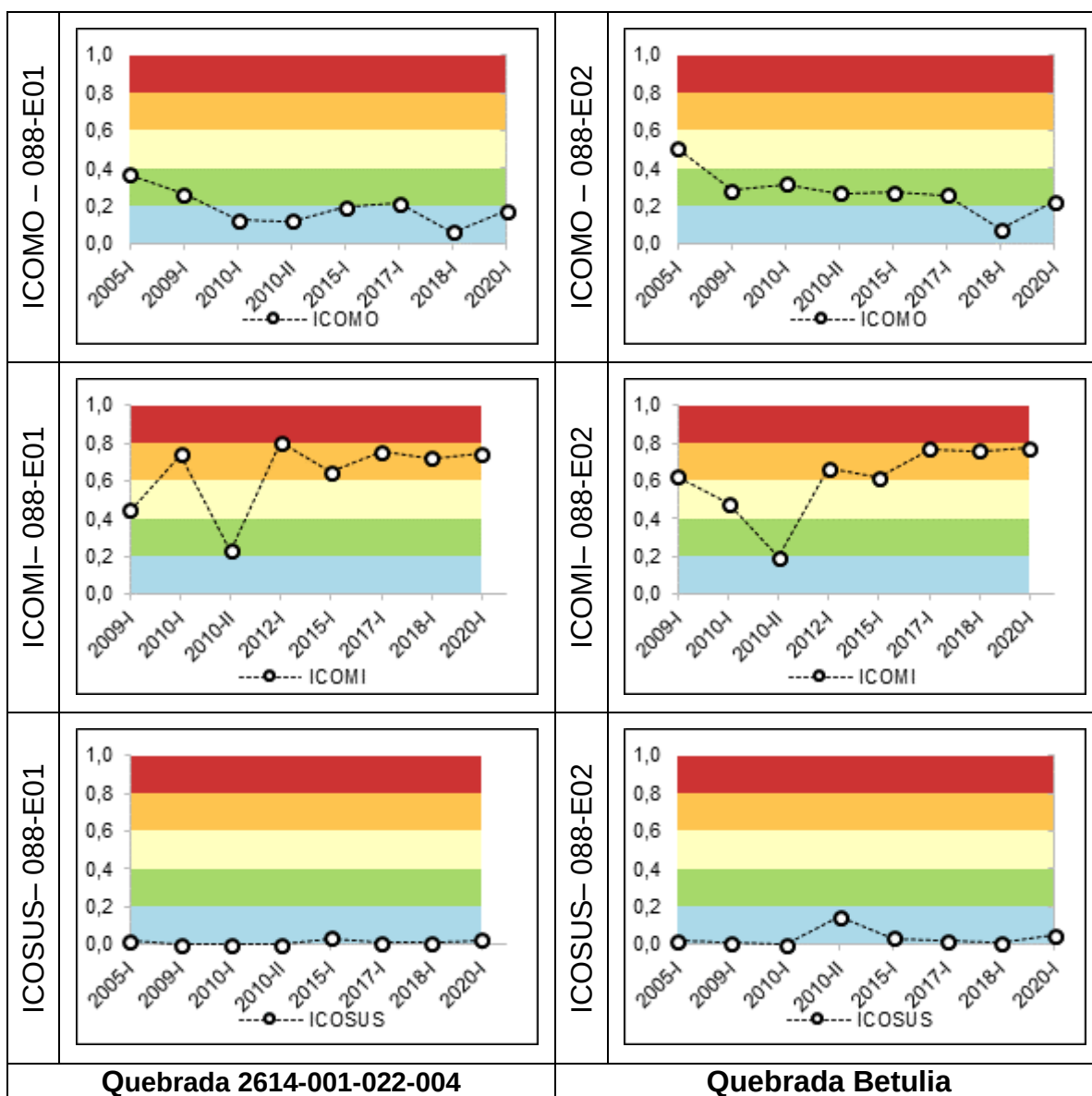


Figura 21 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.

ICOTRO

En la Figura 22 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones 088-E01 y 088-E02. Las concentraciones de fósforo total en la serie histórica se encuentra en la categoría de “eutrófico”, exceptuando los valores obtenidos en los años 2017 y 2018 en la estación E01, en el cual fue clasificado como “hipereutrófico” en estos dos años.

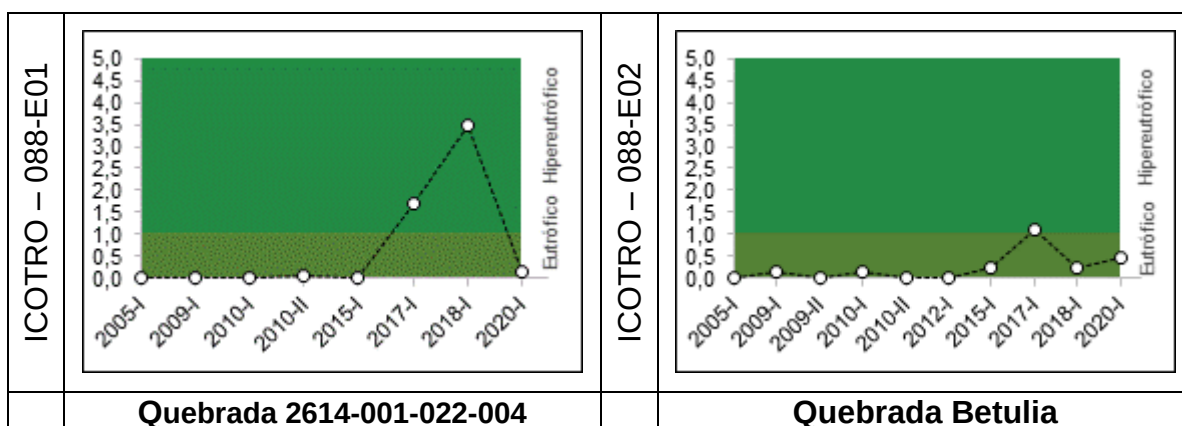


Figura 22 Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia, municipio de Belalcázar.

3.2.1.12 Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para la quebrada Betulia receptora de vertimientos en el municipio de Belalcázar Caldas.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia**

Los objetivos de calidad definidos en la Resolución a largo plazo, para el tramo dos (2) -desde la estación Belalcázar E1 hasta la estación Belalcázar E2-, para el uso agrícola no restringido, son comparados con los valores obtenidos en la campaña de monitoreo con lo definido en la Resolución (ver Tabla 26).

Se observa que en el año 2020 hay un cumplimiento de la mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo, para las estaciones de 088-E01 y 088-E02, Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Para este caso solo se analizaron la presencia de sustancias de interés sanitario como el mercurio y cianuro, sustancias que son utilizadas en procesos y actividades mineras, las cuales reportaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método analítico en ambas estaciones.

Tabla 26 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 088-E01	Estación 088-E02
Uso agrícola no restringido	pH		4,5-9,0	7,77	7,49
	OD	mg/L	>4	7,60	7,54
	Conductividad	(μ S/cm)	<700	262	367
	DQO	mg/L	--	<5,0	<5,0
	DBO ₅	mg/L	<20	<5,0	<5,0
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	1,21	3,44

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 088-E01	Estación 088-E02
	SST	mg/L	<50	14	22
	ST	mg/L	--	204	233
	Turbiedad	UNT	40-100	3,98	6,80
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	180 UFC/100 mL	360 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	540UFC/100 mL	820 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	--	39,8	20,3
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0,07	0,14
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias de interés sanitario*	N.A	Ausente	Presente (Hg y CN <LCM)	Presente (Hg y CN <LCM)

3.2.1.13 Conclusiones

- **Belalcázar quebrada las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una calidad aceptable a pesar de los vertimientos provenientes del municipio de Belalcázar.

Con respecto a la calidad de las estaciones de monitoreo: según los índices ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo 088-E01 y 088-E02 tienen una tendencia a tener una calificación de “Regular” para la mayoría de los registros históricos presentándose en algunos casos con una clasificación de “aceptable”. Sin embargo, los resultados del ICA-CETESB señalan que en toda la serie histórica se encuentra en “buena” calidad, siguiendo esa tendencia para el año 2020-

Los resultados para el año 2020 del índice ICOMI para las dos estaciones se encuentra en un nivel de contaminación “Alta” por mineralización obteniendo concentraciones de alcalinidad y dureza total elevados. El índice ICOMO obtuvo una clasificación de contaminación “baja” en ambas estaciones. En cuanto al índice de ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Finalmente, según el ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para las estaciones E01 y E02.

Las estaciones ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. La mayoría de los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites, con excepción de la presencia de sustancias de interés sanitario en este caso las concentraciones de mercurio y cianuro, las cuales son reportadas en el laboratorio por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado.

3.1.4. Municipio de San José- Quebrada La Habana

Sobre la quebrada La Habana se encuentra la estación 665-E03 antes de la primera descarga del municipio _K 1+863 y la estación 665-E04 después de la última descarga del municipio _K 4+906. En Tabla 27 se presenta la codificación, descripción y coordenadas de las estaciones en el municipio de San José.

Tabla 27. Estaciones de monitoreo del municipio de San José-quebrada La Habana

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
La Habana	665-E03	Antes de la primera descarga del municipio 1+863	1051640	810507
La Habana	665-E04	después de la última descarga del municipio 4+906	1051661	810564

En la Figura 23 se observa la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada la Habana en el municipio de San José, Caldas

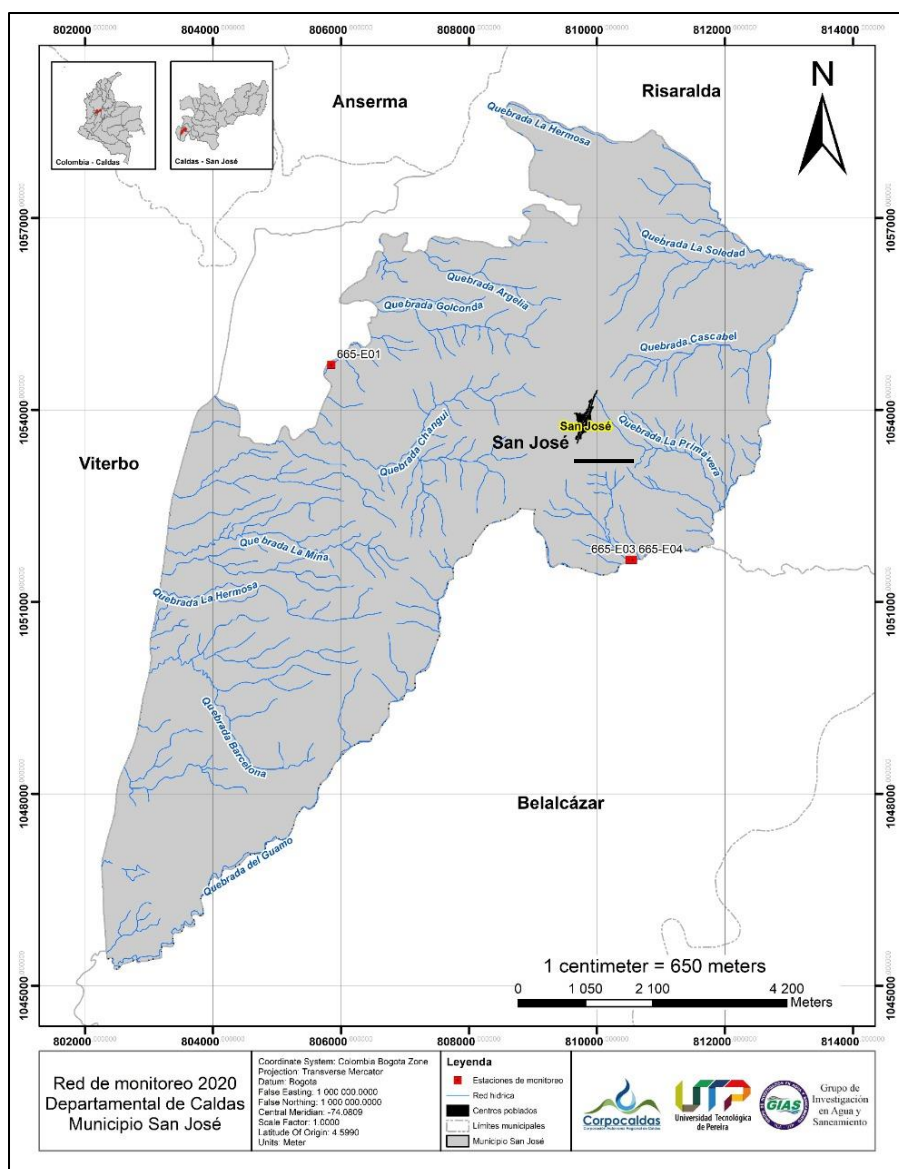


Figura 23 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de San José.
Fuente: propia

3.1.4.1 Campaña de monitoreo municipio de San José – Quebrada La Habana.

La campaña de monitoreo en las estaciones de ubicadas en la quebrada La Habana del municipio de San José fueron realizadas el día 10 de agosto de 2020.

En la

Tabla 28 se muestra en detalle el nombre de la estación y la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de San José

Tabla 28. Fecha de recolección de muestras Municipio de San José- Quebrada La Habana

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
665-E03	Quebrada La Habana E03	10/08/2020
665-E04	Quebrada La Habana E04	10/08/2020

3.1.4.2 Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para las estaciones ubicadas la quebrada La Habana en el municipio de San José, Caldas (ver Tabla 29).

Tabla 29. Resultados de los ensayos determinados en campo municipio de San José, Quebrada La Habana, año 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
665-E03	7,64	7,99	261	21,00	0,094
665-E04	7,67	8,17	205	21,00	0,193

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 665-E03 y 665-E04, se puede detallar en la Tabla 29 un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado a los aportes de los vertimientos del municipio de San José. Con relación al ensayo de pH tomados en campo se puede encontrar un aumento de una estación a otra, por lo que puede atribuir al efecto anteriormente mencionado. Las concentraciones de los ensayos de temperatura del agua y oxígeno disuelto no tienen diferencias significativas entre las estaciones. Con relación a la conductividad eléctrica este tiene el efecto contrario, el cual se evidencia una disminución de una estación a otra el valor.

3.1.4.3 Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 30 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de San José Caldas, en quebrada La Habana

Tabla 30. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de San José-quebrada La Habana, año 2020

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		665-E03	665-E04
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Sólidos totales	mg/L	159,0	169,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<LCM	<LCM
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	21,01	8,55

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		665-E03	665-E04
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,52	0,58
Nitratos	mg NO ₃ /L	7,40	18,30
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,014	0,013
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	98,80	98,30
Coliformes Totales	UFC/100 mL	29000	15400
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	1000	100
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	106,0	111,0
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	45,70	55,70
Turbidez	UNT	3,58	3,47
Grasas & Aceites	mg/L	7,00	8,00
Cloruros	mg Cl-/L	7,44	6,94
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	1,80	2,30
Color real	U Pt- Co	5,70	5,80
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,28	0,20
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,12	0,18
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	0,23
Cianuro	mg CN/L	<0,005	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

Con respecto a las concentraciones de DBO₅ y DQO para las estaciones 65-E03 y 665-E04 los valores se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método utilizado para su análisis (<5,0 mg O₂/L).

En la Tabla 30 se puede observar que las concentraciones de ST tienen un leve aumento de una estación a otra, esto puede estar relacionado con los vertimientos del municipio a la quebrada La Habana. Con respecto a la concentración de los SST se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método utilizado para su análisis (<10 mg/L). Las concentraciones de color real y turbidez entre las estaciones 665-E03 y 665-E04, no presentan diferencias significativas una estación a otra.

En la estación 665-E04 se puede apreciar un aumento significativo en las concentraciones de nitratos, este aumento puede ser un reflejo de los aportes de los vertimientos residuales del municipio a la quebrada La Habana. Con relación al ensayo de nitrógeno amoniacal las concentraciones no hay diferencia significativa de una estación a otra.

Por su parte, variables como dureza total y cálcica, aumentan entre la estación 665-E03 y la estación 665-E04, del mismo modo que los ensayos de SAAM, fósforo

soluble, sulfatos y G&A. Mientras que variables como NTK, cloruros, sulfatos, coliformes fecales y totales, reflejan que los vertimientos que entran a la quebrada podrían tener un efecto disolutivo sobre estos ensayos.

3.1.4.4 Variación histórica de la calidad del agua municipio de San José

En la Figura 24 se muestran los perfiles de calidad que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y establecer una tendencia en el comportamiento para las variables: temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales para las estaciones 665-E03 y 665-E04, ubicadas en la quebrada La Habana en el período 2005 – 2020

- **Quebrada La Habana**

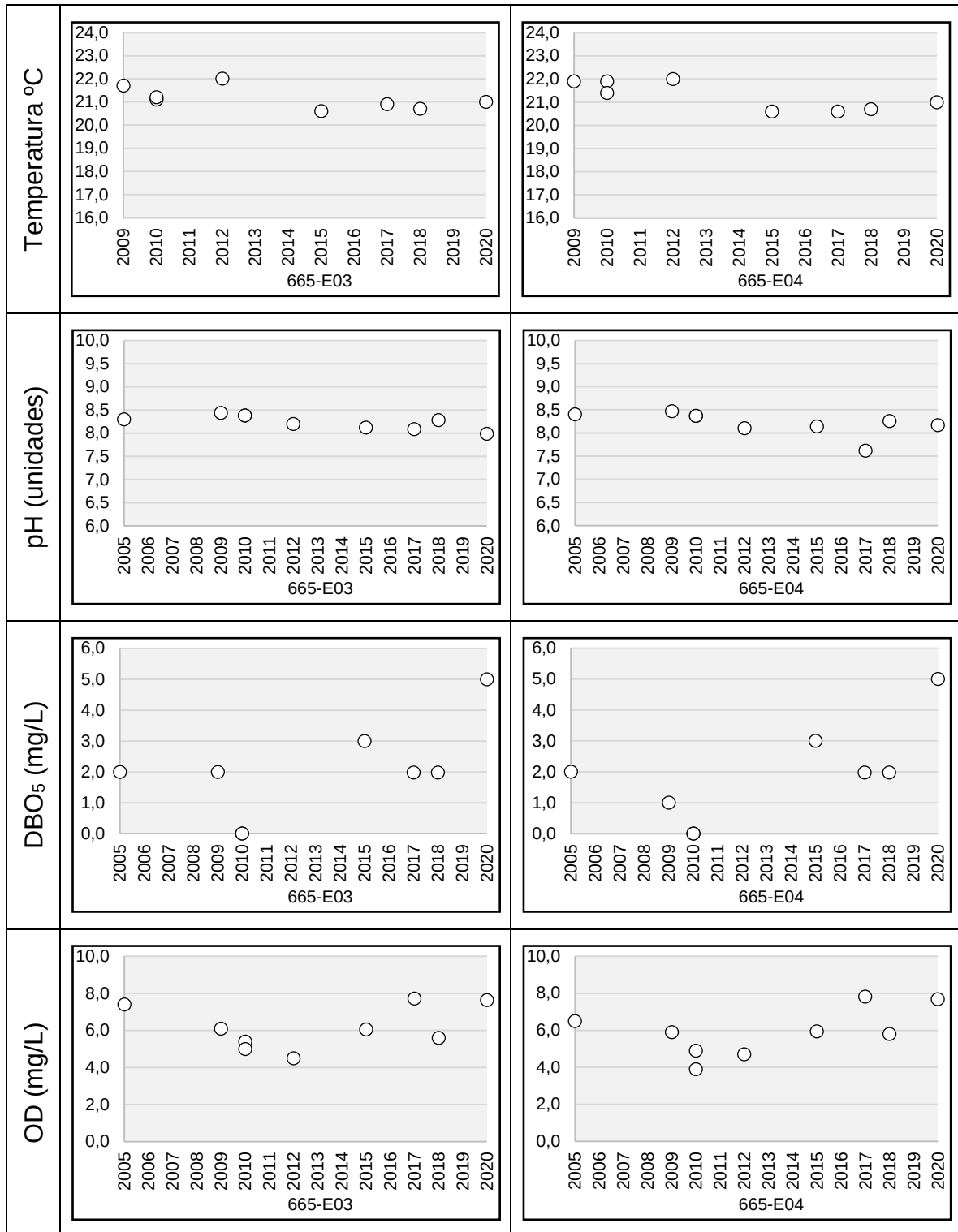
Se permite observar que el comportamiento histórico la variable temperatura del agua es estable estando dentro de un rango de 20 a 22 °C, tanto para la estación E03 como E04. Con respecto al pH se puede observar en la Figura 18. que no hay diferencias significativas o datos atípicos, estando dentro de un rango de 7,5 a 8,5 UpH ambas estaciones. |

En los datos históricos reportados de la DBO₅ se encontraron con valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en la serie de datos. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 3,0 mg O₂/L en las dos estaciones. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis (< 5,0 mg O₂/L). Se concluye que no representan altas concentraciones de esta variable en las quebradas monitoreadas.

La concentración de oxígeno disuelto en las estaciones E03 y E04 han presentado variabilidad en los datos históricos teniendo valores menores a 5,0 mg O₂/L y 6,5 mg O₂/L respectivamente y valores superiores a 7,6 mg O₂/L en los años 2017 y 2020 para ambas estaciones.

En la estación E03, las concentraciones de los SST han tenido una alta variabilidad de un año a otro, teniendo valores máximos de 54 mg/L y concentraciones mínimas de 3,0 mg /L. Para la última campaña (2020), la concentración de SST se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico (<10 mg/L). La estación E04 presenta también variabilidad en las concentraciones históricas reportadas, teniendo valores atípicos en los años 2015 y 2018.

La variable de coliformes para la estación E03, ha tenido un comportamiento no estable presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica, que van desde concentraciones del orden de 4 UFC/100 ml a 1 X10³ UFC/100ml. Para la estación E04 también se puede observar en la Figura 24 que hay variabilidad en los datos teniendo concentraciones máximas de 2X10³ UFC/100ml y concentraciones mínimas de 20 UFC/100.



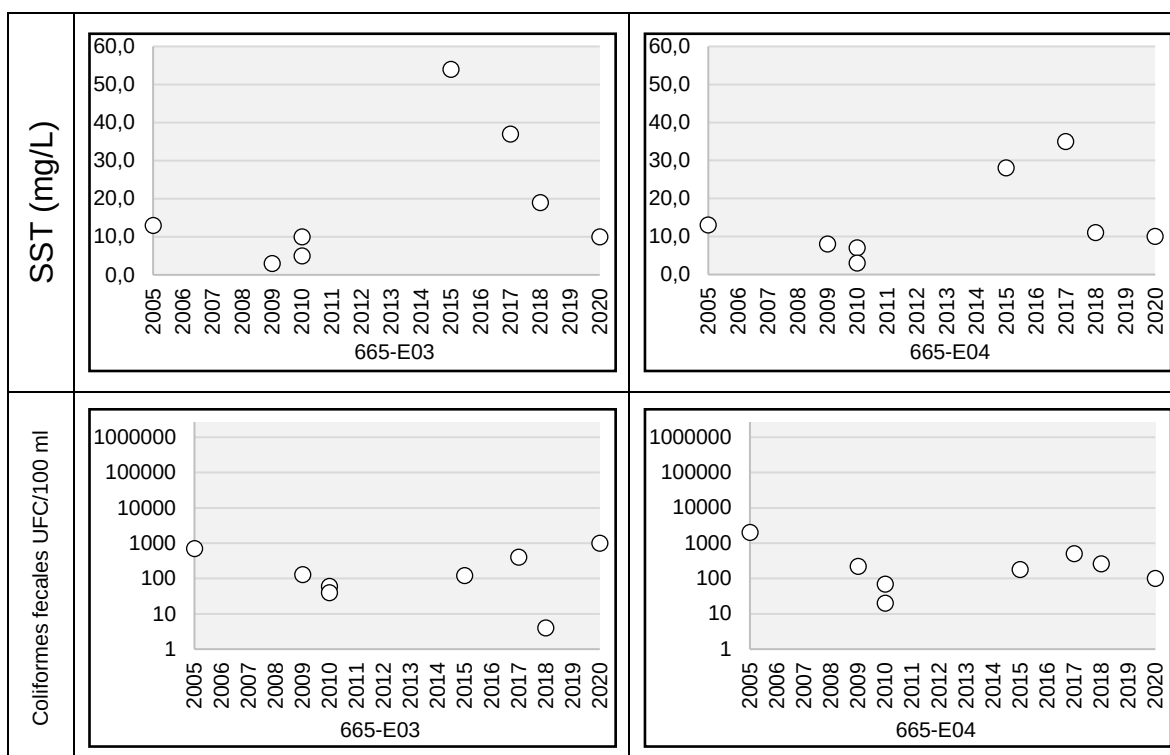


Figura 24. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO5, SST y coliformes fecales para las estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José.

3.1.4.5 Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tiene reporte de una o más variables, además de encontrar datos atípicos en las series históricas para las variables consideradas en dichos índices, en este caso los valores de nitrógeno en el año 2105. En este sentido, se calcularon para los datos disponibles que se encontraban en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

- **ICA-IDEAM**

En la Figura 25 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, observando que para las estaciones 665-E03 y 665-E04, la calidad del agua se clasifica como “Regular” en la mayoría de la serie histórica, excepto en la estación E03 para el año 2017 y para la estación E04 en el año 2015, donde la categoría fue de “Aceptable” en ambos años.

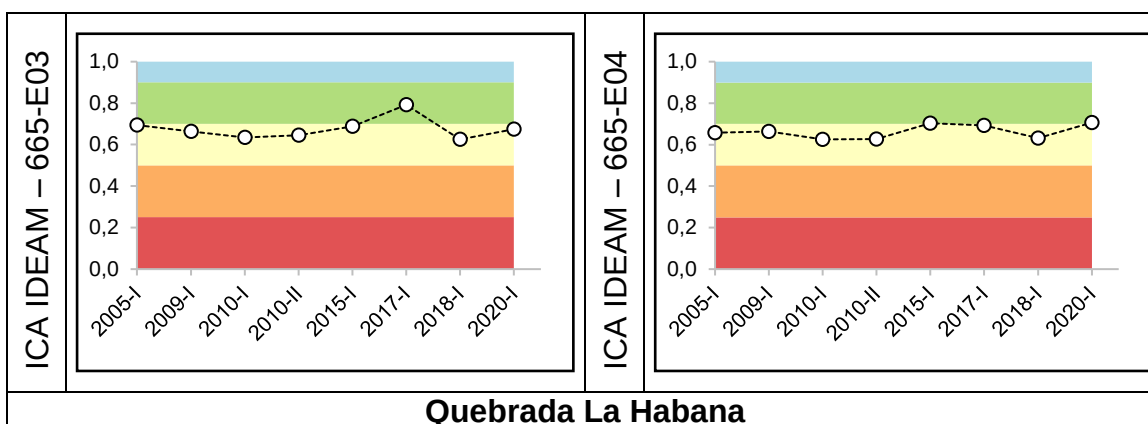


Figura 25. Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, Municipio de San José

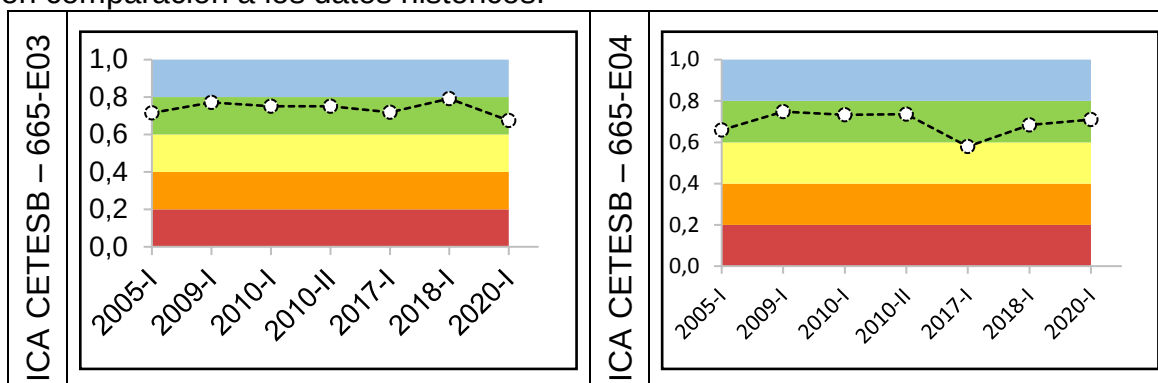
Los resultados del ICA-IDEAM en el año 2020, para la estación E03 se encuentra en la clasificación de “Regular” encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo. Con relación a la estación E04, su clasificación es de “Aceptable” teniendo un leve aumento en el valor del rango. En la Tabla 31 se exponen los resultados del cálculo realizado para las estaciones de la quebrada La Habana, municipio San José

Tabla 31. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	665-E03	665-E04
San José	Valor	0,6742	0,7068
	Clasificación	Regular	Aceptable

• ICA-CETESB

En la Figura 26 se observa que históricamente el ICA-CESTESB ha tenido una tendencia de "Buena" calidad para ambas estaciones, pero para el año 2017 la estación E04 obtuvo una clasificación de “regular”, esto es debido a la concentración de fosforo total encontrada en ese año de monitoreo, el cual tenía valores elevados en comparación a los datos históricos.



Quebrada La Habana

Figura 26. Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, municipio de San José.

Los resultados del ICA-CETESB de las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, municipio San José en el año 2020, tuvieron una clasificación de “Buena” calidad. En la Tabla 32 se exponen los resultados obtenidos para el cálculo mencionado.

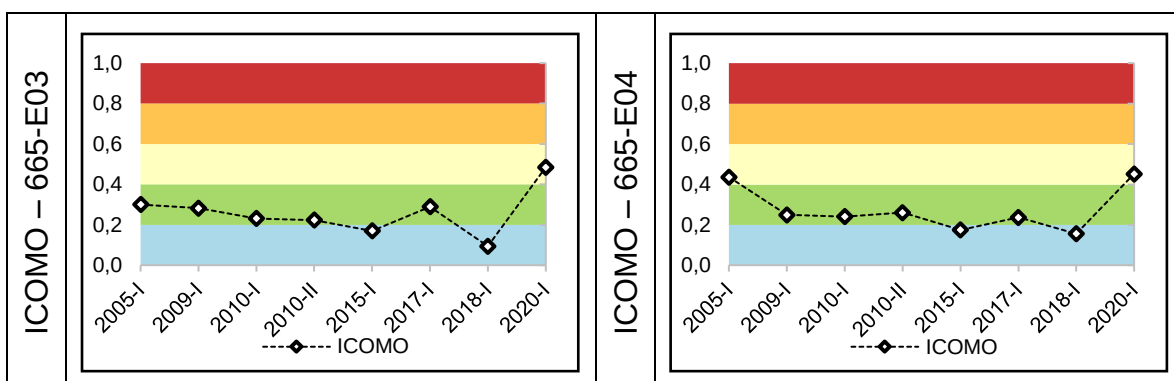
Tabla 32. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	665-E03	665-E04
San José	Valor	0,6749	0,7096
	Clasificación	Buena	Buena

• ICOS

En la Figura 27 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana (665-E03 y 665-E04). Para la estación E03 el índice ICOMI presentan datos históricos variables que dan un nivel de contaminación por mineralización “media” a “Baja”. Con respecto al índice ICOMO, se encuentra en una clasificación entre “Baja” y “Muy baja” contaminación por materia orgánica, solo en el año 2020 paso a la categoría de “Media”, esto se debe a las concentraciones de coliformes totales encontradas, que disminuye el valor del índice. En el caso de los ICOSUS se presentan resultados de “muy baja” contaminación en toda la serie histórica

De manera similar la estación E04, el índice ICOMO históricamente está en una categoría de “Muy baja” y “Baja”, solo en el año 2020 se encontró en la categoría de “Media”. Se observa en la figura que para la estación E04 los valores de ICOSUS históricamente se han clasificado como “muy baja” contaminación, mientras que el ICOMI ha presentado variaciones más significativas en los datos históricos, moviéndose entre la clasificación de “Baja” y “media” contaminación, en diversas ocasiones.



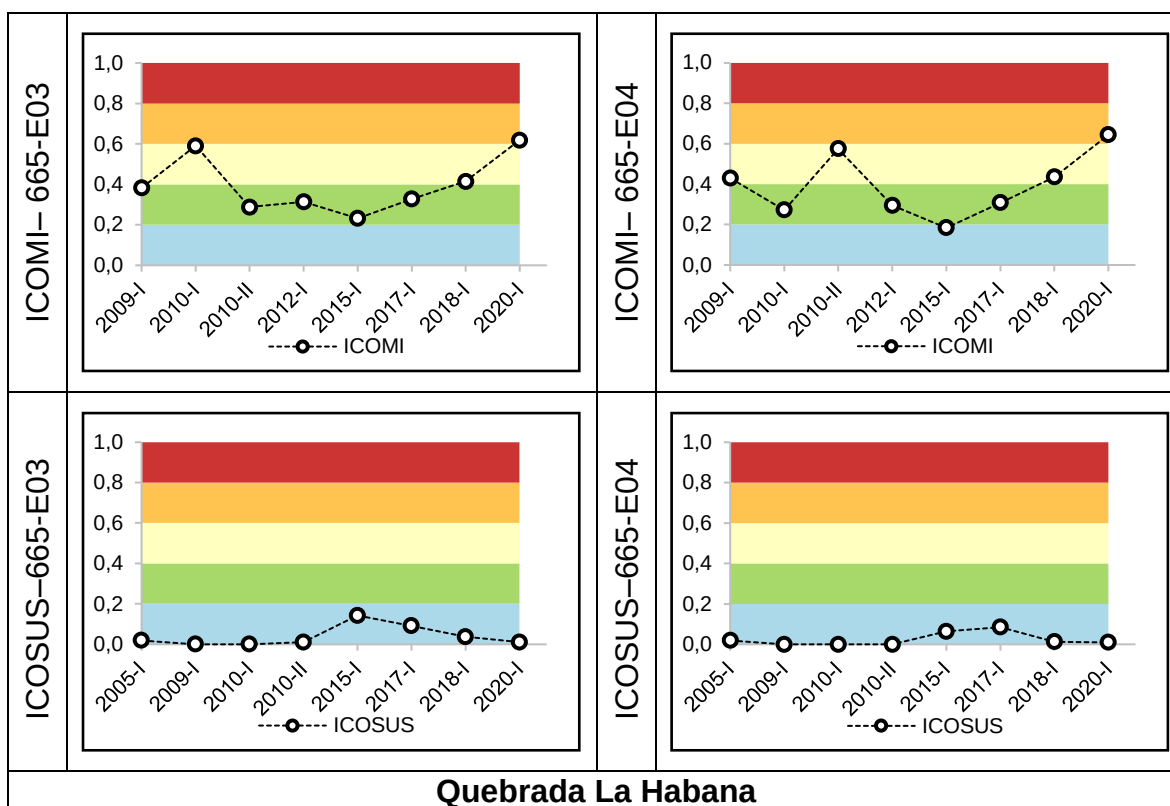


Figura 27. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Habana, municipio de San José.

Los resultados para el año 2020, con respecto a los índices de contaminación para las estaciones 665-E03 y 665-E04, se encontró que el índice ICOMI está en la categoría de “Alta” donde las concentraciones de alcalinidad y dureza total son superiores a los años históricos monitoreados. Con respecto al índice ICOMO, presentan una categoría de contaminación por materia orgánica de “Media”, esto tiene relación directa con las concentraciones de coliformes totales. El índice ICOSUS para ambas estaciones se encuentran en una clasificación de “Muy baja” contaminación (ver Tabla 33).

Tabla 33. Valores índices de contaminación (ICOS) monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020

Municipio	Estaciones	665-E03	665-E04
San José		ICOMI	
	Valor	0,6193	0,6433
	Clasificación	Alta	Alta
		ICOMO	
	Valor	0,4849	0,4522
	Clasificación	Media	Media
		ICOSUS	
	Valor	0,0100	0,0100
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 28 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones 665-E03 y 665-E04. El cálculo de este índice está en función principalmente de la concentración del fósforo total. Se evidencia que en la mayoría de la serie histórica han tenido concentraciones de fosforo total que lo clasifican como “eutrófico” en las dos estaciones, exceptuando el valor obtenido en el año 2017 para la estación E04, en el cual fue clasificado como “Hipereutrófico” para esa campaña de monitoreo.

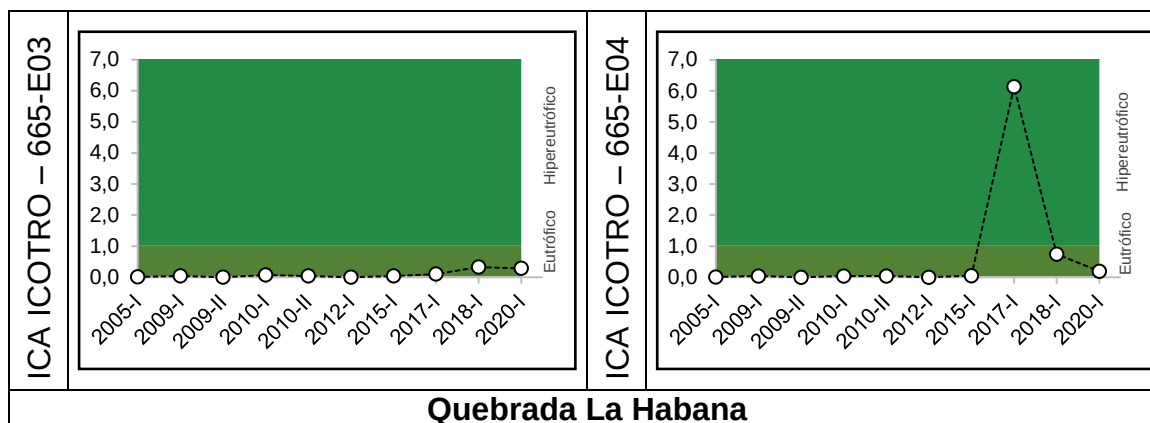


Figura 28. Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada la habana, municipio de San José.

Los resultados del ICOTRO para el año 2020, evidencian que las estaciones 665-E03 y 665-E04 se encuentra en la clasificación de “eutrófico”. En la Tabla 34 se muestran dichos resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO en quebrada La Habana.

Tabla 34. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo quebrada La Habana, municipio de San José año 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	665-E03	665-E03
San José	Valor	0,28	0,20
	Rango	Eutrófico	Hipereutrófico

3.1.4.6 Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

En la Tabla 53 se establece el nivel de cumplimiento de los objetivos de calidad según lo dispuesto en la Resolución 239 de 2007 para los usos permitidos en las fuentes receptoras en el municipio de San José, según el tramo monitoreado que para este caso es el tramo dos (2). desde la estación San José E3 hasta la estación San José E4

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada La Habana**

Los objetivos de calidad definidos en la Resolución a largo plazo, para el tramo dos (2), es el del uso de preservación de flora y fauna, los cuales fueron comparados con los valores obtenidos en la campaña de monitoreo con lo definido en la Resolución (ver Tabla 35).

Se observa que en el año 2020 hay un cumplimiento de la mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo, para las estaciones de 665-E03 y 665-E04. Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Para este caso solo se analizaron la presencia de sustancias de interés sanitario como el mercurio y cianuro, sustancias que son utilizadas en procesos y actividades mineras, las cuales reportaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método analítico en ambas estaciones.

Tabla 35. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebrada La Habana

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 665-E03	Estación 665-E04
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	7,99	8,17
	OD	mg/L	>5	7,64	7,67
	Conductividad	(μ S/cm)	--	261	205
	DBO ₅	mg/L	$\leq 5,0$	<5,0	<5,0
	SST	mg/L	<50	<10	<10
	Turbiedad	UNT	<100	3,58	3,47
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	1000 UFC/100 mL	100 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	29000 UFC/100 mL	15400 UFC/100 mL
	Detergentes (SAAM)	mg/L	--	<0,05	0,23
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausencia	Ausencia
	Sustancias que produzcan olor	N.A	Ausente	N.R	N.R
	Sustancias de interés sanitario*	N.A	Ausente	Presente (Hg y CN <LCM)	Presente (Hg y CN <LCM)

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

--Variable sin especificación del valor límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así,

Hg: LCM = 0,001 mg/L

N.A: no aplica

N.R: No hay reporte

3.1.4.7 Conclusiones

- San José quebrada La Habana.

Los cambios en las concentraciones de las variables estudiadas entre las estaciones 665-E03 y la estación 665-E04, en el municipio de San José, indican que los vertimientos municipales no están alterando drásticamente la calidad del cuerpo receptor.

Los índices de calidad para ambas estaciones en el año 2020 señalan que el nivel es “aceptable” según ICA-IDEAM y de “buena” calidad según ICA-CETESB. Con lo que respecta a los índices de contaminación, el índice ICOMI para las dos estaciones se encuentra en un nivel de contaminación “Alta” por mineralización obteniendo concentraciones de alcalinidad y dureza total elevados. El índice ICOMO obtuvo una clasificación de contaminación “Media” en ambas estaciones siendo este un dato atípico en toda la serie de datos históricos. En cuanto al índice de ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Finalmente, según el ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para las estaciones ubicadas en la quebrada La Habana.

Las estaciones ubicadas en la quebrada La Habana cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. La mayoría de los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites, con excepción de la presencia de sustancias de interés sanitario en este caso las concentraciones de mercurio y cianuro, las cuales son reportadas en el laboratorio por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado.

3.1.5 Municipio Viterbo – Río Risaralda

El municipio de Viterbo cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas sobre el río Risaralda. Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 877-E01, que se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 877-E02, después de la última descarga del municipio (ver Tabla 36).

Tabla 36 Estaciones de monitoreo del municipio de Viterbo-río Risaralda.

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Río Risaralda	877-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 10 + 185_A partir de la estación E6 de Anserma, Puente que conduce a Belén de Umbría	1057334	804552
Río Risaralda	877-E02	Después de la última descarga del municipio_k 21 + 466_A partir de la estación E6 de Anserma, Puente que conduce a Belén de Umbría	1049711	801353

En la Figura 29 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02 ubicadas en el municipio de Viterbo, Caldas.

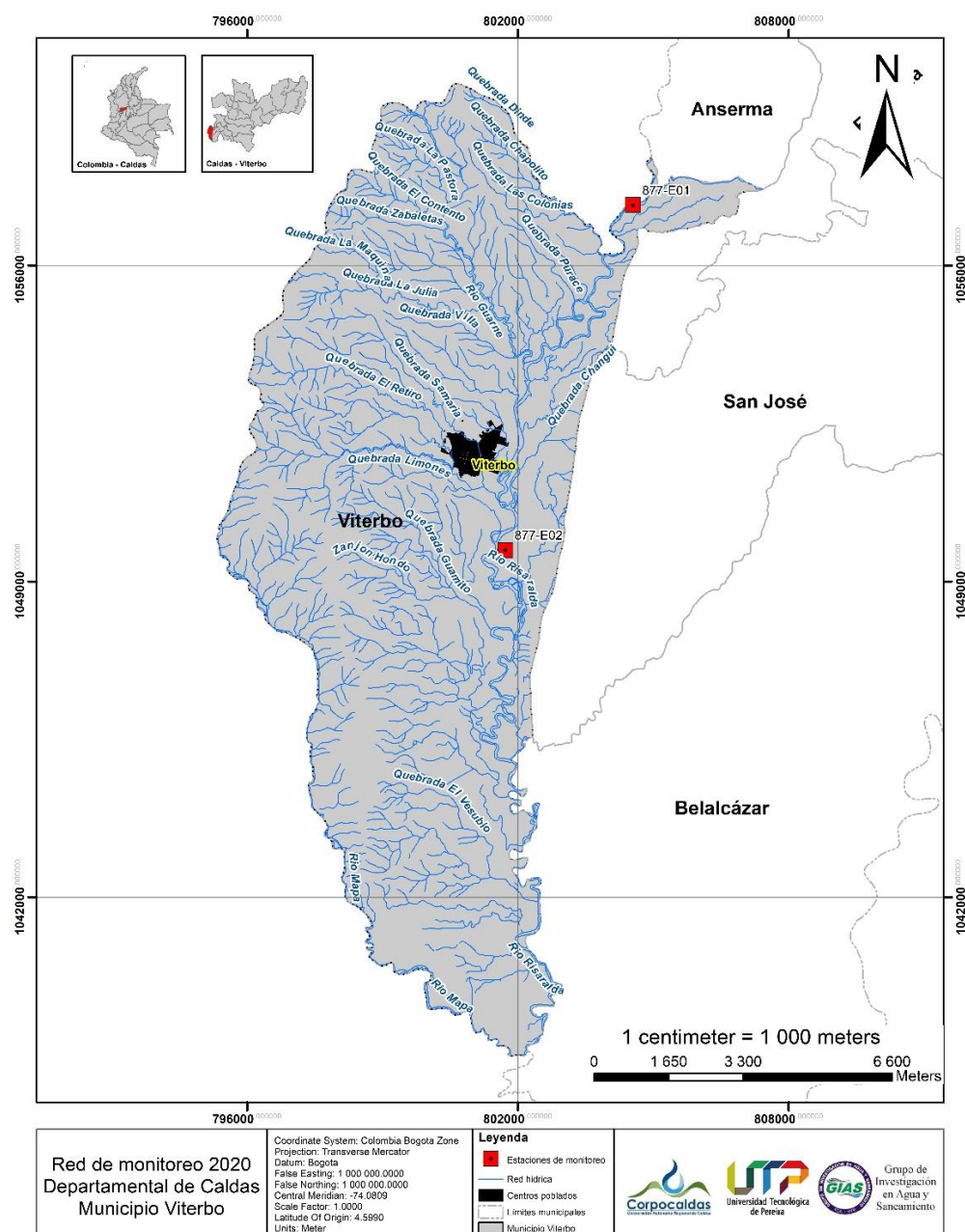


Figura 29. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02 ubicadas en el municipio de Viterbo, Caldas.

3.1.5.1. Campaña de monitoreo municipio de Viterbo – Río Risaralda

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Viterbo fue realizada el día 05 de agosto de 2020. En la Tabla 37 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Viterbo.

Tabla 37 Fecha de recolección de muestras Municipio de Viterbo- Río Risaralda

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
877-E01	Rio Risaralda E1	05/08/2020
877-E02	Rio Risaralda E2	05/08/2020

3.1.5.2. Ensayos in situ

En la Tabla 38 se pueden ver los resultados de los ensayos in situ para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Viterbo, Caldas.

Tabla 38 Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Viterbo, río Risaralda 2020.

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m ³ /s)
877-E01	8,12	7,56	98,6	21,90	11,562
877-E02	8,04	7,66	112,6	22,40	21,459

Se evidencia que existe un aumento considerable en el caudal de estación 877-E02. Además, existe un leve aumento de los valores de las variables pH, conductividad y temperatura del agua, entre ambas estaciones de monitoreo. De otro lado, se observa que entre las estaciones E01 y E02, la variable oxígeno disuelto (OD), presenta una disminución poco significativa de su concentración. Estos cambios podrían estar relacionados con los vertimientos municipales de Viterbo (Caldas) sobre río Risaralda.

3.1.5.3. Resultado ensayos de laboratorio

En la Tabla 39 se presentan las concentraciones de las variables analizadas en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Viterbo Caldas.

Tabla 39. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Viterbo - Río Risaralda.

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		877-E01	877-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	9,43
Sólidos totales	mg/L	162,0	92,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	26,00	13,00
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	1,03	0,23
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,12	0,06
Nitratos	mg NO ₃ /L	15,20	2,20
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,02	0,04
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	92,90	56,80
Coliformes Totales	UFC/100 mL	720	7300
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	350	2400
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	89,80	49,20

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		877-E01	877-E02
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	35,60	32,10
Turbidez	UNT	13,18	7,61
Grasas & Aceites	mg/L	6,00	11,00
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	1,98	2,48
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	3,20	2,90
Color real	U Pt-Co	4,70	15,80
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,29	0,82
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,26	0,29
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,30	0,15
Cianuro	mg CN/L	<0,005	-
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	-

-Variable no solicitada en la muestra

< los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

- **Río Risaralda**

Se evidencia que el valor de la DQO aumenta entre la estación 877-E01 y la estación 877-E02, mientras que el valor de la DBO₅ no presenta un cambio significativo entre dichas estaciones del río Risaralda. Con respecto a las variables sólidos totales y sólidos suspendidos totales, se aprecia una disminución considerable entre las estaciones de monitoreo, esto se puede atribuir al aumento que sufre el caudal en la estación E02, por lo cual los vertimientos podrían tener un efecto disolutivo sobre las variables mencionadas.

En términos de las variables nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal y nitratos, se puede apreciar una disminución entre las estaciones E01 y E02, lo cual puede atribuirse al aumento que sufre el caudal en la estación E02. Con respecto a los coliformes totales y fecales, se evidencia un aumento significativo entre las estaciones 877-E01 y 877-E02, lo cual puede estar relacionado con el aporte de los vertimientos municipales al río Risaralda. Mientras que, la alcalinidad, la dureza total y la dureza cálcica, sufren una disminución entre los mismos puntos.

Para variables como las grasas y aceites, color real, cloruros, fósforo total y fósforo soluble, se percibe un aumento en la concentración entre las estaciones E01 y E02, lo cual puede ser atribuido a los aportes relacionados con los vertimientos del municipio de Viterbo. De otro lado, se observa una disminución en la concentración de las sustancias activas al azul de metileno (SAAM) entre los mismos puntos.

3.1.5.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Viterbo

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y que permite observar la tendencia en el comportamiento de cada una de las variables analizadas históricamente en el período 2005 – 2020. Se realizaron perfiles históricos para las variables de temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales para

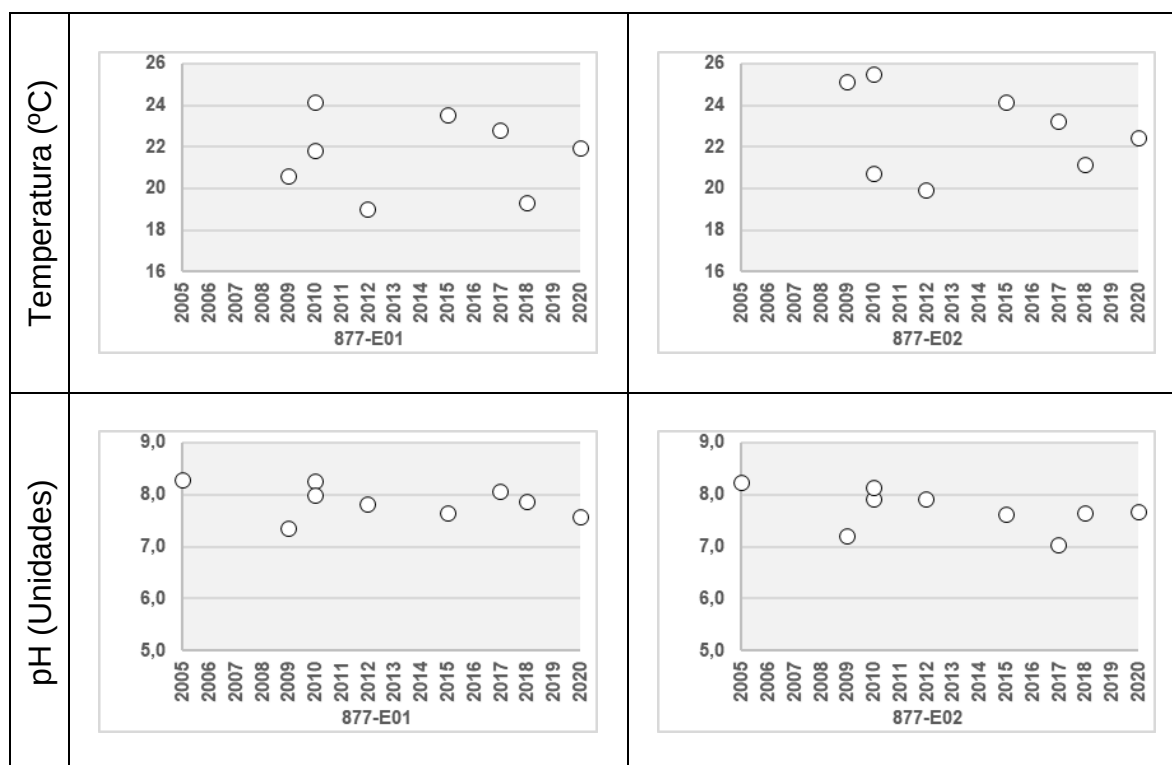
las dos (2) estaciones ubicadas en el río Risaralda, en el municipio de Viterbo (ver Figura 30).

- **Río Risaralda**

Con respecto a la temperatura, se observa una gran dispersión en los datos de las estaciones 877-E01 y 877-E02, entre las cuales se observa un leve aumento de la variable. En términos del pH, se evidencia una menor dispersión en los datos, lo cual va acompañado de un comportamiento similar para la variable en ambas estaciones.

Con respecto a la DBO₅ no se aprecian grandes cambios entre ambas estaciones a nivel histórico. Adicionalmente, se observa que el oxígeno disuelto no presenta cambios significativos entre las estaciones de monitoreo E01 y E02, presentando a su vez, una gran dispersión en los datos.

De otro lado, para la variable SST se observan tanto aumentos como disminuciones en los valores entre una estación y otra, por lo cual no se puede establecer una tendencia. Mientras que, los datos históricos de los coliformes fecales sí exhiben un incremento significativo entre las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02, del río Risaralda, en el municipio de Viterbo.



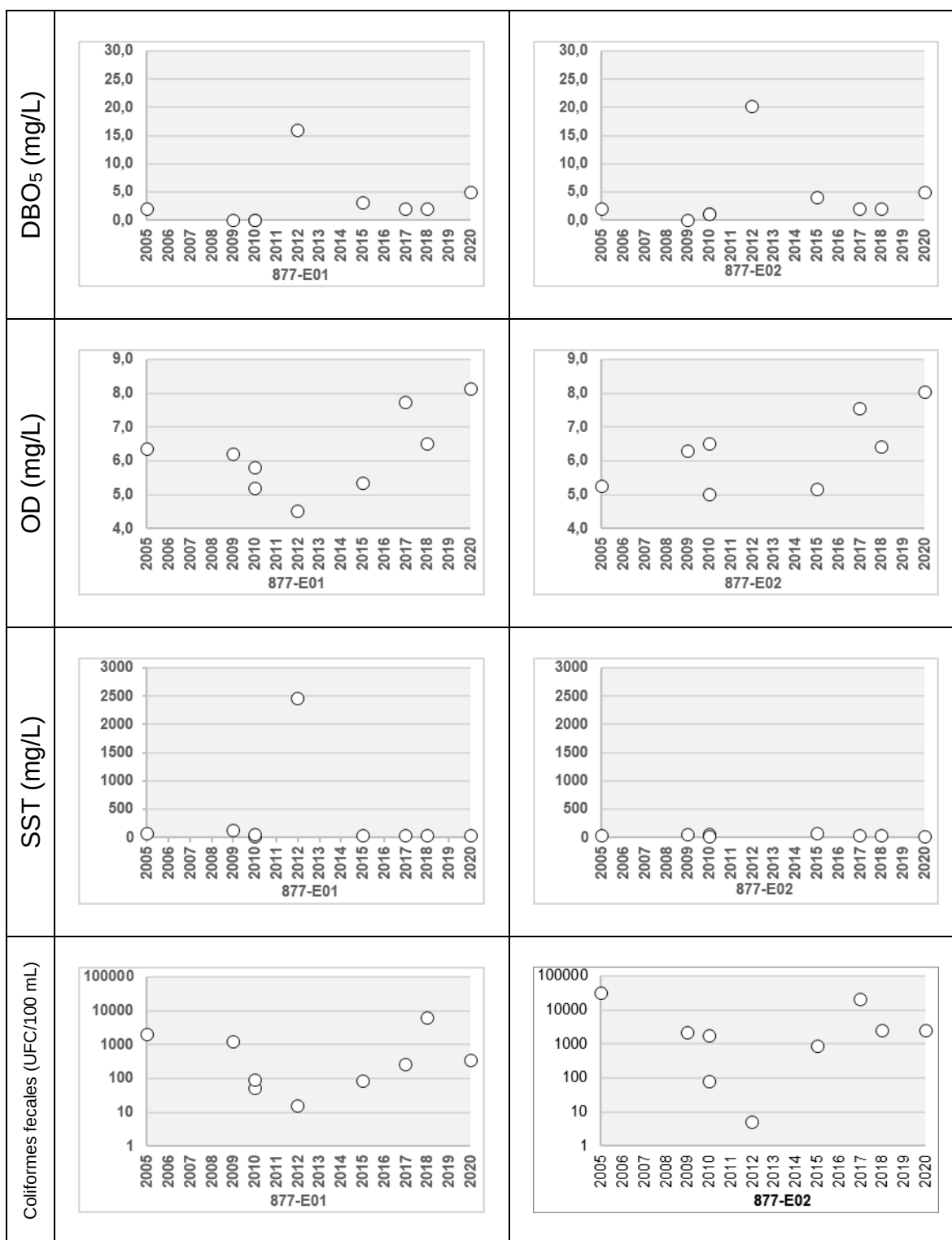


Figura 30 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Risaralda, municipio Viterbo.

3.1.5.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presentan resultados de la aplicación de los Índices de Calidad ICA (-CETESB e -IDEAM) y la determinación de los Índices de Contaminación

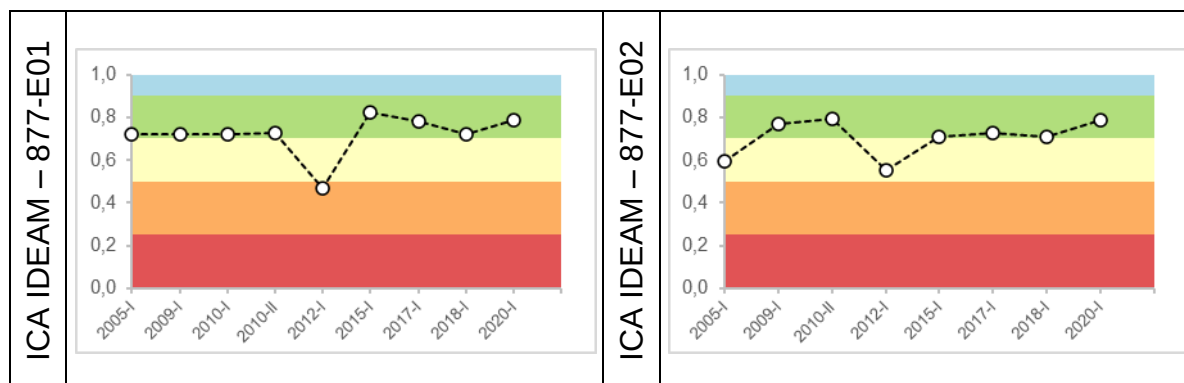
(ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de una o más variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por Corpocaldas.

Cabe resaltar que el laboratorio de Corpocaldas no reportó el valor del nitrógeno total, el cual es la sumatoria de los nitritos, nitratos y nitrógeno total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio mencionado, como el valor que mayor le aporta a la suma del nitrógeno total. No se realiza la sumatoria considerando que el reporte del laboratorio para las variables nitritos y nitratos se encuentran en unidades de mg NO₂/L y mg NO₃/L, unidades que no son empleables dentro del balance de materia para el nitrógeno, sin hacer la conversión necesaria. No obstante, esta conversión no se hizo, con el fin de no alterar los resultados entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar que, en la metodología para el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de coliformes fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de Corpocaldas se encuentra en unidades formadoras de colonia (UFC/100 mL). Considerando que no existe una correlación directa entre las unidades UFC/100 mL y NMP/100 mL, el uso de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO, asumiendo que el peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, aunque el método de análisis y la técnica analítica sean diferentes.

- **ICA-IDEAM**

En la Figura 31 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Risaralda, en el municipio de Viterbo (Caldas). Se puede observar que para las estaciones 877-E01 y 877-E02, la calidad del agua se clasifica como “aceptable” en casi toda la serie histórica, exceptuando la campaña 2012-I, en la que el índice permitió clasificar a la E01 como de “mala” calidad y a la E02 como de calidad “regular”.



Río Risaralda

Figura 31 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Risaralda, municipio de Viterbo.

En la Tabla 40, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-IDEAM para las estaciones 877-E01 y 877-E02, del municipio de Viterbo.

Tabla 40. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Viterbo 2020.

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	877-E01	877-E02
Viterbo	Valor	0,7865	0,7851
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

ICA-CETESB

En la Figura 32 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el río Risaralda, en el municipio de Viterbo. Allí se observa que el ICA-CETESB para las estaciones 877-E01 y 877-E02 ha mostrado resultados que permiten clasificarlos generalmente como de “buena” calidad, a excepción de un par de valores que los llevaron a hacer parte de la zona de contaminación “regular”. Sin embargo, en el año 2020 ambas estaciones se mantienen en el nivel de calidad “buena” (Ver Tabla 41).

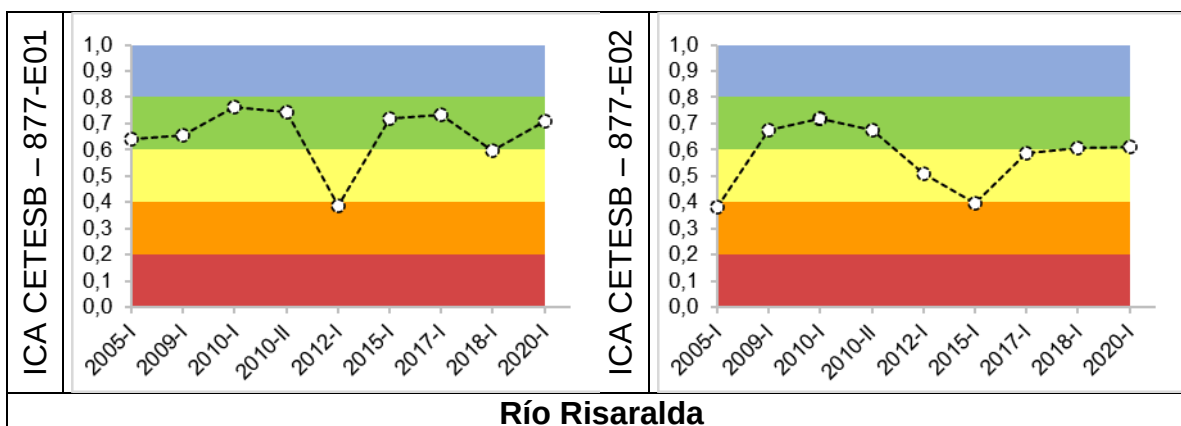


Figura 32 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Viterbo.

En la Tabla 41 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020, en las estaciones de monitoreo E01 y E02, del municipio de Viterbo.

Tabla 41. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Viterbo año 2020.

Municipio	ICA-CETESB (Clasificación CETESB)		
	Estación	877-E01	877-E02
Viterbo	Valor	0,7077	0,6127
	Clasificación	Buena	Buena

- **ICOS**

En la Figura 33 se presentan los resultados del cálculo de los índices de contaminación: ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02, ubicadas en el río Risaralda. En las estaciones E01 y E02 los valores del índice ICOMI han permanecido en la clasificación de “muy baja” contaminación durante las campañas recientes, lo cual indica que hay muy poca contaminación por mineralización. Asimismo, se presentan niveles de contaminación “muy baja” según los históricos del índice ICOSUS de ambas estaciones. Con respecto al índice ICOMO, se observa que ambas estaciones presentan datos que han permitido clasificarlas generalmente en un nivel de contaminación “baja” por contenido de materia orgánica.

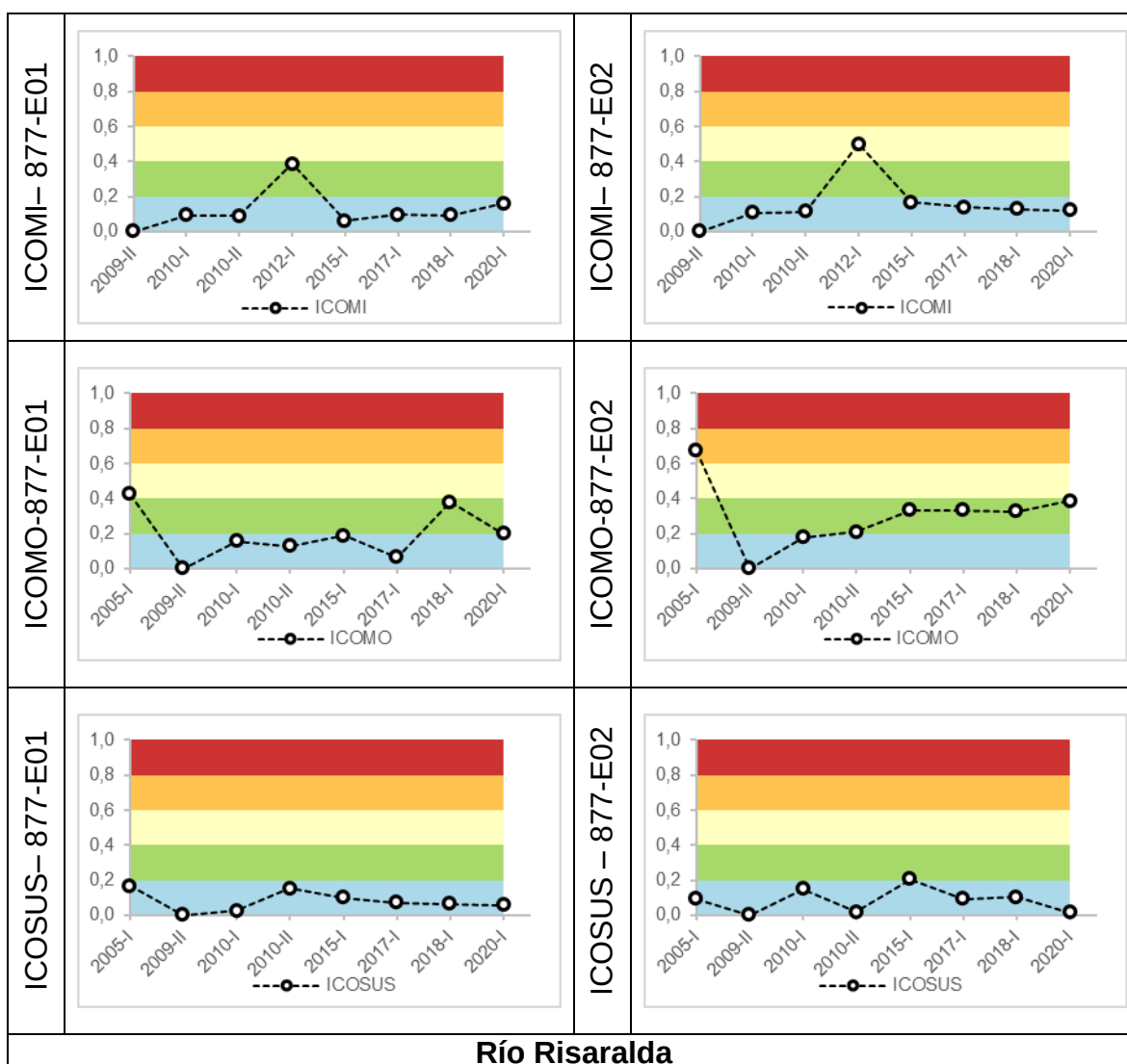


Figura 33 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo del río Risaralda.

En la Tabla 42 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en el río Risaralda, en el municipio de Viterbo.

Tabla 42. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Viterbo, 2020

Municipio	Estaciones	877-E01	877-E02
Viterbo	Índice	ICOMI	
	Valor	0,1594	0,1217
	Clasificación	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,20	0,39
	Clasificación	Baja	Baja
Viterbo	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,0580	0,0160
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 34 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el río Risaralda, en el municipio de Viterbo (Caldas). La variable principal para realizar el cálculo es la concentración del fósforo total, obtenida en el monitoreo. Se observa que, la mayoría de los registros históricos permiten clasificar a las dos estaciones en la zona de “eutrófico”.

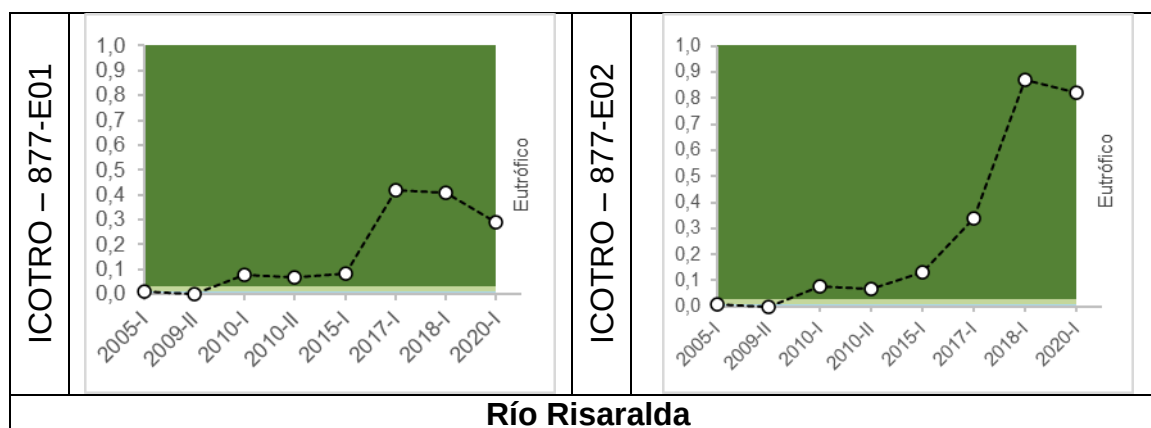


Figura 34 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Viterbo.

Los resultados del ICOTRO para las estaciones 877-E01 y 877-E02 (río Risaralda), en el año 2020 se encuentran en la categoría de “eutrófico”. Como se puede apreciar a continuación en la Tabla 43.

Tabla 43. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Viterbo 2020.

Municipio	ICOTRO		
	Estación	877-E01	877-E02
Viterbo	Valor	0,2900	0,8200
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.1.5.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el nivel de cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para el río Risaralda, receptor de vertimientos del municipio de Viterbo, Caldas.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para el río Risaralda**

A continuación, en la Tabla 44 se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo, definidos en la Resolución 0239 de 2007: uso para la preservación de flora y fauna (UPFF), para el río Risaralda en el municipio de Viterbo, Caldas. Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene en cuenta el tramo cuatro (4), el cual se encuentra ubicado - desde la estación Viterbo E1 hasta la estación Viterbo E2-, se compararon los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución mencionada previamente, para UPFF y se hizo el análisis respectivo.

Se evidencia que los valores encontrados para la estación 877-E02, cumplen a cabalidad con los objetivos de calidad. Con respecto a la estación 877-E01, se cumplen la mayor parte de los objetivos establecidos en la Resolución 239 de 2007, exceptuando la presencia de sustancias de interés sanitario, en este caso se detectaron cianuro (CN) y mercurio (Hg), por debajo del límite de cuantificación. Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

Tabla 44. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo establecido en la resolución 239 de 2007 río Risaralda.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	877-E01	877-E02
Uso para la preservación de flora y fauna (UPFF)	pH	Unidades	6,5-9,0	7,56	7,66
	OD	mg/L	>5	8,12	8,04
	Conductividad	(μ S/cm)	-	98,6	112,6
	DBO ₅	mg/L	$\leq$ 5,0	<5,00	<5,00
	SST	mg/L	<50	26,00	13,00
	Turbiedad	UNT	<100	13,18	7,61
	Coliformes fecales	NMP/100 mL	-	350 UFC/100 mL	2400 UFC/100 mL

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	877-E01	877-E02
	Coliformes totales	NMP/100 mL	-	720 UFC/100 mL	7300 UFC/100 mL
	Detergentes	mg SAAM /L	-	0,30	0,15
	Material flotante y espumas	NA	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	NA	Ausente	NR	NR
	Sustancias de interés sanitario	NA	Ausente	Presente CN<0,005 mg CN/L Hg<0,001 mg Hg/L	NR

--:variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

NA: no aplica.

NR: no reporta.

3.1.5.7. Conclusiones

- **Río Risaralda**

Se evidencia la existencia de un efecto de las descargas municipales de Viterbo sobre el río Risaralda, que causa tanto el aumento como la disminución en la concentración de ciertas variables estudiadas en las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02. Sin embargo, se aprecia que el río posee una calidad aceptable en términos generales.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones del río Risaralda en el año 2020, señalan que el nivel de calidad es: “aceptable” según el ICA-IDEAM y “buena” según el ICA-CETESB.

Según los ICOS calculados en el 2020 para las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02, del río Risaralda, en el municipio de Viterbo, existe un nivel de contaminación “muy baja” según los índices ICOMI e ICOSUS, reflejando baja contaminación por mineralización y SST. Adicionalmente, según el índice ICOMO el nivel de contaminación por presencia de materia orgánica en las estaciones E01 y E02 es “baja”. Finalmente, según el índice ICOTRO ambos puntos se encuentran en la clasificación de “eutrófico”.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad definidos a largo plazo para el río Risaralda, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de “sustancias de interés sanitario”, en este caso cianuro (CN) y mercurio (Hg), con concentraciones inferiores al límite de cuantificación del método empleado en el laboratorio.

3.2 CUENCA AFERENTES DIRECTOS AL CAUCA OCCIDENTE

Los municipios San José, Belalcázar, Marmato, Riosucio y Supia tienen jurisdicción dentro de la cuenca Aferentes Directos al Cauca Occidente. A continuación, se presenta la descripción de las estaciones pertenecientes a los municipios anteriormente nombrados, con la información de los ensayos determinados en campo como en laboratorio, con sus respectivos análisis de calidad del agua y perfiles históricos por municipio

3.2.2 Municipio de Belalcázar- Quebradas 2617-124-011 y Montevideo

El municipio de Belalcázar sobre la quebrada 2617-124-011 se ubica la estación 088-E03 antes de la primera descarga del municipio_K 0+236 y en la quebrada Montevideo se localiza la estación 088-E04 después de la última descarga del municipio_K 4+041. En Tabla 45 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 45. Estaciones de monitoreo del municipio de Belalcázar- Quebradas 2617-124-011 y Montevideo.

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Quebrada 2617-124-011	088-E03	Antes de la primera descarga del municipio_K 0+236	1044540	807952
Quebrada Montevideo	088-E04	Después de la última descarga del municipio_K 4+041	1043901	808709

En la Figura 35 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, en el municipio de Belalcázar, Caldas

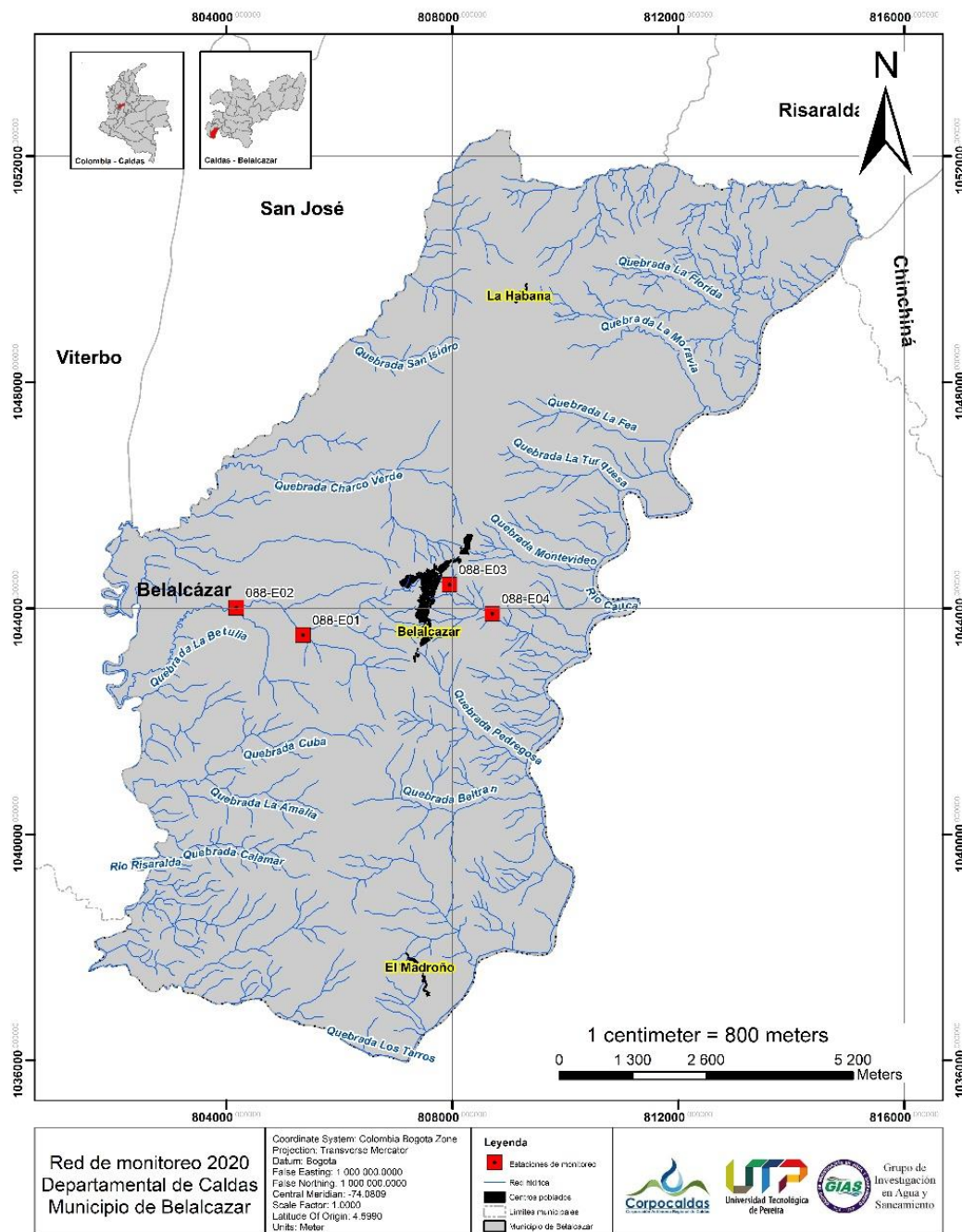


Figura 35. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Belalcázar

3.2.2.1 Campaña de monitoreo municipio de Belalcázar- Quebrada 2614-001-022-004 y Betulia

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Belalcázar fue realizada los días 4 y 10 de agosto de 2020. En la Tabla 46 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Belalcázar.

Tabla 46. Fecha de recolección de muestras Municipio de Belalcázar- quebradas 2617-124-011 y Montevideo

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
088-E03	Quebrada 2617-124-011	04/08/2020
088-E04	Quebrada Montevideo	10/08/2020

3.2.2.2 Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos leídos en campo, para ambas estaciones de monitoreo en el municipio de Belalcázar, Caldas (ver Tabla 47).

Tabla 47. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Belalcázar, Quebrada 2617-124-011 y Montevideo, 2020.

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
088-E03	6,67	7,73	202,1	21,50	0,002
088-E04	7,81	8,23	274,0	20,30	0,069

3.2.2.3 Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 48 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Belalcázar Caldas Quebradas 2617-124-011 y quebrada Montevideo

Tabla 48. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Belalcázar- Quebradas 2617-124-011 y quebrada Montevideo

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		088-E03	088-E04
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Sólidos totales	mg/L	162,0	199,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	26 ±1	<LCM
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	1,03	0,80
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,12	0,64
Nitratos	mg NO ₃ /L	15,20	12,80
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,019	0,012
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	92,9	125,0
Coliformes Totales	UFC/100 mL	720	9400
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	350	1100

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		088-E03	088-E04
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	89,80	141,00
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	35,60	61,70
Turbidez	UNT	13,18	2,02
Grasas & Aceites	mg/L	6,00	5,00
Cloruros	mg Cl-/L	1,98	7,69
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	3,20	3,00
Color real	U Pt- Co	4,70	6,00
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,29	0,29
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,26	0,27
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,30	0,13
Cianuro	mg CN/L	<0,005	--
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	--

Nota1: Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

* La concentración se encuentra por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM), por lo tanto, no se estima la incertidumbre

Para las estaciones 088-E03 y 088-E04 las concentraciones de los ensayos de DBO₅ y DQO reportados por el laboratorio, se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). Con respecto a las concentraciones de ST se puede observar un leve aumento de una estación a otra, esto puede estar relacionado con los vertimientos del municipio a la Montevideo. También se pudo observar a través de los resultados de los análisis una disminución de las concentraciones de los ensayos de SST y turbidez entre las estaciones 088-E03 y 088-E04, esta situación posiblemente se presenta por la existencia de materias diversas en suspensión, que previenen de procesos de erosión en la parte alta de la Quebrada que por procesos de dilución en la quebrada tienen a influir en la disminución de la concentración.

Por otro lado, las variables como los coliformes totales, los coliformes fecales, cloruros, la dureza cálcica y total, se evidencia un incremento en la estación E04, lo cual podría atribuirse a los aportes relacionados con los vertimientos del municipio de Belalcázar.

En términos de variables NTK, nitritos y nitratos, se percibe una disminución en la concentración entre las estaciones E03 y E04, atribuibles a la influencia de las descargas municipales sobre la concentración de las variables. Finalmente, variables como los sulfatos, fósforo total y el fósforo soluble, y grasas y aceites no presentan cambios en su concentración, entre las estaciones de monitoreo E03 y E04.

3.2.2.4 Variación histórica de la calidad del agua municipio de Belalcázar

En la Figura 36 se muestran los perfiles de calidad que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y establecer una tendencia en el

comportamiento para las variables: temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales para las estaciones 088-E03 y 088-E04, ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo en el período 2005 – 2020

- **Quebradas 2617-124-011 y quebrada Montevideo**

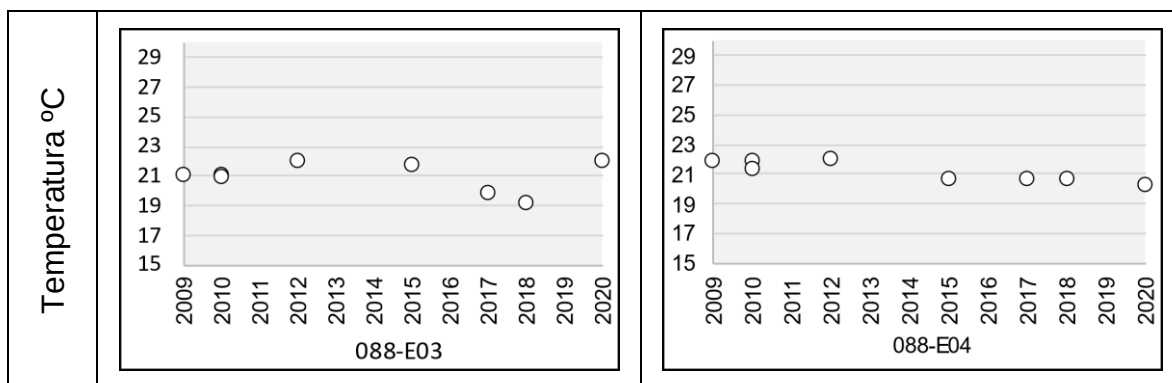
Para la variable temperatura del agua, se permite observar en la Figura 36 que el comportamiento histórico para ambas estaciones se ha encontrado en un rango de temperatura de 19 a 23 °C. Los valores históricos del pH para la estación E03 están dentro de un rango de 7,3 a 8,3 UpH y en la estación E04 los valores históricamente han sido superiores a 8,0 UpH, solo en el año 2017 obtuvo valores menores a 7,7 UpH.

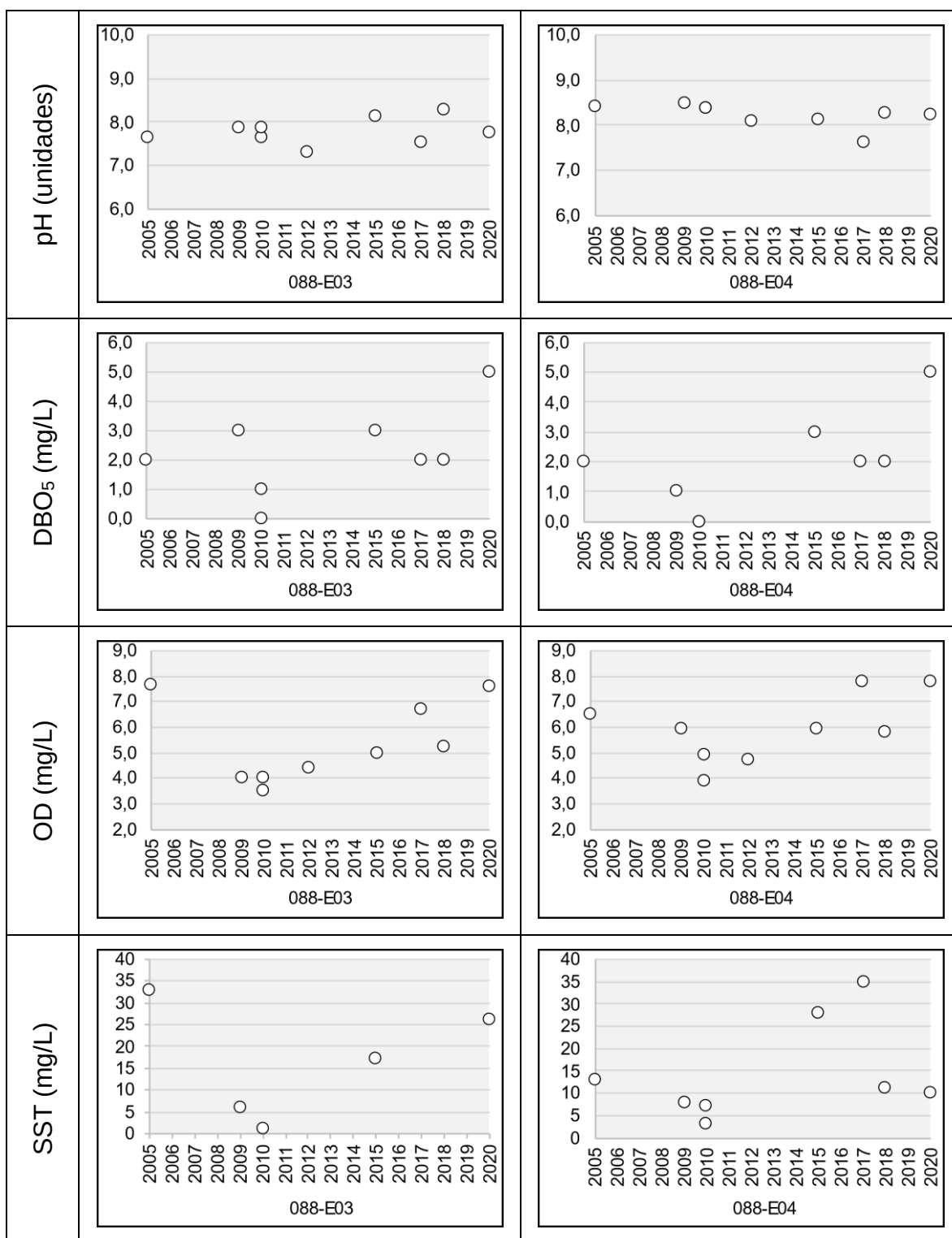
En los datos históricos reportados de la DBO₅ se encontraron con valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en toda la serie de datos. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 3,0 mg O₂/L para ambas estaciones. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis (< 5,0 mg O₂/L). Se concluye que no representan altas concentraciones de esta variable en las quebradas monitoreadas.

Las concentraciones de oxígeno disuelto se han encontrado con valores menores a 4,0 mg O₂/L y con valores superiores 7,6 mg O₂/L en ambas estaciones O₂/L.

Por lo que se refiere a los SST, para la estación E03 la concentración ha variado de un año a otro, teniendo máximos de 117 mg/L y mínimos de 1,0 mg O₂/L. Para la segunda estación E04, también se observó que durante la serie de datos históricos la concentración de SST se ha comportado de manera estable en comparación a la primera estación presentando datos de concentración mínimos de 3,0 mg O₂/L y máximos de 35 mg/L.

La variable de coliformes ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 10 UFC/100 ml siendo este un dato atípico en toda la serie histórica en la estación E03. Para la estación E02 las concentraciones históricas reportadas presenta inestabilidad con concentraciones de 20 UFC/100 ml a 2x 10³ UFC/100ml.





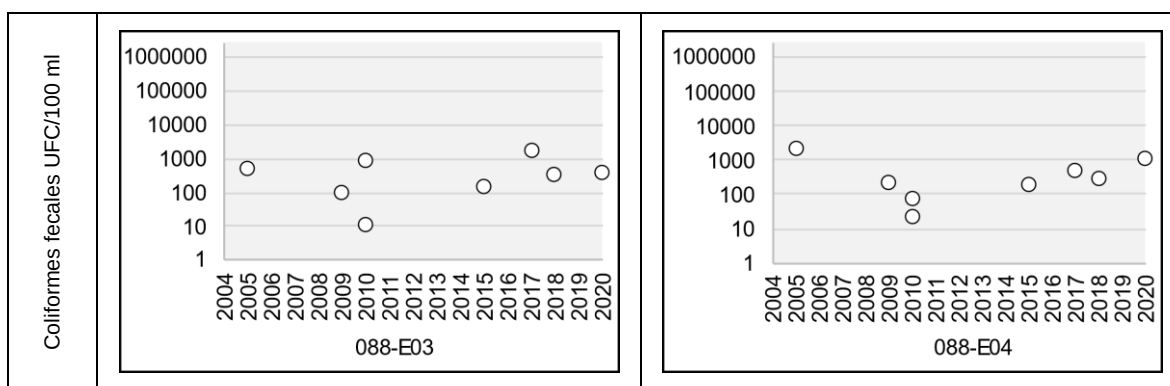


Figura 36. Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.

3.2.2.5 Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tiene reporte de una o más variables, además de encontrar datos atípicos en las series históricas para las variables consideradas en dichos índices. En este sentido, se calcularon para los datos disponibles que se encontraban en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

- **ICA-IDEAM**

Aquí se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar, Caldas. En la Figura 37 se puede observar que para las estaciones 088-E03 y 088-E04, la calidad del agua se ubica en la clasificación "regular" en casi toda la serie histórica de datos. A excepción de algunas campañas en los que se encontró con una calidad "aceptable", como es el caso del año 2015 en la estación E04

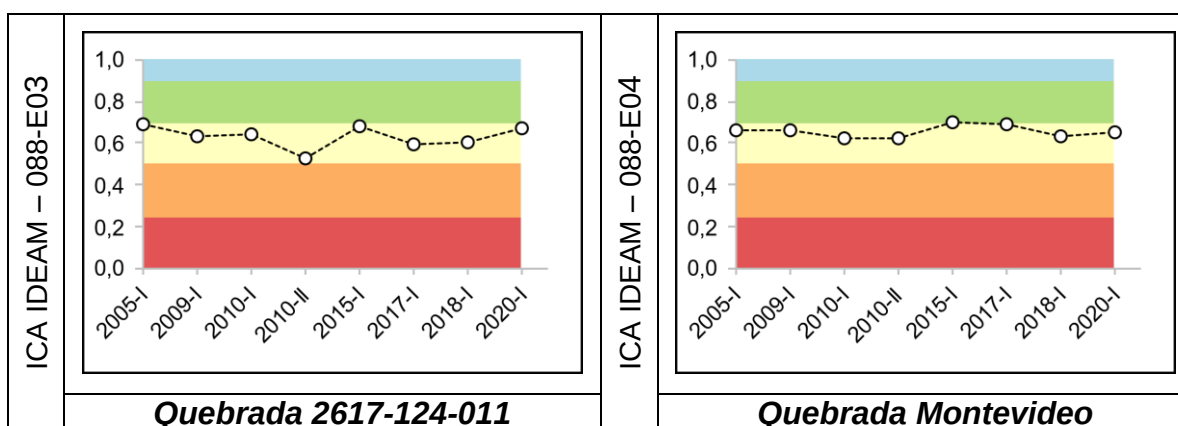


Figura 37 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.

Los resultados del ICA-IDEAM en el año 2020, para la estación E03 y E04 se encuentra en la clasificación de “Regular” encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo. En la Tabla 49 se exponen los resultados del cálculo realizado para las estaciones 088-E03 y 088-E04.

Tabla 49. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	088-E03	088-E04
Belalcázar	Valor	0,668	0,650
	Clasificación	Regular	Regular

• ICA-CETESB

En la Figura 38 se observa que históricamente el ICA-CESTESB ha tenido una tendencia de "Buena" calidad para ambas estaciones, pero para el año 2017 la estación E04 obtuvo una clasificación de “regular”, esto es debido a la concentración de fosforo total encontrada en ese año de monitoreo, el cual tenía valores elevados en comparación a los datos históricos.

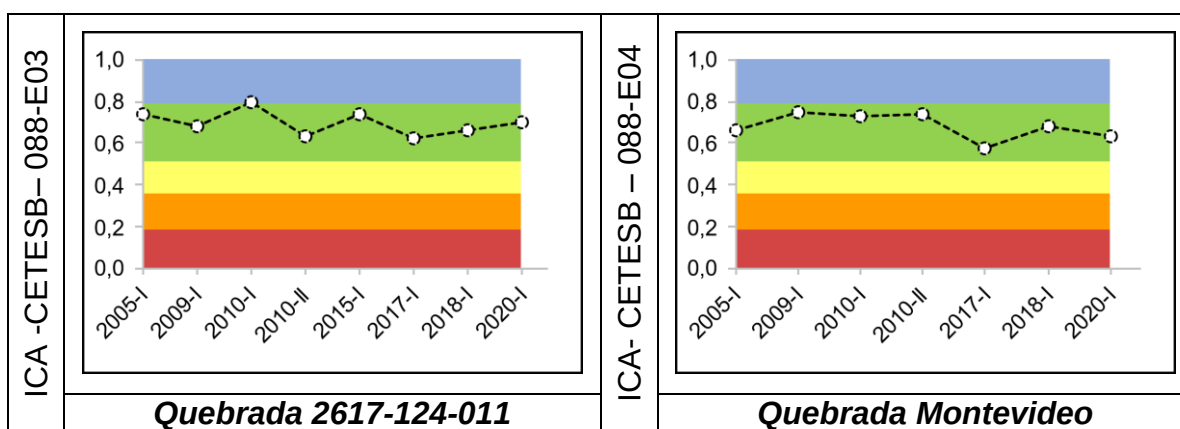


Figura 38 Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.

Los resultados del ICA-CETESB de las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar en el año 2020, tuvieron una clasificación de “Buena” calidad. En la Tabla 50 se exponen los resultados obtenidos para el cálculo mencionado.

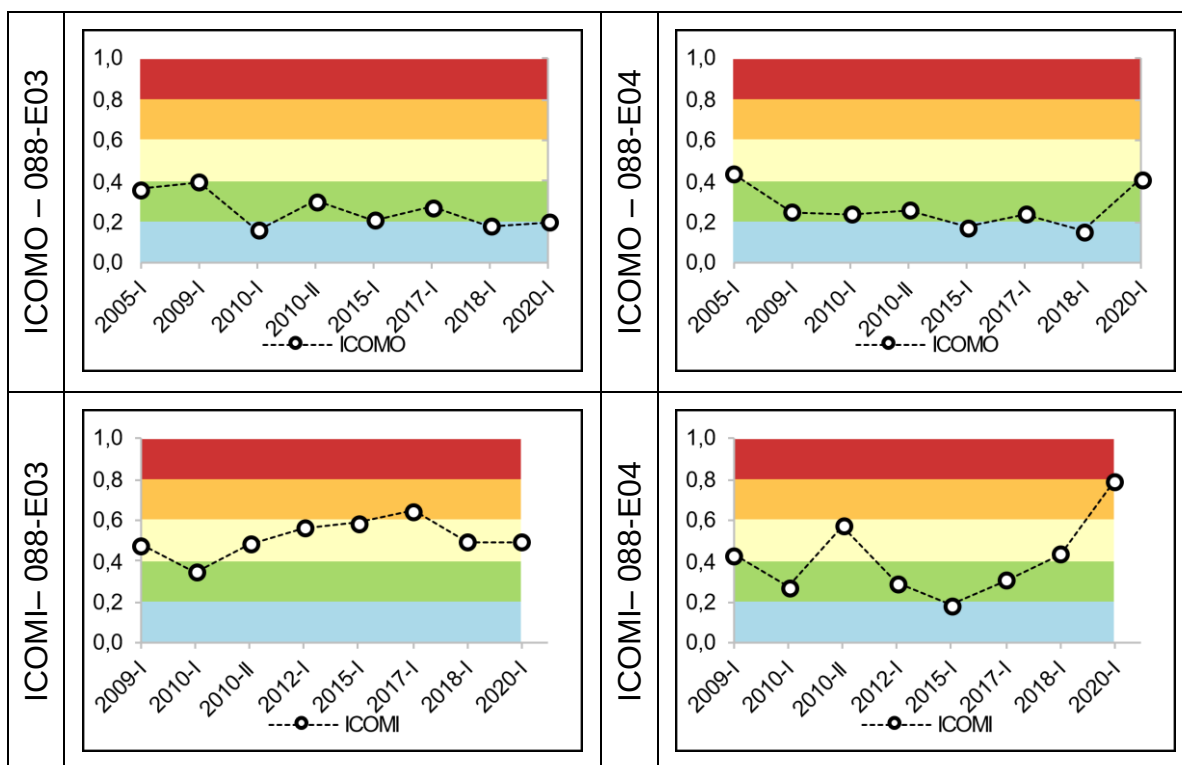
Tabla 50. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio de Belalcázar año 2020

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	088-E03	088-E04
Belalcázar	Valor	0,6996	0,6371
	Clasificación	Buena	Buena

- **ICOS**

En la Figura 39 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo 088-E03 y 088-E04. En la estación E03, el índice ICOMI presentan datos históricos que dan un nivel de contaminación por mineralización “Media” en casi toda la serie histórica. Con respecto al índice ICOMO, se encuentra en una clasificación de “Baja” contaminación por materia orgánica. En cuanto al índice ICOSUS se presentan resultados entre “Baja” y “Muy baja” contaminación la serie histórica.

Para la estación E04, el índice ICOMO ha estado en una categoría de “Muy baja” y “Baja”, teniendo la peculiaridad en los años 2005 y 2020 donde se encontró en la categoría de “Media”, teniendo relación a los coliformes totales reportados para esas campañas. Se observa en la Figura 39 que para la estación E04 los valores de ICOSUS históricamente se han clasificado como “muy baja” contaminación, mientras que el ICOMI ha presentado variaciones más significativas en los datos históricos, moviéndose entre la clasificación de “Baja” y “media” contaminación, en diversas ocasiones.



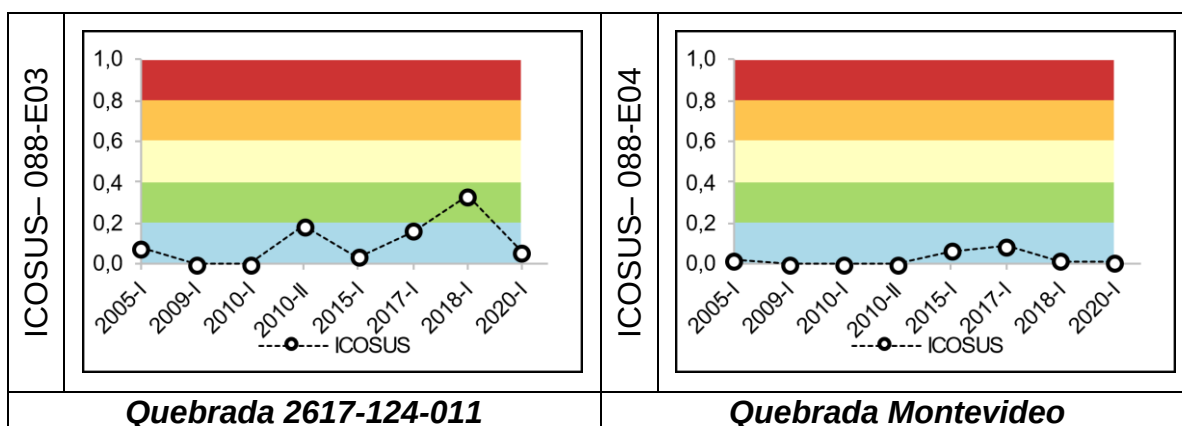


Figura 39 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.

Según los resultados de los ICOS para las estaciones 088-E3 y 088-E04 en el año 2020, se encuentran en las categorías de “Baja” y “muy baja” según las escalas de clasificación determinadas por las metodologías ICOMO e ICOSUS. Con relación al índice ICOMI en la estación E03 se encuentra en una clasificación de “Media” y la estación E04 se encuentra en una clasificación de “Alta” contaminación por mineralización. En la Tabla 51 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo, las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio de Belalcázar.

Tabla 51. Valores índices de contaminación (ICOS) estaciones de monitoreo quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar año 2020

Municipio	Estaciones	088-E03	088-E04
Belalcázar	Índice	ICOMI	
	Valor	0,4952	0,7917
	Clasificación	Baja	Alta
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,2001	0,4108
	Clasificación	Muy baja	Baja
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,058	0,010
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 40 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones 088-E03 y 088-E04. Las concentraciones de fósforo total en la serie histórica se encuentra en la categoría de “eutrófico”, exceptuando los valores obtenidos en el año 2017 en la estación E04, en el cual fue clasificado como “hipereutrófico”. En los resultados obtenidos en 2020 se muestra que el ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para ambas estaciones.

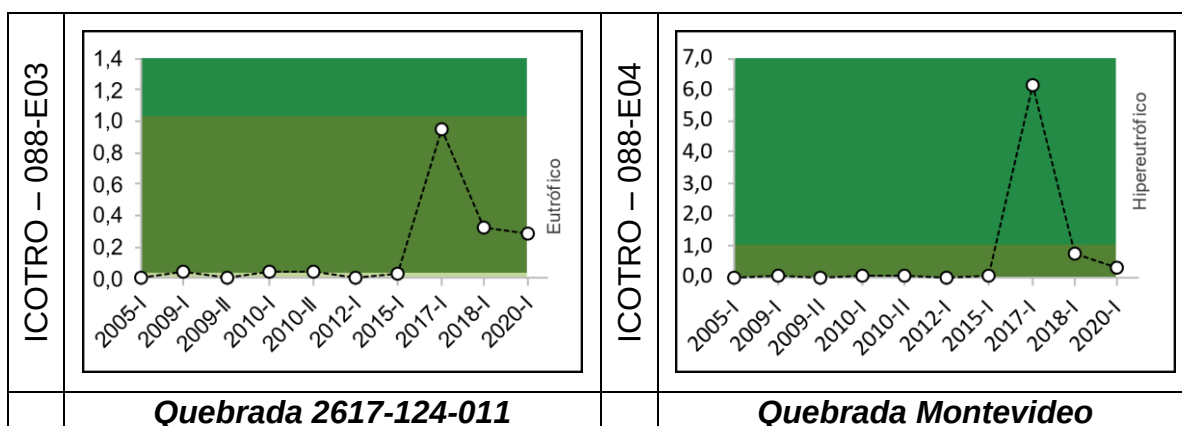


Figura 40 Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2617-124-011 y Montevideo, municipio Belalcázar.

3.2.2.6 Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para la quebrada 2617-124-011 y Montevideo receptoras de vertimientos en el municipio de Belalcázar Caldas.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para las quebradas 2617-124-011 y Montevideo**

Los objetivos de calidad definidos en la Resolución a largo plazo, para el tramo dos (2) -desde la estación Belalcázar E3 hasta la estación Belalcázar E4-, para el uso agrícola restringido, son comparados con los valores obtenidos en la campaña de monitoreo con lo definido en la Resolución (ver Tabla 52).

Se evidencia que los valores de las variables relacionadas para las estaciones 088-E03 y 088-E04, cumplen a cabalidad con los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 239 de 2007.

Tabla 52 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 Quebrada 2617-124-001 y Montevideo.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	088-E03	088-E04
Uso agrícola restringido	pH		4,5-9,0	7,73	8,23
	OD	mg/L	>4	6,67	7,81
	Conductividad	(μ S/cm)	700-3000	202,1	2,74,0
	DQO	mg/L	-	<5,0	5,0
	DBO ₅	mg/L	<20	<5,0	<5,0
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	1,03	0,80
	SST	mg/L	<50	26	<10
	ST	mg/L	--	162	199
	Turbiedad	UNT	40-100	13,18	2,02
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	350 UFC/100 mL	1100 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	720 UFC/100 mL	9400 UFC/100 mL

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	088-E03	088-E04
	Color real	Unidades Pt/Co	--	4,70	6,00
	Detergentes	mg SAAM /L		0,30	0,13
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausencia	Ausencia
	Sustancias de interés sanitario*	N.A	--	(Hg y CN <LCM)	N.R

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

N.A: no aplica

N.R. No hay reporte

3.2.2.7 Conclusiones

- **Belalcázar quebrada las quebradas 2617-124-001 y Montevideo**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una calidad aceptable a pesar de los vertimientos provenientes del municipio de Belalcázar.

Con respecto a la calidad de las estaciones de monitoreo: según los índices ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo 088-E03 y 088-E04 tienen una tendencia a tener una calificación de “Regular” para la mayoría de los registros históricos presentándose en algunos casos con una clasificación de “aceptable”. Sin embargo, los resultados del ICA-CETESB señalan que en toda la serie histórica se encuentra en “buena” calidad, siguiendo esa tendencia para el año 2020-

Los resultados para el año 2020 del índice ICOMI para la estación E04 se encuentra en un nivel de contaminación “Alta” por mineralización obteniendo concentraciones de alcalinidad y dureza total elevados. El índice ICOMO obtuvo una clasificación de contaminación “baja” para la estación E03 y “Media” para la estación E04. En cuanto al índice de ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Finalmente, según el ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para ambas estaciones.

Las estaciones ubicadas en las quebradas 2617-124-001 y Montevideo cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. Los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites

3.2.3 Municipio de San José - Q. 2614-001-046-009 y Changüí

En municipio de San José sobre la quebrada 2614-001-046-009 se ubica la estación 665-E01 antes de la primera descarga del municipio_K 1+522 y en la quebrada Changüí se localiza la estación 665-E02 después de la última descarga del municipio_K4+041. En Tabla 53 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 53. Estaciones de monitoreo del municipio de San José-quebrada 2614-001-046-009 y Changüí

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Quebrada 2614-001-046-009	665-E01	antes de la primera descarga del municipio_K 1+522	1054707	805848
Quebrada Changüí	665-E02	después de la última descarga del municipio_K 4+041	1054719	804168

En la Figura 41 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de San José, Caldas

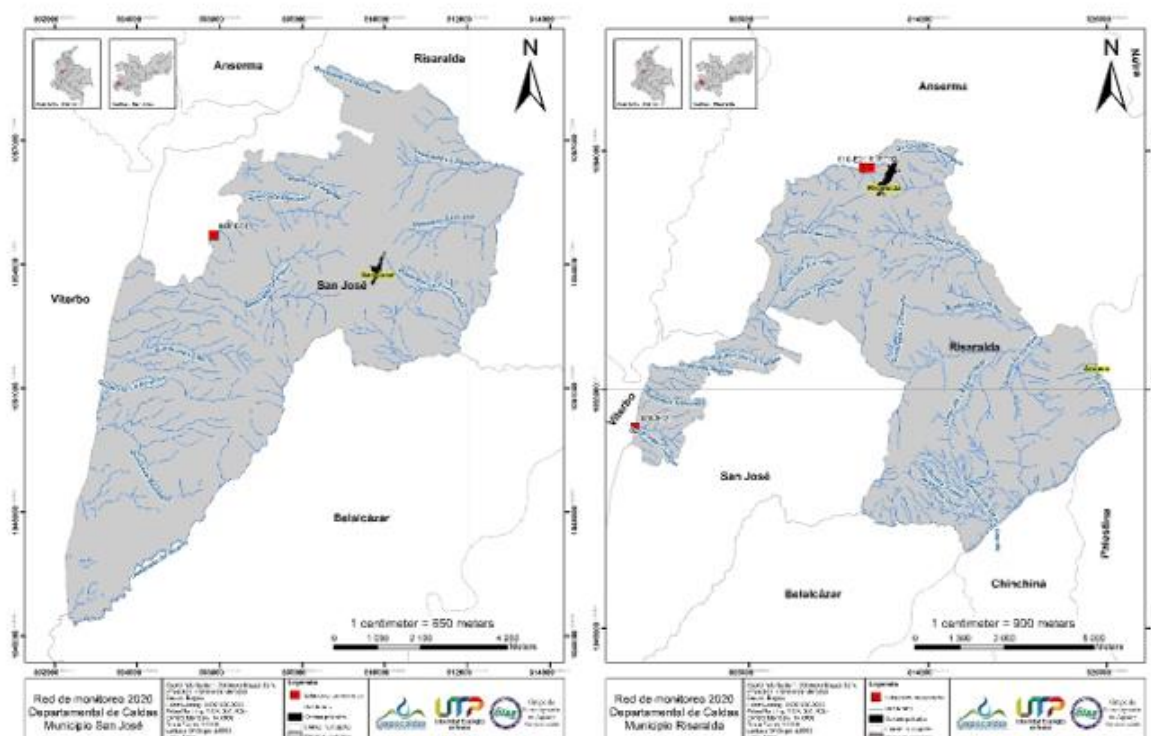


Figura 41 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de San José.

3.2.3.1 Campaña de monitoreo municipio de San José - Q. 2614-001-046-009 y Changüí

La campaña de monitoreo en las estaciones ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí fueron llevadas a cabo el día 4 de agosto de 2020. En la Tabla 54 se muestra en detalle el nombre de la estación y fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de San José

Tabla 54 Fecha de recolección de muestras Municipio de San José- Quebradas 2614-001-046-009 y Changüí.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
665-E01	Quebrada 2614-001-046-009 E01	04/08/2020
665-E02	Quebrada Changüí E02	04/08/2020

3.2.3.2 Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para las estaciones ubicadas las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí en el municipio de San José, Caldas (ver Tabla 55).

Tabla 55. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-San José, Quebrada 2614-001-046-009 y Changüí 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
665-E01	6,91	7,18	135,30	23,00	0,000218
665-E02	8,18	8,17	206,00	27,00	0,245

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 665-E01 y 665-E02, se puede evidenciar un aumento en la temperatura y del caudal de la fuente receptora. Además, también se evidencia que las variables como el OD, el pH y la conductividad, tienen un aumento significativo de una estación a otra. Lo anterior puede estar relacionado con los aportes de los tributarios y vertimientos del municipio San José a la quebrada Changüí.

3.2.3.3 Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 56 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de San José Caldas, en las Quebradas 2614-001-046-009 y Changüí.

Tabla 56. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de San José- Quebrada 2614-001-046-009 y Changüí

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		665-E01	665-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	11,70±0,93	<5,00

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		665-E01	665-E02
Sólidos totales	mg/L	134,0	154,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<LCM	<LCM
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	2,58	3,96
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,70	0,06
Nitratos	mg NO ₃ /L	<2,20	6,10
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,025	1,104
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	69,20	105,00
Coliformes Totales	UFC/100 mL	870	640
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	220	100
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	49,80	94,70
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	24,60	51,50
Turbidez	UNT	4,11	1,31
Grasas & Aceites	mg/L	12,00	11,00
Cloruros	mg Cl-/L	1,49	4,22
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	3,30	1,80
Color real	U Pt- Co	17,10	8,30
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,28	1,10
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,17	0,25
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,10	0,06
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	--

--Variable no solicitada en la muestra

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

Con respecto a las concentraciones de DBO₅ para las estaciones 665-E01 y 665-E02 los valores se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método utilizado para su análisis (<5,0 mg O₂/L). Con respecto a la concentración de DQO presentan una tendencia a disminuir de una estación a otra, situación que posiblemente se presenta por la capacidad de dilución de la quebrada Changüí.

En la Tabla 56 se puede observar que las concentraciones de ST tienen un leve aumento de una estación a otra, esto puede estar relacionado con los vertimientos del municipio a la quebrada Changüí. Con respecto a la concentración de los SST se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método utilizado para su análisis (<10 mg/L). Las concentraciones de color real y turbidez entre las estaciones 665-E01 y 665-E02, disminuye sus valores de una estación a otra, que por procesos de dilución en la quebrada tienen a influir en la disminución de las concentraciones.

En cuanto al ensayo de los nitratos en la estación 665-E01, el valor de la concentración es inferior al límite de cuantificación del método analítico empleado

para su determinación (<2.2 mg/L). En la estación 665-E02 se puede apreciar un aumento significativo en las concentraciones de nitritos y nitratos, este aumento puede ser un reflejo de los aportes de los vertimientos residuales del municipio a la quebrada Changüí. Los valores de NTK, tienen una tendencia aumentar su concentración de una estación a otra. Con relación al ensayo de nitrógeno amoniacal las concentraciones para la estación E01 es alta en comparación a la estación E02, lo anterior, permite inferir la ausencia de procesos de aireación no favorables que tienden a presentar concentraciones de amonio.

Por su parte, variables como alcalinidad, dureza total y cálcica, aumentan entre la estación 665-E01 y la estación 665-E02, del mismo modo que los cloruros, fósforo soluble y total. Mientras que variables como SAAM, G&A, sulfatos, coliformes fecales y totales, reflejan que los vertimientos que entran a la quebrada podrían tener un efecto disolutivo sobre estos.

3.2.3.4 Variación histórica de la calidad del agua municipio de San José

En la Figura 42 se muestran los perfiles de calidad que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y establecer una tendencia en el comportamiento para las variables: temperatura del agua, pH, DBO_5 , oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales para las estaciones 665-E01 y 665-E02, ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí en el período 2005 – 2020

- **Quebrada 2614-001-046-009 y Changüí**

Para la variable temperatura del agua se permite observar que el comportamiento para la estación 665-E01 históricamente se ha encontrado estable en un rango de temperatura de 19 a 24 °C. En la estación 665-E02 la temperatura se ha encontrado dentro de un rango de 20 a 27°C. Con respecto al pH se puede observar en la figura que no se han presentado datos atípicos a esta variable, estando dentro de un rango de 7,0 a 8,5 UpH en las dos estaciones. |

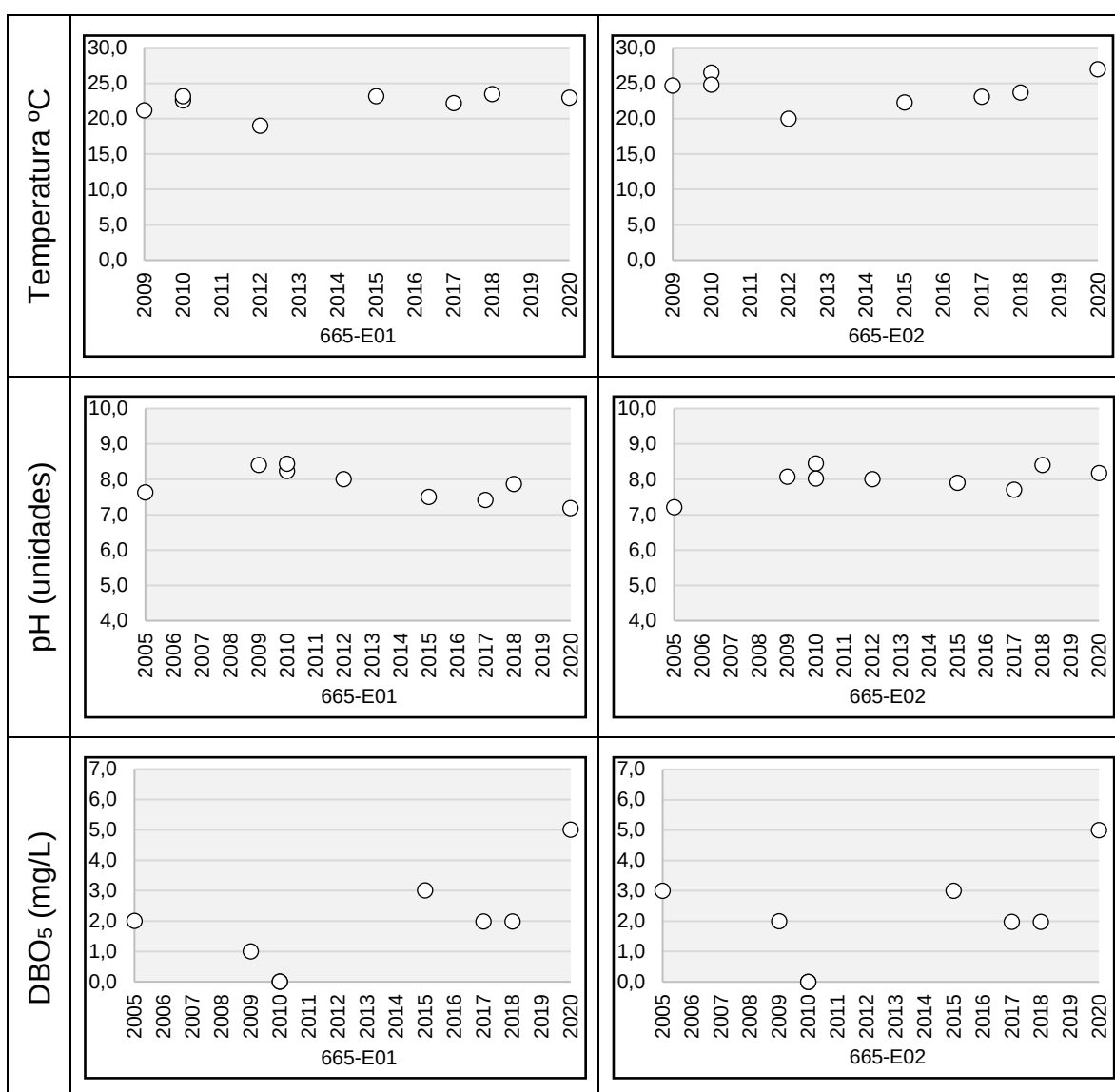
En los datos históricos reportados de la DBO_5 se encontraron con valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en toda la serie de datos.

Los valores obtenidos de DBO_5 se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 3,0 mg O_2/L para ambas estaciones. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis ($< 5,0$ mg O_2/L). Se concluye que no representan altas concentraciones de esta variable en las quebradas monitoreadas.

Las concentraciones de oxígeno disuelto se han encontrado con valores menores a 6,0 mg O_2/L en ambas estaciones y con valores superiores 7,0 mg O_2/L para la estación E01 y de 8,0 mg O_2/L para la estación E02, en este último caso en el año 2020.

Por lo que se refiere a los SST, para la estación E01 la concentración histórica generalmente se ha encontrado por debajo de 10 mg/L, a excepción de los años 2015 y 2018 donde se obtuvieron concentraciones de 17 mg/L y 26 mg/L respectivamente. Para la segunda estación E02, se observó que durante la serie de datos históricos la concentración de SST se ha comportado de manera estable presentando datos de concentración menores a 10 mg/L. En el año 2012 presento un dato atípico en la concentración de SST de 53 mg/L.

La variable de coliformes ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 13 UFC/100 ml a 7×10^3 UFC/100ml para la estación E01. Para la estación E02 las concentraciones históricas reportadas presenta estabilidad con concentraciones de 40 UFC/100 ml a 13×10^1 UFC/100ml, solo en el año 2005 se presenta un dato atípico de toda la serie histórica con concentraciones de 4×10^3 .



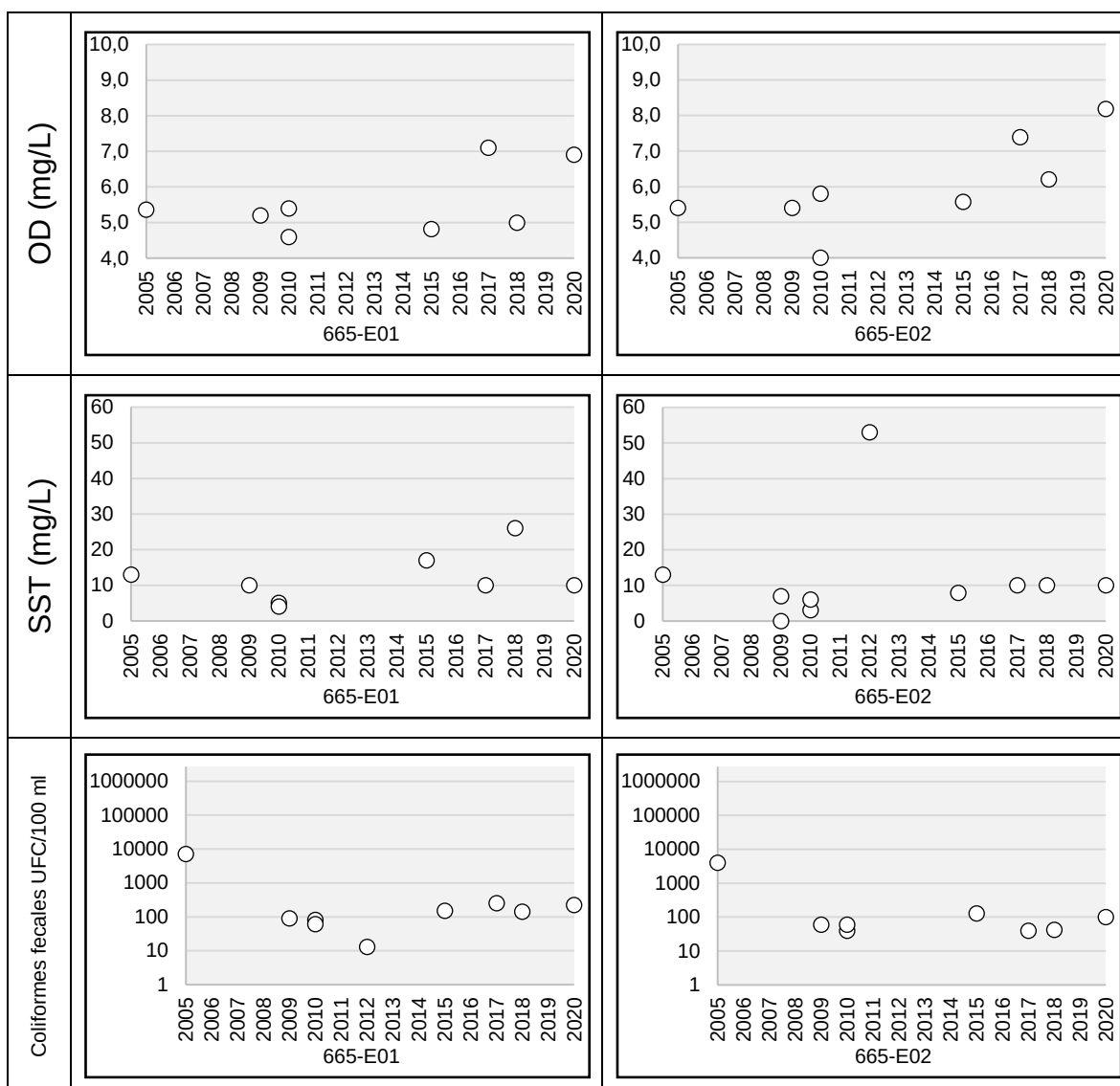


Figura 42 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para las estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.

3.2.3.5 Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tiene reporte de una o más variables, además de encontrar datos atípicos en las series históricas para las variables consideradas en dichos índices, para este caso los valores de nitrógeno en el año 2005. En este sentido, se calcularon para los datos disponibles que se encontraban en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

- **ICA-IDEAM**

En la Figura 43 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, observando que para las estaciones 665-E01 y 665-E02, la calidad del agua se clasifica como “Regular” en toda la serie histórica, con excepción al año 2020, donde paso a una categoría de “Aceptable” en ambas estaciones.

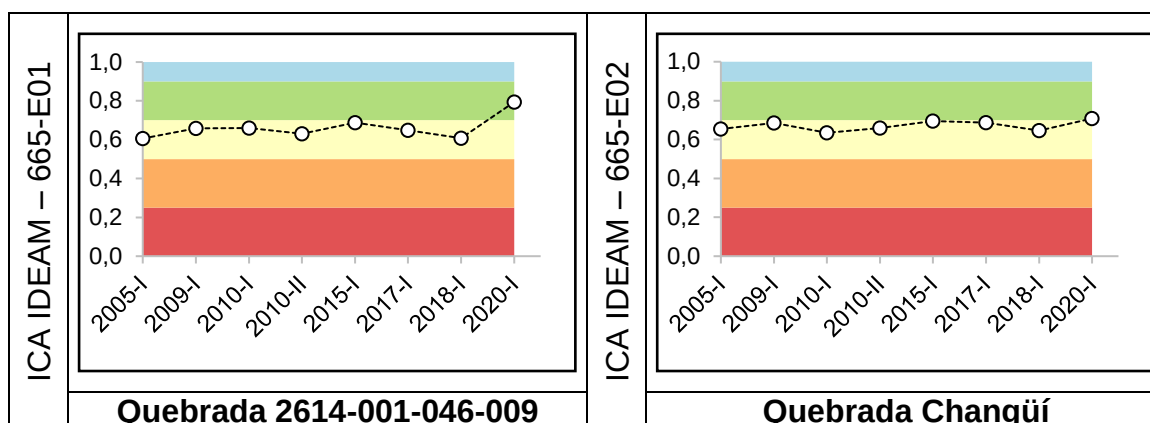


Figura 43. Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.

Los resultados del ICA-IDEAM en el año 2020, para las dos estaciones se clasifican como “aceptable” encontrándose por fuera de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo. Las concentraciones de DQO y OD influyeron en los valores encontrados en el ICA-IDEAM. En la Tabla 57 se exponen los resultados del cálculo realizado para las estaciones de las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio San José.

Tabla 57. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	665-E01	665-E02
San José	Valor	0,7939	0,7081
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

- **ICA-CETESB**

En la Figura 44 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio San José. En la figura se observa que el ICA-CESTESB ha sido de calidad “Buena” en toda la serie histórica.

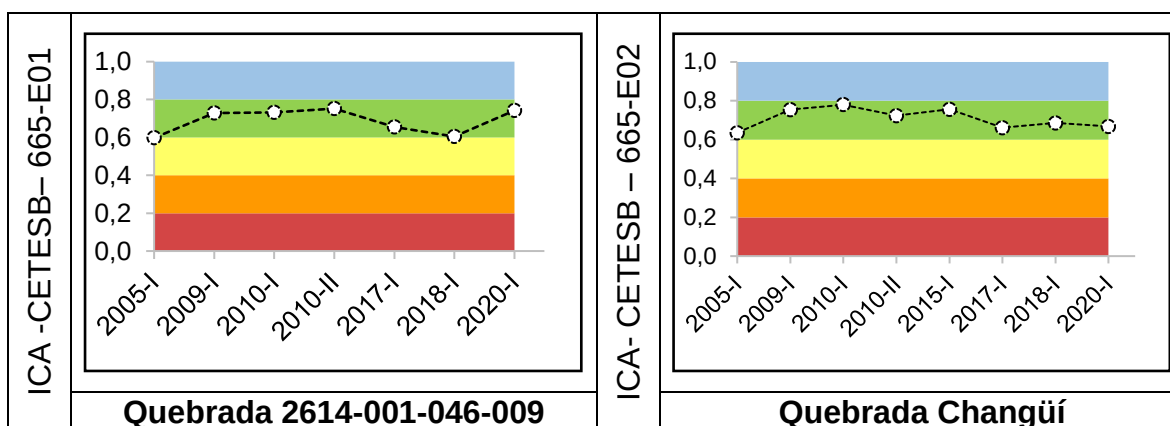


Figura 44. Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicada las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.

Los resultados del ICA-CETESB para las estaciones de las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, en el año 2020, fueron clasificadas como “Buena” calidad. En la Tabla 58 se exponen los resultados obtenidos para el cálculo mencionado.

Tabla 58. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	665-E01	665-E02
San José	Valor	0,7427	0,6676
	Clasificación	Buena	Buena

• ICOS

En la Figura 45 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo 665-E01 y 665-E02. En la estación E01, el índice ICOMI presentan datos históricos que dan un nivel de contaminación por mineralización “Alta” en los años 2010, 2015 y 2017. Caso contrario, para los años 2009 y 2012 donde obtuvieron una clasificación de “Baja” contaminación por mineralización. Con respecto al índice ICOMO, se encuentra en una clasificación entre “Baja” y “Muy baja” contaminación por materia orgánica, solo en el año 2005 se encontró en la categoría de “Media”, esto se debe a las concentraciones de coliformes totales encontradas en ese año. En cuanto al índice ICOSUS se presentan resultados de “muy baja” contaminación en toda la serie histórica.

La estación E02 el índice ICOMO ha estado en una categoría de “Muy baja” y “Baja”, teniendo la misma peculiaridad de la estación E01, donde en el año 2005 se encontró en la categoría de “Media”, teniendo relación a los coliformes totales reportados para esa campaña. Se observa en la Figura 45 que para la estación E02 los valores de ICOSUS históricamente se han clasificado como “muy baja” contaminación, mientras que el ICOMI ha presentado variaciones más significativas en los datos históricos, moviéndose entre la clasificación de “Baja” y “media” contaminación, en diversas ocasiones.

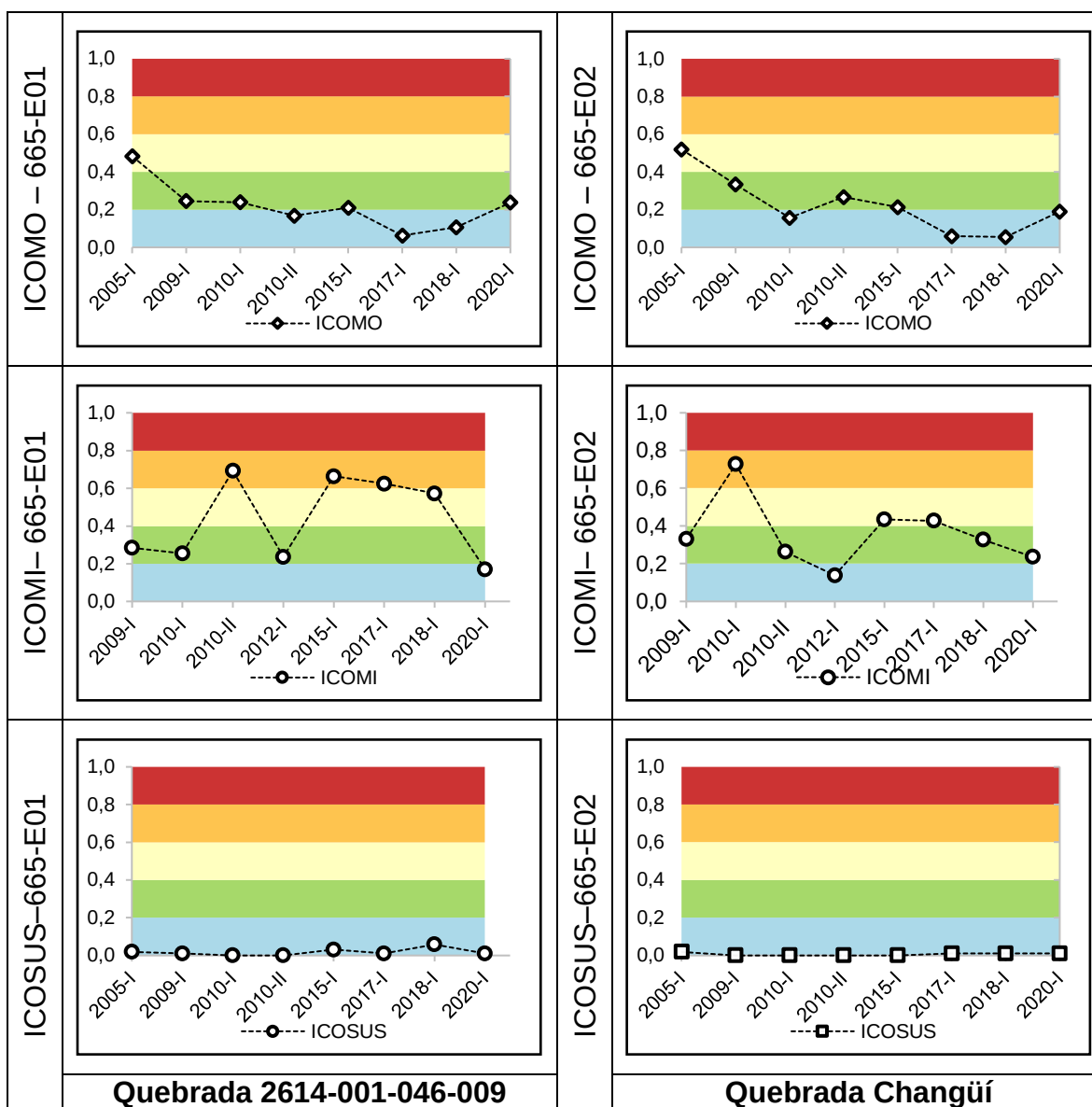


Figura 45. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.

Según los resultados de los ICOS para las estaciones 665-E01 y 665-E02 en el año 2020, se encuentran en las categorías de “Baja” y “muy baja” según las escalas de clasificación determinadas por las metodologías ICOMI, ICOMO e ICOSUS. En la Tabla 59 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo, quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio San José año 2020

Tabla 59. Valores índices de contaminación (ICOS) estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020

Municipio	Estaciones	665-E01	665-E02
San José	Índice	ICOMI	
	Valor	0,1714	0,2355

Municipio	Estaciones	665-E01	665-E02
	Clasificación	Muy baja	Baja
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,2379	0,1902
	Clasificación	Baja	Muy baja
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,0100	0,0100
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 46 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones 665-E01 y 665-E02. Las concentraciones de fosforo total en la serie histórica se encuentra en la categoría de “eutrófico”, exceptuando los valores obtenidos en los años 2017 y 2018, en el cual fue clasificado como “hipereutrófico” en estos dos años.

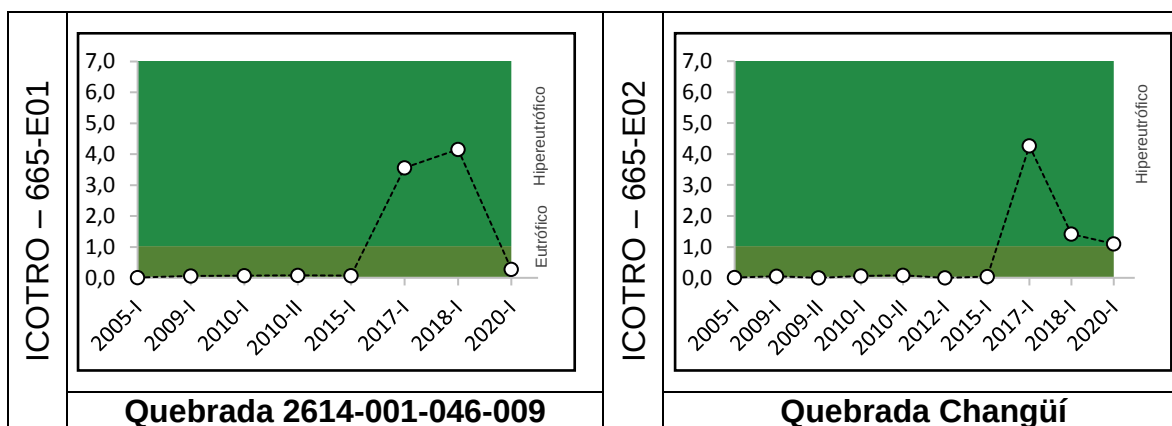


Figura 46. Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicadas en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José.

Los resultados del ICOTRO para el año 2020, evidencian que la estación 665-E01 se encuentra en la categoría de “Eutrófico” y para la estación 665-E02 se encuentra en la clasificación de “hipereutrófico”. En la Tabla 60 se muestran los resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO en las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí para el año 2020.

Tabla 60 Valores ICOTRO estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020.

Municipio	ICOTRO		
	Estación	665-E01	665-E02
	Valor	0,28	1,1
San José	Rango	Eutrófico	Hipereutrófico

3.2.3.6 Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para la quebrada 2614-001-046-009 y quebrada Changüí receptoras de vertimientos en el municipio de San José, Caldas (ver Tabla 61).

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada 2614-001-046-009 y Changüí.**

Los objetivos de calidad definidos en la Resolución a largo plazo, para el tramo dos (2) -desde la estación San José E1 hasta la estación San José E2-, para el uso de preservación de flora y fauna, son comparados con los valores obtenidos en la campaña de monitoreo con lo definido en la Resolución (ver Tabla 61).

Se observa que en el año 2020 hay un cumplimiento de la mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo, para las estaciones de 665-E01 y 665-E02, exceptuando únicamente la presencia de material flotante y espumas para ambas estaciones. Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

Tabla 61. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebradas 2614-001-046-009 y Changüí

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 665-E01	Estación 665-E02
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	7,18	8,17
	OD	mg/L	>5	6,91	8,18
	Conductividad	(μS/cm)	--	135,3	206,0
	DBO ₅	mg/L	≤5,0	<5,0	<5,0
	SST	mg/L	<50	<10	<10
	Turbiedad	UNT	<100	4,11	1,31
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	220 UFC/100 mL	100 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	870 UFC/100 mL	640 UFC/100 mL
	Detergentes (SAAM)	mg/L	--	0,10	0,06
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Presente	Presente
	Sustancias que produzcan olor	N.A	Ausente	N.R	N.R
	Sustancias de interés sanitario*	N.A	Ausente	Presente (Hg <LCM)*	N.R

- *La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio)
- --Variable sin especificación del valor límite en la Resolución 239 de 2007.

- < LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L
- N.A: no aplica
- N.R: No hay reporte

3.2.3.7 Conclusiones

- **San José-quebradas 2614-001-046-009 y Changüí.**

Los cambios en las concentraciones de las variables estudiadas entre las estaciones uno (665-E01) y dos (665-E02), en el municipio de San José, indican que los vertimientos municipales no están alterando drásticamente la calidad del cuerpo receptor.

Los índices de calidad calculados para ambas estaciones en el año 2020 señalan que el nivel es: “aceptable” según ICA-IDEAM y de “buena” calidad según ICA-CETESB. Los índices de contaminación ICOMI e ICOSUS para la estación E01 es “Muy baja” y con relación al índice ICOMO se encuentra en una categoría de “Baja” contaminación. En la estación E02, el ICOMI está en una clasificación de “Baja” contaminación y los índices de ICOMO e ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Adicionalmente, el índice ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para la estación E01 y “Hipereutrófico” en la estación E02.

Se evidencia el cumplimiento de los valores límites establecidos en los objetivos de calidad a largo plazo en el tramo dos (2), que corresponde a las estaciones estudiadas, con excepción a la presencia de material flotante y espumas en ambas estaciones incumpliendo este parámetro. En este mismo sentido, en la estación E01 se tiene presencia de sustancias de interés sanitario en este caso concentraciones de mercurio, pero las cuales se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado.

3.2.3. Municipio de Marmato

En el municipio de Marmato se encuentran definidas ocho (8) estaciones de monitoreo distribuidas de la siguiente manera: la estación E01 se encuentra ubicada sobre la quebrada Zaparrilla antes del primer decole del municipio, la estación E02 se encuentra antes de la desembocadura de la quebrada Cascabel a la quebrada Aguas Claras. Sobre la quebrada Aguas Claras también se encuentra la estación E03 localizada después de recibir las aguas de la quebrada Cascabel y antes de desembocar al río Cauca.

Una vez revisada la localización y sectorización geográfica de la zona de estudio, se estableció que las estaciones E04 y E05 se encuentran ubicadas sobre la quebrada 2617-016-001-001 (Q. Pantanos) y la estación E07 y E08 sobre la quebrada Cascabel. La estación E04 localizada en la mina los Sapos y la estación E05 en el puente la Ermita antes de desembocar a la quebrada Cascabel. Con

relación a la estación E08 está ubicada en el puente del sector Echandía y la estación E07 se localiza aguas abajo de la quebrada Cascabel antes de recibir la quebrada 2617-016-001-001. La estación E06 esta después de recibir las aguas de la quebrada 2617-016-001-001 y antes de desembocar a la quebrada aguas Claras (ver Tabla 62).

Tabla 62 Estaciones de monitoreo del municipio de Marmato.

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Q. Zaparrilla	442-E01	Antes de la primera descarga del municipio _ k 1 + 109	1096967	830071
Q. Aguas Claras	442-E02	Antes de la desembocadura de la Q. Cascabel Entrando por los tanques desarenadores de Mineros Nacionales	1096981	831719
Q. Aguas Claras	442-E03	Después de la desembocadura de la quebrada Cascabel y antes de converger al río Cauca	1095922	833425
Q. 2617-016-001-001 (Pantanos)	442-E04	Mina Los Sapos _ Sector el Volante hasta dónde llega la vía termina antes de los vertimientos de las plantas de beneficio	1097582	830835
Q. 2617-016-001-001	442-E05	Puente la Ermita, zona de plantas de beneficio	1096981	831719
Q. Cascabel	442-E06	Antes de la unión con la Q. Aguas Claras Entrando por los tanques desarenadores de Mineros Nacionales	1096775	832134
Q. Cascabel	442-E07	Puente hacia el llamo, zona de plantas de beneficio	1097185	831922
Q. Cascabel	442-E08	Puente Echandía antes de los vertimientos de las plantas de beneficio plantas de beneficio	1098075	830706

En la Figura 47 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato, Caldas.

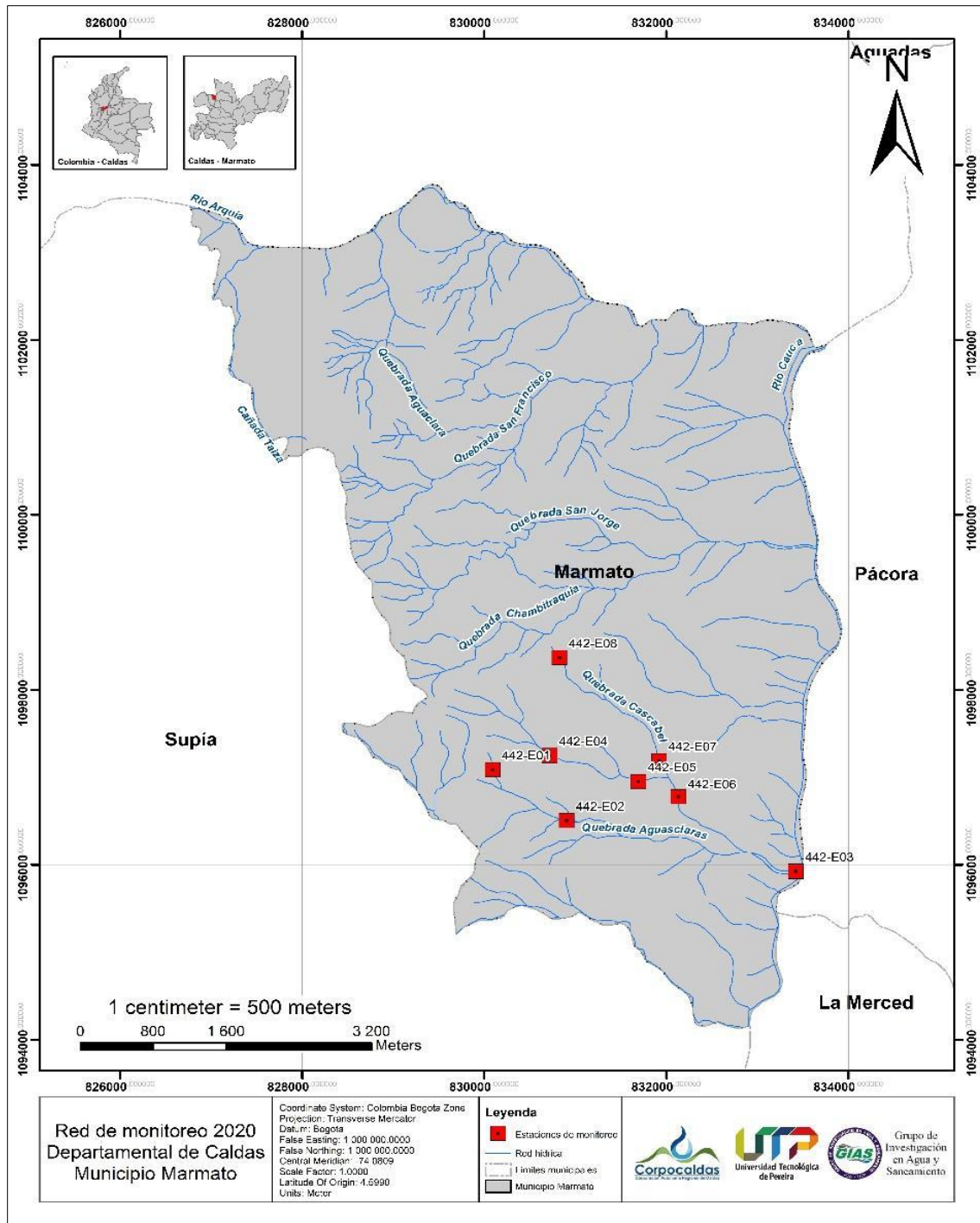


Figura 47. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Marmato
Fuente: propia

3.2.3.1 Campaña de monitoreo municipio de Marmato

La toma de muestras en las estaciones del municipio de Marmato fue realizada el día 12 de agosto de 2020. En la Tabla 63 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Marmato. En el momento de la toma de muestras y monitoreo de las estaciones

442-E04 y 442-E08, se pudo identificar que las fuentes monitoreadas no tenían flujo de agua, por lo anterior no se pudo realizar la medición de los parámetros en campo y tomar la muestra para análisis de laboratorio. Por ende, no se hace análisis de estas dos estaciones en el presente informe.

Tabla 63. Fecha de recolección de muestras municipio de Marmato

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
442-E01	Q. Zaparrilla E01	12/08/2020
442-E02	Q. Aguas Claras E02	12/08/2020
442-E03	Q. Aguas Claras E03	12/08/2020
442-E05	Q. 2617-016-001-001 (pantanos) E05	12/08/2020
442-E06	Q. Cascabel E06	12/08/2020
442-E07	Q. Cascabel E07	12/08/2020

3.2.3.2 Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Marmato, Caldas (ver Tabla 64)

Tabla 64. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Marmato 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
442-E01	7,04	7,09	133	18,9	0,000203
442-E02	7,38	7,70	274	22,5	0,001536
442-E03	7,03	8,02	2661	28,0	0,074
442-E05	5,73	8,40	2612	26,1	0,021
442-E06	6,84	8,04	2325	27,0	0,142
442-E07	6,83	7,71	3020	26,0	0,015

- **Quebrada Zaparrilla y quebrada Aguas Claras**

El caudal registrado en campo muestra un aumento desde la estación E01 ubicada en la quebrada Zaparrilla hasta la estación E03 antes de desembocar la quebrada Aguas Claras al río Cauca, esto se debe a los vertimientos que recibe del municipio de Marmato y a los tributarios o fuentes que desembocan a la quebrada aguas Claras, pero pese a esto comparando el caudal que proviene de la fuente que desemboca la quebrada Aguas Claras en este caso la quebrada Cascabel, se ve una disminución de caudal en vez de aumentar, esto puede estar relacionado con a procesos de evaporación agua que se puede presentar aguas abajo de la quebrada Aguas Claras (E03). La temperatura registrada en la estación de la

desembocadura al río Cauca (E03) es de 28°C. mostrando un incremento de la temperatura de una estación a otra, esto puede estar relacionado al clima de la zona, a la falta de cobertura vegetal y a los vertimientos que tiene la quebrada.

Con lo que respecta al pH este tiene una tendencia de incrementar de una estación a otra, infiriendo que los vertimientos del municipio y tributarios pueden ser la causa del aumento del pH.

La concentración de OD entre la quebrada Zaparrilla (E01) hasta la quebrada Aguas Claras (E02) tiene una tendencia aumentar, pero antes de desembocar la quebrada Aguas Claras (E03) al río Cauca la concentración vuelve a Disminuir, puede estar relacionado con las concentraciones que tiene la quebrada Cascabel a la quebrada Aguas. Para la estación E01 y E02 se encontró una conductividad eléctrica entre 133 y 274 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) respectivamente.

- **Quebrada Q. 2617-016-001-001 (Q. Pantanos) y Quebrada Cascabel**

De acuerdo con la información obtenida en campo el caudal de la quebrada Cascabel en la estación E06 tiene una tendencia aumentar su caudal, esto puede ser a causa de los tributarios o fuentes que desembocan a la misma quebrada, para esta converger en la quebrada aguas claras, donde disminuye su caudal antes de desembocar al río Cauca. La temperatura registrada para los dos puntos de monitoreo ubicada en la quebrada Cascabel oscila entre 26°C, mostrando un incremento de una estación a otra, esto puede estar relacionado al clima de la zona, a la falta de cobertura vegetal y a los vertimientos que tiene la quebrada. Los registros de pH se puede apreciar un aumento de los valores de una estación a otra; en la estación E05 tiene valores de pH de 8,40, valor que disminuye una vez que desemboca a la quebrada Cascabel, que, a través de proceso de dilución, se disminuye los valores de pH en el tramo de la estación E06 hasta la estación E03 antes de desembocar la quebrada Aguas Claras al río Cauca, pero teniendo todavía valor alrededor de 8,0 UpH.

El oxígeno disuelto en la estación E05 es el más bajo de todas las estaciones, teniendo concentraciones de 5,73 mg O_2/L , las estaciones E07 y E06 ubicada en la quebrada Cascabel presentan concentraciones de OD alrededor de 6,8 mg O_2/L .

Con relación a la conductividad se permite apreciar que se da un incremento; esto puede ocurrir, debido a los vertimientos que llegan a las quebradas y las actividades antrópicas que se encuentran entre la estación E07 hasta la estación E06.

3.2.3.3 Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 65 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Marmato, Caldas.

Tabla 65. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio, estaciones municipio de Marmato

Ensayo (s)	Unidades	Código estación					
		442-E01	442-E02	442-E03	442-E05	442-E06	442-E07
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,0	<5,0	47,0± 5,0	46,0±5,0	50,0±5,0	74,0±8,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	5,90	6,50	691±21	1504± 45	1082±32	1714±51
Sólidos totales	mg/L	166	207	131959	90115	98158	187228
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	38±1	12±0,4	123300± 13070	78550± 8326	81550± 8644	153100± 16229
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	3,33	4,65	80,36	138,00	83,23	109,00
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,52	0,41	37,76	20,29	23,18	28,98
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40	717	685	567	1085
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,04	0,02	55,90	64,80	58,60	91,70
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	40,60	122	833	946	683	956
Coliformes Totales	UFC/100 mL	68000	36000	280000	8000	240000	10000000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	1000	2000	180000	ND	200000	1000000
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	70,9	123	2190	2489	3134	3460
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	57,20	74,40	1231	1796	1617	2179
Turbidez	UNT	22,47	4,84	>10000	>10000	>10000	>10000
Grasas & Aceites	mg/L	2,0	6,0	14,0	2,0	10,0	3,0
Cloruros	mg Cl-/L	2,53	3,47	50,80	49,60	53,30	31,00
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	46,10	38,80	19760	13220	11780	106
Color real	U Pt- Co	14,10	7,90	1872	4340	1962	950
Fósforo total	mg PO ₄ /L	2,52	0,17	175	163	141	296
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	0,05	146,0	88,0	81,5	175,0
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	0,05	6,85	2,15	3,45	20,6
Cianuro	mg CN/L	<0,005	<0,005	0,067	0,417	0,538	0,497
Mercurio	mg Hg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001

ND: No Detectable

- **Quebrada Zaparrilla y quebrada Aguas Claras**

Las concentraciones de DBO₅ para la estación E01 quebrada Zaparrilla y E02 quebrada aguas claras se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico (<5,0 mg/L). Con respecto a la DQO la concentración tiene una tendencia de aumentar de una estación a otra, pero es en la estación E03 donde la concentración es elevada en comparación a las estaciones anteriores, posiblemente esto pueda tener relación con los tributarios o fuentes superficiales que desembocan a la quebrada Aguas Claras.

Con respecto a las concentraciones de los SST de a las estaciones E01 quebrada Zaparrilla y E02 quebrada Aguas Claras, tienden a disminuir su concentración, esto puede darse por procesos de dilución dentro de la quebrada aguas arriba, que permite la disminución de la concentración de SST. Los sólidos totales tienen un comportamiento similar al de los SST, donde su concentración disminuye de una estación a otra y aumenta su concentración antes de la desembocadura de la quebrada Aguas Claras al río Cauca.

Las concentraciones de turbiedad y color para la quebrada Zaparrilla E01 es mayor que en la estación E02 ubicada en la quebrada aguas claras, posiblemente relacionado a la presencia de materias diversas en suspensión, que previenen de procesos de erosión en la parte alta de la quebrada Zaparrilla. Con relación a las concentraciones de SAAM para la quebrada Zaparrilla estación E01 y quebrada Aguas Claras estación E02 está por debajo del límite de cuantificación del método analítico ($<0,05$ mg/L). Los coliformes totales y fecales tienen una tendencia a disminuir de la estación E01 a la estación E02, para luego aumentar en la estación E03 antes de desembocar la quebrada aguas claras al río Cauca. Lo anterior puede estar relacionado los vertimientos del municipio como también a las concentraciones que vienen desde la quebrada Cascabel.

- **Quebrada Q. 2617-016-001-001 (Q. Pantanos) y Quebrada Cascabel**

Las concentraciones de DBO_5 tienen una tendencia a disminuir de una estación a otra, en el caso de las estaciones E07, E06, E05 y E03. De igual forma ocurre con los resultados del ensayo de DQO, los cuales van disminuyendo a medida que llegan a la desembocadura de aguas Claras al río Cauca, donde la estación E07 alcanza su pico máximo de concentración para los dos ensayos anteriormente mencionados (ver Tabla 65).

Los resultados de los ensayos de SST que se pueden apreciar en la Tabla 65, nos muestran una disminución de su concentración desde la estación E07 a la estación E06, para luego aumentar sus valores en la estación E03 antes de la desembocadura de la quebrada Aguas Claras al río Cauca, encontrándose picos máximos de concentración en la estación E07. La concentración de la turbidez para las estaciones E05, E06 y E07 se encuentran por encima del valor máximo del método analítico utilizado para el análisis de este ensayo, esto se relaciona con las elevadas concentraciones de ST y SST y las bajas concentración de oxígeno disuelto encontradas en estas estaciones. Las concentraciones de mercurio obtenidas en el laboratorio se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación ($<0,001$). Por su parte, las estaciones donde se tiene mayor influencia minera presentan concentraciones de cianuro con concentraciones mayores a $0,4$ mg CN/L

En el reporte entregado por laboratorio para el ensayo de coliformes fecales en la estación E05, expresan que este ensayo no fue detectable. En el caso de las concentraciones de coliformes fecales y totales entre las estaciones E06 y E07, se

observa una tendencia a disminuir, donde el pico máximo de concentración se encuentra en la estación E07 con valores 10×10^6 UFC/100 ml.

3.2.3.4 Variación histórica de la calidad del agua municipio de Marmato

A continuación, se presentan los perfiles de distribución de los datos en el tiempo, donde se permite establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período 2005 – 2020. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las seis estaciones ubicadas en el municipio de Marmato.

- **Quebrada Zaparrilla 442-E01**

La variable temperatura del agua en la quebrada Zaparrilla, podemos observar en la Figura 48 serie histórica analizada que ha tenido un comportamiento constante durante toda la serie histórica de datos. Con relación a los datos históricos de la variable pH se ha mantenido en un rango de 7 a 8, donde en el año 2015 se reportó el valor mínimo con un pH de 6 y en el año 2018 se reportó el valor máximo con un pH de 8,7.

En la revisión de los datos históricos reportados de la DBO₅ para la estación E01, se encontró con valores de concentración de cero (0) para esta variable, siendo un dato atípico en la serie de datos. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 4,0 mg O₂/L. En la última campaña el valor reportado se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado para su análisis ($< 5,0$ mg O₂/L).

La concentración de oxígeno disuelto ha sufrido variabilidad en los datos históricos, en las primeras campañas de monitoreo con valores por debajo de 6,4 mg O₂/L, presentando en el año 2015 el valor mínimo de la serie de datos históricos con una concentración de 3,97 mg O₂/L. Para los últimos años los valores reportados de OD se encuentran por encima de 7 mg O₂/L.

En lo referente a los SST, para la estación E01 la concentración ha variado de un año a otro, teniendo máximos de 283 mg/L en la segunda campaña del año 2010 siendo un dato atípico en toda la serie de datos históricos. Para las dos últimas campañas la concentración de SST presenta aproximaciones en sus valores.

La variable de coliformes también ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica que van desde concentraciones del orden de 24 UFC/100 ml a 38×10 UFC/100ml para la estación E01.

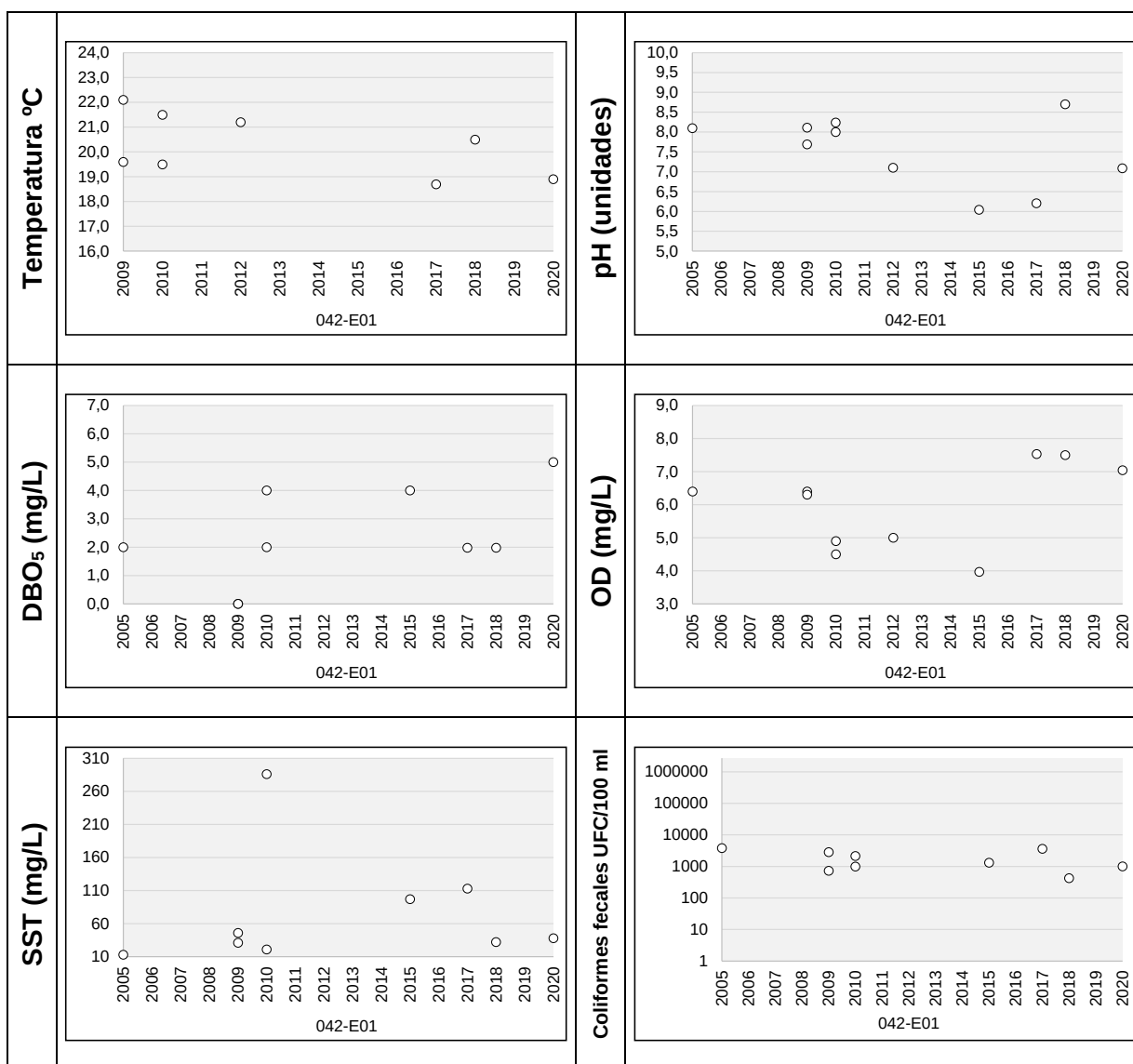


Figura 48. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada Zaparrilla

- **Quebrada Aguas Claras 442-E02 y 442-E03.**

En la Figura 49 podemos observar los datos históricos de las concentraciones de las variables de temperatura de agua, pH, DBO₅, OD, SST y coliformes fecales, para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Aguas Claras.

En lo que respecta a la temperatura del agua para la estación E02, en los últimos años se pudo encontrar en el análisis de la serie histórica que ha estado dentro de rango de 19 a 23 °C, teniendo datos atípicos para los años 2009 y 2012 donde presentaron temperaturas de 28°C. Para la estación E03 solo se cuentan con información histórica desde el año 2015, donde la temperatura del agua ha estado entre un rango 24 a 26°C, solo para la campaña del año 2020 se alcanzaron temperaturas de 28°C.

Los valores históricos de pH en la estación E02 han sido superiores a 7,0 UpH e inferiores a 8,0 UpH, solo en el año 2015 presento disminución de la variable alcanzando valores de 6,3 UpH. Con respecto a la estación E03, solo se tiene registro desde el año 2015 al año 2020, el pH reportado ha alcanzado valores de 8,0 UpH en las campañas de monitoreo de los años 2015 y 2020.

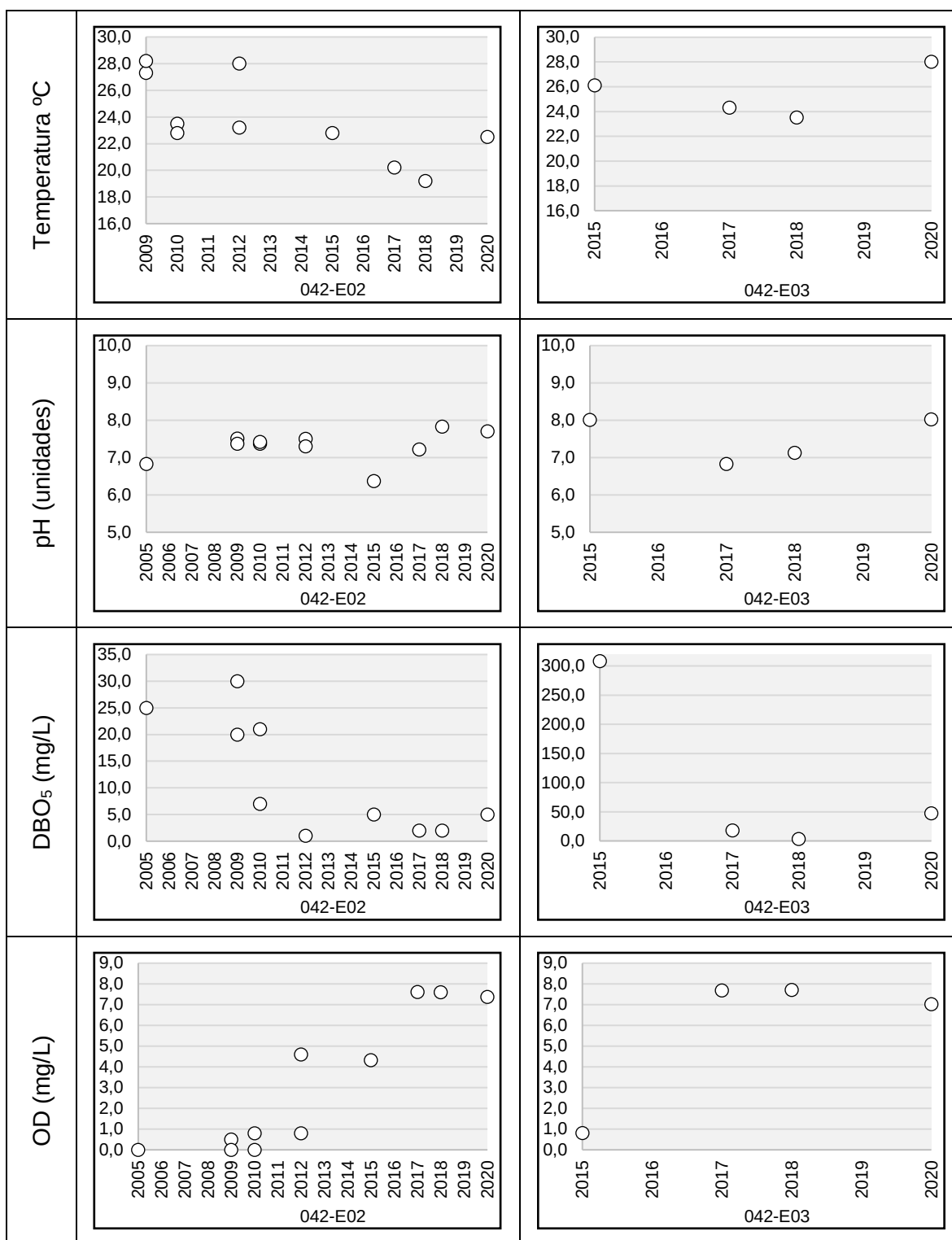
El comportamiento histórico de la variable DBO_5 para la estación E02, se puede detallar Figura 49 que en las primeras campañas de monitoreo las concentraciones encontradas eran superiores a 20 mg/L, pero a partir del año 2010 las concentraciones fueron menores a 5 mg/L.

Como se ha mencionado anteriormente, la estación E03 cuenta con información histórica desde el año 2015, en la cual se pudo apreciar gran variabilidad de los datos presentando concentraciones máximas de 300 mg/L para el año 2015 y mínimas de 3 mg/L en el año 2018.

La concentración de oxígeno disuelto ha tenido variabilidad en sus datos históricos para la estación E02, donde se puede observar que en las primeras campañas de monitoreo los valores reportados eran bajos con concentraciones menores a 4,0 mg O_2 /L. Para los últimos años de monitoreo los valores de OD se encuentran por encima de 7 mg O_2 /L, concentraciones que son típicas de fuentes superficiales sin contaminación alta. En la estación E03 solo presenta un dato atípico para el monitoreo del año 2015, donde presenta concentraciones menores a 1,0 mg O_2 /L. Para las últimas campañas se registró concentraciones de OD mayores a 7,0 mg O_2 /L.

Para la estación E02, en lo referente a los SST, la concentración ha tenido una alta variabilidad de un año a otro, presentando elevados valores en los monitoreos de los años 2009 y 2010, con máximas concentraciones de 42370 mg/L para la segunda campaña del año 2010, después del monitoreo del año 2012 las concentraciones bajaron reportando mínimas concentraciones de 12 mg/L que corresponden al año 2020. Para las últimas campañas se puede observar que las concentraciones han disminuido en comparación a las primeras. La estación E03 presenta concentraciones máximas de 123300 mg /L para el año 2020.

La variable de coliformes para la estación E02, también ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica, que van desde concentraciones del orden de 1 UFC/100 ml a 81×10^2 UFC/100ml. Para la estación E03 solo se cuenta con información de cuatro campañas de monitoreo, con una concentración máxima de 81×10^5 UFC/100ml y una concentración mínima de 40 UFC/100.



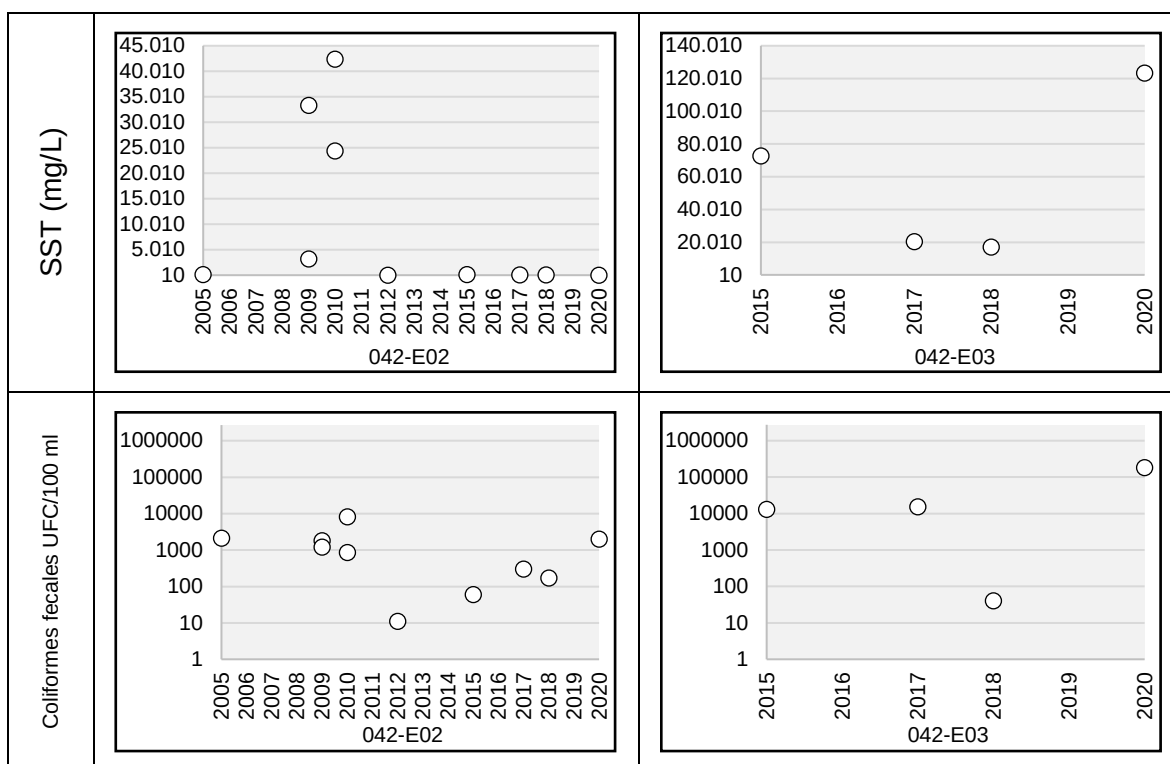


Figura 49. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada Zaparrilla

- **Quebrada 2617-016-001-001 442 (Q. Pantano)-E05**

Los datos históricos reportados para la quebrada 2617-016-001-001 (Q. Pantanos) se encuentran desde el año 2012. A continuación, en la Figura 50 se presentan los perfiles de los datos históricos de las variables de temperatura del agua, pH, DBO₅, SST, OD y coliformes fecales.

Podemos observar en la serie histórica analizada, que la temperatura del agua en la quebrada 2617-016-001-001 (Q. Pantanos), ha tenido un comportamiento variable en los cuatro años de registro, con valores mínimos de 21°C y valores máximos de 26°C. Con relación a los datos históricos de la variable pH podemos observar en la Figura 50 que hay variabilidad en los datos, teniendo valores máximos de 9,1 y valores mínimos de 6,2.

En la revisión de los datos históricos reportados de la DBO₅ para la estación E05, se encontró con un valor atípico en la serie de datos como el reportado en el año 2015, con concentraciones de 2019 mg/L para esta variable. La concentración de oxígeno disuelto ha sufrido variabilidad en los datos históricos, en las primeras campañas de monitoreo con valores por debajo de 5,0 mg O₂/L, presentando en el año 2012 el valor mínimo de la serie de datos históricos con una concentración de 1,1 mg O₂/L. Para el año de monitoreo 2020 el valor encontrado de OD fue de 5,73 mg O₂/L.

La concentración de los SST para la estación E05, ha tenido una alta variabilidad de un año a otro, presentando elevados valores en los monitoreos de los años 2015 y 2020 con máximas concentraciones de 78550 mg/L para la campaña del año 2020.

La variable de coliformes también ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica mínimos de 1 UFC/100 ml a 13×10^3 UFC/100ml. En el informe de resultados entregado por el laboratorio reporto que para el año 2020 la concentración de coliformes fecales no fue detecta (ND).

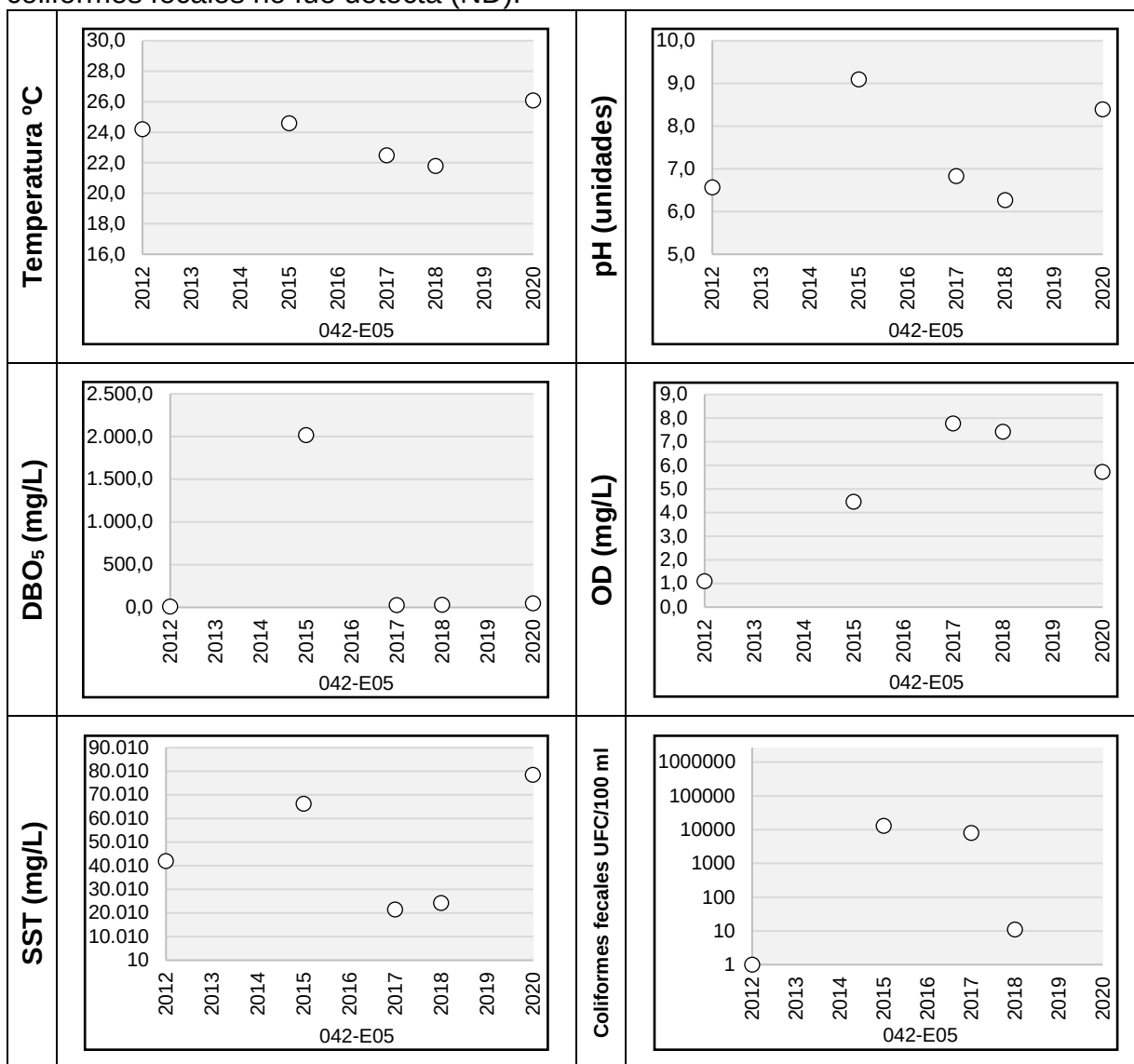


Figura 50. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales en la quebrada 2617-016-001-001 442 (Q. Pantano)

- **Quebrada Cascabel estaciones 442-E06 y 442-E07**

En las estaciones 442-E06 y 442-E07 se cuenta con información histórica desde el año 2012. En la Figura 51 podemos observar los datos históricos de las

concentraciones de las variables de temperatura de agua, pH, DBO₅, OD, SST y coliformes fecales, para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Cascabel.

En lo que respecta a la temperatura del agua para la estación E06, se pudo observar que hay variabilidad en los datos, teniendo valores atípicos para los años 2012 y 2020 donde presentaron temperaturas de 28°C. La estación E07 ha tenido un comportamiento similar a la estación E06, donde la temperatura del agua ha estado entre un rango 24 a 26°C, solo para la campaña del año 2012 se alcanzaron temperaturas mayores a 28°C.

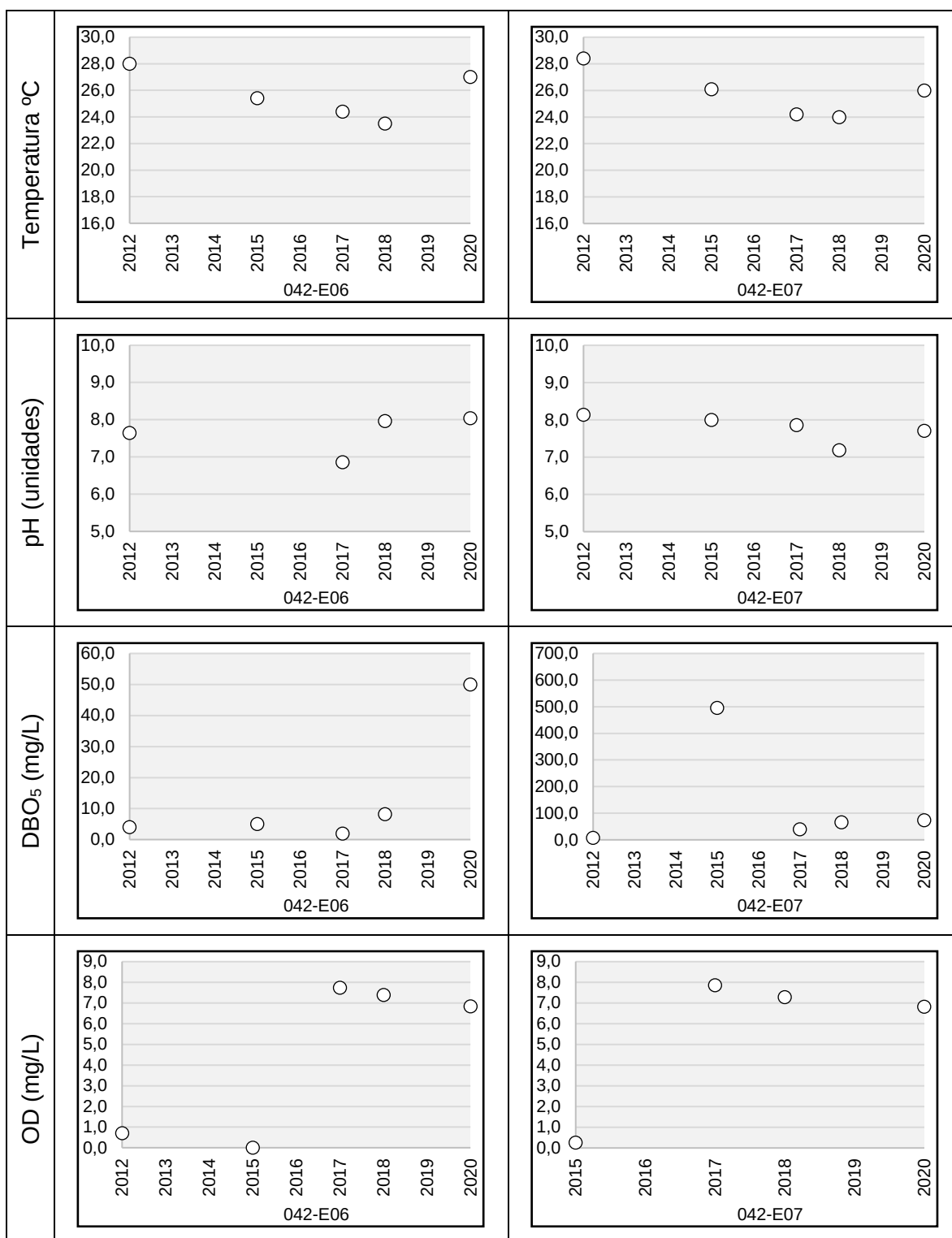
Los valores históricos de pH en la estación E06 ha presentado un dato atípico en el año 2015 con valores inferiores a 4,0 UpH, los demás valores se encuentran por encima de 6,8 UpH. Con respecto a la estación E07, los valores históricos de pH han sido superiores a 7,0 UpH e inferiores a 8,14 UpH.

En la Figura 51 se puede observar el comportamiento histórico de la variable DBO₅, para la estación E06, detallando que tiene un comportamiento estable con concentraciones no superiores a 10 mg O₂/L, solo en la campaña del año 2020 se presentó un valor atípico con un valor de 50 mg O₂/L. La estación E07 presenta concentraciones inferiores a 100 mg O₂/L, pero en el año 2015 la concentración reportada para esta variable fue de 50 mg O₂/L.

La concentración de oxígeno disuelto ha tenido variabilidad en sus datos históricos para la estación E06, donde se puede observar que en las primeras campañas de monitoreo las concentraciones reportadas eran menores 0,7 mg O₂/L. Para los últimos años de monitoreo las concentraciones de OD se encuentran por encima de 6,8 mg O₂/L. En la estación E07 solo presenta un dato atípico para el monitoreo del año 2015, donde presenta concentraciones menores a 1,0 mg O₂/L. Para las últimas campañas se registró concentraciones de OD mayores a 6,8 mg O₂/L.

Las concentraciones históricas reportadas de los SST para la estación E06, han tenido una alta variabilidad de un año a otro, presentando una concentración máxima de 211400 mg/L en la campaña de monitoreo del año 2015. La estación E07 en la campaña del año 2020 presenta la máxima concentración histórica de SST reportada, con un valor de 153100 mg /L.

La variable de coliformes para la estación E06, ha tenido comportamientos no estables presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica, que van desde concentraciones del orden de 23 UFC/100 ml a 20X10⁴ UFC/100ml. Para la estación E07, las concentraciones de coliformes fecales no ha sido constante, sino que han presentado variabilidad en las campañas realizadas, con una concentración máxima de 1X10⁶ UFC/100ml y una concentración mínima de 1 UFC/100.



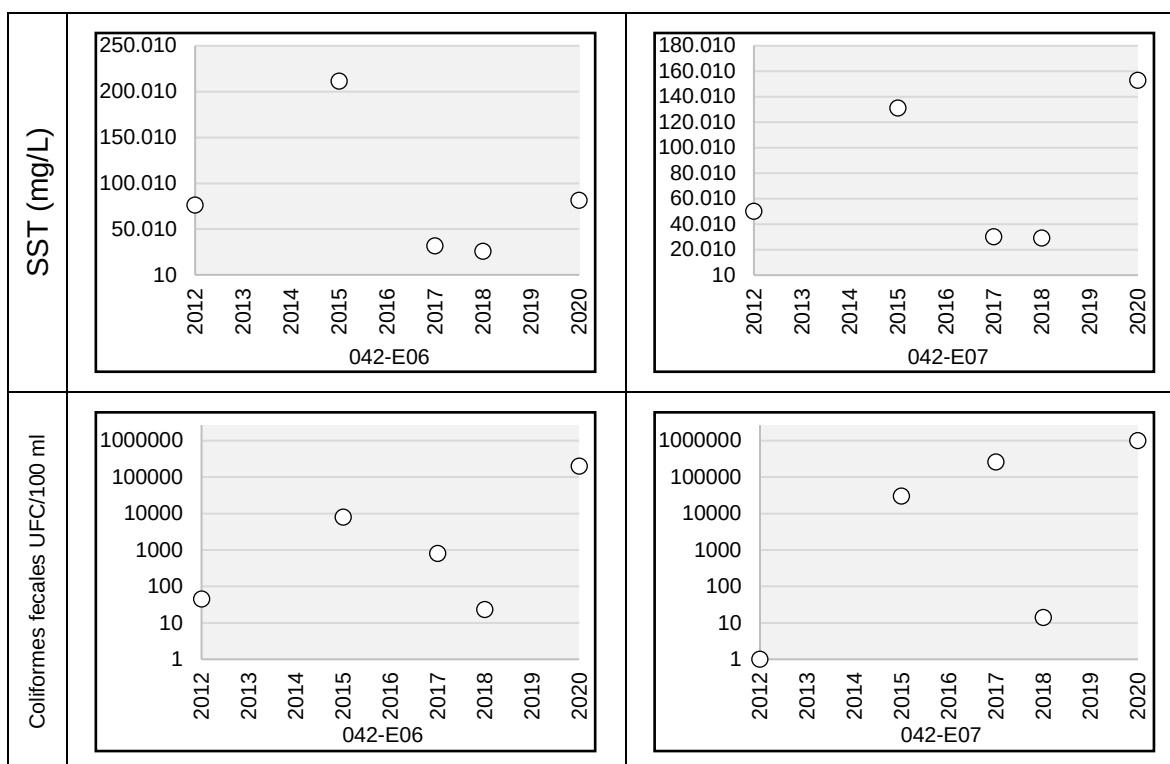


Figura 51. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO5, SST y coliformes fecales en la quebrada Cascabel

3.2.3.5 Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de las fuentes receptoras de vertimientos en el municipio de Marmato, Caldas. Para cada una de sus estaciones se hizo el cálculo de ICA-IDEMA, ICA-CETESB e ICOS.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Marmato Caldas. En la Figura 52 se puede observar que para la estación 442-E01 ubicada en la quebrada Zaparrilla, la calidad del agua se ubica en la categoría de "Regular" en la mayoría de la serie histórica, solo en las dos últimas campañas de monitoreo la calidad del agua tuvo una clasificación de "Aceptable". Para la estación 442-E02 ubicada sobre la quebrada Aguas Claras, se pudo observar la variabilidad en el índice de calidad del agua ICA-IDEAM en los años de monitoreo, donde en los primeros años de monitoreo de fuente receptora tiene una clasificación de "Muy mala" calidad, pero desde el año 2012 paso a una clasificación de "Aceptable" para luego descender a una categoría de "Regular". En la estación 442-E03 solo se tiene registro de información desde el año 2015, donde los resultados del cálculo del ICA-IDEAM nos indican que la calidad del agua se encuentra en la categoría de "Mala" calidad.

La estación 442-E05 tiene reporte de resultados de monitoreo desde el año 2012, donde se obtuvo una clasificación del cálculo del índice de calidad del agua ICA-IDEAM de "Mala" durante los años monitoreados.

Se puede observar que para las estaciones ubicadas en la quebrada Cascabel (442-E06 y 442-E07) el índice de calidad del agua-ICA-IDEAM en la mayoría de las campañas de monitoreo se encuentran en la categoría de “Mala”, esto puede estar relacionado a las actividades antrópicas que realizan alrededor de la quebrada que alteran las concentraciones de las diferentes variables y así se obtuvo valores donde indican la mala calidad del agua.

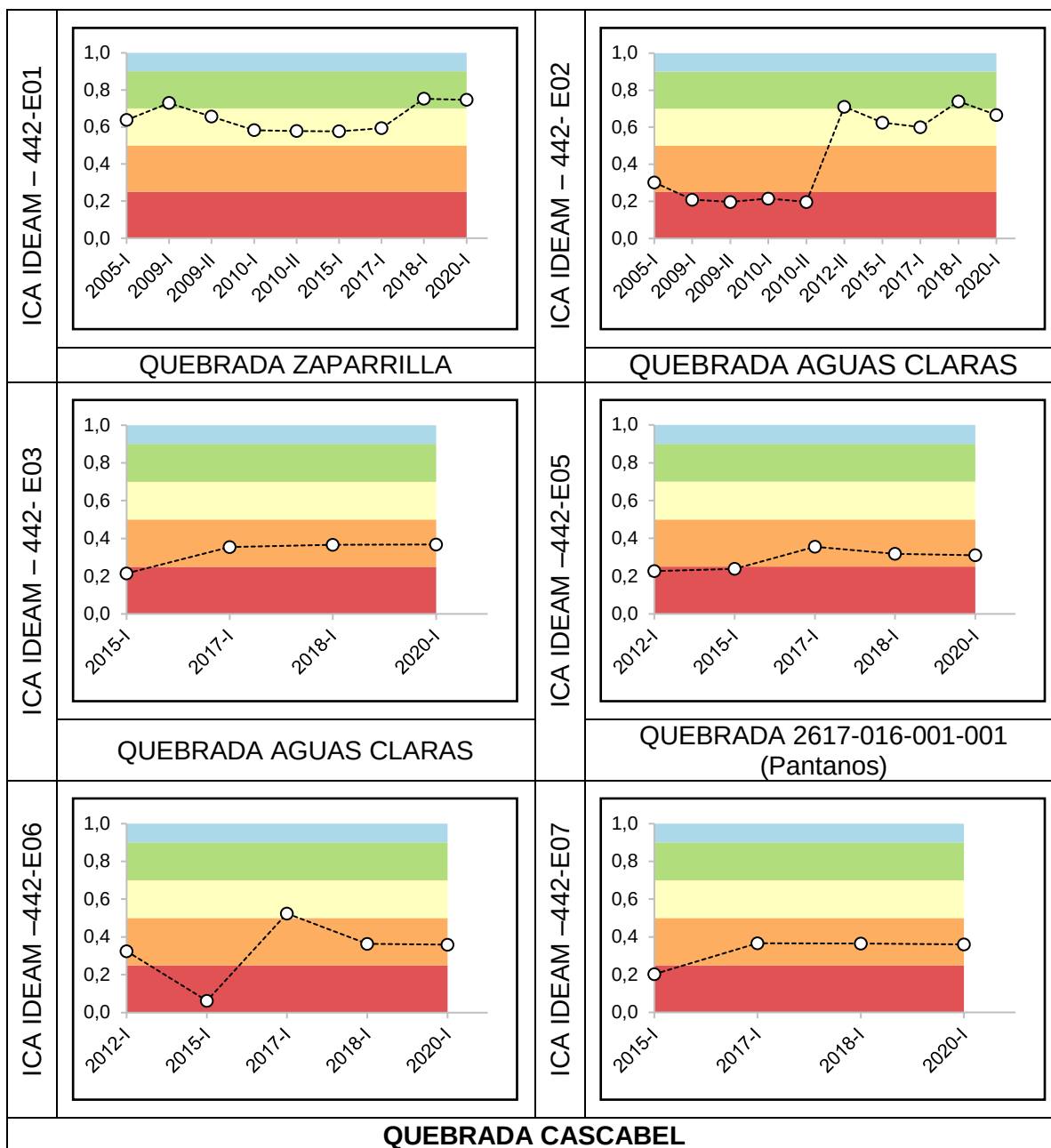


Figura 52. Resultados históricos ICA- IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marmato

Los resultados del ICA-IDEAM en el año 2020, para las estaciones se clasifican como “Regular” y “Mala” encontrándose acorde a los valores históricos obtenidos

durante los años de monitoreo. En la Tabla 66 se exponen los resultados del cálculo realizado para las estaciones de las quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio San José.

Tabla 66. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas 2614-001-046-009 y Changüí, municipio de San José año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	442-E01	442-E02
Marmato	Valor	0,74659	0,66702
	Clasificación	Regular	Regular
	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	442-E03	442-E05
	Valor	0,36815	0,30999
	Clasificación	Mala	Mala
	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	442-E06	442-E07
	Valor	0,35932	0,36032
	Clasificación	Mala	Mala

- **ICA-CETESB**

En la Figura 53 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Marmato. Se observa que el ICA-CETESB para la estación 442-E01 en su mayoría ha tenido una clasificación de "Buena" calidad. En la estación 442-E02 el ICA-CETESB se ha encontrado en la categoría de "Buena" calidad desde el año 2012 hasta la fecha; en los primeros años de monitoreo la clasificación obtenida era de "Mala" y "Pésima" calidad. Lo anterior tiene relación a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto reportada en los primeros años de monitoreo, donde tenían concentraciones menores a 1,0 mg O₂/L.

Con relación a la estación 442-E03, la información obtenida es desde el año 2015, en donde se obtienen unos valores del índice ICA-CETESB muy bajos, obteniendo una clasificación de "Mala" y "Pésima" Calidad, esto puede tener relación a que la quebrada aguas claras antes de la desembocadura al río Cauca ha sido la fuente receptora de los vertimientos del municipio, de igual forma de las quebradas Cascabel y quebrada 2617-016-001-001 (Q. Pantanos), las cuales tienen también clasificación del ICA-CETESB de "Mala" a "Pésima", esto puede estar relacionado a las actividades mineras que se presentan alrededor de las quebradas anteriormente mencionadas, las cuales se ven alteradas en las concentraciones de diferentes variables.

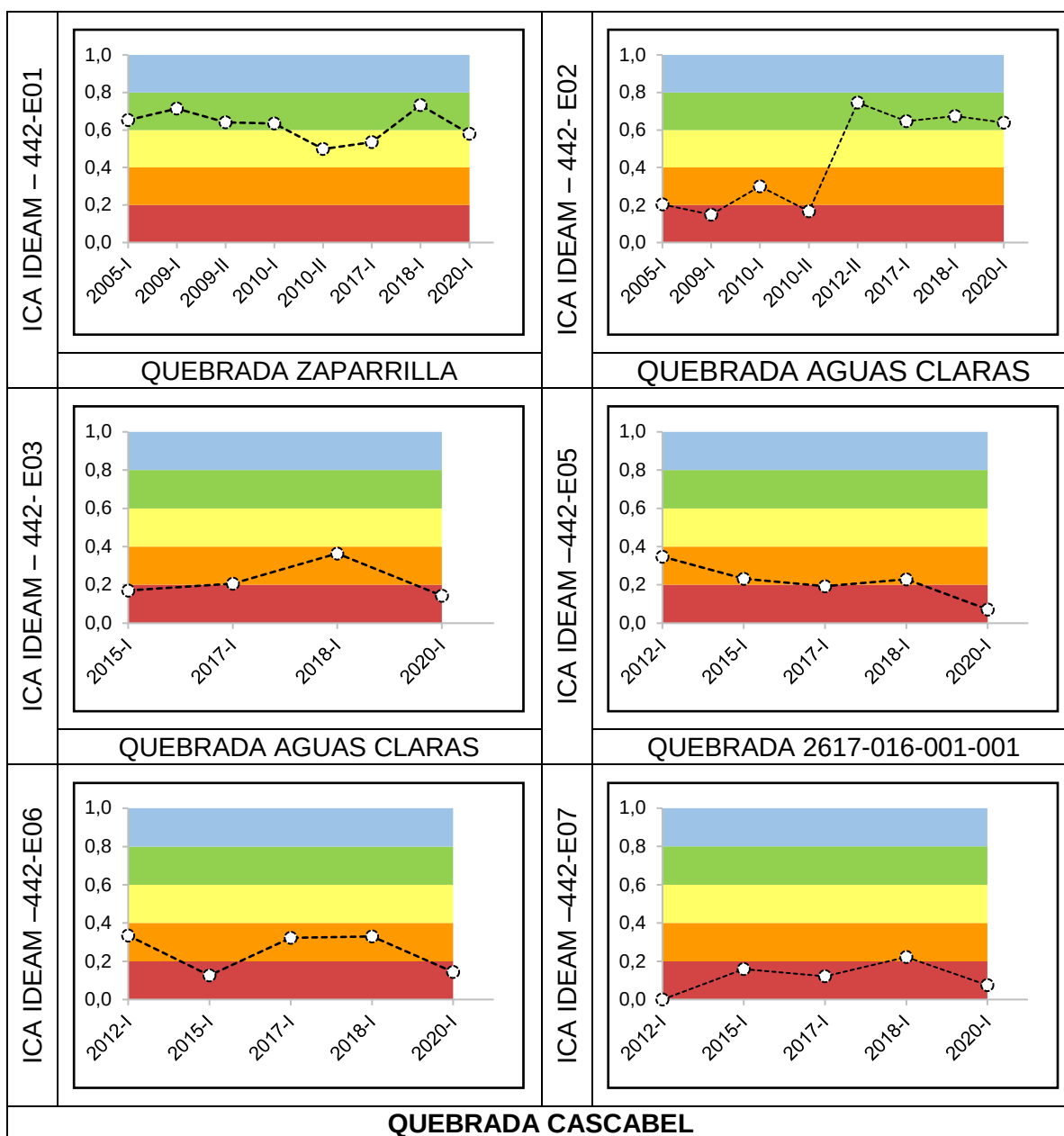


Figura 53. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marmato.

Los resultados del ICA-CETESB para las estaciones de las quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, fueron principalmente “Pésima”. En la Tabla 67 se exponen los resultados obtenidos para el cálculo mencionado.

Tabla 67 Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos municipio de Marmato año 2020

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	442-E01	442-E02
Marmato	Valor	0,579	0,640
	Clasificación	Regular	Buena
	ICA-CETESB		

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	442-E01	442-E02
	Estación	442-E03	442-E05
	Valor	0,143	0,072
	Clasificación	Pésima	Pésima
	ICA-CETESB		
	Estación	442-E06	442-E07
	Valor	0,144	0,075
	Clasificación	Pésima	Pésima

- **ICOS**

A continuación, se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones ubicadas en el municipio de Marmato, Caldas.

ICOMO.

En la Figura 54 se presentan los resultados de los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO), para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato, Caldas.

En la estación E01 presentan niveles históricos de contaminación “baja” solo en el año 2015 y 2020 presentan un cambio en la calificación pasando a una contaminación “Media”, la cual está relacionado a las concentraciones encontradas de coliformes totales. Los valores de los índices ICOMO para la estación E02 ha sido variable en toda la serie de datos históricos, donde los primeros años tiene una clasificación entre “Alta” y “Muy alta” contaminación, donde tiene un descenso para el año 2012, pasando a una contaminación muy baja, manteniéndose así hasta el año 2018; en el año 2020 vuelve a subir y pasa a tener una clasificación de “Media” contaminación.

La estación E03 tiene un comportamiento variable con respecto al índice de contaminación ICOMO, donde podemos observar en la Figura 54 que tiene un descenso en la clasificación pasando de “Muy alta” a “Alta” contaminación, para luego tener una clasificación de “Muy baja” contaminación y luego volver a subir en la última campaña de monitoreo obteniendo una categoría de “Media”

En la estación E05 también ha tenido variabilidad en los resultados del índice ICOMO, donde la clasificación va “Media” a “Alta contaminación”, a excepción del año 2018 donde presento un nivel de contaminación por materia orgánica “Baja”. Para las dos estaciones ubicadas en la quebrada Cascabel también ha sufrido variabilidad en los resultados de los índices de contaminación para los años donde se reporta información para su cálculo; en el cálculo del ICOMO para la última campaña arroja una clasificación para estas dos estaciones de “Alta” contaminación, lo anterior, tiene relación a las elevadas concentraciones encontradas para las variables de DBO₅ y de coliformes fecales.

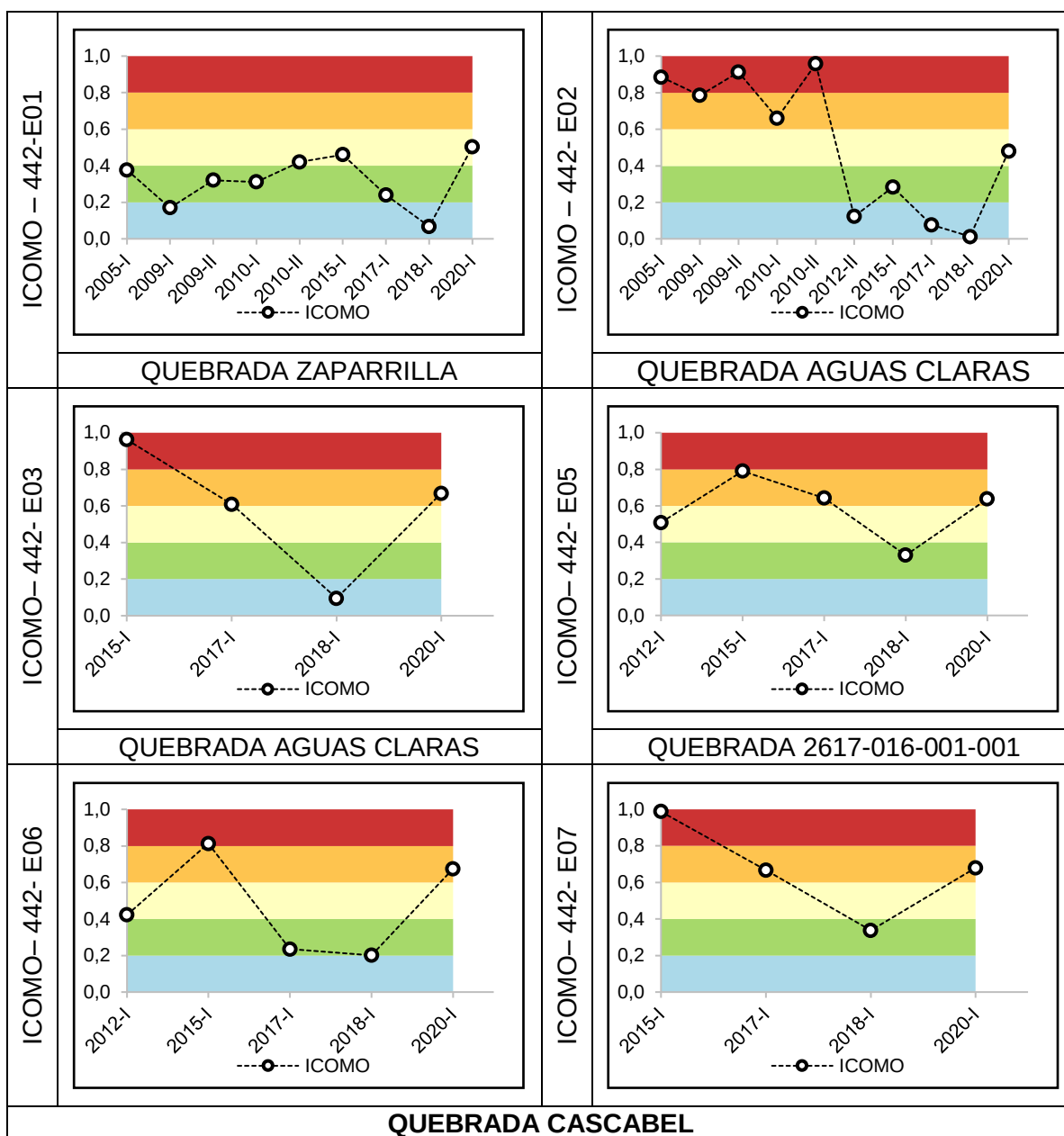


Figura 54. Resultados históricos índice ICOMO para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato

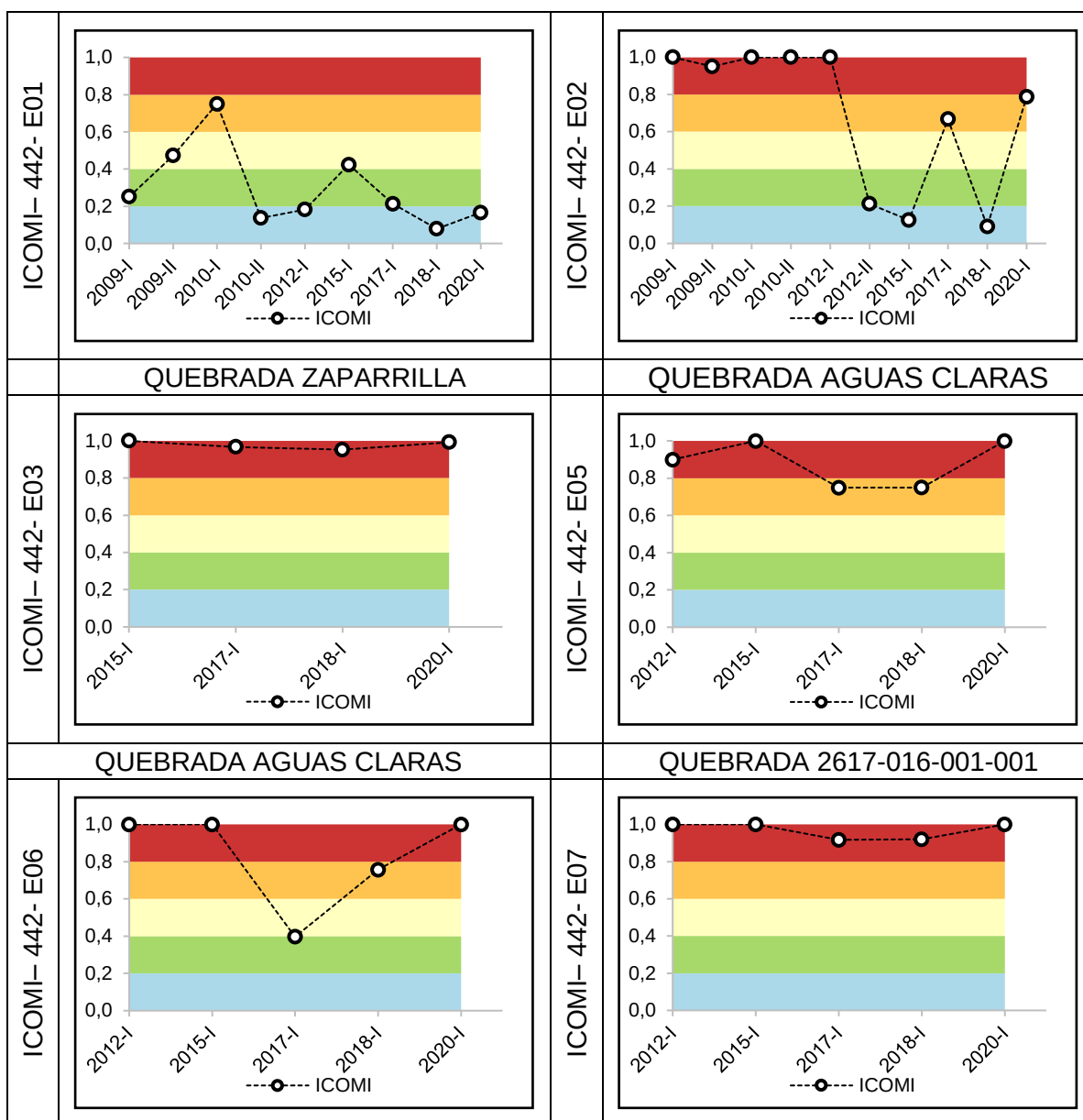
- **ICOMI**

El índice de contaminación por mineralización ICOMI, para las estaciones ubicadas en el municipio de Marmato se muestra en la siguiente figura (ver Figura 55).

Se pudo observar que en las estaciones E01 y E02 muestran variabilidad en los resultados del cálculo del índice. La estación E01 la mayoría de los años monitoreados se han encontrado en contaminación “Baja” y “Muy baja”, solo en el año 2010 obtuvo una clasificación de “Alta contaminación”. Con respecto a la estación E02, en los primeros años de monitoreo se ubica en la categoría de “Alta”

y “Muy alta” contaminación, luego para el año 2012 se observa un descenso en categoría pasando a tener “Muy baja” contaminación.

La estación E03 ubicada sobre la quebrada Aguas Claras antes de desembocar a al río Cauca, los niveles de contaminación por mineralización se clasifican en “Muy altos” de igual manera las estaciones E05, E06 y E07 se encuentran en la categoría de “Alta” y “Muy alta” contaminación. La dureza y alcalinidad se da por un alto nivel de minerales en el agua, en particular iones de Calcio, carbonatos bicarbonatos, hidróxidos y Magnesio, que son aportados de forma natural con el paso del agua por las rocas. A esto se suma la adición de Calcio en forma de cal, la cual es usada para estabilizar el pH de los efluentes mineros, aportando dureza a las fuentes receptoras.



QUEBRADA CASCABEL

Figura 55. Resultados históricos índice ICOMI para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato

ICOSUS

En la Figura 56 se puede observar que la estación E01 y E02 ha tenido variabilidad histórica en el índice de contaminación por SST. En la estación E01 la figura podemos observar en su mayoría de los años monitoreados se encuentran en la clasificación del índice en “Muy baja” y “Baja” contaminación, solo en la segunda campaña del año 2010 se puede observar que paso a una contaminación “Muy alta”. La estación E02 para los primeros años monitoreados se tiene una clasificación de “Muy alta” contaminación, pero desde el año 2015 pasa a una categoría de “Muy baja” contaminación, siguiendo en esta categoría hasta la fecha.

Con lo que concierne a las estaciones E03, E05, E06 y E07 las concentraciones históricas de los SST son altas, por lo anterior el nivel del índice de contaminación para estas estaciones se encuentran en el máximo rango, clasificando en una categoría de “Muy alta” contaminación en toda la serie de datos históricos.

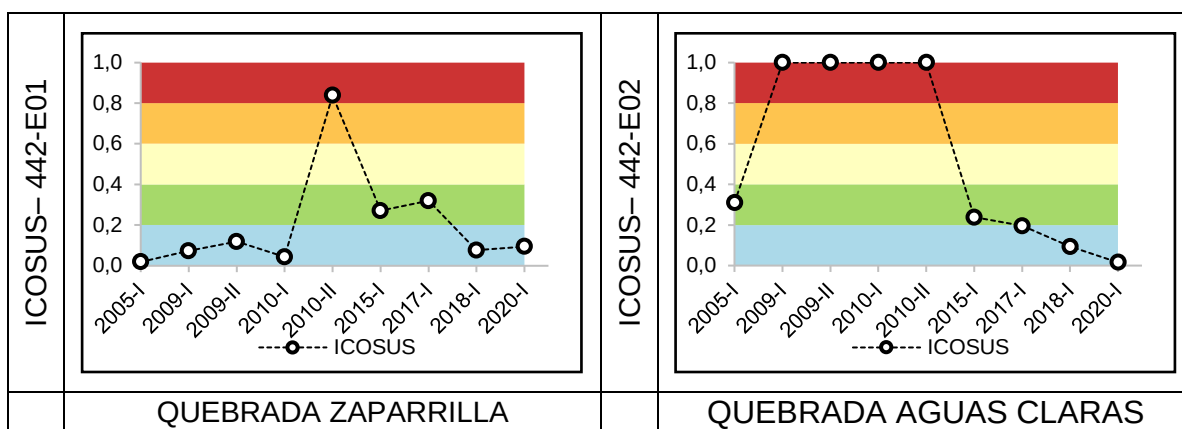


Figura 56. Resultados históricos índice ICOSUS para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marmato

En la Tabla 68 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las estaciones de monitoreo, quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, en el municipio Marmato año 2020.

Tabla 68 Valores índices de contaminación (ICOS) estaciones de monitoreo quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, municipio Marmato año 2020

Municipio	ICOMI		
	Estación	442-E01	442-E02
Marmato	Valor	0.5035	0.4807
	Clasificación	MEDIA	MEDIA
	Estación	442-E03	442-E05
	Valor	0.6688	0.6381
	Clasificación	ALTA	ALTA

Municipio	ICOMI		
	Estación	442-E01	442-E02
	Estación	442-E06	442-E07
	Valor	0.6752	ALTA
	Clasificación	0.6793	ALTA
Municipio	ICOMO		
	Estación	442-E01	442-E02
Marmato	Valor	0.16613	0.78667
	Clasificación	MUY BAJA	ALTA
	Estación	442-E03	442-E05
	Valor	0.99208	1.00000
	Clasificación	MUY ALTA	MUY ALTA
	Estación	442-E06	442-E07
	Valor	1.00000	1.00000
	Clasificación	MUY ALTA	MUY ALTA
Municipio	ICOSUS		
	Estación	442-E01	442-E02
Marmato	Valor	0.094	0.016
	Clasificación	MUY BAJA	MUY BAJA
	Estación	442-E03	442-E05
	Valor	1	1
	Clasificación	MUY ALTA	MUY ALTA
	Estación	442-E06	442-E07
	Valor	1	1
	Clasificación	MUY ALTA	MUY ALTA

ICOTRO

En la Figura 57 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas el municipio de Marmato. En la figura se observa que para el periodo de tiempo analizado la mayoría de las estaciones tienen una tendencia a estar en la categoría de “Hipereutrófico”, con excepción a la estación E01 y E02, donde podemos observar en la figura que la mayoría del tiempo analizado se ha encontrado en la categoría de “Eutrófica” pero para la estación E01 se observa que la categoría para el año 2020 está en “Hipereutrófico”. Los resultados en el año 2020 indican que la estaciones se ubican en la categoría de “Hipereutrófico” tal como ha sido la tendencia histórica en la mayoría de las estaciones.

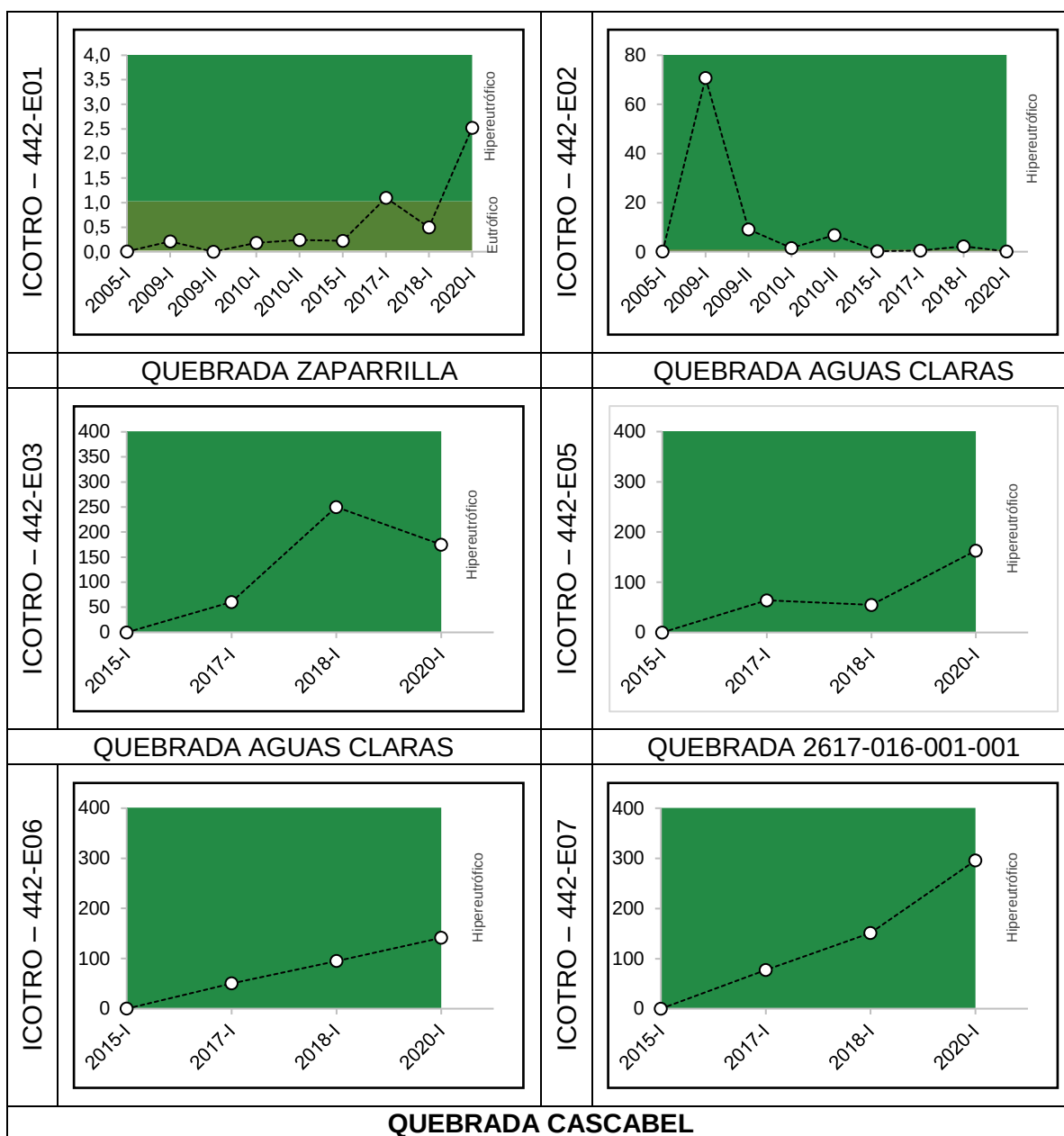


Figura 57. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio, Marmato Caldas.

En la Tabla 69 se muestran los resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO en las quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, para el año 2020.

Tabla 69 Valores ICOTRO estaciones de monitoreo quebradas Zaparrilla, Aguas Claras, Cascabel y Pantanos, municipio de Marmato año 2020.

Municipio	ICOTRO		
	Estación	442-E01	442-E02
Marmato	Valor	2.52	0.17
	Clasificación	HIPEREUTRÓFICO	EUTRÓFICO
	Estación	442-E03	442-E05
	Valor	175	163

Municipio	ICOTRO		
	Estación	442-E01	442-E02
	Clasificación	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO
	Estación	442-E06	442-E07
	Valor	141	296
	Clasificación	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO

3.2.3.6 Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para las quebradas Zaparrilla y Aguas Claras, las cuales son fuentes receptoras de vertimientos del municipio de Marmato, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de Corpocaldas reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP) (ver Tabla 70).

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Zaparrilla y Aguas Claras.**

Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 239 de 2007, se tiene en cuenta el tramo dos (2), el cual corresponde a la estación que se encuentra desde la estación Marmato E1 hasta la estación Marmato E2 a 50 metros de la desembocadura al río Cauca. Cabe aclarar que, la estación 442-E02 no se encuentra contemplada en la Resolución, pero esta si hace parte del tramo dos (2) establecido en la resolución, por lo tanto, se hace el análisis y comparación con los objetivos de calidad establecidos para este tramo.

Se comparó los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución, en el cual define los objetivos para uso estético para el tramo dos (2), observando que los valores encontrados en campo y en el laboratorio para la estación 442-E01 ubicada en la quebrada Zaparrilla, cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad. Con respecto a la estación 442-E02 cumple con los valores límites de la mayoría de los parámetros a excepción del material flotante y espuma, que se pudo observar en campo la presencia de estos. La estación 442-E03 no cumplen con valores límites determinados para en la resolución para los parámetros de DBO₅, SST, turbiedad y presencia de material flotante (ver Tabla 70)

Tabla 70. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007, quebradas Zaparrilla y Aguas Claras

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 442-E01	Estación 442-E02	Estación 442-E03
Uso agrícola no restringido	pH	UpH	6,0-9,0	7,09	7,70	8,02
	OD	mg/L	>2	7,04	7,38	7,03
	Conductividad	(μ S/cm)	-	133	274	2661
	DBO ₅	mg/L	<30	<5,0	<5,0	47,0

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 442-E01	Estación 442-E02	Estación 442-E03
	SST	mg/L	<90	38,0	12,0	123300
	Turbiedad	UNT	<40	22,47	4,84	>10000
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	1000 UFC/100 mL	2000 UFC/100 mL	180000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	-	68000 UFC/100 mL	36000 UFC/100 mL	280000 UFC/100 mL
	Detergentes	mg SAAM /L	-	<0,05	0,05	6,85
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausente	Presente	Presente
	Sustancias que produzcan olor	N.A	Ausente	N.R	N.R	N.R
	Sustancias de interés sanitario	N.A		Presente (Hg y CN <LCM)	Presente (Hg y CN <LCM)	Presente (CN 0,067 mg/L y Hg <LCM)

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

N.A: no aplica

N.R: No reportado

3.2.3.7 Conclusiones

Municipio de Marmato

El resultado de los análisis históricos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una baja calidad de las fuentes receptoras, en especial las estaciones E03, E05, E06 y E07, las cuales tienen influencia de la actividad minera, las cuales tienen una clasificación mala calidad (ICA-IDEAM y CETESB) y de altos niveles de contaminación (ICOS). Las estaciones de monitoreo 442-E01 ubicadas en la quebrada Zaparrilla y 442-E02 quebrada Aguas Claras cumplen con los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 239 de 2007 para el tramo dos (2) a largo plazo. Sin embargo, La quebrada Aguas claras en la estación 442-E03 que corresponde a la estación antes de la desembocadura al río Cauca no cumple con los valores de DBO₅, SST, turbidez y la presencia de material flotante y espumas, por lo anterior se presenta un incumplimiento parcial de los objetivos de calidad según la citada Resolución para estos parámetros.

3.2.4. Municipio de Riosucio

La fuente receptora de los vertimientos del municipio de Riosucio es la quebrada Riosucio, en donde se han establecido dos estaciones de monitoreo. La estación 614-E01 se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 614-

E02 que está ubicada después de la última descarga del municipio. En la Tabla 71 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 71 Estaciones de monitoreo del municipio de Riosucio.

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Riosucio E1	614-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 4 + 567	1090011	819874
Riosucio E2	614-E02	Después de la última descarga del municipio_k 6 + 462	1090089	821638

En la Figura 59 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Riosucio, Caldas.

Tabla 72. Fecha de recolección de muestras municipio de Riosucio

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
614-E01	Riosucio E1	11/08/2020
614-E02	Riosucio E2	11/08/2020

3.2.4.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Riosucio, Caldas (ver Tabla 73).

Tabla 73. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Riosucio 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
614-E01	7,77	7,65	141,2	20,00	0,136
614-E02	7,35	7,87	198,8	21,20	0,391

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 614-E01 y 614-E02 se observa un aumento en el caudal de 0,255 m³/s de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado con los aportes de los tributarios y vertimientos del municipio de Riosucio.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con una disminución de 0,42 mg O₂/L de una estación a la otra. Para los valores registrados de pH, se encontró que están por encima 7,00 UpH, con un aumento de 0,22 UpH, lo que no representa diferencias significativas entre las dos estaciones.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica, se presenta un incremento entre las estaciones, con una diferencia de 57,6 μS/cm, condición que puede estar relacionada principalmente a los vertimientos provenientes del municipio. En términos de Temperatura se observa un incremento de 1,2 °C entre las estaciones.

3.2.4.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 74 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Riosucio, Caldas.

Tabla 74. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Riosucio

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		614-E01	614-E02
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	5,4±0,4	11,7±0,9
Sólidos Totales	mg/L	120,00	168,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	< LCM	29±1
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	6,31	4,76

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		614-E01	614-E02
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,35	3,71
Nitratos	mg NO ₃ /L	5,70	10,30
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,003	1,68
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	69,90	81,20
Coliformes Totales	UFC/100 mL	61000	360000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	8000	130000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	69,90	84,80
Dureza Cálrica	mg CaCO ₃ /L	41,60	42,30
Turbidez	UNT	1,47	16,49
Grasas & Aceites	mg/L	10,00	10,00
Cloruros	mg Cl-/L	3,22	14,40
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	3,50	9,20
Color real	U Pt- Co	6,40	21,10
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,27	0,95
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	0,20	0,90
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	0,11	0,46
Cianuro	mg CN/L	-	-
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	-

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

Para las estaciones 614-E01 y 614-E02 ubicadas en la quebrada Riosucio, las concentraciones de los ensayos de DBO₅ y DQO reportadas por el laboratorio se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a las concentraciones de ST se observa un aumento de 48 mg/L de la primera estación a la segunda, lo que puede estar relacionado con el tipo de vertimientos que se presenta en la zona.

En la estación 614-E01 se evidencia que la concentración de SST está por debajo del método de cuantificación de dicho parámetro y en la estación 614-E02 se cuenta con una concentración de 29±1 mg/L.

En cuanto al Color Real, se presenta un incremento de 14,7 U Pt-Co de una estación a otra y en términos de Turbidez también se presenta un aumento de 15,02 UNT entre las dos estaciones; lo anterior corresponde a que posiblemente exista presencia de materias diversas después de la primera descarga.

Para el ensayo de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, se presenta un incremento de la concentración de 4,6 mg NO₃/L entre las estaciones; para la concentración de Nitritos también se observa un aumento 1,677 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar por los aportes de vertimientos entre las dos estaciones.

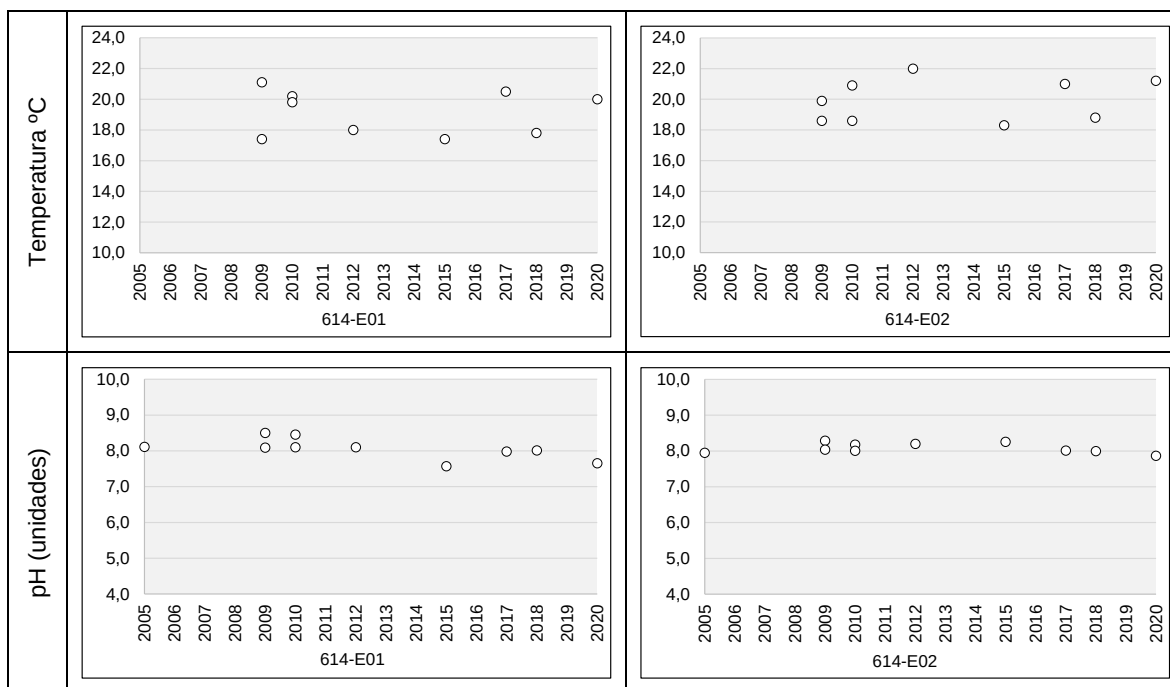
Los valores de NTK, tienen una tendencia a disminuir su concentración de una estación a otra. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración para la estación 614-E01 es baja en comparación con la estación 614-E02, por lo anterior, se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas en los aportes a la quebrada Riosucio.

La estación 614-E01 tiene menor concentración de Coliformes Fecales y Totales que la estación 614-E02, esto posiblemente puede estar relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la quebrada.

3.2.4.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Riosucio

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las dos estaciones ubicadas en el municipio de Riosucio.

En la Figura 60 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de Riosucio.



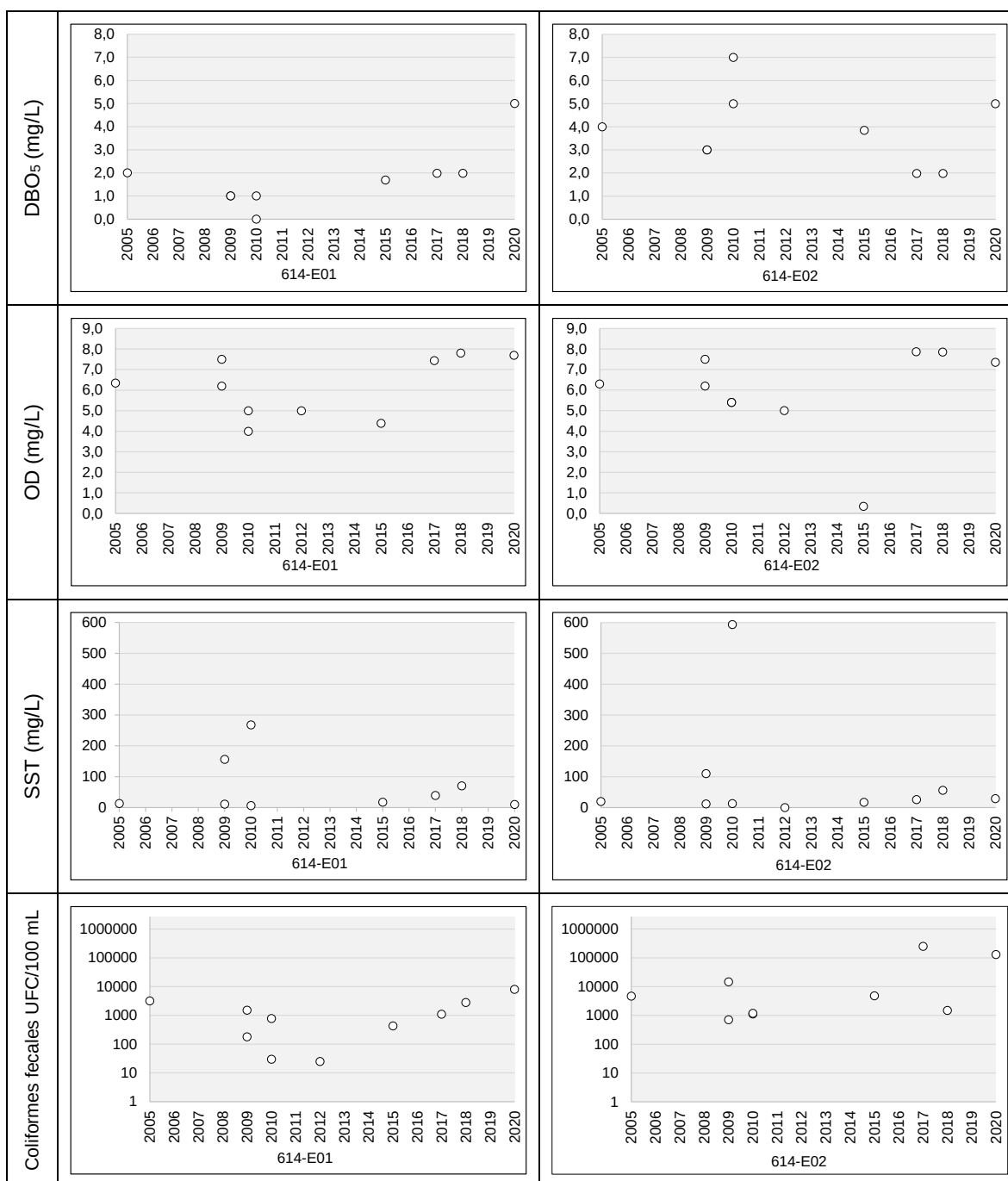


Figura 59. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Riosucio

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 614-E01 y 614-E02 entre los años 2009 y 2020, se puede observar que en cuanto a la temperatura del agua en la estación 614-E01 se presentó un valor máximo de 20,50 °C en el año 2017 y un valor mínimo de 17,40 °C en los años 2007 y 2015, en la estación 614-E01 la temperatura promedio es de 19,13 °C. En la estación 614-E02 se reportó un valor máximo de 22,00 °C en el año 2012 y un valor mínimo de 18,30 °C en el año 2015, de acuerdo con los valores registrados en el periodo analizado

se estableció una temperatura promedio de 19,92 °C para la estación 614-E02. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede inferir que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la estación 614-E01 un valor máximo de 8,50 UpH en el año 2009 y un valor mínimo de 7,57 UpH en el año 2015, por lo anterior para la estación 614-E01 se determinó un valor de pH promedio de 8,06 UpH. En la estación 614-E02 se registró un valor máximo de 8,29 UpH en el año 2009 y un valor mínimo de 7,87 UpH en el año 2020, de acuerdo con los valores registros para la estación 614-E02 se determinó un valor de pH promedio de 8,08 UpH. En concordancia con los pH reportados para las dos estaciones se puede inferir que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se relacionan típicamente con el tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación 614-E01 se encontró un valor máximo de 5,00 mg/L y un valor por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado, en el año 2010; en el periodo analizado se estimó un promedio de 1,74 mg/L en la estación 614-E01, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años, en la mayoría de los casos se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación 614-E02 se reportó un valor máximo de 7,00 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 1,98 mg/L en los años 2017 y 2018, esta estación presenta un promedio de 3,87 mg/L, lo que implica que la concentración de la DBO₅ para esta estación tuvo un aumento significativo, lo que puede estar asociado al tipo de vertimientos presentes en la parte media de la quebrada Riosucio. En congruencia con los valores de DBO₅ reportados en las dos estaciones a través de los años se encontró un aumento significativo de concentración en la estación 614-E02 en comparación con la estación 614-E01.

Respecto al Oxígeno Disuelto presente en la quebrada Riosucio, en la estación 614-E01 se encontró un valor máximo de 7,81 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 4,00 mg/L en el año 2010, de acuerdo con estos valores se presentó un promedio de OD en la estación 614-E01 de 6,139 mg/L. Por su parte en la estación 614-E02 reportó un valor máximo de 7,87 mg/L y un valor mínimo de 0,344 mg/L, de acuerdo con lo anterior se estableció un promedio de 5,91 mg/L para la E02.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación 614-E01 se reportó un valor máximo de 156 mg/L en el año 2009 y un valor mínimo de 10 mg/L en el año 2020, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 65,56 mg/L para la estación 614-E01. Para la estación 614-E02 se registró un valor máximo de 594 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 12 mg/L en el año 2009, el valor promedio de SST es 97,44 mg/L en la estación 614-E02. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un incremento considerable de las concentraciones de SST entre las dos estaciones, lo que puede estar asociado al tipo de vertimientos presentes en la quebrada.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la estación 614-E01 un valor máximo de 8.000 UFC/100 mL en el año 2020 y un valor mínimo de 25 UFC/100 mL en el año 2012, por lo cual se estimó un promedio de 1.806,50 UFC/100 mL. Para la estación 614-E02 se registró un valor máximo de 250.000 UFC/100 mL en el año 2017 y un valor mínimo de 710 UFC/100 mL en el año 2009, de acuerdo con esto se estableció un promedio de 45.401,11 UFC/100 mL. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas, donde la estación 614-E02 presenta una mayor concentración respecto a la estación 614-E01, lo que puede estar asociado al tipo y aumento de vertimientos presentes en la quebrada.

3.2.4.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los Índices de Calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los Índices de Contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005 - 2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los Nitritos y Nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizaron las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Riosucio, Caldas. En la

Figura 60 se puede observar que para la estación 614-E01 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Aceptable" del año 2005 al año 2009 en la primera jornada de monitoreo, a partir de la segunda jornada del año 2009 y hasta el año 2010 se observa una disminución en la calidad del agua pasando a la calificación de "Regular". Posteriormente se observa un mejoramiento en la calidad del agua pasando nuevamente a "Aceptable" a partir del año 2015 hasta el año 2020.

En cuanto a la estación 614-E02 la calidad del agua se ubicó en una calificación de "Aceptable" desde el año 2005 hasta el año 2010 en su primera jornada de monitoreo, posteriormente se observó una disminución de la calidad del recurso hídrico pasando a la calificación de "Regular" entre los años 2010 en su segunda jornada y el 2015; para el año 2017 se presentó un mejoramiento en la calidad de este recurso pasando nuevamente a la calificación de "Aceptable" hasta el último año de monitoreo que fue el 2020. Las situaciones anteriores posiblemente se relacionan con el tipo y cantidad de vertimientos presentes a través de los años en la fuente receptora del municipio.

Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para todas las estaciones se clasificaron en "Aceptable" encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo

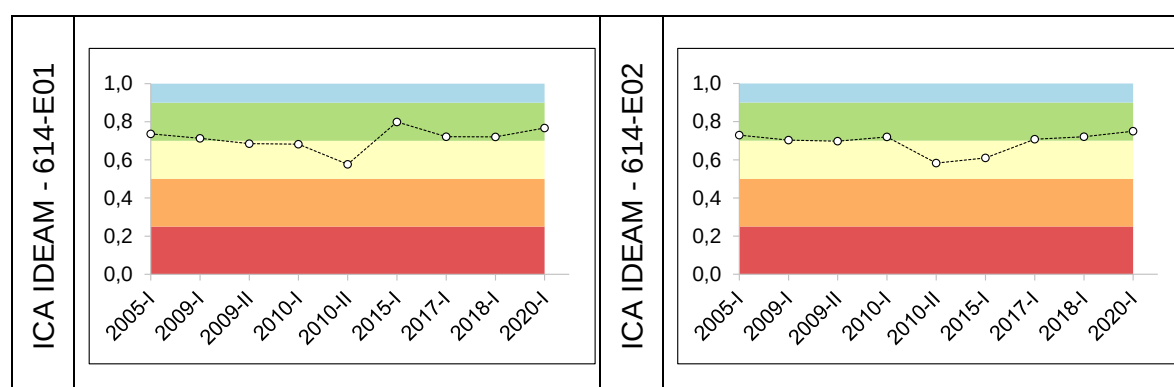


Figura 60. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio

En la Tabla 75, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-IDEAM para las estaciones 665-E01 y 665-E02, del municipio de Riosucio.

Tabla 75. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo quebradas Riosucio campaña 2020.

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	614-E01	614-E02
Riosucio	Valor	0.768	0.750
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

• ICA-CETESB

En la Figura 61 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Riosucio.

En la figura se observa que el ICA-CETESB para la estación 614-E01 del año 2005 al 2010 en su primera jornada de monitoreo, presento una calificación “Buena” pero en el año 2010 en la segunda jornada presento una disminución de calidad pasando a la calificación “Regular”; del año 2015 al 2020 se observa una mejora en la calidad pasando de “Regular” nuevamente a “Buena”.

Para la estación 614-E02 en el año 2005 se presentó una calificación “Buena” pero en el año 2009 en su primera jornada de monitoreo presento una disminución de calidad pasando a la calificación de “Regular”, situación que mejoro en el mismo año en el monitoreo de la segunda jornada pasando a la calificación “Buena” hasta el año 2010 en su primera jornada, dicha calificación tuvo una disminución significativa pasando a “Mala” del año 2010 en su segunda jornada hasta el año 2017, donde subió nuevamente su calidad a “Regular”, en el año 2018 para nuevamente en el año 2020 bajar de calidad a “Mala”. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, se infiere que en la fuente hídrica se pudo presentar un aumento de vertimientos de procedencia de actividades agrícolas las cuales contienen alto porcentaje de contaminantes.

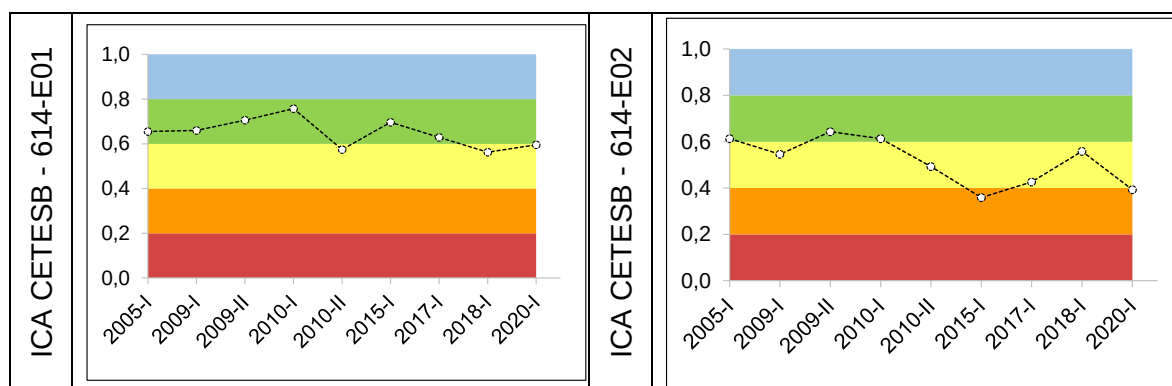


Figura 61. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio

En la Tabla 76 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para las estaciones 665-E01 y 665-E02, del municipio de Riosucio.

Tabla 76. Valores ICA-CETESB, municipio de Riosucio año 2020

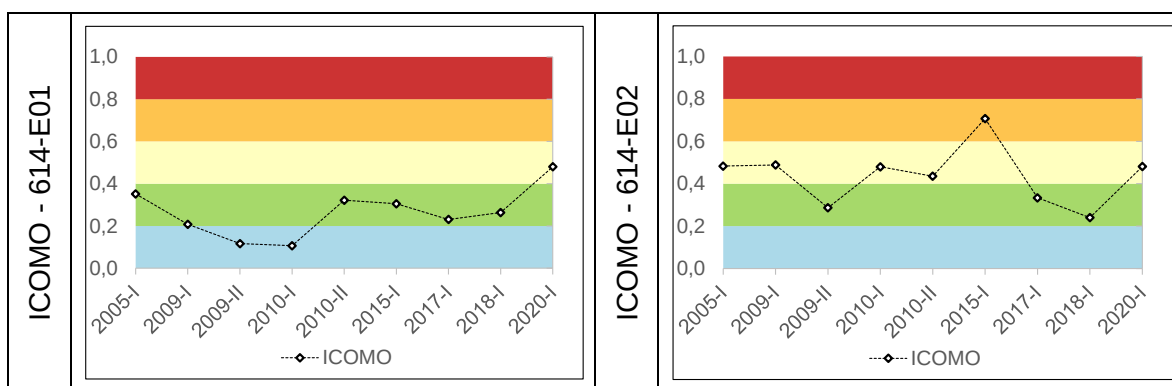
Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	614-E01	614-E02
	Valor	0.596	0.393
Riosucio	Clasificación	Regular	Mala

- **ICOS**

En la Figura 62 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 614-01 y 614-02 de la serie histórica analizada. Para las dos estaciones los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “Baja”, “Muy Baja” “Media” y “Muy Alta”.

De acuerdo con lo anterior en la estación 614-E01, en cuanto al ICOMO del año 2005 al 2018 su nivel de contaminación estaba dentro de las categorías “Muy Baja” y “Baja”, para el año 2020 presenta un nivel de contaminación “Media”, esto tiene relación con el incremento de las concentraciones, en el caso de Coliformes Totales. Los valores para el índice ICOMI, están en un rango de “Baja” contaminación y para el caso de los ICOSUS presenta un rango de “Muy Baja” contaminación del año 2005 al 2009 en su primera jornada de monitoreo pero para ese mismo año en la segunda jornada se presentó un incremento pasando a un nivel de contaminación “Media”, en el año 2010 baja nuevamente a contaminación “Muy Baja” y en ese mismo año pero en la jornada dos aumenta significativamente su nivel de contaminación, pasando a la categoría “Alta” y finalmente en el año 2015 vuelve a bajar su nivel de contaminación a “Muy Baja” manteniéndose así hasta el año 2020.

Para la estación 614-E02 con relación a los índices de ICOMI, se puede observar que históricamente ha tenido una tendencia de “Muy Baja” contaminación por mineralización, pero se da un cambio para el año 2018 donde tiene un leve aumento pasando al nivel de contaminación “Baja”. En el índice ICOMO podemos observar que en el inicio del proceso de monitoreo estaba en una categoría “Media” pero en el año 2009 en la segunda jornada se presentó una disminución de contaminación pasando a “Baja”, situación que cambio en el año 2010 subiendo a “Media” y en el 2015 aumento a “Alta” para volver a disminuir sus niveles en el año 2017 pasando a la categoría “Baja” hasta el 2018, esta estación en el año 2020 reporta un nivel de contaminación “Media”. Continuando con los índices se encontró que para el ICOSUS del año 2005 al 2009 se presentaba un nivel de contaminación “Muy Baja”, situación que cambio en el año 2009 en su segunda jornada aumentando a “Baja” para posteriormente en el año 2010 en su primera jornada disminuir a “Muy Baja”, en este mismo año pero en la jornada dos se presentó un aumento significativo de contaminación pasando a “Muy Alta” para que finalmente en el año 2015 se estabilizara en una contaminación “Muy Baja” hasta su último reporte en el año 2020. Las situaciones anteriormente mencionadas se pueden presentar debido al tipo y cantidad de vertimientos que llegan a la quebrada Riosucio



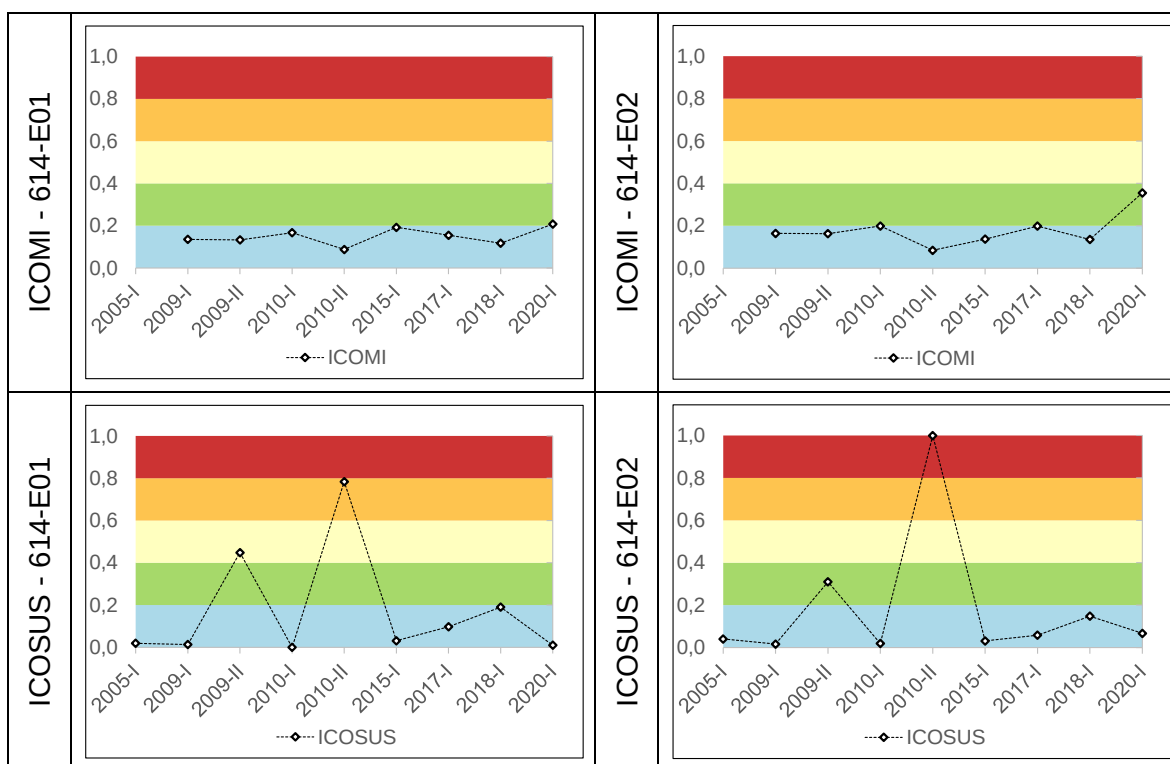


Figura 62. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio

En la Tabla 76Tabla 75, se exponen los resultados obtenidos del cálculo de los ICOS para las estaciones 665-E01 y 665-E02, del municipio de Riosucio

Tabla 77. Valores ICOS estaciones de monitoreo municipio de Riosucio año 2020

Municipio	ICOMI		
	Estación	614-E01	614-E02
Riosucio	Valor	0.20774	0.35493
	Clasificación	BAJA	BAJA
	ICOMO		
	Estación	614-E01	614-E02
	Valor	0.4798	0.4809
	Clasificación	MEDIA	MEDIA
	ICOSUS		
	Estación	614-E01	614-E02

	Valor	0.01	0.067
	Clasificación	MUY BAJA	MUY BAJA

- **ICOTRO**

En la Figura 64 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el municipio de Riosucio, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del Fósforo Total obtenida en el monitoreo. Para la estación 614-E01 del año 2005 al año 2012 en su primera jornada se presentaron valores bajos manteniendo una categoría de “Eutrófico”, en el año 2015 se observó un aumento de concentración manteniéndose estable y sin salirse de la categoría antes mencionada hasta el año 2018 donde se observa una disminución de concentración manteniéndose en la categoría “Eutrófico”. En cuanto a la estación 614-E02 se presentó un valor extremo en el ICOTRO durante el año 2018 en su primera jornada de monitoreo pasando a una categoría de “Hipereutrófico”, sin embargo, en los resultados obtenidos en 2020 se muestra que el ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para esta estación.

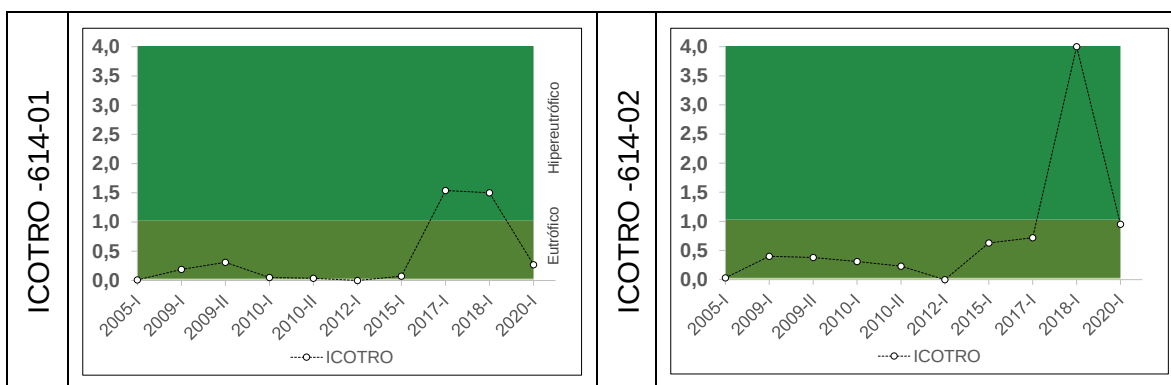


Figura 63. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio

En la Tabla 78 se exponen los resultados obtenidos del cálculo ICOTRO para las estaciones 665-E01 y 665-E02, del municipio de Riosucio.

Tabla 78. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Riosucio 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	614-E01	614-E02
Riosucio	Valor	0.27	0.95
	Clasificación	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO

3.2.4.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Riosucio,

Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes Totales y Fecales no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de CORPOCALDAS reporta estos ensayos en Unidades Formadoras de Colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de Número Más Probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para el Riosucio.**

Según lo dispuesto en la Resolución 239 de 2007, el tramo dos (2) de la quebrada Riosucio está comprendido desde la estación 614-E01 hasta la estación 614-E02. El objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso agrícola restringido. De acuerdo con lo anterior, se realizó el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos estaciones (ver Tabla 79).

Con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, las concentraciones de Nitrógeno Total en ambas estaciones se encuentran por encima del valor límite permitido. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 614-E02 incumpliendo estos criterios de calidad.

Tabla 79. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), de la quebrada Riosucio

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 614-E01	Estación 614-E02
Uso agrícola restringido	pH	Unidades	4,5-9,0	7.65	7.87
	OD	mg/L	>4	7.77	7.35
	Conductividad	(µS/cm)	700 - 3000	141.2	198.8
	DQO	mg/L	--	5.4	11.7
	DBO ₅	mg/L	<20	5	5
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	6.31	4.76
	SST	mg/L	<50	10	29
	ST	mg/L	--	120	168
	Turbiedad	UNT	40-100	1.47	16.49
	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	--	8000 UFC/100 mL	130000 UFC/100 mL
	Coliformes Totales	NMP/100 ml	--	61000 UFC/100 mL	360000 UFC/100 mL

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 614-E01	Estación 614-E02
	Color real	Unidades Pt/Co	--	6.4	21.1
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0.11	0.46
	Material flotante y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Presente
	Sustancias de interés sanitario*	N/A	--	Presencia de Hg	--

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio).

--Variable sin especificación del valor límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L.

N/A: no aplica.

3.2.4.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Riosucio.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Riosucio indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Riosucio está en la categoría de “Aceptable”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la estación 614-01 se encuentran en la categoría “Buena” y que en la estación 614-E02 se encuentran en la categoría “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación es “bajo” para las estaciones ubicadas en el municipio de Riosucio.

En cuanto a los objetivos de calidad, con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, las concentraciones de Nitrógeno Total en ambas estaciones se encuentran por encima del valor límite permitido. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 614-E02 incumpliendo estos criterios de calidad. Con relación a las sustancias de interés sanitario en la estación 614-E01 hay presencia de Mercurio.

3.2.5. Municipio de Supía

La fuente receptora de los vertimientos del municipio de Supia es el río Supía, en donde se han establecido dos estaciones de monitoreo. La estación 777-E01 se

encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 777-E02 está ubicada después de la última descarga del municipio. En la Tabla 80 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 80. Estaciones de monitoreo del municipio de Supía.

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Rio Supía E1	777-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 3 + 088	1095604	825191
Rio Supía E2	777-E02	Después de la última descarga del municipio_k 6 + 462	1092034	825772

En la Figura 64 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Supía, Caldas.

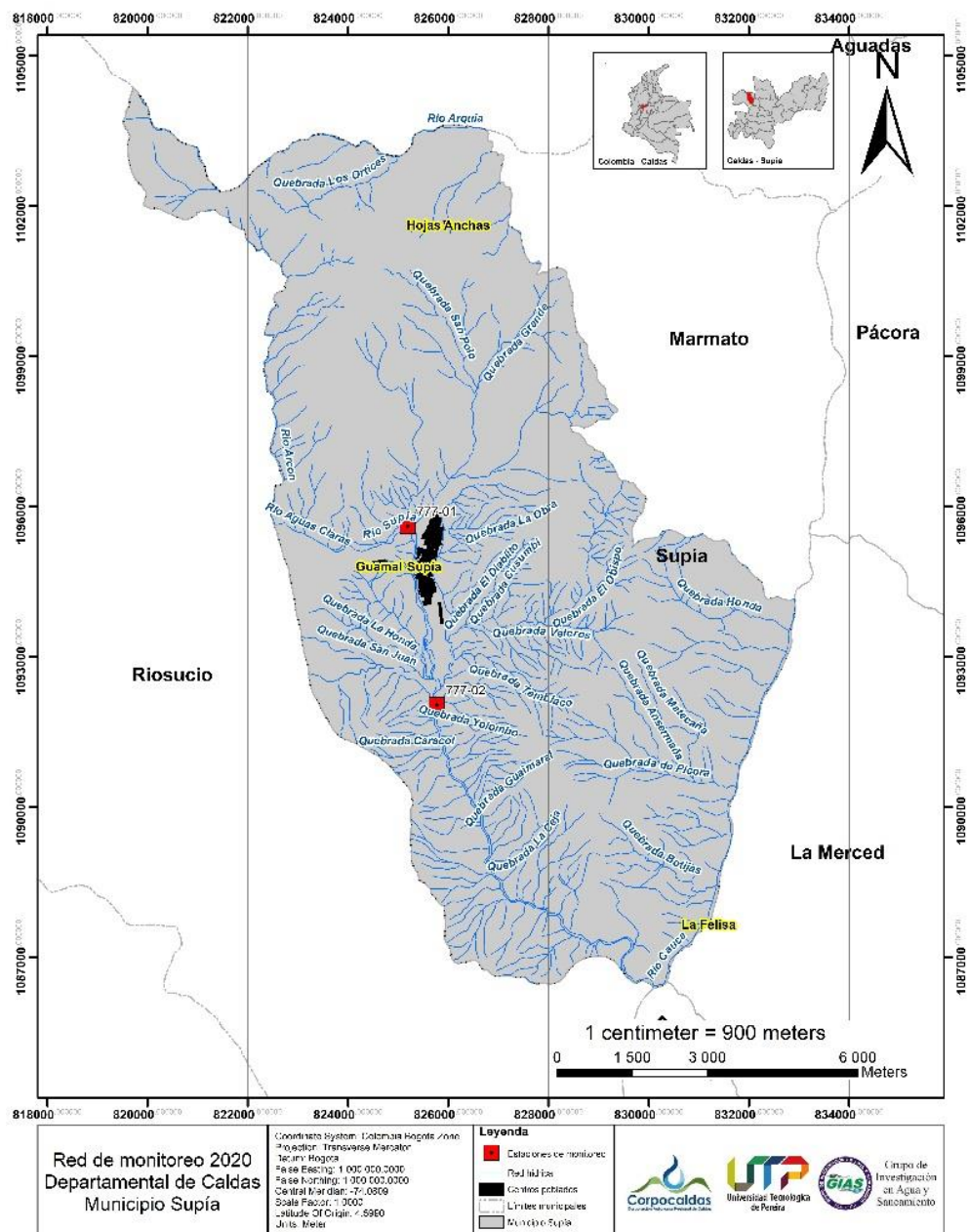


Figura 64. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Supía
Fuente: propia

3.2.5.1. Campaña de monitoreo municipio de Supía

La toma de muestras de la red de monitoreo departamental de Caldas fue realizada durante el día 11 de agosto de 2020. En la Tabla 81 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Supía.

Tabla 81. Fecha de recolección de muestras municipio de Supía.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
777-E01	Rio Supía E1	11/08/2020
777-E02	Rio Supía E2	11/08/2020

3.2.5.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Supía, Caldas (ver Tabla 82).

Tabla 82. Resultados ensayos determinados en campo red departamental- Supía 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
777-E01	7,66	8,39	154,1	25,20	4,045
777-E02	8,18	8,17	181,7	27,00	3,564

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 777-E01 y 777-E02 se observa una disminución en el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar asociado principalmente a captaciones que se estén realizando en el trayecto de la primera a la última descarga.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, teniendo una diferencia entre las dos estaciones de 0,52 mg O₂/L, lo cual no representa un cambio significativo de concentración de una estación a otra. Para los valores registrados de pH, se observó que están por encima 8,00 UpH, presentando una diferencia de 0,22 UpH, lo que no representa diferencias significativas entre las dos estaciones.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica, se tuvo una tendencia a aumentar el valor de una estación a otra, teniendo una diferencia de 27,6 μS/cm, condición que puede estar relacionada principalmente a los vertimientos provenientes del municipio. En términos de temperatura se observa un incremento de 1,8 °C entre las dos estaciones.

3.2.5.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 83 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Supía, Caldas.

Tabla 83. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Supía.

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		777-E01	777-E02
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	11,1± 0,9	-
Sólidos Totales	mg/L	164,00	166,00

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		777-E01	777-E02
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	48 ± 2	37 ± 1
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	2,98	2,07
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,12	0,35
Nitratos	mg NO ₃ /L	6,60	4,80
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,071	0,109
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	69,60	69,00
Coliformes Totales	UFC/100 mL	92000	170000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	4000	10000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	85,30	77,20
Dureza Cálctica	mg CaCO ₃ /L	53,90	56,00
Turbidez	UNT	32,45	25,32
Grasas & Aceites	mg/L	4,00	3,00
Cloruros	mg Cl-/L	7,69	7,44
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	24,60	22,40
Color real	U Pt- Co	43,70	38,90
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,28	0,44
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	0,24	0,29
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	0,21	0,37
Cianuro	mg CN/L	-	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

Para la estación 777-E01 en términos de concentración del ensayo de DBO₅ reportada por el laboratorio, se puede observar que se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L) y de la estación 777-E02 no se cuenta con el reporte de esta variable.

En cuanto a la concentración de DQO en la estación 777-E01 se observa un valor de 11,1± 0,9 mg O₂/L, lo que permite inferir que la contaminación en la fuente hídrica es baja y de la estación 777-E02 no se cuenta con el reporte de esta variable.

Analizando otras variables, se puede observar un aumento de concentración de 2 mg/L de ST de una estación a la otra, lo que puede estar relacionado con el tipo de vertimientos que se presentan en la zona. En la estación 777-E01 se evidencia una disminución de 11 mg/L de concentración en comparación con la estación 777-E02.

En cuanto al Color Real, se presenta una disminución de 4,8 UPt- Co de una estación a la otra y en términos de Turbidez también se presenta una disminución de 7,13 UNT entre las estaciones.

Se observó que, en el ensayo de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, se presenta una disminución de la concentración de 1,8 mg NO₃/L

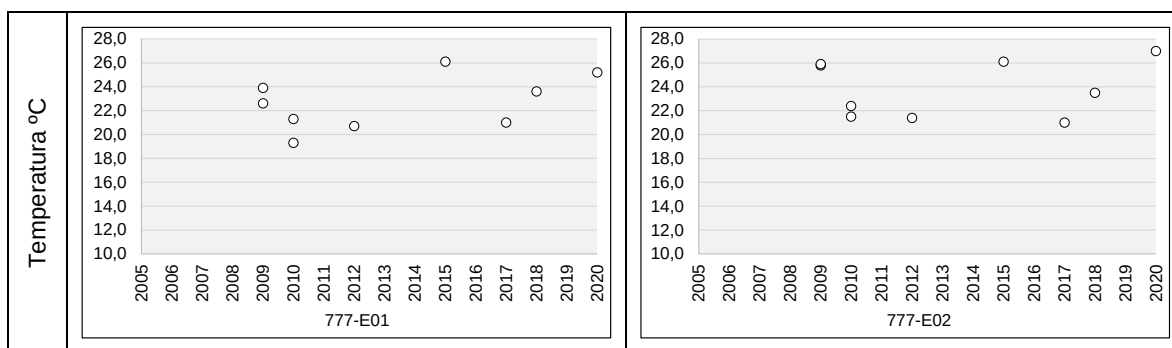
entre las dos estaciones; para la concentración de Nitritos se encontró un aumento 0,038 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar por los aportes de vertimientos y materias diversas de la estación 777-E01 a la estación 777-E02.

Los valores de NTK, tienen una tendencia a disminuir su concentración de una estación a otra. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración para la estación 777-E01 es baja en comparación a la estación 777-E02 con una diferencia de 0,23 mg N/L, por lo anterior, se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes al río.

Entre las dos estaciones se presenta un aumento de concentraciones de Coliformes Fecales y Totales, esto posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media del río Supía.

3.2.5.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Supía

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las dos estaciones ubicadas en el municipio de Supía. En la Figura 65 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de Supía.



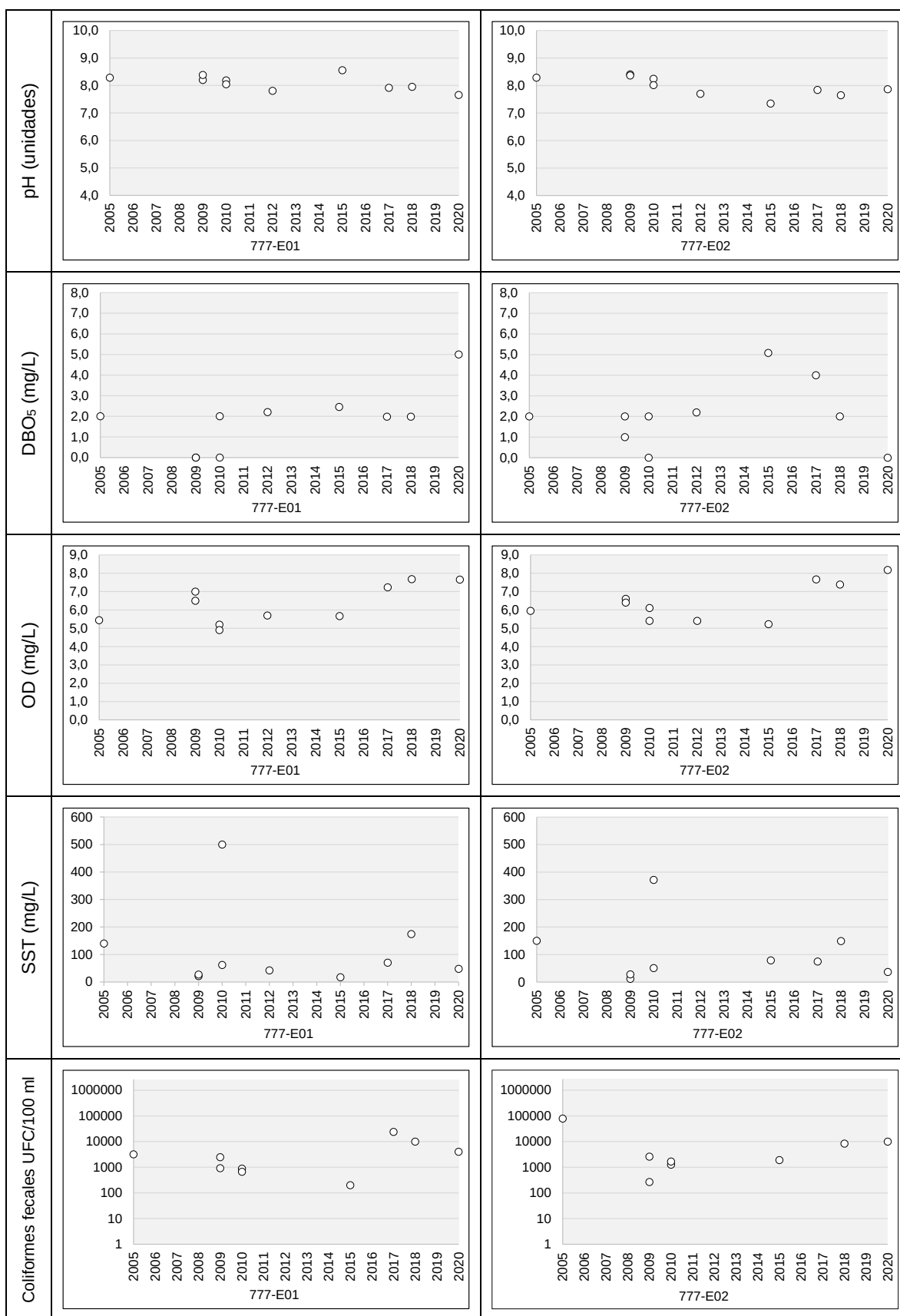


Figura 65 Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Supia.

De acuerdo a los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 777-E01 y 777-E02 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la estación 777-E01 se presentó un valor máximo de 26,1 °C en el año 2015 y un valor mínimo de 19,3 °C en el año 2010, se presenta una temperatura promedio de 22,63 °C. En la estación 777-E02 se reportó un valor máximo de 27,00 °C en el año 2020, este valor puede estar asociado a la hora del día en la cual se tomó la muestra y un valor mínimo de 21,00 °C en el año 2017, de acuerdo a los valores registrados se estableció una temperatura promedio de 23,84 °C para la estación 777-E02. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede inferir que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la estación 777-E01 un valor máximo de 8,55 UpH en el año 2015 y un valor mínimo de 7,65 UpH en el año 2020, en esta estación se determinó un valor de pH promedio de 8,09 UpH. En la estación 777-E02 se registró un valor máximo de 8,41 UpH en el año 2009 y un valor mínimo de 7,35 UpH en el año 2015, de acuerdo con los valores registros para la estación 777-E02 se determinó un valor de pH promedio de 7,98 UpH. En concordancia con los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden asociar al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso el río Supia.

Para la variable DBO₅ analizada en la estación 777-E01 se encontró un valor máximo de 5,00 mg/L en el año 2020 y valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado en los años 2009 y 2010, el valor promedio estimada en esta estación es de 1,76 mg/L, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación 777-E02 se reportó un valor máximo de 5,08 mg/L en el año 2015 y un valor por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado en el año 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 2,25 mg/L en la estación 777-E02, lo que implica la concentración de la DBO₅ para esta estación también se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación. En congruencia con los valores de DBO₅ reportados en las dos estaciones a través de los años se encontró que las concentraciones son bajas.

Respecto al Oxígeno Disuelto presente en el río Supia, en la estación 777-E01 se encontró un valor máximo de 7,68 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 4,9 mg/L en el año 2010, en esta estación se presentó un promedio de OD de 6,299 mg/L. Por su parte en la estación 777-E02 se reportó un valor máximo de 8,18 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 5,4 mg/L en los años 2010 y 2012, de acuerdo a lo anterior se estableció un promedio de 6,429 mg/L para la estación 777-E02. De acuerdo a las situaciones anteriormente presentadas se observa un leve

incremento, en la estación 777-E02 se presenta un mayor valor respecto a la estación 777-E01.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación 777-E01 se reportó un valor máximo de 500 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 17 mg/L en el año 2015, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 110,10 mg/L para la estación 777-E01. En la estación 777-E02 se registró un valor máximo de 372 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 12 mg/L en el año 2009, de acuerdo con esto se estimó un promedio de SST de 105,90 mg/L en la E02. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa una leve disminución de la concentración promedio entre las dos estaciones, lo que puede estar relacionado con el tipo de vertimientos presentes y a proceso de dilución en el transcurso del río entre las estaciones.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la estación 777-E01 un valor máximo de 24.000 UFC/100 mL en el año 2018 y un valor mínimo de 200 UFC/100 mL en el año 2015, por lo cual se estimó un promedio de 5.150,00 UFC/100 mL. Para la estación E02 se registró un valor máximo de 4.200.000 UFC/100 mL en el año 2017 y un valor mínimo de 268 UFC/100 mL en el año 2009, de acuerdo con esto se estableció un promedio de 478.332,00 UFC/100 mL. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la estación 777-E02 presenta una mayor concentración respecto a la estación 777-E01, lo que puede estar asociado al tipo y aumento de vertimientos presentes en el año 2017 en el Río.

3.2.5.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presentan resultados de la aplicación de los Índices de Calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005 - 2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los Nitritos y Nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de Número Más Probable

(NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Supia, Caldas. En Figura 66 se puede observar que para la estación 777-E01 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Regular" en el año 2005 a partir del año 2009 en la primera jornada de monitoreo se observa una mejora en la calidad pasando a la calificación "Aceptable", manteniéndose allí hasta el año 2010 en su primera jornada, a partir de la segunda jornada del mismo año se observa una disminución en la calidad del agua pasando a la calificación de "Regular" nuevamente. Posteriormente se presentó un mejoramiento en la calidad del agua pasando nuevamente a "Aceptable" a partir del año 2015 para luego en el año 2017 volver a disminuir su calidad a "Regular" para en el último año de monitoreo que fue el 2020 ascender nuevamente a "Aceptable".

En cuanto a la estación 777-E02 la calidad del agua se ubicó en una calificación "Regular" en el año 2005 y en el año 2009 en su primera jornada de monitoreo presentó un aumento en su calificación pasando a ser "Aceptable", posteriormente se observó una disminución de la calidad del recurso hídrico pasando nuevamente a la calificación de "Regular" en el año 2009 en su segunda jornada y el 2010; se presentó un mejoramiento en la calidad de este recurso pasando nuevamente a la calificación de "Aceptable", pero en este mismo año en la segunda jornada desciende nuevamente a la calificación "Regular" manteniéndose así hasta el último año de registro que fue el 2020. Las situaciones anteriores, se establecen debido al tipo y cantidad de vertimientos presentes a través de los años en la fuente receptora del municipio que en este caso es el río Supia.

Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para las dos estaciones evidencian una disminución de la calidad del agua entre las estaciones.

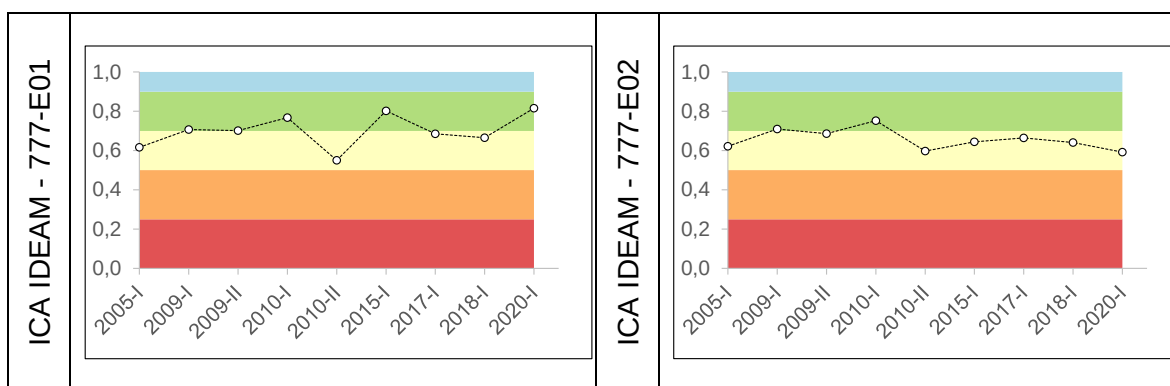


Figura 66. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Supia.

En la Tabla 84 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-IDEAM para las estaciones 777 E01 y 777-E02, del municipio de Supia.

Tabla 84. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo río Supia, municipio de Supia, año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	777-E01	777-E02
Supia	Valor	0.816	0.592
	Clasificación	ACEPTABLE	REGULAR

• ICA-CETESB

En la Figura 67 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Supia.

En la figura se observa que el ICA-CESTESB para la estación 777-E01 del año 2005 al 2010 en su primera jornada de monitoreo, presento una calificación “Buena”, en el año 2010 en la segunda jornada presento una disminución de calidad pasando a la calificación “Regular”, para en el año 2015 ascender nuevamente a “Buena”, en el año 2017 volvió a disminuir la calidad pasando a calificación “Regular” y así se mantuvo hasta el último año de monitoreo, es decir el año 2020. Lo anterior se puede asociar al tipo y cantidad de vertimientos presentes en el río.

Para la estación 777-E02 en el año 2005 se presentó una calificación “Regular”, en el año 2009 en su primera jornada de monitoreo se observó un mejoramiento de calidad pasando a “Buena”, situación que se mantuvo hasta el año 2010 en la segunda jornada de monitoreo donde se reportó una disminución de calidad pasando nuevamente a “Regular”, para el año 2015 tuvo un leve mejoramiento en su calidad pero no logro ascender su calificación y por lo contrario en el año 2017 disminuyo nuevamente su calidad pasando a ser “Mala”, posteriormente en el año 2018 mejora su calidad a “Regular” para finalmente en el año 2020 presentar una disminución de calidad pasando a “Mala”. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, se infiere que en la fuente hídrica se presentó un

incremento de vertimientos de procedencia de actividades agrícolas las cuales contienen alto porcentaje de contaminantes.

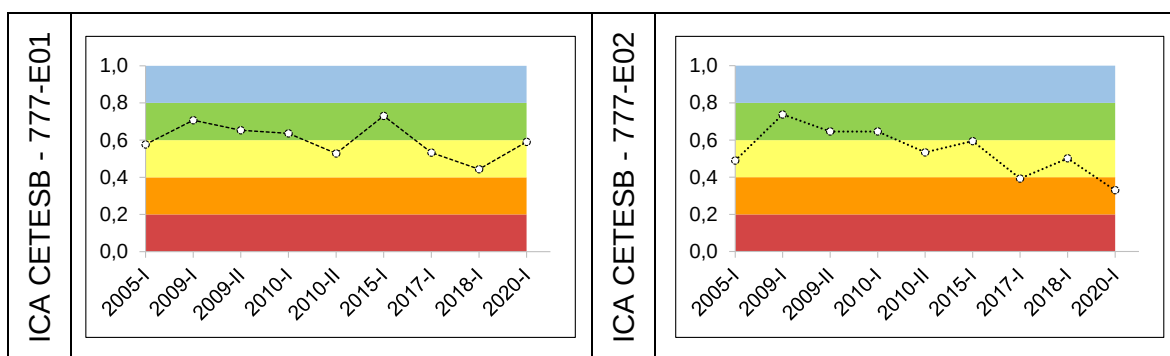


Figura 67. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Supia.

En la Tabla 85 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para las estaciones 777 E01 y 777-E02, del municipio de Supia.

Tabla 85. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo río Supia, municipio de Supia año 2020

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	777-E01	777-E02
Supia	Valor	0.591	0.330
	Clasificación	REGULAR	MALA

- **ICOS**

En la Figura 68 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 777-E01 y 777-E02 de la serie histórica analizada. Para las dos estaciones los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “Baja”, “Muy Baja” “Media” y “Muy Alta”.

De acuerdo con lo anterior en la estación 777-E01, en cuanto al ICOMO en el año 2005 su nivel de contaminación se encontraba en categoría “Media”, para el año 2009 en la primera jornada de muestro se presentó una categoría de “Muy Baja”, en ese mismo año en la segunda jornada de monitoreo su nivel de contaminación aumento pasando a categoría “Alta” manteniéndose allí hasta el año 2018, para finalmente en el año 2020 disminuir y pasar a contaminación “Media. Lo anterior tiene relación con la disminución de las concentraciones de Coliformes Totales en la fuente hídrica receptora. Los valores del índice ICOMI, para el año 2005 se encontraban en la categoría “Baja”, en el año 2009 pasaron a ser categoría de “Muy Baja” manteniéndose en la misma categoría hasta el año 2018, para en el año 2020 nuevamente ascender a categoría de “Baja”. Para el caso del índice ICOSUS en el año 2005 se presenta una categoría de “Media” de acuerdo a su nivel de contaminación, en el año 2009 se observa una disminución pasando a categoría “Muy Baja” y manteniéndose así hasta el año 2010 en su primera jornada, en ese

mismo año en la jornada dos se observó un incremento bastante significativo quedando el nivel de “Muy Alta”, para en el año 2015 presentar una disminución representativa y quedar en categoría “Muy Baja” manteniéndose allí hasta el año 2017, para el año 2018 se vuelve a observar un aumento quedando en categoría “Media” para finalmente en el año 2020 disminuir sus concentraciones y quedar nuevamente en “Muy Baja”.

Para la estación 777-E02 con relación a los índices de ICOMI podemos observar que en el inicio del proceso de monitoreo estaba en una categoría “Baja” manteniéndose así hasta el año 2010 en la primera jornada de monitoreo, en ese mismo año en la segunda jornada se presentó una disminución de contaminación pasando a “Muy Baja”, situación que cambió en el año 2015 subiendo nuevamente a “Baja” y en el 2017 se volvió a presentar una disminución de concentraciones pasando a “Muy Baja”, calificación que mantuvo hasta el año 2020 en el cual se presenta un aumento pasando a “Baja”.

En el índice ICOMO, se puede observar en la Figura 7 que en el año 2005 se encontraba en calificación “Media” de contaminación, pero se da un cambio para el año 2009 en su primera jornada de monitoreo donde se presenta una disminución de concentración hasta llegar a calificación “Muy Baja”, en ese mismo año en la jornada dos se observa un aumento subiendo a la categoría de concentración “Baja” manteniéndose allí hasta el año 2010, para el año 2015 se tiene un leve aumento pasando al nivel de contaminación “Media” manteniéndose allí hasta el año 2017 porque en el año 2018 se presenta una disminución pasando nuevamente a “Baja” para finalmente aumentar sus niveles de concentración en el año 2020 dejando esta estación en nivel “Alta”.

Continuando con los índices se encontró que el caso del índice ICOSUS en el año 2005 se presenta una categoría de “Media” de acuerdo a su nivel de contaminación, en el año 2009 se observa una disminución pasando a categoría “Muy Baja” y manteniéndose así hasta el año 2010 en su primera jornada pero en este mismo año en la jornada dos se observó un incremento bastante significativo quedando en calificación de “Muy Alta”, para en el año 2015 presentar una disminución representativa y quedar en nivel “Baja” manteniéndose allí hasta el año 2017, para el año 2018 se vuelve a observar un aumento quedando en categoría “Media” para finalmente en el año 2020 disminuir sus concentraciones y quedar nuevamente en “Muy Baja”. Las situaciones anteriormente mencionadas se pueden presentar debido al tipo y cantidad de vertimientos que llegan al río Supia.

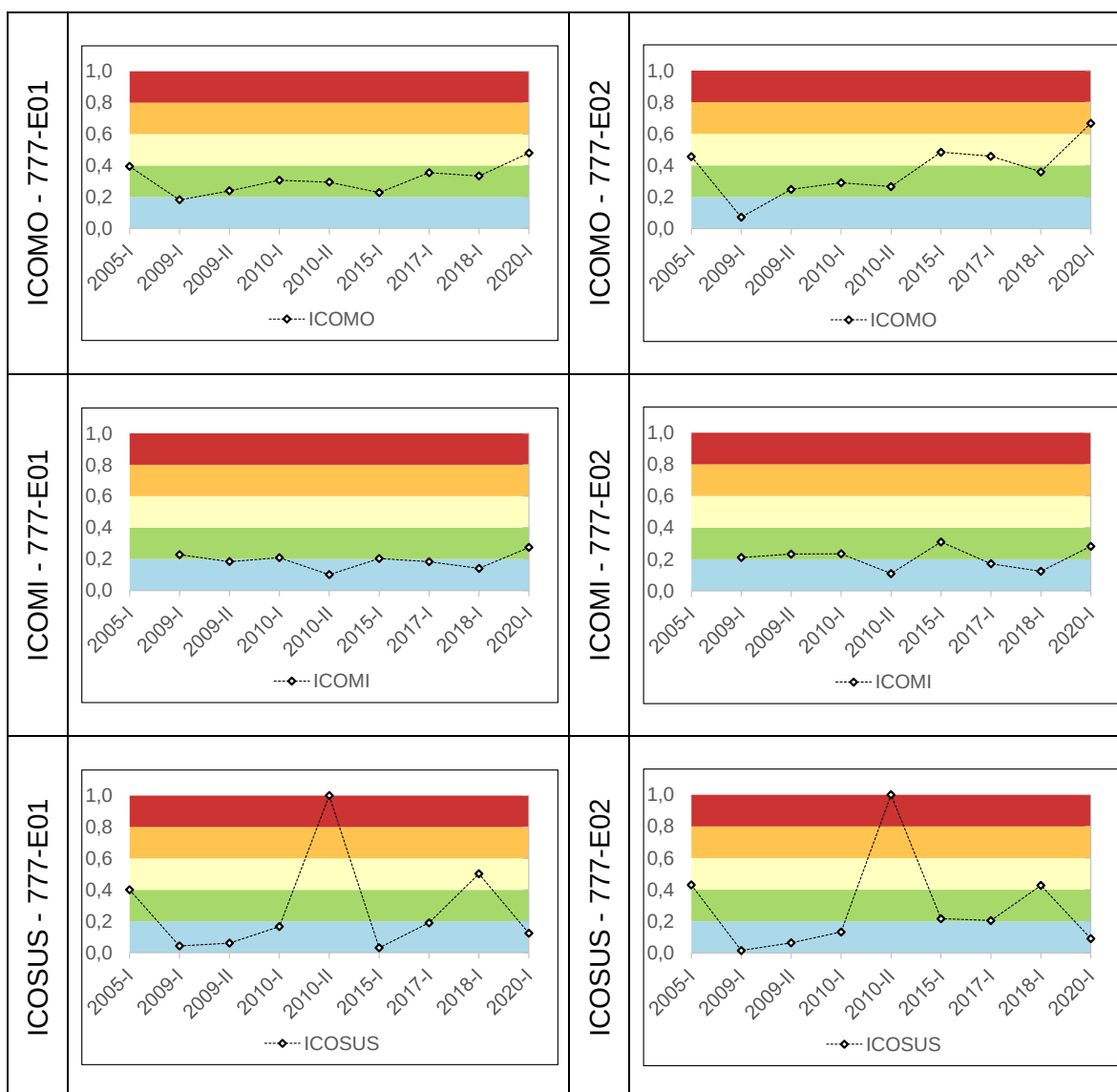


Figura 68. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio

En la Tabla 86 se exponen los resultados obtenidos del cálculo de los ICOS para las estaciones 777 E01 y 777-E02, del municipio de Supia.

Tabla 86. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo río Supia, municipio de Supia año 2020

Municipio	ICOMI		
	Estación	777-E01	777-E02
Supia	Valor	0.27410	0.28159
	Clasificación	BAJA	BAJA
	ICOMO		
	Estación	777-E01	777-E02
	Valor	0.4798	0.6667
	Clasificación	MEDIA	ALTA
	ICOSUS		

	Estación	777-E01	777-E02
	Valor	0.124	0.0913
	Clasificación	MUY BAJA	MUY BAJA

- **ICOTRO**

En la Figura 69 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el municipio de Supia, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del Fósforo Total obtenida en el monitoreo.

Para la estación 777-E01 del año 2005 al año 2010 en su primera jornada se presentaron valores bajos manteniendo una categoría de “Eutrófico”, en ese mismo año pero en la segunda jornada se presentó un leve aumento pero sin pasar de categoría, en el año 2015 se observó una leve disminución de concentración manteniéndose estable y sin salirse de la categoría antes mencionada hasta el año 2017 donde se observa un aumento significativo de concentración pasando a la categoría “Hipereutrófico”, para finalmente en el año 2020 presentar una disminución considerable y pasar nuevamente a la categoría de “Eutrófico”.

En cuanto a la 777-E02 del año 2005 al año 2015 se presenta una concentración baja y estable manteniéndose durante estos años en la categoría de “Eutrófico” para en el año 2017 presentar un aumento progresivo hasta el año 2018 en el cual se pasa de categoría a “Hipereutrófico”, finalmente en el año 2020 vuelve a presentarse una disminución de concentración y nuevamente entra a la categoría de “Eutrófico”.

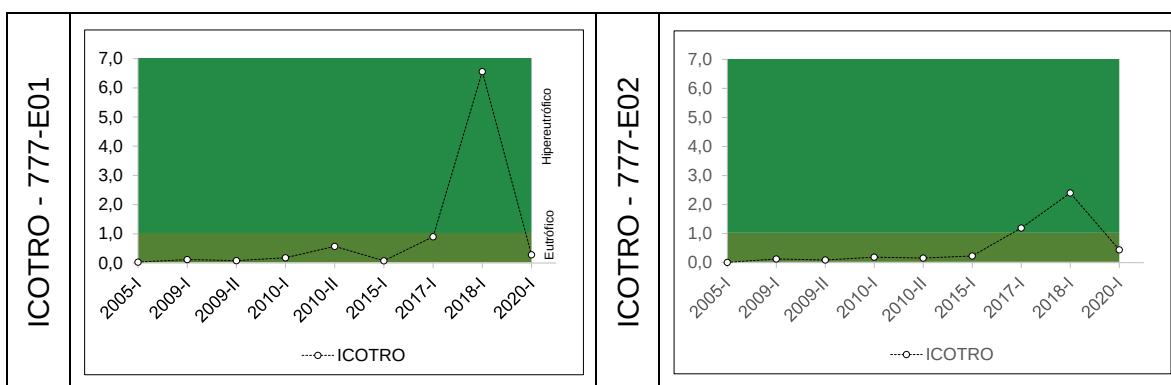


Figura 69. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Riosucio

En la Tabla 87, se exponen los resultados obtenidos del cálculo ICOTRO para las estaciones 777-E01 y 777-E02, del municipio de Supia.

Tabla 87. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo río Supia, municipio de Supia año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	777-E01	777-E02
Supia	Valor	0.815	0.591
	Clasificación	Aceptable	Regular

3.2.5.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Supia, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes Totales y Fecales no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de CORPOCALDAS reporta estos ensayos en Unidades Formadoras de Colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de Número Más Probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para el río Supía.**

Según lo dispuesto en la Resolución 239 de 2007, el tramo dos (2) del río Supía está comprendido desde la estación Supía 777-E01 hasta la estación Supía 777-E02. El objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso pecuario. De acuerdo con lo anterior, se realizó el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos estaciones (ver Tabla 88).

Con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se encontró presencia de sustancias de interés sanitario como mercurio y cianuro. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 777-E02 incumpliendo estos criterios de calidad.

Tabla 88. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), del río Supía

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 777-E01	Estación 777-E02
Uso pecuario	pH		5.0 -9,0	8.39	8.17
	OD	mg/L	>4	7.66	8.18
	Conductividad	(μS/cm)	500 - 5000	154.1	181.7
	DBO ₅	mg/L	<10	5	-

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 777-E01	Estación 777-E02
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	2.98	2.07
	SST	mg/L	--	48	37.1
	Turbiedad	UNT	<100	32.45	25.32
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	4000 UFC/100 mL	10000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	92000 UFC/100 mL	170000 UFC/100 mL
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0.21	0.37
	Material flotante y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Presente
	Sustancias que produzcan olor	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias de interés sanitario*	N/A	--	Presencia de Hg	Presencia de Hg y CN

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio).

--Variable sin especificación del valor límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L.

N/A: no aplica.

3.2.5.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Supia.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Supia indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Supia en la estación 777-E01 está en “Aceptable” y en la estación 777-E02 en “Regular”. Los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la estación 777-E01 se encuentran en la categoría Regular” y que en la estación 777-E02 se encuentran en la categoría “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación varía entre las estaciones.

En cuanto a los objetivos de calidad, con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se encontró presencia de sustancias de interés sanitario como mercurio y cianuro. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 777-E02 incumpliendo estos criterios de calidad. Con

relación a las sustancias de interés sanitario en la estación 777-E01 hay presencia de Mercurio y en la estación 777-E02 hay presencia de Mercurio y CN.

3.3. CUENCA RÍO GUARINO

3.3.1. Municipio de Manzanares

El municipio de Manzanares cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en el río Santo Domingo. Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 433-E01 que se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 433-E02 después de la última descarga del municipio (ver Tabla 89).

Tabla 89. Estaciones de monitoreo del municipio de Manzanares

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Río Santo Domingo	433-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 1 + 678	1074310	881579
Río Santo Domingo	433-E02	Después de la última descarga del municipio_k 5 + 066	1071969	880416

En la Figura 70 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Manzanares, Caldas.

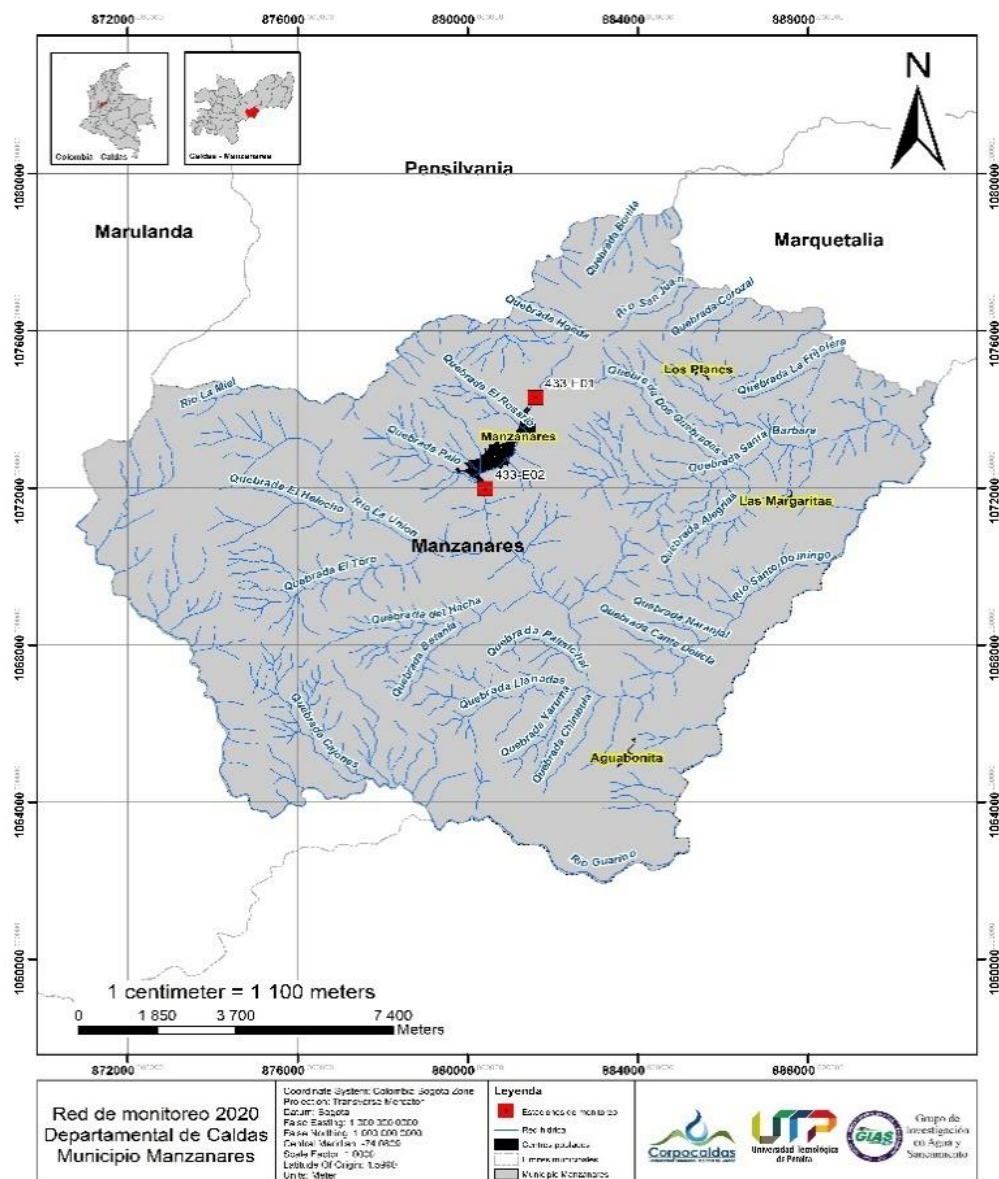


Figura 70 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Manzanares.

3.3.1.1. Campaña de monitoreo municipio de Manzanares

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Manzanares, se realizó el día 1 de septiembre de 2020. Cabe resaltar la presencia de lluvias durante la semana de la actividad de muestreo y recolección de información in situ. En la Tabla 90 se muestra detallada la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Manzanares.

Tabla 90. Fecha de recolección de muestras Municipio de Manzanares

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
433-E01	Río Santo Domingo E01	01/09/2020
433-E02	Río Santo Domingo E02	01/09/2020

3.3.1.2. Ensayos in situ

En la Tabla 91 se exponen los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo del municipio de Manzanares, Caldas.

Tabla 91. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Manzanares 2020.

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
433-E01	7,44	6,67	54,1	18,2	0,091
433-E02	7,49	6,66	59,3	18,2	0,710

- **Río Santo Domingo**

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 433-E01 y 433-E02, se evidencia un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado a los aportes de los tributarios y vertimientos del municipio de Manzanares. Para las variables pH, OD y conductividad, no se observan cambios significativos de una estación a otra.

3.3.1.3. Resultado ensayos de laboratorio

En la Tabla 92 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Manzanares, Caldas.

Tabla 92. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Manzanares.

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		433-E01	433-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	5,97	5,00
Sólidos totales	mg/L	49,0	93,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	43,0	42,0
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	2,26	1,68
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	1,04	1,16
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,01	0,11
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	31,7	30,8

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		433-E01	433-E02
Coliformes Totales	UFC/100 mL	640	580000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	150	270000
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	30,50	29,50
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	13,90	19,80
Turbidez	UNT	3,00	12,00
Grasas & Aceites	mg/L	8,00	10,00
Cloruros	mg Cl-/L	0,49	1,48
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	6,00	7,50
Color real	U Pt- Co	9,40	19,80
Fósforo total	mg PO ₄ /L	ND	0,15
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,05	0,05
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,05	0,05
Cianuro	mg CN/L	0,005	--
Mercurio	mg Hg/L	--	--

--Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

• Río Santo Domingo

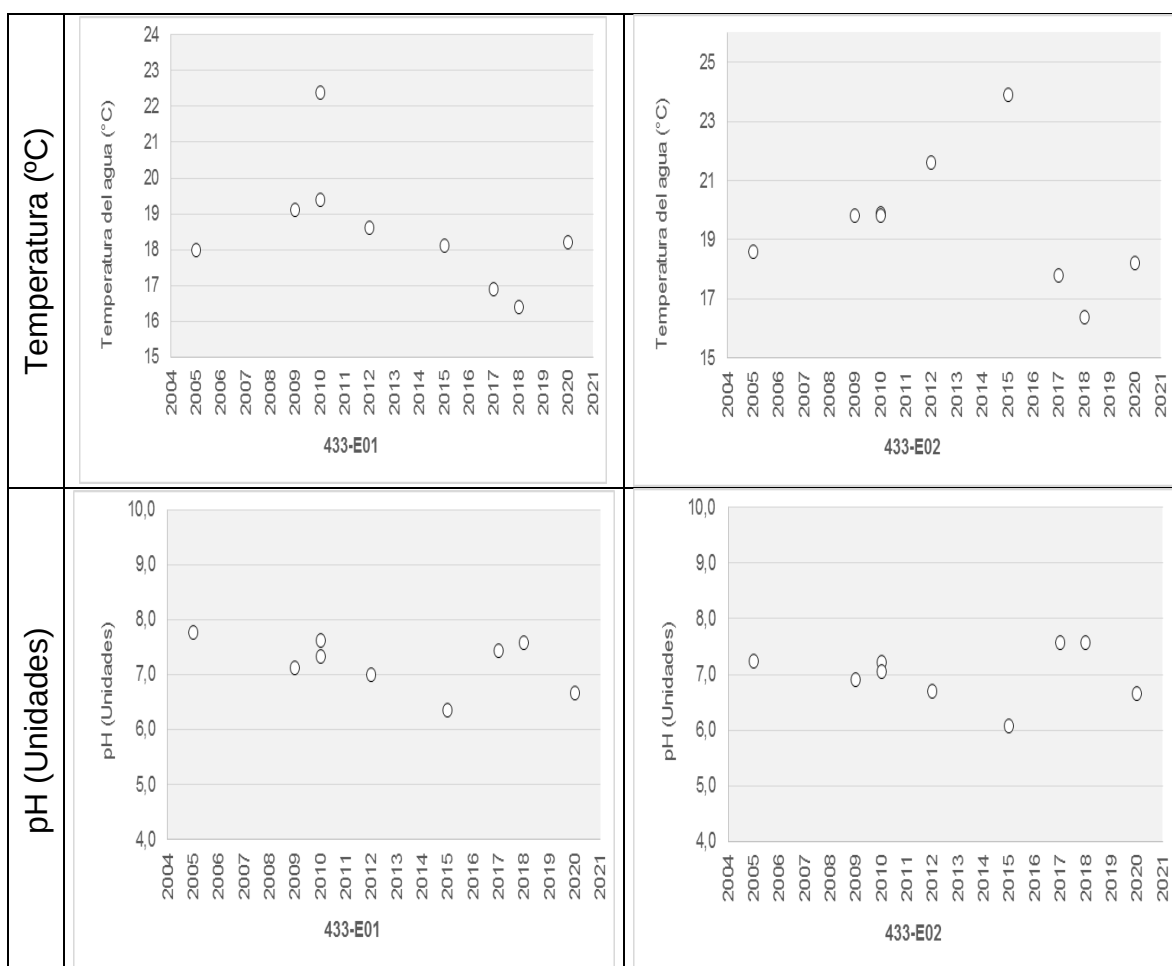
Para las concentraciones de DQO y DBO₅, se puede notar que no hay un cambio significativo de una estación a la otra, esto se podría atribuir a que los aportes que están llegando al río Santo Domingo no tienen una concentración tan alta para afectar dicha. Así, la concentración de DQO en estación 433-E01 es de 5,97 mg O₂/L, mientras que para la estación 433-E02 es de 5,00 mgO₂/L. Asimismo, los valores de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y nitrógeno amoniacal también disminuyen sus concentraciones de una estación a otra.

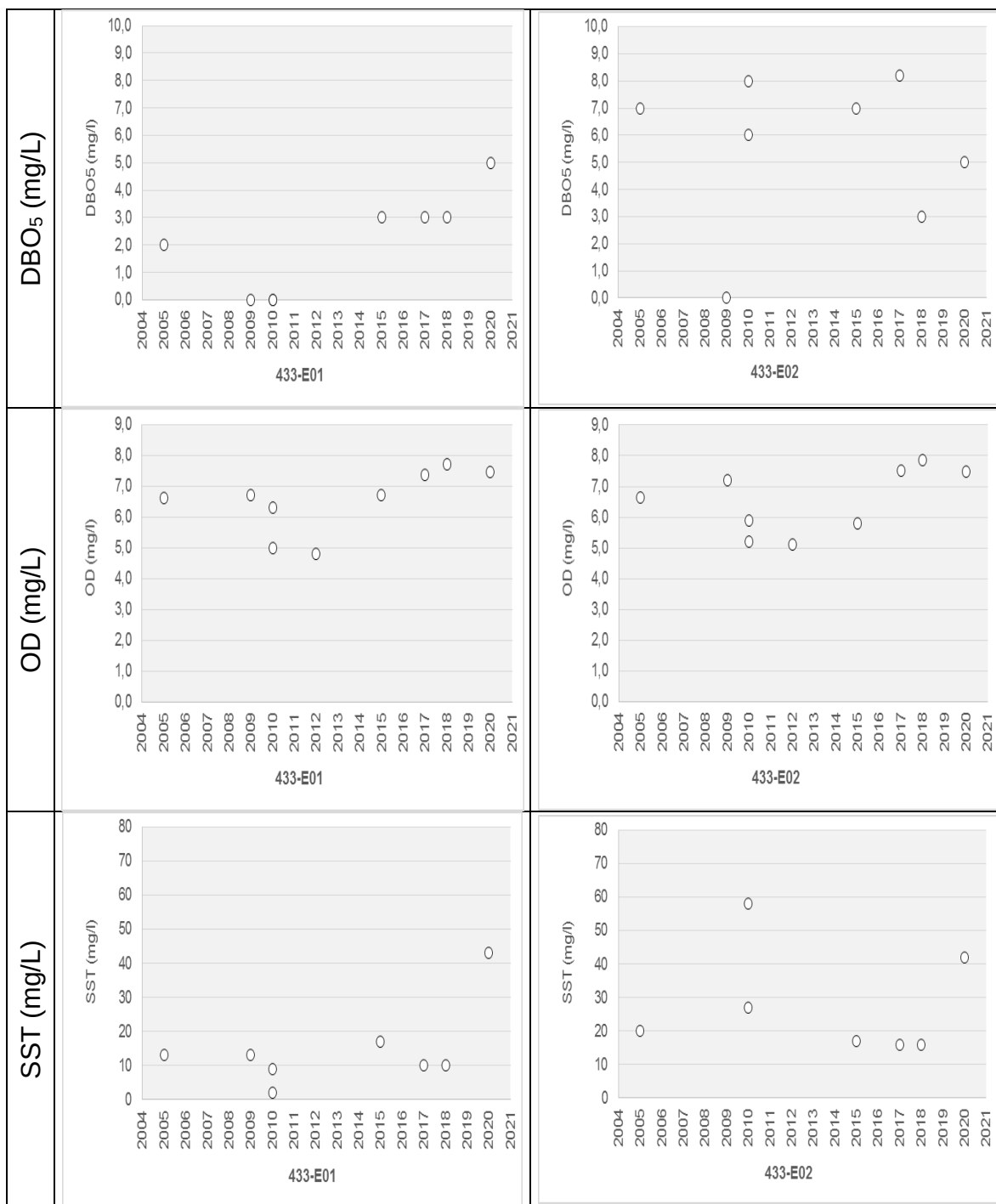
De otro lado, la variable como sólidos totales, tiene una tendencia a aumentar su valor desde la estación E01 hasta la estación E02, para los sólidos suspendidos totales y la turbidez sus concentraciones bajan de una estación a la otra. Adicionalmente, los valores de fósforo total y fósforo soluble sufren un aumento en su concentración, esto podría estar relacionado con el aporte de las descargas municipales

En términos de las variables: coliformes totales y coliformes fecales, se puede notar un aumento considerable entre la concentración de la estación 433-E01 a la estación 433-E02, esto podría estar relacionado con los vertimientos de viviendas que estén llegando directamente al río o alguna actividad pecuaria, como la ganadería. Para las concentraciones de sustancias activas de azul de metileno (SAAM) se mantienen estables sus concentraciones de una estación a la otra.

3.3.1.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Manzanares

En la Figura 71 se muestran los perfiles históricos de calidad para las variables de temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (ST) y coliformes fecales para las estaciones 433-E01 y 433-E02, ubicadas en el río Santo Domingo. En estos perfiles se puede observar que los datos históricos de las variables Temperatura y SST evidencian un comportamiento estable entre las estaciones monitoreadas. Con respecto a variables como la DBO₅ y los coliformes fecales, se evidencia el efecto contrario ya que para la estación E02 los coliformes aumentan en gran consideración. Finalmente, para las variables pH y OD se evidencia una mayor dispersión de los datos, con cambios menos notorios entre la estación E01 y E02.





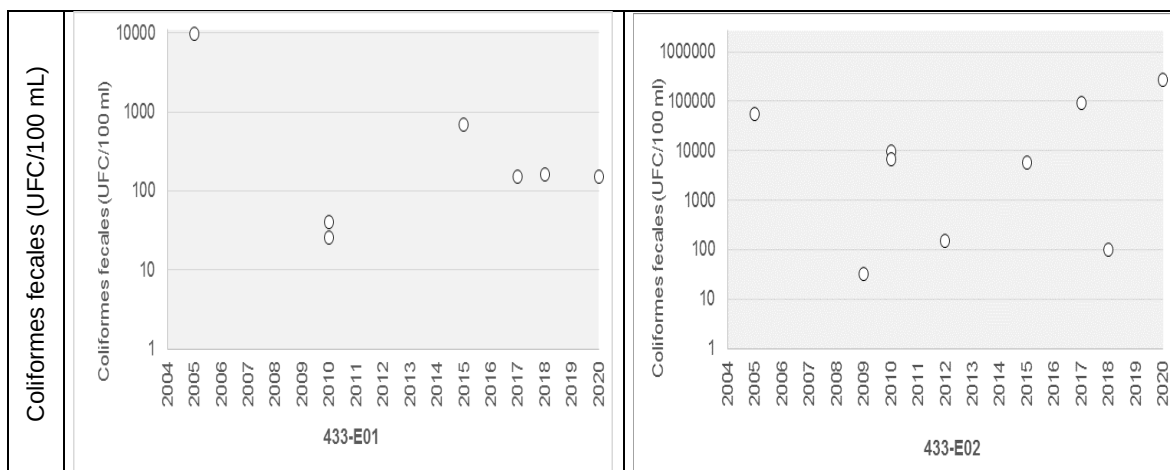


Figura 71 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Santo Domingo.

3.3.1.5. Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de las estaciones 433-E01 y 433-E02 del río Santo Domingo, en el municipio de Manzanares. A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (CETESB e IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para toda la serie histórica en cada estación, comprendiendo el período 2005-2020.

- ICA-IDEAM

Aquí se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Santo Domingo en el municipio de Manzanares, Caldas. En la Figura 72 se puede observar que para las estaciones 433-E01 y 433-E02, la calidad del agua se ubica en la clasificación "Aceptable" en toda la serie histórica de datos.

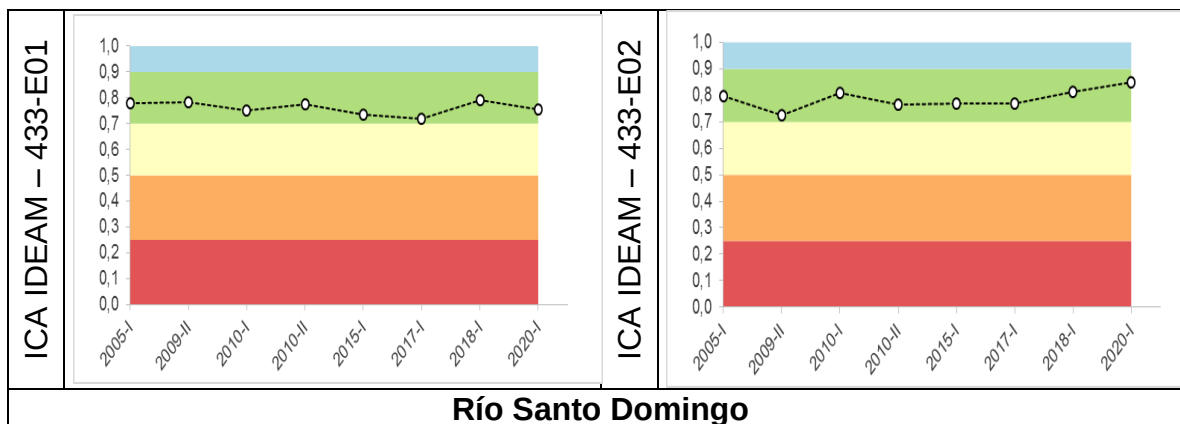


Figura 72 Resultados históricos ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Santo Domingo, municipio de Manzanares.

En la Tabla 93 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-IDEAM para las estaciones 433-E01, 433-E02 del municipio de Manzanares en el año 2020.

Tabla 93. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Manzanares 2020

Municipio	ICA-IDEM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	433-E01	433-E02
Manzanares	Valor	0,7531	0,8509
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

- **ICA-CETESB**

En la Figura 73 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el río Santo Domingo en el municipio de Manzanares. En dicha figura se observa que el ICA-CETESB para la estación 433-E01 ha señalado generalmente "buena" y "Excelente" calidad, para el año 2020 la clasificación pasa a ser "Buena" calidad. En la estación 433-E02 el ICA-CETESB se ha encontrado en la categoría de "buena" calidad en la mayoría de la serie histórica, a excepción de la primera campaña del año 2017 donde paso a ser "Regular". Para el año 2020 se mantuvo en la categoría "Regular" lo cual puede tener relación con el aumento en la concentración de los coliformes fecales, mayor que en años anteriores.

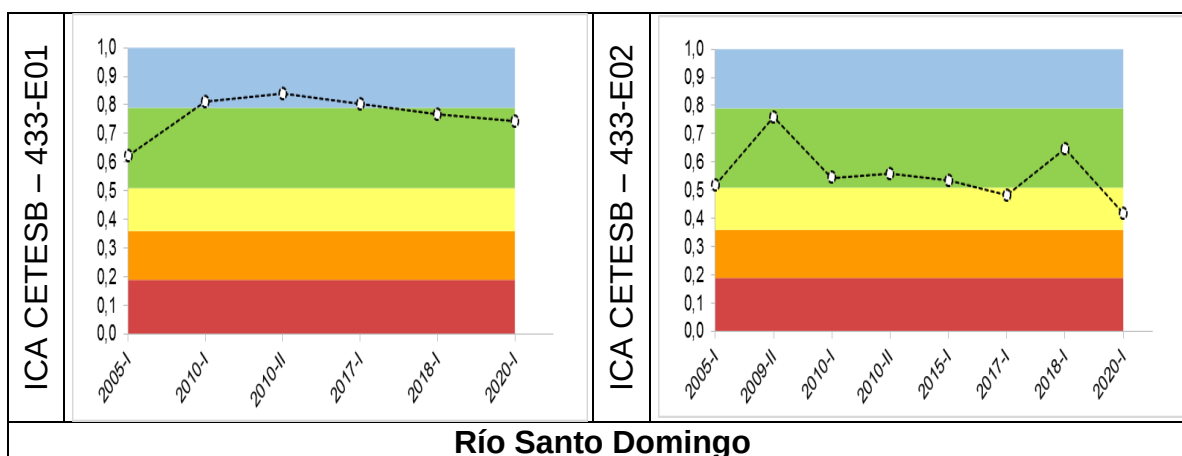


Figura 73 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Manzanares.

En la Tabla 94, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020 en las estaciones de monitoreo del municipio de Manzanares.

Tabla 94. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Manzanares 2020

Municipio	ICA-IDEM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	433-E01	433-E02
Manzanares	Valor	0,7422674	0,42066314
	Clasificación	Buena	Regular

- ICOS

En la Figura 74 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Santo Domingo (433-E01 y 433-E02). En la estación E01 los valores de los índices ICOMI están en un rango de “muy baja” contaminación, para el caso del ICOSUS es “muy baja”, mientras que para el ICOMO la serie histórica presenta un nivel de contaminación “muy baja”. Para la estación E2 se puede observar que los valores históricos obtenidos del cálculo del índice del ICOMI e ICOMO tienen un rango de “muy baja” mientras que el ICOSUS presenta una clasificación de “muy baja” contaminación en casi toda la serie histórica, ya que para la campaña del 2009-II estuvo en el rango de “alta”.

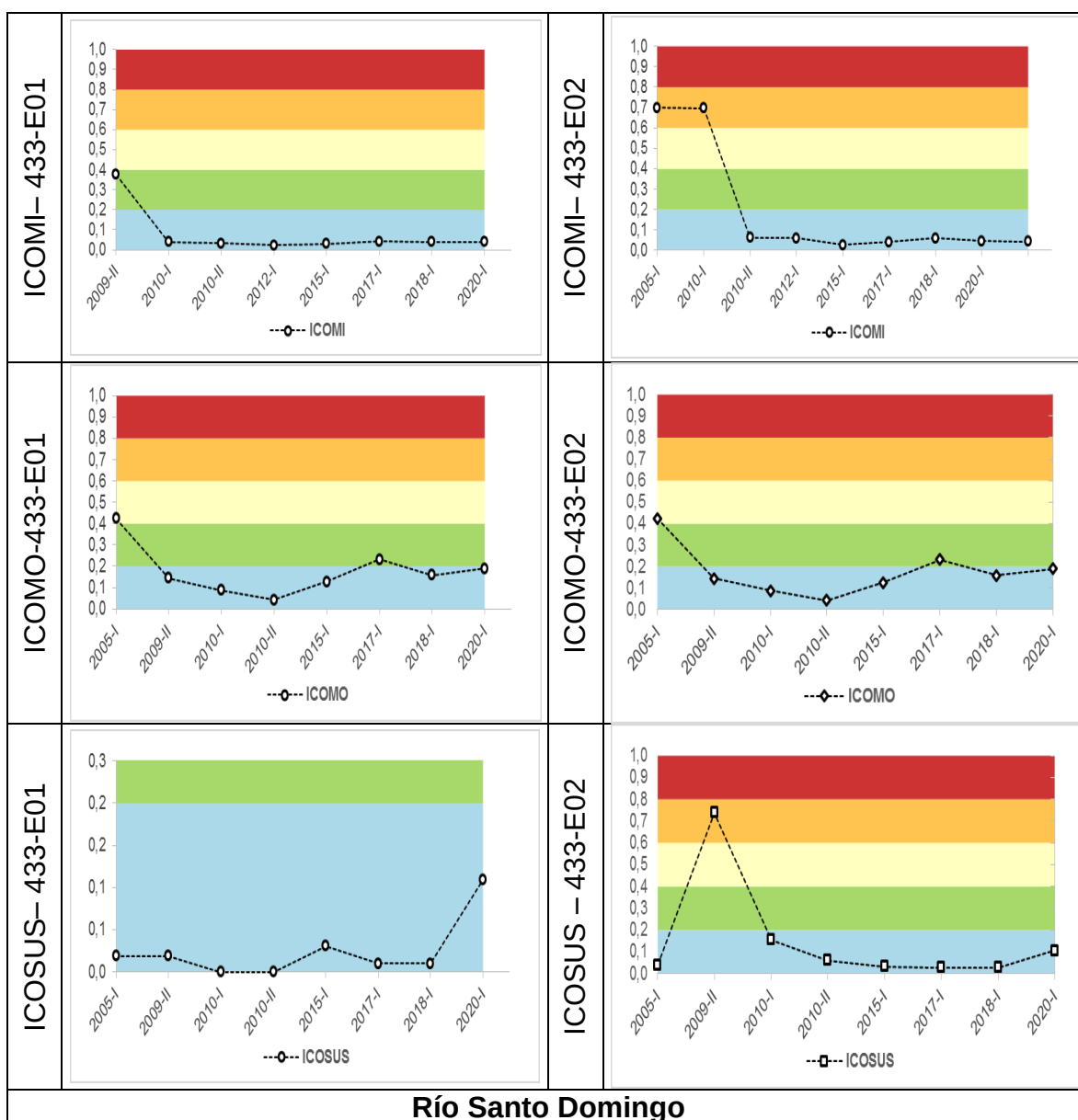


Figura 74 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Santo Domingo.

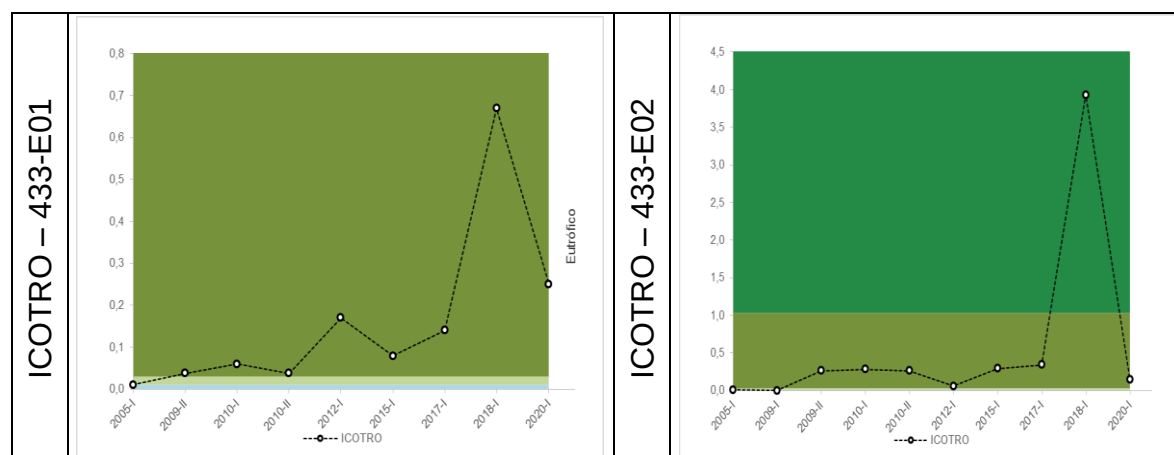
Se evidencia que los resultados de los ICOS en el año 2020, para la estación 433-E01 se encuentran en la categoría de “muy baja” para el ICOMI, para el ICOSUS se encuentra en la categoría “muy baja”. Para el ICOMO, la estación presenta niveles de contaminación “muy baja”. De otro lado, la estación 433-E02 presenta niveles de contaminación ICOMI e ICOMO de nivel “muy bajo”, mientras que, igualmente para el ICOSUS se encuentra en la categoría “muy baja”. En la Tabla 95 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en el río Santo Domingo, municipio de Manzanares.

Tabla 95. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Manzanares, 2020

Municipio	Estaciones	433-E01	433-E02
Manzanares	Índice	ICOMI	
	Valor	0,038	0,044
	Clasificación	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,190	0,484
	Clasificación	Muy baja	Baja
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,1090	0,1060
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

• ICOTRO

En la Figura 75 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones 433-E01 y 433-E02, ubicadas en el río Santo Domingo en el municipio de Manzanares, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice es la concentración del fósforo total, obtenida en el monitoreo. Se observa que ambas estaciones en las campañas de monitoreo recientes han permanecido en la categoría de “eutrófico”.



Río Santo Domingo

Figura 75 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Manzanares.

Los resultados del ICOTRO para las estaciones 433-E01 y 433-E02 en el año 2020 están en la categoría de “eutrófico”. A continuación, en la Tabla 96 se exponen los resultados relacionados.

Tabla 96. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Manzanares 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	433-E01	433-E02
Manzanares	Valor	0,2500	0,1500
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.3.1.6. Objetivos de Calidad - Resolución 239 de 2007

En la Tabla 97 se evaluará el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo, definidos en la Resolución 0239 de 2007 para el uso de preservación de flora y fauna, en el Santo Domingo, municipio de Manzanares (Caldas). Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene presente lo establecido para el tramo dos (2) que se encuentra ubicado -desde la estación Manzanares E1 hasta la estación Manzanares E2 y se compararon los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo para la preservación de flora y fauna, observando que los valores encontrados en campo y en el laboratorio para la estación E01 cumplen con los valores límites permisibles, exceptuando la variable sustancias de interés sanitario, en este caso cianuro. Para la estación E02, cumple con los valores límites permisibles.

Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

Tabla 97. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 (Río Santo Domingo).

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 433-E01	Estación 433-E02
Uso para la preservación de flora y fauna	pH	Unidad	6,5-9,0	6,67	6,66
	OD	mg/L	>5	7,44	7,49
	Conductividad	(μS/cm)	--	54,1	59,3
	DQO	mg/L	--	5,97	5,00
	DBO ₅	mg/L	≤5,0	<5,00	<5,00
	Nitrógeno Total	mg N/L	-	2,26	1,68
	SST	mg/L	<50	43,0	42,0
	ST	mg/L	-	49,0	93,0
	Turbiedad	UNT	<100	3,00	12,00

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 433-E01	Estación 433-E02
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	150	270000
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	640	580000
	Color real	Unidades Pt/Co	--	9,40	19,80
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0,05	0,05
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	N/A	Ausente	NR	NR
	Sustancias de interés sanitario	N/A	Ausente	Presente (Hg<LCM)	Ausente

-- Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

NR: no reportado.

N/A: no aplica.

3.3.1.7. Conclusiones

- **Río Santo Domingo**

Según el análisis de las variables *in situ* y en laboratorio, se puede evidenciar que existe un efecto ocasionado por el vertimiento del municipio de Manzanares (Caldas) sobre la concentración de los parámetros entre las estaciones 433-E01 y 433-E02 del río Santo Domingo, esto se puede constatar con el aumento de variables como: ST, coliformes totales y fecales, color y turbiedad, mientras que otras variables, por ejemplo: NTK, dureza total y alcalinidad, disminuyen entre los mismos puntos.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad del río Santo Domingo en las estaciones E01 y E02 es “aceptable”. Mientras que, según el ICA-CETESB es “buena” para la E01 y “regular” para la E02.

El nivel de contaminación de la E01, en el mismo año, se clasifica como “muy baja” según los índices ICOMI, ICOMO e ICOSUS. Esta misma clasificación continúa en la E02, según los índices ICOMI e ICOSUS, mientras que según el ICOMO posee un nivel de contaminación “bajo” por el contenido de materia orgánica. Adicionalmente, ambas estaciones están clasificadas en la categoría de “eutrófico” según el ICOTRO.

Los objetivos de calidad de la Resolución 239 de 2007, establecidos a largo plazo para el uso del río Santo Domingo para la preservación de flora y fauna, en el municipio de Manzanares se están cumpliendo a cabalidad en la estación 433-E02. Mientras que en la estación 433-E01 hay un incumpliendo con respecto a las sustancias de interés sanitario, pues se detecta la presencia de CN (en niveles no cuantificables) en el punto.

3.3.2. Municipio de Marulanda

El municipio de Marulanda cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en el río Hondo. Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 446-E01 se encuentra ubicada antes de la primera descarga del municipio y la estación 446-E02 está ubicada después de la última descarga del municipio (ver Tabla 98).

Tabla 98. Estaciones de monitoreo del municipio de Marulanda

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Río Hondo	446-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 8 + 134_Después Q. Los Yuyos	1076563	870698
Río Hondo	446-E02	Después de la última descarga del municipio_k 10 + 888_Antes de la Q. El Tapir	1074620	869095

En la Figura 76 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marulanda, Caldas.

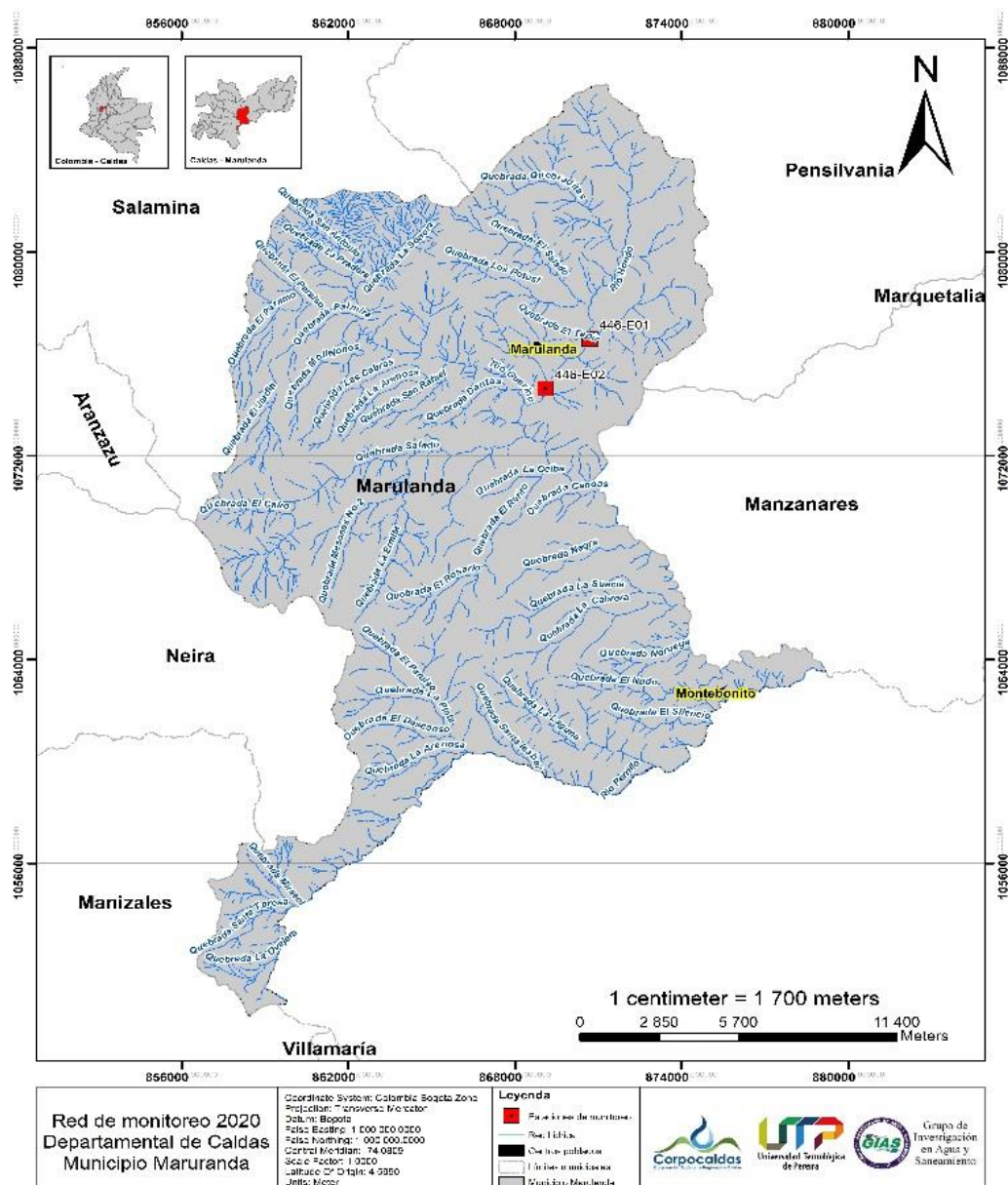


Figura 76 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Marulanda.

3.3.2.1. Campaña de monitoreo municipio de Marulanda

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Marulanda se realizó el día 31 de agosto de 2020, cabe resaltar la presencia de lluvias durante la semana de las actividades de muestreo. En la Tabla 99 se muestra detalladamente la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Marulanda.

Tabla 99. Fecha de recolección de muestras Municipio de Marulanda

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
446-E01	Río Hondo E01	31/08/2020
446-E02	Río Hondo E02	31/08/2020

3.3.2.2. Ensayos in situ

En la Tabla 100 se pueden observar los resultados de los ensayos determinados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo del municipio de Marulanda, Caldas.

Tabla 100. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Marulanda 2020.

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
446-E01	7,72	6,56	36,3	12,7	2,522
446-E02	7,70	6,95	41,5	15	3,380

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 446-E01 y 446-E02 del río Hondo, se puede evidenciar un aumento en la temperatura y el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado con los aportes de los tributarios y vertimientos del municipio de Marulanda. Además, se evidencia que variables como el OD, el pH y la conductividad, no tienen cambios notorios entre las estaciones de monitoreo.

3.3.2.3. Resultados de ensayos de laboratorio

En la Tabla 101 se presentan las concentraciones de las variables analizadas en laboratorio para las estaciones de monitoreo de la red departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Marulanda, Caldas.

Tabla 101. Resultado de los ensayos analizados en laboratorio, municipio de Marulanda.

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		446-E01	446-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	10,0
Sólidos totales	mg/L	47,0	38,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	14,0	18,0
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	0,52	1,22
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,35	0,52
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,02	0,03
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	27,1	22,7
Coliformes Totales	UFC/100 mL	32	520

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		446-E01	446-E02
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	3	120
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	28,60	29,30
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	19,10	11,40
Turbidez	UNT	7,00	9,70
Grasas & Aceites	mg/L	13,00	13,00
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	ND	9,70
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	7,40	7,70
Color real	U Pt- Co	12,90	14,60
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,02	0,17
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	<0,05
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	--	--
Mercurio	mg Hg/L	--	--

--Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

ND: No detectable.

NR: No reportado.

Con respecto a las concentraciones de DBO₅, se puede notar que entre las estaciones 446-E01 y 446-E02 no hay un cambio perceptible, esto se puede atribuir a que los aportes de los vertimientos residuales no tienen mayor incidencia de esta variable en el río Hondo. Sin embargo, la concentración de DQO pasa de ser <5,00 mg O₂/L en la estación 446-E01, a ser de 10,00 mg O₂/L en la 446-E02, lo cual podría indicar que existe un aporte de los vertimientos municipales en forma de materia orgánica más difícil de degradar biológicamente.

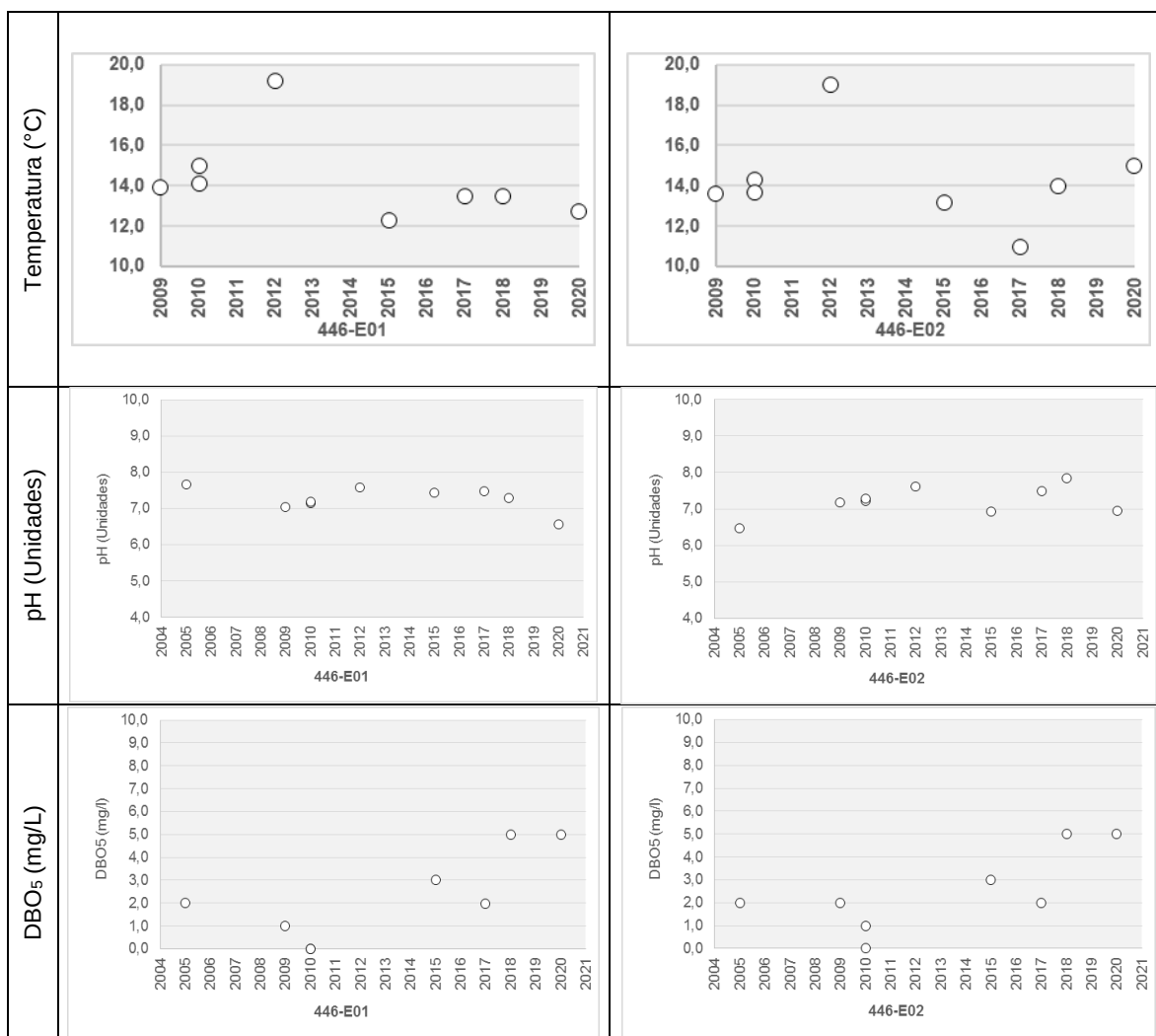
Se puede observar que las variables: sólidos suspendidos totales, turbidez y color real tienen una tendencia a aumentar su concentración entre la estación E01 y la estación E02, esto puede estar relacionado con los procesos antrópicos que se generan sobre el río o provocado por las precipitaciones que se presentaron en la semana de la campaña de monitoreo. Asimismo, los valores de nitrógeno total Kjeldahl (NTK), nitrógeno amoniacal y nitritos, también aumentan sus concentraciones de una estación a otra. Adicionalmente, los valores de fósforo total también aumentan en la E02, con respecto a la E01, esto posiblemente relacionado con el aporte de las descargas municipales al río Hondo.

Por su parte, variables como los coliformes totales y fecales aumentan entre la estación 446-E01 y la estación 446-E02, del mismo modo que la dureza total, los cloruros y los sulfatos. Mientras que variables como los sólidos totales, la dureza cálcica y la alcalinidad, reflejan que los vertimientos que entran al río podrían tener un efecto disolutivo sobre estos.

Finalmente, variables como fósforo soluble, nitratos y sustancias activas de azul de metileno (SAAM), no exhiben cambios aparentes entre ambas estaciones de monitoreo.

3.3.2.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Marulanda

En la Figura 77 se muestran los perfiles históricos de calidad para las variables: temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales SST) y coliformes fecales para las estaciones 446-E01 y 446-E02, ubicadas en el río Hondo.



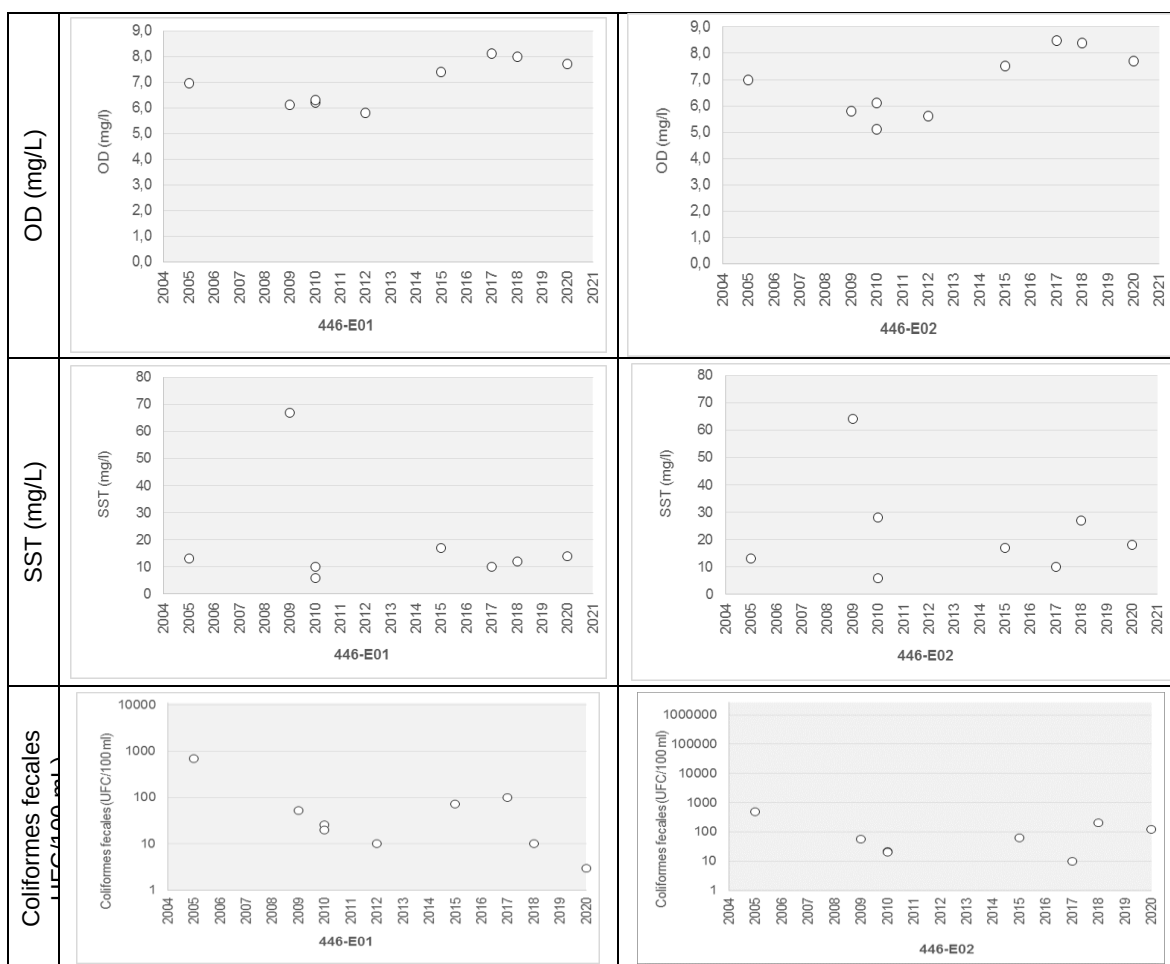


Figura 77 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Hondo.

3.3.2.5. Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de las estaciones 446-E01 y 446-E02 del río Hondo. A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020 del río Hondo.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Hondo en el municipio de Marulanda, Caldas. En la Figura 78 se puede observar que para la estación 446-E01 la calidad del agua se ubica en la clasificación "Aceptable" en toda la serie histórica. Para la estación 446-E02 la calidad del agua se ha ubicado "Aceptable" para todos los años de registro histórico.

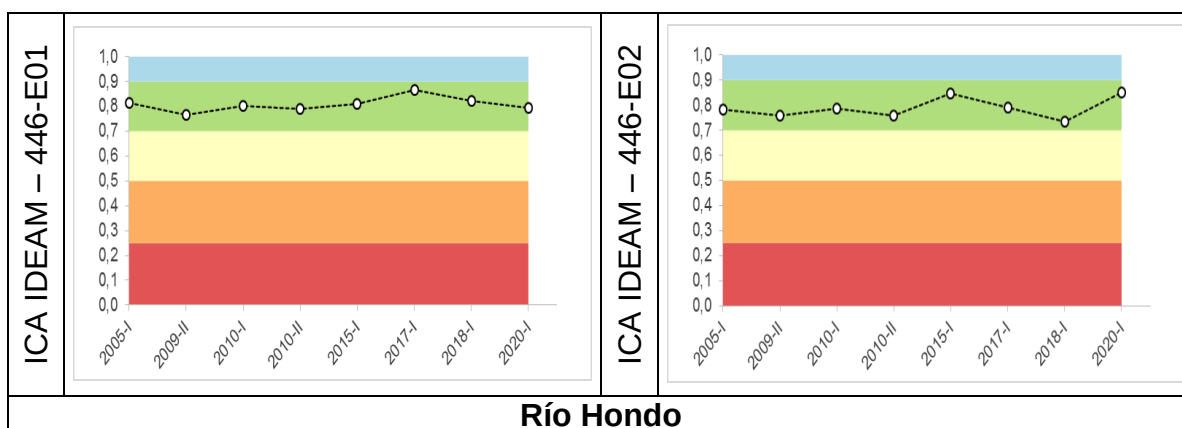


Figura 78 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Hondo, municipio de Marulanda.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA IDEAM para las estaciones 446-E01, 446-E02 del municipio de Marulanda (ver Tabla 102).

Tabla 102. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Marulanda 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	446-E01	446-E02
Marulanda	Valor	0,7920	0,8510
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

- **ICA-CETESB**

En la Figura 79 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el río Hondo en el municipio de Marulanda. En la figura se observa que el ICA-CETESB para la estación 446-E01 ha sido generalmente de "Buena" calidad, pero para el presente año 2020 la clasificación paso a "Excelente". En la estación 446-E02 el ICA-CETESB se ha encontrado en la categoría de "Buena" calidad en la mayoría de la serie histórica, para la primera campaña del año 2020 donde se mantuvo en "Buena" calidad.

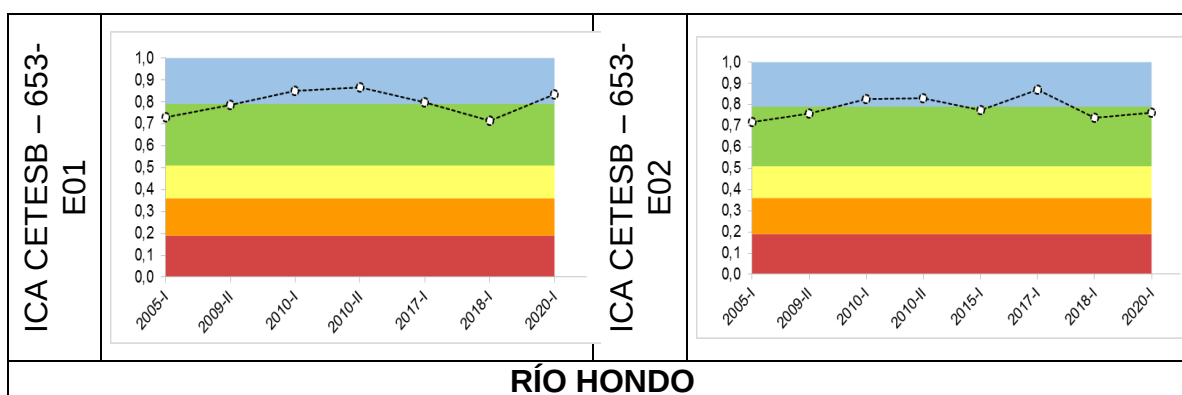


Figura 79 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marulanda.

A continuación, se expone los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020 en las estaciones de monitoreo del municipio de Marulanda (ver Tabla 103).

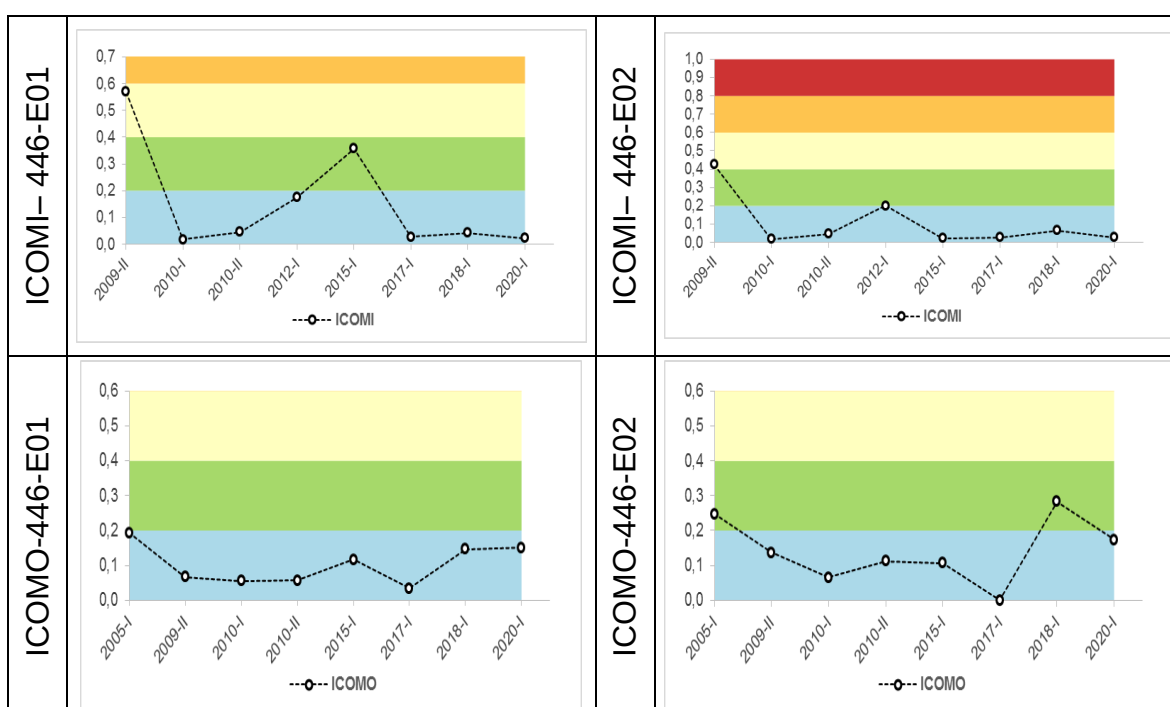
Tabla 103. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Marulanda año 2020

Municipio	ICA-IDEM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	446-E01	446-E02
Marulanda	Valor	0,8346851	0,76325298
	Clasificación	Excelente	Buena

- **ICOS**

En la Figura 80 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Hondo 446-E01 y 446-E02. En la estación E01 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “baja” y “muy baja”. Los valores de los índices ICOMI están en un rango de “Media” “Baja” y “Muy baja” contaminación concluyendo que no hay contaminación por mineralización. Igualmente, para el caso del índice ICOSUS e ICOMO presentan un rango de “muy baja” contaminación.

Se pudo observar de los valores históricos obtenidos del cálculo del índice del ICOMO para la estación E02, que se ha encontrado entre la clasificación de “baja” y “muy baja” contaminación. Los valores de los índices ICOMI se han mantenido en la categoría de “Muy baja” contaminación. De igual manera, para el caso de los ICOSUS presenta una clasificación de “muy baja” contaminación durante toda la serie histórica.



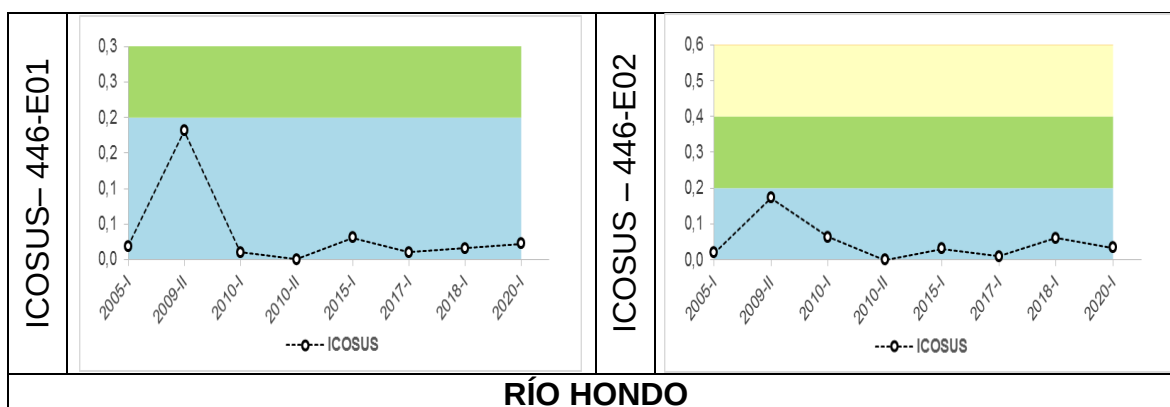


Figura 80 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Hondo.

Los resultados de los ICOS para el año 2020 para la estación 446-E01 se encuentra en la categoría de “Baja” para el Índice ICOMI. Para el índice ICOSUS se encuentra en la categoría “Muy baja”. Con respecto al índice ICOMO, la estación presenta niveles de “Muy baja” para la estación E01. La estación 446-E02 presenta niveles de ICOMI se encuentra en la categoría de “Muy baja” para el índice ICOSUS se encuentra en la categoría “Muy baja”. Con relación para el índice ICOMO se encuentra en la categoría “Muy baja”. A continuación, en la Tabla 104 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las cuatro estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Marulanda.

Tabla 104. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Marulanda, 2020.

Municipio	Estaciones	446-E01	446-E02
Marulanda	Índice	ICOMI	
	Valor	0,0226	0,0270
	Clasificación	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,15	0,17
	Clasificación	Muy bajo	Muy bajo
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,0220	0,0340
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

• ICOTRO

En la Figura 81 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el río Hondo en el municipio de Marulanda, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo. Se observa que para la estación E01 en las campañas de monitoreo de los años 2017 había cambiado sus valores, tomando la categoría de “Hipereutrófico”, pero para la campaña del 2020 estuvo en la

categoría de “Eutrófico”. Para la estación E2 se conservó en la categoría de “Eutrófico”.

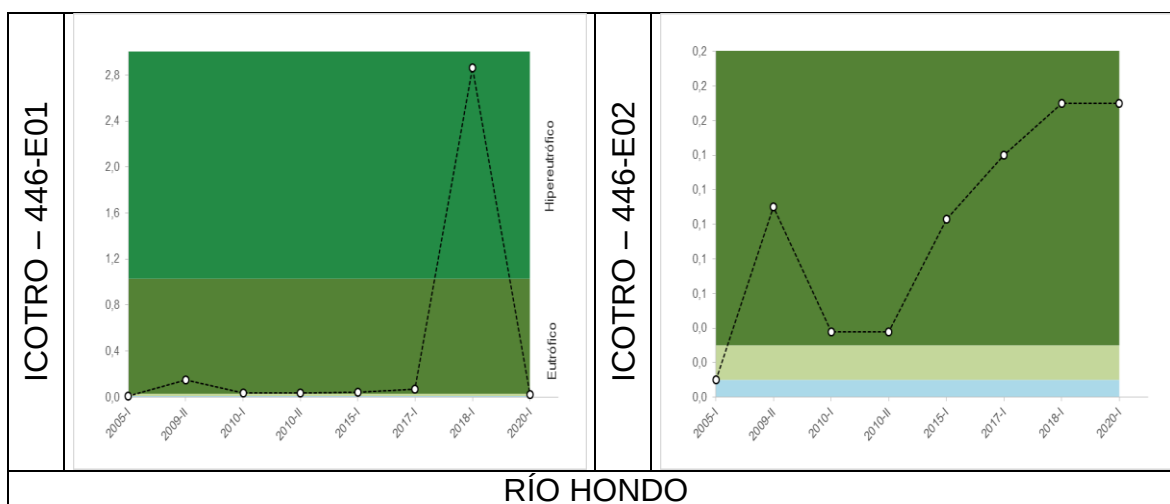


Figura 81 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marulanda.

Los resultados del ICOTRO para el año 2020 para las estaciones 446-E01 y 446-E02 están en la categoría de “Eutrófico”. A continuación, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo del río Hondo (ver Tabla 105).

Tabla 105. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Marulanda 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	653-E01	653-E02
Marulanda	Valor	0,0200	0,1700
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.3.2.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo, definidos en la Resolución 0239 de 2007, preservación de flora y fauna, para el río Hondo en el municipio de Marulanda, Caldas.

Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene en cuenta el tramo dos (2) que se encuentra ubicado desde la estación Marulanda E1 hasta la estación Marulanda E2. Se compararon los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución, de preservación de flora y fauna, observando que los valores encontrados en campo y en el laboratorio para la estación E01 cumplen con los valores límites determinados en la resolución. Con respecto a la estación E02 el parámetro material flotante y espumas no cumple con los valores límites. Para el resto de los parámetros cumplen según la resolución 239 de 2007 (ver Tabla 106).

Tabla 106. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 (Río Hondo)

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 446-E01	Estación 446-E02
Uso agrícola restringido	pH	Unidades	6,5-9,0	6,56	6,95
	OD	mg/L	>5	7,72	7,70
	Conductividad	(μ S/cm)	--	36,3	41,5
	DQO	mg/L	--	5,00	10,0
	DBO ₅	mg/L	≤5,0	<5,00	<5,00
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	0,52	1,22
	SST	mg/L	<50	14,0	18,0
	ST	mg/L	-	47,0	38,0
	Turbiedad	UNT	<100	7,00	9,70
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	3,00	120
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	32	520
	Color real	Unidades Pt/Co	--	12,90	14,6
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0,05	0,05
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Presencia
	Sustancias de interés sanitario	N/A	Ausente	Ausente	Ausente

NR: No reportado

3.3.2.7. Conclusiones

- **Río Hondo**

Aunque se evidencia la existencia de un efecto de las descargas municipales de Marulanda sobre el río Hondo, en el aumento (y disminución en otros casos) de la concentración de las variables estudiadas, se aprecia que en el río posee una buena calidad en términos generales.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones del río Hondo en el año 2020, señalan que el nivel de contaminación es: “aceptable” según el ICA-IDEAM. Adicionalmente, según el ICA-CETESB la E01 tiene un nivel de calidad “excelente” y la E02 tiene un nivel de calidad “bueno”.

Según los ICOS calculados en el 2020 para las estaciones de monitoreo 446-E01 y 446-E02, del río Hondo, en el municipio de Marulanda, existe un nivel de contaminación “muy baja” según el ICOMI, el ICOMO y el ICOSUS. Adicionalmente, ambas se encuentran en la clasificación de “eutrófico” según el ICOTRO.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad definidos a largo plazo para el río Hondo, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de material flotante y espumas en la estación 446-E02.

3.3.3. Municipio de Victoria

El municipio de Victoria cuenta con tres (3) estaciones de monitoreo las cuales se encuentran sobre la quebrada el Jardín. Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 867-E01 se encuentra ubicada en la quebrada el Jardín, antes de la descarga de la PTAR del municipio, la estación 867-E02 que se encuentra sobre la misma quebrada el Jardín, después de la descarga de la PTAR. Por último, la estación 867-E03 ubicada sobre la quebrada el Jardín antes de desembocar al río Guarino. En Tabla 107 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 107. Estaciones de monitoreo del municipio de Victoria.

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Q. El Jardín E1	867-E01	Antes de la descarga de la PTAR_k 2 + 070	1079635	909056
Q. El Jardín E2	867-E02	Después de la descarga de la PTAR_k 2 + 497	1079301	909262
Q. El Jardín E3	867-E03	Antes de desembocar al Río Guarino_k 6 + 017	1077635	911290

En la Figura 82 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Victoria, Caldas

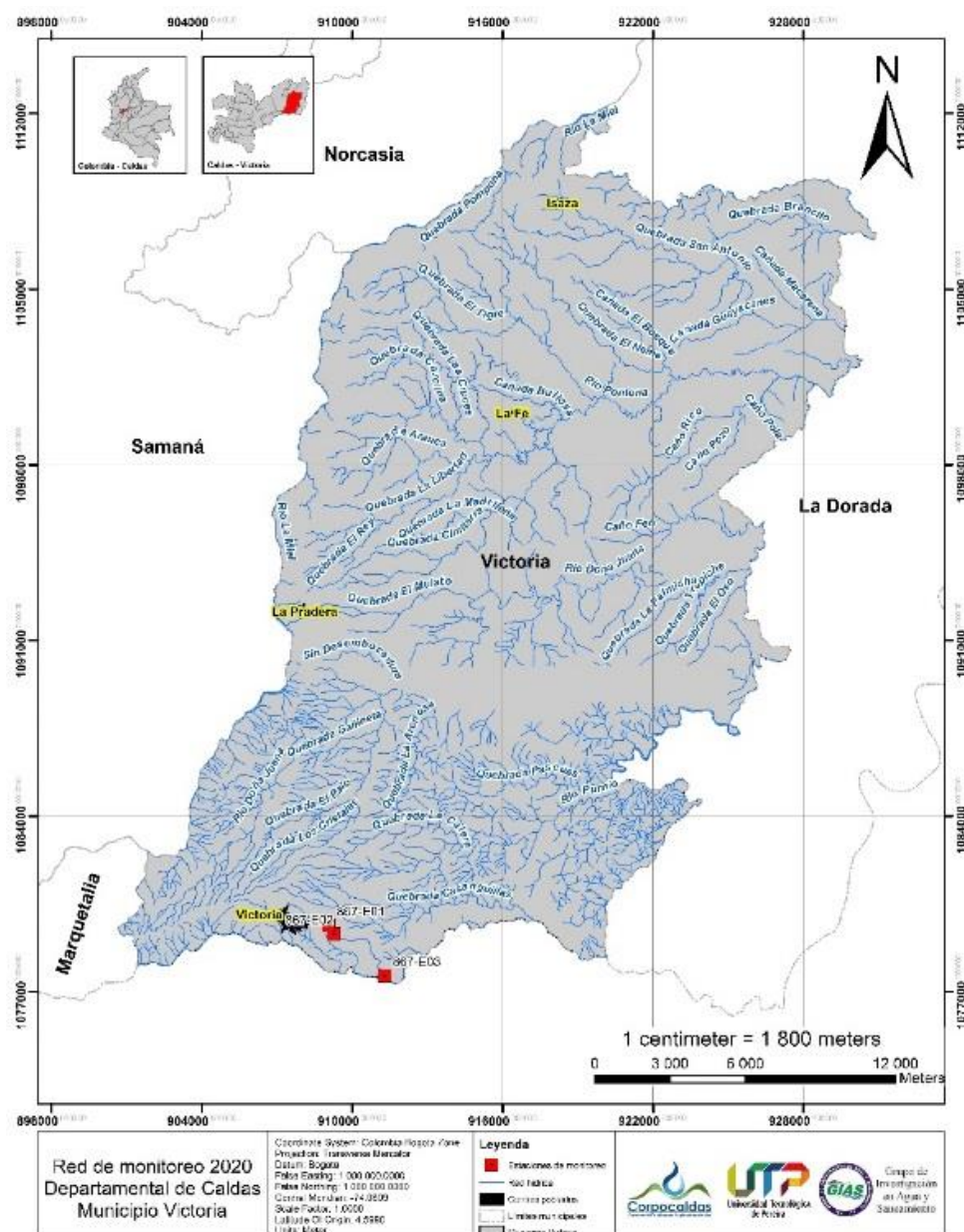


Figura 82 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Victoria.

3.3.3.1. Campaña de monitoreo municipio de Victoria

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Victoria, se realizaron el día 01 de septiembre de 2020. En la Tabla 108 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Victoria.

Tabla 108. Fecha de recolección de muestras Municipio de Victoria

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
867-E01	Quebrada El Jardín E01	01/09/2020
867-E02	Quebrada El Jardín E02	01/09/2020
867-E03	Quebrada El Jardín E03	01/09/2020

3.3.3.2. Ensayos In Situ

En la Tabla 109 se pueden observar los resultados de los ensayos llevados a cabo en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Victoria, Caldas.

Tabla 109. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - Victoria 2020.

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
867-E01	7,66	7,16	114,2	25,5	0,066
867-E02	6,74	7,45	118,6	25,6	0,191
867-E03	8,13	6,54	99,2	25	0,212

- **Quebrada El Jardín**

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 867-E01 867-E02, se puede evidenciar un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado con los aportes de los vertimientos del municipio de Victoria y a los pequeños tributarios o nacimientos que se encuentran alrededor de la quebrada El Jardín. En relación con las variables pH y conductividad, se puede encontrar un aumento de una estación a otra, lo que puede ser atribuido al efecto anteriormente mencionado. Teniendo presente que para la última estación de monitoreo (867-E03) se evidencia una disminución de dicha variable, lo cual puede ser atribuido a que en ese trayecto no se evidencien más vertimientos que puedan contribuir a la fuente receptora. En el caso del OD, se aprecia una disminución entre la primera y segunda estación, seguido de un aumento significativo hacia la última estación.

3.3.3.3. Resultados de ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 110 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Victoria, Caldas.

Tabla 110. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Victoria

Ensayo (s)	Unidades	Estación código		
		867-E01	867-E02	867-E03
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00	20,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	5,97	<5,00	43,30
Sólidos totales	mg/L	81	84	76
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<10,0	<10,0	<10,0
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	1,04	3,07	0,70
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,35	0,64	0,41
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	4,40	4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,185	0,522	0,71
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	45,4	46,5	38,9
Coliformes Totales	UFC/100 mL	74000	67000	8400
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	36000	29000	3800
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	49,70	47,80	65,80
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	27,20	25,70	29,90
Turbidez	UNT	6,00	8,00	6,60
Grasas & Aceites	mg/L	10,00	10,0	13,00
Cloruros	mg Cl-/L	3,22	4,45	5,44
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	6,10	6,80	7,30
Color real	U Pt- Co	14,40	21,10	15,50
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,20	0,85	0,23
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,13	0,16	0,17
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,08	0,05	0,05
Cianuro	mg CN/L	--	--	--
Mercurio	mg Hg/L	--	--	--

-- : variable no solicitada en la muestra.

< LCM: menor al Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

ND: No detectable

• Quebrada El Jardín (Victoria)

Las concentraciones de DBO₅ en la estación E01, se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,00 mg O₂/L). La concentración de DQO encontrada en la estación E01 es de 5,97 mg O₂/L. Con respecto a las concentraciones de DQO y DBO₅ para la estación 867-E02, se puede evidenciar que las concentraciones se encuentran igualmente por debajo del límite de cuantificación, por lo cual podemos asumir que después de la descarga de la PTAR a la quebrada El Jardín no hay un cambio significativo con respecto a la estación 867-E01. Para la estación 867-E03 se puede evidenciar que hay un cambio significativo para las concentraciones de DBO₅ y DQO, de acuerdo con lo visualizado en campo se puede inferir que en el trayecto de la quebrada El Jardín desde la estación 867-E02 hasta la estación 867-E03, la presencia de casas,

fincas y de ganado bovino podría estar generando vertimientos en algún tributario de la quebrada el Jardín o sobre esta misma.

La concentración de sólidos totales, sólidos suspendidos totales y la turbidez tienen una tendencia a incrementar su concentración de la estación 867-E01 a la estación 867-E02, esto podría estar relacionado con el vertimiento de la PTAR del municipio de Victoria, por lo anterior se puede inferir que la reducción en la concentración de estos ensayos para la estación 867-E03, estaría atribuida a los procesos de degradación natural propendidos por la quebrada el Jardín.

Los valores de nitrógeno total Kjeldahl (NTK), nitritos y nitratos también aumentan sus concentraciones de una estación a otra. Así mismo, para los valores de fósforo total y fósforo soluble se evidencia un aumento, esto posiblemente relacionado también con la descargar final del vertimiento de la PTAR del municipio de Victoria. Para la estación 867-E03 la concentración sigue siendo menor que en las otras dos estaciones.

Los coliformes totales y fecales tienden a aumentar su concentración desde una estación a la otra, esto puede atribuirse a los aportes de los vertimientos del municipio de Victoria a la quebrada El Jardín. Para la estación 867-E03 los coliformes totales y fecales tienden a disminuir notoriamente.

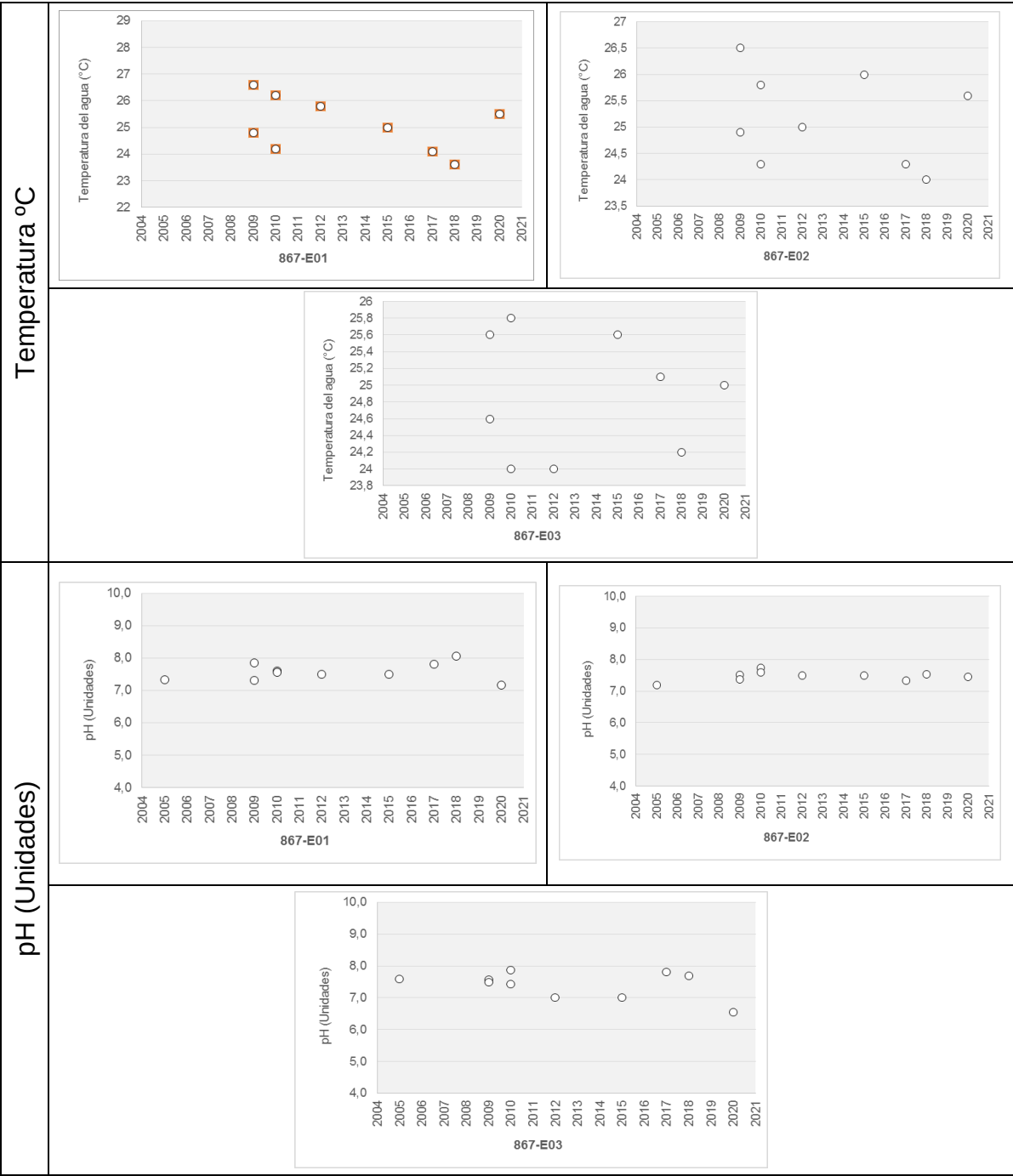
En cuanto a los valores de alcalinidad, dureza total y cloruros, se observa un aumento de las concentraciones entre ambas estaciones de monitoreo, probablemente atribuibles al aporte del vertimiento final de la PTAR del municipio, el hecho de que el valor de la dureza cálcica disminuya de una estación a otra, puede indicar que la dureza magnésica es la principal fuente de contribución para el incremento de la dureza total. De otro lado, el aumento en la concentración de cloruros y sulfatos en la estación E03 podría relacionarse con la contribución de las descargas que puedan existir cerca a la fuente receptora. En cuanto a los valores de color real y turbidez, se evidencia un aumento entre las estaciones E01 y E02 esto puede estar relacionado con la descarga final de la PTAR del municipio de Victoria. A los cuales, también se les podría atribuir el aumento en la concentración de las grasas y aceites en la estación 867-E03, en donde es mayor que las estaciones 867-E1 y 867-E2.

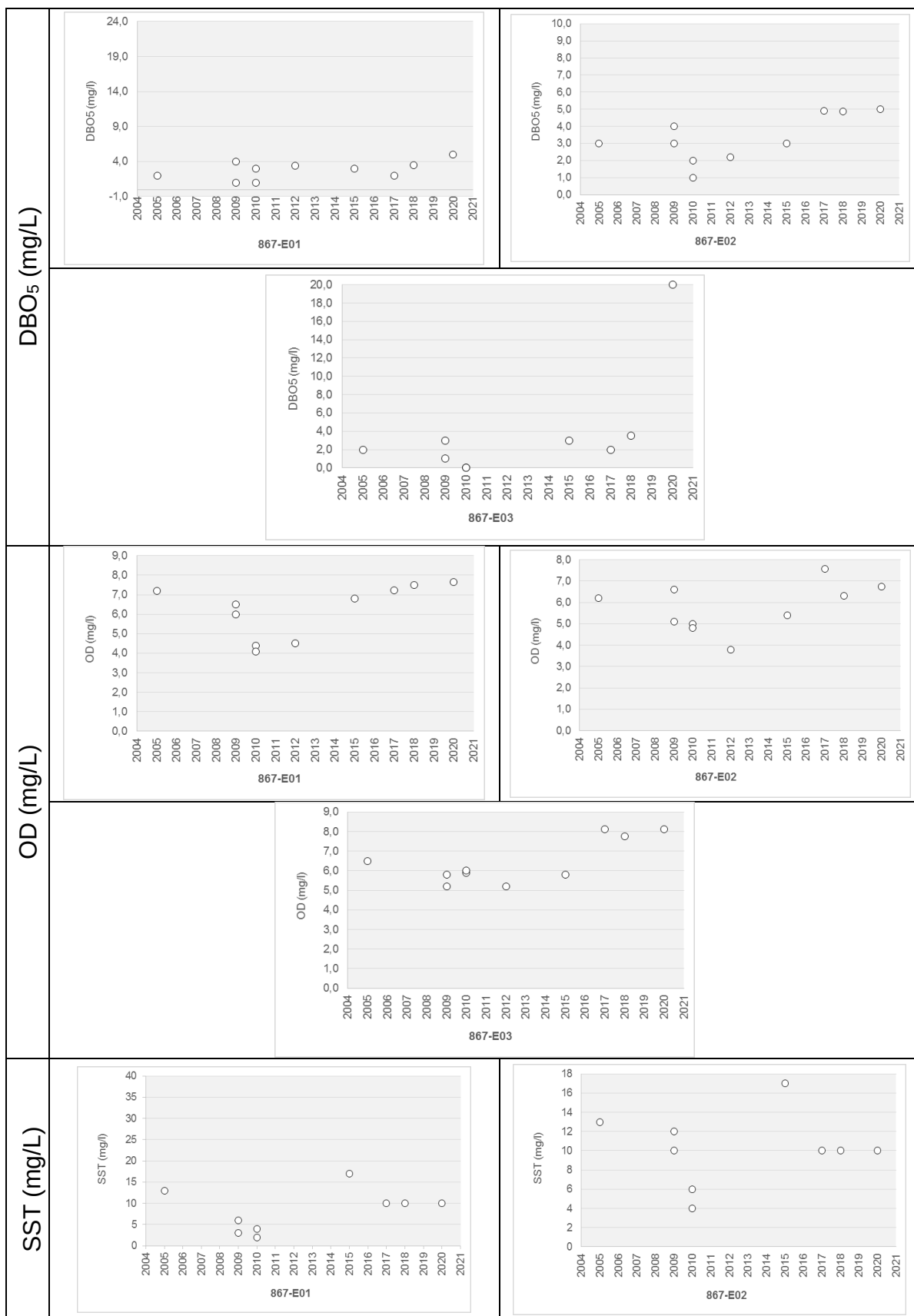
Por otro lado, las concentraciones de sustancias activas de azul de metileno (SAAM), sufren una disminución de una estación a otra, indicando que también puede tener relación la PTAR.

3.3.3.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Victoria

En la Figura 83 se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo, lo que a su vez permite establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período 2005 – 2020. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos

totales (SST) y Coliformes Fecales para las tres (3) estaciones ubicadas en el municipio de Victoria.





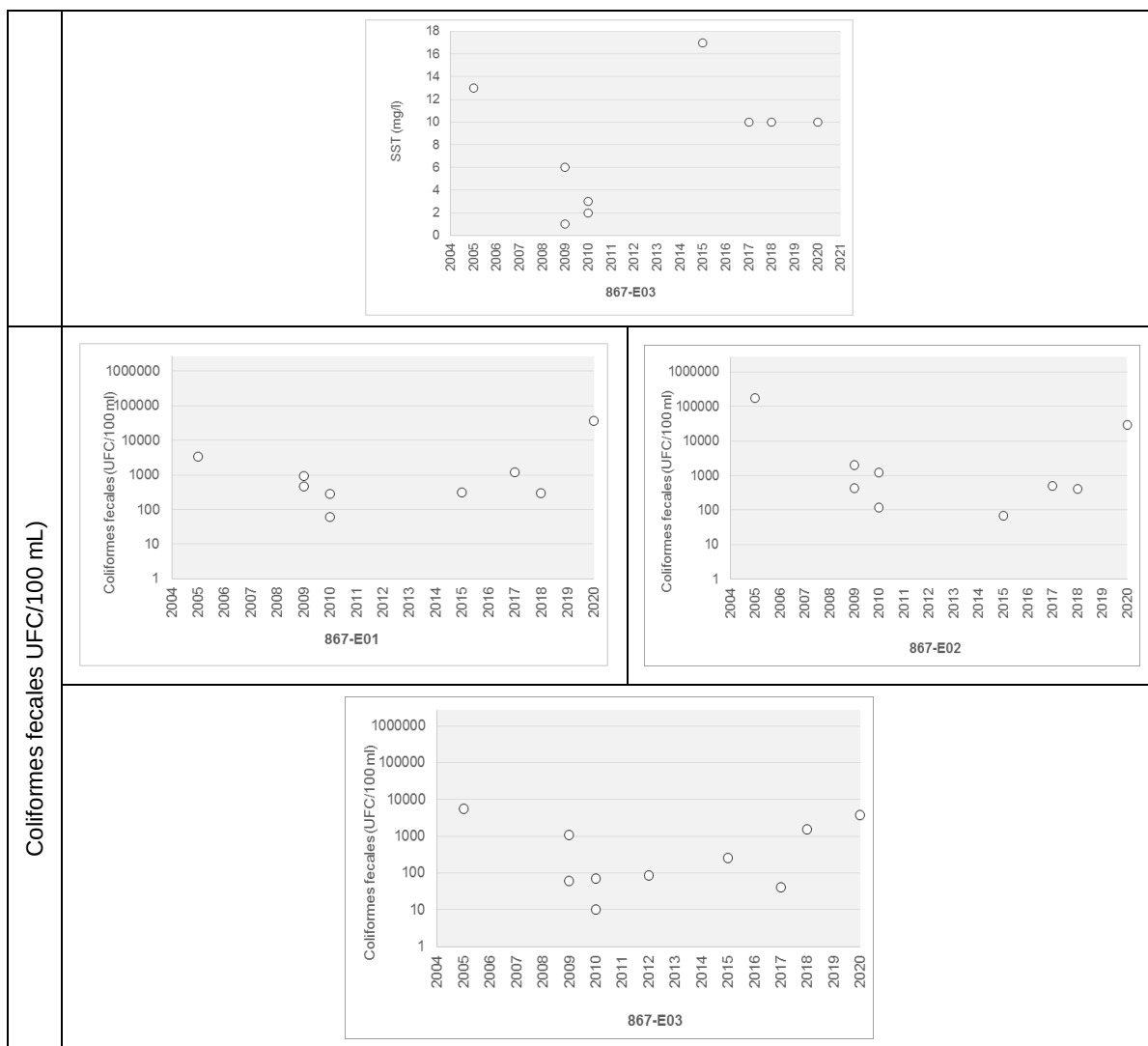


Figura 83 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada El Jardín.

3.3.3.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (CETESB e IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de una o más variables requeridas para la determinación del índice. En congruencia con esto, se calcularon para los datos disponibles en el archivo oficial entregado por Corpocaldas.

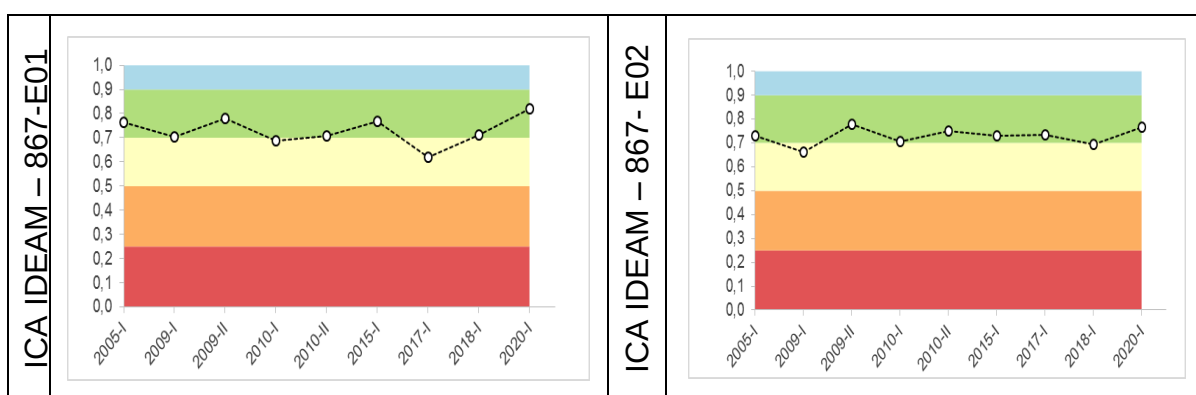
Como en el laboratorio de Corpocaldas no se reportaron los valores de nitrógeno total, el cual es la sumatoria de los nitritos, nitratos y nitrógeno total Kjeldahl, se optó por usar el valor del NTK reportado por el laboratorio de Corpocaldas como el valor que mayor le aporta a la suma del nitrógeno total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los nitritos y nitratos se encuentran en unidades de

mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de coliformes fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de Corpocaldas se encuentra en unidades formadoras de colonia (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO asumiendo que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, así los métodos analíticos sean distintos.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Victoria, Caldas. En la Figura 84 se puede observar que para la estación 867-E01 la calidad del agua se ubica en "aceptable" para las primeras campañas de monitoreo, para luego tener valores por debajo del rango obteniendo una clasificación de "regular" para el año 2017-I, y en las siguientes campañas se mantiene en valores "aceptables". Para la estación 867-E02 la calidad del agua se halla "aceptable", solo en el año 2009-I su valor se señaló como "regular". Para la estación 867-E03 la calidad del agua se halla "regular" para el año 2009-I, y "aceptable" para todos los demás datos históricos registrados.



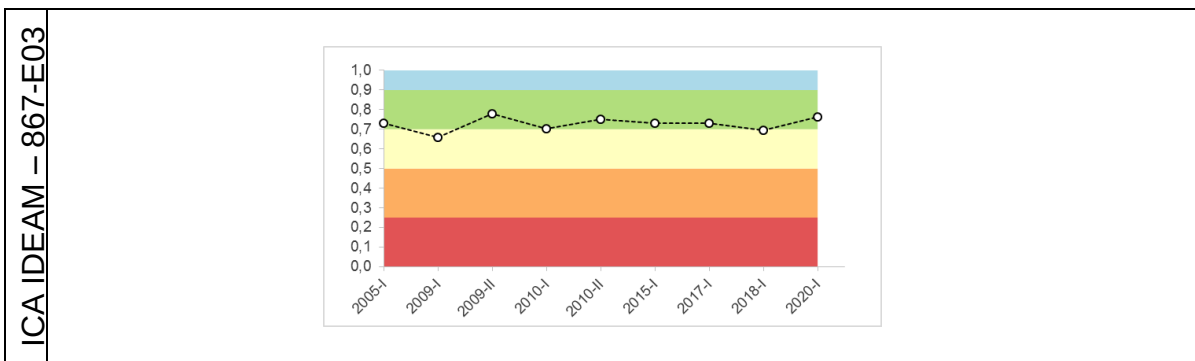


Figura 84 Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Victoria.

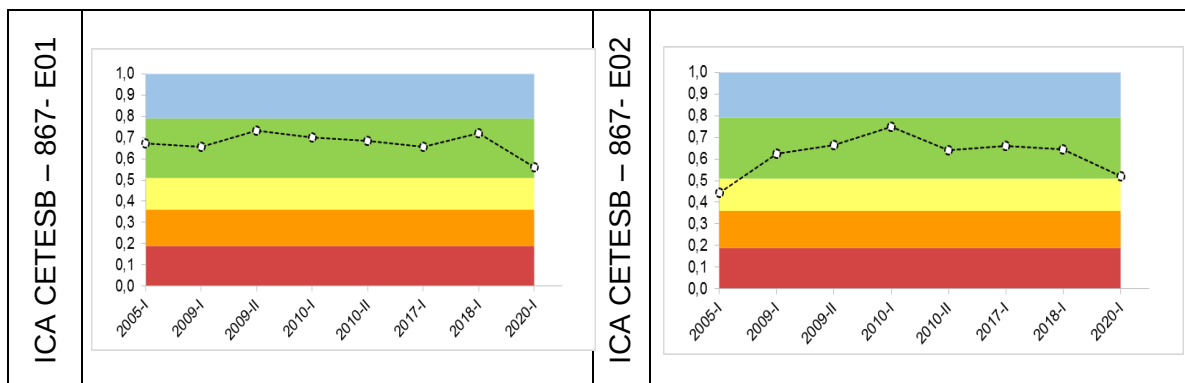
Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para todas las estaciones 867-E01, 867-E02 y 867-E03 se conservó en la categoría de “aceptable”. En la Tabla 111 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA IDEAM para el año 2020 en las tres (3) estaciones de monitoreo del municipio de Victoria.

Tabla 111. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Victoria año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)			
	Estación	867-E01	867-E02	867-E03
Victoria	Valor	0,8191	0,7644	0,6520
	Clasificación	Aceptable	Aceptable	Regular

• ICA-CETESB

En la Figura 85 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Victoria. En la figura se observa que el ICA-CESTESB ha mostrado una calidad "buena" en todas las estaciones monitoreadas, con un comportamiento similar al ICA-IDEAM, sin embargo, este índice considera algunas variables adicionales como DBO₅ y coliformes fecales.



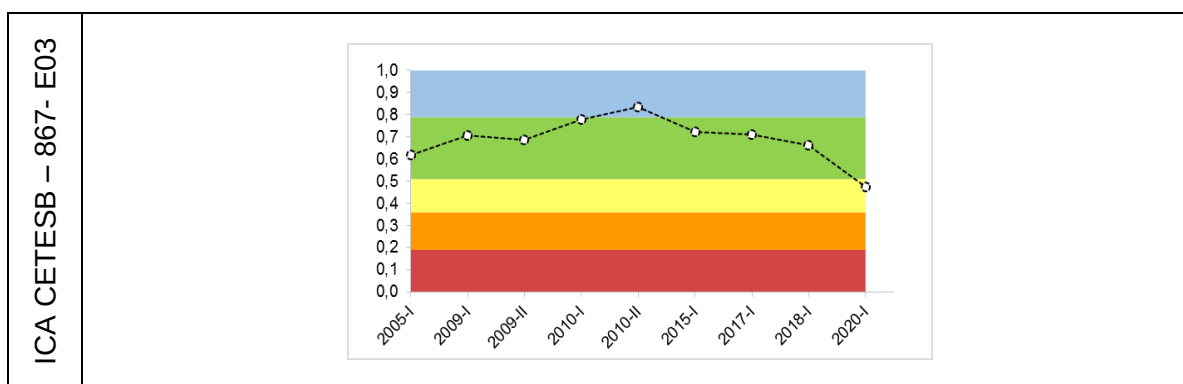


Figura 85 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Victoria.

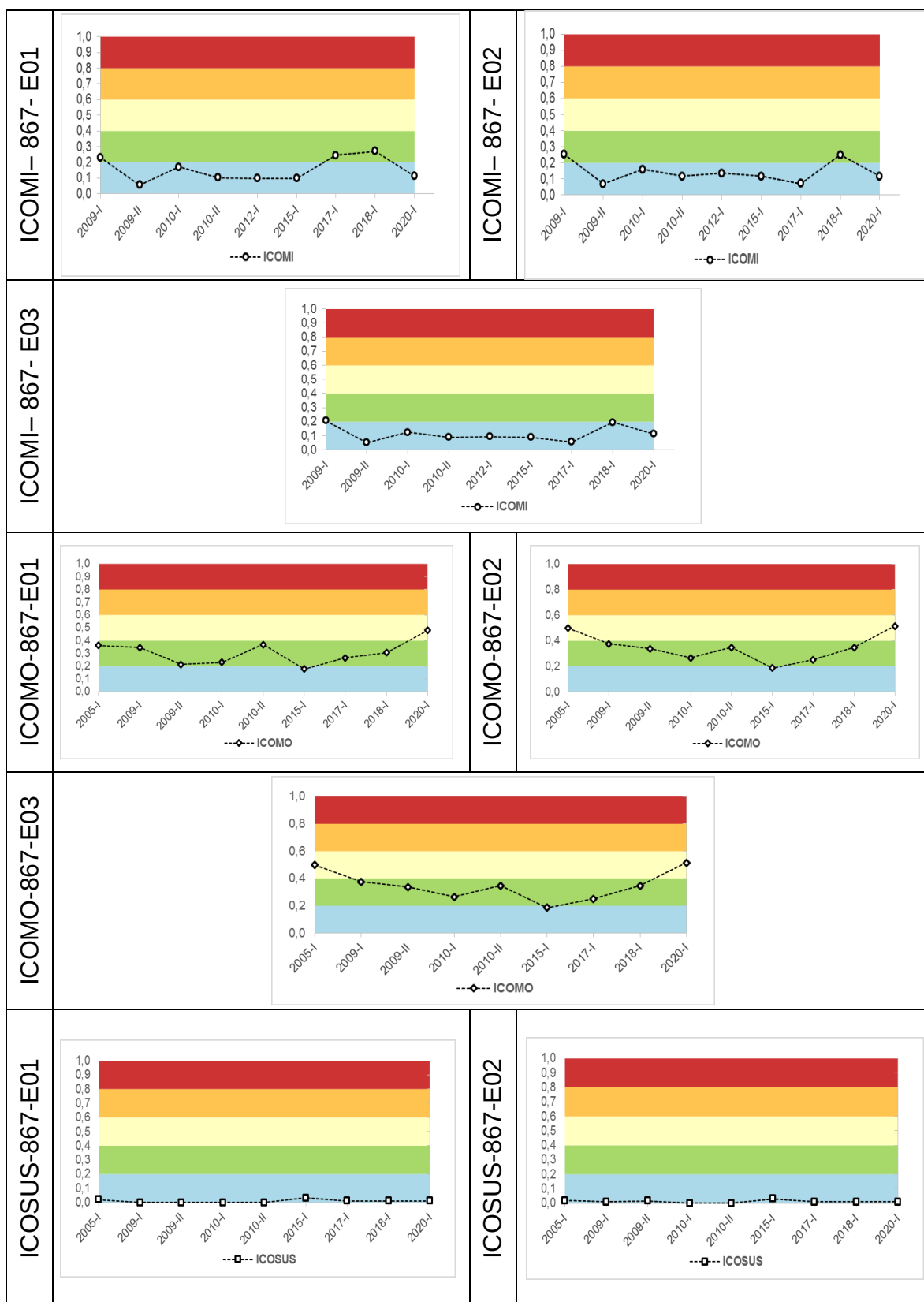
Los resultados del ICA-CETESB del año 2020 para las estaciones 867-E01, 867-E02 y 867-E03 se exponen en la Tabla 112.

Tabla 112. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Victoria 2020.

Municipio	ICA-CETESB			
	Estación	867-E01	867-E02	867-E03
Victoria	Valor	0,5597734	0,51939863	0,47474
	Clasificación	Regular	Regular	Regular

- **ICOS**

En la Figura 86 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 867-E01, 867-E02 Y 867-E03 de la serie histórica analizada. En la estación E01 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “baja” y “muy baja”. Los valores de los índices ICOMI están en un rango de “baja” contaminación y para el caso de los ICOSUS presenta un rango de “muy baja” contaminación. El valor de ICOMO para el año 2020 se representa un nivel de contaminación “media” debido al incremento de las concentraciones en variables como los coliformes totales. Para la estación E02, en relación con los valores de ICOMI, se puede observar en la Figura 86 que históricamente se ha tenido una tendencia a baja contaminación por mineralización, pero se da un cambio para el año 2015 y 2020 donde tiene un leve aumento pasando al nivel de contaminación “media”. El índice ICOMO podemos observar que se ha mantenido en la categoría de baja contaminación desde el año 2010 hasta la fecha. Asimismo, el ICOSUS se encuentra en el rango de “muy baja”



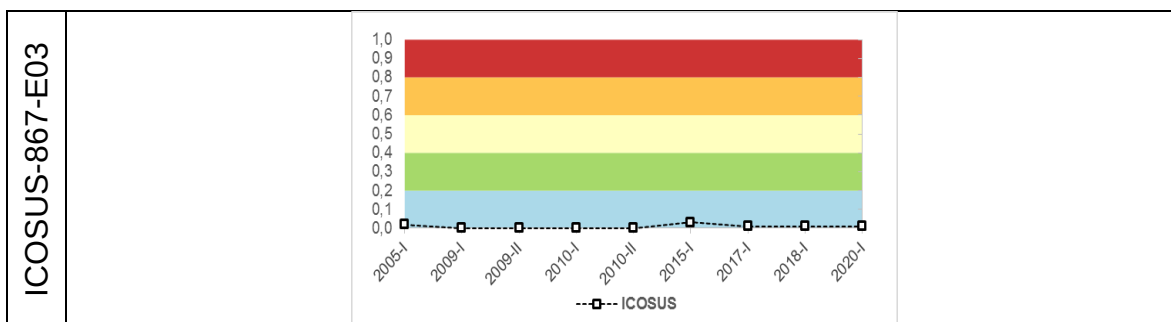


Figura 86 Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo quebrada El Jardín, municipio de Victoria.

- **ICOTRO**

En la Figura 87 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el municipio de Victoria, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice es la concentración del fósforo total, obtenida en el monitoreo. Se observa que para todas las estaciones se presentó un valor extremo en el ICOTRO durante los años 2017 al 2018 pasando a una categoría de “hipereutrófico”. Sin embargo, según los resultados obtenidos en 2020 se muestra que el ICOTRO pasó a ser “eutrófico” para la mayoría de las estaciones.

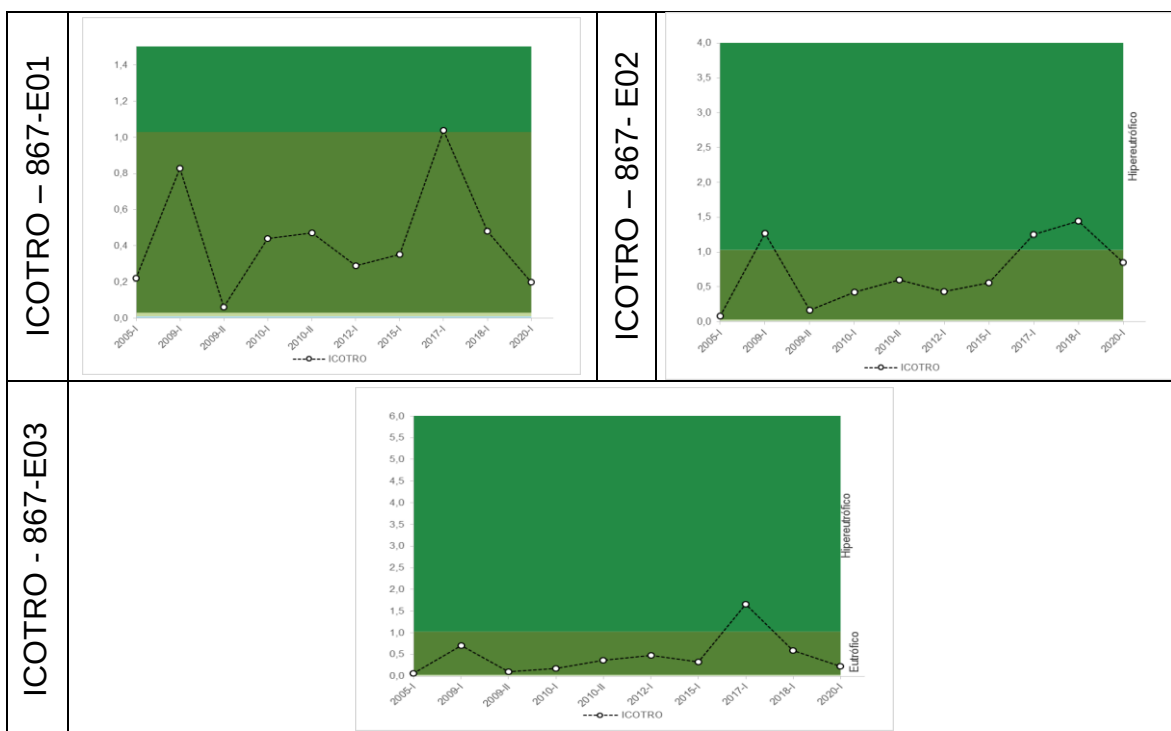


Figura 87 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Victoria.

3.3.3.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el nivel de cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, definidos en la Resolución 239 de 2007, según la cual el para la

quebrada el Jardín en el municipio de Victoria, Caldas, es el uso agrícola restringido (ver Tabla 113).

Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene en cuenta el tramo dos (2) que se encuentra ubicado -desde la estación Victoria E1 hasta la estación Victoria E2-, para lo cual, se compararon los valores obtenidos en campo y en laboratorio, con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución para el uso agrícola restringido. Se observa que los valores encontrados en campo y en el laboratorio para la estación E01 cumplen con todos los objetivos de calidad determinados en la Resolución, igual que la estación E02. No obstante, la E03, no cumple con los parámetros establecidos de DBO₅ y material flotante y espumas.

Tabla 113 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la Resolución 239 de 2007 quebrada El Jardín.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 867-E01	Estación 867-E02	Estación 867-E03
Uso agrícola restringido	pH	Unidades	4,5-9,0	7,16	7,45	6,54
	OD	mg/L	>4	7,66	6,74	8,13
	Conductividad	(μS/cm)	700-3000	114,2	118,6	99,2
	DQO	mg/L	-	5,97	5,00	43,30
	DBO ₅	mg/L	<20,0	5,00	5,00	20,00
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	1,04	3,07	0,70
	SST	mg/L	<50	10,0	10,0	10,0
	ST	mg/L	--	81,0	84,0	76,0
	Turbiedad	UNT	40-100	6,00	8,00	6,60
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	36000	29000	3800
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	74000	67000	8400
	Color real	Unidades Pt/Co	--	14,40	21,10	15,50
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0,08	0,05	0,05
Uso agrícola restringido	Material flotantes y espumas	NA	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	Sustancias de interés sanitario	NA	--	--	--	--

--: variable sin límite establecido en la Resolución 239 de 2007.

NA: no aplica.

3.3.3.7. Conclusiones

- Quebrada El Jardín

Según los análisis de los ensayos *in situ* y en el laboratorio, se puede evidenciar que existe un aporte en concentración de las variables entre las estaciones 867-E01 y 867-E02, debido a la PTAR del municipio de Victoria (Caldas) sobre la quebrada El Jardín.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad de la quebrada El Jardín en las estaciones E01, E02 y E03 es “aceptable”, mientras que, el ICA-CETESB señala que dichas estaciones poseen una calidad “regular”.

De igual forma, se evidencia según el ICOMI y el ICOSUS el nivel de contaminación es “muy bajo” con respecto a mineralización y sólidos suspendidos en las tres estaciones, sin embargo, es “medio” según el ICOMO, demostrando la presencia de materia orgánica en concentraciones considerables. Finalmente, se observa que según el resultado del cálculo del índice ICOTRO, las estaciones 867-E01, 867-E02 y 867-E03, tienen una clasificación de “eutrófico”.

Los objetivos de calidad de la Resolución 239 de 2007, establecidos a largo plazo para la quebrada el Jardín - municipio de Victoria, se cumplen a cabalidad para las estaciones E01 y E02, mientras que para la estación E03 se incumplen con respecto a las variables DBO₅ y Material flotante y espumas.

3.3.4. Municipio Marquetalia

El municipio de Marquetalia cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada Minitas. Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 444-E01, que se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 444-E02, después de la última descarga del municipio (ver Tabla 114).

Tabla 114. Estaciones de monitoreo del municipio de Marquetalia-quebrada Minitas

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Q. 2302-001-063-001 (Q.Minitas E1)	444-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 0 + 674	1077251	891344
Q. 2302-001-063-001 (Q.Minitas E2)	444-E02	Después de la última descarga del municipio_k 2 + 521	1077101	892948

En la Figura 88 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo 444-E01 y 444-E02 ubicadas en el municipio de Marquetalia, Caldas.

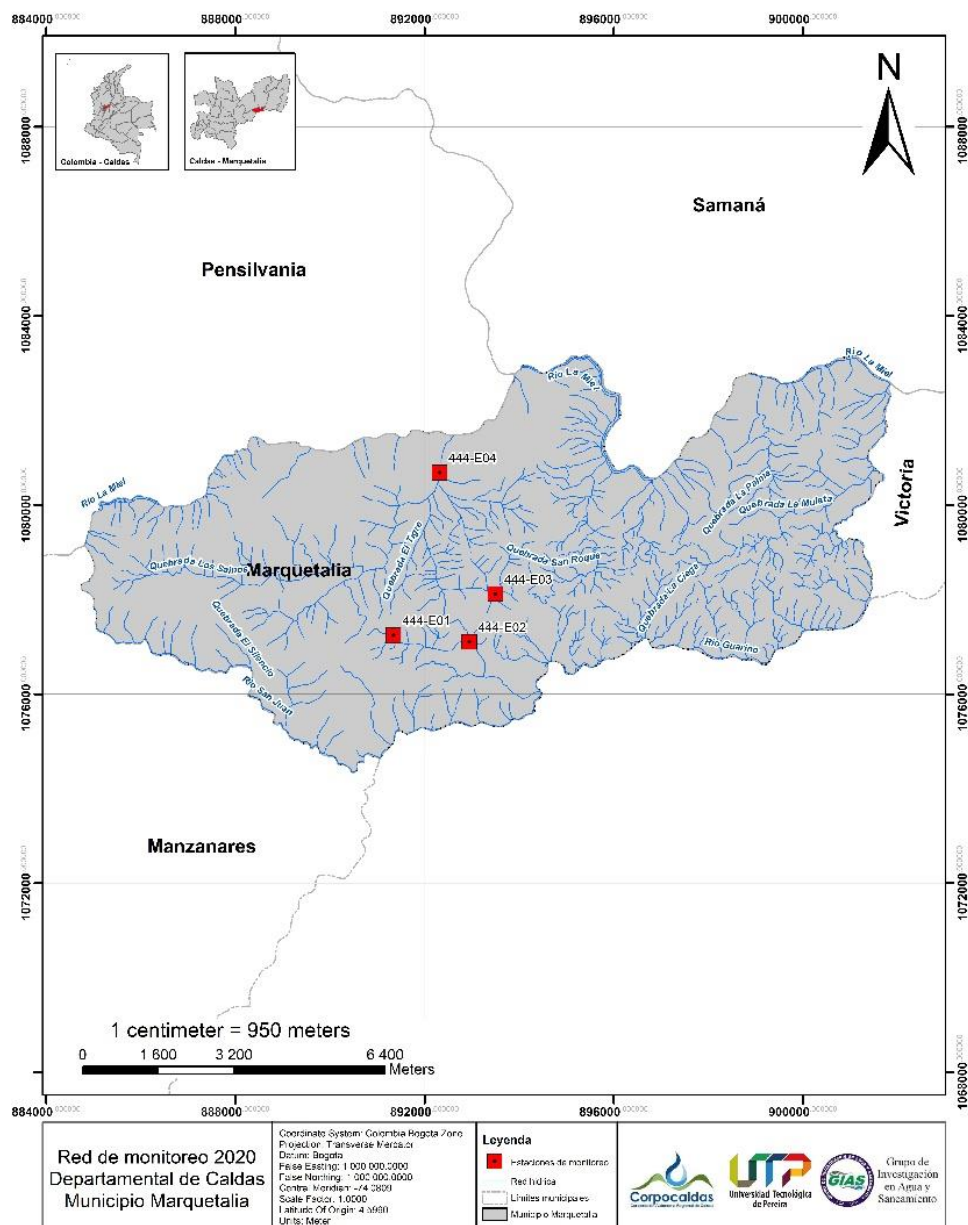


Figura 88 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo 444-E01 y 444-E02 ubicadas en el municipio de Marquetalia, Caldas.

3.3.4.1. Campaña de monitoreo municipio de Marquetalia - Q. Minitas

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Marquetalia fue realizada el día 01 de septiembre de 2020. En la Tabla 115 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Marquetalia.

Tabla 115. Fecha de recolección de muestras Municipio de Marquetalia- Quebrada Minitas.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
444-E01	Q. 2302-001-063-001 (Q.Minitas E1)	01/09/2020
444-E02	Q. 2302-001-063-001 (Q.Minitas E2)	01/09/2020

3.3.4.2. Ensayos in situ

En la Tabla 116 se pueden ver los reportes de ensayos in situ para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Marquetalia, Caldas.

Tabla 116 Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Marquetalia, quebrada Minitas 2020.

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m ³ /s)
444-E01	7,20	8,14	49,7	20,30	0,016
444-E02	8,12	7,43	113,6	11,20	0,087

Se evidencia que existe un aumento considerable de la conductividad en la estación 444-E02. Además, existe un incremento del caudal, entre ambas estaciones de monitoreo. De otro lado, se observa que entre las estaciones E01 y E02, las variables oxígeno disuelto (OD) y temperatura del agua, presentan una disminución en el valor de la estación E02, con respecto a la estación E01, de la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia (Caldas).

3.3.4.3. Resultado ensayos de laboratorio

En la Tabla 117 se presentan las concentraciones de las variables analizadas en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Marquetalia Caldas.

Tabla 117. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Marquetalia- quebrada Minitas.

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		444-E01	444-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	16,00	14,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	35,30	30,10
Sólidos totales	mg/L	40,0	103,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<10,00	<10,00
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	0,29	0,46
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,23	0,35
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	33,30
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,01	0,64
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	26,90	23,20
Coliformes Totales	UFC/100 mL	2700	58000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	400	16000
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	29,20	23,70
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	14,50	16,00
Turbidez	UNT	2,90	5,80

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		444-E01	444-E02
Grasas & Aceites	mg/L	12,00	16,00
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	2,47	5,94
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	6,10	7,20
Color real	U Pt- Co	5,10	12,40
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,02	0,16
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	<0,05
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	-	-
Mercurio	mg Hg/L	-	-

-Variable no solicitada en la muestra

< los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

- **Quebrada Minitas**

Se evidencia que las concentraciones de variables como sólidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, fósforo total coliformes totales y fecales y fósforo total aumentan entre las estaciones 444-E01 y 444-E02, lo cual puede estar relacionado con el aporte de los vertimientos municipales a la quebrada Minitas, en Marquetalia (Caldas).

En términos de variables como la turbidez, el color real, los sulfatos y la dureza cálcica, se observa un aumento menos moderado de la concentración entre la estación 444-E01 y 444-E02. Esto puede ser atribuido, de igual manera, a las descargas municipales sobre la fuente receptora.

Con respecto a variables como la DQO, la DBO₅, la alcalinidad y la dureza total, se percibe una disminución entre las estaciones E01 y E02. De otro lado, variables como los sólidos suspendidos totales (SST), sustancias activas al azul de metileno (SAAM) y fósforo soluble, no reflejan cambios significativos en su concentración, entre las estaciones de monitoreo. Esto es indicativo, de que los vertimientos municipales tienen un efecto disolutivo sobre algunas variables, mientras que, con respecto a la concentración de otras variables estudiadas, se puede apreciar un cambio significativo.

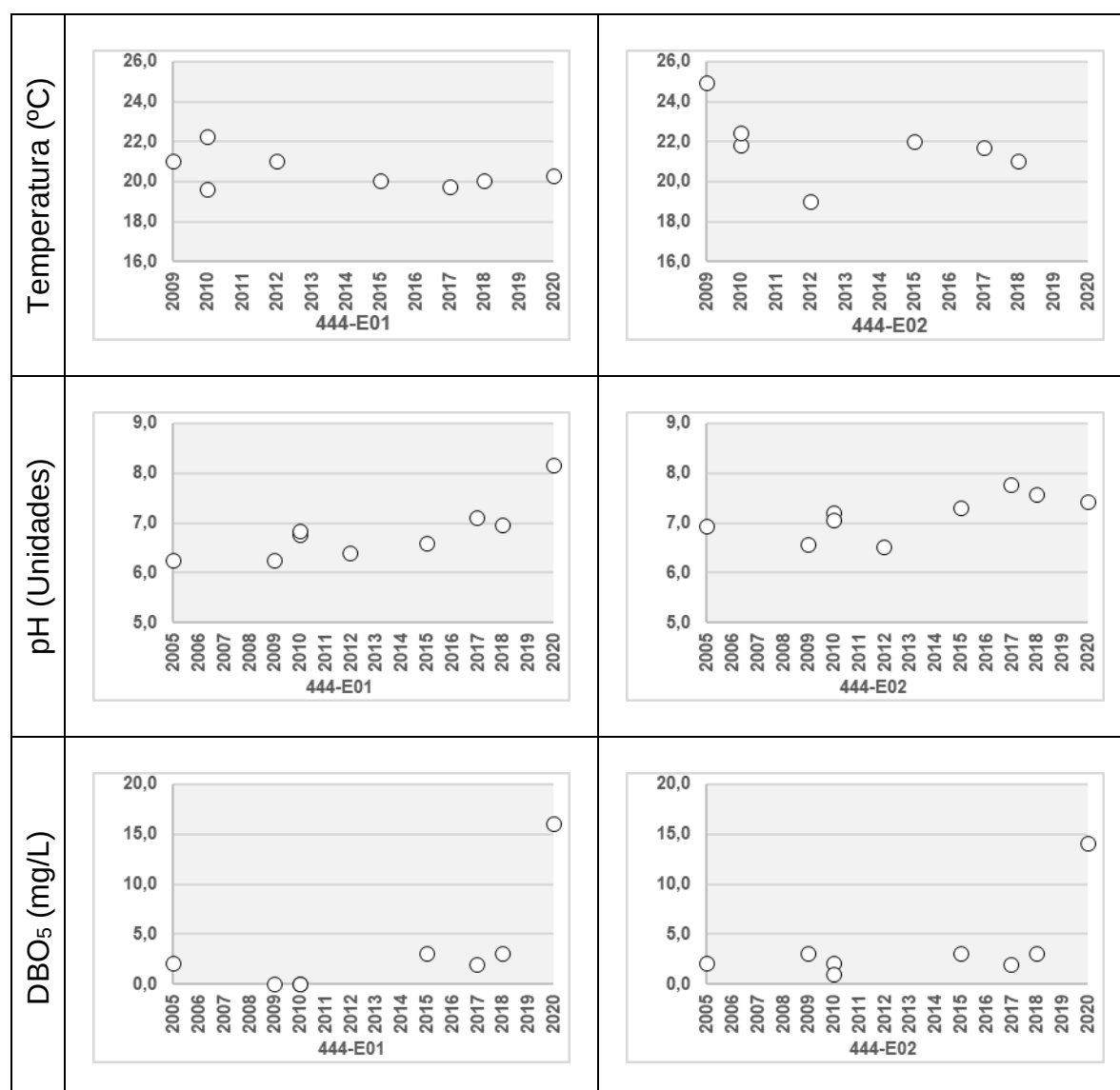
3.3.4.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Marquetalia

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y que permite observar la tendencia en el comportamiento de cada una de las variables analizadas históricamente en el período 2005 – 2020. Se realizaron perfiles históricos para las variables de temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales para las dos (2) estaciones ubicadas en la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia (ver Figura 89).

- **Quebrada Minitas**

Con respecto a la temperatura, se observa una tendencia a aumentar entre la estación 444-E01 y 44-E02. De igual forma sucede con el pH, resaltando que, para esta variable los datos históricos muestran una dispersión menor. Con respecto a la DBO₅ y el oxígeno disuelto, no se evidencian cambios significativos en la concentración de la variable a nivel histórico, entre las estaciones E01 y E02.

De otro lado, para la variable SST se observa una tendencia a aumentar levemente entre una estación y otra, mientras que, los datos históricos de los coliformes fecales muestran un incremento significativo entre las estaciones de monitoreo 444-E01 y 44-E02, de la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia.



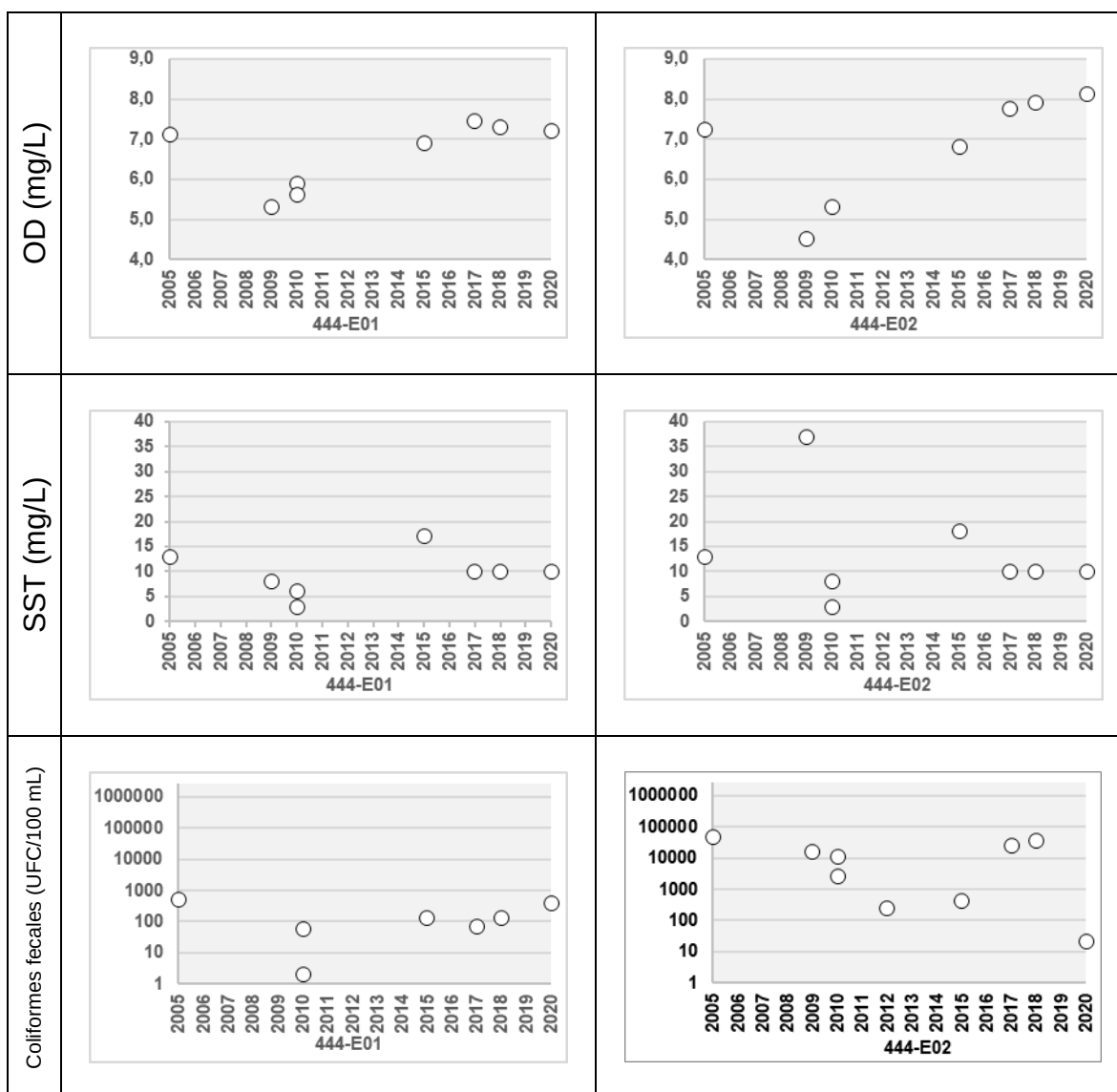


Figura 89 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para la quebrada Minitas municipio Marquetalia.

3.3.4.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presentan resultados de la aplicación de los Índices de Calidad ICA (-CETESB e -IDEAM) y la determinación de los Índices de Contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de una o más variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por Corpocaldas.

Cabe resaltar que el laboratorio de Corpocaldas no reportó el valor del nitrógeno total, el cual es la sumatoria de los nitritos, nitratos y nitrógeno total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio mencionado, como el valor que mayor le aporta a la suma del nitrógeno total. No se realiza la sumatoria

considerando que el reporte del laboratorio para las variables nitritos y nitratos se encuentran en unidades de mg NO₂/L y mg NO₃/L, unidades que no son empleables dentro del balance de materia para el nitrógeno, sin hacer la conversión necesaria. No obstante, esta conversión no se hizo, con el fin de no alterar los resultados entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar que, en la metodología para el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de coliformes fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de Corpocaldas se encuentra en unidades formadoras de colonia (UFC/100 mL). Considerando que no existe una correlación directa entre las unidades UFC/100 mL y NMP/100 mL, el uso de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO, asumiendo que el peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, aunque el método de análisis y la técnica analítica sean diferentes.

- **ICA-IDEAM**

En la Figura 90 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia (Caldas). Se puede observar que para las estaciones 444-E01 y 444-E02, la calidad del agua se clasifica como “aceptable” en toda la serie histórica.

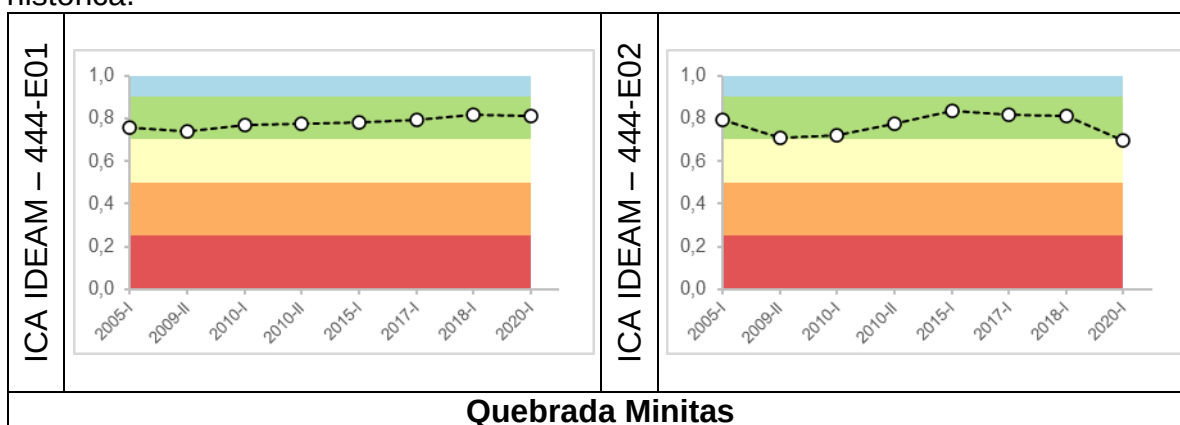


Figura 90 Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada Minitas, municipio de Marquetalia.

En la Tabla 118, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-IDEAM para las estaciones 444-E01 y 444-E02, del municipio de Marquetalia.

Tabla 118. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Marquetalia 2020.

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	444-E01	444-E02
Marquetalia	Valor	0,8138	0,6975
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

- **ICA-CETESB**

En la Figura 91 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia. Allí se observa que el ICA-CETESB para la estación 444-E01 ha sido generalmente de calidad "buena", aunque en las campañas recientes se evidencia una tendencia a disminuir su calificación, estando a punto de llegar a la clasificación de "regular" en el 2020. Por su parte la estación 444-E02, ha tenido resultados semejantes en la serie histórica de datos, sin embargo, pasó a tener una clasificación de "regular" en el año 2020.

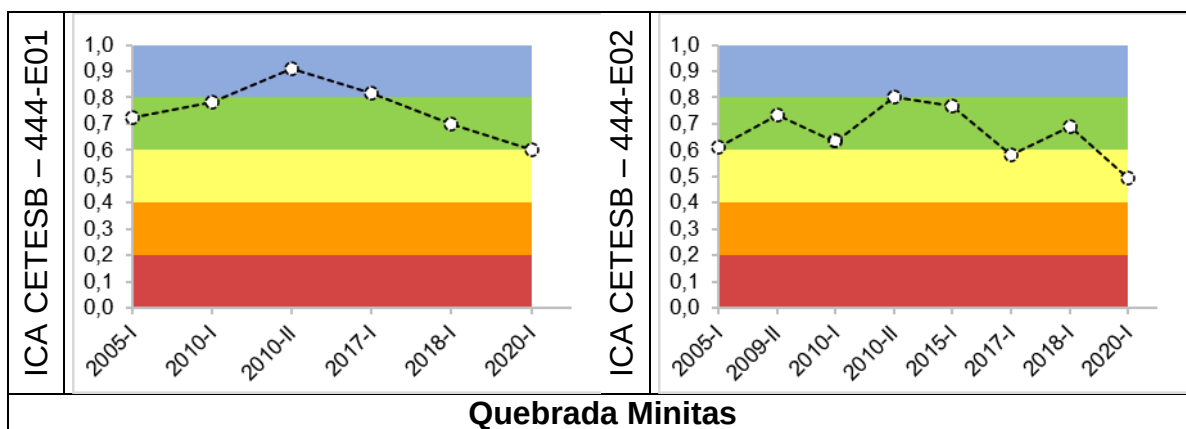


Figura 91 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marquetalia.

En la Tabla 119 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020, en las estaciones de monitoreo E01 y E02, del municipio de Marquetalia.

Tabla 119. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Marquetalia año 2020.

Municipio	ICA-CETESB (Clasificación CETESB)		
	Estación	444-E01	444-E02
Marquetalia	Valor	0,6033953	0,49511847
	Clasificación	Buena	Regular

- **ICOS**

En la Figura 92 se presentan los resultados de los índices de contaminación: ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo 444-E01 y 444-E02, ubicadas en la quebrada Minitas. En las estaciones E01 y E02 los valores del índice ICOMI han permanecido en la clasificación de "muy baja" contaminación durante las campañas recientes, lo cual indica que hay muy

poca contaminación por mineralización. Asimismo, se presentan niveles de contaminación “muy baja” según los históricos del índice ICOSUS de ambas estaciones. Con respecto al índice ICOMO, se observa una mayor variación en los datos de ambas estaciones, para la primera campaña del año 2020 se obtiene una clasificación de nivel de contaminación “media” para la estación E01 y “alta” para la estación E02 (ver Figura 92).

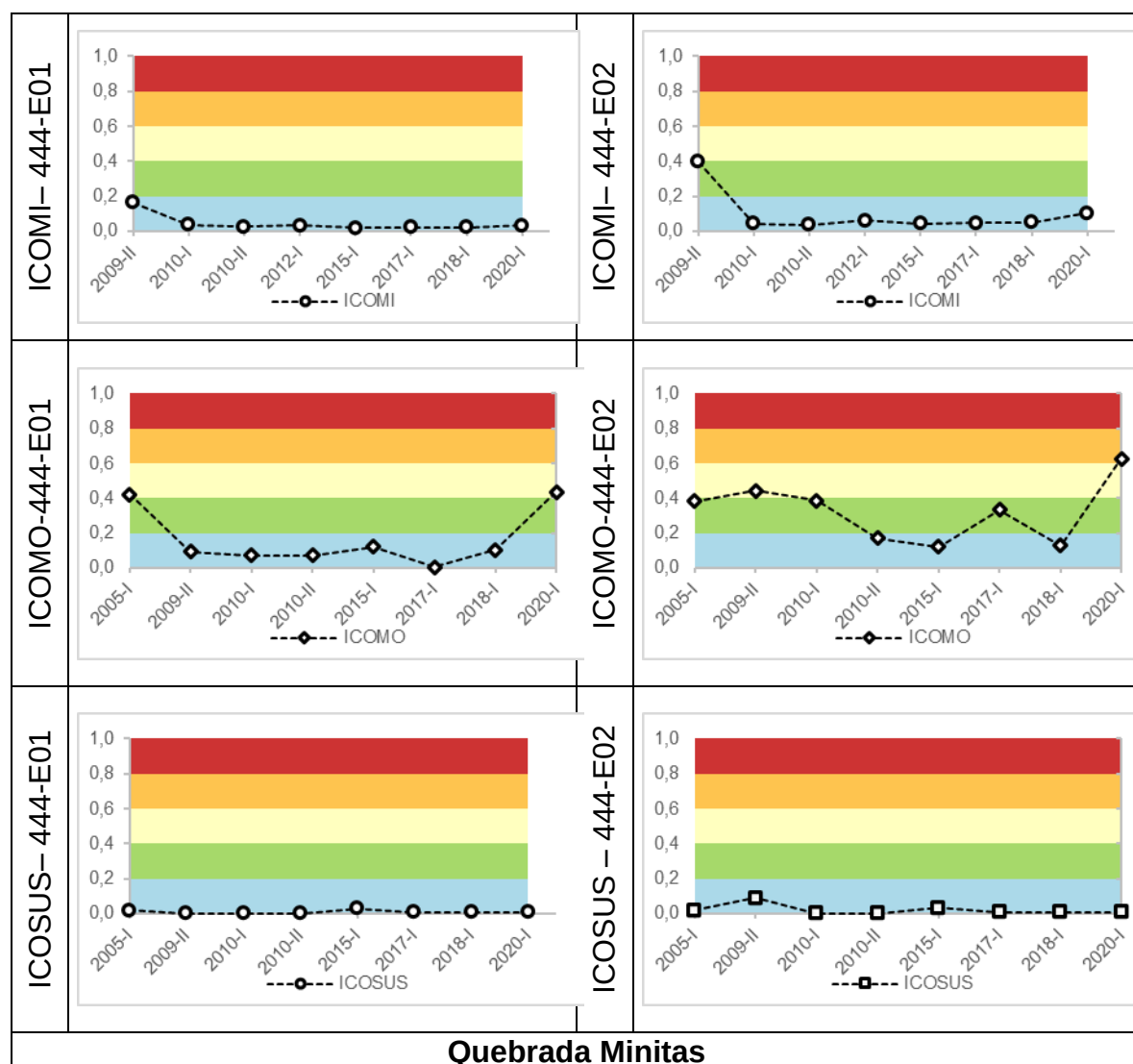


Figura 92 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo quebrada Minitas.

En la Tabla 120 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia.

Tabla 120. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Marquetalia, 2020

Municipio	Estaciones	444-E01	444-E02
Marquetalia	Índice	ICOMI	

Municipio	Estaciones	444-E01	444-E02
	Valor	0,03	0,10
	Clasificación	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,44	0,63
	Clasificación	Media	Alta
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,01	0,01
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 93 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia (Caldas). La variable principal para realizar el cálculo es la concentración del fósforo total, obtenida en el monitoreo. Se observa que, para ambas estaciones, solamente la campaña de monitoreo 2018-I se halló en la categoría de “hipereutrófico”, en los demás registros históricos figura en la categoría de “eutrófico”, en donde se han encontrado la mayoría de los datos.

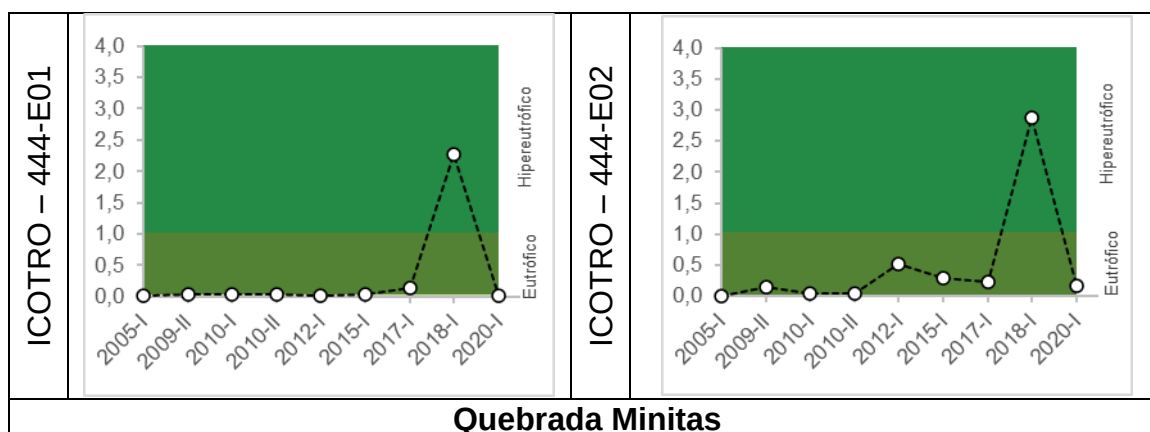


Figura 93 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Marquetalia.

Los resultados del ICOTRO para las estaciones 444-E01 y 444-E02 en el año 2020 se encuentran en la categoría de “eutrófico”. En la Tabla 121, se exponen dichos resultados para las estaciones de monitoreo de la quebrada Minitas.

Tabla 121. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Marquetalia 2020.

Municipio	ICOTRO		
	Estación	444-E01	444-E02
Marquetalia	Valor	0,0200	0,1600
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.3.4.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el nivel de cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para la quebrada 2302-001-063-001 (Q. Minitas), receptora de vertimientos del municipio de Marquetalia, Caldas.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Minitas**

A continuación, en la Tabla 122 se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo, definidos en la Resolución 0239 de 2007: uso agrícola restringido, para la quebrada Minitas en el municipio de Marquetalia, Caldas. Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene en cuenta el tramo dos (2) que se encuentra ubicado - desde la estación Marquetalia E1 hasta la estación Marquetalia E2-, se compararon los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución mencionada previamente, para el uso agrícola restringido, y haciendo el análisis respectivo. Se evidencia que los valores encontrados para la estación 444-E01, cumplen a cabalidad con los objetivos de calidad. Con respecto a la estación 444-E02, se cumplen la mayor parte de los objetivos establecidos en la Resolución 239 de 2007, exceptuando la presencia de material flotante y espumas.

Tabla 122. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo establecido en la resolución 239 de 2007 quebrada Minitas.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	444-E01	444-E02
Uso agrícola restringido (UAR)	pH		4,5-9,0	7,2	8,12
	OD	mg/L	>4	8,14	7,43
	Conductividad	(μS/cm)	700-3000	49,7	113,6
	DQO	mg/L	-	35,3	30,1
	DBO ₅	mg/L	<20,0	16,0	14,0
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	0,29	0,46
	SST	mg/L	<50	<10,00	<10,00
	ST	mg/L	--	40,0	103,0
	Turbiedad	UNT	40-100	2,90	5,80
	Coliformes fecales	NMP/100 mL	--	400 UFC/100 mL	16000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 mL	--	2700 UFC/100 mL	58000 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	--	5,10	12,40
	Detergentes	mg SAAM /L	--	<0,05	<0,05
	Material flotantes y espumas	NA	Ausente	Ausente	Presente

--:variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

NA: no aplica.

3.3.4.7. Conclusiones

- **Quebrada Minitas**

Aunque se evidencia la existencia de un efecto de las descargas municipales de Marquetalia sobre la quebrada Minitas, que causa el aumento, y la disminución en otros casos, de la concentración de las variables estudiadas, se aprecia que la quebrada posee una calidad aceptable en términos generales.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones de la quebrada Minitas en el año 2020, señalan que el nivel de calidad es: “aceptable” según el ICA-IDEAM. Adicionalmente, según el ICA-CETESB la E01 tiene un nivel de calidad “bueno” y la E02 tiene un nivel de calidad “regular”.

Según los ICOS calculados en el 2020 para las estaciones de monitoreo 444-E01 y 444-E02, de la quebrada Minitas, en el municipio de Marquetalia, existe un nivel de contaminación “muy baja” según los índices ICOMI e ICOSUS, reflejando baja contaminación por mineralización y SST. Sin embargo, según el ICOMO el nivel de contaminación de la estación por presencia de materia orgánica en la E01 es “media” y el de la estación E2 es “alta”. Adicionalmente, según el índice ICOTRO ambas se encuentran en la clasificación de “eutrófico”.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad definidos a largo plazo para la quebrada Minita, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de material flotante y espumas en la estación 444-E02.

3.4. CUENCA RÍO SAMANÁ SUR

En el alto oriente (región Magdalena medio) del departamento de Caldas se encuentran los municipios de Samaná, Argelia, Norcasia, Victoria, Marquetalia y Pensilvania. Dichos municipios tienen jurisdicción dentro de la cuenca del Río Samaná Sur. A continuación, se evidencia la descripción de las estaciones monitoreadas, los ensayos determinados en campo (*in situ*) y en el laboratorio, los respectivos análisis de la calidad del agua y perfiles históricos por municipio.

3.4.1. Municipio de Norcasia

El municipio de Norcasia cuenta con cuatro (4) estaciones dos estaciones se encuentran sobre la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia) y las otras dos estaciones sobre la quebrada La Bejuca. Es importante mencionar que, en la visita de reconocimiento de las estaciones de monitoreo en el municipio de Norcasia, Caldas, en conjunto con la interventoría del convenio 189 de 2019, se registró y evidenció que las coordenadas de las estaciones codificadas como 495-E01 y 495-E02 no se encontraban correctamente ubicadas en campañas anteriores. Por lo anterior, fue necesario ajustar las coordenadas para la toma del blanco antes del primer descole del municipio a la quebrada Norcasia (495 – E01) y después del vertimiento de la PTAR (495 – E02).

Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 495-E01 se encuentra ubicada en la quebrada Q. 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia E1) antes de la primer descole del municipio, la estación 495-E02 que se encuentra sobre la quebrada Q. 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia E2) después de la descarga de la PTAR, la estación 495-E03 ubicada sobre la quebrada La Bejuca antes de desembocar la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia). Por último, la estación 495-E04 que se encuentra localizada después de desembocar la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia) a la quebrada La Bejuca. En Tabla 123 se presenta la codificación, descripción y coordenadas de las estaciones.

Tabla 123. Estaciones de monitoreo del municipio de Norcasia

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)	495-E01	Antes de la primera descarga del municipio 0 + 343	1107820	910027
2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)	495-E02	después de la descarga de la PTAR_k 0 + 885	1108501	910422
La Bejuca	495-E03	Antes de la desembocadura de la Q. 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)_k 2 + 472	1109921	910079
La Bejuca	495-E04	Después de la desembocadura de la Q. 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)_k 2 + 621	1110076	910105

En la Figura 94 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Norcasia, Caldas

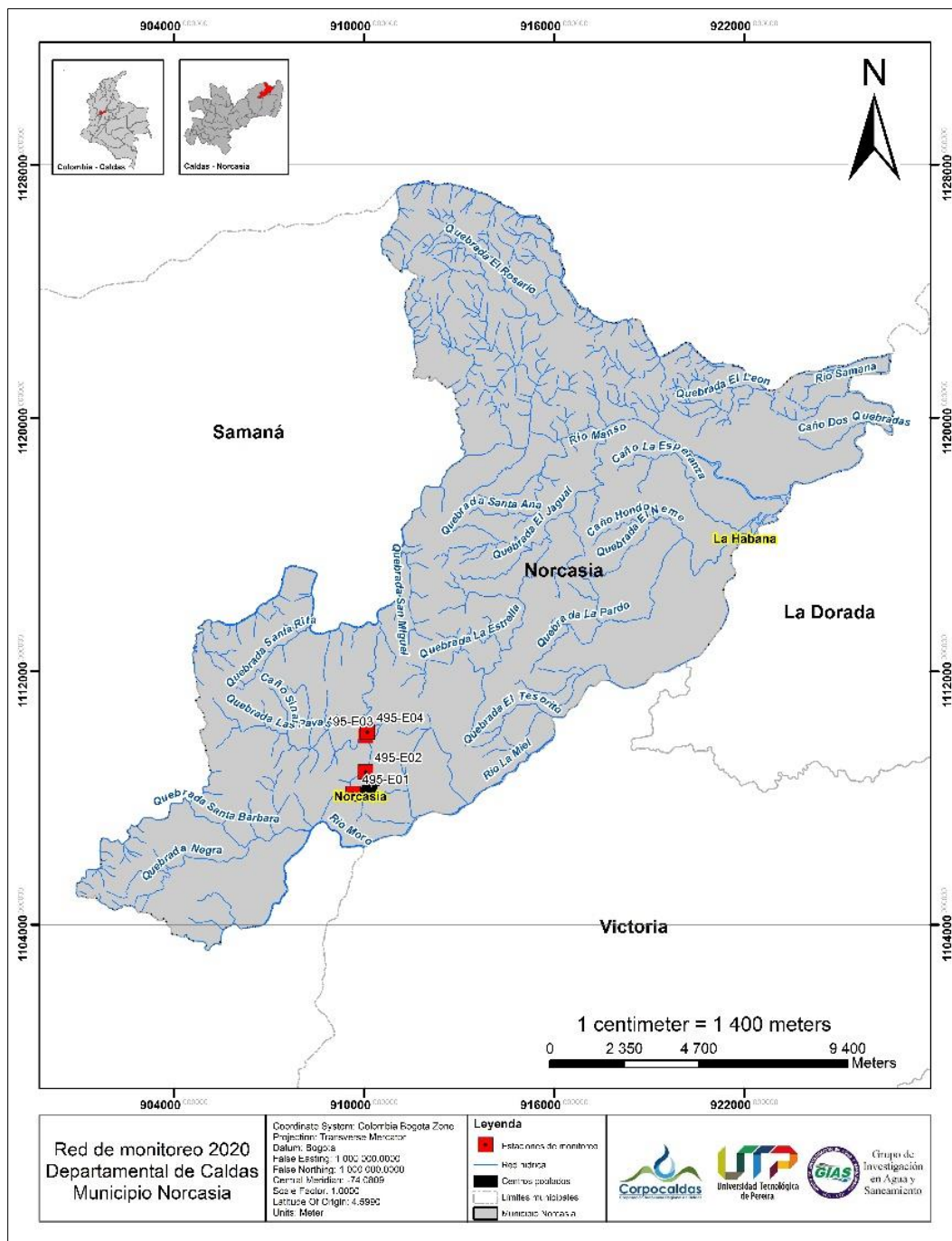


Figura 94. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Norcasia
Fuente: propia

3.4.1.1. Campaña de monitoreo municipio de Norcasia

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Norcasia, se realizaron el día 2 de septiembre de 2020. Cabe manifestar la presencia de lluvias durante la semana y horas antes de la actividad de muestreo y recolección En la Tabla 124 se

muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Norcasia.

Tabla 124. Fecha de recolección de muestras Municipio de Norcasia

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
495-E01	Quebrada Norcasia E01	02/09/2020
495-E02	Quebrada Norcasia E02	02/09/2020
495-E03	Quebrada La Bejuca E03	02/09/2020
495-E04	Quebrada La Bejuca E04	02/09/2020

3.4.1.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos tomados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Norcasia, Caldas (ver Tabla 125).

Tabla 125. Resultados de los ensayos determinados en campo municipio de Norcasia, año 2020

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
495-E01	6,86	7,21	452	25,7	0,00020
495-E02	6,20	7,84	73,5	25,5	0,360
495-E03	7,67	6,72	29,0	24,9	2,708
495-E04	7,59	6,16	31,0	24,5	3,173

- **Quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)**

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 495-E01 y 495-E02, se observa un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado a los aportes de los vertimientos del municipio de Norcasia. Con relación al ensayo de pH tomados en campo se puede encontrar un aumento de una estación a otra, por lo que puede atribuir al efecto anteriormente mencionado. Según la información recolectada en campo, la estación E01 se encuentra localizada al pie de una carretera principal, previo al momento de la recolección de la muestra se presentaron fuertes lluvias en el municipio, lo cual por escorrentía genero la presencia de material particulado que pudo afectar las mediciones de conductividad.

Para la estación E01 se obtuvo una concentración de oxígeno disuelto (OD) mayor a la estación E02, infiriendo que los aportes de los vertimientos del municipio pueden llegar afectar la concentración de OD de la fuente superficial monitoreada.

- **Quebrada La Bejuca**

El caudal encontrado en la estación 495-E03 es menor a la reportada en la estación 495-E04, este aumento del caudal puede estar asociado a los aportes de los

vertimientos del municipio de Norcasia a la quebrada La Bejuca. En los valores de pH se puede observar que tienden a disminuir los valores una vez recibe las aguas de la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia).

En cuanto a los valores de conductividad eléctrica, entre las estaciones E03 y E04 se encuentra un leve incremento, que puede ser atribuido la descarga de la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia) a la quebrada la Bejuca. En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto, estas se encuentran por encima de 7,0 mg O₂/L para ambas estaciones sin diferencias significativas de una estación a otra, teniendo valores aceptables para una fuente superficial con condiciones aceptables de calidad.

3.4.1.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 126 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Norcasia, Caldas.

Tabla 126. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Norcasia, año 2020

Ensayo (s)	Unidades	Estación código			
		495-E01	495-E02	495-E03	495-E04
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,0	NR	<5,0	<5,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	22,6±1,9	NR	13,4±1,13	11,7±1,0
Sólidos totales	mg/L	297	55	40	30
Sólidos suspendidos totales	mg/L	51±2	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	2,32	1,97	1,22	0,41
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	1,10	1,33	0,87	0,35
Nitratos	mg NO ₃ /L	7,08	6,64	<4,40	<4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,147	0,132	0,008	0,0019
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	146	27,1	19,8	19,1
Coliformes Totales	UFC/100 mL	48000	740000	2400	6900
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	17000	320000	700	2200
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	181	25,6	32,1	47,6
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	119	9,70	6,4	5,1
Turbidez	UNT	54,0	6,6	4,2	4,0
Grasas & Aceites	mg/L	9,0	10,0	7,0	8,0
Cloruros	mg Cl-/L	2,47	2,97	ND	ND
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	78,1	12,9	6,6	8,0
Color real	U Pt- Co	48,2	82,3	11,9	5,8
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,23	0,09	0,03	0,07
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,20	0,06	<0,05	<0,05
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,57	0,14	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	--	<0,005	--	--
Mercurio	mg Hg/L	--	--	--	--

--Variable no solicitada en la muestra

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

ND: No detectable

NR: No reportado

- **Quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)**

Para las concentraciones de DBO_5 en la estación E01, se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación ($<5,0 \text{ mg O}_2/\text{L}$). La concentración encontrada DQO para la estación E01 es de $22,6 \text{ mg O}_2/\text{L}$. Para la estación 495 E02, no fueron reportados los valores de DBO_5 y DQO.

La concentración de Sólidos totales, Sólidos suspendidos totales y la turbidez tienen una tendencia a disminuir su concentración de la estación E01 a la estación E02, esto puede estar relacionado a los procesos y tratamiento que se dan en la PTAR, por lo anterior se ve una reducción en la concentración de estos ensayos.

Los valores de Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), nitritos y nitratos también disminuyen sus concentraciones de una estación a otra. Así mismo, los valores de fósforo total y fósforo soluble sufren una disminución, esto posiblemente puede estar relacionado al tratamiento que la PTAR realiza a las aguas residuales del municipio de Norcasia

Los coliformes fecales y totales se puede notar un aumento en la concentración de la estación E01 a la estación E02, esto se puede atribuir a los aportes de los vertimientos residuales del municipio de Norcasia a la quebrada 2305-001-012-023-02.

Por otro lado, las concentraciones de sustancias activas de azul de metileno (SAAM), sufren una disminución de una estación a otra, indicando que también puede tener relación PTAR.

- **Quebrada La Bejuca**

Entre las estaciones 495-E03 y 495-E04, ubicadas en la quebrada La Bejuca, se observa que los valores de DBO_5 se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico ($<5,0 \text{ mg O}_2/\text{L}$). Las concentraciones de DQO, tiene una tendencia a disminuir su concentración de una estación a otra, lo cual podría atribuirse a los procesos de dilución y depuración de la quebrada La Bejuca. Las concentraciones de sólidos totales y sólidos suspendidos totales disminuyen su concentración de una estación a otra. Igualmente, los valores de turbidez y color real presentan una reducción en la concentración entre las estaciones, esto puede estar influenciado a procesos de dilución de la quebrada La Bejuca.

Los valores de Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Nitrógeno Amoniacal y nitratos también tienen una tendencia a disminuir sus concentraciones. Los valores de nitratos y SAAM se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método ($<4,40 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ y $<0,05 \text{ mg/L}$) respectivamente.

3.4.1.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Norcasia

Se desarrollaron los perfiles históricos de calidad para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO_5 , Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales únicamente para las estaciones ubicadas en la quebrada La Bejuca (495-

E03 y 495-E04). En lo referente a las estaciones 495-E01 y 495-E02, no fue considerada la información histórica previa de estas estaciones de monitoreo, debido a que fueron reubicadas para la presente campaña de monitoreo, y no se tendría información histórica para ser analizada.

- **Quebrada La Bejuca 495-E03 y 495-E04**

En la Figura 95 podemos observar los datos históricos de las concentraciones de las variables de temperatura de agua, pH, DBO₅, OD, SST y coliformes fecales, para las estaciones ubicadas sobre la quebrada La Bejuca.

En lo que respecta a la temperatura del agua para la estación E03, se puede observar en la Figura 95 que ha tenido una variabilidad en los valores, presentando datos atípicos para el año 2015 y 2018 donde presentaron temperaturas de 28°C. Para la estación E04 también ha presentado variabilidad en sus datos, presentando valores mínimos de 23,5°C y valores máximos de 27,0°C.

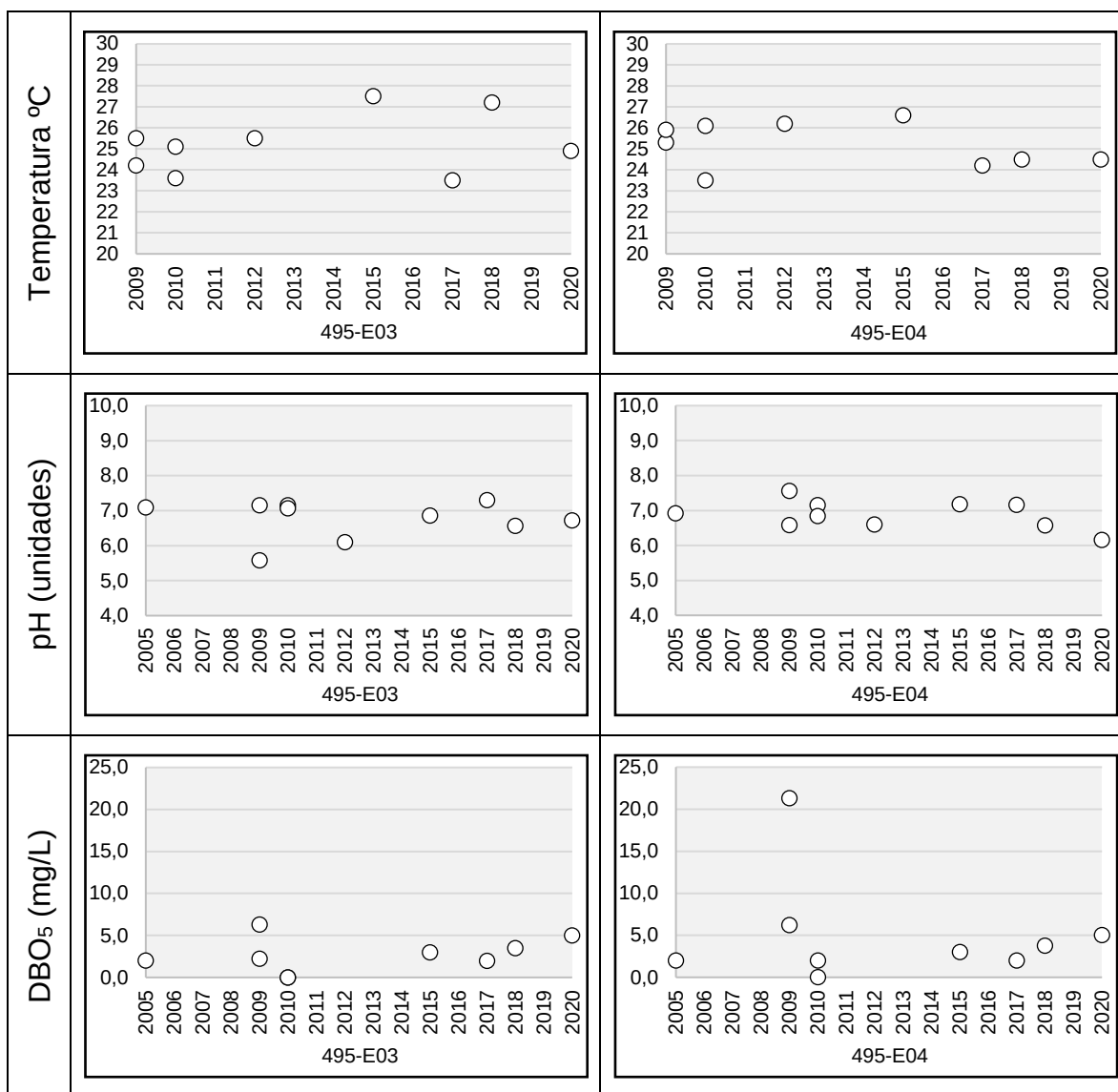
Los valores históricos de pH en la estación E03 se encuentran en un rango de 6,0 ha 7,3 UpH, presentando un dato atípico en la serie de datos para el año 2009 con un valor de 5,58 UpH. Con respecto a la estación E04, los valores del pH de la serie histórica se encuentran entre un rango de 6,5 y 7,2 UpH.

En los datos históricos reportados de la DBO₅ para la estación E03 se encontraron con valores de cero concentraciones de esta variable, siendo un dato atípico en la serie histórica de datos. Los valores obtenidos de DBO₅ se encuentran dentro de un rango de 1,98 a 6,0 mg O₂/L. Para la estación E04 en la figura se puede observar un comportamiento con datos variables en toda la serie histórica con datos atípicos DBO₅ de 21,31 mg O₂/L, correspondiente a la segunda campaña de monitoreo del año 2009. Para los demás años las concentraciones han estado por debajo del valor de 6,2 mg O₂/L, concluyendo que no representan altas concentraciones de esta variable la quebrada monitoreada.

La concentración de oxígeno disuelto para la estación E03 ha presentado valores mínimos de 5,20 mg O₂/L y concentraciones máximas de 7,79 mg O₂/L, mostrando variabilidad en sus datos históricos. En lo que respecta a la estación E04 ha presentado datos atípicos en la serie de datos reportando valores de 2,0 mg O₂/L en el año 2012; en los últimos años de monitoreo los valores de OD se encuentran por encima de 7,5 mg O₂/L, concentraciones que son típicas de fuentes superficiales sin contaminación alta.

En la estación E03, las concentraciones de los SST han tenido una alta variabilidad de un año a otro, teniendo valores máximos de 17 mg/L y concentraciones mínimas de 1,0 mg /L. Para la última campaña la concentración de SST se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico (<10 mg/L). La estación E04 presenta también variabilidad en las concentraciones históricas reportadas, teniendo valores atípicos para la segunda campaña del año 2010.

La variable de coliformes para la estación E03, ha tenido un comportamiento no estable presentando variación temporal, con niveles de contaminación microbiológica, que van desde concentraciones del orden de 18 UFC/100 ml a 27X102 UFC/100ml. Para la estación E04 también se puede observar en la figura que hay variabilidad en los datos teniendo concentraciones máximas de 318X102 UFC/100ml y concentraciones mínimas de 70 UFC/100.



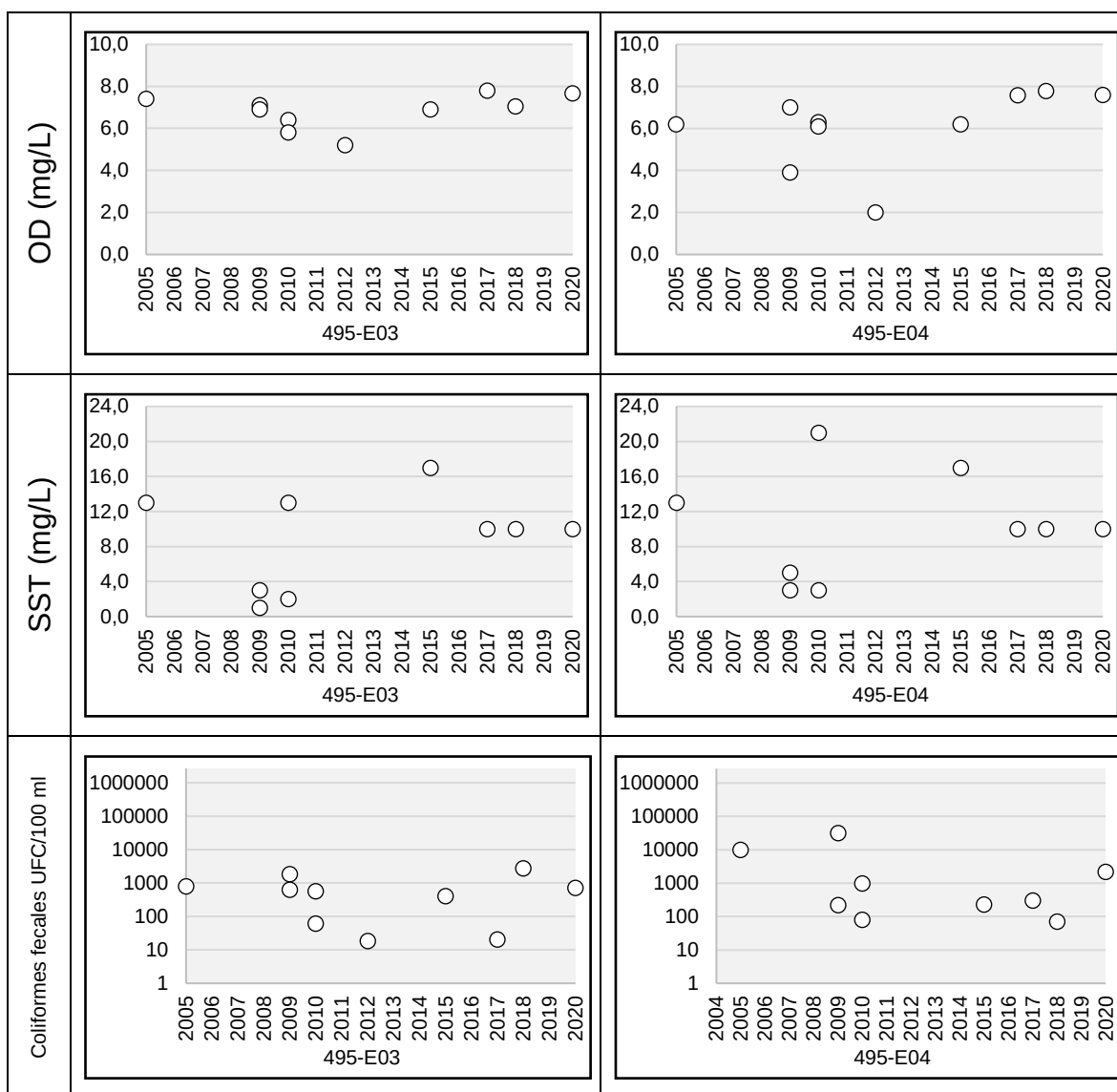


Figura 95. Perfiles históricos de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para las estaciones de monitoreo quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia

3.4.1.5. Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de las estaciones 495-E03 y 495-E04 de la quebrada La Bejuca. Para este análisis no se tuvo en cuenta los datos históricos de las estaciones 495-E01 y 495-E02 ubicadas en la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia), debido a que los valores y concentraciones históricas reportadas para las estaciones en mención, no correspondía al blanco de la quebrada Norcasia antes del primer descole del municipio y a la estación después de la PTAR. Por lo anterior, no se tiene en cuenta para el análisis de los índices los datos históricos reportados. Sin embargo, se realiza el cálculo de los índices de calidad y contaminación para el año 2020, en este caso para la estación 495-E01.

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020 de la quebrada La Bejuca. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tiene reporte de una o más variables, además de encontrar datos atípicos en las series históricas para las variables consideradas en dichos índices. En este sentido, se calcularon para los datos disponibles que se encontraban en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

- ### ICA-IDEAM

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en la quebrada La Bejuca en el municipio de Norcasia Caldas. En la Figura 96 se puede observar que para la estación 495-E03 la calidad del agua se ubica en la clasificación "Aceptable" en toda la serie histórica. Para las primeras campañas de monitoreo, para luego tener valores por debajo del rango obteniendo una clasificación de "Regular" para los últimos años de registro. Para la estación 495-E04 la calidad del agua se ha ubicado entre "Aceptable" para todos los años de registro, solo en la segunda campaña de monitoreo del año 2009 se encontró con una disminución del valor del rango ubicándose en una categoría de "Regular".

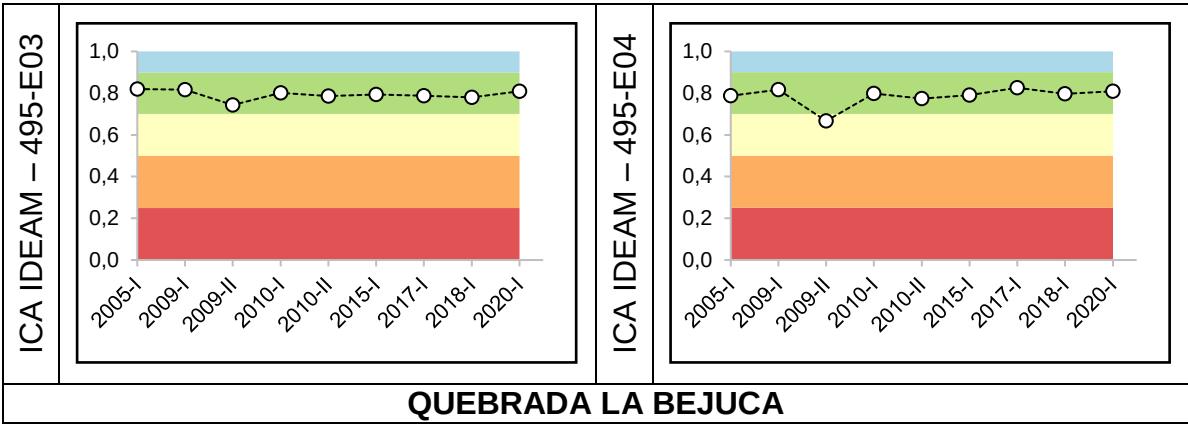


Figura 96. Resultados históricos ICA- IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia

Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para las estaciones ubicadas en la quebrada la Bejuca se clasificaron en "Aceptable" encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo. Los resultados obtenidos de ICA-IDEAM para la estación 495-E01 se encontró en la categoría de "Regular", esto tiene relación con los resultados encontrados en campo con relación a la conductividad eléctrica. A continuación, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA IDEAM para las estaciones 495-E01, 495-E03 y 495-E04 del municipio de Norcasia (ver Tabla 127).

Tabla 127. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Norcasia año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)			
	Estación	495-E01	495-E03	495-E04
Norcasia	Valor	0,6779	0,8098	0,8091
	Clasificación	Regular	Aceptable	Aceptable

- **ICA-CETESB**

En la Figura 97 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en la quebrada La Bejuca en el municipio de Norcasia. En la figura se observa que el ICA-CETESB para la estación 495-E03 ha sido generalmente de "Buena" calidad, solo en el año 2018 la clasificación paso a "Regular", esta disminución en la calidad del agua tiene relación con la concentración de fosforo total reportada para este año, la cual fue mayor a años anteriores.

En la estación 495-E04 el ICA-CETESB se ha encontrado en la categoría de "Buena" calidad en la mayoría de la serie histórica, a excepción de la segunda campaña del año 2009 donde tuvo un descenso en la categoría pasando a "Mala" calidad. Lo anterior, tiene relación con las concentraciones reportadas de oxígeno disuelto y de coliformes totales, la cual fue baja con relación a la concentración de OD y alta a concentración de coliformes totales comparado a años anteriores.

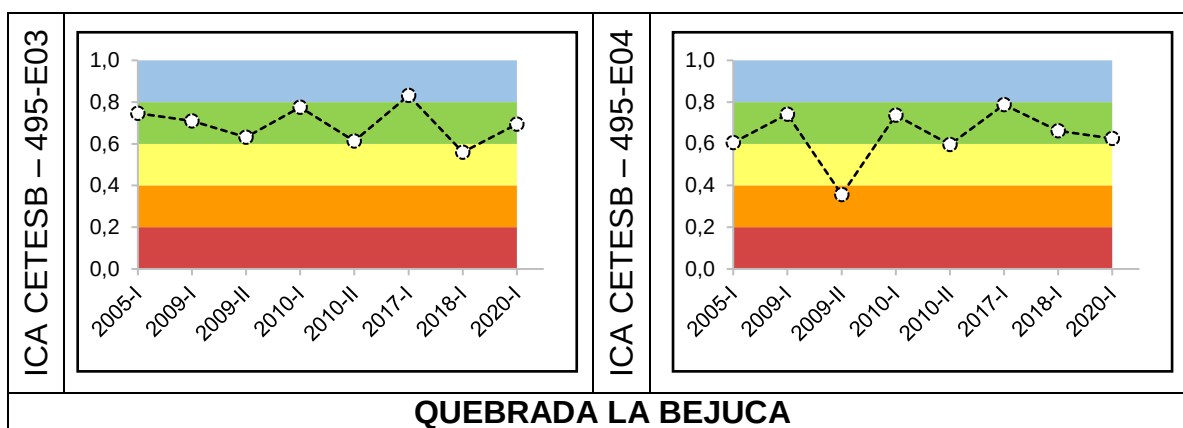


Figura 97. Resultados históricos ICA- CETESB para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia

Los resultados del ICA-CETESB para el año 2020 para las estaciones pertenecientes en la quebrada La Bejuca estuvieron en la clasificación de "Buena" calidad. En lo que respecta a la estación 495-E01, en los resultados se encontró una categoría de "Regular" calidad, esto tiene relación a las concentraciones de turbiedad y sólidos suspendidos totales encontradas en la campaña de monitoreo, donde las fuertes lluvias de ese día pudieron llegar a influir en la elevada concentración de estas dos variables. A continuación, se expone los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020 en las estaciones de monitoreo del municipio de Norcasia (ver Tabla 128).

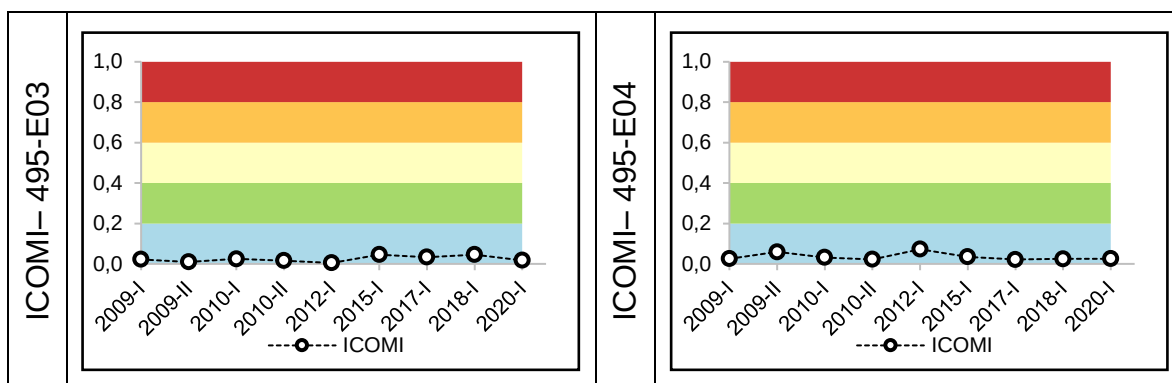
Tabla 128. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Norcasia año 2020

Municipio	ICA-CETESB			
	Estación	495-E01	495-E03	495-E04
Norcasia	Valor	0,5256	0,6944	0,6250
	Clasificación	Regular	Buena	Buena

- **ICOS**

En la Figura 98 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca 495-E03 y 495-E04. En la estación E03 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “baja” y “muy baja”. Los valores de los índices ICOMI están en un rango de “Muy baja” contaminación concluyendo que no hay contaminación por mineralización. Igualmente, para el caso del índice ICOSUS e ICOMO presentan un rango de “muy baja” contaminación.

Se pudo observar de los valores históricos obtenidos del cálculo del índice del ICOMO para la estación E04, que se ha encontrado entre la clasificación de “baja” y “muy baja” contaminación, a excepción de los años 2005 y 2009 donde se ubicaron en la categoría de “Media” y “Alta” contaminación respectivamente. Los valores de los índices ICOMI se han mantenido en la categoría de “Muy baja” contaminación. De igual manera, para el caso de los ICOSUS presenta una clasificación de “muy baja” contaminación durante toda la serie histórica (ver Figura 98).



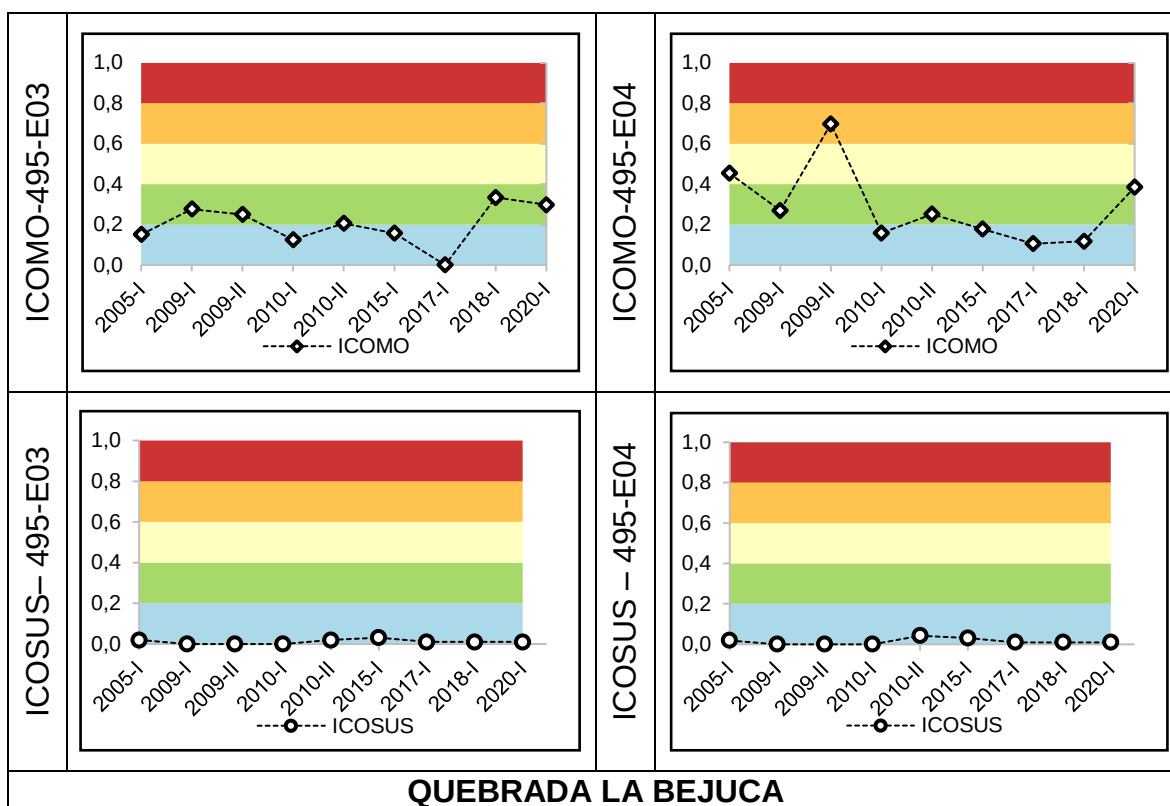


Figura 98. Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo quebrada La Bejuca

Los resultados de los ICOS para el año 2020 para la estación 495-E01 se encuentra en la categoría de “Muy baja” para el Índice ICOMI. De igual manera para el índice ICOSUS. Con respecto al índice ICOMO, la estación presenta niveles de contaminación por materia orgánica de “Media” para la estación E01, esto tiene relación directa con las concentraciones de coliformes totales. La estación 495-E02 presenta niveles de contaminación “Muy bajas” por mineralización (ICOMI) y sólidos suspendidos totales (ICOSUS). Con relación a las dos estaciones ubicadas en la quebrada la bejuca, podemos observar en la Tabla 129 que se encuentran en una clasificación de “Muy baja” contaminación para los índices de ICOMI e ICOSUS y una clasificación de “baja” contaminación por materia orgánica (ICOMO). A continuación, en la Tabla 129 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las cuatro estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Norcasia.

Tabla 129. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Norcasia, año 2020

Municipio	Estaciones	495-E01	495-E02	495-E03	495-E04
Norcasia	Índice	ICOMI			
	Valor	0,82667	0,05804	0,01784	0,02549
	Clasificación	Muy alta	Muy baja	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOMO			

Municipio	Estaciones	495-E01	495-E02	495-E03	495-E04
	Valor	0,5035	--	0,2974	0,3844
	Clasificación	Media	--	Baja	Baja
	Índice	ICOSUS			
	Valor	0,133	0,01	0,01	0,01
	Clasificación	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja

- **ICOTRO**

En la Figura 99 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en la quebrada La Bejuca en el municipio de Norcasia, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo. Se observa que para las estaciones E03 y E04 en las campañas de monitoreo de los años 2010 y 2018, presentaron un valor de fosforo superior a años anteriores, pasando a una categoría de “Hipereutrófico”, sin embargo, en los resultados obtenidos en el año 2020 se muestra que el ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para la mayoría de las estaciones.

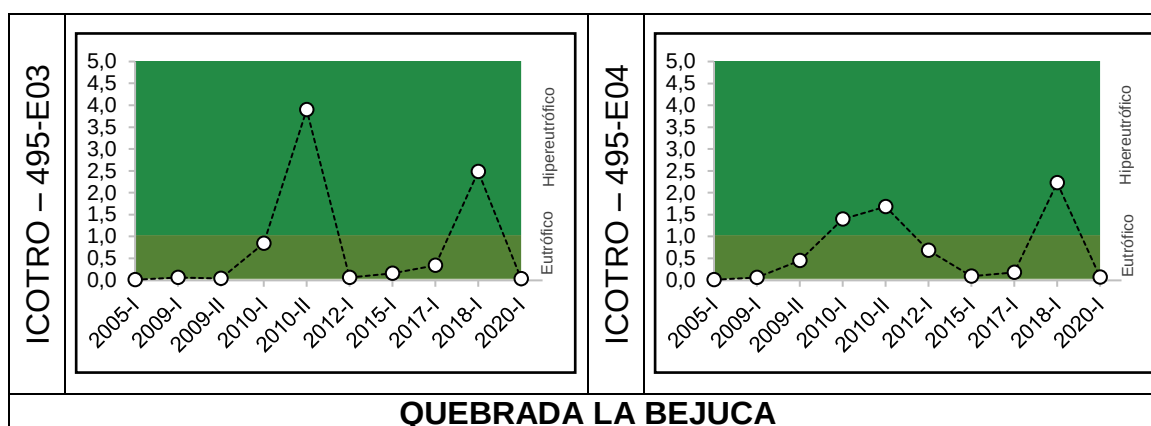


Figura 99. Resultados históricos ICOTRO para las estaciones de monitoreo ubicada en la quebrada La Bejuca, municipio de Norcasia

Los resultados del ICOTRO para el año 2020 para las estaciones 495-E01 y 495-E02 están en la categoría de “Eutrófico”. A continuación, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo de la quebrada Norcasia (ver Tabla 130).

Tabla 130. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Norcasia año 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	495-E03	495-E04
	Valor	0,03	0,07
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.4.1.6. Objetivos de Calidad-Resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia) y quebrada la Bejuca, las cuales son fuentes receptoras de vertimientos del municipio de Norcasia, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de Corpocaldas reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)**

Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene en cuenta el tramo dos (2) que se encuentra desde la estación Norcasia E1 hasta la estación Norcasia E2. Se comparó los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos en la Resolución 239 de 2007, en el cual define los objetivos para uso agrícola restringido, observando que los valores encontrados en campo y en el laboratorio para la estación E01 no cumplen con valores límites para los parámetros de DBO₅, SST y presencia de material flotante, establecido en el objetivo de calidad a largo plazo, para el resto de parámetros cumple con los valores límites determinados en la resolución. Con respecto a la estación E02 cumple con los valores límites de la mayoría de los parámetros a excepción del material flotante y espuma, que se pudo observar en campo la presencia de estos (ver Tabla 131).

Tabla 131. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia)

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 495-E01	Estación 495-E02
Uso agrícola restringido	pH		4,5-9,0	7,21	7,84
	OD	mg/L	>4	6,86	6,20
	Conductividad	(μ S/cm)	700-3000	452	73,5
	DQO	mg/L	-	<5,0	NR
	DBO ₅	mg/L	<20	22,6	NR
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	2,32	1,97
	SST	mg/L	<50	51	10
	ST	mg/L		297	55
	Turbiedad	UNT	40-100	54	6,6
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	17000 UFC/100 mL	740000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	48000 UFC/100 mL	320000 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	--	48,2	82,3
	Detergentes	mg SAAM /L		0,57	0,14
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Presente	Presente
	Sustancias de interés sanitario	N.A	--	N.R	<0,005

--Variable sin especificación de valor límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del valor límite de Cuantificación del Método.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

N.A: No aplica

N.R: No reportada

- Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada La Bejuca**

Los objetivos de calidad a largo plazo definidos en la Resolución 239 de 2007, para el tramo dos (2), es el del uso de prevención de flora y fauna. A continuación, se define el cumplimiento de los objetivos de calidad en el tramo dos que va desde la estación Norcasia E3 hasta la estación Norcasia E4 (ver Tabla 132). Con los valores reportados tanto en campo como en el laboratorio, se observó que cumple con los valores límites de los parámetros definidos para dar cumplimiento a los objetivos de calidad para el uso de protección de Fauna y Flora.

Tabla 132. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 quebrada La Bejuca.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 495-E03	Estación 495-E04
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	6,72	6,16
	OD	mg/L	>5	7,67	7,59
	Conductividad	(μ S/cm)	-	29,0	31,0
	DBO ₅	mg/L	$\leq$ 5,0	<5,0	<5,0
	SST	mg/L	<50	<10	<10
	Turbiedad	UNT	<100	4,2	4,0
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	700 UFC/100 mL	2200 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	-	2400 UFC/100 mL	6900 UFC/100 mL
	Detergentes	mg SAAM /L	-	<0,05	<0,05
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	N.A.	Ausente	--	--
	Sustancias de interés sanitario*	N.A.	Ausente	NR	NR

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas

--Variable sin especificación del valor límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

N.A: no aplica

N.R: No hay reporte

3.4.1.7. Conclusiones

Municipio de Norcasia

En la visita de reconocimiento de las estaciones de monitoreo en el municipio de Norcasia, Caldas, en conjunto con la interventoría del convenio 189 de 2019, se registró y evidenció que las coordenadas de las estaciones codificadas como 495-E01 y 495-E02 no se encontraban correctamente ubicadas en campañas anteriores. Por lo anterior, fue necesario ajustar las coordenadas para la toma del blanco antes del primer descole del municipio a la quebrada Norcasia (495 – E01) y después del vertimiento de la PTAR (495 – E02).

El análisis histórico de las variables para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada la bejuca, indica un comportamiento variable para los parámetros como SST y los Coliformes fecales en toda la serie histórica.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad de las estaciones en la quebrada La Bejuca E03 y E04 es “Aceptable”. De igual manera los valores del ICA-CETESB indican una clasificación de “Buena” calidad para las estaciones de la quebrada La Bejuca.

Por su parte, para el año 2020 el índice ICOMI para es estaciones de la quebrada Norcasia para la estación 495-E01 es “Muy alta” y para la estación 495-E02 es “muy baja”. Con respecto al índice ICOSUS para las dos estaciones se ubican en la categoría de “Muy baja” contaminación. Para las estaciones ubicadas en la quebrada La Bejuca, los índices ICOMI e ICOSUS se clasifican en un nivel de contaminación “Muy baja”, y según los resultados obtenidos del índice ICOMO presentan un nivel de contaminación “Baja”

Las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Bejuca cumplen con los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 239 de 2007 para el tramo dos (2) a largo plazo. No obstante, para la estación 495-E01 ubicada en la quebrada 2305-001-012-023-02, los valores de DBO5, SST y la presencia de material flotante y espumas, indican que para la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia) existe un incumplimiento parcial de los objetivos de calidad según la citada Resolución.

3.4.2. Municipio de Pensilvania

El municipio de Pensilvania cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo, que se encuentran sobre el río Pensilvania. Distribuidas así: estación 541-E01 antes de la primera descarga del municipio_k 4 + 300 y la estación 541-E02 después de la última descarga del municipio_k 6 + 890. En la Tabla 133 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 133. Estaciones de monitoreo del municipio de Pensilvania.

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Rio Pensilvania E1	541-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 4 + 300	1086583	878939
Rio Pensilvania E2	541-E02	Después de la última descarga del municipio_k 6 + 890	1087400	881116

En la Figura 100 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pensilvania, Caldas.

Tabla 134. Fecha de recolección de muestras Municipio de Pensilvania.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
541-E01	Río Pensilvania E01	01/09/2020
541-E02	Río Pensilvania E02	01/09/2020

3.4.2.2. Ensayos in situ

A continuación, en la Tabla 135 se puede observar los resultados de los ensayos leídos en campo, para ambas estaciones de monitoreo en el municipio de Pensilvania, Caldas.

Tabla 135. Resultados de ensayos determinados en campo red departamental Pensilvania 2020.

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
541-E01	7,88	6,50	27,5	14,40	0,941
541-E02	7,68	6,11	29,9	16,30	1,667

La información registrada en campo, entre las estaciones 541-E01 y 541-E02, evidencia un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual podría estar relacionado con los aportes de los vertimientos municipales. Adicionalmente, se pudo observar un aumento de la conductividad y de la temperatura, posiblemente relacionados también, con la contribución previamente mencionada. De otro lado, entre ambas estaciones se aprecia una leve disminución de las variables pH y OD, lo cual permite inferir que las descargas del municipio de Pensilvania tienen un efecto sobre estas.

3.4.2.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 136 se presentan las concentraciones de las variables analizadas en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas, ubicadas dentro de la jurisdicción del municipio de Pensilvania, Caldas.

Tabla 136. Resultados de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Pensilvania.

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		541-E01	542-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	5,97
Sólidos totales	mg/L	34,0	38,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<10,00	<10,00
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	0,41	0,12
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,35	0,06
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	4,40

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		541-E01	542-E02
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,01	0,06
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	16,60	26,20
Coliformes Totales	UFC/100 mL	46	56
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	10	21
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	12,90	18,80
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	10,40	9,00
Turbidez	UNT	3,40	2,90
Grasas & Aceites	mg/L	8,00	10,00
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	0,99	0,49
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	6,90	6,30
Color real	U Pt - Co	6,80	7,60
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,07	0,17
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,05	0,05
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	-	-
Mercurio	mg Hg/L	-	-

-Variable no solicitada en la muestra

Para las concentraciones de DQO se percibe un leve aumento entre las estaciones 541-E01 y 541-E02, mientras que para la DBO₅ no se percibe un cambio en la concentración (<5,00 mg O₂/L), por lo cual se podría inferir que los aportes de las descargas municipales no tienen un efecto tan marcado sobre estas variables. Se presenta un caso similar con las variables ST y SST, en donde la concentración de ST aumenta levemente entre ambas estaciones, aunque los SST, no muestran un cambio en la concentración (<10,00 mg/L).

Con respecto a las variables nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y nitrógeno amoniacal, se observa una disminución de la concentración entre las estaciones 541-E01 y 541-E02, lo cual permite inferir que los vertimientos del municipio de Pensilvania tendrían un efecto principalmente disolutivo para estas variables. No obstante, para los valores de nitratos no se perciben cambios en la concentración (4,40 mg NO₃/L) entre ambas estaciones. Sin embargo, para la variable nitritos sí se observa un incremento considerable entre las estaciones mencionadas, lo cual sería evidencia de que los vertimientos municipales podrían fomentar los procesos oxidativos intermedios entre las especies de compuestos nitrogenados.

La concentración de variables como: alcalinidad total, dureza total, grasas y aceites, color real, coliformes totales y coliformes fecales, aumenta entre las estaciones 541-E01 y 541-E02, lo cual podría deberse a la contribución de los vertimientos municipales sobre la fuente receptora. De otro lado, se presenta el caso contrario para variables como: dureza cálcica, turbidez, cloruros y sulfatos, para las cuales la concentración en la segunda estación disminuye con respecto a lo reportado para la primera.

En el caso de la concentración de sustancias activas al azul de metileno (SAAM) y de fósforo soluble no se muestran cambios en la concentración de 0,05 mg/L, entre

ambas estaciones. Mientras que, para la variable fósforo total se aprecia un leve aumento entre las estaciones 541-E01 y 541-E02, lo cual podría ser atribuido principalmente al aporte de las descargas del municipio de Pensilvania.

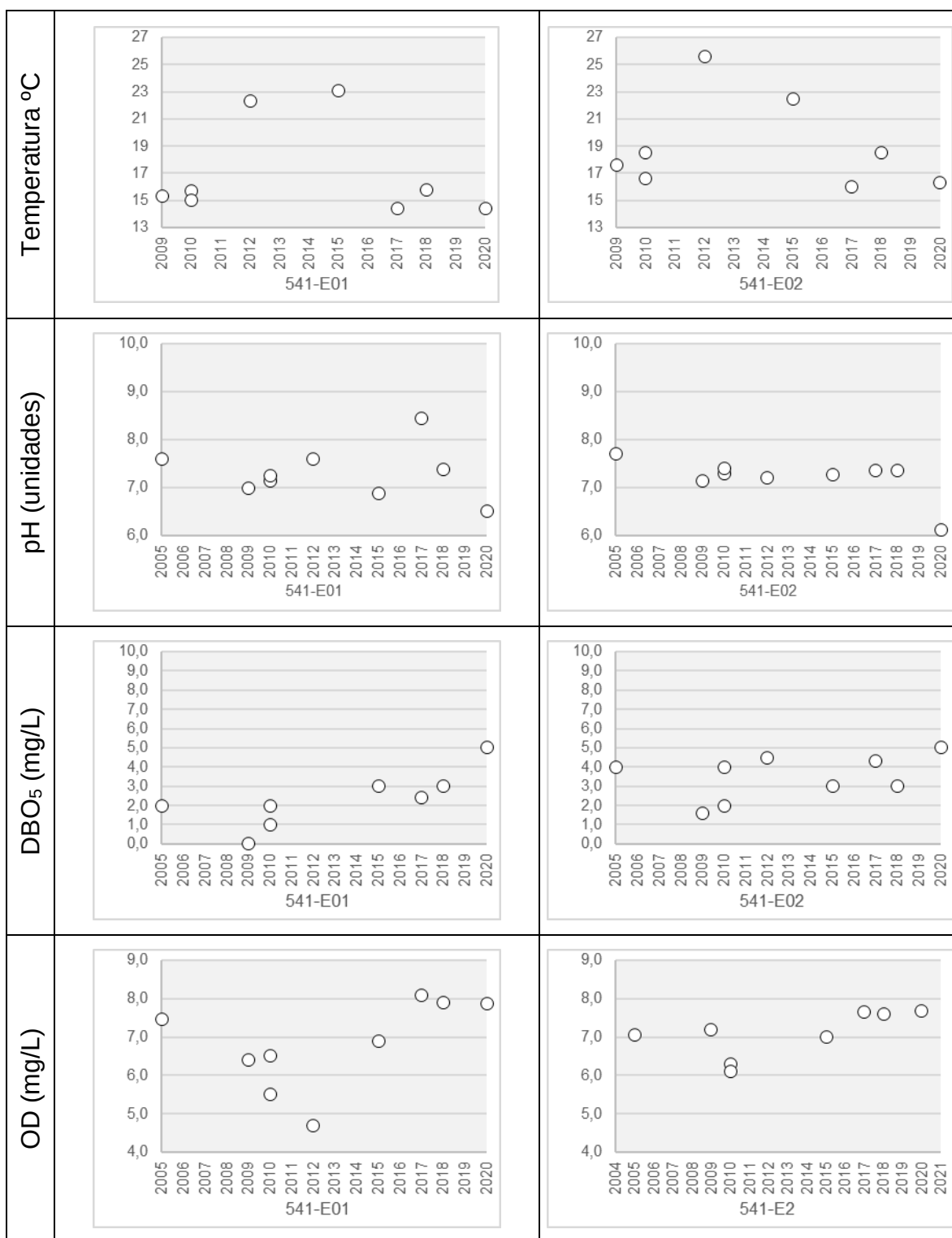
3.4.2.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Pensilvania

En este apartado se muestran los perfiles históricos de calidad para las variables de temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales de las estaciones ubicadas en el río Pensilvania: 541-E01 y 541-E02 (ver Figura 101).

Con respecto a la temperatura del agua en la estación 541-E01 se puede observar una variación alrededor de los 15 °C, a excepción de los años 2012 y 2015, en donde se presentaron temperaturas alrededor de los 23°C. Por su parte, para la estación 541-E02 se han presentado valores históricos con una mayor variabilidad, presentándose igualmente los valores más altos para los años 2012 y 2015. De otro lado, los valores históricos de pH en la primera estación tienen su valor máximo de 8,44 UpH en el año 2017 y su mínimo valor de 6,5 en el año 2020, presentando una mayor variabilidad que los datos de la segunda estación, para la cual los datos se encuentran alrededor de 7 UpH , presentando su valor mínimo en el año 2020 (6,11 UpH).

Los valores históricos de la variable DBO₅ presentan un leve aumento entre las estaciones 541-E01 y 541-E02. Sin embargo, en los años 2015, 2018 y 2020, se presentaron las mismas concentraciones en ambas estaciones de monitoreo, siendo estos 2,0 mg/L, 3,0 mg/L y 5,0 mg/L respectivamente. Por su parte, los valores históricos de OD presentan una tendencia en años recientes (2017, 2018 y 2020) a disminuir entre las estaciones uno y dos.

Con respecto a los históricos de la variable SST, se presentan una gran dispersión en la estación 541-E01, alcanzándose el valor máximo de 34 mg/L en el año 2017, mientras que los datos de la estación 541-E02 presentan una menor dispersión. Adicionalmente, se presenta la misma concentración de la variable en ambas estaciones (10 mg/L) en años recientes. Finalmente, para la variable coliformes fecales los datos históricos revelan una tendencia a aumentar de forma significativa entre la primera y segunda estación.



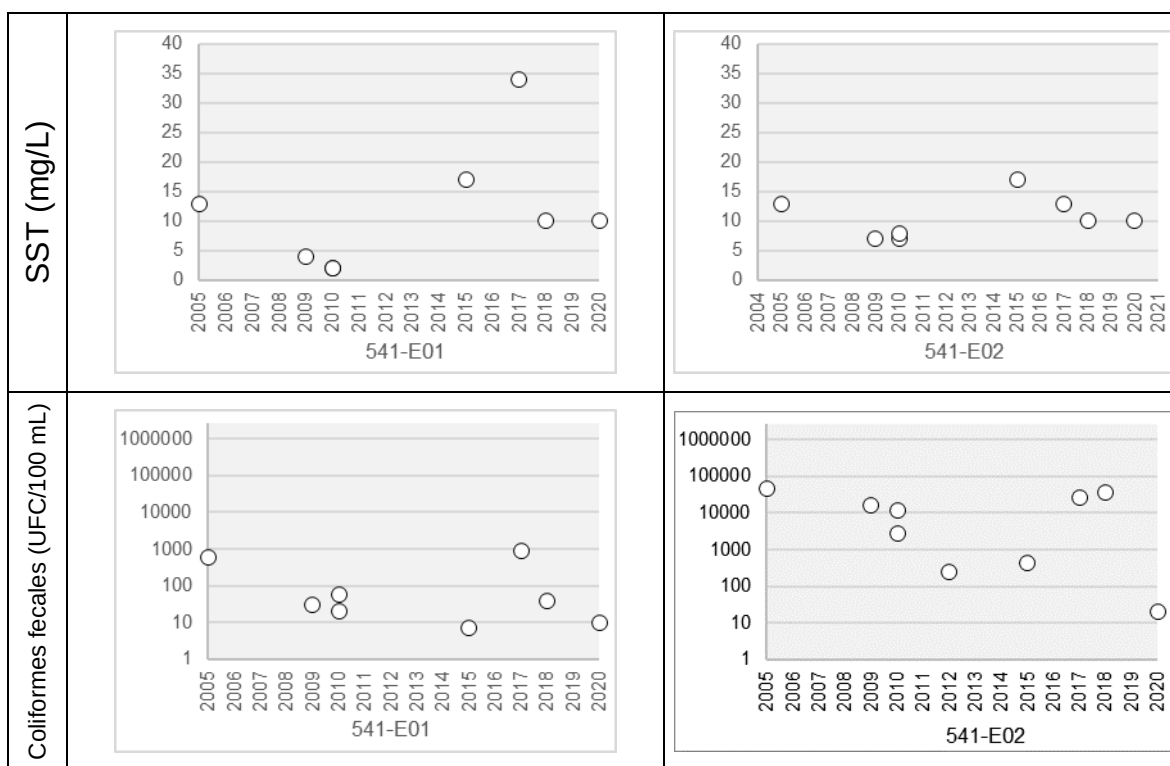


Figura 101 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Pensilvania.

3.4.2.5. Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de las estaciones 541-E01 y 541-E02 del río Pensilvania. Los resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020 del cuerpo receptor mencionado se exponen a continuación. Es importante considerar que para algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tiene reporte de una o más variables, o a la presencia de datos atípicos en las series históricas, por lo cual solo se calcularon usando los datos disponibles en el archivo oficial entregado por Corpocaldas.

- **ICA-IDEAM**

Aquí se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Pensilvania en el municipio de Pensilvania, Caldas. En la Figura 102 se puede observar que tanto para la estación 541-E01 como para la estación 541-E02, la calidad del agua se ha ubicado entre las clasificaciones "aceptable" y "buena" en toda la serie histórica.

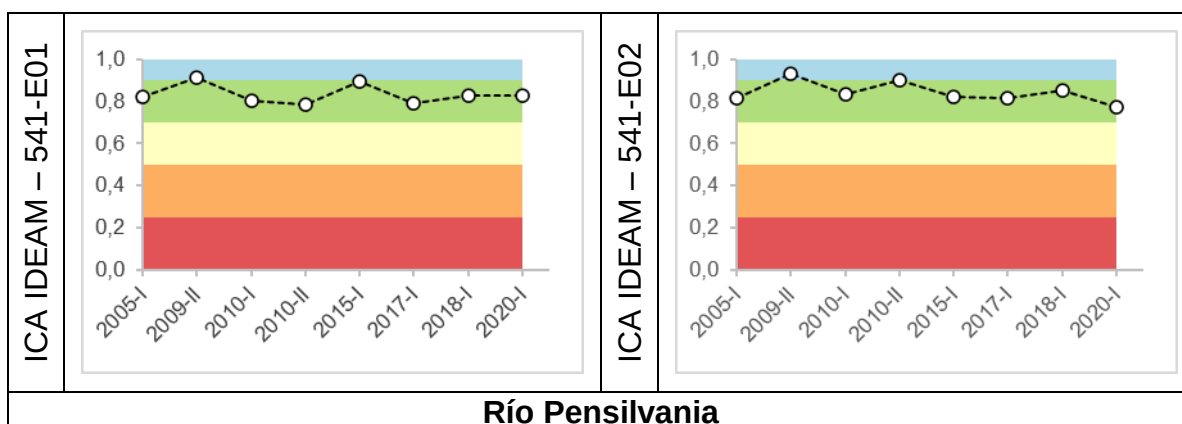


Figura 102 Resultados históricos ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Pensilvania, municipio de Pensilvania.

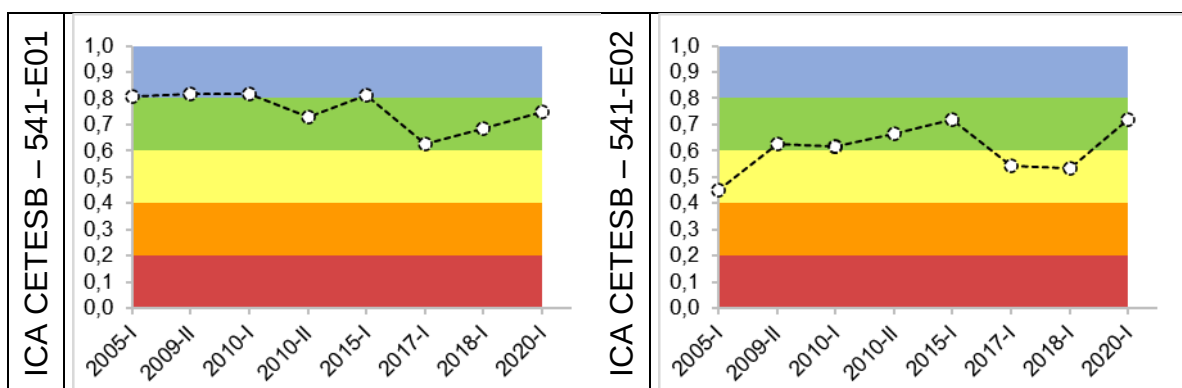
Los resultados del ICA-IDEAM en el año 2020, para ambas estaciones ubicadas en el río Pensilvania se clasifican como “aceptable” encontrándose que sigue la tendencia de los valores históricos más recientes. En la Tabla 137 se exponen los resultados del cálculo realizado para las estaciones de Pensilvania.

Tabla 137. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania año 2020

Municipio	ICA-IDEAM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	541-E01	541-E02
Pensilvania	Valor	0,8304	0,7735
	Clasificación	Aceptable	Aceptable

• ICA-CETESB

En la Figura 103 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Pensilvania en el municipio del mismo nombre. Allí se evidencia que el ICA-CETESB para la estación 541-E01 ha sido clasificado en los históricos recientes como de “buena” calidad, de manera similar para la estación 541-E02, que tenía la clasificación de “regular” en campañas recientes, hasta el 2020, en el cual su calidad pasó a ser clasificada como “buena”.



Río Pensilvania

Figura 103 Resultados históricos ICA-CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pensilvania.

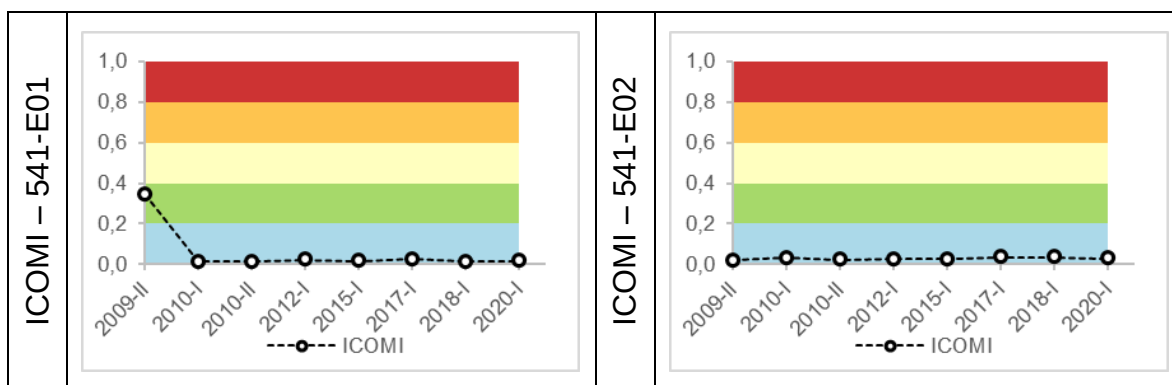
Los resultados del ICA-CETESB de las estaciones de monitoreo E01 y E02, pertenecientes a Pensilvania, fueron clasificadas en el año 2020 como de “buena” calidad. En la Tabla 138 se exponen los resultados obtenidos para el cálculo mencionado.

Tabla 138. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania año 2020.

Municipio	ICA-CETESB		
	Estación	541-E01	541-E02
Pensilvania	Valor	0,7488	0,7189
	Clasificación	Buena	Buena

• ICOS

En la Figura 104 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo 541-E01 y 541-E02, ubicadas en el río Pensilvania. Para la estación E01 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación clasificados principalmente como “muy baja”. Así, los valores de los índices ICOMI están en la zona de “muy baja” contaminación evidenciando que no hay contaminación por mineralización. Del mismo modo, en el caso de los ICOSUS e ICOMO se presentan resultados de “muy baja” contaminación. Con respecto a la estación E02, se observan valores de ICOMI e ICOSUS que históricamente se han clasificado como “muy baja” contaminación, mientras que el ICOMO ha presentado variaciones más significativas en los datos históricos, moviéndose entre la clasificación de “baja” y “media” contaminación, en diversas ocasiones.



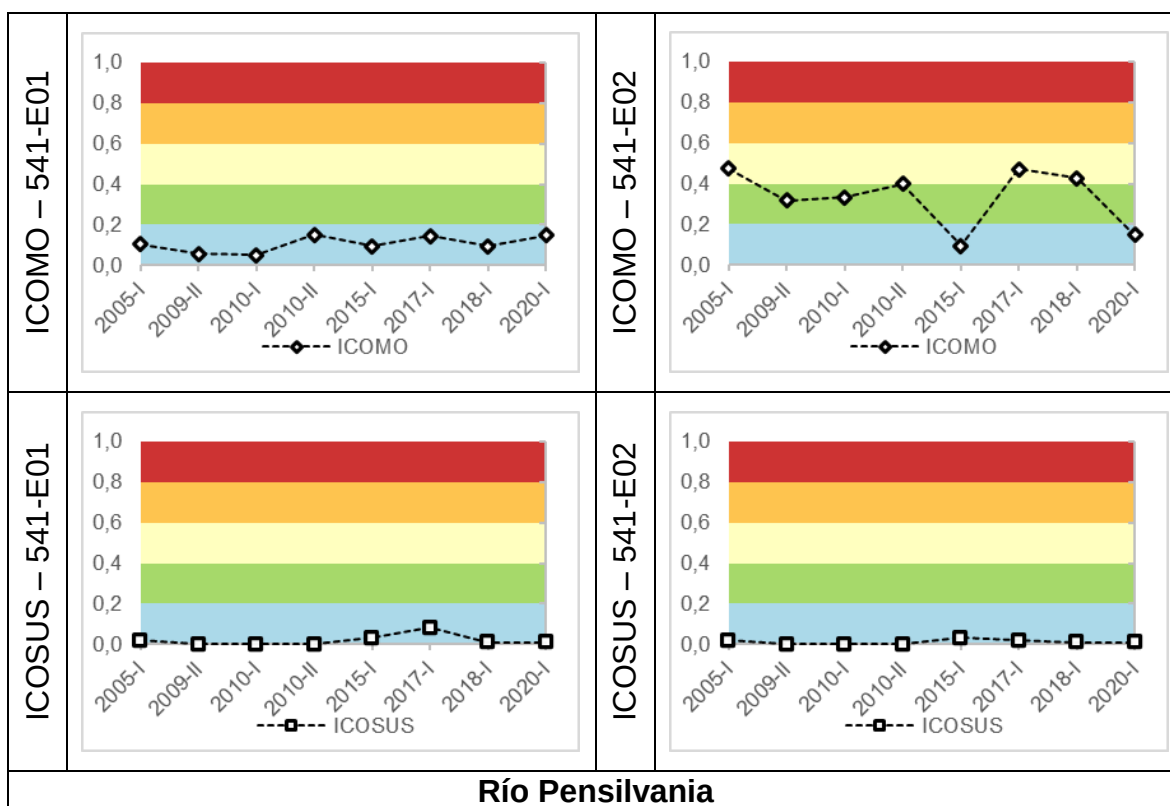


Figura 104 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Pensilvania.

Según los resultados de los ICOS para las estaciones 541-E01y 541-E02 en el año 2020, se encuentran en la categoría de “muy baja” según las escalas de clasificación determinadas por las metodologías ICOMI, ICOMO e ICOSUS. En la Tabla 139 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pensilvania.

Tabla 139. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Pensilvania, año 2020

Municipio	Estaciones	541-E01	541-E02
Pensilvania	Índice	ICOMI	
	Valor	0,016	0,027
	Clasificación	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,15	0,15
	Clasificación	Muy baja	Muy baja
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,01	0,01
	Clasificación	Muy baja	Muy baja

- ICOTRO

En la Figura 105 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en río Pensilvania, del municipio del mismo nombre. El cálculo de este índice está en función principalmente de la concentración del fósforo total obtenida en la campaña de monitoreo. Aquí se evidencia que las estaciones 541-E01 y 541-E02 han presentado concentraciones de fosforo total que lo clasifican como “eutrófico”, exceptuando el valor obtenido en el 2018 para la estación E01, año en el cual fue clasificado como “hipereutrófico”.

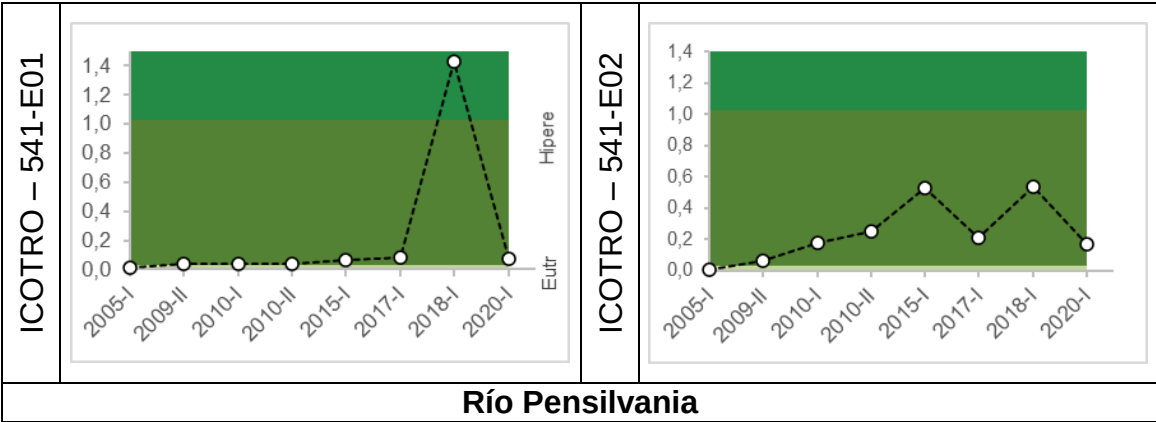


Figura 105 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pensilvania.

Los resultados del ICOTRO para el año 2020, evidencian que las estaciones 541-E01 y 541-E02 están en la categoría de “Eutrófico”. En la Tabla 140 se muestran dichos resultados obtenidos del cálculo del ICOTRO en el río Pensilvania.

Tabla 140. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Pensilvania año 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	541-E01	541-E02
Pensilvania	Valor	0,07	0,17
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.4.2.6. Objetivos de Calidad según la Resolución 239 de 2007

En la Tabla 141 se establece el nivel de cumplimiento de los objetivos de calidad según lo dispuesto en la Resolución 239 de 2007 para los usos permitidos del río Pensilvania, receptor de los vertimientos del municipio de Pensilvania, Caldas. Los objetivos de calidad definidos en dicha Resolución: a largo plazo, para el tramo dos (2) -desde la estación Pensilvania E1 hasta la estación Pensilvania E2-, para el uso de preservación de flora y fauna (UPFF), al comparar los valores obtenidos en la campaña de monitoreo con lo definido en la Resolución.

Tabla 141. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la Resolución 239 de 2007 Río Pensilvania.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 541-E01	Estación 541-E02
Uso para la preservación de flora y fauna (UPFF)	pH	Unidades	6,5-9,0	6,67	6,66
	OD	mg/L	>5	7,44	7,49
	Conductividad	(μ S/cm)	-	54,1	59,3
	DBO ₅	mg/L	$\leq 5,0$	<5,00	<5,00
	SST	mg/L	<50	<10,00	<10,00
	Turbiedad	UNT	<100	3,40	2,90
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	10 UFC/100 mL	21 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	-	46 UFC/100 mL	56 UFC/100 mL
	Detergentes	mg SAAM /L	-	0,05	0,05
	Material flotante y espumas	NA	Ausente	Presente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	NA	Ausente	NR	NR
	Sustancias de interés sanitario	NA	Ausente	NR	NR

-: variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

NA: no aplica.

NR: no reportado.

Se observa que en el año 2020 hay un cumplimiento de la mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo, para las estaciones de 541-E01 y 541-E02, del río Pensilvania, exceptuando únicamente la presencia de material flotante y espumas en la primera estación. Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

3.4.2.7. Conclusiones

- **Río Pensilvania**

Los cambios en las concentraciones de las variables estudiadas entre las estaciones uno (541-E01) y dos (541-E02) del río Pensilvania, en el municipio del mismo nombre, indican que los vertimientos municipales no están alterando drásticamente la calidad del cuerpo receptor.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones del río Pensilvania en el año 2020, señalan que el nivel de contaminación es: “aceptable” según ICA-IDEAM, “buena” según ICA-CETESB y “muy baja” según el ICOMI, el ICOMO y el ICOSUS. Adicionalmente, se encuentran en la clasificación de “eutrófico” según el ICOTRO.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad a largo plazo para el río Pensilvania, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de material flotante y espumas en la estación 541-E01.

3.4.3. Municipio de Samaná

El municipio de Samaná cuenta con dos fuentes receptoras de los vertimientos municipales, estas son la quebrada 2305-001-071-021-016 (quebrada San Agustín) y la quebrada Tasajos, para las cuales se han establecido cinco (5) estaciones de monitoreo. Dos estaciones de monitoreo se encuentran ubicadas en la quebrada 2305-001-071-021-016 (quebrada San Agustín): la estación E1, ubicada antes de la primera descarga del municipio y la estación E2, ubicada después de la última descarga del municipio. En la quebrada Tasajos se encuentran ubicadas la estación E3, antes de recibir el primer descole y la estación E4, justo después de recibir el último descole. Además, se encuentra ubicada la estación E5, antes de la desembocadura de la quebrada Tasajos al Río La Miel. En la Tabla 142 se presentan la codificación, descripción y coordenadas de las estaciones.

Tabla 142. Estaciones de monitoreo del municipio de Samaná.

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Q. 2305-001-071-021-016 (Q. San Agustín)	662-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 0 + 300	1090638	898705
Q. 2305-001-071-021-016 (Q. San Agustín)	662-E02	Después de la última descarga del municipio_k 0 + 885	1090301	899023
Q. Tasajos	662-E03	Antes de la primera descarga del municipio_k 2 + 754	1090832	897915
Q. Tasajos	662-E04	Después de la última descarga del municipio_k 3 + 974	1090121	898358
Q. Tasajos	662-E05	Antes de la desembocadura al Río La Miel_k 16 + 308	1087801	905633

En la Figura 106 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Samaná, Caldas.

Tabla 143. Fecha de recolección de muestras municipio de Samaná.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
662-E01	Q. 2305- 001-071-021-016 (Q. San Agustín) E1	31/08/2020
662-E02	Q. 2305- 001-071-021-016 (Q. San Agustín) E2	31/08/2020
662-E03	Q. Tasajos E3	31/08/2020
662-E04	Q. Tasajos E4	31/08/2020
662-E05	Q. Tasajos E5	1/09/2020

3.4.3.2. Ensayos in situ

En la Tabla 144 se pueden observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Samaná, Caldas.

Tabla 144. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Samaná 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal (m ³ /s)
662-E01	5,30	6,32	93,0	22,30	0,008
662-E02	5,40	7,30	151,2	22,00	0,039
662-E03	7,34	7,90	20,3	23,50	0,271
662-E04	7,15	6,48	25,8	23,30	0,103
662-E05	8,35	6,85	53,2	22,20	4,790

- **Quebrada 2305-001-071-021-016 (Quebrada San Agustín)**

De acuerdo con la información levantada en campo, entre las estaciones 662-E01 y 662-E02 se observa un aumento en el caudal de la fuente receptora, el cual puede atribuirse principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Samaná. En cuanto a los valores de pH registrados, se encontraron valores por encima de las 6,00 UpH, presentándose un aumento de alrededor de una (1) UpH, presuntamente atribuible efecto previamente mencionado (ver Tabla 144).

En relación con la conductividad eléctrica, se observa un aumento en el valor de entre las estaciones 662-E01 y 662-E02, situación que puede ser atribuida principalmente a los vertimientos provenientes del municipio. Adicionalmente, se evidencian registros muy similares para oxígeno disuelto, entre ambas estaciones, hallándose valores superiores a 6,00 mg O₂/L, lo cual excede en al menos 2 unidades el valor mínimo requerido por la Resolución 239 de 2007 (< 4,00 mg O₂/L).

- **Quebrada Tasajos**

En términos de caudal, se encontró que entre las estaciones 662-E03 y 662-E04 ubicadas en la quebrada Tasajos, se pudo evidenciar una disminución considerable, lo cual puede estar asociado principalmente a que, entre ambas estaciones de monitoreo, se presentan pequeñas desviaciones y empozamientos de agua (incluidos algunos artesanales, empleados con fines recreativos). En los valores de pH se puede observar una disminución de una estación a otra, lo cual puede indicar que los vertimientos municipales están teniendo un efecto levemente acidificante en la fuente. Adicionalmente, en la estación de monitoreo 662-E05 se observa un aumento significativo en el caudal, debido a fuertes precipitaciones que ocasionaron la crecida del río, así como un leve aumento en el pH que puede ser atribuido a la capacidad de la quebrada de depurar los contaminantes.

En cuanto a los valores de conductividad eléctrica, entre las estaciones 662-E03 y 662-E04 se encuentra un leve incremento, atribuido fácilmente a los vertimientos municipales. En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto, estas se encuentran por encima de 7,0 mg O₂/L para ambas estaciones, lo cual es típico en las fuentes superficiales. De otro lado, para la estación de monitoreo 662-E05, se observó un aumento significativo tanto en el oxígeno disuelto, como en la conductividad eléctrica, ambos presuntamente atribuibles al fenómeno de creciente mencionado en el párrafo inmediatamente anterior.

3.4.3.3. Resultados de ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 145 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Samaná.

Tabla 145. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Samaná.

Ensayo (s)	Unidades	Código estación				
		662-E01	662-E02	662-E03	662-E04	662-E05
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	24,00	31,00	5,00	0,00	5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	47,90	72,00	16,32	0,00	15,74
Sólidos totales	mg/L	58,0	106,0	43,00	19,00	42,00
Sólidos suspendidos totales	mg/L	10,00	26,00	10,00	10,00	10,00
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	3,48	9,80	0,41	0,52	0,52
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	1,33	2,14	0,23	0,29	0,35
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,10	0,28	0,01	0,01	0,03
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	35,80	52,60	16,40	15,90	23,70
Coliformes Totales	UFC/100 mL	680000	530000	580	860000	650000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	310000	270000	270	420000	290000
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	44,10	55,30	32,80	24	29,70
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	33,00	24,20	21,90	18,90	20,30
Turbidez	UNT	8,00	18,00	3,00	2,70	8,30

Ensayo (s)	Unidades	Código estación				
		662-E01	662-E02	662-E03	662-E04	662-E05
Grasas & Aceites	mg/L	9,00	13,00	11,00	3,00	2,00
Cloruros	mg Cl/L	4,45	7,92	0,49	-	0,49
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	14,20	24,00	4,30	5,30	6,50
Color real	U Pt - Co	32,30	57,60	1,00	3,00	9,70
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,45	1,29	0,06	0,06	0,01
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,23	0,70	0,05	0,05	0,05
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,29	0,82	0,05	0,05	0,05
Cianuro	mg CN/L	0,005	-	-	-	-
Mercurio	mg Hg/L	-	-	-	-	-

--Variable no solicitada en la muestra

• Quebrada 2305- 001-071-021-016 (Quebrada San Agustín)

Entre las estaciones 662-E1 y 662-E2, de la quebrada San Agustín, se observa un incremento entre los valores de DBO₅, DQO, sólidos totales (ST) y sólidos suspendidos Totales (SST), lo cual podría atribuirse al aporte de los vertimientos municipales a la quebrada, además, estos valores podrían indicar que el tipo de contaminantes serían esencialmente orgánicos con biodegradabilidad moderada. Adicionalmente, los valores de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y de nitrógeno amoniacal, son indicativos de que los vertimientos municipales pueden aportar una buena cantidad de nitrógeno, que al complementarse con los datos equivalentes para nitratos (4,40 mg NO₃/L), y un incremento moderado en los valores de nitritos, permiten asumir que se trataría en su mayoría de nitrógeno orgánico. Así mismo, los valores de fósforo total y fósforo soluble, sufren un incremento entre una estación y otra, lo cual podría atribuirse a los nutrientes aportados, en general, por los vertimientos del municipio de Samaná.

En cuanto a los valores de alcalinidad, dureza total y cloruros, se observa un aumento en las concentraciones entre ambas estaciones de monitoreo, probablemente atribuibles al aporte de los vertimientos municipales, el hecho de que el valor de la dureza cálcica disminuya de una estación a otra, puede indicar que la dureza magnésica es la principal fuente de contribución para el incremento de la dureza total. De otro lado, el aumento en la concentración de cloruros y sulfatos, exhibe un comportamiento similar, el cual podría relacionarse con la contribución de las descargas municipales. En cuanto a los valores de Color real y Turbidez, se evidencia un aumento considerable, que puede atribuirse a la cantidad de sólidos disueltos, aportados por los vertimientos del municipio de Samaná. A los cuales, también se puede atribuir el aumento en la concentración de las grasas y aceites, entre las estaciones 662-E1 y 662-E2.

De otro lado, se puede apreciar una concentración de sustancias activas al azul de metileno (SAAM), inversamente proporcional a la concentración de coliformes totales y coliforme fecales, lo cual indicaría que podrían existir altos niveles de

diversos tipos de sustancias (y/o mezclas) con potencial bactericida, dentro de los vertimientos municipales.

- **Quebrada Tasajos**

Entre las estaciones de monitoreo 662-E03 y 662-E04 se observa que los valores de DQO y la DBO₅ disminuyen hasta 0,00 mgO₂/L, lo cual, aunado a la disminución en la concentración de ST, permite inferir que el aporte de los vertimientos municipales tiene un efecto principalmente disolutivo. Sin embargo, se presenta el caso contrario en la estación de monitoreo 662-E05, antes de la desembocadura al río la Miel. Lo cual podría ser evidencia de que, a lo largo de su recorrido la quebrada Tasajos estaría recibiendo aportes de diversos tipos de contaminantes, provenientes de otras fuentes, como actividades recreativas y comerciales, además de vertimientos de viviendas, fincas, caseríos, etc. Adicionalmente, no se observan cambios en la concentración de SST, pues la concentración de 10 mg/L se mantiene constante en las tres estaciones estudiadas.

Los resultados obtenidos para las variables Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK) y nitrógeno amoniacal, muestran un incremento entre las estaciones 662-E03 y 662-E04, lo cual podría ser un indicativo de que los vertimientos municipales tienen un aporte de nitrógeno, principalmente en forma de nitrógeno orgánico (cuantificado dentro del NTK) y amoniacal. Como se puede apreciar, mediante el contraste con la concentración constante en las variables nitratos (4,40 mg NO₃/L) y nitritos (0,01 mg NO₂/L) entre ambas estaciones. De otro lado, se puede evidenciar que en la estación 662-E05 hay un incremento en los valores de Nitrógeno Amoniacal y Nitritos, lo cual permitiría inferir que existen procesos reductores en el medio, hacia la desembocadura al río La Miel.

Con respecto a las variables como alcalinidad total, dureza cálcica y dureza total, se evidencia una disminución de la concentración entre las estaciones 662-E03 y 662-E04, por lo cual se puede inferir que los vertimientos municipales del municipio de Samaná tienen un efecto disolutivo en los contaminantes mencionados, a diferencia de lo encontrado en la estación 662-E05, para la cual se observa un incremento en los valores de dichos contaminantes. Lo cual puede ser atribuido a fuentes de contaminación diferentes a los vertimientos municipales, y que pueden estar presentes a lo largo del trayecto de la quebrada Tasajos, hasta la desembocadura.

En cuanto a variables como el fósforo soluble y las SAAM no se aprecian diferencias entre las tres estaciones monitoreadas, encontrándose concentraciones de 0,05 mg/L para ambos casos. De otro lado, el fósforo total presenta una concentración constante entre las estaciones 662-E03 y 662-E04, con un valor de 0,06 mg PO₄/L. Sin embargo, una sufre una disminución notoria en la estación 662-E05, lo cual permite inferir que existe un proceso de depuración natural para los componentes ricos en fósforo, a lo largo del trayecto.

En relación con la variable cloruros se observa una concentración equivalente en los puntos 662-E03 y 662-E05, mientras que para las variables sulfatos y color real

se observa una tendencia a aumentar, probablemente debida al aporte de los vertimientos municipales y a fenómenos naturales, como el arrastre de sedimentos, sólidos disueltos y escorrentía, que pueden contribuir no solo al valor del color real, sino de la turbidez, que en dicha estación presenta también su valor más alto. Mientras que las grasas y aceites, presentan una tendencia a disminuir entre las estaciones 662-E03, 662-E04 y 662-E05, por lo cual se presume que las descargas del municipio de Samaná contribuyen directamente a diluir dicha variable.

Finalmente, con respecto a las variables coliforme totales y coliformes fecales, se observa un aumento entre las estaciones 662-E03 y 662-E04, atribuible presuntamente al efecto que tienen las descargas municipales sobre la quebrada Tasajos. Dicho efecto se ve contrastado con una disminución eventual en dichos valores, llegando al punto previo a la desembocadura al río La Miel, 662-E05, lo cual permite inferir que se están presentando diversos procesos fisicoquímicos y bioquímicos, entre otros, que le permiten a la quebrada degradar dichos contaminantes.

3.4.3.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Samaná

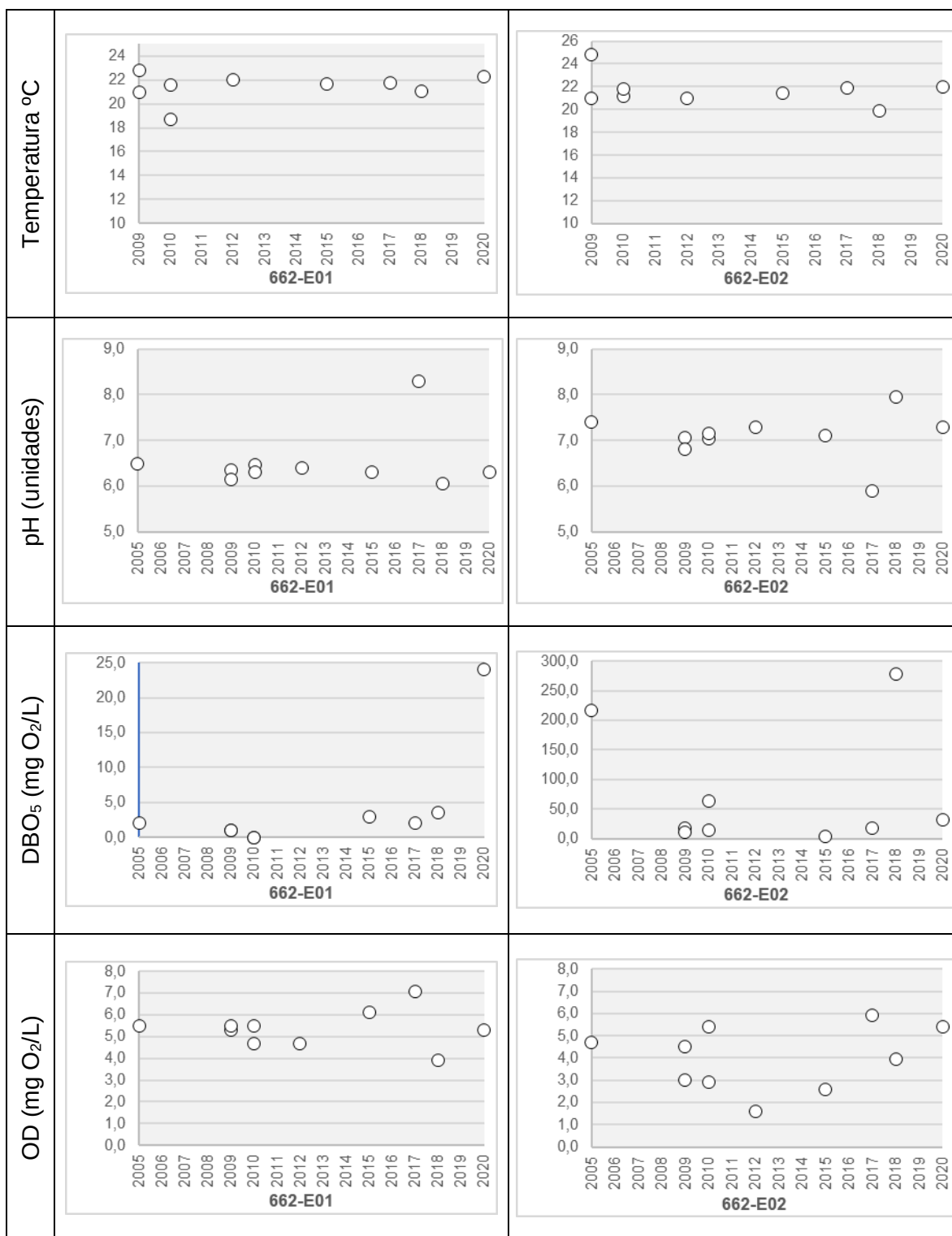
A continuación, se presentan los perfiles de la distribución de datos en el tiempo y que permite observar la tendencia histórica en el comportamiento de cada una de las variables analizadas en el período 2005 – 2020. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales y coliformes fecales para las cinco estaciones ubicadas en el municipio de Samaná.

- **Estaciones quebrada San Agustín: 662-E01 y 662-E02**

En la Figura 107 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente para cada una de las estaciones en la quebrada San Agustín. Con esta información podemos observar la contribución histórica de los vertimientos municipales a las concentraciones de estas variables. Inicialmente, para la variable temperatura del agua se encuentran valores que oscilan entre los 18,7 °C y los 22,8 °C en la estación 662-E01. De igual manera, se hallan valores comprendidos entre 19,9 °C y 24,8 °C, en la estación 662-E02, después de los vertimientos del municipio de Samaná. Con respecto al valor de pH, se observa una relación directa entre las descargas municipales y el aumento de dicha variable, presentándose el único caso excepcional en el año 2017, en el cual el valor bajó de 8,3 a 5,9 UpH. De igual manera sucede con la concentración de la variable DBO₅, la cual exhibe una tendencia a aumentar entre las estaciones 662-E01 y 662-E03.

En relación con los datos históricos obtenidos para la variable OD se observa generalmente una disminución de los valores entre las estaciones 662-E01 y 662-E02, con tendencias de los datos un poco menos uniformes. Se destaca que, en la campaña del año 2020 se da el caso contrario y el dato del monitoreo presenta un valor levemente superior en la estación 662-E01. En cuanto a las variables SST y Coliforme Fecales, se observa una tendencia histórica al incremento entre las

estaciones 662-E01 y 662-E02, alcanzando para SST sus valores máximos en los años 2005 y 2018, mientras que para la variable Coliformes Fecales, este valor máximo se posiciona en el año 2020.



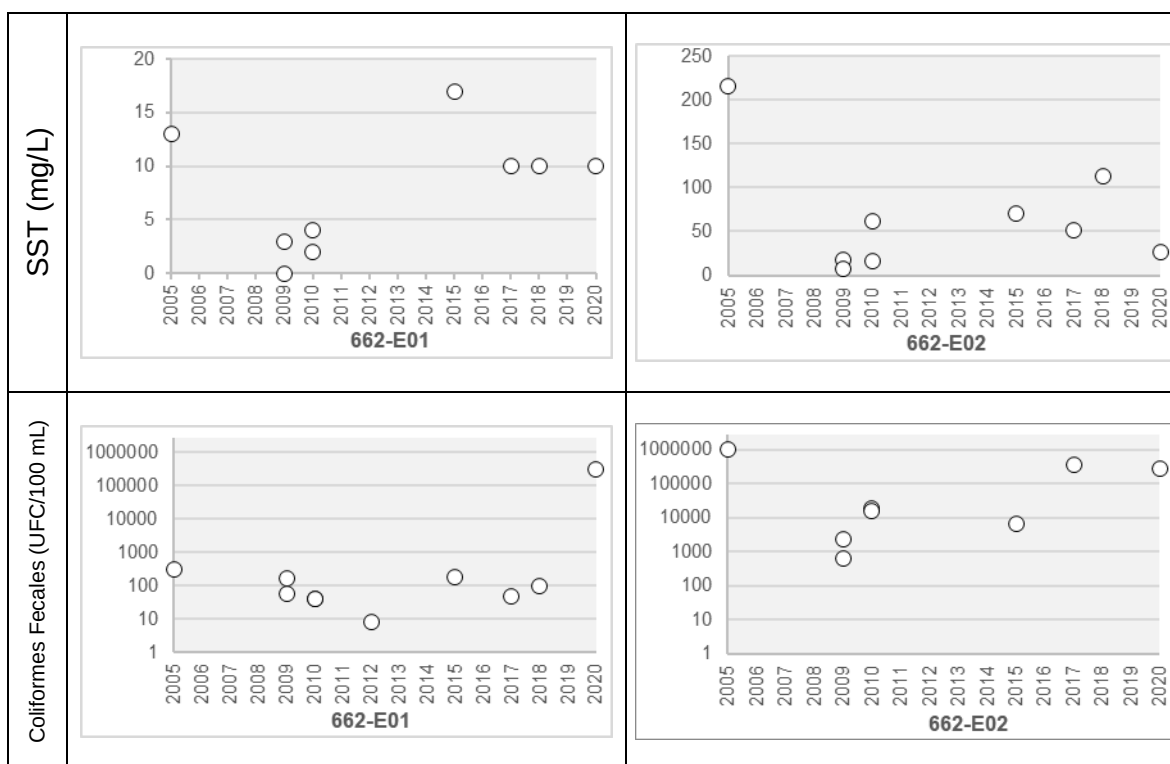


Figura 107 Variación histórica de las variables para la quebrada San Agustín.

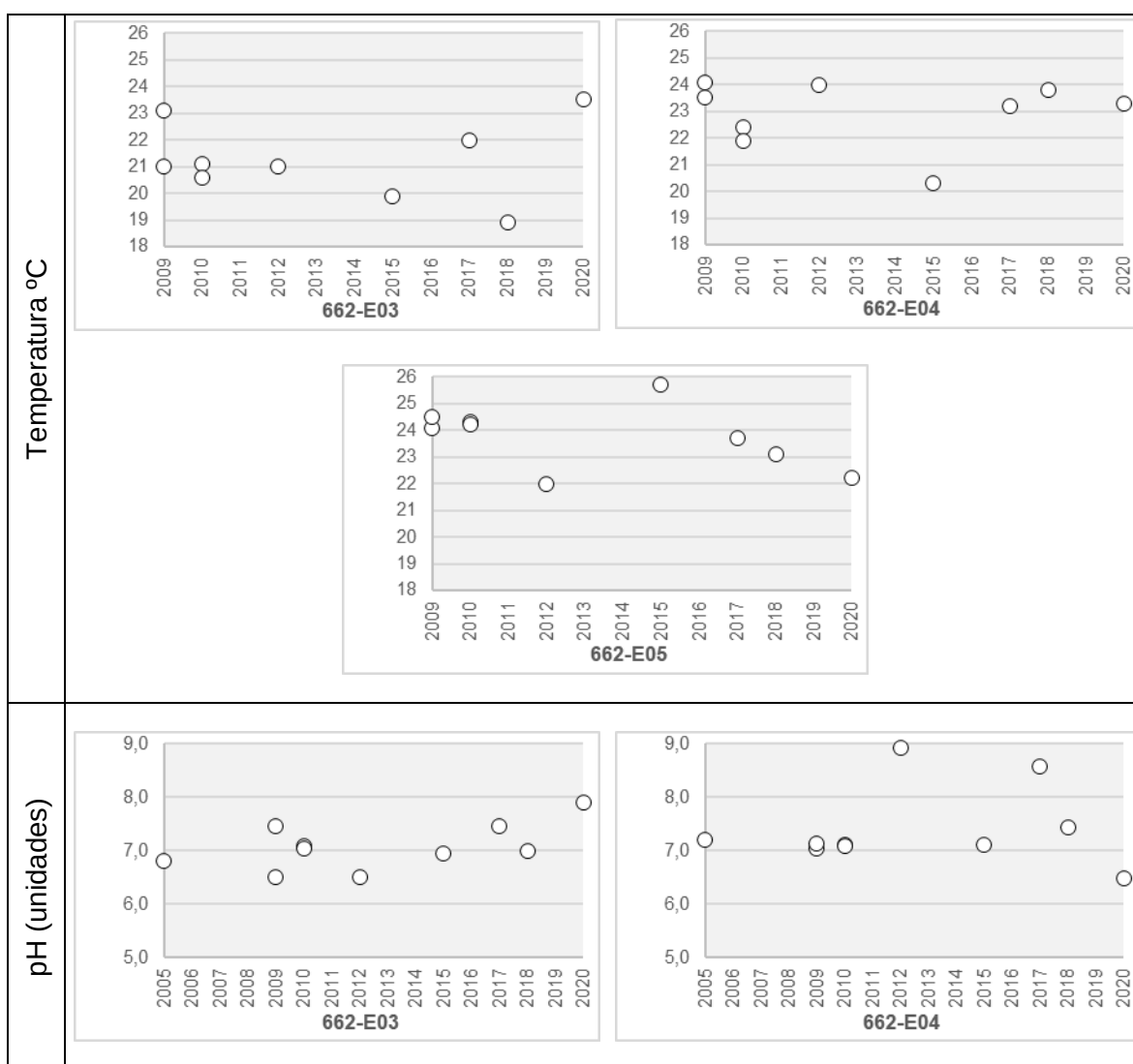
- **Estaciones quebrada Tasajos: 662-E03, 662-E04 y 662-E05**

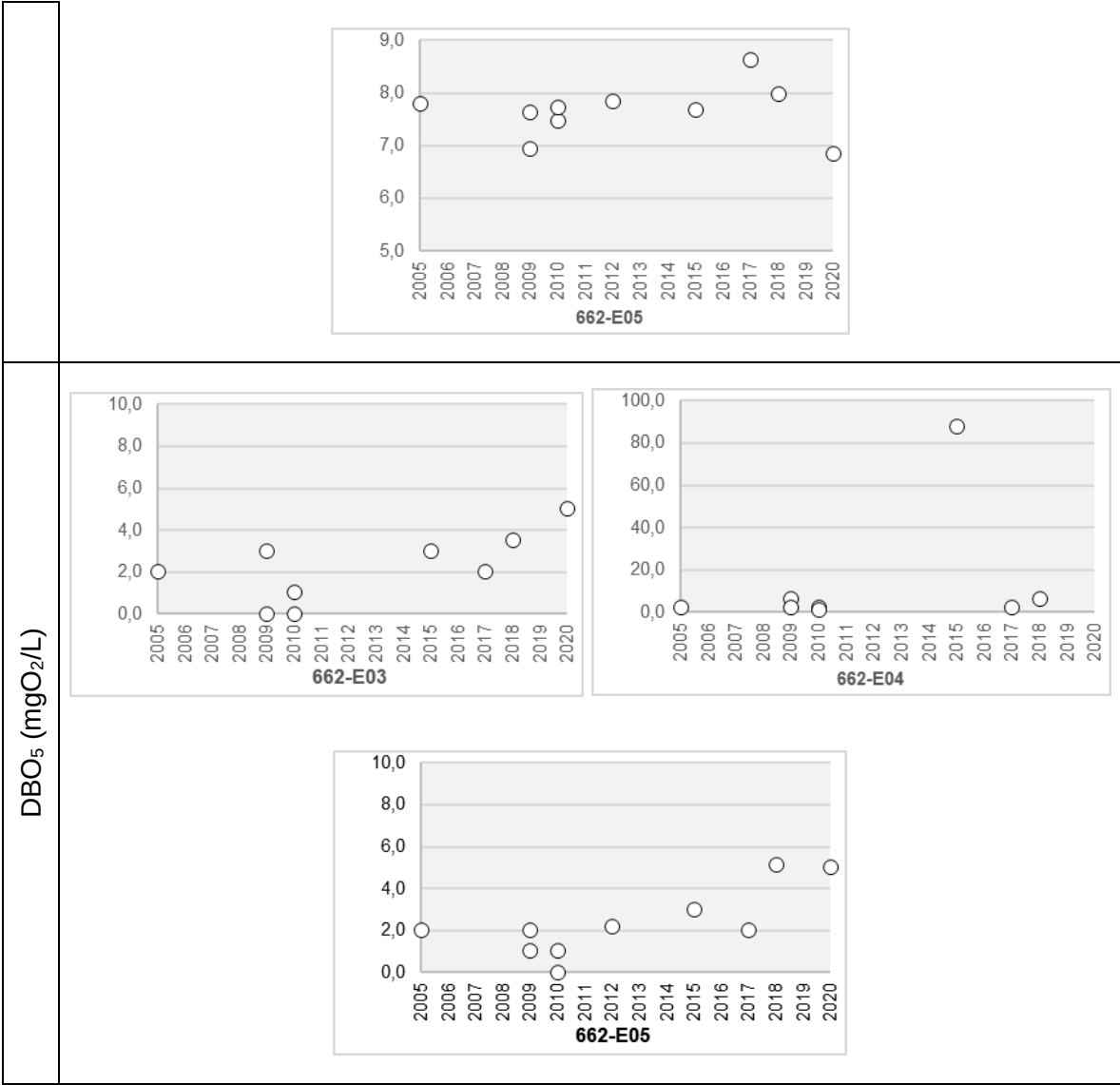
En la Figura 108 se presenta el consolidado de las variables históricamente analizadas en la quebrada Tasajos, donde se encuentran los puntos de monitoreo 662-E03, 662-E04 y 662-E05. Con respecto a los resultados históricos se puede percibir una tendencia al aumento justo después del paso a través del punto 662-E03, hallándose temperaturas que alcanzan los 25,7 °C en la estación 662-E05. Cabe resaltar que, en el año 2020 se observan datos relativamente cercanos entre las tres estaciones monitoreadas. Para la variable pH se pueden evidenciar que haciendo la respectiva comparación entre la estación 662-E03 (antes de la primera descarga) del municipio de Samaná y el punto 662-E04 (después del último descole), existe un aumento en los valores, que en muchos casos se extiende hasta la estación de monitoreo 662-E05, alcanzándose valores superiores a 8,9 UpH en 2012 y a 8,5 en 2017.

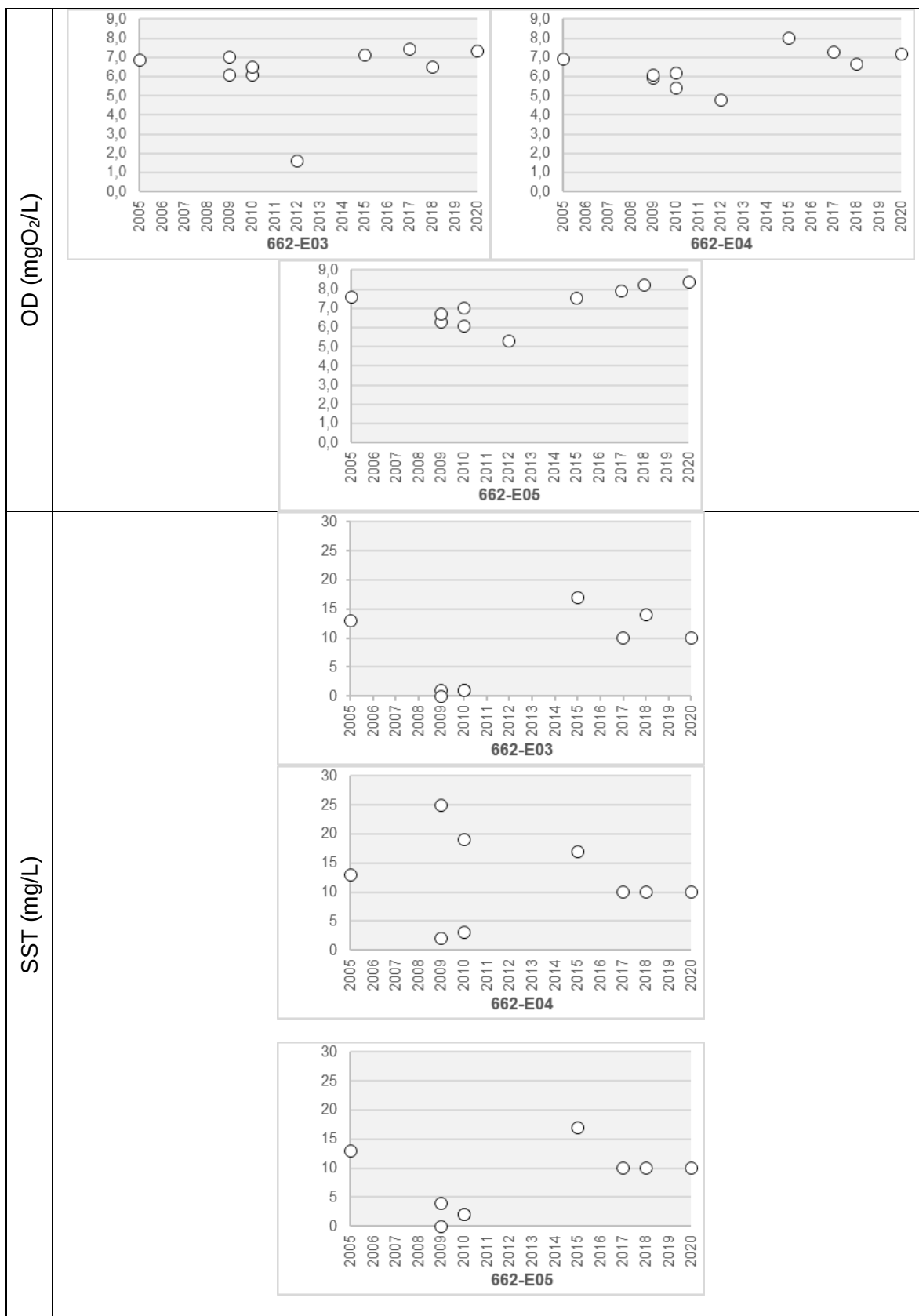
En cuanto a la concentración de la variable DBO_5 se observa un incremento entre las estaciones 662-E03 y 662-E04, alcanzando un máximo histórico de 88 mg O_2 /L en el año 2015, además, los resultados históricos para la estación 662-E05 reflejan la capacidad que tiene la quebrada Tasajos para depurar los contaminantes asociados a esta variable. Con respecto a la variable OD, los datos históricos evidencian principalmente una disminución en la concentración al comparar los resultados para las estaciones 662-E03 y 662-E04. Sin embargo, estos resultados exhiben una tendencia al aumento en la estación 662-E05.

De otro lado, la concentración de ST presenta una tendencia a aumentar desde la estación 662-E03 hasta la estación 662-E04, disminuyendo finalmente en la

estación 662-E05. Resaltando que en años recientes ha mostrado un comportamiento equivalente en las tres estaciones, con concentraciones de 10 mg/L a lo largo del tramo monitoreado, muestra de ello son los años 2017 y 2020. Finalmente, los resultados históricos de Coliformes Fecales, indican que probablemente los vertimientos municipales han ocasionado un incremento en la concentración de esta variable, entre las estaciones 662-E03 y 662-E04, alcanzándose un valor máximo de 420000 UFC/100 mL para esta última estación, en el año 2020. Al compararse con los resultados posteriores, se puede apreciar que este comportamiento se invierte entre las estaciones 662-E04 y 662-E05, lo cual es indicativo de los diversos procesos naturales que le permiten a la quebrada Tasajos atenuar este tipo de contaminantes.







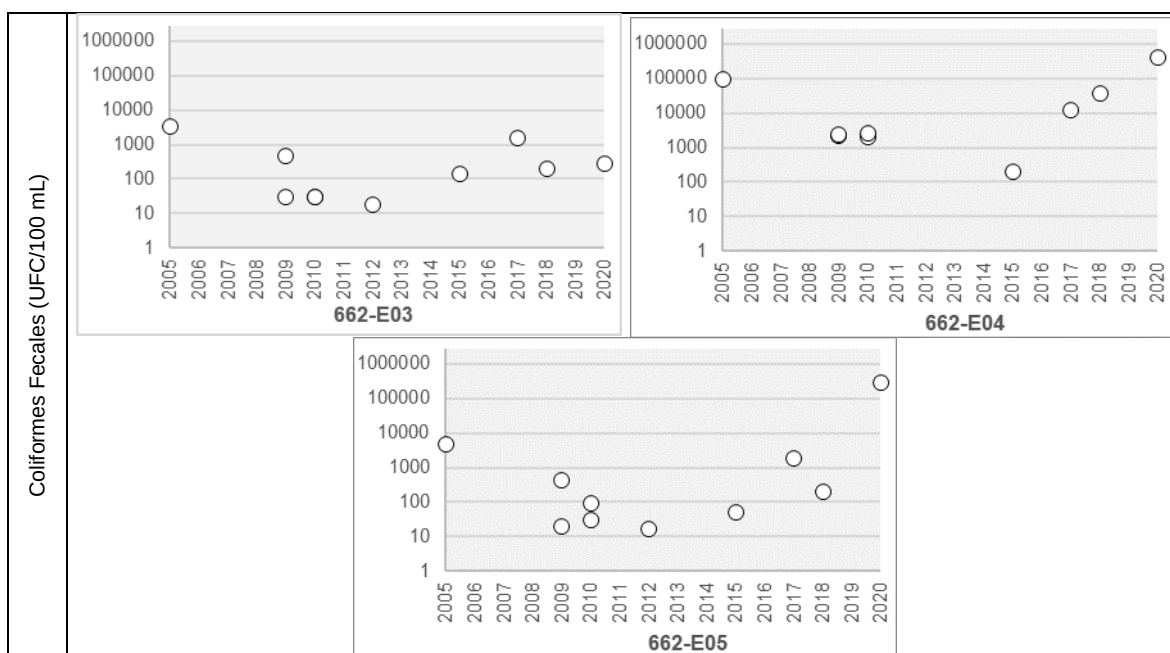


Figura 108 Variación histórica de las variables para la quebrada Tasajos.

3.4.3.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de una o más de variables requeridas para determinar el índice en un año específico. En este sentido se calcularon usando los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por Corpocaldas, se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y de contaminación de las fuentes receptoras quebrada San Agustín y quebrada Tasajos. Así como el cálculo de ICA-IDEAM, ICA-CETESB e ICOS para cada una de las estaciones de monitoreo.

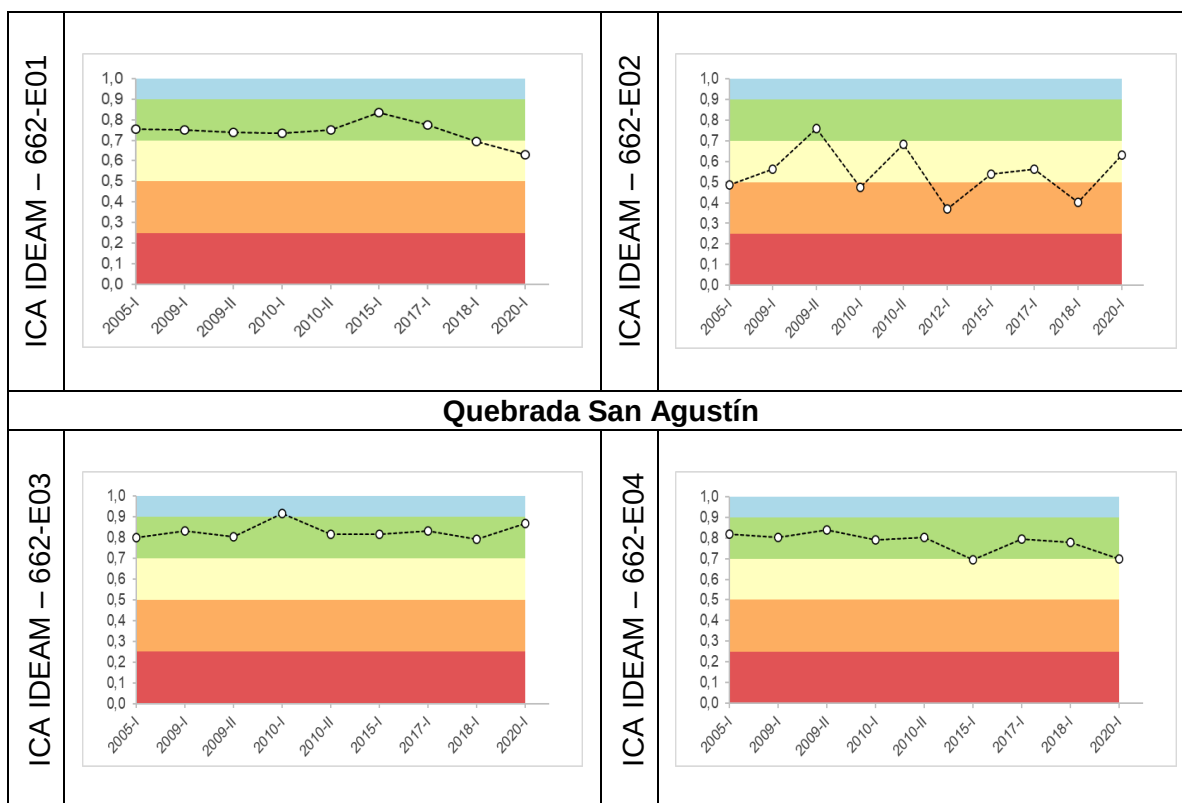
Se debe hacer la aclaración de que el laboratorio de Corpocaldas no reportó el valor de nitrógeno total, el cual representa la sumatoria de nitritos, nitratos y nitrógeno total Kjeldahl (NTK), por lo cual se usó el valor del NTK reportado por el laboratorio de Corpocaldas como el valor que mayor aporte hace a la sumatoria de nitrógeno total en todos los cálculos pertinentes. Esta suma no se realizó debido a que el reporte de resultados que hizo el laboratorio para las variables nitritos y nitratos, se encuentra en unidades de $\text{mg NO}_2^-/\text{L}$ y $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$ que no pueden ser considerados dentro del balance de especies, sin realizarse la conversión adecuada, conversión que no se realiza en el presente informe, con el fin de no alterar los resultados entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), se establece que las unidades de coliformes fecales deben estar expresadas en términos de Número Más Probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de

Corpocaldas se encuentra en Unidades Formadoras de Colonia (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe una expresión para relacionar directamente UFC/100 mL y NMP/100 mL, el uso de los resultados del laboratorio para esta variable, expresados en UFC/100 mL, serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO asumiendo que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

A continuación, se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Samaná, Caldas. En la Figura 109 se puede observar que para las estaciones 662-E01, 662-E03, 662-E04 y 662-E05 la calidad del agua se ubica en "aceptable" para la mayoría de los registros históricos, presentándose algunos casos por debajo del rango obteniendo una clasificación de "regular". Sin embargo, para la estación 662-E02 los datos varían entre malo y regular. En el año 2020 se observa que las estaciones 662-E03 y 662-E05 obtuvieron resultados de ICA-IDEAM aceptables, mientras que las estaciones restantes obtuvieron resultados regulares.



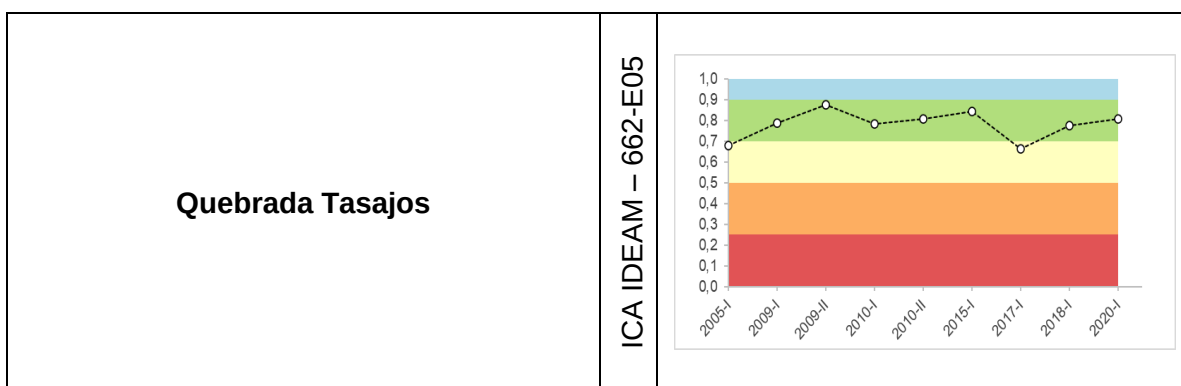
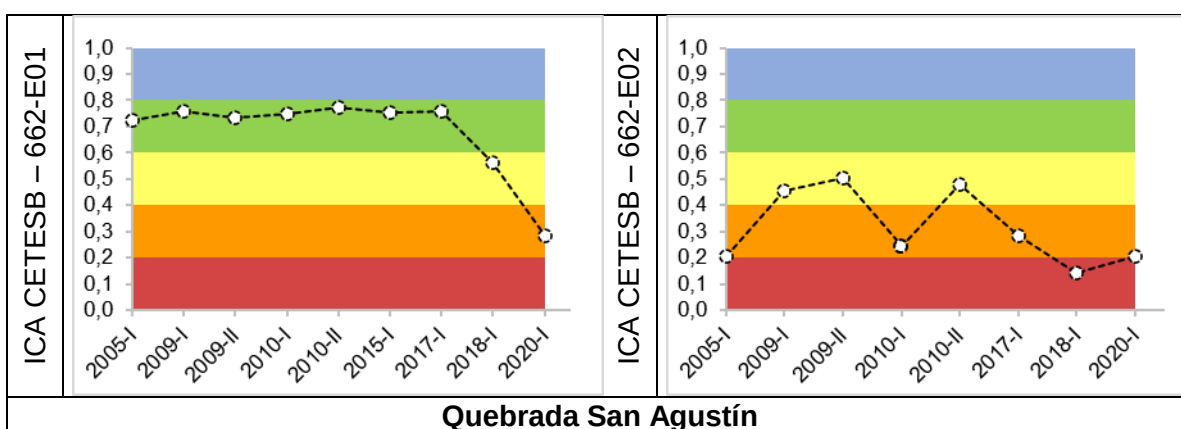


Figura 109 Resultados históricos ICA- IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Samaná.

- **ICA-CETESB**

En la Figura 110 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Samaná, Caldas. En la figura se observa que el ICA-CESTESB ha mostrado una calidad “buena” en la estación 662-E01 hasta la campaña 2017-I, a partir de la cual empezó a descender, hasta la clasificación de “mala” calidad en el año 2020. De otro lado, la estación 662-E02 ha obtenido resultados que se mueven entre las categorías “regular” y “mala, con una tendencia reciente que la mantiene cerca de la zona de “pésima” calidad. Sin embargo, la estación 662-E03 ha obtenido resultados que la posicionan como “buena” a un nivel histórico general, algo que ocurre de manera similar con la estación 662-E05, que ha tenido datos históricos de “buena” calidad hasta la campaña 2018-I, a partir de la cual obtuvo la calificación de “regular”. Finalmente, la estación 662-E04 es la que presenta las mayores diferencias entre los resultados obtenidos, presentando una tendencia decreciente en los años recientes y hallándose en la clasificación de “mala” calidad en el año 2020.



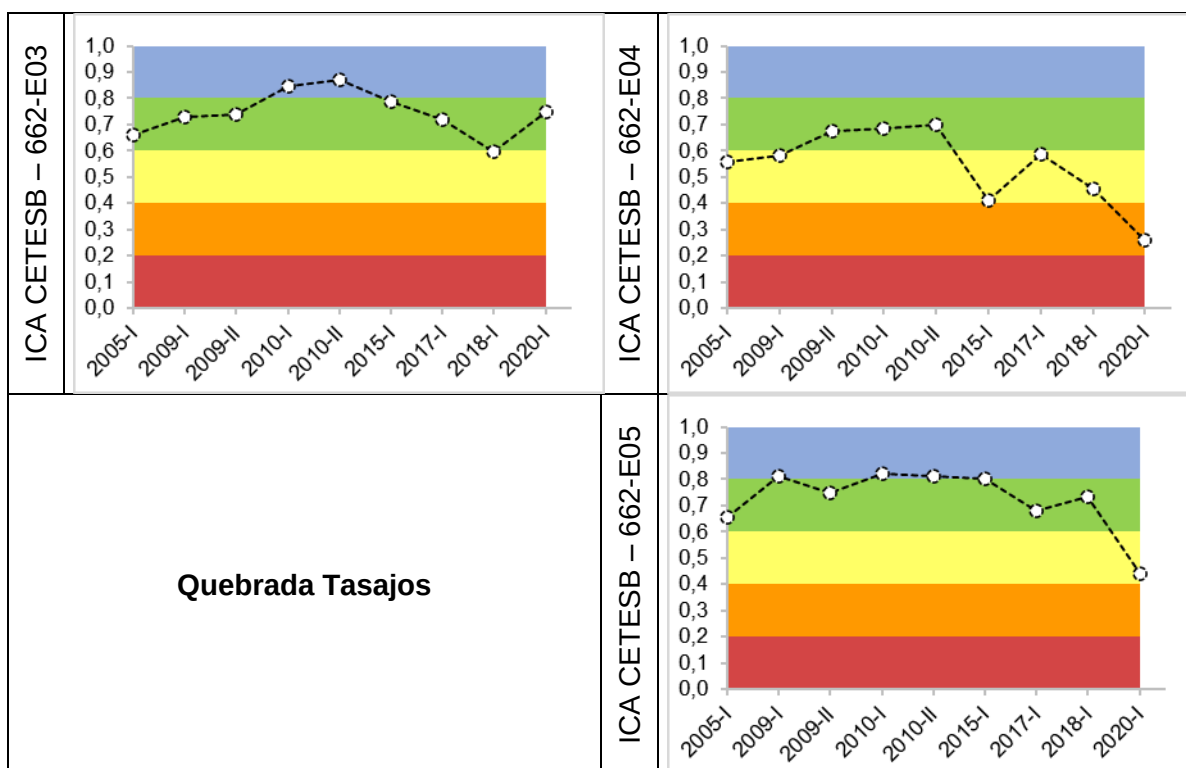
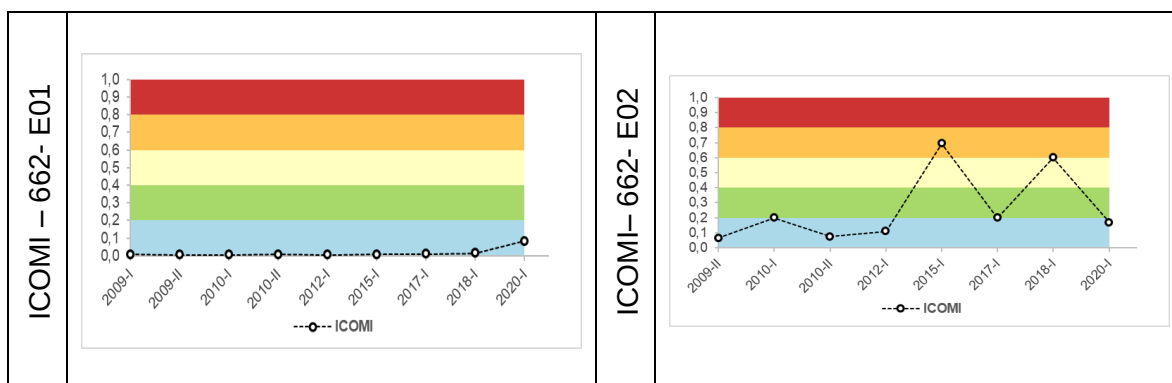


Figura 110 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Samaná.

- **ICOS**

En la Figura 111 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 662-E01 y 662-E02 de la serie histórica analizada para la quebrada San Agustín. En la estación 662-E01 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación principalmente “muy baja”. A excepción del ICOMO que presenta una tendencia a aumentar, especialmente en el 2020 en donde presenta un resultado “alto”. De otro lado, para la estación 662-E02 se observan índices de contaminación muy variables, resaltando el ICOMO que en años recientes presenta resultados de “muy alto”.



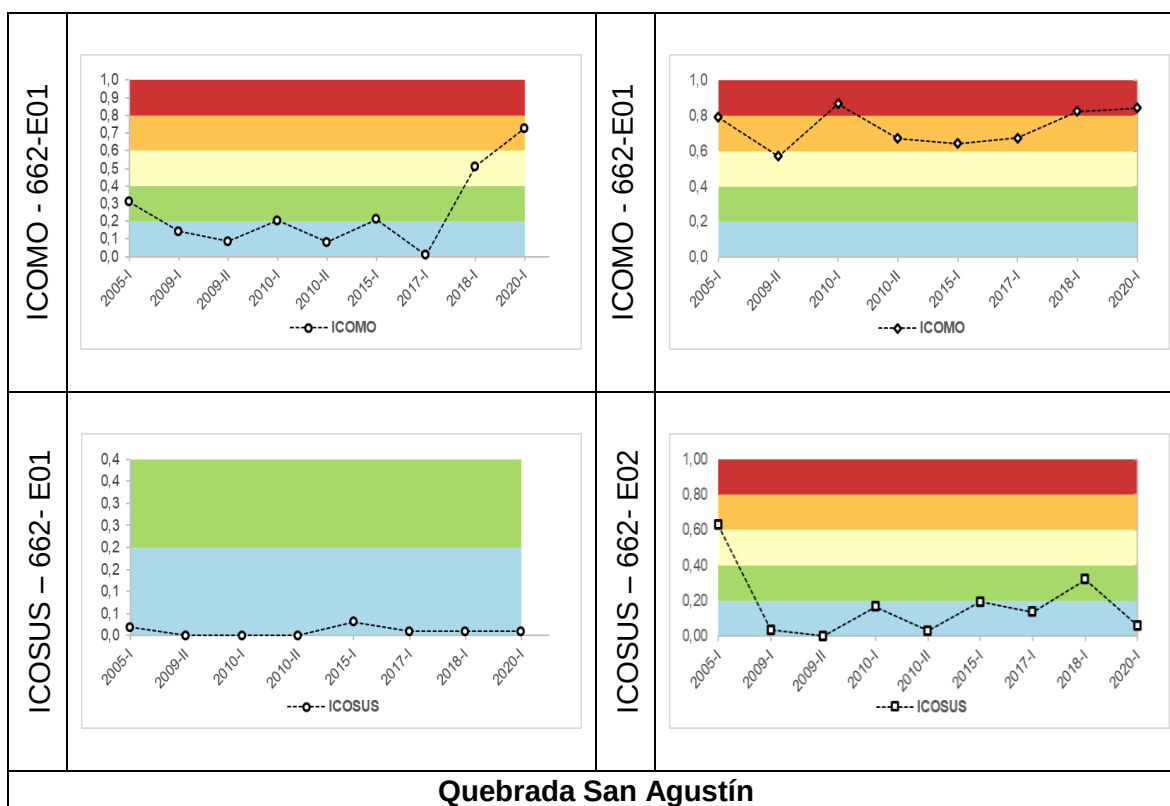
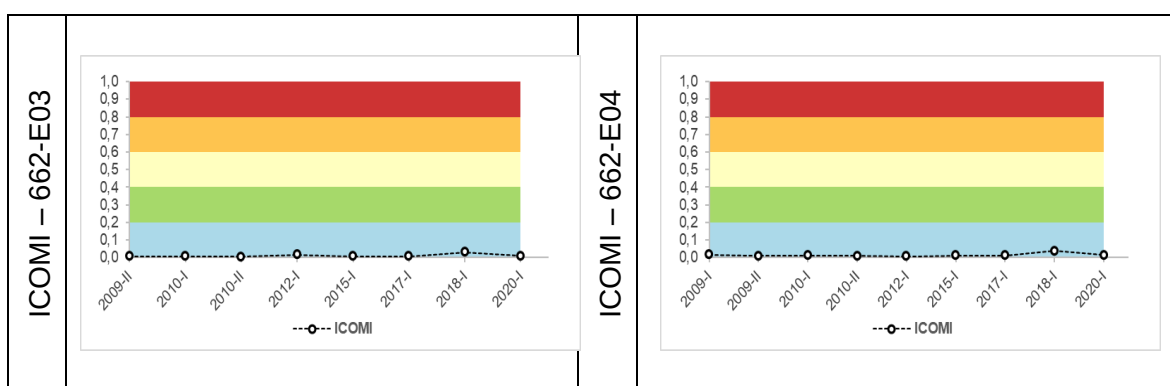
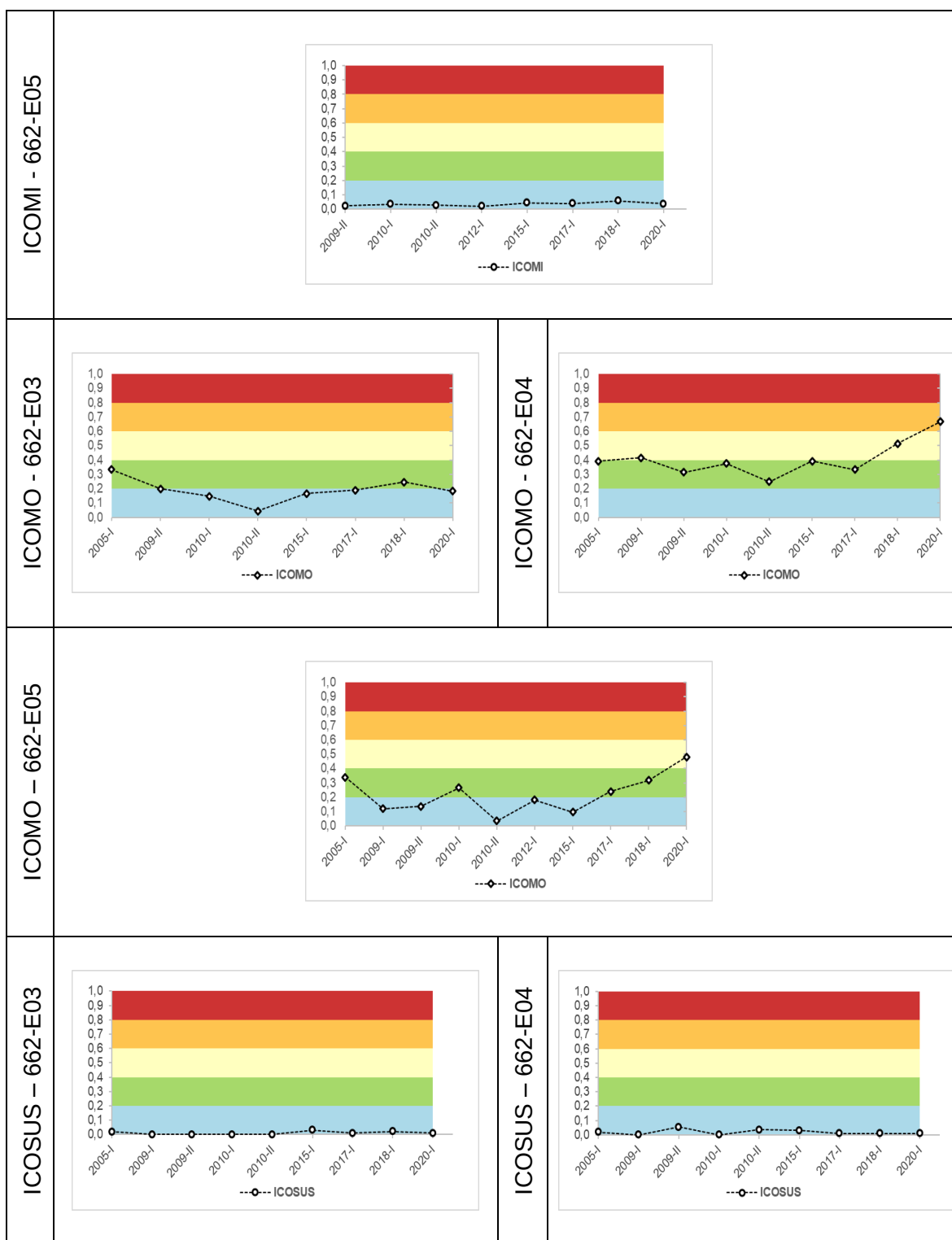


Figura 111 Resultados de los ICOS históricos de las estaciones de monitoreo quebrada San Agustín.

En la Figura 112 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 662-E03 y 662-E04 de la serie histórica analizada para la quebrada Tasajos. En la estación 662-E03 los ICOS presentan niveles históricos de contaminación que fluctúan entre “muy baja” y baja”. En la estación 662-E04 los resultados de los ICOS presentan resultados principalmente “muy bajos”, a excepción del año 2020, en donde el valor del ICOMO presenta un resultado “alto”. Finalmente, para la estación 662-E05 los resultados históricos de los índices calculados se presenta una situación similar, los ICOMI e ICOSUS se encuentran en la zona de “muy bajo”, mientras que el ICOMO ha presentado valores históricos comprendidos entre “muy bajo” y “bajo”, obteniéndose una tendencia a aumentar hacia el año 2020, en donde se obtuvo un resultado “medio”.





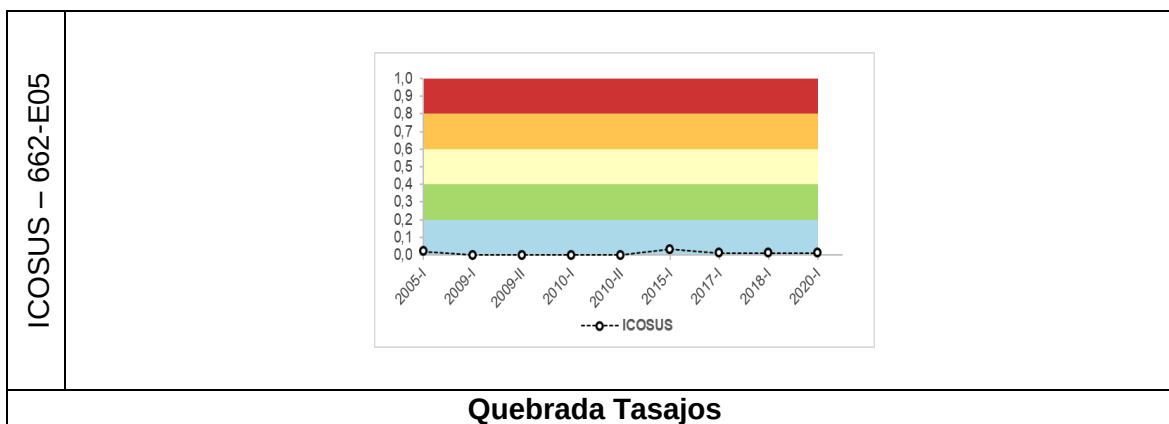
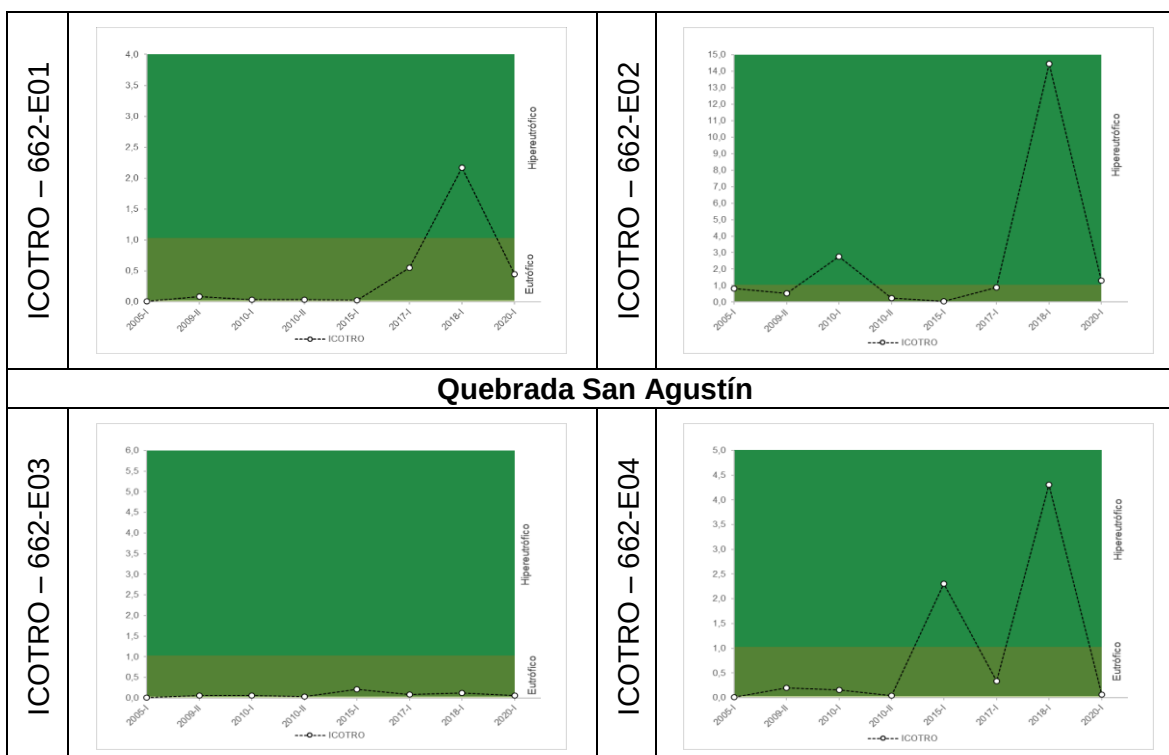


Figura 112 Resultados de los ICOS históricos de las estaciones de monitoreo quebrada Tasajos.

- **ICOTRO**

En la Figura 113 se presentan los resultados gráficos del cálculo del ICOTRO para las estaciones ubicadas en el municipio de Samaná, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total. Se observa que para la estación 662-E03 todos los resultados históricos indican “eutrófico”. Para la estación 662-E01 se presentan generalmente resultados de “eutrófico”, exceptuando el año 2018 en el que fue “hipereutrófico”. Para la estación 662-E02 se observa que en años recientes existe una tendencia hacia la zona de “hipereutrófico”, debida a las altas concentraciones de fósforo total. Finalmente, la estación 662-E04 muestra la mayor variabilidad en los datos, hallándose para el 2020, un resultado de “eutrófico”.



Quebrada Tasajos

Figura 113 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Samaná.

3.4.3.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Samaná.

- Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada San Agustín**

En la Tabla 146 se realiza la comparación entre los objetivos de calidad dispuestos en la Resolución 239 de 2007 para el tramo dos (2) de la quebrada San Agustín - desde la estación Samaná E1 hasta la estación Samaná E2-, según los objetivos de calidad establecidos a largo plazo, para el uso agrícola restringido, con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos estaciones. Con los datos reportados se observó que los valores se encuentran entre los límites permisibles para dar cumplimiento a los objetivos de calidad. Sin embargo, en casos específicos como la concentración de DBO₅ en ambas estaciones, así como el valor de NT y la presencia de material flotante y espumas en la estación 662-E02 sobrepasa lo establecido como límites permisibles dentro de los criterios de calidad.

Tabla 146. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola restringido en el tramo dos (2), quebrada San Agustín.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 662-E01	Estación 662-E02
Uso agrícola restringido	pH	Unidades	4,5-9,0	6,32	7,30
	OD	mg/L	>4	5,30	5,40
	Conductividad	(μS/cm)	700 - 3000	93,0	151,2
	DQO	mg/L	-	47,9	72
	DBO ₅	mg/L	<20,0	24	31
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	3,48	9,8
	SST	mg/L	<50	10	26
	ST	mg/L	-	58	106
	Turbiedad	UNT	40-100	8	18
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	310000 UFC/100 mL	270000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	-	680000 UFC/100 mL	530000 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	-	32,3	57,6
	Detergentes	mg SAAM /L	-	0,29	0,82
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Presente
	Sustancias de interés sanitario	N/A	-	Presente (CN)	NR

:- variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

NA: no aplica.

NR: no reportado.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Tasajos**

En la Tabla 147 se realiza la comparación entre los objetivos de calidad dispuestos en la Resolución 239 de 2007 para el tramo dos (2) de la quebrada Tasajos -desde la estación Samaná E3 hasta la estación Samaná E4-, según los objetivos de calidad establecidos a largo plazo para el uso para la preservación de flora y fauna, con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos estaciones. Los valores reportados demuestran el cumplimiento de los objetivos de calidad para todos los parámetros analizados comparables.

Tabla 147. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido tramo dos (2), quebrada Tasajos.

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 662-E03	Estación 662-E04
Uso para la preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	7,9	6,48
	OD	mg/L	>5	7,34	7,15
	Conductividad	(μ S/cm)	-	20,3	25,8
	DBO ₅	mg/L	$\leq$ 5,0	5	0
	SST	mg/L	<50	10	10
	Turbiedad	UNT	<100	3	2,7
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	270 UFC/100 mL	420000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	-	580 UFC/100 mL	860000 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	-	1	3
	Detergentes	mg SAAM /L	-	0,05	0,05
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	NA	Ausente	NR	NR
	Sustancias de interés sanitario	N/A	Ausente	NR	NR

-: variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

NA: no aplica.

NR: no reportado.

3.4.3.7. Conclusiones

Municipio de Samaná

Los resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas: quebrada San Agustín y quebrada Tasajos, evidencian una calidad “aceptable” a pesar de los vertimientos provenientes del municipio de Samaná.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Samaná: 662-E1, 62-

E02, 662-E03, 662-E04 y 662-E05, indica que los vertimientos del municipio de Samaná sobre las quebradas San Agustín y Tasajos, tienen una incidencia en el comportamiento de las variables como la DBO₅ y los coliformes fecales, entre otros. Con respecto a la calidad de las estaciones de monitoreo: según los índices ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo 662-E01, 662-E03, 662-E04 y 662-E05 poseen una calidad "aceptable" para la mayoría de los registros históricos, presentándose algunos casos con clasificación de "regular". Clasificación que prima para la estación 662-E02 en la serie histórica. Sin embargo, los resultados históricos para el ICA-CETESB señalan que en el 2020 existe una "mala" calidad en las estaciones 662-E01 y 662-E02, además, la estación 662-E03 ha obtenido resultados que la posicionan como de "buena" calidad generalmente, de forma similar a la estación 662-E05, que solo hasta la campaña más reciente obtuvo la calificación de "regular". Finalmente, la estación 662-E04 se halla en la clasificación de "mala" calidad en el año 2020.

En el año 2020, las estaciones de monitoreo 662-E03 y 662-E04, ubicadas en la quebrada Tasajos, en el municipio de Samaná cumplen con los objetivos de calidad establecidos a largo plazo en la Resolución 239 de 2007. Sin embargo, los valores de DBO₅ en las estaciones 662-E01 y 662-E02, así como la concentración de la variable nitrógeno total y la presencia de material flotante y espumas en la estación E02, indican que para la quebrada San Agustín existe un incumplimiento de algunos de los objetivos de calidad según la mencionada Resolución.

3.5. CUENCA AFERENTES DIRECTOS AL CAUCA ORIENTE

Los municipios de Aránzazu, Filadelfia, La Merced, Neira, Pacora y Salamina tienen jurisdicción dentro de la Cuenca Afluentes Directos al Cauca Oriente. A continuación, se presenta la descripción de las estaciones pertenecientes a los municipios anteriormente nombrados, con la información de los ensayos determinados en campo como en laboratorio, con sus respectivos análisis de calidad del agua y perfiles históricos por municipio.

3.5.1. Municipio de Aránzazu

El municipio de Aránzazu cuenta con dos fuentes receptoras de los vertimientos municipales que son la quebrada Sargento y la quebrada La Honda, en donde se han establecido cuatro estaciones de monitoreo. En la Tabla 148 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 148. Estaciones de monitoreo del municipio de Aránzazu.

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Quebrada SargentoE1	050-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 4 + 866	1074609	843791
Quebrada SargentoE2	050-E02	Después de la última descarga del municipio_k 7 + 649, antes de su confluencia a la Q. La Honda	1073127	842483
Quebrada La HondaE3	050-E03	Antes de la desembocadura de la Q. Sargento_k 6 + 455	1073070	842495
Quebrada La HondaE4	050-E04	Después de la desembocadura de la Q. Sargento_k 6 + 510	1073032	842339

En la Figura 114 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Aránzazu, Caldas.

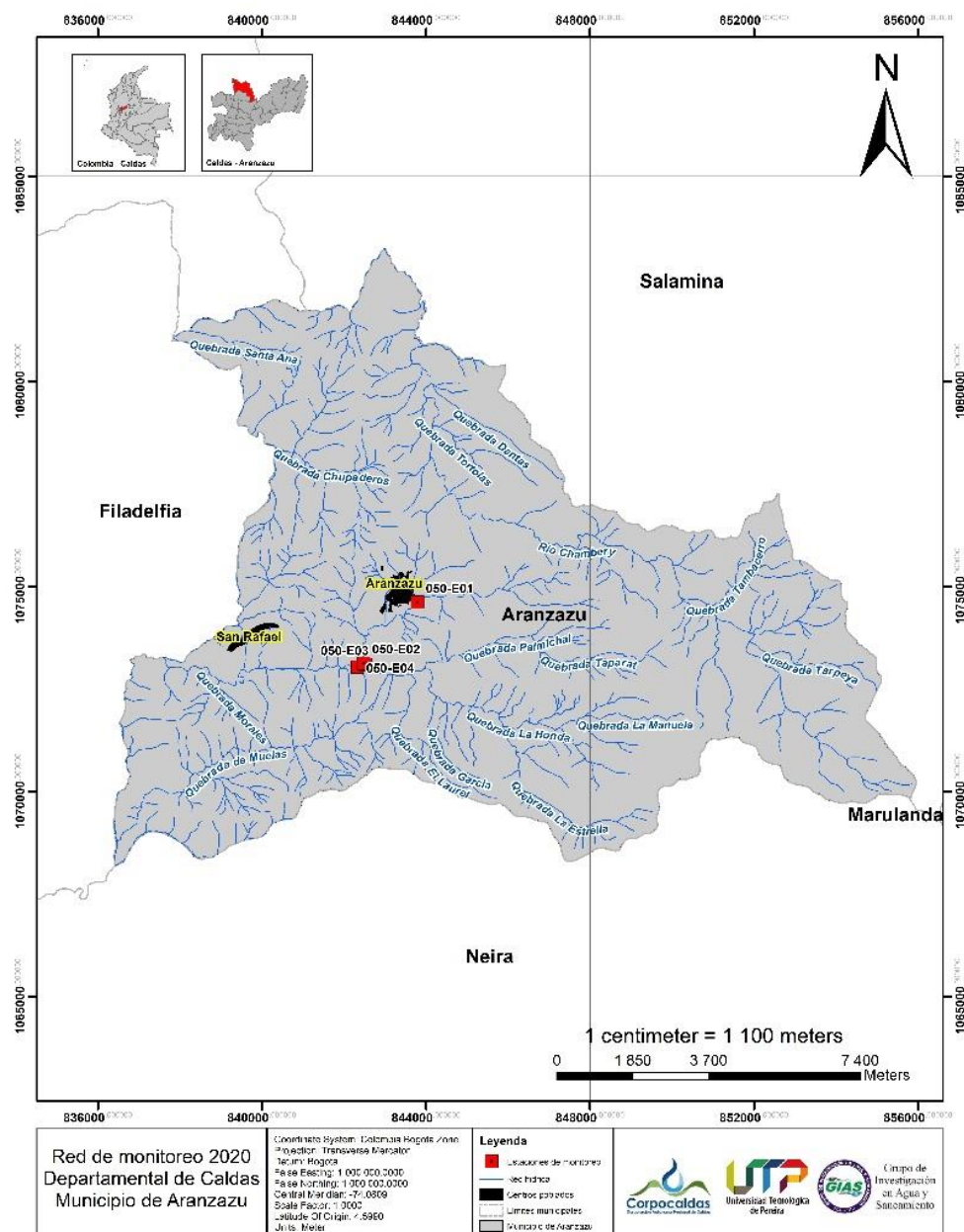


Figura 114. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Aranzazu
Fuente: propia

3.5.1.1. Campaña de monitoreo municipio de Aranzazu

La toma de muestras de la red de monitoreo departamental de Caldas fue realizada entre el 04 de agosto y el 02 de septiembre de 2020. En la

Tabla 149 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Aranzazu.

Tabla 149.Fecha de recolección de muestras municipio de Aránzazu.

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
050-E01	Q. SargentoE1	24/08/2020
050-E02	Q. SargentoE2	24/08/2020
050-E03	Q. La HondaE3	24/08/2020
050-E04	Q. La HondaE4	24/08/2020

3.5.1.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Aránzazu, Caldas (ver Tabla 150).

Tabla 150. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - Aránzazu 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
050-E01	7,83	7,19	67,1	17,40	0,189
050-E02	7,87	6,25	128,5	18,60	0,648
050-E03	7,89	6,73	75,9	18,00	1,378
050-E04	7,80	6,83	111,8	18,80	-

- **Quebrada Sargento**

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 050-E01 y 050-E02 se observa un aumento en el caudal de la fuente receptora de 0,459 m³/s, el cual está asociado principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Aránzazu.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con una diferencia de 0,04mg O₂/ entre las dos estaciones. Para los valores registrados de pH, se observó una disminución de 0,94 UpH entre las dos estaciones, el cual no es un valor significativo para esta variable.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica, se tuvo una tendencia a aumentar el valor de 61,4 μS/cm de una estación a otra. En términos de Temperatura se observa un incremento de 1,2 °C entre las estaciones.

- **Quebrada La Honda**

Conforme a la información tomada en campo, entre las estaciones 050-E03 y 050-E04 se observa un caudal de 1,378m³/s, en la primera estación y en la segunda no se cuenta con registro de esta variable.

En cuanto a las concentraciones registradas de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con una diferencia de 0,09 mg O₂/L presentando una disminución de una estación a la otra. Para los valores del pH, se encontró un aumento de una estación a la otra con una diferencia de 0,1 UpH.

Por su parte la Conductividad Eléctrica, tuvo una tendencia a aumentar el valor de 35,9 µS/cm de una estación a otra, condición que puede estar relacionada principalmente por los vertimientos provenientes del municipio. En términos de Temperatura se observa un incremento de 0,8 °C entre las estaciones.

3.5.1.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 151 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicadas dentro de la jurisdicción del municipio de Aránzazu, Caldas.

Tabla 151. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Aránzazu

Ensayo (s)	Unidades	Código estación			
		050-E01	050-E02	050-E03	050-E04
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	22,1±1,8	19,2±1,6	18,04±1,52	16,9±1,42
Sólidos Totales	mg/L	97	129	103	113
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	20±1	22±1	29±1	23±1
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	0,96	2,70	1,24	1,51
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,58	1,10	0,06	0,17
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,022	0,310	0,490	0,222
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	68,5	111	77,5	96,1
Coliformes Totales	UFC/100 mL	2700	680000	3500	730000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	700	240000	800	320000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	76,0	67,60	131,0	50,9
Dureza Cálctica	mg CaCO ₃ /L	38,2	46,3	40,4	38,0
Turbidez	UNT	12,00	14,00	15,00	14,00
Grasas & Aceites	mg/L	7,00	7,00	9,00	10,00
Cloruros	mg Cl-/L	3,47	4,96	1,98	2,73
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	9,60	41,30	41,60	44,40
Color real	U Pt- Co	25,30	33,10	29,40	32,80
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,05	0,31	0,10	0,16
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	0,16	<0,05	0,10
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	0,12	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	-	-	<0,005	-
Mercurio	mg Hg/L	-	-	-	-

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

- **Quebrada Sargento**

De acuerdo con los ensayos realizados en laboratorio para las estaciones 050-E01 y 050-E02 ubicadas en la Quebrada Sargento, las concentraciones de DBO₅ se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a las concentraciones de DQO se presenta una disminución de 2,9 mg O₂/L entre estaciones.

En cuanto a las concentraciones de ST, se observa un aumento de 32 mg/L entre las dos estaciones y para los SST se encontró una disminución de concentración de 6 mg/L entre las estaciones.

Para el Color Real, se observó un aumento de concentración entre estaciones de 3,4 U Pt- Co y para la Turbidez se encontró una disminución entre las estaciones de 1 UNT.

Las concentraciones de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas no presentan diferencia. Para la concentración de Nitritos se observa un aumento de 0,288 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar posiblemente por aportes de vertimientos entre las dos estaciones.

Los valores de NTK, tienen una tendencia a aumentar su concentración de una estación a otra con una diferencia de 1,74 mg N/L. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración presentó una tendencia a aumentar en 0,52 mg N/L, por lo anterior se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes a la Quebrada Sargento.

La estación E01 tiene menor concentración de Coliformes Fecales y Totales que la estación E02, presentando una diferencia de 677.300 UFC/100 mL para la primera variable y una diferencia de 239.300 UFC/100 mL para la segunda variable; este aumento tan significativo de concentraciones posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

- **Quebrada La Honda**

De acuerdo con los ensayos realizados en laboratorio para las estaciones 050-E03 y 050-E04 ubicadas en la Quebrada La Honda, las concentraciones de DBO₅ se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a las concentraciones de DQO se presentó una disminución de 1,14 mg O₂/L entre estaciones.

En cuanto a las concentraciones de ST, se observa un aumento de 10 mg/L entre las dos estaciones y para los SST se encontró un aumento de concentración de 2 mg/L entre las estaciones.

Para el Color Real, se observó un aumento de concentración entre estaciones de 7,8 U Pt- Co y para la Turbidez también se encontró un aumento entre las estaciones de 2 UNT.

Las concentraciones de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas no presentan diferencia. Para la concentración de Nitritos se observa una disminución de 0,268 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar por aportes de vertimientos entre las dos estaciones.

Los valores de NTK, tienen una tendencia a aumentar su concentración de una estación a otra con una diferencia de 0,27 mg N/L. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración presento una tendencia a aumentar en 0,11 mg N/L, por lo anterior se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes a la Quebrada La Honda.

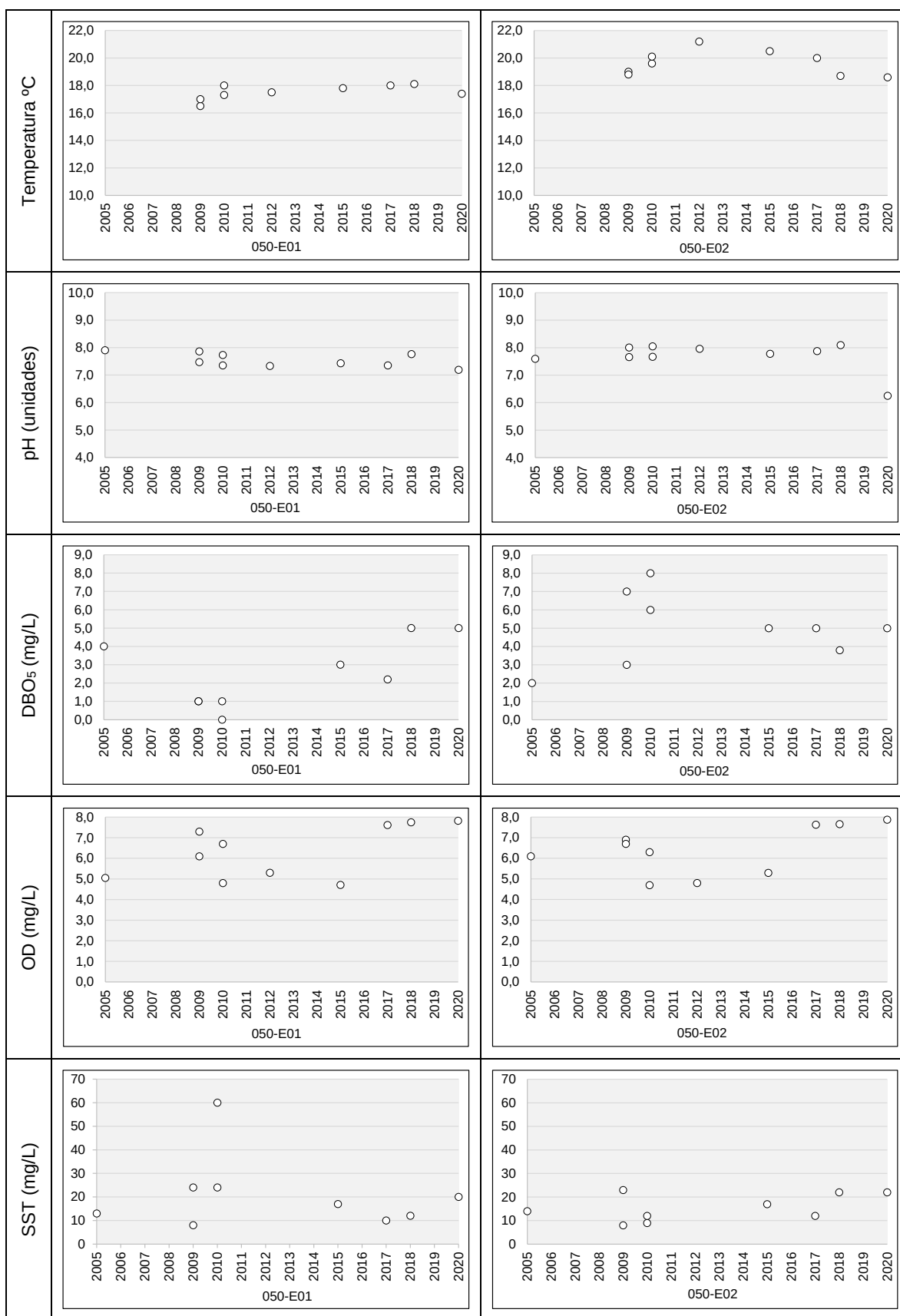
La estación E03 tiene menor concentración de Coliformes Fecales y Totales que la estación E04, presentando una diferencia de 726.500 UFC/100 mL para la primera variable y una diferencia de 319.200 UFC/100 mL para la segunda variable; este aumento tan significativo de concentraciones posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

3.5.1.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Aránzazu

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las cuatro estaciones ubicadas en el municipio de Aránzazu.

- **Quebrada Sargento**

En la Figura 115 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones de la quebrada Sargento municipio de Aránzazu.



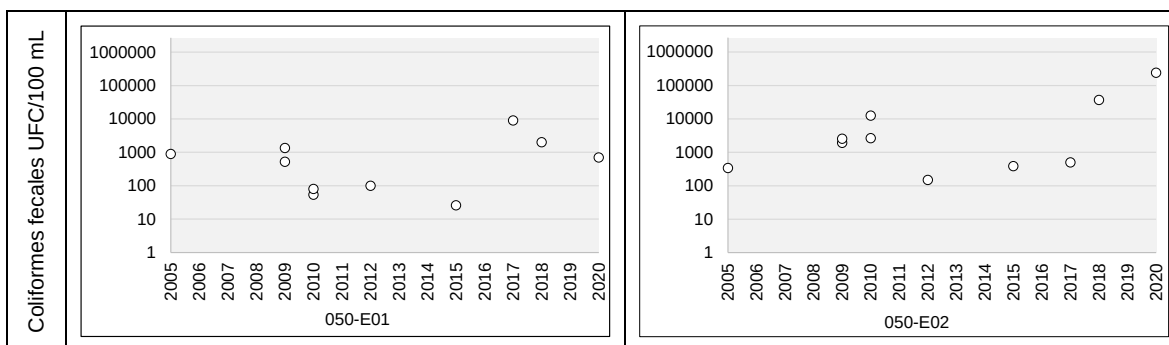


Figura 115. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Aránzazu

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 050-E01 y 050-E02 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la E01 se presentó un valor máximo de 18,1 °C en el año 2018 y un valor mínimo de 16,5 °C en el año 2009, por lo anterior para la E01 se observó una temperatura promedio de 17,51 °C. En la E02 se reportó un valor máximo de 21,2 °C en el año 2012, este valor puede estar asociado a la hora del día en la cual se tomó la muestra y un valor mínimo de 18,6 °C en el año 2020, de acuerdo con los anteriores valores registrados se estableció una temperatura promedio de 19,61 °C para la E02. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede evidenciar un aumento en 3,1 °C entre las dos estaciones en cuanto a los valores máximos reportados a través de los años, los cuales no representan un cambio significativo entre las dos estaciones.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E01 un valor máximo de 7,86 UpH en el año 2009 y un valor mínimo de 7,19 UpH en el año 2020, por lo anterior para la E01 se determinó un valor de pH promedio de 7,54 UpH. En la E02 se registró un valor máximo de 8,05 UpH en el año 2010 y un valor mínimo de 6,25 UpH en el año 2020, de acuerdo con los valores registros para la E02 se determinó un valor de pH promedio de 7,72 UpH. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores con relación a los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso la Quebrada Sargento.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E01 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en los años 2018 y 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en el año 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 2,47 mg/L en la E01, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación 050-E02 se reportó un valor máximo de 8 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 2 mg/L en el año 2005, por lo anterior se estimó un promedio de 4,98 mg/L en la E02, lo que implica que la concentración de la DBO₅ para esta estación presento un aumento significativo en el año 2020. En congruencia con los valores de DBO₅ reportados en las dos estaciones a través de los años se encontró que ambas presentaron un aumento bastante significativo en

sus concentraciones en el año 2010, esto se puede deber al tipo de vertimientos presentes en la Quebrada.

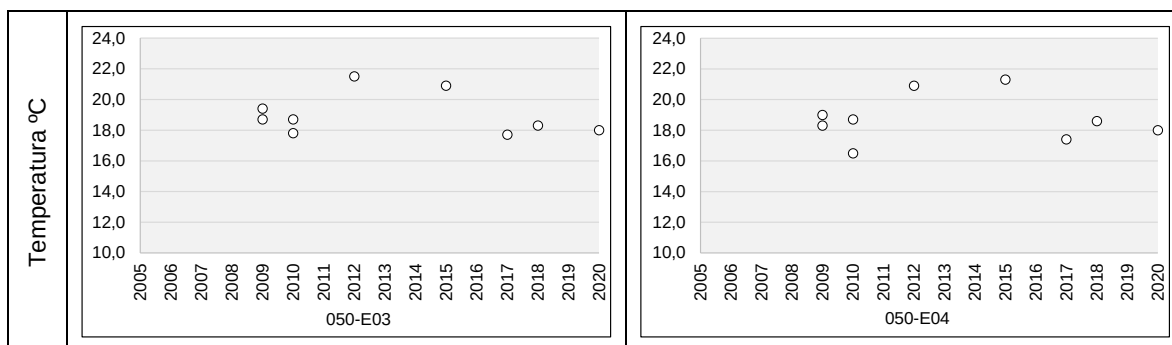
Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en la Quebrada Sargento, para la cual en la E01 se encontró un valor máximo de 7,83 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 4,71 mg/L en el año 2015, de acuerdo a estos valores se presentó un promedio de OD en la E01 de 6,316 mg/L. Por su parte la E02 reporto un valor máximo de 7,87 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 4,7 mg/L en el año 2010, de acuerdo a lo anterior se estableció un promedio de 6,395 mg/L para la E02. De acuerdo a las situaciones anteriormente presentadas se observa que no hay un cambio significativo de concentraciones entre las dos estaciones.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E01 se reportó un valor máximo de 60 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 8 mg/L en el año 2009, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 20,89 mg/L para la E01. Para la E02 se registró un valor máximo de 23 mg/L en el año 2009 en la jornada 2 y un valor mínimo de 8 mg/L en el año 2009 en la jornada 1, de acuerdo a esto se estimó un promedio de SST de 15,44 mg/L en la E02. De acuerdo a las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable en la concentración de la E02 en el año 2009 reportada entre las dos jornadas, lo cual se puede deber a los momentos en los que se tomaron las muestras.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reporto en la E01 un valor máximo de 9.000 UFC/100 ml en el año 2017 y un valor mínimo de 26 UFC/100 ml en el año 2015, por lo cual se estimó un promedio de 1.474,00 UFC/100 ml. Para la E02 se registró un valor máximo de 240.000 UFC/100 ml en el año 2020 y un valor mínimo de 150 UFC/100 ml en el año 2012, de acuerdo con esto se estableció un promedio de 29.812,00 UFC/100 ml. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la E02 presenta una mayor concentración respecto a la E01, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos presentes en la Quebrada.

- **Quebrada La Honda**

En la Figura 116 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones de la quebrada La Honda de Aránzazu.



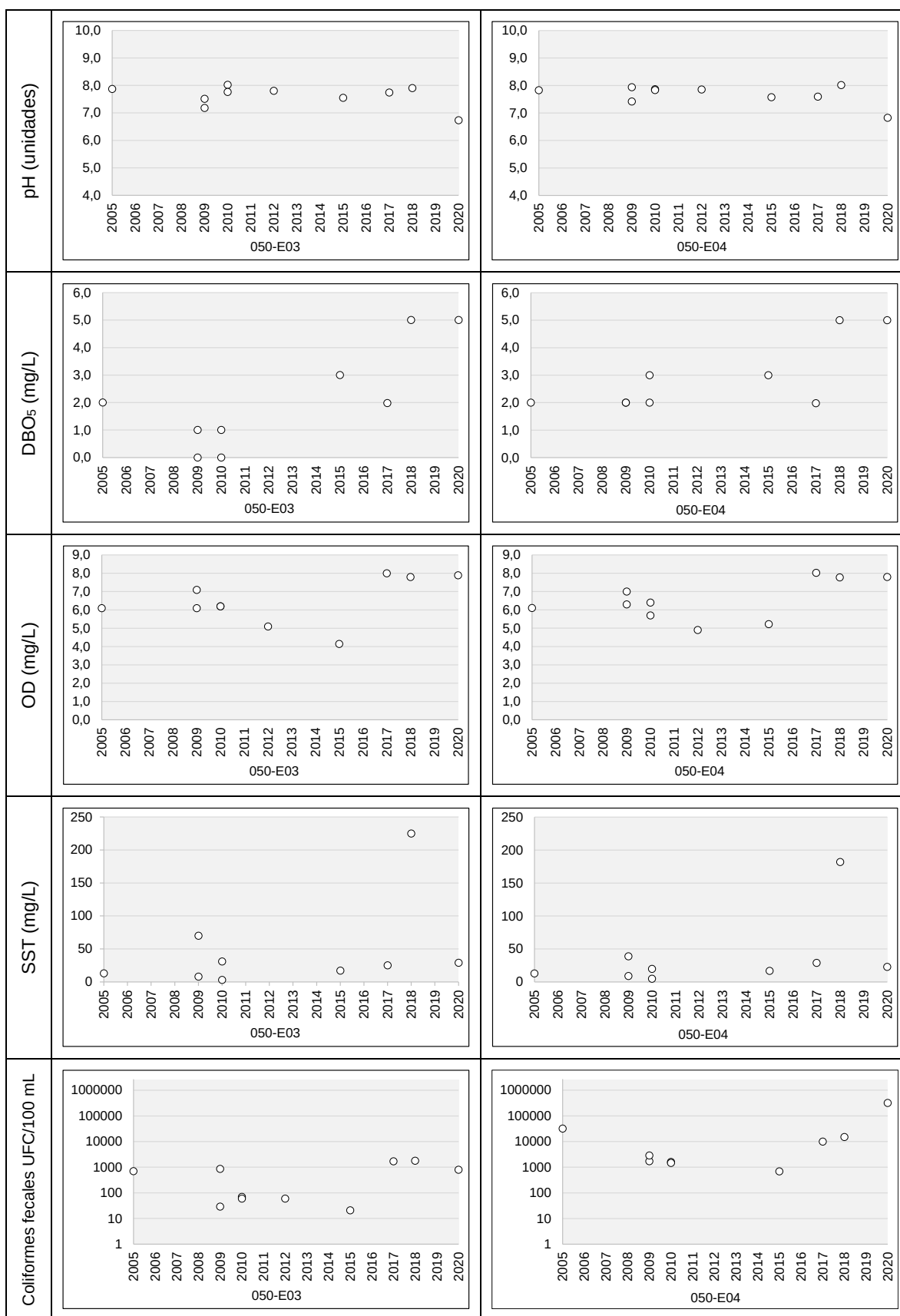


Figura 116. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Aránzazu

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 050-E03 y 050-E04 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la E03 se presentó un valor máximo de 21,5 °C en el año 2012 y un valor mínimo de 17,7 °C en el año 2017, por lo anterior para la E03 se observó una temperatura promedio de 19,00 °C. En la E04 se reportó un valor máximo de 21,3 °C en el año 2015 y un valor mínimo de 16,5 °C en el año 2015, de acuerdo con los anteriores valores registrados se estableció una temperatura promedio de 18.74 °C para la E04. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede evidenciar que no hay cambios significativos de esta variable entre estaciones.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E03 un valor máximo de 8,02 UpH en el año 2010 y un valor mínimo de 6,73 UpH en el año 2020, por lo anterior para la E03 se determinó un valor de pH promedio de 7,61 UpH. En la E04 se registró un valor máximo de 8,02 UpH en el año 2018 y un valor mínimo de 6,83 UpH en el año 2020, de acuerdo con los valores registros para la E04 se determinó un valor de pH promedio de 7,68 UpH. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores con relación a los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso la Quebrada La Honda.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E03 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en los años 2018 y 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 2,11 mg/L en la E03, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación 050-E04 se reportó un valor máximo de 5 mg/L en los años 2018 y 2020 y un valor mínimo de 1,98 mg/L en el año 2017, por lo anterior se estimó un promedio de 2,89 mg/L en la E04, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años también se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L).

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en la Quebrada La Honda, para la cual en la E03 se encontró un valor máximo de 8 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 4,15 mg/L en el año 2015, de acuerdo a estos valores se presentó un promedio de OD en la E03 de 6,464 mg/L. Por su parte la E04 reportó un valor máximo de 8,02 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 4,9 mg/L en el año 2012, de acuerdo con lo anterior se estableció un promedio de 6,521 mg/L para la E04. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa que no hay un cambio significativo de concentraciones entre las dos estaciones.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E03 se reportó un valor máximo de 225 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 3 mg/L en el año 2010, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 46,78 mg/L para la E03. Para la E04 se registró un valor máximo de 182 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 5 mg/L en el año 2010, de acuerdo a esto se estimó un promedio de SST de 37,44 mg/L en la E04. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, no se presenta una diferencia significativa entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales de las dos estaciones.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la E03 un valor máximo de 1.800 UFC/100 ml en el año 2018 y un valor mínimo de 21 UFC/100 ml en el año 2015, por lo cual se estimó un promedio de 610,00 UFC/100 ml. Para la E04 se registró un valor máximo de 320.000 UFC/100 ml en el año 2020 y un valor mínimo de 690 UFC/100 ml en el año 2015, de acuerdo a esto se estableció un promedio de 42.818,89 UFC/100 ml. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la E04 presenta una mayor concentración respecto a la E03, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos presentes en la fuente hídrica.

3.5.1.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los nitritos y nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho

índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Aranzázu, Caldas. En la Figura 117 se puede observar que para la estación 050-E01.

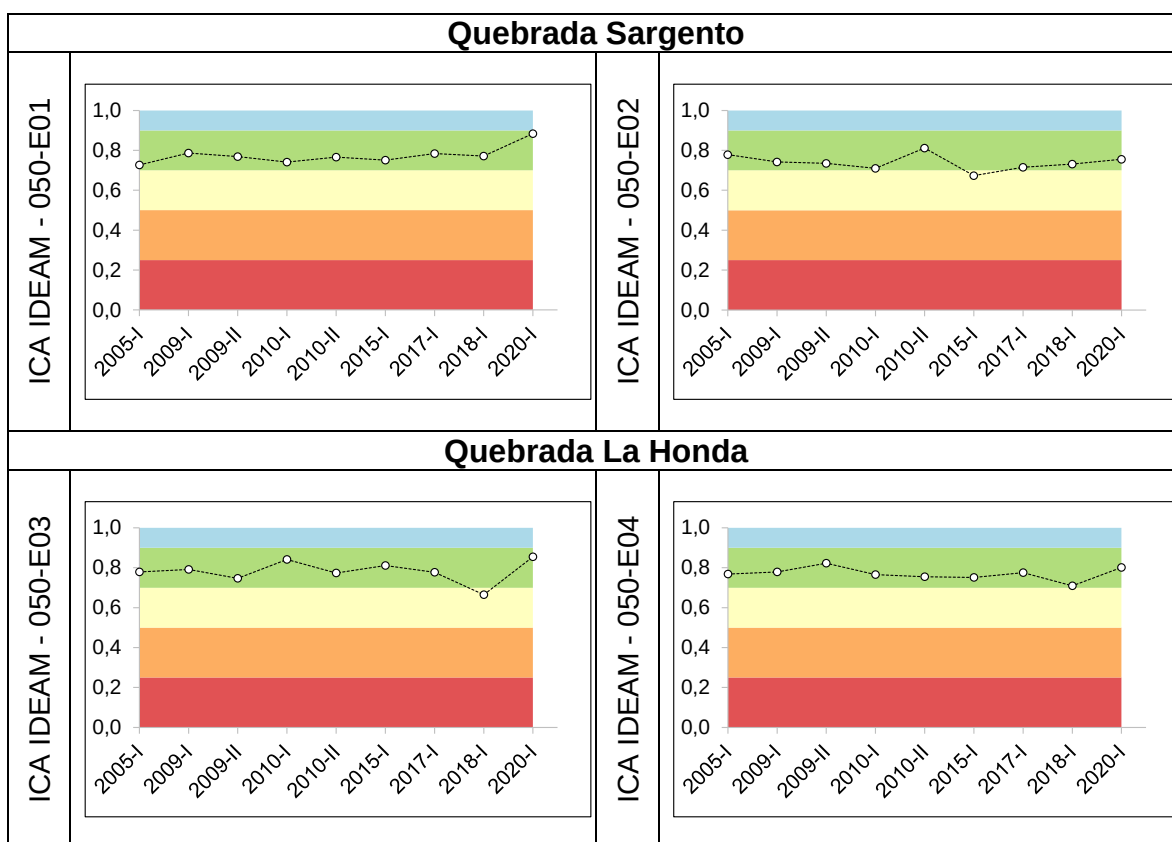


Figura 117. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu

- **ICA-CETESB**

En la Figura 118 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de Aranzázu.

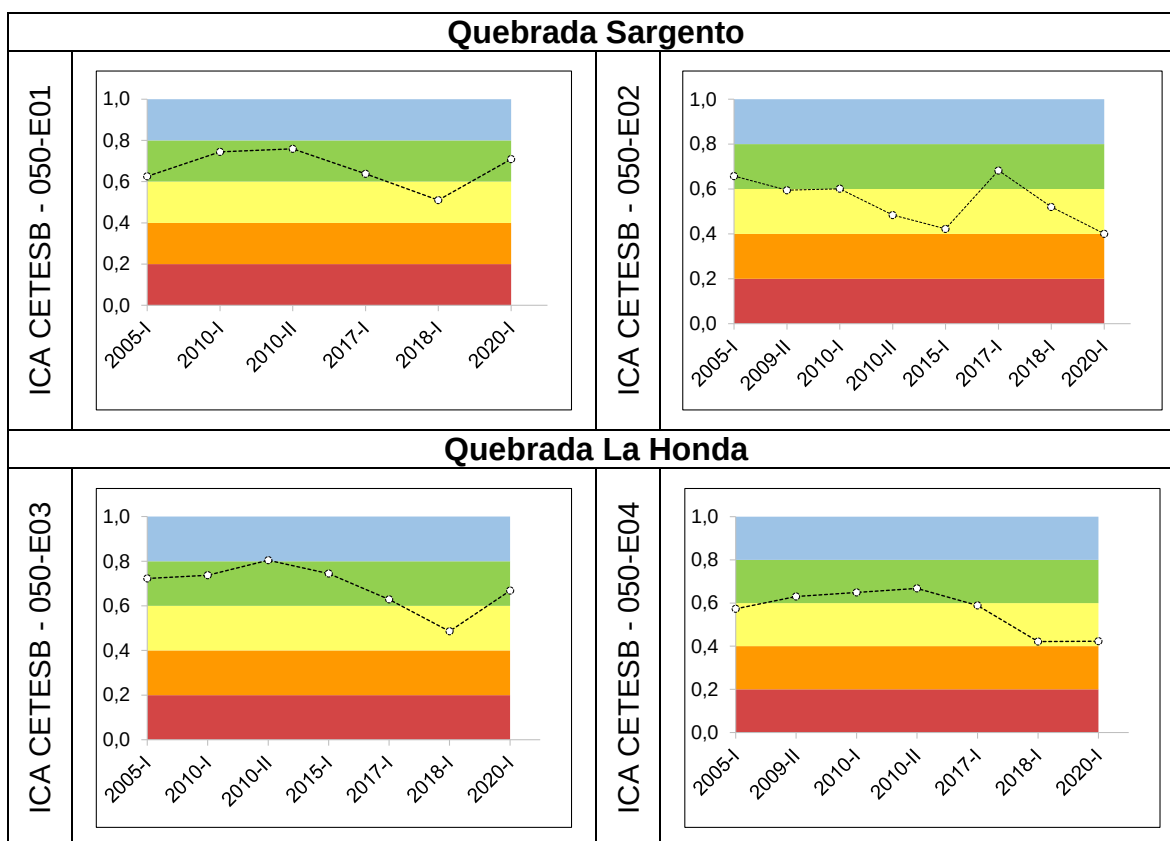
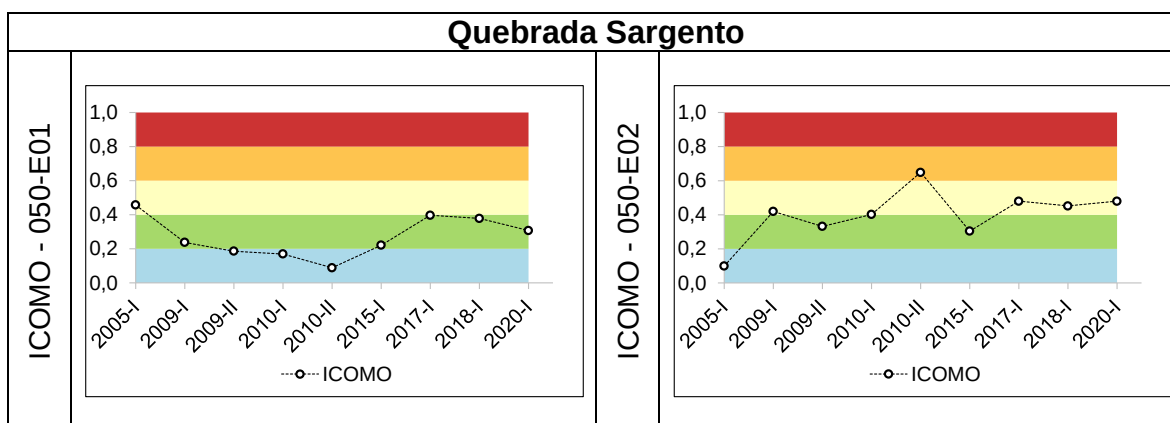
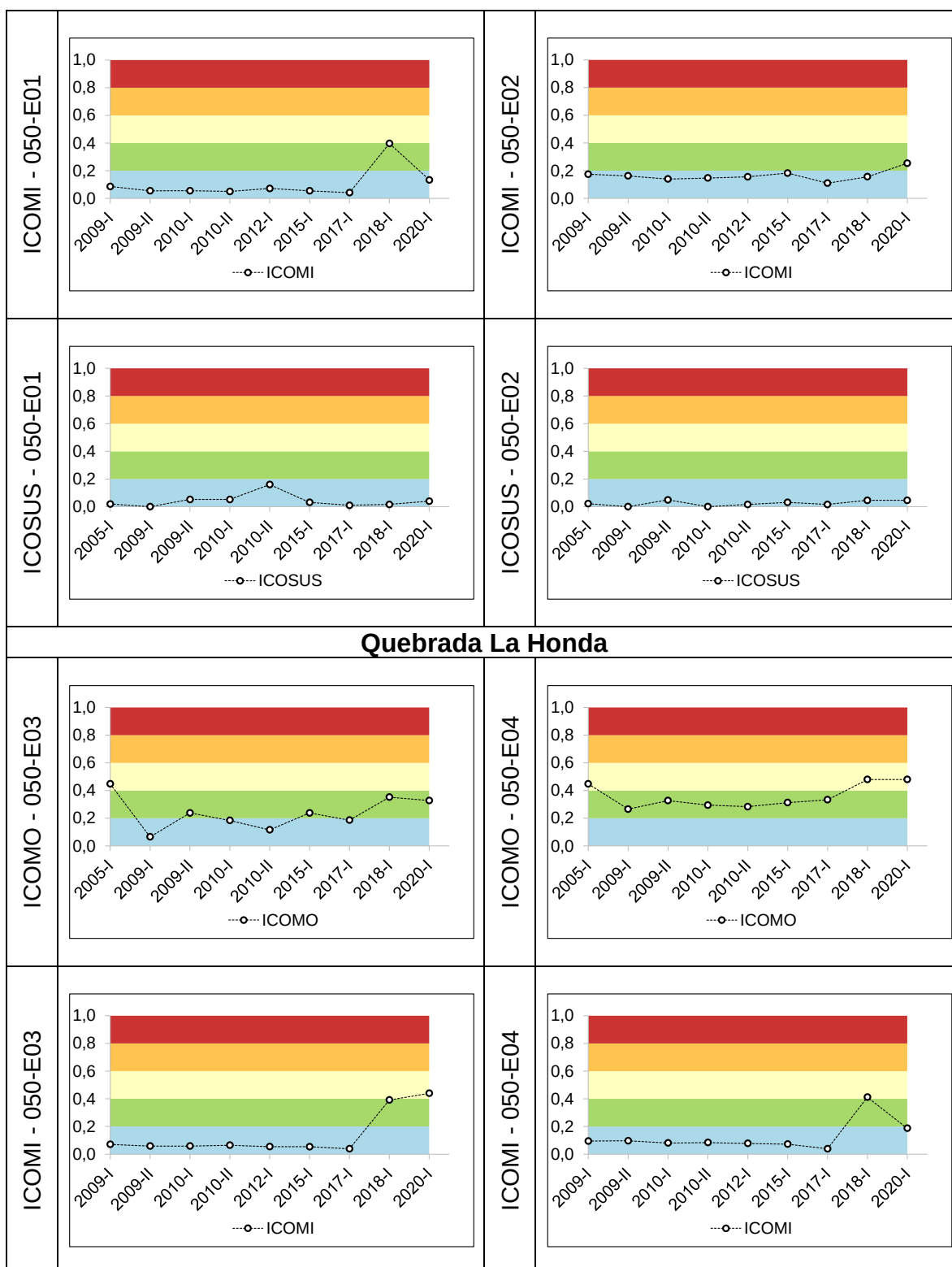


Figura 118. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu

- **ICOS**

En la Figura 119 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 050-E01, 050-E02, 050-E03 y 050-E04 de la serie histórica analizada.





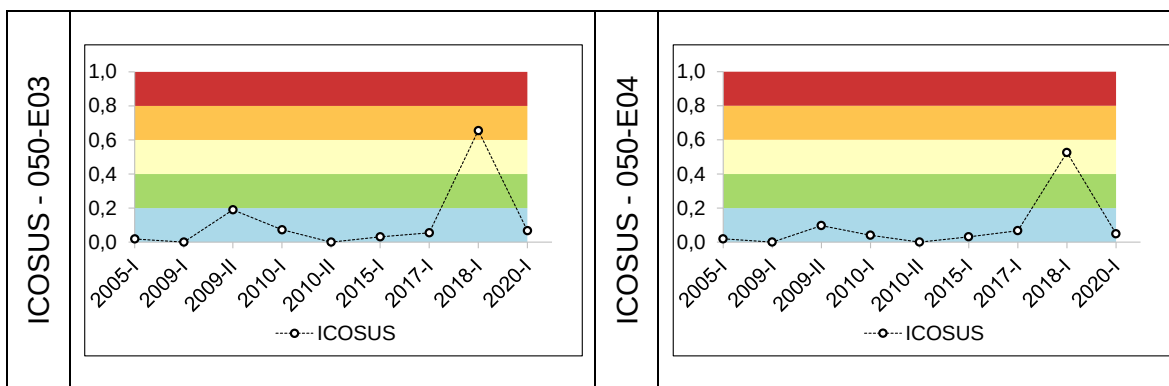


Figura 119. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu

- **ICOTRO**

En la Figura 120 se presentan los resultados del índice ICOTRO para las estaciones de monitoreo 050-E01, 050-E02, 050-E03 y 050-E04 de la serie histórica analizada.

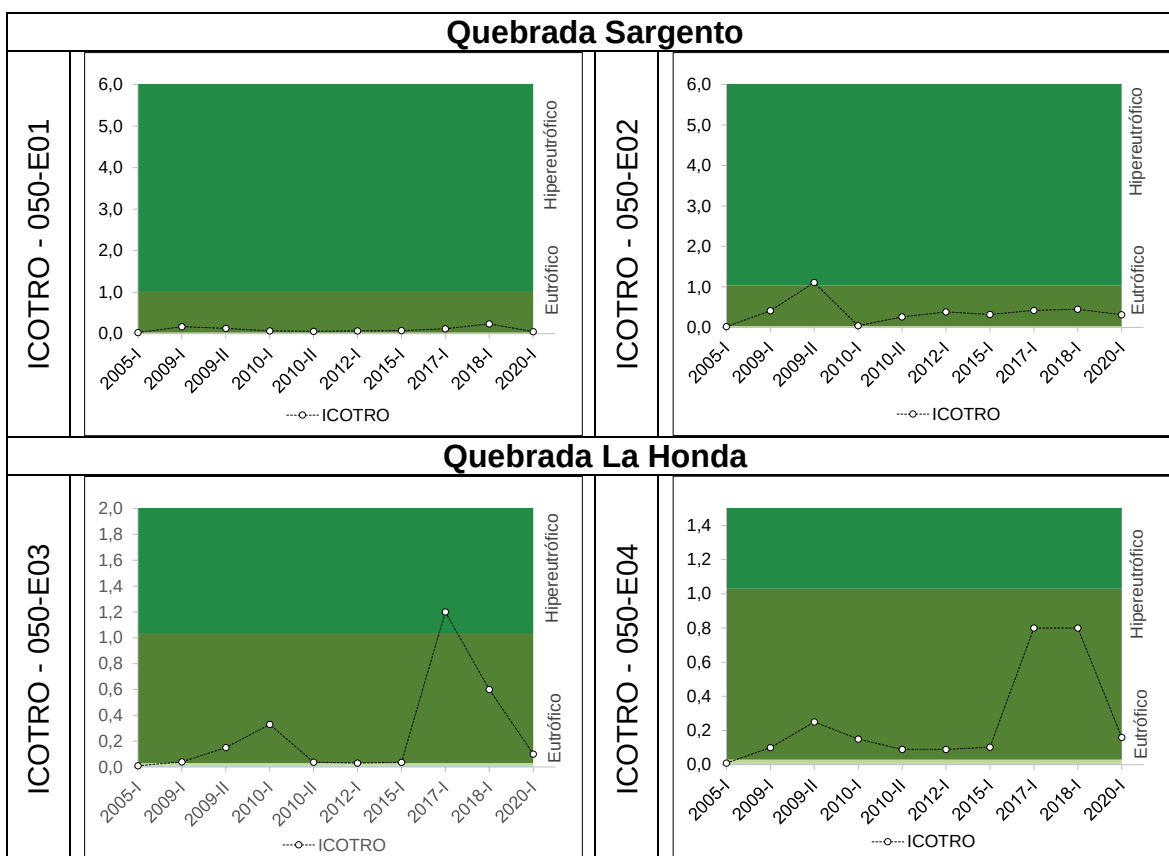


Figura 120. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aranzázu

3.5.1.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Aranzázu, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de Corpocaldas reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos en el (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Sargento.**

Según lo dispuesto en la Resolución 239 de 2007, el tramo dos (2) de la Quebrada Sargento está comprendido desde la estación Aranzázu E1 hasta la estación Aranzázu E2, antes de la desembocadura a la Quebrada La Honda, el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso agrícola no restringido. De acuerdo con lo anterior, se realizó el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos estaciones (ver Tabla 152).

Con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, las concentraciones de coliformes totales y fecales en la estación 050-E02 se encuentran por encima del valor límite permitido. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 050-E02, incumpliendo estos criterios de calidad.

Tabla 152. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso agrícola no restringido en el tramo dos (2), Quebrada Sargento

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 050-E01	Estación 050-E02
Uso agrícola no restringido	pH		4,5-9,0	7.19	6.25
	OD	mg/L	>4	7,83	7,87
	Conductividad	(μS/cm)	<700	67.1	128.5
	DQO	mg/L	--	22.1	19.2
	DBO ₅	mg/L	<20	5	5
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	0.96	2.7
	SST	mg/L	<50	20	22
	ST	mg/L	--	97	129

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 050-E01	Estación 050-E02
	Turbiedad	UNT	40-100	12	14
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	700 UFC/100 mL	240000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	2700 UFC/100 mL	680000 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	--	25.3	33.1
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0.05	0.12
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausente	Presente
	Sustancias de interés sanitario	N.A	--	--	--

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

N/A: no aplica.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la Quebrada La Honda**

Según lo estipulado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para los tramos de Quebrada La Honda es de preservación de flora y fauna. Por consiguiente, se realizó el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo (ver Tabla 153). Con los valores reportados, se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se identificó la presencia de cianuro como sustancia de interés sanitario en la estación 050-E03.

Tabla 153. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso preservación de flora y fauna de la Quebrada La Honda

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 050-E03	Estación 050-E04
Preservación de flora y fauna	pH		6,5-9,0	6.73	6.83
	OD	mg/L	>5	7.89	7.8
	Conductividad	(μS/cm)	--	75.9	111.8
	DBO ₅	mg/L	≤5	5	5
	SST	mg/L	<50	29	23
	Turbiedad	UNT	<100	15	14
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	800 UFC/100 mL	320000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	3500 UFC/100 mL	740000 UFC/100 mL

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 050-E03	Estación 050-E04
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0.05	0.05
	Sustancias que produzcan olor		Ausente	Ausente	Ausente
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias de interés sanitario*	N/A	Ausente	Presencia de CN	Ausente

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (Cianuro).

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L.

N/A: no aplica.

3.5.1.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una alta calidad de las fuentes superficiales, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Aránzazu.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Aránzazu indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de las fuentes receptoras ubicadas en el municipio de Aránzazu, están en la categoría de “Aceptable”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que en las estaciones 050-E01 y 050-E03 se encuentran en la categoría “Buena” y en las estaciones 050-E02 y 050-E04 la calidad disminuye pasando a la categoría de “Regular” calidad. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de los ICOS el nivel de contaminación es “Media”, “Baja” o “Muy Bajo”.

En cuanto a los objetivos de calidad, en la quebrada Sargento con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, las concentraciones de Coliformes Totales y Fecales en la estación 050-E02 se encuentran por encima del valor límite permitido. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 050-E02, incumpliendo estos criterios de calidad.

En cuanto a los objetivos de calidad, en la quebrada la Honda con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a

los objetivos de calidad, no obstante, se identificó la presencia de Cianuro como sustancia de interés sanitario en la estación 050-E03.

3.5.2. Municipio de Filadelfia

El municipio de Filadelfia cuenta con una fuente receptora de los vertimientos municipales que es el río Maiba, en donde se han establecido dos estaciones de monitoreo. La estación 272-E01 se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 272-E02 que está ubicada después de la última descarga del municipio. En la Tabla 154 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 154. Estaciones de monitoreo del municipio de Filadelfia

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Rio Maiba E1	272-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 2 + 623	1077668	836819
Rio Maiba E2	272-E02	Después de la última descarga del municipio_k 5 +427_Antes de la confluencia de la Q. El Palo	1080359	836556

En la Figura 121 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Filadelfia, Caldas.

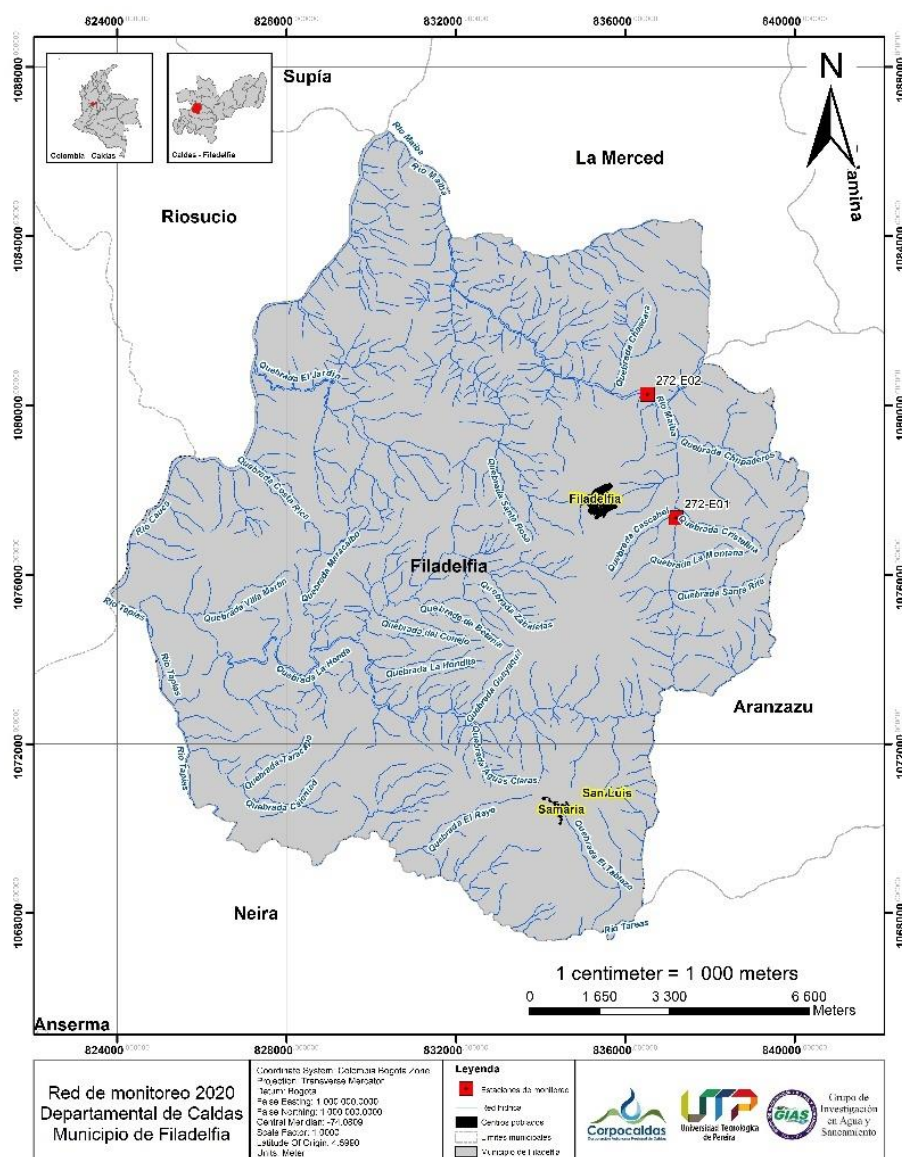


Figura 121. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Filadelfia
Fuente: propia

3.5.2.1. Campaña de monitoreo municipio de Filadelfia

La toma de muestras de la red de monitoreo departamental de Caldas fue realizada entre el 04 de agosto y el 02 de septiembre de 2020. En la Tabla 155 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Filadelfia.

Tabla 155.Fecha de recolección de muestras municipio de Filadelfia

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
272-E01	Rio Maiba E1	19/08/2020
272-E02	Rio Maiba E2	19/08/2020

3.5.2.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Filadelfia, Caldas (ver Tabla 156).

Tabla 156. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Filadelfia 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
272-E01	6,98	8,42	621,0	24,80	0,112
272-E02	7,73	8,22	748,0	20,80	0,625

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 272-E01 y 272-E02 se observa un aumento en el caudal de 0,513m³/s de la fuente receptora, el cual está asociado principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Filadelfia.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con un aumento de 0,75mg O₂/L de una estación a otra. Para los valores registrados de pH, se encontró que están por encima 7,00 UpH y se presenta una disminución de 0,2 UpH entre las dos estaciones.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se tuvo una tendencia a aumentar el valor de una estación a otra, con una diferencia de 127 μS/cm condición que puede estar relacionada principalmente por los vertimientos provenientes del municipio. En términos de temperatura se observa una disminución de 4 °C entre las estaciones.

3.5.2.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 157 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Filadelfia, Caldas.

Tabla 157. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Filadelfia

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		272-E01	272-E02
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Sólidos Totales	mg/L	399	461
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	12± 0,4	12 ± 0,4
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	0,86	7,25
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,41	0,23
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,012	0,013
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	153	139

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		272-E01	272-E02
Coliformes Totales	UFC/100 mL	5900	3900
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	800	300
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	210	214
Dureza Cálctica	mg CaCO ₃ /L	124	138
Turbidez	UNT	6,50	7,60
Grasas & Aceites	mg/L	14	16
Cloruros	mg Cl-/L	44,6	61,0
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	101	180
Color real	U Pt- Co	5,5	8,70
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,17	0,29
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	0,28
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	<0,005	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	-	-

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

Para las estaciones 272-E01 y 272-E02 ubicadas en el río Maiba, las concentraciones de los ensayos de DBO₅ y DQO reportadas por el laboratorio se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a las concentraciones de ST se observa un aumento de 62 mg/L de la primera estación a la segunda, lo que puede estar relacionado con el tipo de vertimientos que se presentan en la zona. Para la concentración de SST entre las dos estaciones no se encuentra ninguna diferencia.

En cuanto al color real, se presenta un aumento de 3,2 U Pt- Co entre las dos estaciones y en términos de turbidez también se presenta un aumento de 1,1 UNT entre estaciones; lo anterior puede corresponder a que posiblemente exista presencia de materias diversas después de la primera descarga.

Para el ensayo de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, no se presentan cambios entre las estaciones; para la concentración de Nitritos se observa un aumento 0,001 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar debido a aportes de vertimientos de la estación 272-E01 a la estación 272-E02.

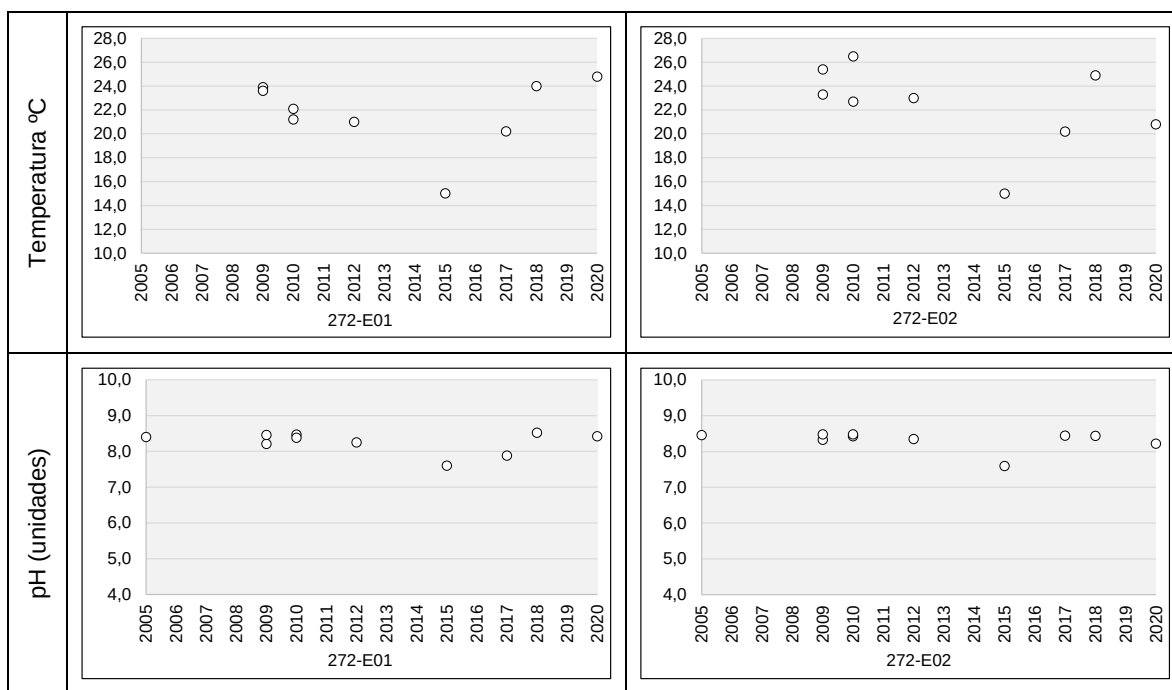
Los valores de NTK, tienen una tendencia a aumentar su concentración de una estación a otra con una diferencia de 6,39 mg N/L. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración para la estación 272-E01 es mayor en comparación a la estación 272-E02 con una diferencia de 0,18 mg N/L, por lo anterior, se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes de la fuente receptora.

La estación 272-E01 tiene mayor concentración de Coliformes Fecales y Totales que la estación 272-E02, presentando una diferencia de 2000 UFC/100 mL para la primera variable y una diferencia de 500 UFC/100 mL para la segunda; esta disminución de concentraciones posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media del río.

3.5.2.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Filadelfia

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo durante ese año. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las dos estaciones ubicadas en el municipio de Filadelfia.

En la Figura 122 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de Filadelfia.



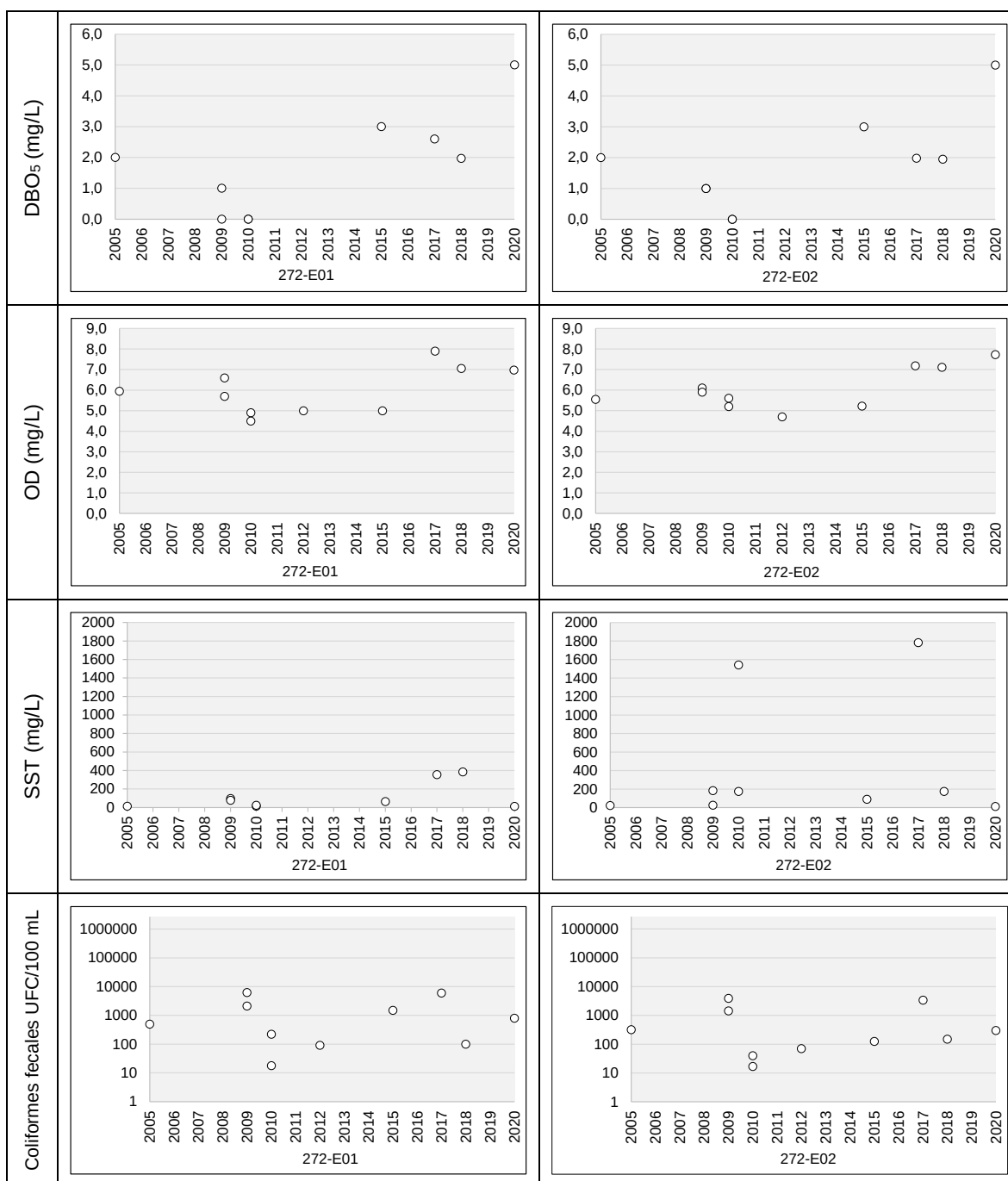


Figura 122. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Filadelfia

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 272-E01 y 272-E02 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la temperatura del agua en la E01 se presentó un valor máximo de 24,8 °C en el año 2020 y un valor mínimo de 15 °C en el año 2015, por lo anterior para la E01 se observó una temperatura promedio de 21,76 °C. En la E02 se reportó un valor máximo de 26,5 °C en el año 2010 y un valor mínimo de 15 °C en el año 2015, de acuerdo con los anteriores valores registrados se estableció una temperatura

promedio de 22,42 °C para la E02. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede evidenciar un aumento en el valor de esta variable en la E02.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E01 un valor máximo de 8,52 UpH en el año 2018 y un valor mínimo de 7,6 UpH en el año 2015, por lo anterior para la E01 se determinó un valor de pH promedio de 8,26 UpH. En la E02 se registró un valor máximo de 8,48 UpH en los años 2009 y 2010 y un valor mínimo de 7,6 UpH en el año 2015, de acuerdo con los valores registros para la E02 se determinó un valor de Ph promedio de 8,32 UpH. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores con relación a los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso el Río Maiba.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E01 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 1,73 mg/L en la E01, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación 272-E02 se reportó un valor máximo de 5 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en el año 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 1,77 mg/L en la E02, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años también se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L).

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en el Río Maiba, para la cual en la E01 se encontró un valor máximo de 7,9 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 4,15 mg/L en el año 2010, de acuerdo con estos valores se presentó un promedio de OD en la E01 de 5,959 mg/L. Por su parte la E02 reporto un valor máximo de 7,73 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 4,7 mg/L en el año 2012, de acuerdo con lo anterior se estableció un promedio de 6,029 mg/L para la EO2. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa que no hay un cambio significativo de concentraciones entre las dos estaciones.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E01 se reportó un valor máximo de 385 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 12 mg/L en el año 2020, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 115,44 mg/L para la E01. Para la E02 se registró un valor máximo de 1.784 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 12 mg/L en el año 2020, de acuerdo con esto se estimó un promedio de SST de 445,44 mg/L en la E02. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, se presenta una diferencia significativa entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales de las dos estaciones, la cual se puede deber por el aumento de materias en la fuente receptora.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la E01 un valor máximo de 6.200 UFC/100 ml en el año 2009 y un valor mínimo de 18 UFC/100 ml en el año 2010, por lo cual se estimó un promedio de 1754,90 UFC/100 ml. Para la E02 se registró un valor máximo de 3.920 UFC/100 ml en el año 2009 y un valor mínimo de 17 UFC/100 ml en el año 2010, de acuerdo con esto se estableció un promedio de 978,20 UFC/100 ml. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la E01 presenta una mayor concentración respecto a la E02, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos presentes en el Río.

3.5.2.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presentan resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005 - 2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los Nitritos y Nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Filadelfia, Caldas.

En la Figura 123 se puede observar que para la estación 272-E01 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Regular" desde el año 2005 hasta el año 2015, para los años 2017 y 2018 se presentó una disminución de la calidad del agua reportando una calificación "Mala" y finalmente para el año 2020 se presentó un leve mejoramiento de la calidad pasando nuevamente a la calificación de "Regular". Las situaciones anteriores se establecen debido al tipo y cantidad de vertimientos presentes a través de los años en la fuente receptora del Municipio en la E01.

En cuanto a la E02, para el año 2005 se registró una calidad del recurso hídrico "Regular", en el año 2009 en su primera jornada de monitoreo se presentó una disminución de la calidad pasando a calificación "Mala", en ese mismo año pero en la segunda jornada de monitoreo se reportó un leve mejoramiento reportándose nuevamente en "Regular", para el año 2010 en su primera jornada de monitoreo se presentó nuevamente una disminución en la calidad retornando a calificación "Mala", en ese mismo año pero en la jornada de muestreo número dos se presentó una leve mejoría en la calidad reportándose como "Regular" y manteniéndose así hasta el año 2015; En el año 2017 se reportó nuevamente una disminución de la calidad obteniendo una calificación "Mala", finalmente para los últimos años de monitoreo en la E02, los cuales fueron desde el 2018 hasta el 2020 se reportó una calidad "Regular" del agua en este caso del Río Maiba.

Los resultados del ICA-IDEAM para las estaciones E01 y E02 reportan que la calidad del agua de la fuente receptora no está en las condiciones más aceptables.

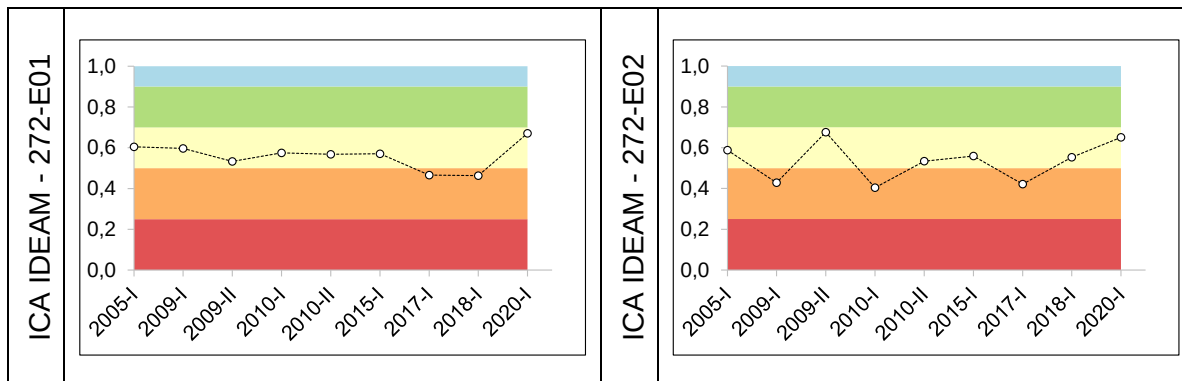


Figura 123. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia

- **ICA-CETESB**

En la Figura 124 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Filadelfia.

De acuerdo a lo anterior, se observa que el ICA-CESTESB para la estación 272-E01 en el año 2005 y 2009 en su primera jornada fue "Buena", en este mismo año en su segunda jornada de monitoreo se observó una disminución de la calidad ubicándose en calificación "Regular", posteriormente en el año 2010 se presentó un

mejoramiento en términos de calidad ascendiendo a “Buena” manteniéndose así hasta el año 2012; Del año 2015 al año 2018 se reportó una disminución en la calidad del agua con una calificación de “Regular” y finalmente en el 2020 se observó un mejoramiento en la calidad reportando una calificación de “Buena” nuevamente. Lo anterior se puede deber al tipo y cantidad de vertimientos presentes en el Río Maiba a través de los años.

Para la estación 272-E02 en el año 2005 se presentó una calificación “Buena” y en el año 2009 en su primera jornada de monitoreo se observó una disminución en la calidad del recurso hídrico descendiendo a calificación de “Regular”, en este mismo año pero para la segunda jornada se reportó Un mejoramiento ascendiendo nuevamente a “Buena”, en el año 2010 en su primera jornada se reportó una nueva disminución en la calidad regresando a un calidad “Regular”, en este mismo año pero en la segunda jornada se observó un aumento en la calidad regresando a “Buena” y manteniéndose allí hasta el año 2015; En el año 2017 se observó una disminución considerable en la calidad del recurso hídrico descendiendo a la calificación de “Mala” pero en el año 2018 se presenta un leve mejoramiento en su calidad ascendiendo a “Regular”, para finalmente en el año 2020 mejorar notoriamente su calidad y culminar las jornadas de monitoreo en la E02 con calidad “Buena”. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, se infiere que en la fuente hídrica se pudo presentar el aumento de vertimientos de procedencia de actividades agrícolas las cuales contienen alto porcentaje de contaminantes y afectaron de manera significativa la calidad del agua de una estación a la otra.

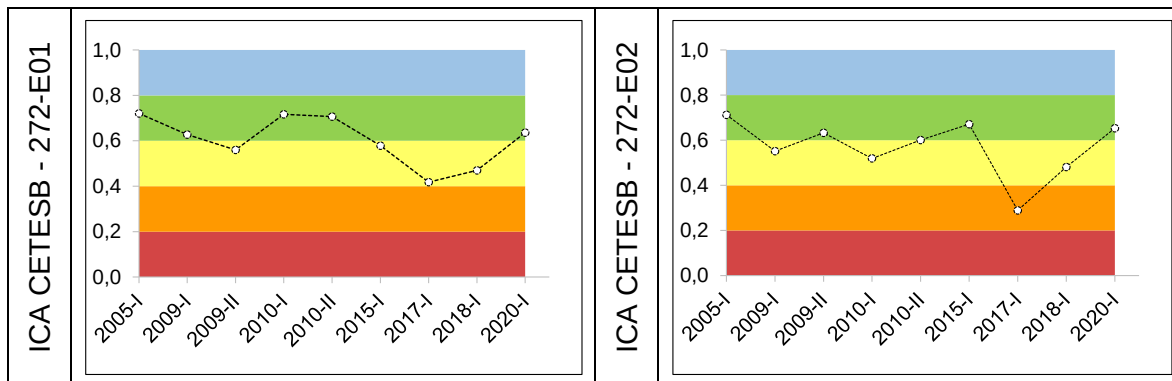


Figura 124. Resultados históricos ICA - CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia

- **ICOS**

En la Figura 125 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 272-E01 y 272-E02 de la serie histórica analizada. Para las dos estaciones los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “Baja”, “Muy Baja” “Media”, “Alta” y “Muy Alta”.

De acuerdo a lo anterior en la estación E01, en cuanto al **ICOMO** en el año 2005 se encontró un nivel de contaminación en calificación “Baja”, en el año 2009 presento un leve aumento pasando a la calificación “Muy Baja” manteniéndose así hasta el

año 2010 en su primera jornada de monitoreo, porque para la segunda jornada de este mismo año se observó una disminución de la calidad retornando nuevamente a “Baja”; Para los años 2015 y 2017 se registró una disminución de la calidad pasando a calificación “Media” de contaminación, situación que mejoro en el año 2018 donde se ubicó en una calificación “Muy Baja”, para finalmente en el año 2020 mostrar una leve disminución de calidad retornando a “Baja”. Lo anterior tiene relación con un leve aumento de las concentraciones de Coliformes Totales en la fuente hídrica receptora. En cuanto a los valores del índice **ICOMI**, en el año 2005 no se contaban con datos reportados, pero para el año 2009 su calificación se encontraba en “Alta” manteniéndose así hasta el año 2017, para finalmente en los años 2018 y 2020 presentar un aumento de contaminación de la fuente hídrica reportando una calificación de “Muy Alta”. Para el caso del índice **ICOSUS** en el año 2005 se presentó un nivel de contaminación de categoría o calificación “Muy Baja”, para que en el año 2009 durante sus dos jornadas de monitoreo se observara una calidad del agua “Baja”, en el año 2010 y hasta el año 2015 se observó una calificación “Muy Baja”, pero en los años 2017 y 2018 se presentó un aumento significativo de contaminación reportando una calificación “Muy Alta”, finalmente en el año 2020 se observó una disminución de la contaminación presente en el Río Maiba, dejando la calidad de este en “Muy Baja”. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores donde los tres índices son variables en algunos de los años donde se realizaron las jornadas de monitoreo, se puede concluir que estos cambios en las concentraciones de los agentes contaminantes presentes en el Río Maiba se pueden deber a los momentos en los cuales se realizaron las pruebas y el aumento de vertimientos en esta fuente hídrica.

Para la estación E02 con relación a los índices de **ICOMO** se puede observar que en el inicio del proceso de monitoreo que fue en el año 2005, la calidad del agua estaba en una calificación “Baja”, para los años 2009 y 2010 se observó la disminución de sus concentraciones de contaminantes y obtener una calificación de “Muy Baja”, pero en el año 2015 se presentó un aumento de contaminación pasando a categoría “Baja” manteniéndose allí hasta el año 2017, para en el 2018 nuevamente pasar ascender a calificación “Muy Baja”, finalmente en el año 2020 se presenta un aumento poco significativo de la contaminación en la fuente hídrica dejando una calificación de “Baja”. En concordancia con lo anterior se evidencia que la fuente receptora no presente altas concentraciones de contaminantes, lo que infiere que su calidad es buena.

En el índice **ICOMI**, se puede observar en la Figura 7 que desde el inicio de las jornadas de monitoreo en el año 2005 hasta el año 2018, la calificación de la E02 en cuanto a contaminantes relacionados con las variables alcalinidad y pureza del recurso hídrico fue “Alta” y en el año 2020 se observa una calificación de “Muy Alta”.

Continuando con los índices se encontró que el caso del índice **ICOSUS** en el año 2005 reporto una calidad “Muy Baja” pero en el 2009 en su primera jornada de muestreo se presentó una calificación de “Media”, lo que quiere decir que sus niveles de contaminación aumentaron, para este mismo año en su segunda jornada se reportó una calificación de “Muy Baja”, situación que cambio significativamente

al reportar en el año 2010 una contaminación “Muy Alta” en su primera jornada, para este mismo año pero en la jornada numero dos se observó una disminución en la contaminación posicionándose en la calificación “Media”; Para el año 2015 su calidad presento un mejoramiento pasando a categoría “Baja”, reporte que cambio significativamente en el año 2017 donde nuevamente se presentó una calificación de “Muy Alta”; en el año 2018 se reporta una disminución en la contaminación del Río Maiba con una categoría “Media” para finalmente en el año 2020 mejorar su calidad a calificación “Muy Baja”.

Las situaciones anteriormente mencionadas se pueden presentar debido al tipo y cantidad de vertimientos que llegan a la fuente receptora.

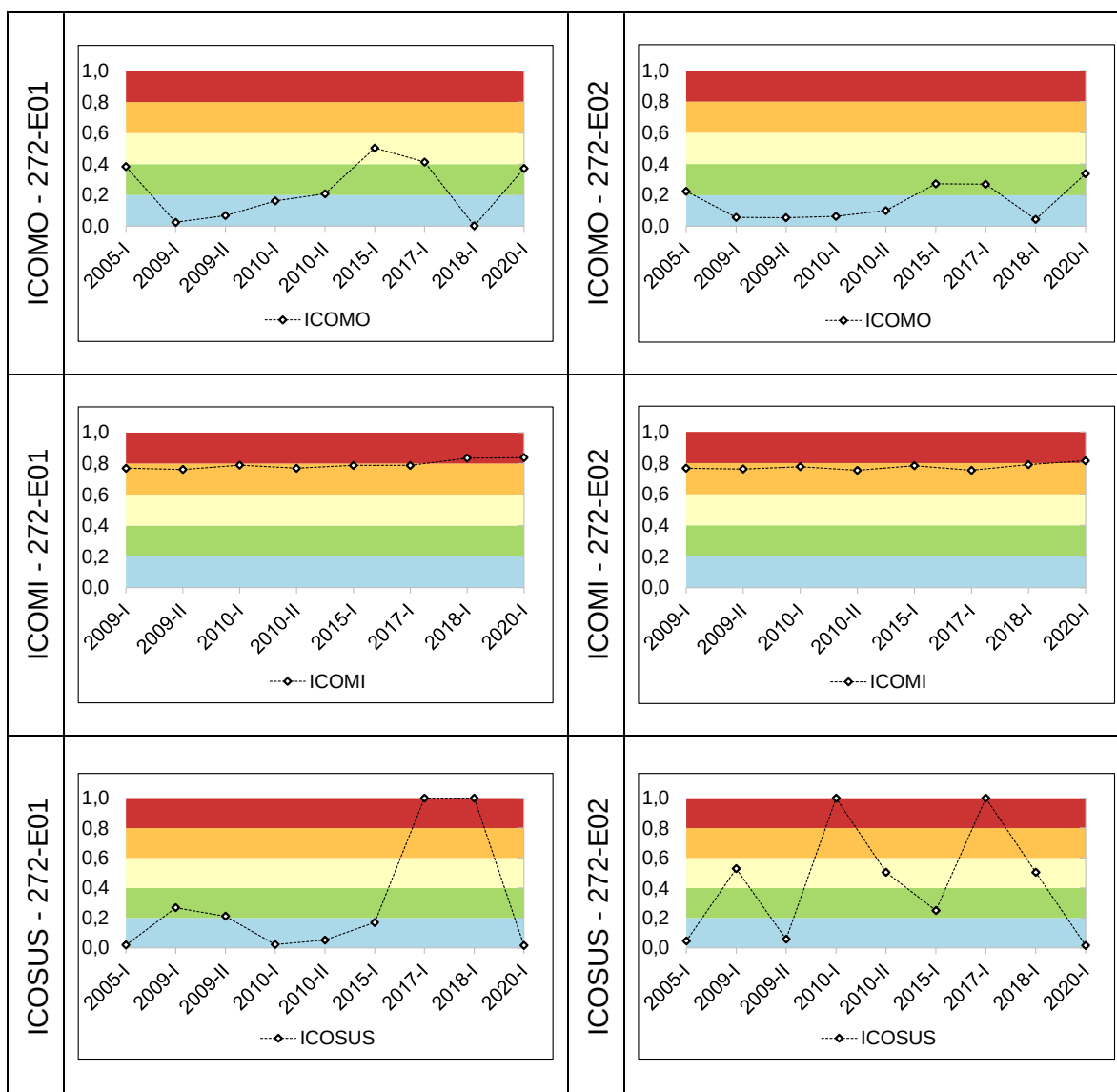


Figura 125. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia

- ICOTRO

En la Figura 126 se presentan los resultados del cálculo del **ICOTRO** para las estaciones ubicadas en el municipio de Filadelfia, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo.

Para la estación 272-E01 acuerdo a las concentraciones de fosforo total en el año 2005 se observó una calificación de “Mesotrófico”, desde el año 2009 hasta el año 2012 se reportó una calificación de “Eutrófico”, en el año 2015 se presentó una disminución de concentración pasando a “Mesotrófico” nuevamente para en los años 2017 y 2018 reportar un aumento significativo en su concentración y ubicarse en la calificación “Hipereutrófico”, finalmente en el año 2020 disminuyo sus concentraciones y se presentó una calificación de “Eutrófico”.

En cuanto a la estación E02 desde el año 2005 al 2009 se presentó una calificación de “Eutrófico”, en el año 2010 en su primera jornada de monitoreo se observa un aumento en sus niveles de contaminación ubicándose en la calificación de “Hipereutrófico”, en este mismo año pero en la segunda jornada se presenta una disminución de la contaminación en el agua y pasa a calificación “Eutrófico” hasta el año 2012; Para el año 2015 se reporta una calificación de “Mesotrófico”, en el 2018 se vuelve a presentar un aumento de la contaminación y se posiciona en calificación “Hipereutrófico” y finalmente en el año 2020 reporta una nueva disminución de concentración de contaminantes y vuelve a ascender de calificación a “Eutrófico”.

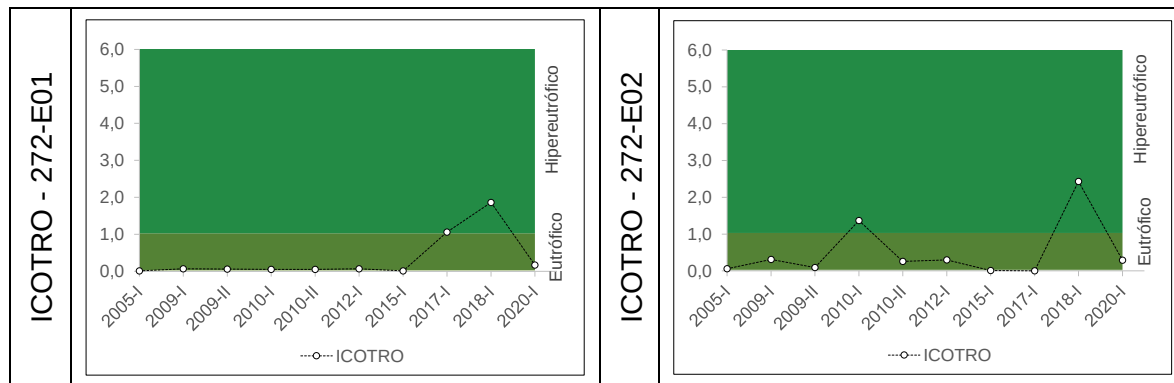


Figura 126. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Filadelfia

3.5.2.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Filadelfia, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de CORPOCALDAS reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos en el (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para el río Maibá**

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación Filadelfia 272-E01 hasta la estación Filadelfia 272-E02, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso agrícola no restringido. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos (2) estaciones. Ver Tabla 158. Con los datos reportados se observó cumplimiento a los objetivos de calidad para casi todos los parámetros evaluados, no obstante, en la estación 272-E02, se encontró un valor de conductividad eléctrica por encima del valor de referencia.

Tabla 158 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para uso agrícola no restringido tramo II del río Maibá

Objetivo de calidad (Largo plazo)	Parámetro físicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación	Estación
				272-E01	272-E02
Uso agrícola no restringido	pH	UpH	4,5-9,0	8.42	8.22
	OD	mg/L	>4	6.98	7.73
	Conductividad	($\mu\text{S/cm}$)	<700	621	748
	DBO ₅	mg/L	<20	5.00	5.00
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	0.86	7.25
	SST	mg/L	<50	12.00	12.00
	Turbiedad	UNT	40-100	6.50	7.60
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	---	---
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	---	---
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Ausente

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

N/A: no aplica

3.5.2.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Filadelfia.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Filadelfia indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Filadelfia está en la categoría de “Regular”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que fuente se encuentran en la categoría “Buena”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación para el ICOMI es “Baja”, para el ICOMI es “Muy Alta” y para los ICOSUS es “Muy Baja”.

En el municipio de Filadelfia, se evidencia el cumplimiento de la gran mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para el tramo evaluado de la fuente superficial receptora de vertimientos. Sin embargo, en la estación 272-E02 se presentó incumplimiento para el parámetro de conductividad eléctrica.

3.5.3. Campaña de monitoreo municipio de La Merced

El municipio de La Merced cuenta con tres fuentes receptoras de los vertimientos municipales que son la quebrada Malvinas 2615-084-014-023-09, donde se estableció la estación 388-E01; la quebrada Amazonas donde se encuentra la estación 388-E02 y la quebrada El Tambor donde están establecidas las estaciones 388-E03 y 388-E04. En la Tabla 159 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las cuatro estaciones.

Tabla 159. Estaciones de monitoreo del municipio de La Merced

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Q. 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas)	388-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 0 + 555_Por la finca la Malvina	1089085	835939
Quebrada Amazonas	388-E02	Después de la última descarga del municipio_k 1 + 529	1088220	835773
Q. El Tambor E3	388-E03	Antes de la primera descarga del municipio_k 1 + 394_Antes del descole de Corinto	1090776	836558
Q. El Tambor E4	388-E04	Después de la última descarga del municipio_k 1 + 543_Despues del descole de Corinto	1090915	836568

En la Figura 127 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de La Merced, Caldas.

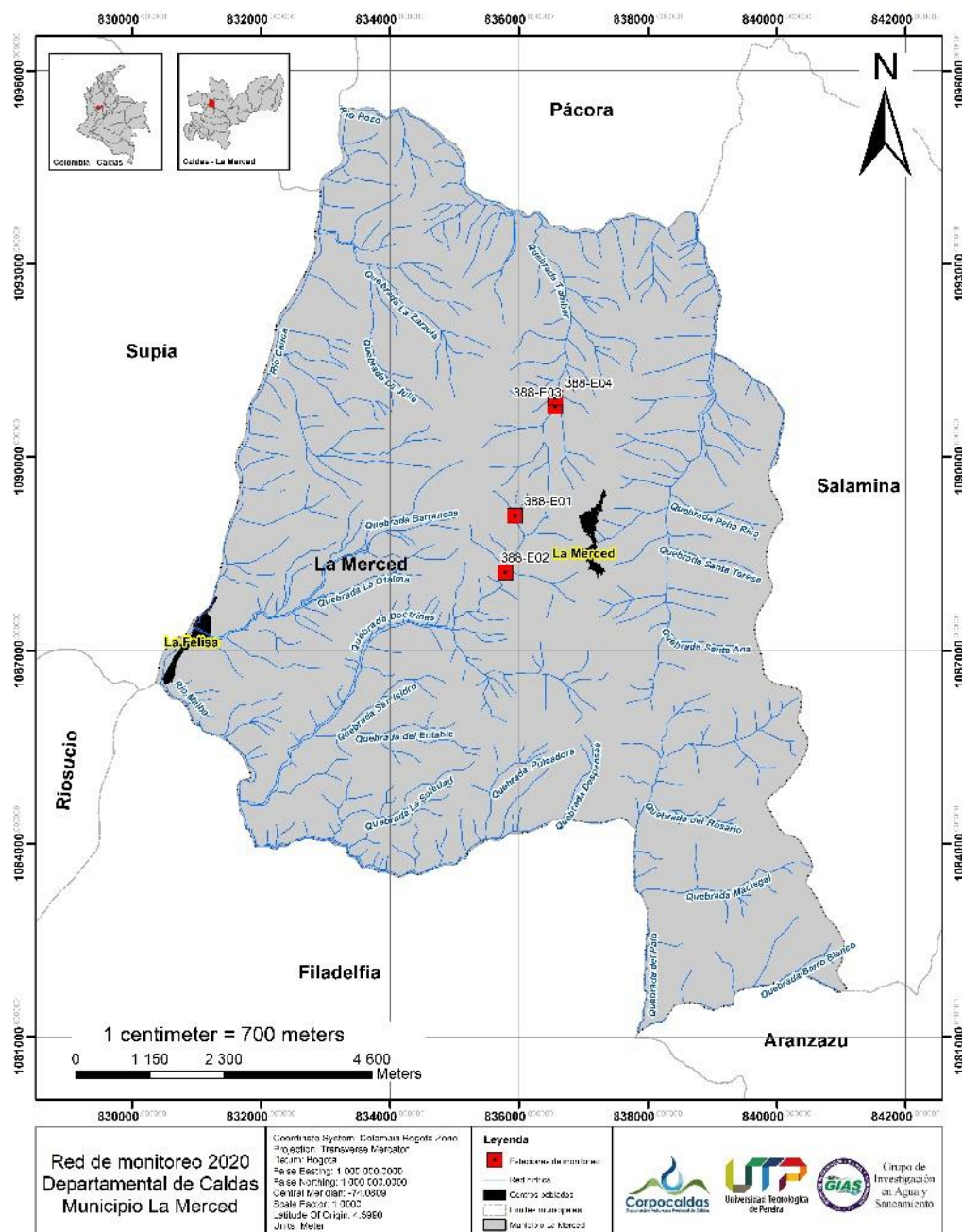


Figura 127. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de La Merced

Fuente: propia

3.5.3.1. Campaña de monitoreo municipio de La Merced

La toma de muestras de la red de monitoreo departamental de Caldas fue realizada entre el 04 de agosto y el 02 de septiembre de 2020. En la Tabla 160 se muestra en

detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de La Merced.

Tabla 160.Fecha de recolección de muestras municipio de La Merced

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
388-E01	Quebrada 2615-084-014-023-09 (Quebrada Malvinas)	13/08/2020
388-E02	Quebrada Amazonas	-
388-E03	Q. El Tambor E3	13/08/2020
388-E04	Q. El Tambor E4	13/08/2020

3.5.3.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de La Merced, Caldas (ver Tabla 161).

Tabla 161. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - La Merced 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
388-E01	6,89	7,50	373,0	14,00	0,0017
388-E02	7,50	8,17	347,0	21,80	0,042
388-E03	7,27	7,98	380,0	23,80	0,007
388-E04	7,84	8,03	427,0	24,50	0,020

- **Quebrada 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas)**

De acuerdo con la información tomada en campo, la estación 388-E01 presenta un Ph superior a 7,00 UpH, lo que indica que se encuentra cercano a la escala de neutralidad. Con relación al valor registrado de Oxígeno Disuelto, se considera que la fuente receptora tiene un contenido de oxígeno adecuado.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica, se puede observar que dicha variable tiene una concentración alta, la cual se puede deber al tipo de vertimientos que hay en la fuente receptora, en este caso la Quebrada Malvinas.

- **Quebrada Amazonas**

De acuerdo con la información tomada en campo, la estación 388-E02 presenta un pH superior a 7,00 UpH. Con relación al valor registrado de Oxígeno Disuelto, se considera que la fuente receptora tiene un contenido de oxígeno adecuado.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica, se puede observar que dicha variable tiene una concentración alta, la cual se puede deber al tipo de vertimientos que hay en la fuente receptora, en este caso la Quebrada Amazonas.

- **Quebrada El Tambor**

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 388-E03 y 388-E04 se observa un aumento en el caudal de 0,013 m³/sen la fuente receptora, el cual está asociado principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de La Merced en la Quebrada El Tambor.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, presentando un aumento de 0,57 mg O₂/L entre una estación y la otra. Para los valores registrados de pH, se encontró que están por encima 7,00 UpH, teniendo un aumento de 0.05 UpH entre las dos estaciones, lo cual no representa cambios significativos en la fuente receptora.

3.5.3.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 162 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de La Merced, Caldas.

Tabla 162. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de La Merced

Ensayo (s)	Unidades	Código estación			
		388-E01	388-E02	388-E03	388-E04
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	<10,5 ± 0,8	<5,00	<5,00	5,4 ± 0,4
Sólidos Totales	mg/L	315	253	241	219
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<LCM	11± 0,4	13± 0,4	<LCM
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	9,24	21,70	22,39	21,64
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,23	0,41	0,35	0,29
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40	<4,40	5,76
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,009	0,012	0,018	0,015
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	125,00	177,00	125,00	157,00
Coliformes Totales	UFC/100 mL	96000	20000	8200	5500
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	6000	1000	200	900
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	194	187	166	154
Dureza Cálcica	mg CaCO ₃ /L	138,00	85,20	82,20	82,60
Turbidez	UNT	1,52	2,09	6,17	5,01
Grasas & Aceites	mg/L	6	8	17	15
Cloruros	mg Cl-/L	6,94	8,93	4,46	9,42
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	122,00	33,30	73,80	47,10
Color real	U Pt- Co	5,40	4,60	7,40	3,80
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,19	0,48	0,53	1,65
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	0,06	<0,05	1,57
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	<0,005	--	<0,005	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	--	--	<0,001	<0,001

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

- **Quebrada 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas)**

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio para la estación 388-E01 ubicada en la Quebrada 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas), la concentración de DBO₅ se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). Para la concentración de DQO se observó un valor <10,5 ± 0,8 mg O₂/L, lo que conlleva a inferir que la contaminación en la fuente hídrica es muy baja.

En cuanto a la concentración de ST es alta sé lo que puede estar relacionado con el tipo de vertimientos que se presentan en la zona, pero teniendo en cuenta que las concentraciones de DBO₅ y DQO no son tan altas se puede inferir que la fuente hídrica no presenta altos grados de contaminación. Para la concentración de SST la concentración se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (10 mg.l-1).

Por su parte el Color Real y la Turbidez, las concentraciones se encuentran por debajo del límite máximo permisible.

Para el ensayo de Nitratos en la estación anteriormente mencionada, el valor está por debajo del límite máximo permisible y para la concentración de Nitritos esta presenta un valor bajo, por lo cual se puede deducir que en la fuente hídrica hay procesos normales de nitrificación.

El valor de NTK, reportado en la estación E01 indica que la presencia de oxígeno es principalmente orgánica y para la variable de Nitrógeno Amoniacal su concentración es baja en la Quebrada 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas).

Para los Coliformes Totales y Fecales se tienen unas concentraciones considerablemente altas, lo anterior posiblemente esté relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

- **Quebrada Amazonas**

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio para la estación 388-E02 ubicada en la Quebrada Amazonas las concentraciones de DBO₅ y DQO se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L), lo que conlleva a inferir que la contaminación en la fuente hídrica es muy baja.

En cuanto a la concentración de ST y SST es alta, lo que puede estar relacionado con el tipo de vertimientos que se presentan en la zona, pero teniendo en cuenta

que las concentraciones de DBO₅ y DQO no son tan altas se puede inferir que la fuente hídrica no presenta altos grados de contaminación.

Por su parte el Color Real y la Turbidez, las concentraciones se encuentran por debajo del límite máximo permisible.

Para el ensayo de Nitratos en la estación anteriormente mencionada, el valor está por debajo del límite máximo permisible y para la concentración de Nitritos esta presenta un valor bajo, por lo cual se puede deducir que en la fuente hídrica hay procesos normales de nitrificación.

El valor de NTK, reportado en la estación E02 indica que la presencia de oxígeno es principalmente orgánico y para la variable de Nitrógeno Amoniacal su concentración es baja en la Quebrada Amazonas.

Para los Coliformes Totales y Fecales se tienen unas concentraciones considerablemente altas, lo anterior posiblemente esté relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

- **Quebrada El Tambor**

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio para las estaciones 388-E03 y 388-E04 ubicadas en la Quebrada El Tambor, las concentraciones de DBO₅ se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a las concentraciones de DQO un aumento de 0,5 mg O₂/L.

En cuanto a las concentraciones de ST, se observa una disminución de 22 mg/L entre las dos estaciones y para los SST se encontró que la concentración de la E03 es baja y la de la E04 se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (10 mg.l-1).

Para el Color Real, se observó una disminución de concentración entre estaciones de 3,6 U Pt- Co y para la Turbidez se encontró una disminución entre las estaciones de 1,14 UNT.

Las concentraciones de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, presentan un aumento de 1,36 mg NO₃/L entre estaciones y para la concentración de Nitritos se observa una disminución de 0,003 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar debido a aportes de vertimientos entre las dos estaciones.

Los valores de NTK, tienen una tendencia a disminuir su concentración de una estación a otra con una diferencia de 0,75 mg N/L. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración presenta una tendencia a disminuir en 0,06 mg N/L, por lo anterior se puede inferir una disminución de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes a la Quebrada El Tambor.

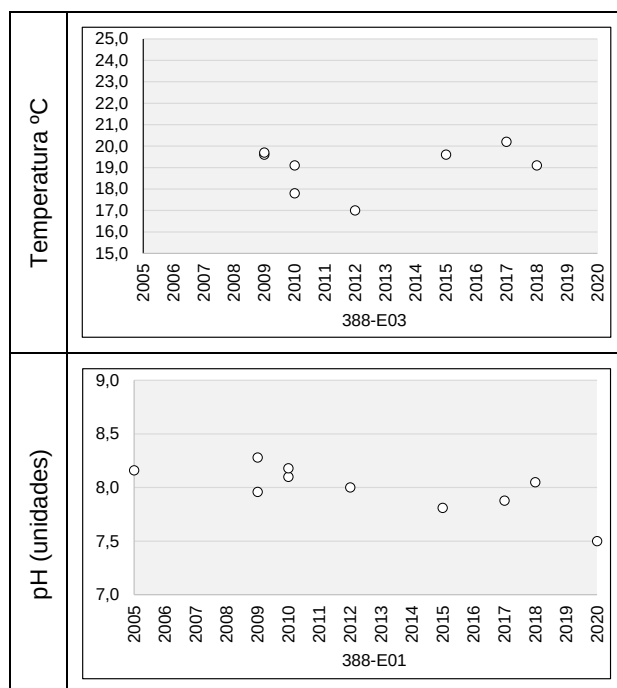
Para los Coliformes Totales y Fecales se tienen unas concentraciones considerablemente altas, observándose una disminución de concentración de Coliformes Totales de 2.700 UFC/100 mL entre estaciones y un aumento de Coliformes Fecales de 700 UFC/100 mL, lo anterior posiblemente esté relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

3.5.3.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de La Merced

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las cuatro estaciones ubicadas en el municipio de La Merced.

- **Quebrada 2615-084-014-023-09 (Q. Malvinas)**

En la Figura 128 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de La Merced.



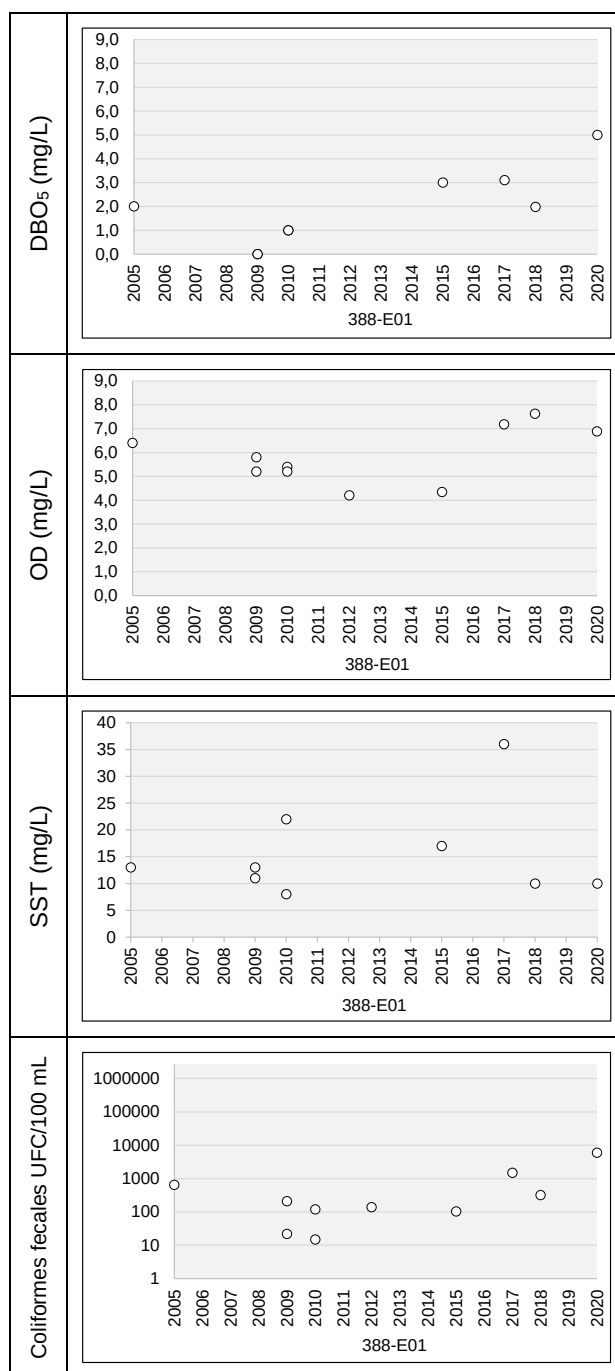


Figura 128. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de La Merced

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en la estación 388-E01 ubicada en la Quebrada 2615-084-014-023-09 (Malvinas) entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en esta estación se presentó un valor máximo de 20,2 °C en el año 2017 y un valor mínimo de 14 °C en el año 2020, por lo anterior para la E01 se observó una temperatura promedio de 18,46 °C. De acuerdo con los valores presentados anteriormente se infiere que

la temperatura del agua en la estación E01 no mostro cambios significativos a través de los años.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E01 un valor máximo de 8,28 UpH en el año 2009 y un valor mínimo de 7,5 UpH en el año 2020, por lo anterior para la E01 se determinó un valor de pH promedio de 7,99 UpH. Teniendo en cuenta los valores anteriores se puede establecer que no se presentan cambios significativos a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso el la Quebrada Malvinas.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E01 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en el año 2009, por lo anterior se estimó un promedio de 1,90 mg/L en la E01, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L).

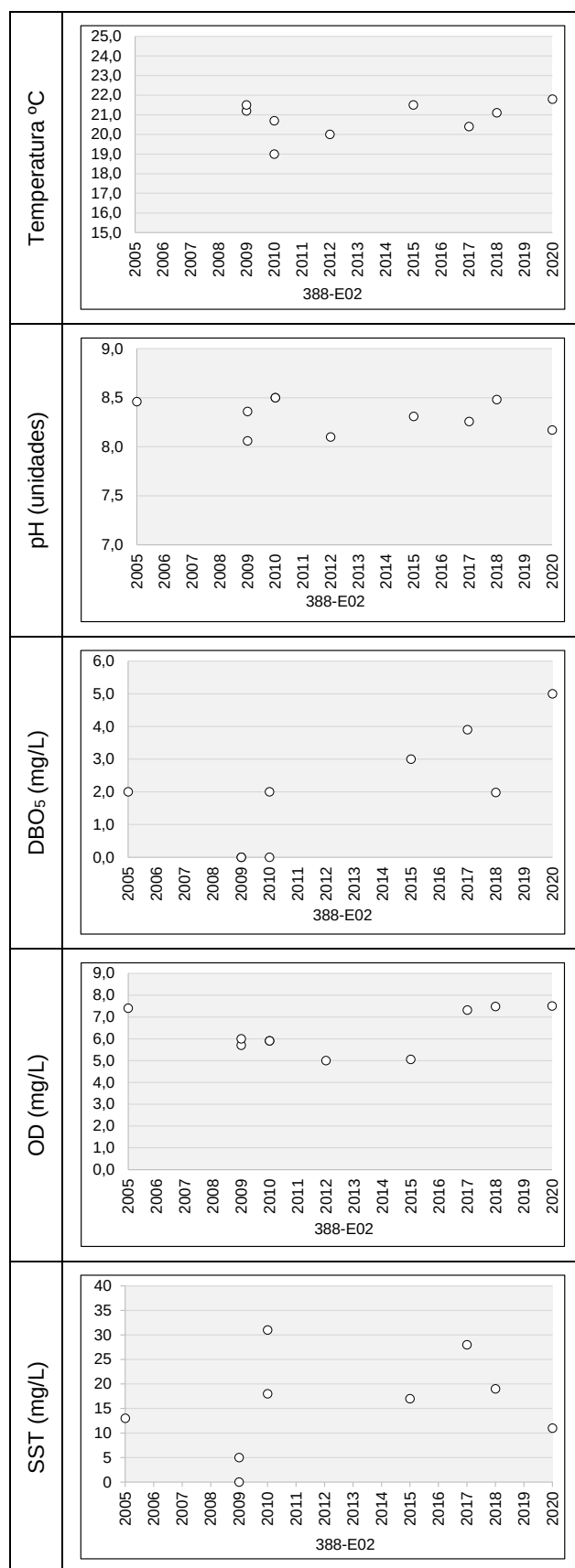
Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en la Quebrada Malvinas, para la cual en la E01 se encontró un valor máximo de 7,63 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 4,2 mg/L en el año 2012, de acuerdo a estos valores se presentó un promedio de OD en la E01 de 5,824 mg/L.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E01 se reportó un valor máximo de 36 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 8 mg/L en el año 2010, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 15,56 mg/L para la E01. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, no se presentan diferencias significativas entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales reportadas entre el año 2005 y 2020 y los cambios observados se pueden atribuir por el aumento de materias en la fuente receptora.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reporto en la E01 un valor máximo de 6.000 UFC/100 ml en el año 2020 y un valor mínimo de 15 UFC/100 ml en el año 2010, por lo cual se estimó un promedio de 908,10 UFC/100 ml. De acuerdo con la situación anteriormente presentada se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para la E01, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos asociados a actividades agrícolas presentes en la Quebrada.

- **Quebrada Amazonas**

En la Figura 129 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de La Merced.



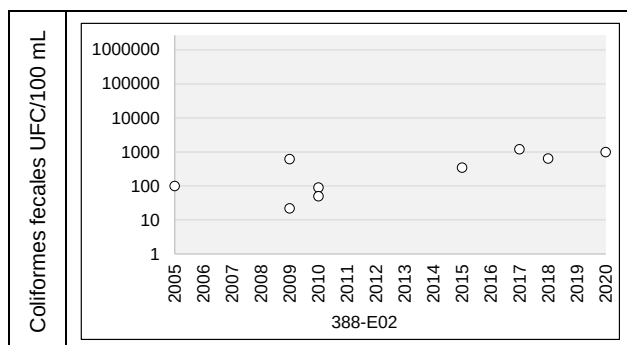


Figura 129. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de La Merced

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en la estación 388-E02 ubicada en la Quebrada Amazonas entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en esta estación se presentó un valor máximo de 21,8 °C en el año 2020 y un valor mínimo de 19 °C en el año 2010, por lo anterior para la E02 se observó una temperatura promedio de 20,80 °C. De acuerdo con los valores presentados anteriormente se infiere que la temperatura del agua en la estación E02 no mostro cambios significativos a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica o a la hora del día en la cual se tomó la muestra.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E02 un valor máximo de 8,48 UpH en el año 2018 y un valor mínimo de 8,06 UpH en el año 2009, por lo anterior para la E02 se determinó un valor de pH promedio de 8,32 UpH. Teniendo en cuenta los valores anteriores se puede establecer que no se presentan cambios significativos a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E02 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 1,99 mg/L en la E02, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L).

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en la Quebrada Amazonas, para la cual en la E02 se encontró un valor máximo de 7,48 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 5 mg/L en el año 2012, de acuerdo con estos valores se presentó un promedio de OD en la E02 de 6,325 mg/L.

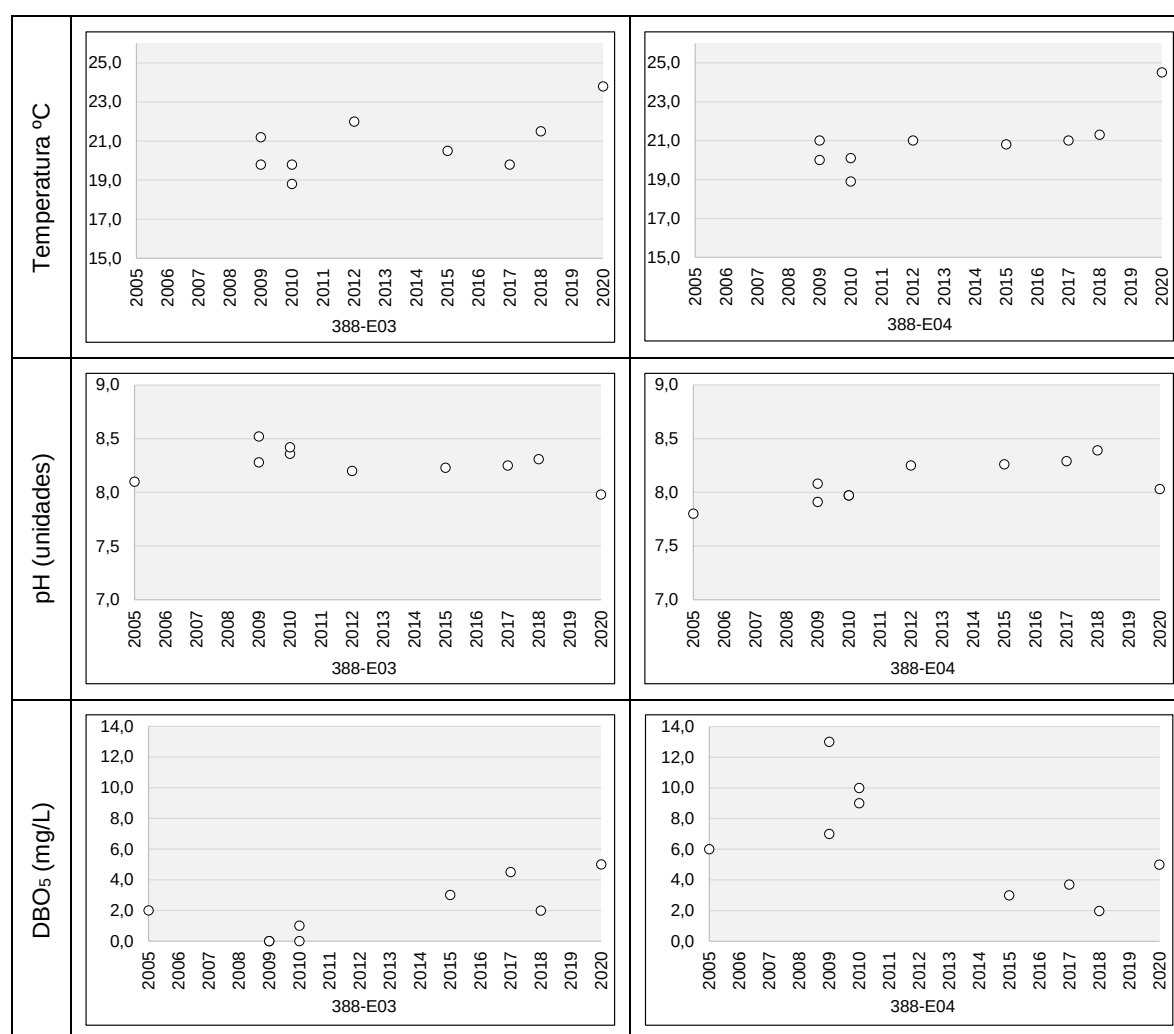
En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E02 se reportó un valor máximo de 31 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 0 mg/L en el año 2009, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 15,78 mg/L para la E02. De acuerdo con los valores anteriormente presentados, se establece que no hay diferencias significativas entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales

reportadas entre el año 2005 y 2020 y los cambios observados se pueden atribuir por el aumento de materias en la fuente receptora.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reporto en la E02 un valor máximo de 1.200 UFC/100 ml en el año 2017 y un valor mínimo de 22 UFC/100 ml en el año 2009, por lo cual se estimó un promedio de 452,33 UFC/100 ml. De acuerdo con la situación anteriormente presentada se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para la E02, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos asociados a actividades agrícolas presentes en la Quebrada.

- **Quebrada El Tambor**

En la Figura 130 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de La Merced.



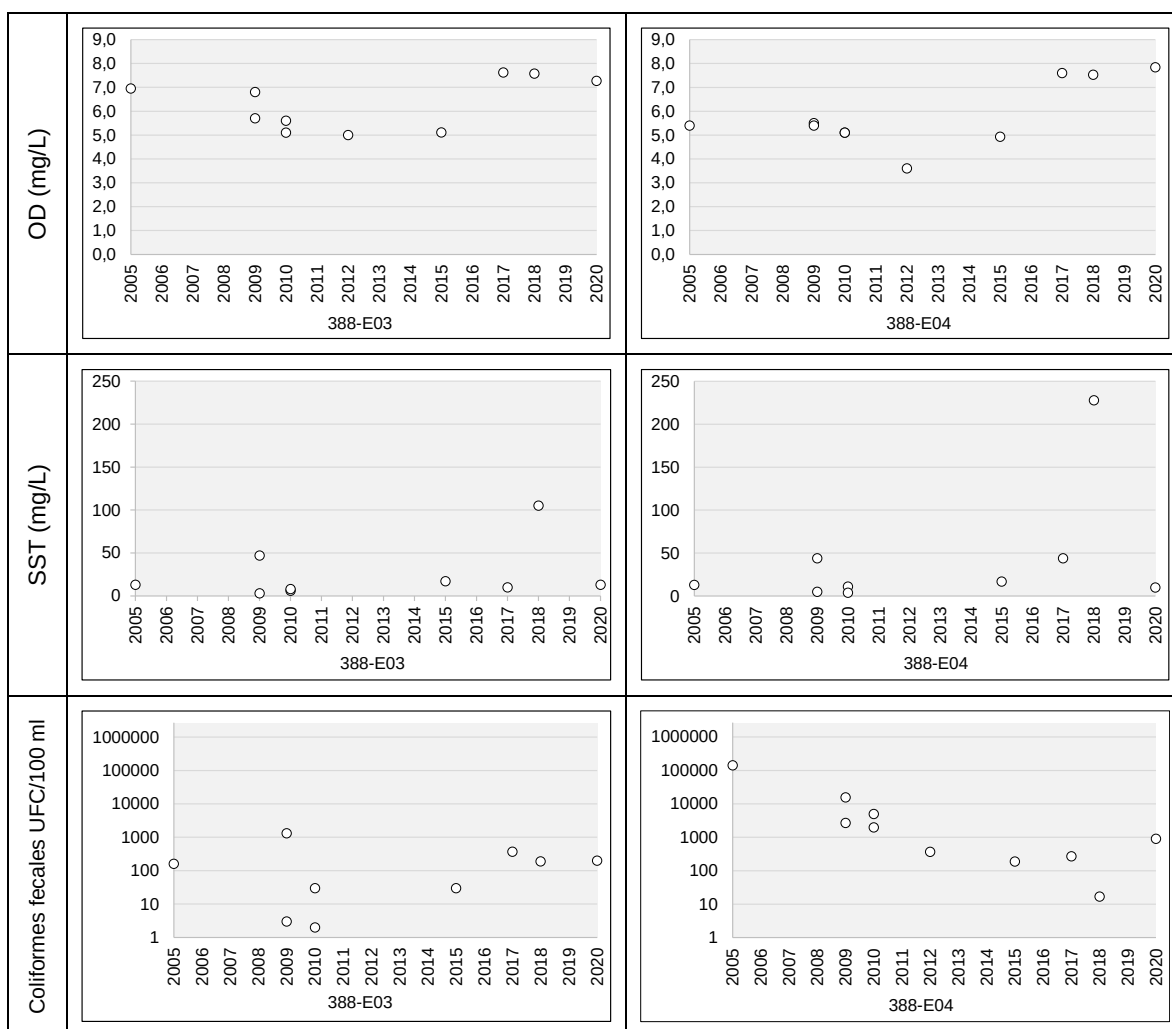


Figura 130. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de La Merced

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 388-E03 y 388-E04 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la E03 se presentó un valor máximo de 23,8 °C en el año 2020 y un valor mínimo de 18,8 °C en el año 2010, por lo anterior para la E03 se observó una temperatura promedio de 20,80 °C. En la E04 se reportó un valor máximo de 24,5 °C en el año 2020 y un valor mínimo de 20 °C en el año 2009, de acuerdo con los anteriores valores registrados se estableció una temperatura promedio de 20,96 °C para la E04. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede evidenciar que no existen cambios significativos a través de los años y que los cambios presentados se pueden deber al momento del día en el cual se tomó la muestra o se hizo el ensayo.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E03 un valor máximo de 8,52 UpH en el año 2009 y un valor mínimo de 7,98 UpH en el año 2020, por lo anterior para la E03 se determinó un valor de pH promedio de 8,27 UpH. En la E04 se registró un valor máximo de 8,39 UpH en el año 2018 y un valor mínimo de 7,8 UpH en el año 2005, de acuerdo a los valores registros para la E04 se determinó un valor de pH

promedio de 8,10 UpH. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores con relación a los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso la Quebrada Tambor.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E03 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 1,94 mg/L en la E03, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación 388-E04 se reportó un valor máximo de 13 mg/L en el año 2009 y un valor mínimo de 1,98 mg/L en el año 2018, por lo anterior se estimó un promedio de 6,52 mg/L en la E04. De acuerdo con los valores presentados entre estaciones, se observa un aumento significativo de concentración en la estación E04 comparada con la E03.

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en la Quebrada Tambor, para la cual en la E03 se encontró un valor máximo de 7,62 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 5 mg/L en el año 2012, de acuerdo con estos valores se presentó un promedio de OD en la E03 de 6,272 mg/L. Por su parte la E04 reportó un valor máximo de 7,84 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 3,6 mg/L en el año 2012, de acuerdo con lo anterior se estableció un promedio de 5.800 mg/L para la E04. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa que no hay un cambio significativo de concentraciones entre las dos estaciones.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E03 se reportó un valor máximo de 105 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 3 mg/L en el año 2009, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 24,67 mg/L para la E03. Para la E04 se registró un valor máximo de 228 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 4 mg/L en el año 2010, de acuerdo con esto se estimó un promedio de SST de 41,78 mg/L en la E04. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, se presenta una diferencia significativa entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales de las dos estaciones, la cual se puede deber por el aumento de materias en la fuente receptora.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la E03 un valor máximo de 1.320 UFC/100 ml en el año 2009 y un valor mínimo de 2 UFC/100 ml en el año 2010, por lo cual se estimó un promedio de 256,11 UFC/100 ml. Para la E04 se registró un valor máximo de 142.000 UFC/100 ml en el año 2005 y un valor mínimo de 17 UFC/100 ml en el año 2018, de acuerdo con esto se estableció un promedio de 16.900,70 UFC/100 ml. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la E04 presenta una mayor concentración respecto a la E03, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos presentes en la Quebrada.

3.5.3.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los nitritos y nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

En la Figura 131 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de La Merced, Caldas.

Quebrada 2615-084-014-023-09 (Quebrada Malvinas)	Quebrada Amazonas

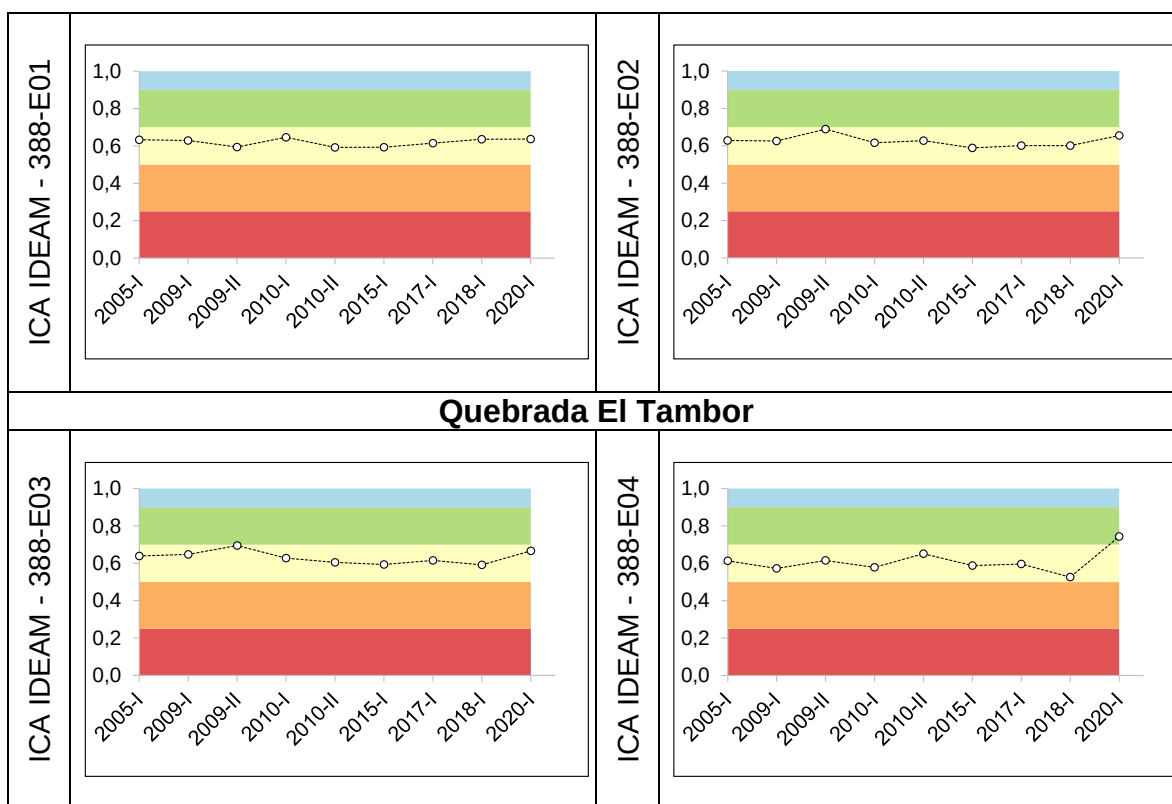
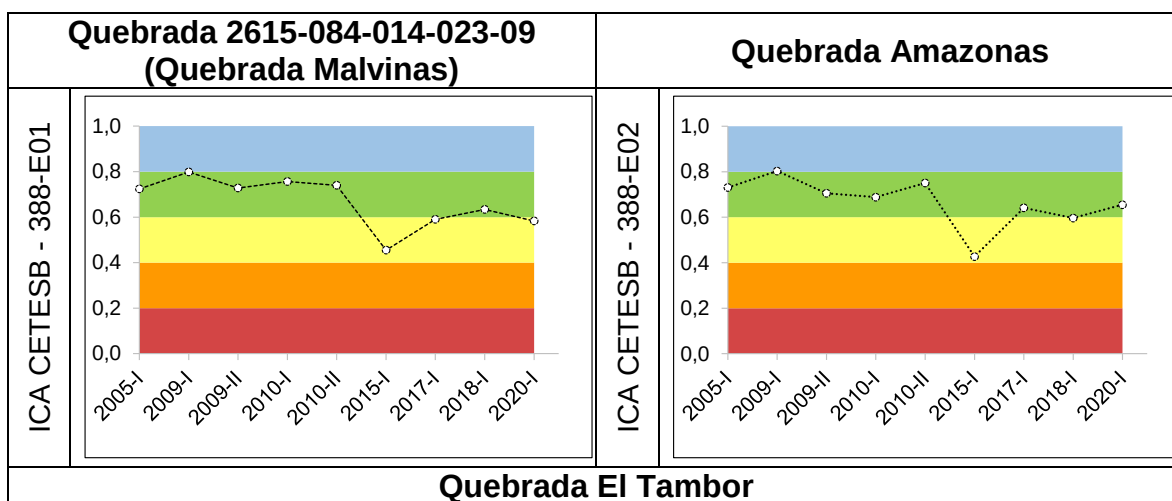


Figura 131. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced

- **ICA-CETESB**

En la Figura 132 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el municipio de La Merced.



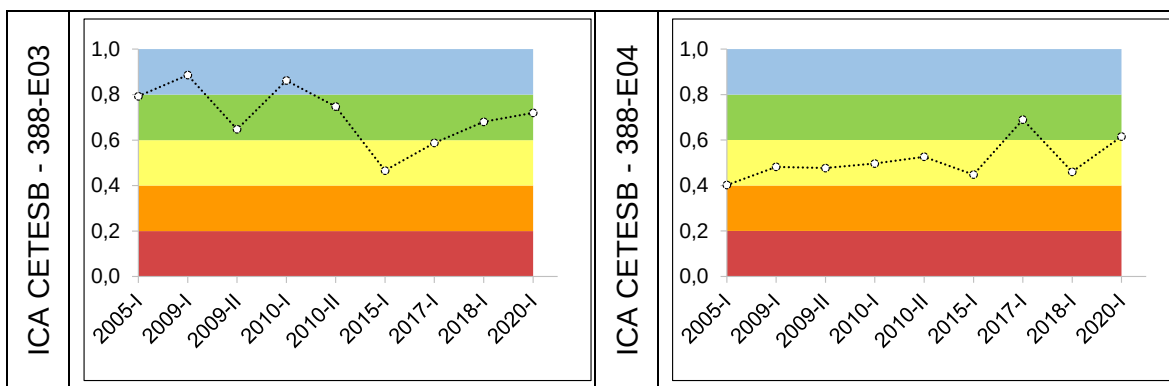
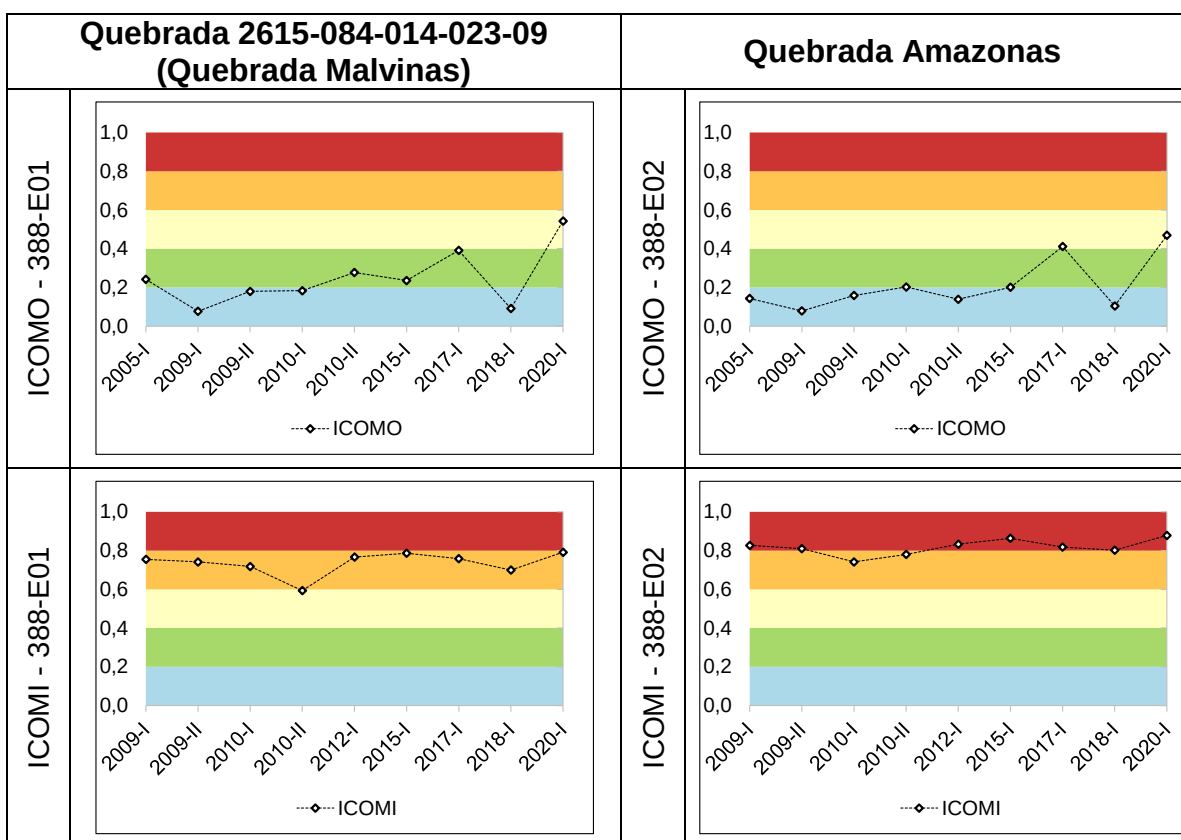


Figura 132. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced

- **ICOS**

En la Figura 133 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 388-E01, 388-E02, 388-E03 y 388-E04 de la serie histórica analizada.



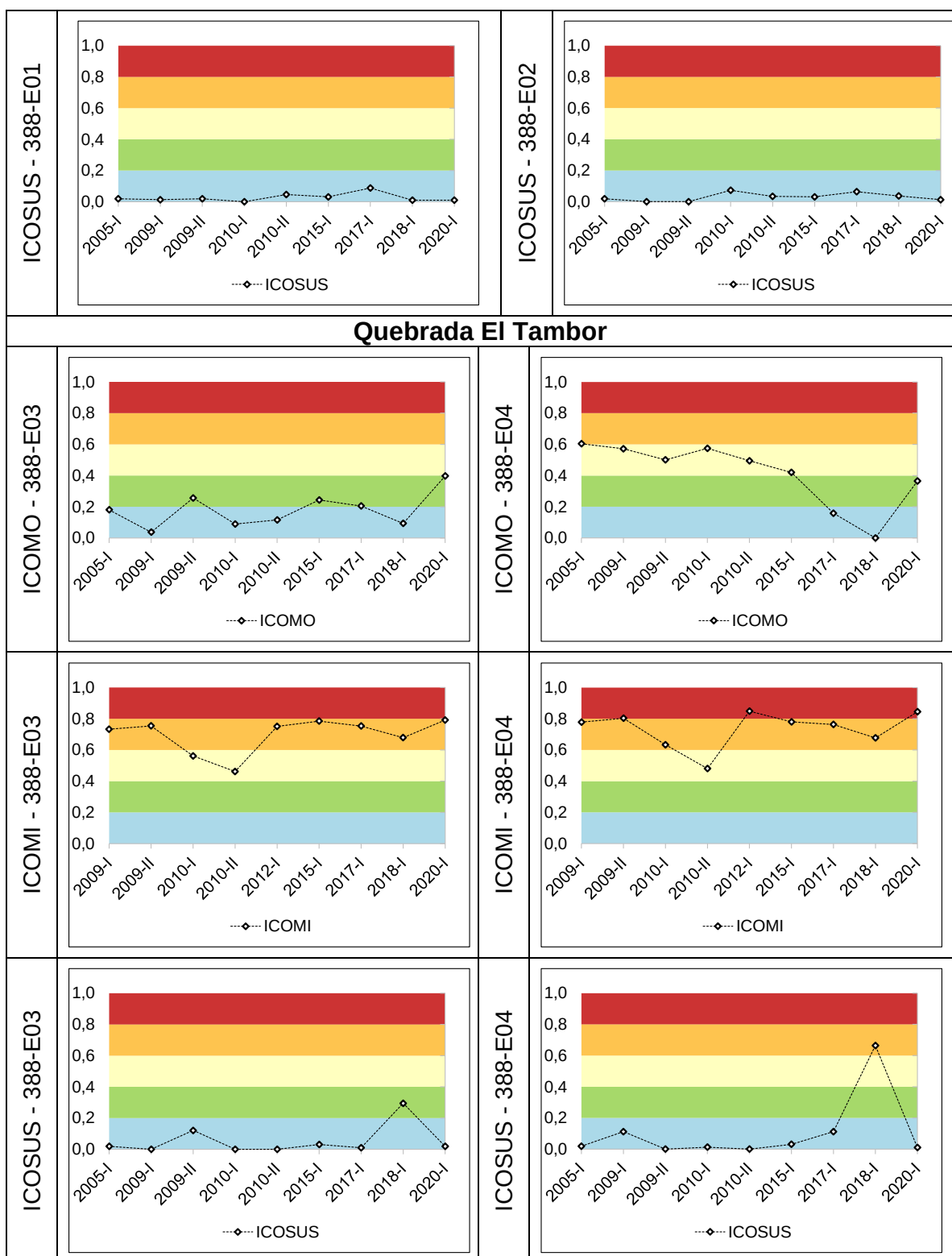


Figura 133. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced

- ICOTRO

En la Figura 134 se presentan los resultados del índice ICOTRO para las estaciones de monitoreo 388-E01, 388-E02, 388-E03 y 388-E04 de la serie histórica analizada.

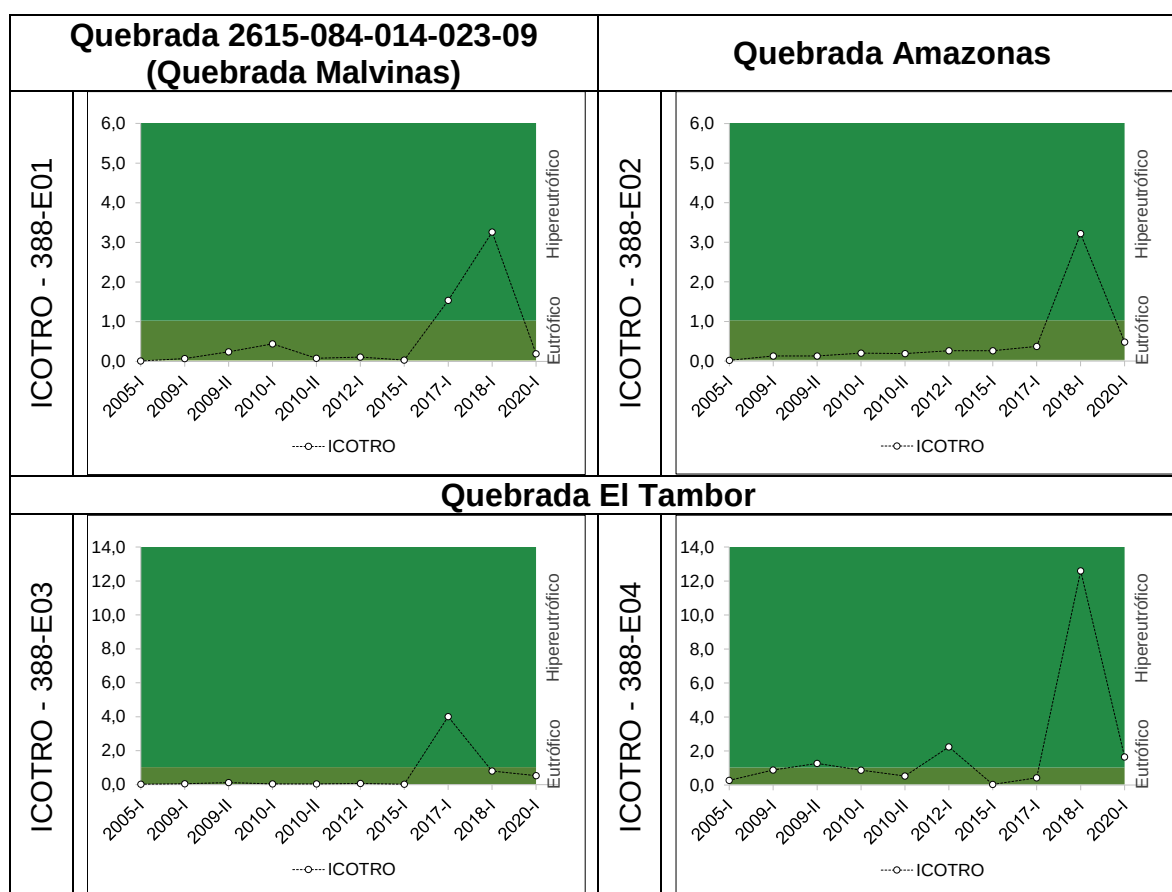


Figura 134. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de La Merced

3.5.3.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de La Merced, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de CORPOCALDAS reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC)

y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para las quebradas Las Malvinas y Amazonas**

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación La Merced E1 hasta la estación La Merced E2, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso para la preservación de fauna y flora. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos (2) estaciones ver Tabla 163. Con los datos reportados se observó cumplimiento a los objetivos de calidad para casi todos los parámetros evaluados, no obstante, se identificó la presencia de sustancias de interés sanitario como el cianuro, el cual se reportó con una concentración por debajo del límite de cuantificación del método analítico.

Tabla 163. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para la preservación de flora y fauna tramo dos (2), Q Malvinas y Amazonas

Objetivo de calidad (Largo plazo)	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación	Estación
				388-E01	388-E02
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	7.50	8.17
	OD	mg/L	>5	6.89	7.50
	Conductividad	(μS/cm)	--	373	347
	DBO ₅	mg/L	≤5,0	5.00	5.00
	SST	mg/L	<50	10.00	11.00
	Turbiedad	UNT	<100	1.52	2.09
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	--	--
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	--	--
	Detergentes (SAAM)	mg/L	--	0.05	0.05
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausencia	Ausencia
	Sustancias que produzcan olor	N.A	Ausente	Ausencia	Ausencia
	Sustancias de interés sanitario*	N.A	Ausente	Presente (CN <LCM)	---

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L
N.A: no aplica

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada El Tambor**

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación El Tambor E3 hasta la estación El Tambor E4, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso para la preservación de fauna y flora. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos (2) estaciones ver Tabla 164. Con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad en casi todos los parámetros analizados, no obstante, los valores reportados tanto para nitrógeno total como para material flotante y espumas, presentan incumplimiento.

Tabla 164. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para la preservación de flora y fauna tramo dos (2), Q El Tambor

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación	Estación
				388-E03	388-E04
Uso agrícola no restringido	pH	UpH	4,5-9,0	7.98	8.03
	OD	mg/L	>4	7.27	7.84
	Conductividad	(μ S/cm)	<700	380	427
	DBO ₅	mg/L	<20	5.00	5.00
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	22.39	21.64
	SST	mg/L	<50	13.00	10.00
	Turbiedad	UNT	40-100	6.17	5.01
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	-	-
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	-	-
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Presente	Ausente

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

N/A: no aplica.

3.5.3.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una alta calidad de las fuentes superficiales, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de La Merced.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de La Merced indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de las fuentes receptoras ubicadas en el municipio de La Merced, están en la categoría de “Aceptable”, con excepción de la estación 388-E04 que tiene una calidad “Buena”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que una calidad “Buena”, con excepción de la estación 388-E01, que presenta calidad “Regular”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de los ICOS el nivel de contaminación varía.

En el municipio de La Merced, se evidencia el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para la mayoría de los tramos evaluados de las fuentes receptoras de vertimientos. Sin embargo, en la quebrada El Tambor se presentó incumplimiento para Nitrógeno total y material flotante y espumas en el tramo evaluado.

3.5.4. Municipio de Neira

El municipio de Neira cuenta con una fuente receptora de los vertimientos municipales que es el Río Tapias, en donde se han establecido dos estaciones de monitoreo. La estación 877-E01 se encuentra antes de la primera descarga del Municipio y la estación 877-E02 está ubicada después de la última descarga del Municipio. En la Tabla 165 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 165. Estaciones de monitoreo del municipio de Neira

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Rio Tapias E1	877-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 13 + 906	1065487	846132
Rio Tapias E2	877-E01	Después de la última descarga del municipio_k 22 + 897	1065793	838808

En la Figura 135 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Neira, Caldas.

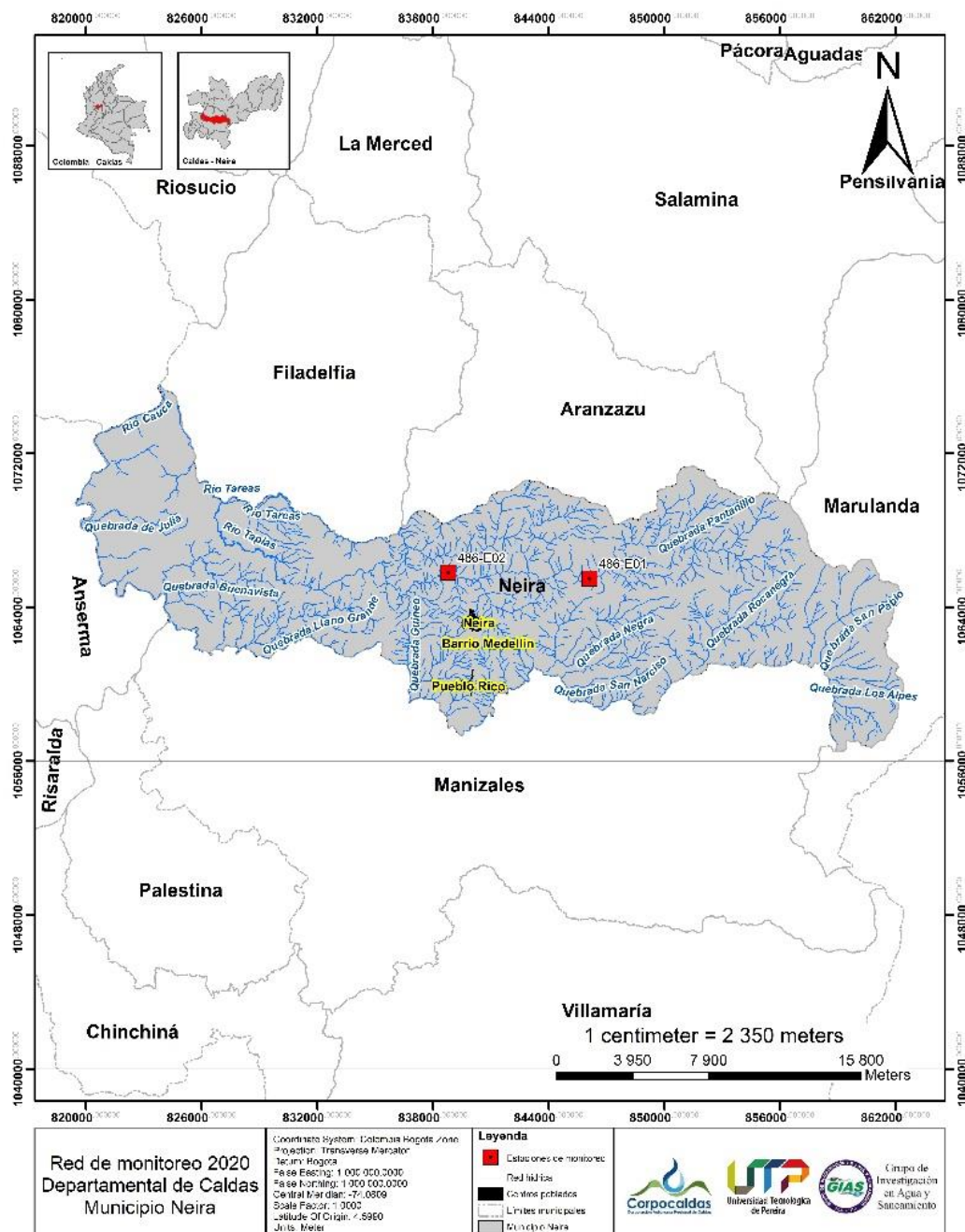


Figura 135. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Neira
Fuente: propia

3.5.4.1. Campaña de monitoreo municipio de Neira

La toma de muestras de la red de monitoreo departamental de Caldas fue realizada entre el 04 de agosto y el 02 de septiembre de 2020. En la Tabla 166 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Neira.

Tabla 166.Fecha de recolección de muestras municipio de Neira

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
877-E01	Río Tapias E1	18/08/2020
877-E02	Río Tapias E2	18/08/2020

3.5.4.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Neira, Caldas (ver Tabla 167).

Tabla 167. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Neira 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
877-E01	8,02	6,82	128,1	14,70	0,621
877-E02	7,76	7,72	210,1	17,20	0,837

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 877-E01 y 877-E02 se observa un aumento en el caudal de 0,216 m³/s de la fuente receptora, el cual está asociado principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Neira.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con una disminución de 0,26 mg O₂/L entre las dos estaciones. Para los valores registrados de pH, se encontró que están por encima 7,00 UpH, con un aumento de 0,9 UpH entre las estaciones; las situaciones anteriores se pueden presentar por el tipo de vertimientos que tiene la fuente receptora en este caso el Río Tapias.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica, se tuvo una tendencia a aumentar el valor de una estación a otra, con una diferencia de 82 μS/cm entre las dos estaciones, condición que puede estar relacionada principalmente por los vertimientos provenientes del municipio. En términos de temperatura se observa un incremento de 2,5 °C entre las estaciones.

3.5.4.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 168 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Neira, Caldas.

Tabla 168. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Neira

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		877-E01	877-E02
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	10,57±0,89	10±1
Sólidos Totales	mg/L	120,0	164,0

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		877-E01	877-E02
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<LCM	11±0,3
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	0,69	0,69
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,23	0,41
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,004	0,193
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	52,00	76,10
Coliformes Totales	UFC/100 mL	630	6800
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	110	2000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	58,30	84,50
Dureza Cálrica	mg CaCO ₃ /L	26,90	62,40
Turbidez	UNT	6,10	7,10
Grasas & Aceites	mg/L	11,00	10,00
Cloruros	mg Cl-/L	1,74	1,98
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	24,70	53,60
Color real	U Pt- Co	9,70	9,40
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,11	0,16
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	0,08	0,06
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	<0,005	-
Mercurio	mg Hg/L	-	-

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio para las estaciones 877-E01 y 877-E02 ubicadas en el Río Tapias, las concentraciones de DBO₅ se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a las concentraciones de DQO se observa una disminución de 0,57mg O₂/L entre las estaciones.

En cuanto a las concentraciones de ST, se observa un aumento de 44mg/L entre las dos estaciones y para los SST reportados por el laboratorio para la E01 se observó que se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (10 mg.l-1) y la E02 cuenta con una concentración baja de 11±0,3 mg/L.

Para el Color Real, se observó una disminución de concentración entre estaciones de 0,3 U Pt- Co y para la Turbidez se encontró un aumento entre las estaciones de 1 UNT.

Las concentraciones de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, no presentan diferencia. Para la concentración de Nitritos se observa un aumento de 0,189 mg NO₂/L de una estación a la otra, la situación anterior se puede presentar debido aportes de vertimientos entre las dos estaciones.

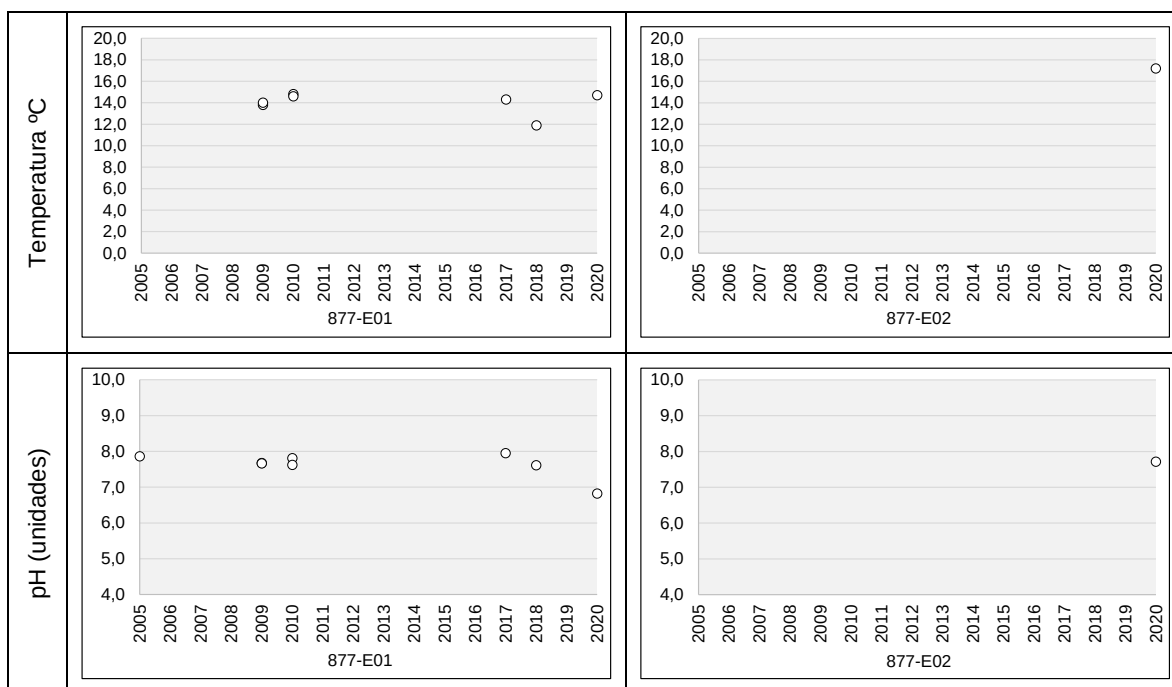
Los valores de NTK, no presenta variaciones entre las estaciones. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración presento una tendencia a aumentar en 0,18mg N/L, por lo anterior se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes al Río Tapias.

La estación E01 tiene menor concentración de Coliformes Fecales y Totales que la estación E02, presentando una diferencia de 6170UFC/100 mL para la primer variable y una diferencia de 1.890 UFC/100 mL para la segunda variable; este aumento tan significativo de concentraciones posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media del Río.

3.5.4.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Neira

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendedos Totales y Coliformes Fecales para las dos estaciones ubicadas en el municipio de Neira.

En la Figura 136 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de Neira.



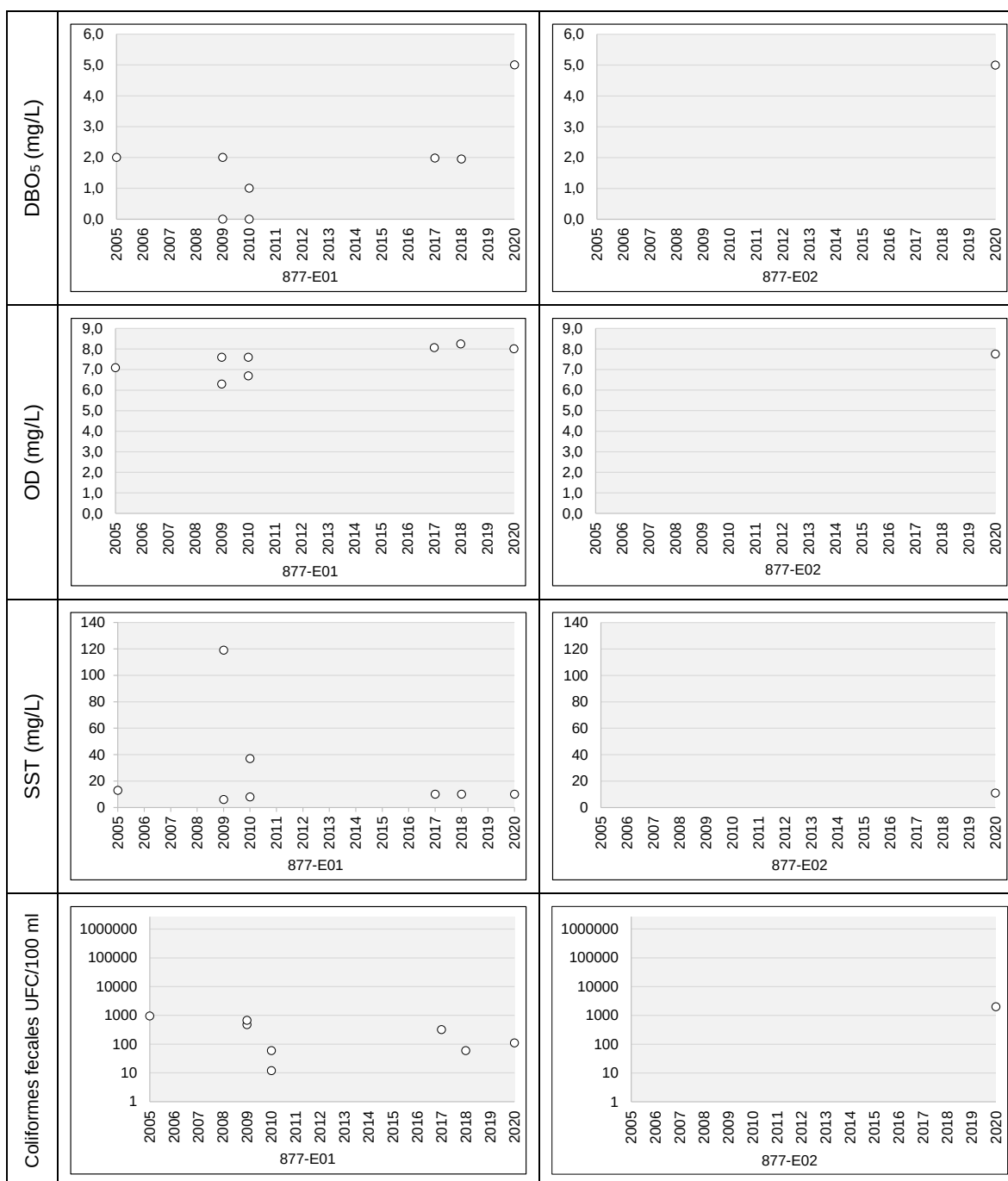


Figura 136. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Neira

De acuerdo a los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 877-E01 y 877-E02 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la E01 se presentó un valor máximo de 14,8 °C en el año 2010 y un valor mínimo de 11,9 °C en el año 2018, por lo anterior para la E01 se observó una temperatura promedio de 14,01 °C. En la E02 solo se registró un valor en el año 2020 de 17,2 °C. En concordancia con la situación anterior no es posible

realizar un comparativo entre estaciones, dado que la E02 no cuenta con un registro histórico.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E01 un valor máximo de 7,94 UpH en el año 2017 y un valor mínimo de 6,82 UpH en el año 2020, por lo anterior para la E01 se determinó un valor de pH promedio de 7,62 UpH. De la estación E02 no se tiene un registro histórico, solo se tiene el valor de pH en el año 2020, el cual fue de 7,72 °C; por lo anterior no es posible realizar un comparativo entre estaciones.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E01 se encontró un valor máximo de 5 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 1,74 mg/L en la E01, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación a través de los años se ha encontrado por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la estación E02 solo se cuenta con el reporte de pH en el año 2020 por valor de 5 mg/L, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación en este año se encontró por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L).

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en el Río Tapias, para la cual en la E01 se encontró un valor máximo de 8,25 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 6,3 mg/L en el año 2009, de acuerdo a estos valores se presentó un promedio de OD en la E01 de 7,455 mg/L. Por su parte de la E02 solo se tiene reporte del año 2020 por valor de 7,76 mg/L.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E01 se reportó un valor máximo de 119 mg/L en el año 2009 en la segunda jornada y un valor mínimo de 6 mg/L en el año 2009 en la primera jornada, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 26,63 mg/L para la E01. Para la E02 solo se tiene el reporte del año 2020 de 11 mg/L. De acuerdo a las situaciones anteriormente mencionadas, se presenta una diferencia significativa entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales de las dos estaciones, la cual se puede deber por el aumento de materias en la fuente receptora.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la E01 un valor máximo de 960 UFC/100 ml en el año 2005 y un valor mínimo de 12 UFC/100 ml en el año 2010, por lo cual se estimó un promedio de 335,25 UFC/100 ml. Para la E02 solo se cuenta con registro del año 2020 por valor de 2.000 UFC/100 ml. De acuerdo a lo anterior se observa un aumento significativo de concentraciones entre las estaciones a pesar de que no se cuenta con un registro histórico de la E02; dicho aumento se puede presentar por el tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica.

3.5.4.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de

contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005-2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los nitritos y nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Neira, Caldas.

En la Figura 137 se puede observar que para la estación 877-E01 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Aceptable" desde el año 2005 hasta el año 2009 en su primera jornada, para ese mismo año en su segunda jornada se observó una calidad del recurso hídrico "Regular", nuevamente en el año 2017 y hasta el 2018 se presentó un aumento en la calidad reportando calificación de "Aceptable", finalmente en el año 2020 se presenta una disminución bastante significativa de la calidad del Río Tapias con una calificación de "Regular". De acuerdo con los reportes presentados durante los años de monitoreo a la 877-E01, se puede concluir que la calidad del recurso hídrico en esta estación es Aceptable. Para la estación 877-E02 no se cuenta con información.

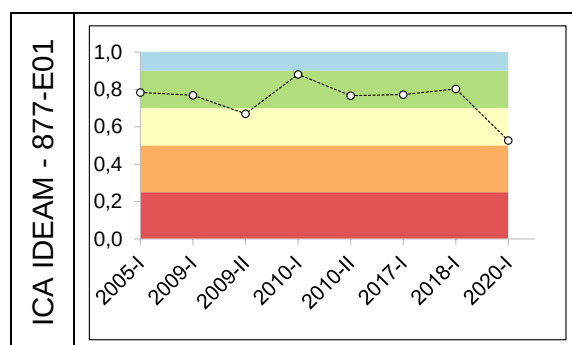


Figura 137. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Neira

- **ICA-CETESB**

No se cuenta con información.

- **ICOS**

No se cuenta con información.

- **ICOTRO**

No se cuenta con información.

3.5.4.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Neira, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de Corpocaldas reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para el río Tapias**

Según lo dispuesto en la Resolución 239 de 2007, el tramo dos (2) del río Tapias está comprendido desde la estación Neira 486-E01 hasta la estación Neira 486-E02. El objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de preservación de fauna y flora. De acuerdo con lo anterior, se realizó el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos estaciones (ver Tabla 169).

Con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se encontró presencia de sustancias de interés sanitario como Cianuro en la estación 486-E01.

Tabla 169. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para el uso preservación de fauna y flora en el tramo dos (2), río Tapias

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación	Estación
				486-E01	486-E02
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	6.82	7.72
	OD	mg/L	>5	8.02	7.76
	Conductividad	(μ S/cm)	--	128.1	210.1
	DBO ₅	mg/L	$\leq$ 5	5	5
	SST	mg/L	<50	10	11
	Turbiedad	UNT	<100	6.1	7.1
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	110 UFC/100 mL	2000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	630 UFC/100 mL	6800 UFC/100 mL
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0.05	0.05
	Sustancias que produzcan olor	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias de interés sanitario*	N/A	Ausente	Presencia de CN	Ausente

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro).

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

N/A: no aplica.

3.5.4.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas

de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Neira.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para la estación 877-E01 indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico, para la estación 877-E02, no se cuenta con información histórica.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora en la estación 877-E01 está en la categoría de “Regular”. En este municipio no se contó con información para determinar los demás índices.

Respecto a los objetivos de calidad, con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se encontró presencia de sustancias de interés sanitario como Cianuro en la estación 486-E01.

3.5.5. Municipio de Pácora

El municipio de Pácora cuenta con una fuente receptora de los vertimientos municipales que es el Río Pácora, en donde se han establecido dos estaciones de monitoreo. La estación 513-E01 que se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 513-E02 ubicada después de la última descarga del municipio. En la Tabla 170 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 170. Estaciones de monitoreo del municipio de Pácora

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Rio Pácora E1	513-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 3 + 528	1101847	846912
Rio Pácora E2	513-E02	Después de la última descarga del municipio_k 5 + 976	1104178	847037

En la Figura 138 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pácora, Caldas.

Tabla 171. Fecha de recolección de muestras municipio de Pácora

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
513-E01	Río Pácora E1	26/08/2020
513-E02	Río Pácora E2	26/08/2020

3.5.5.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Pácora, Caldas (ver Tabla 172).

Tabla 172. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Pácora 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
513-E01	7,20	7,39	84,2	19,50	0,351
513-E02	7,07	7,52	111,7	20,30	0,855

En concordancia con la información tomada en campo, entre las estaciones 513-E01 y 513-E02 se observa un aumento en el caudal de la fuente receptora con una diferencia de 0,504m³/s entre las dos estaciones, la cual está asociada principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Pácora.

Con relación a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con una disminución de 0,13 mg O₂/L entre las dos estaciones. Para los valores registrados de pH, se encontró que están por encima 7,00 UpH, presentándose un aumento de 0,13 UpH entre las estaciones mencionadas con anterioridad.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se tuvo una tendencia a aumentar en 27,5 μS/cm de una estación a otra, condición que puede estar relacionada principalmente por los vertimientos provenientes del Municipio. En términos de temperatura se observa un incremento de 0,8 °C entre las estaciones.

3.5.5.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 173 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Pácora, Caldas.

Tabla 173. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Pácora

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		513-E01	513-E02
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	26±2	<5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	51,4±4,3	15,7±1,3
Sólidos Totales	mg/L	99,00	97,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	34±1	26±1
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	0,12	0,12

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		513-E01	513-E02
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,06	0,06
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,047	0,056
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	42,30	57,50
Coliformes Totales	UFC/100 mL	3700	72000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	600	21000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	35,90	44,30
Dureza Cálrica	mg CaCO ₃ /L	24,80	16,60
Turbidez	UNT	22,00	20,60
Grasas & Aceites	mg/L	11,00	11,00
Cloruros	mg Cl-/L	1,98	3,22
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	6,80	4,20
Color real	U Pt-Co	22,00	20,60
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	10,00	0,33
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	<0,05
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	0,10
Cianuro	mg CN/L	-	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	-	-

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

En concordancia con los ensayos realizados en el laboratorio se tuvieron en cuenta variables como la DBO₅, la cual presenta una concentración de 26±2 mg O₂/L en la E01 y en la E02 se encuentra una concentración por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L). En cuanto a la DQO se presentó una disminución de 35,7mg O₂/L entre las dos estaciones, la situación anterior se puede presentar por el tipo de vertimientos o descargas que se realicen en la fuente hídrica.

Respecto a los ST se observó una disminución de 2mg/L entre cada estación; en cuanto a las concentraciones de SST reportadas también se observó una disminución de 8 mg/L de una estación a la otra.

En cuanto al Color Real y Turbidez, se observa una disminución de 1,4 U Pt- Co y de 1,4 UNT respectivamente entre las dos estaciones, lo anterior puede corresponder a que posiblemente exista presencia de materias diversas después de la primera descarga.

Continuando con el proceso se observó que, en el ensayo de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, no hay diferencia entre una estación y la otra. Para la concentración de Nitritos se presentó un aumento de 0,09 entre las dos estaciones.

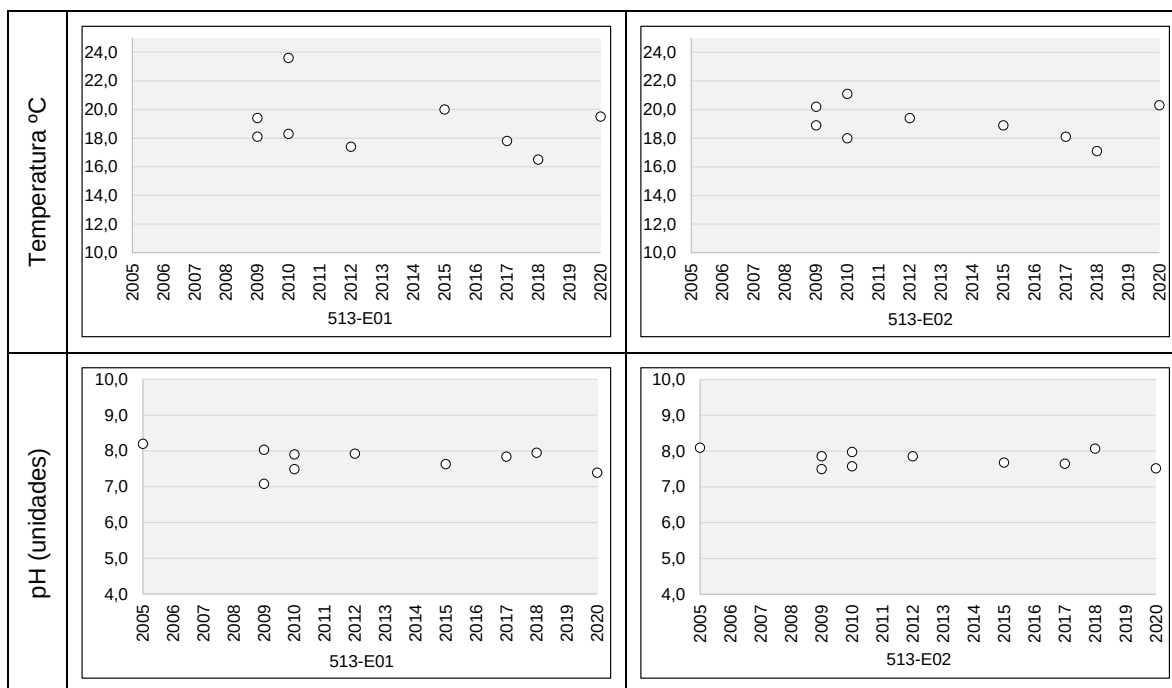
Los valores de NTK y Nitrógeno Amoniacal para las dos estaciones son iguales, es decir no presentan ni aumento ni disminución entre ellas.

Entre las dos estaciones se presenta un aumento significativo de concentraciones de Coliformes Fecales y Totales, esto posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

3.5.5.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Pácora

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Fecales para las dos estaciones ubicadas en el municipio de Pácora.

En la Figura 139 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de Pácora.



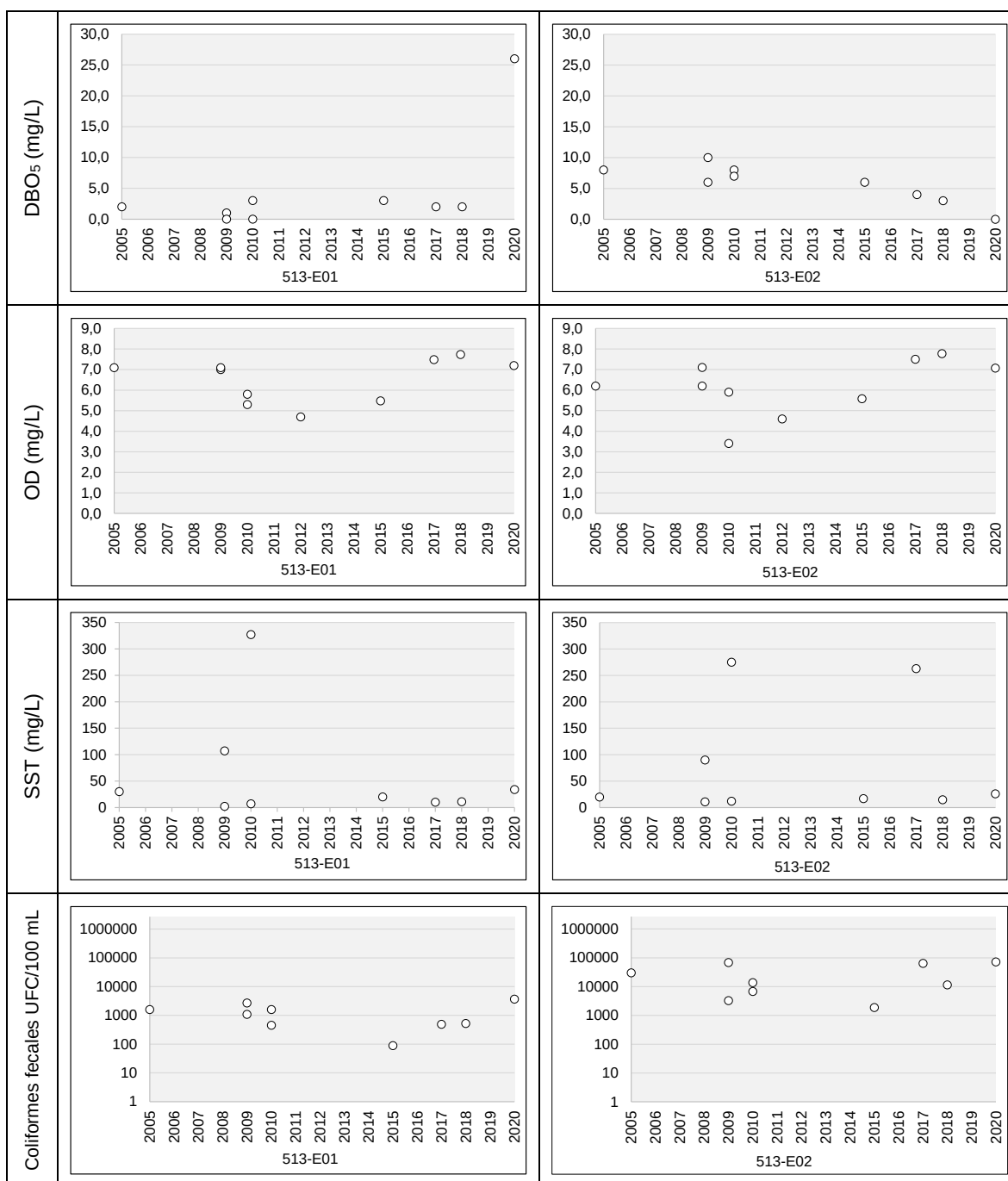


Figura 139. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Pácora

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 513-E01 y 513-E02 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la E01 se presentó un valor máximo de 23,6 °C en el año 2010 y un valor mínimo de 16,5 °C en el año 2018, por lo anterior para la E01 se observó una temperatura promedio de 18,96 °C. En la E02 se reportó un valor máximo de 21,1 °C en el año 2010 y un valor mínimo de 17,1 °C en el año 2018, de acuerdo con los anteriores valores registrados se estableció una temperatura

promedio de 19,11 °C para la E02. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede evidenciar un aumento en el valor de esta variable en la E01.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E01 un valor máximo de 8,2 UpH en el año 2005 y un valor mínimo de 7,08 UpH en el año 2009, por lo anterior para la E01 se determinó un valor de pH promedio de 7,74 UpH. En la E02 se registró un valor máximo de 8,1 UpH en el año 2005 y un valor mínimo de 7,5 UpH en el año 2009, de acuerdo a los valores registros para la E02 se determinó un valor de pH promedio de 7,78 UpH. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores con relación a los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso el Río Pácora.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E01 se encontró un valor máximo de 26 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 4,33 mg/L en la E01. En cuanto a la estación 513-E02 se reportó un valor máximo de 10 mg/L en el año 2009 y un valor mínimo de 3 mg/L en el año 2018, por lo anterior se estimó un promedio de 6,50 mg/L. En concordancia con los valores anteriormente presentados, se observa un aumento de concentración de DBO₅ entre las dos estaciones.

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en el Río Pácora, para la cual en la E01 se encontró un valor máximo de 7,74 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 4,7 mg/L en el año 2012, de acuerdo a estos valores se presentó un promedio de OD en la E01 de 6,491 mg/L. Por su parte la E02 reportó un valor máximo de 7,77 mg/L en el año 2018 y un valor mínimo de 3,4 mg/L en el año 2010, de acuerdo a lo anterior se estableció un promedio de 6,132 mg/L para la E02. De acuerdo a las situaciones anteriormente presentadas se observa que no hay un cambio significativo de concentraciones entre las dos estaciones.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E01 se reportó un valor máximo de 327 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 2 mg/L en el año 2009, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 60,89 mg/L para la E01. Para la E02 se registró un valor máximo de 275 mg/L en el año 2010 y un valor mínimo de 11 mg/L en el año 2009, de acuerdo a esto se estimó un promedio de SST de 81,00 mg/L en la E02. De acuerdo a las situaciones anteriormente mencionadas, se presenta una diferencia significativa entre las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales de las dos estaciones, la cual se puede deber por el aumento de materias en la fuente receptora.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la E01 un valor máximo de 3.700 UFC/100 ml en el año 2020 y un valor mínimo de 89 UFC/100 ml en el año 2015, por lo cual se estimó un promedio de 1.359,00 UFC/100 ml. Para la E02 se registró un valor máximo de 72.000 UFC/100 ml en el año 2020 y un valor mínimo de 1.890 UFC/100 ml en el año 2015, de acuerdo a esto se estableció un

promedio de 30.230,00 UFC/100 ml. De acuerdo a las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la E02 presenta una mayor concentración respecto a la E01, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos presentes en el Río.

3.5.5.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005 - 2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los Nitritos y Nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pácora, Caldas.

En la Figura 140 se puede observar que para la estación 513-E01 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Aceptable" desde el año 2005 hasta el año 2010 en su primera jornada, para ese mismo año en su segunda jornada se observó una calidad del recurso hídrico "Regular", nuevamente en el año 2015 y hasta el 2018 se presentó un aumento en la calidad reportando calificación de "Aceptable", finalmente en el año 2020 se presenta una disminución bastante significativa de la

calidad del Río Pácora con una calificación de “Regular”. De acuerdo a los reportes presentados durante los años de monitoreo a la E01, se puede concluir que la calidad del recurso hídrico en esta estación es Aceptable.

para la estación 513-E02 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Aceptable" desde el año 2005 hasta el año 2010 en su primera jornada, para ese mismo año en su segunda jornada se observó una calidad del recurso hídrico “Regular” , nuevamente en el año 2015 se presentó un aumento en la calidad reportando calificación de “Aceptable”, posteriormente en el año 2017 se vuelve a presentar una disminución de la calidad pasando a “Regular”, en el 2018 nuevamente recupera la calidad reportando nuevamente calificación “Aceptable”, finalmente en el año 2020 se presenta una disminución bastante significativa de la calidad del Río Pácora con una calificación de “Regular”. De acuerdo a los reportes presentados durante los años de monitoreo a la E02, se puede concluir que la calidad del recurso hídrico en esta estación es Aceptable.

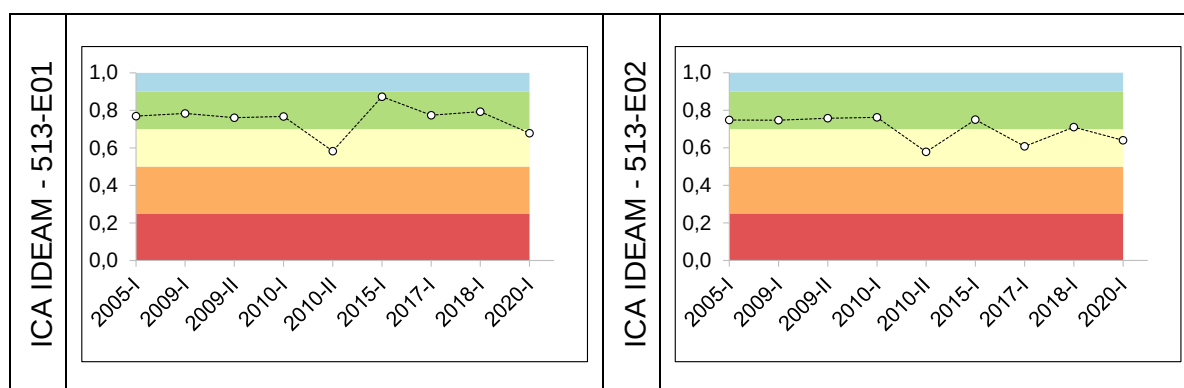


Figura 140. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora.

- **ICA-CETESB**

En la Figura 141 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pácora.

De acuerdo a lo anterior, se observa que el ICA-CESTESB para la estación 513-E01 en el año 2005 hasta el 2009 su calificación fue “Buena”, para el año 2010 en su primera jornada de monitoreo se presentó un mejoramiento de calidad el Río Pácora ascendiendo a la calificación “Excelente” , en este mismo año pero en la jornada de monitoreo dos se observó una disminución retornando nuevamente a “Buena” del año 2012 al año 2015, para en el año 2017 ascender a “Excelente”; en el año 2018 se observó una disminución de la calidad retornando nuevamente a “Buena”, finalmente en el año 2020 se presentó una disminución considerable en la calidad del recurso hídrico quedando en calificación “Mala”. Lo anterior se puede deber al tipo y cantidad de vertimientos presentes en el Río Pácora a través de los años.

Para la estación 513-E02 en el 2005 se presentó una calificación de “Regular”, para luego en el año 2009 en la primera jornada de monitoreo reportar una calificación de “Buena”, en ese mismo año pero en la segunda jornada se registró una calidad “Mala”, desde el año 2010 hasta el 2015 se presentó un aumento en la calidad pasando a reportar calidad “Regular”, pero en el año 2017 se presentó nuevamente una disminución de calidad obteniendo una calificación de “Mala”, en el año 2018 se observó un leve aumento de la calidad a “Regular” para que finalmente en el año 2020 se observara una disminución de la calidad del Río Pácora obteniendo una calificación de “Mala”. De acuerdo a las situaciones anteriormente mencionadas, se infiere que en la fuente hídrica se pudo presentar el aumento de vertimientos de procedencia de actividades agrícolas las cuales contienen alto porcentaje de contaminantes y afectaron de manera significativa la calidad del agua de una estación a la otra.

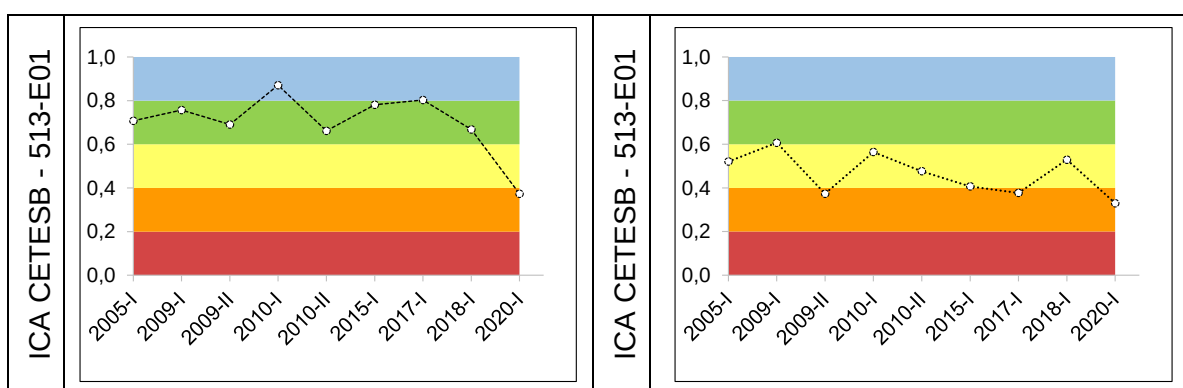


Figura 141. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora

- **ICOS**

En la Figura 142 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 513-E01 y 513-E02 de la serie histórica analizada. Para las dos estaciones los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “Baja”, “Muy Baja” “Media”, “Alta” y “Muy Alta”.

De acuerdo a lo anterior en la estación E01, en cuanto al **ICOMO** desde el año 2005 hasta el año 2010 en su primera jornada de monitoreo se encontró un nivel de contaminación en calificación “Muy Baja”, en este mismo año pero en la segunda jornada la contaminación presento un leve aumento pasando a calificación “Baja”, posteriormente en el año 2015 se observó una nueva disminución de concentración de contaminantes pasando a calificación “Muy Baja” y manteniéndose así hasta el año 2018; Finalmente en el año 2020 se presenta nuevamente un aumento de la contaminación en el Río Pácora con una calificación de “Media”. Lo anterior tiene relación con un leve aumento de las concentraciones de Coliformes Totales en la fuente hídrica receptora. En cuanto a los valores del índice **ICOMI**, desde el año 2005 hasta el año 2020, rango de tiempo en el cual se realizaron las jornadas de monitoreo, la estación E01 reporto un nivel constante de contaminación “Muy Baja”. Para el caso del índice **ICOSUS** Del año 2005 al 2009 en su primera jornada

presento un nivel de contaminación de categoría o calificación “Muy Baja”, para este mismo año pero en la segunda jornada se observó un leve aumento de contaminación pasando a calificación “Baja”, en el año 2010 en la primera jornada de monitoreo se reportó contaminación de calificación “Muy Baja”, para este mismo año en su segunda jornada se presentó un incremento considerable de contaminación obteniendo una calificación de “Muy Alta”; Posteriormente en el año 2015 se presentó una disminución considerable de la contaminación presente en la fuente hídrica obteniendo una calificación de “Muy Baja” y manteniéndose así hasta el año 2020. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores donde los tres índices son variables en algunos de los años donde se realizaron las jornadas de monitoreo, se puede concluir que estos cambios en las concentraciones de los agentes contaminantes presentes en el Río Pácora se pueden deber a los momentos en los cuales se realizaron las pruebas y el aumento de vertimientos en esta fuente hídrica.

Para la estación E02 con relación a los índices de **ICOMO** se puede observar que en el inicio del proceso de monitoreo que fue en el año 2005, la calidad del agua estaba en una calificación “Media”, para en el año 2009 en su primera jornada reportar una contaminación “Baja”, en este mismo año pero en la jornada dos se presenta un aumento de contaminación ubicándose en calificación “Media” nuevamente y manteniéndose así hasta el año 2010 en su primera jornada; En este mismo año pero en su segunda jornada se presenta un aumento significativo de contaminación pasando a calificación “Alta”, en el año 2015 se evidencia una disminución considerable pasando a “Baja”, pero en el año 2017 vuelve y se incrementa el nivel de contaminación en la fuente hídrica y se reporta como “Media”, para en el año 2018 disminuir a “Baja” y finalmente en el año 2020, último año de realización de jornadas de monitoreo reportar concentración “Alta”. En concordancia con lo anterior se evidencia que la fuente receptora presente constantes cambios en sus niveles de contaminación, lo cual se puede deber al tipo de vertimientos que hay en el Río Pácora.

En el índice **ICOMI**, se puede observar en la Figura 7 que para el año 2005 no se contaba con reportes, pero a partir del año 2009 hasta el año 2017, se presentó una contaminación “Muy Baja” en la fuente hídrica monitoreada, en el año 2018 presenta un leve aumento de contaminación pasando a calificación de “Baja”, para en el año 2020 volver nuevamente a contaminación “Muy Baja”.

Continuando con los índices se encontró que el caso del índice **ICOSUS** en el año 2005 y 2009 en su primera jornada se reportó una calidad “Muy Baja” pero en el 2009 en su segunda jornada de muestreo se presentó una calificación de “Baja”, lo que quiere decir que sus niveles de contaminación aumentaron, en el año 2010 en su primera jornada se observó un nivel de contaminación “Muy Baja” pero en ese mismo año en su segunda jornada de monitoreo se reportó un aumento significativo de la contaminación pasando a calificación “Muy Alta”, situación que cambio en el año 2015 donde se reportó una contaminación “Muy Baja” nuevamente, para el 2017 se observa un aumento significativo pasando a “Alta”, para en los años 2018 y 2020 reportar nuevamente una disminución de la contaminación registrando una

calificación de “Muy Baja”. Las situaciones anteriormente mencionadas se pueden presentar debido al tipo y cantidad de vertimientos que llegan a la fuente receptora.

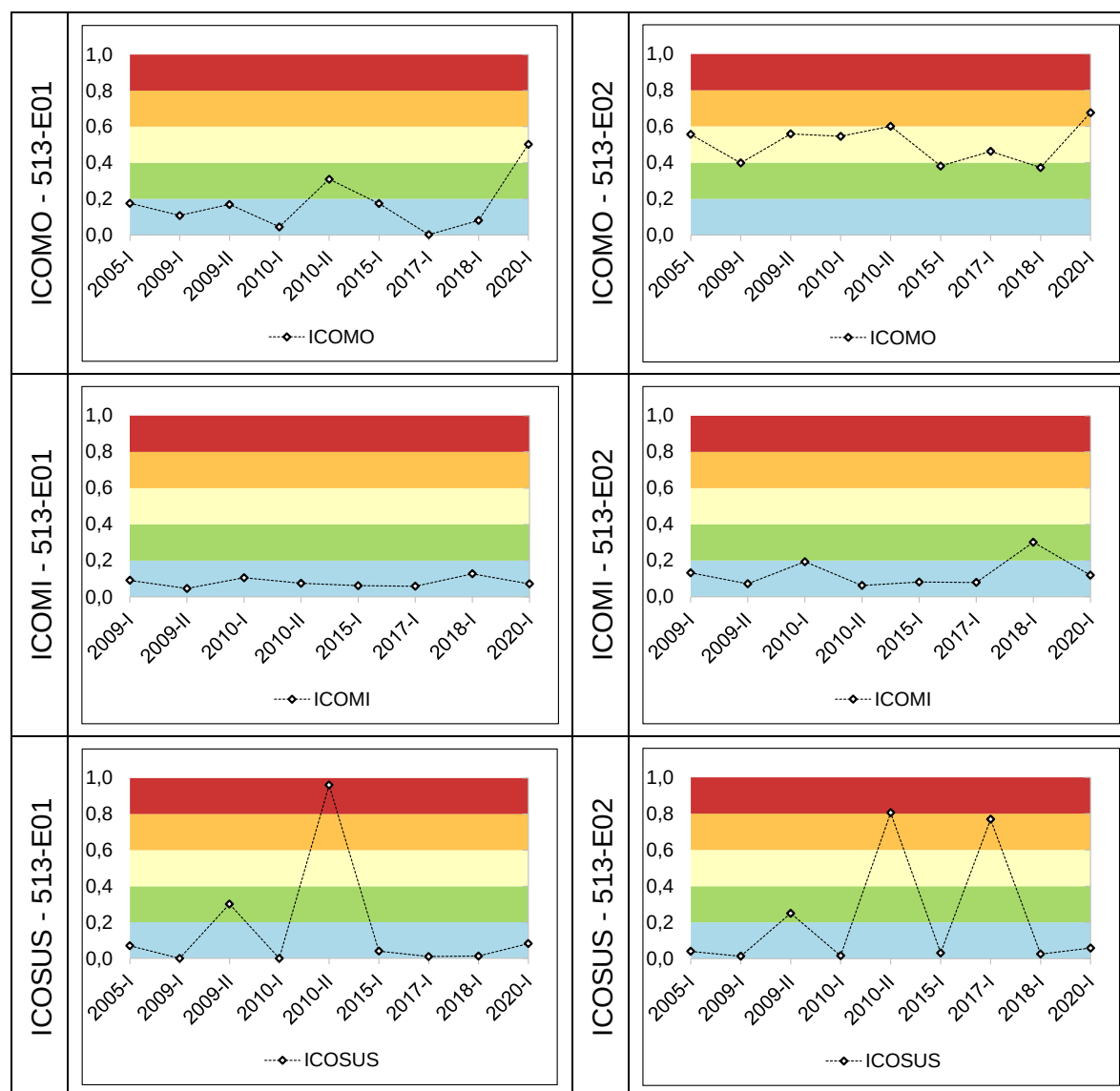


Figura 142. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora

- **ICOTRO**

En la Figura 143 se presentan los resultados del cálculo del **ICOTRO** para las estaciones ubicadas en el municipio de Pácora, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo.

Para la estación 513-E01 acuerdo a las concentraciones de fosforo total en el año 2005 se observó una calificación de “Mesotrófico”, desde el año 2009 hasta el año 2017 se reportó una calificación de “Eutrófico”, para en el año 2018 reportar un

aumento de contaminación registrándose en calificación de “Hipereutrófico” hasta el año 2020.

En cuanto a la estación E02 desde el año 2005 al 2015 se presentó una calificación de “Eutrófico”, pero en el año 2017 se presentó un aumento de contaminantes registrando una calificación de “Hipereutrófico” hasta el año 2018, para finalmente en el año 2020 presentar una leve disminución en la contaminación dejando su calificación en “Eutrófico”.

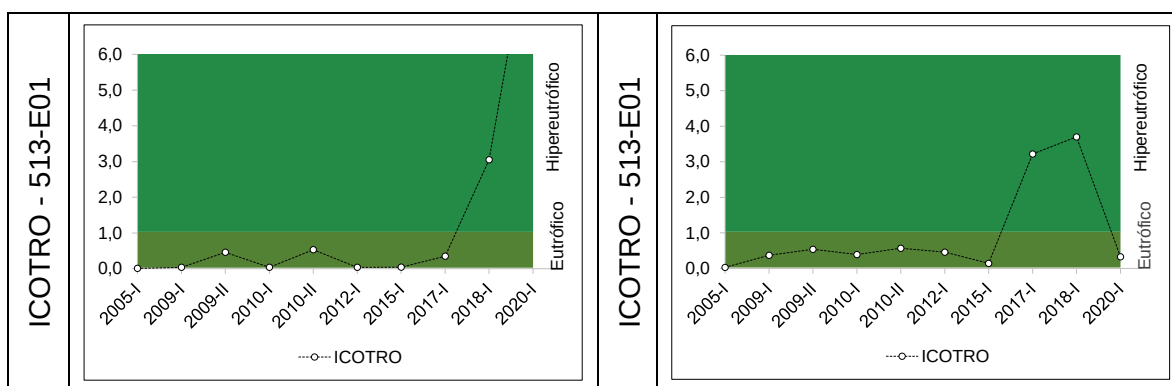


Figura 143. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Pácora

3.5.5.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Pacora, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de CORPOCALDAS reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para el río Pacora**

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación Pacora E1 hasta la estación Pacora E2, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso agrícola restringido. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos (2) estaciones ver Tabla 174. Con los datos reportados se observó incumplimiento a los objetivos de calidad para

el parámetro DBO₅ en la estación E1, para el resto de parámetros evaluados, el tramo cumple con los valores de referencia establecidos en los objetivos de calidad.

Tabla 174 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 20007 para uso agrícola no restringido tramo II del río Pacora

Objetivo de calidad (Largo plazo)	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación	Estación
				513-E01	513-E02
Uso agrícola no restringido	pH	UpH	4,5-9,0	7.39	7.52
	OD	mg/L	>4	7.20	7.07
	Conductividad	(μ S/cm)	<700	84.2	111.7
	DBO ₅	mg/L	<20	26.00	-
	Nitrógeno Total	mg N/L	<5,0	0.12	0.12
	SST	mg/L	<50	34.00	26.00
	Turbiedad	UNT	40-100	22.00	20.60
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,00E+03	---	---
	Coliformes totales	NMP/100 ml	<5,0E+03	---	---
	Material flotantes y espumas	N.A	Ausente	Ausente	Ausente

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro)

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así,

Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

N.A: no aplica

3.5.5.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Pacora.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pacora indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Pacora está en la categoría de “Regular”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la calidad de la fuente receptora es “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación varía.

En el municipio de Pacora, se evidencia el cumplimiento de la gran mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para el tramo evaluado de la fuente superficial receptora de vertimientos. Sin embargo, en la estación 513-E01 se presentó incumplimiento para el parámetro de DBO₅.

3.5.6. Municipio de Salamina

El municipio de Salamina cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en el río Chambery. Las estaciones de monitoreo están distribuidas de la siguiente forma: la estación 653-E01 que se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 653-E02 después de la última descarga del municipio (ver Tabla 175).

Tabla 175. Estaciones de monitoreo del municipio de Salamina

Corriente	Código	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Río Chambery	653-E01	Antes de la primera descarga del municipio _ k 0 + 020 después de que la corriente ingresa al municipio	1083911	843216
Río Chambery	653-E02	Después de la última descarga del municipio k 11 + 890 Después de la Q. La Frisolera	1093022	843409

En la Figura 144 muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Salamina, Caldas.

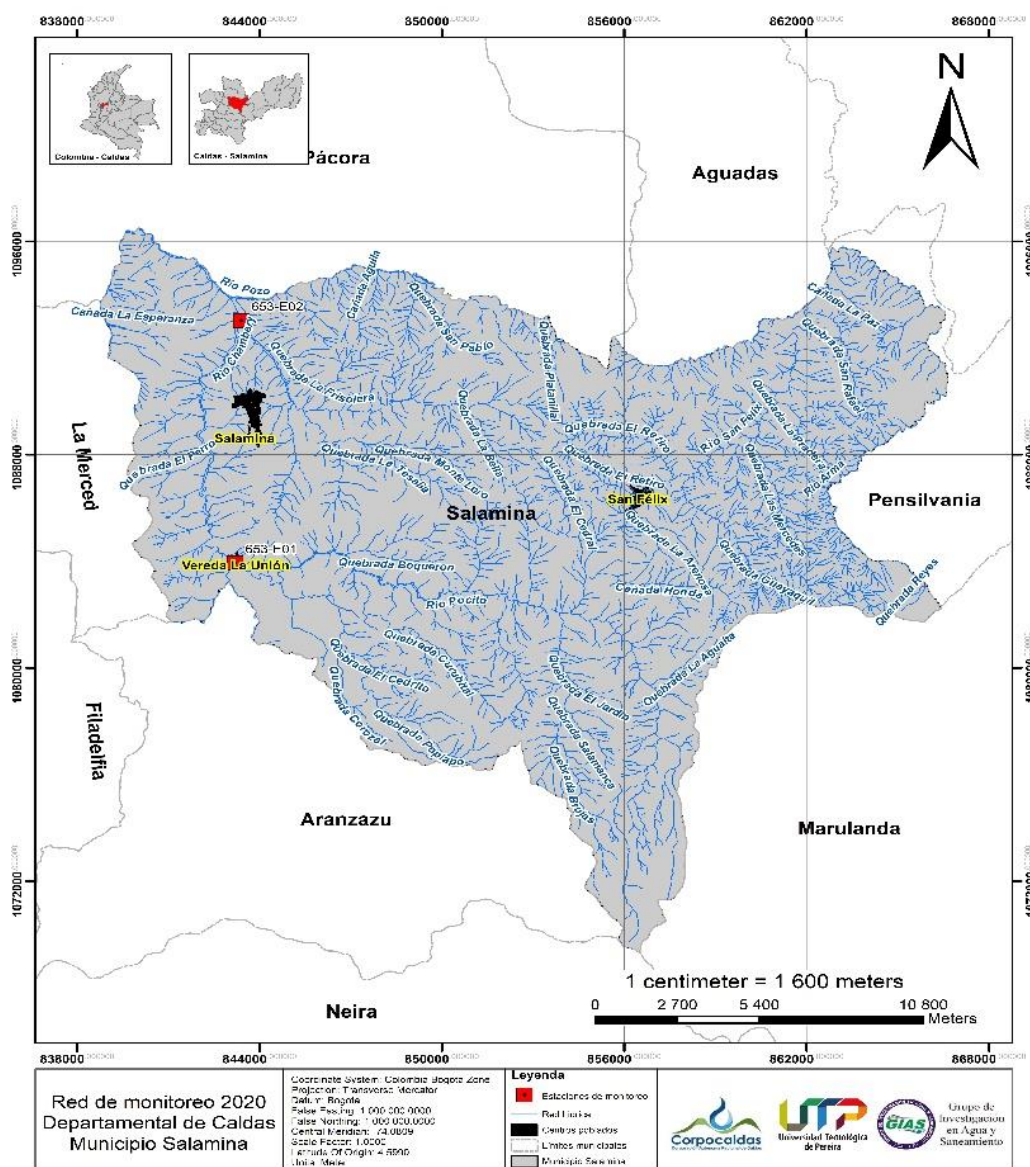


Figura 144 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Salamina.

3.5.6.1. Campaña de monitoreo municipio de Salamina

La campaña de monitoreo en las estaciones del municipio de Salamina, se realizó entre los días 24 y 25 de agosto de 2020. Cabe resaltar la presencia de lluvias durante la semana de la actividad de muestreo y recolección de información *in situ*. En la Tabla 176 se muestra detallada la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Salamina.

Tabla 176. Fecha de recolección de muestras Municipio de Salamina

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
653-E01	Río Chambery E01	24/08/2020
653-E02	Río Chambery E02	25/08/2020

3.5.6.2. Ensayos in situ

En la Tabla 177 se exponen los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo del municipio de Salamina, Caldas.

Tabla 177. Resultados ensayos determinados en campo red departamental-Salamina 2020.

Código estación	OD (mg O/L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m³/s
653-E01	7,83	7,58	127,7	18	2,194
653-E02	7,91	7,32	194,6	21	3,285

• Río Chambery

De acuerdo con la información registrada en campo, entre las estaciones 653-E01 y 653-E02, se evidencia un aumento en la temperatura y el caudal de la fuente receptora, el cual puede estar relacionado a los aportes de los tributarios y vertimientos del municipio de Salamina. De forma semejante, la conductividad aumenta entre las estaciones E01 y E02, lo cual se puede atribuir al material particulado producto de la extracción de material en el río Chambery. Para las variables pH y OD no se observan cambios significativos de una estación a otra.

3.5.6.3. Resultado ensayos de laboratorio

En la Tabla 178 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de Salamina, Caldas.

Tabla 178. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Salamina.

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		653-E01	653-E02
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	27,20	<5,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	63,40	15,70
Sólidos totales	mg/L	161,0	221,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	56,0	83,0
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	0,17	0,12
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,12	0,06

Ensayo (s)	Unidades	Estación código	
		653-E01	653-E02
Nitratos	mg NO ₃ /L	4,40	4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,093	0,111
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	44,1	72,8
Coliformes Totales	UFC/100 mL	7400000	1200000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	2300000	600000
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	88,60	258,00
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	32,80	62,90
Turbidez	UNT	26,00	29,50
Grasas & Aceites	mg/L	8,00	10,00
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	2,98	1,98
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	14,70	49,00
Color real	U Pt - Co	54,60	45,00
Fósforo total	mg PO ₄ /L	0,27	0,30
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L	0,18	0,22
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,06	0,07
Cianuro	mg CN/L	--	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	--

--Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

• Río Chambery

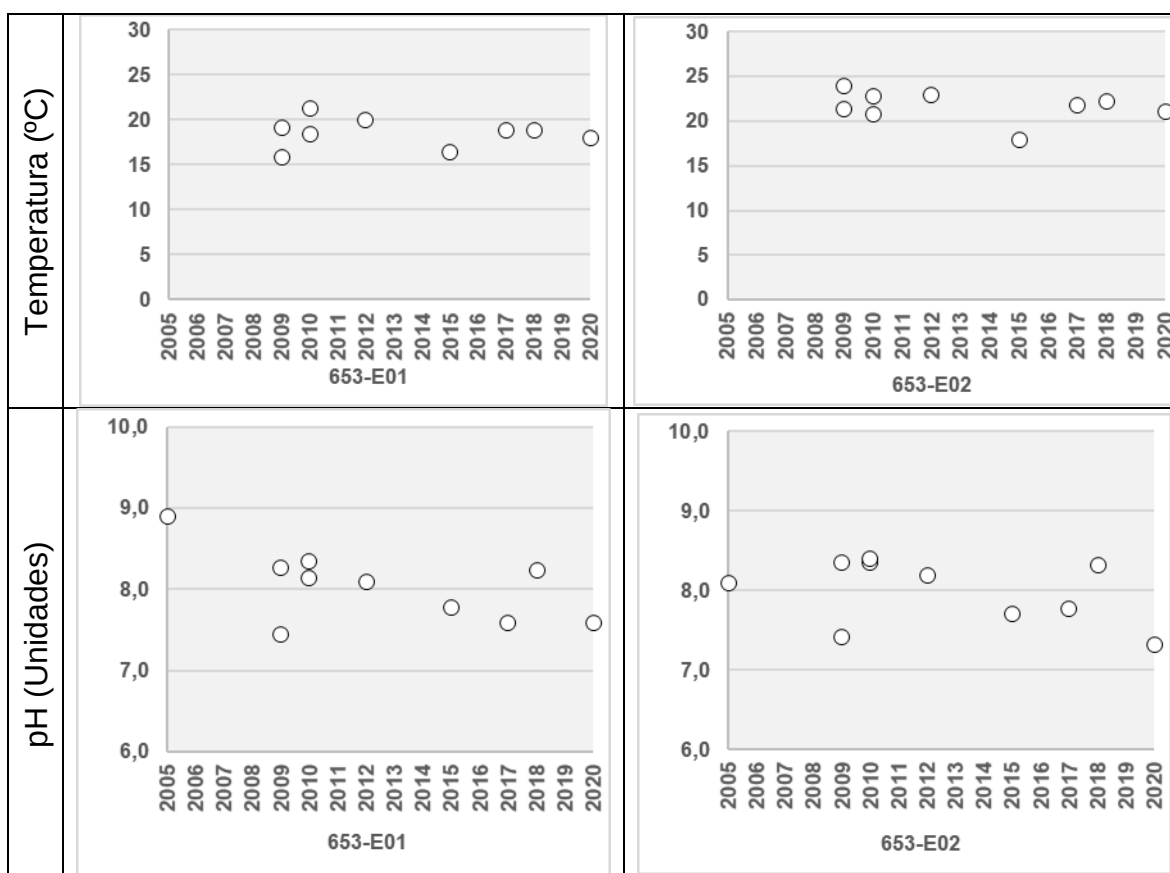
Para las concentraciones de DQO y DBO₅, se puede notar una disminución entre las estaciones 653-E01 y 653-E02, esto se podría atribuir a los aportes que otros vertimientos estarían llegando al río Chambery antes de la estación E01, por ejemplo, desde algún tributario, y que al pasar por la ultima descarga del municipio de Salamina este disminuye su concentración notablemente, reflejando que los vertimientos municipales podrían tener un efecto disolutivo sobre dichas variables. Así, la concentración de DQO en estación 653-E01 es de 63,40 mg O₂/L, mientras que para la estación 653-E02 es de 15,70 mgO₂/L. Asimismo, los valores de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y nitrógeno amoniacal también disminuyen sus concentraciones de una estación a otra.

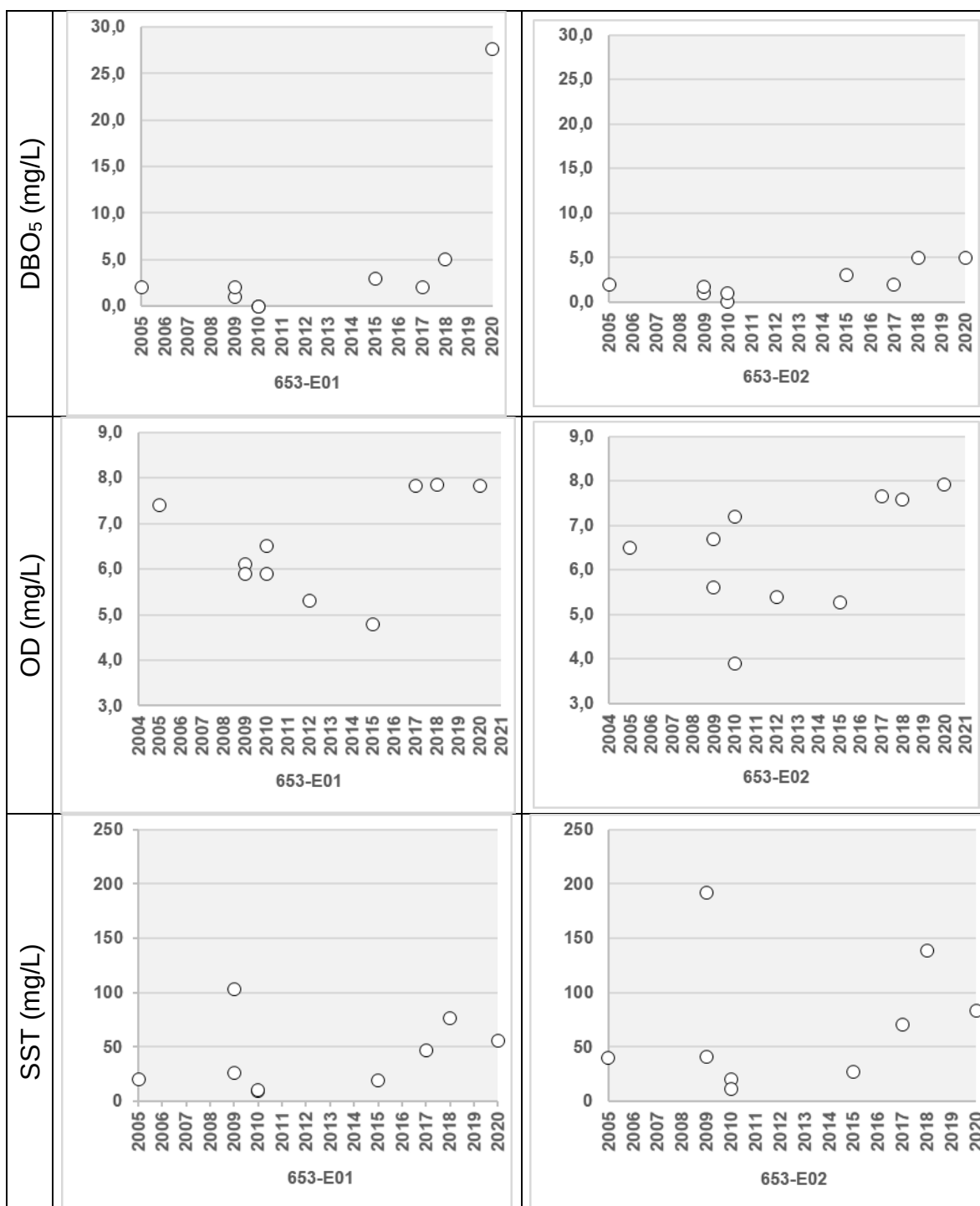
De otro lado, variables como los sólidos totales, los sólidos suspendidos totales y la turbidez, tienen una tendencia a aumentar su valor desde la estación E01 hasta la estación E02, esto pude estar relacionado con los procesos como la extracción del material, que se genera sobre el río Chambery. Adicionalmente, los valores de fósforo total y fósforo soluble sufren un aumento en su concentración, esto podría estar relacionado con el aporte de las descargas municipales

En términos de las variables: coliformes totales y coliformes fecales, se puede notar una disminución entre la concentración de la estación 653-E01 y la estación 653-E02, aunado al hecho de que las concentraciones de sustancias activas de azul de metileno (SAAM) aumentan entre estas estaciones, se podría inferir que las descargas de los vertimientos del municipio de Salamina al río Chambery tendrían componentes con efectos bactericidas.

3.5.6.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Salamina

En la Figura 145 se muestran los perfiles históricos de calidad para las variables de temperatura del agua, pH, DBO₅, oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (ST) y coliformes fecales para las estaciones 653-E01 y 653-E02, ubicadas en el río Chambery. En estos perfiles se puede observar que los datos históricos de las variables Temperatura y SST evidencian un aumento entre las estaciones monitoreadas. Con respecto a variables como la DBO₅ y los coliformes fecales, se evidencia el efecto contrario. Finalmente, para las variables pH y OD se evidencia una mayor dispersión de los datos, con cambios menos notorios entre la estación E01 y E02.





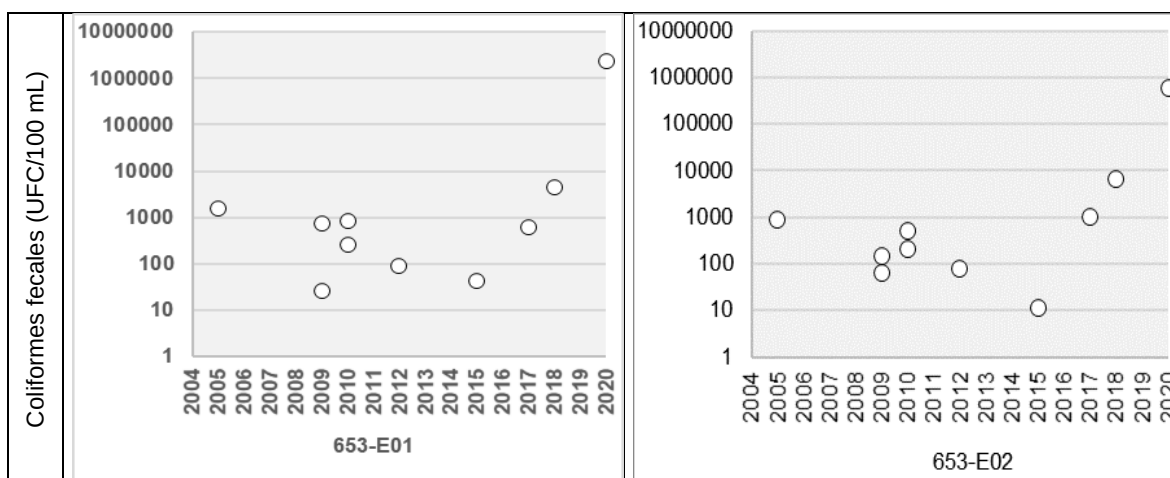


Figura 145 Variación histórica de las variables de temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y coliformes fecales para el río Chamberry.

3.5.6.5. Índices de calidad y contaminación del agua

Se realizó el análisis histórico de los índices de calidad y contaminación de las estaciones 653-E01 y 653-E02 del río Chamberry, en el municipio de Salamina. A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (CETESB e IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para toda la serie histórica en cada estación, comprendiendo el período 2005-2020.

- ICA-IDEAM

Aquí se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Chamberry en el municipio de Salamina, Caldas. En la Figura 146 se puede observar que para las estaciones 653-E01 y 653-E02, la calidad del agua se ubica en la clasificación "regular" en casi toda la serie histórica de datos. A excepción de algunas campañas en los que se encontró con una calidad "aceptable", como es el caso del año 2009-I.

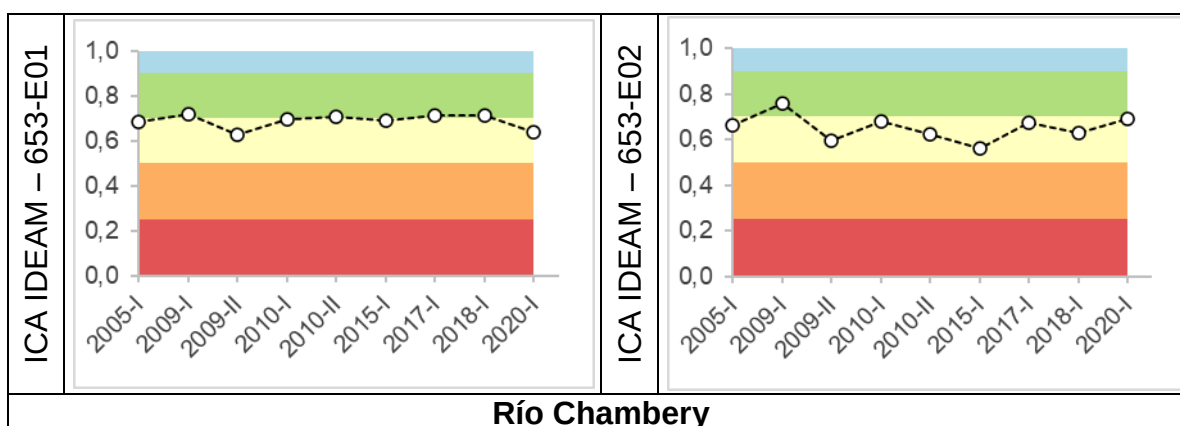


Figura 146 Resultados históricos ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicada en el río Chamberry, municipio de Salamina.

En la Tabla 179 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-IDEAM para las estaciones 653-E01, 653-E02 del municipio de Salamina en el año 2020.

Tabla 179. Valores ICA-IDEAM estaciones de monitoreo municipio de Salamina 2020

Municipio	ICA-IDEM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	653-E01	653-E02
Salamina	Valor	0,6412	0,6922
	Clasificación	Regular	Regular

- **ICA-CETESB**

En la Figura 147 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicados en el río Chambéry en el municipio de Salamina. En dicha figura se observa que el ICA-CETESB para la estación 653-E01 ha señalado generalmente "buena" calidad, pero para los años recientes hay una tendencia a decrecer, para el año 2020 la clasificación pasa a ser "mala", lo cual puede tener relación con el aumento en la concentración de la DBO₅ y los coliformes fecales, mayor que en años anteriores. En la estación 653-E02 el ICA-CETESB se ha encontrado en la categoría de "buena" calidad en la mayoría de la serie histórica, a excepción de la primera campaña del año 2020 donde tuvo un descenso de categoría a "mala" calidad, resultado relacionado con lo mencionado anteriormente.

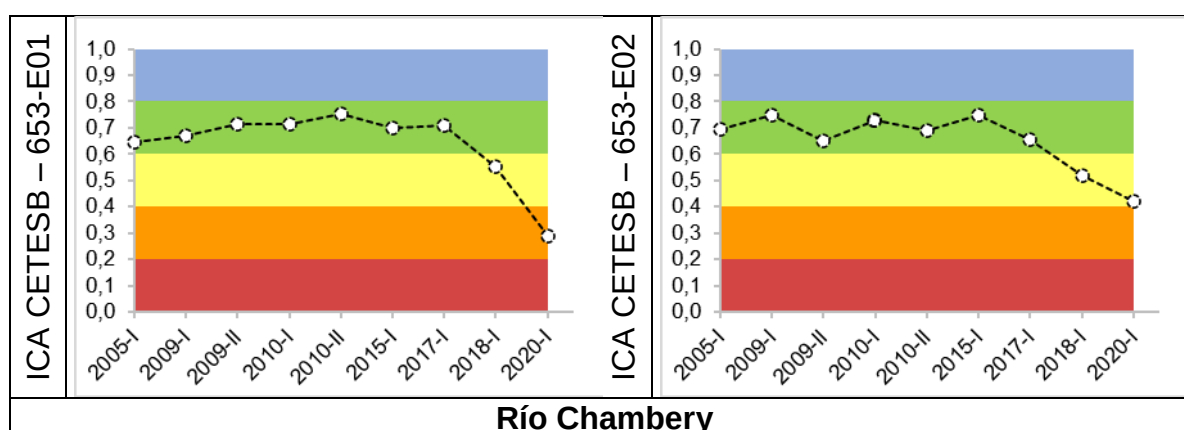


Figura 147 Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Salamina.

En la Tabla 180, se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICA-CETESB para el año 2020 en las estaciones de monitoreo del municipio de Salamina.

Tabla 180. Valores ICA-CETESB estaciones de monitoreo municipio de Salamina año 2020

Municipio	ICA-IDEM (Clasificación IDEAM)		
	Estación	653-E01	653-E02
Salamina	Valor	0,2902	0,4197
	Clasificación	Mala	Regular

- **ICOS**

En la Figura 148 se presentan los resultados de los índices de contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS de la serie histórica analizada para las estaciones de monitoreo ubicadas en el río Chambéry (653-E01 y 653-E02). En la estación E01 los valores de los índices ICOMI están en un rango de “baja” contaminación, para el caso del ICOSUS es “muy baja”, mientras que para el ICOMO la serie histórica presenta un nivel de contaminación que tiende a la zona “alta”. Para la estación E2 se puede observar que los valores históricos obtenidos del cálculo del índice del ICOMI e ICOMO tienen una tendencia reciente a la zona “media” mientras que el ICOSUS presenta una clasificación de “muy baja” contaminación durante toda la serie histórica.

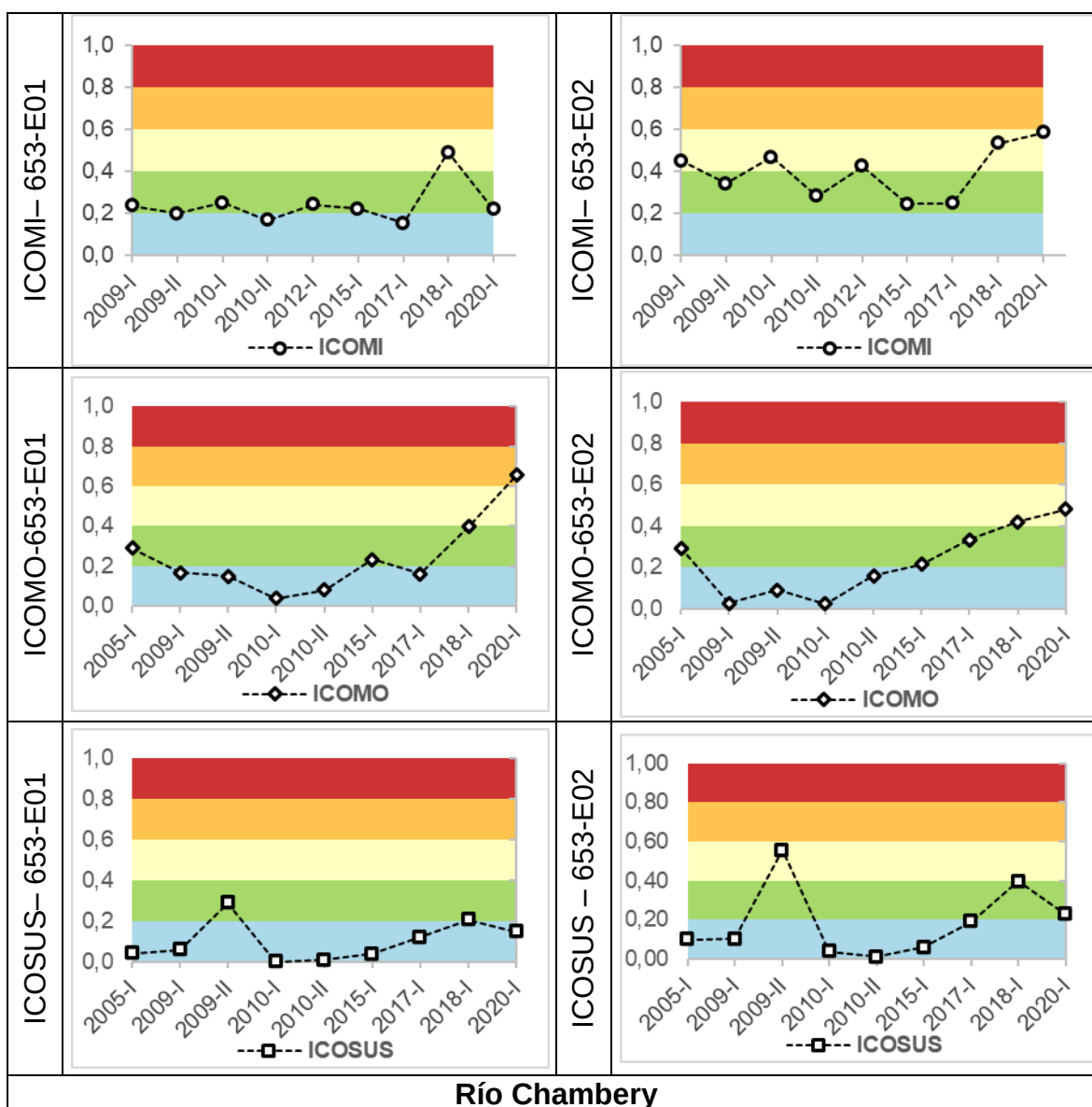


Figura 148 Resultados históricos de los índices de contaminación (ICOS) de las estaciones de monitoreo Río Chambéry.

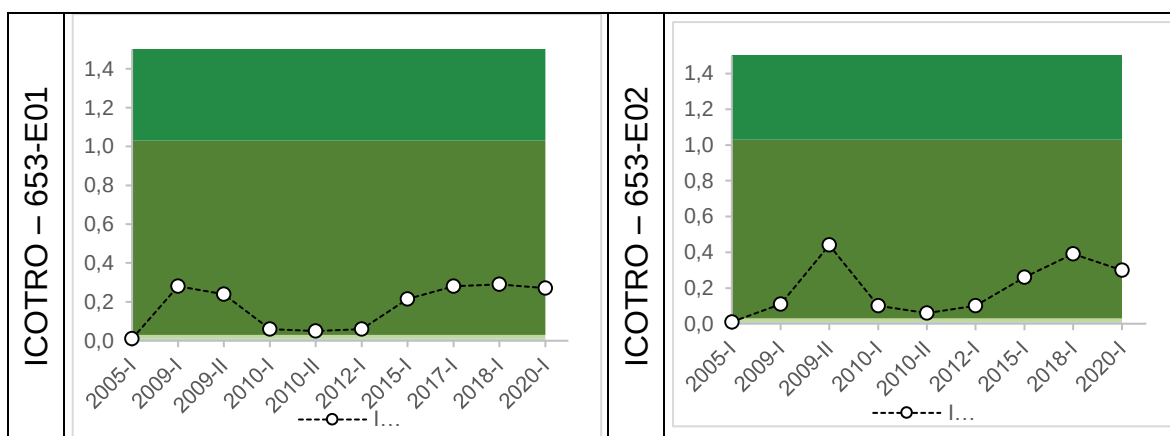
Se evidencia que los resultados de los ICOS en el año 2020, para la estación 653-E01 se encuentran en la categoría de “baja” para el ICOMI, para el ICOSUS se encuentra en la categoría “muy baja”. Mientras que, para el ICOMO, la estación presenta niveles de contaminación por materia orgánica de nivel “alto”. De otro lado, la estación 653-E02 presenta niveles de contaminación ICOMI e ICOMO de nivel “medio”, mientras que, en relación con el ICOSUS se encuentra en la categoría “baja”. En la Tabla 181 se exponen los resultados obtenidos del cálculo del ICOMI, ICOMO e ICOSUS para el año 2020 en las dos (2) estaciones de monitoreo ubicadas en el río Chambéry, municipio de Salamina.

Tabla 181. Resultados de los índices contaminación (ICOS) en las estaciones de monitoreo del municipio de Salamina, 2020

Municipio	Estaciones	653-E01	653-E02
Salamina	Índice	ICOMI	
	Valor	0,2220	0,5853
	Clasificación	Baja	Media
	Índice	ICOMO	
	Valor	0,6557	0,4798
	Clasificación	Alta	Media
	Índice	ICOSUS	
	Valor	0,1480	0,2290
	Clasificación	Muy baja	baja

• ICOTRO

En la Figura 149 se presentan los resultados del cálculo del ICOTRO para las estaciones 653-E01 y 653-E02, ubicadas en el río Chambéry en el municipio de Salamina, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice es la concentración del fósforo total, obtenida en el monitoreo. Se observa que ambas estaciones en las campañas de monitoreo recientes han permanecido en la categoría de “eutrófico”.



Río Chambery

Figura 149 Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Salamina.

Los resultados del ICOTRO para las estaciones 653-E01 y 653-E02 en el año 2020 están en la categoría de “eutrófico”. A continuación, se exponen los resultados relacionados (ver Tabla 182).

Tabla 182. Valores ICOTRO estaciones de monitoreo municipio de Salamina 2020

Municipio	ICOTRO		
	Estación	653-E01	653-E02
Salamina	Valor	0,2700	0,3000
	Rango	Eutrófico	Eutrófico

3.5.6.6. Objetivos de Calidad - Resolución 239 de 2007

En la Tabla 183 se establecerá el nivel de cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo, definidos en la Resolución 0239 de 2007 para el uso de preservación de flora y fauna, en el río Chambery, municipio de Salamina (Caldas). Para el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad, se tiene presente lo establecido para el tramo dos (2) que se encuentra ubicado -desde la estación Salamina E1 hasta la estación Salamina E2- y se compararon los valores obtenidos en campo y en laboratorio con los objetivos de calidad a largo plazo para la preservación de flora y fauna, observando que los valores encontrados en campo y en el laboratorio para la estación E01 cumplen con los valores límites permisibles, exceptuando los de las variables de DBO₅, SST y sustancias de interés sanitario, en este caso mercurio. Asimismo, se presenta para la estación E02, en la cual, las variables SST y sustancias de interés sanitario, en este caso cianuro, no cumplen con los valores límites.

Sin embargo, cabe resaltar que “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 DE 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

Tabla 183. Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 (Río Chambery).

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 653-E01	Estación 653-E02
Uso para la preservación de flora y fauna	pH	Unidad	6,5-9,0	7,58	7,32
	OD	mg/L	>5	7,83	7,91
	Conductividad	(µS/cm)	--	127,7	194,6
	DQO	mg/L	--	63,40	15,70
	DBO ₅	mg/L	≤5,0	27,20	5,00
	Nitrógeno Total	mg N/L	-	0,17	0,12

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 653-E01	Estación 653-E02
	SST	mg/L	<50	56,00	83,00
	ST	mg/L	-	161,00	221,00
	Turbiedad	UNT	<100	26,00	29,50
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	2300000 UFC/100 mL	600000 UFC/100 mL
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	7400000 UFC/100 mL	1200000 UFC/100 mL
	Color real	Unidades Pt/Co	--	54,60	45,00
	Detergentes	mg SAAM /L	--	0,06	0,07
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausente	Ausente
	Sustancias que produzcan olor	N/A	Ausente	NR	NR
	Sustancias de interés sanitario	N/A	Ausente	Presente (Hg<LCM)	Presente (CN<LCM)

-- Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L

NR: no reportado.

N/A: no aplica.

3.5.6.7. Conclusiones

- **Río Chambery**

Según el análisis de las variables *in situ* y en laboratorio, se puede evidenciar que existe un efecto variable del vertimiento del municipio de Salamina (Caldas) sobre la concentración de los parámetros entre las estaciones 653-E01 y 653-E02 del río Chambery, esto se puede constatar en el aumento de variables como la conductividad, los ST, la dureza total y los sulfatos, mientras que otras variables como la DQO, la DBO₅ y los coliformes disminuyen entre los mismos puntos.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad del río Chambery en las estaciones E01, E02 es “regular”, según el ICA-CETESB es “mala” para la E01 y “regular” para la E02.

Por su parte, en el mismo año se clasifica el nivel de contaminación para la E01 como “baja” según el ICOMI, “alta” según el ICOMO y “muy baja” según el ICOSUS. Mientras que para la E02 se clasifica como “media” según el ICOMI y el ICOMO y como “baja” según el ICOSUS. Adicionalmente, ambas estaciones se clasifican como “eutrófico” según el ICOTRO.

Los objetivos de calidad de la Resolución 239 de 2007, establecidos a largo plazo para el río Chambery - municipio de Salamina, no se están cumpliendo a cabalidad para las dos estaciones. En la E01 se encuentra un incumplimiento en las variables

DBO₅, SST y Sustancias de interés sanitario (Hg), mientras que, en la E02 hay un incumplimiento con respecto a las variables SST y sustancias de interés sanitario (CN).

3.6. Cuenca Río Arma

El municipio de Aguadas tiene jurisdicción dentro de la Cuenca Río Arma. A continuación, se presenta la descripción de las estaciones pertenecientes al municipio de Aguadas, con la información de los ensayos determinados en campo como en laboratorio, con sus respectivos análisis de calidad del agua y perfiles históricos por Municipio.

3.6.1. Municipio de Aguadas

La fuente receptora de los vertimientos del municipio de Aguadas es la quebrada Poré, en donde se han establecido dos estaciones de monitoreo. La estación 013-E01 que se encuentra antes de la primera descarga del municipio y la estación 013-E02 ubicada después de la última descarga del municipio. En la Tabla 184 se presenta la codificación, nombre y coordenadas de las estaciones.

Tabla 184. Estaciones de monitoreo del municipio de Aguadas

Corriente	Código estación	Descripción de la estación	Coordenadas	
			X	Y
Quebrada Poré E1	013-E01	Antes de la primera descarga del municipio_k 2 + 381_Vía vereda Volcan	1111300	850155
Quebrada Poré E2	013-E02	Después de la última descarga del municipio_k 8 + 519_Vereda Poré, vía a Sonsón Antioquia	1115144	848478

En la Figura 150 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Aguadas, Caldas.

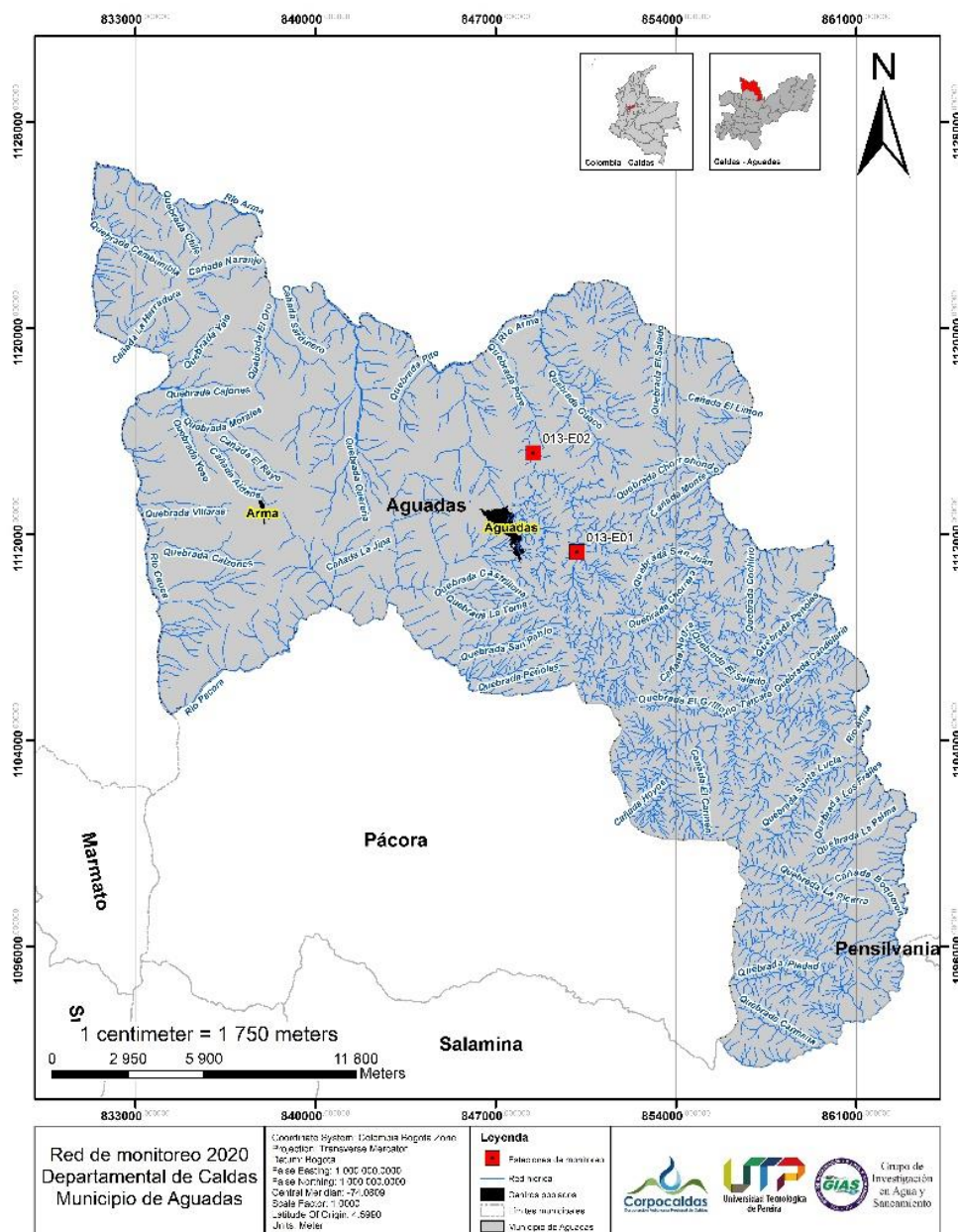


Figura 150 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo municipio de Aguadas.
Fuente: propia

3.6.1.1. Campaña de monitoreo municipio de Aguadas

La toma de muestras de la red de monitoreo departamental de Caldas fue realizada entre el 04 de agosto y el 02 de septiembre de 2020. En la Tabla 185 se muestra en detalle la fecha de recolección de las muestras correspondientes a la red de monitoreo en el municipio de Aguadas.

Tabla 185.Fecha de recolección de muestras municipio de Aguadas

Código estación	Nombre estación	Fecha muestreo
013-E01	Quebrada Poré E1	27/08/2020
013-E02	Quebrada Poré E2	27/08/2020

3.6.1.2. Ensayos in-situ

A continuación, se puede observar los resultados de los ensayos realizados en campo para cada una de las estaciones de monitoreo en el municipio de Aguadas, Caldas (ver Tabla 186).

Tabla 186. Resultados ensayos determinados en campo red departamental - Aguadas 2020

Código estación	OD (mg O ₂ /L)	pH (UpH)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Caudal m ³ /s
013-E01	7,50	7,22	69,5	15,30	0,197
013-E02	7,79	6,72	89,3	15,40	0,639

De acuerdo con la información tomada en campo, entre las estaciones 013-01 y 013-02 se observa un aumento en el caudal de 0,442 m³/s en la fuente receptora, el cual está asociado principalmente a los aportes de los vertimientos que recibe del municipio de Aguadas.

En cuanto a los valores registrados de Oxígeno Disuelto, se encontró que están por encima de 7,00 mg O₂/L, con un aumento de 0,29 mg O₂/L entre las dos estaciones sin tener diferencias significativas. Para los valores registrados de pH, se encontró una disminución de 0,5 UpH, diferencia que no representa cambios significativos en el recurso hídrico.

En referencia a la Conductividad Eléctrica, se tuvo una tendencia a aumentar 19,8 μS/cm el valor de una estación a otra, condición que puede estar relacionada principalmente por los vertimientos provenientes del municipio. En términos de Temperatura se observa un incremento de 0,1 °C entre las estaciones.

3.6.1.3. Resultado ensayos de laboratorio

A continuación, en la Tabla 187 se presentan las concentraciones de los ensayos analizados en laboratorio para las estaciones de monitoreo departamental de Caldas ubicadas dentro de la jurisdicción del municipio de Aguadas, Caldas.

Tabla 187. Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio municipio de Aguadas

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		013-E01	013-E02
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	21±1	26±2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	49,1±4,1	57,7±4,8

Ensayo (s)	Unidades	Código estación	
		013-E01	013-E02
Sólidos Totales	mg/L	59,00	64,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<LCM	13±0,4
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	0,06	0,35
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	0,06	0,17
Nitratos	mg NO ₃ /L	<4,40	<4,40
Nitritos	mg NO ₂ /L	ND	0,115
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	32,60	33,30
Coliformes Totales	UFC/100 mL	430	62000
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	110	24000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	33,80	28,70
Dureza Cálcica	mg CaCO ₃ /L	16,60	18,70
Turbidez	UNT	7,00	12,40
Grasas & Aceites	mg/L	11,00	13,00
Cloruros	mg Cl-/L	2,48	4,96
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	2,40	11,50
Color real	U Pt- Co	7,00	12,40
Fósforo Total	mg PO ₄ /L	0,15	0,16
Fósforo Soluble	mg PO ₄ /L	<0,05	<0,05
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	<0,05	<0,05
Cianuro	mg CN/L	<0,005	<0,005
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001

-Variable no solicitada en la muestra.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método SST: LCM = 10 mg.l-1.

Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

ND: No Detectable.

En concordancia con los ensayos realizados en el laboratorio se tuvieron en cuenta variables como la DBO₅, la cual presenta un aumento de 5 mg O₂/L entre las dos estaciones; en la DQO también se observó un aumento de 8,6 mg O₂/L, la situación anterior se puede presentar por el tipo de vertimientos o descargas que se realicen en la fuente hídrica. Respecto a los ST se observó un aumento de 5 mg/L entre cada estación; en cuanto a las concentraciones de SST reportadas por el laboratorio para la E01 se observó que se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su para determinación (10 mg.l-1) y la E02 cuenta con una concentración baja de 13±0,4 mg/L.

En cuanto al Color Real y Turbidez, se observa un aumento de 5,4 U Pt- Co y de 5,4 UNT respectivamente entre las dos estaciones, lo anterior puede corresponder a que posiblemente exista presencia de materias diversas después de la primera descarga. Continuando con el proceso se observó que, en el ensayo de Nitratos en las estaciones anteriormente mencionadas, no hay diferencia entre una estación y la otra. Para la concentración de Nitritos no fue detectable para la primera estación y para la segunda se tiene un valor de 0,115 mg NO₂/L; las situaciones anteriores

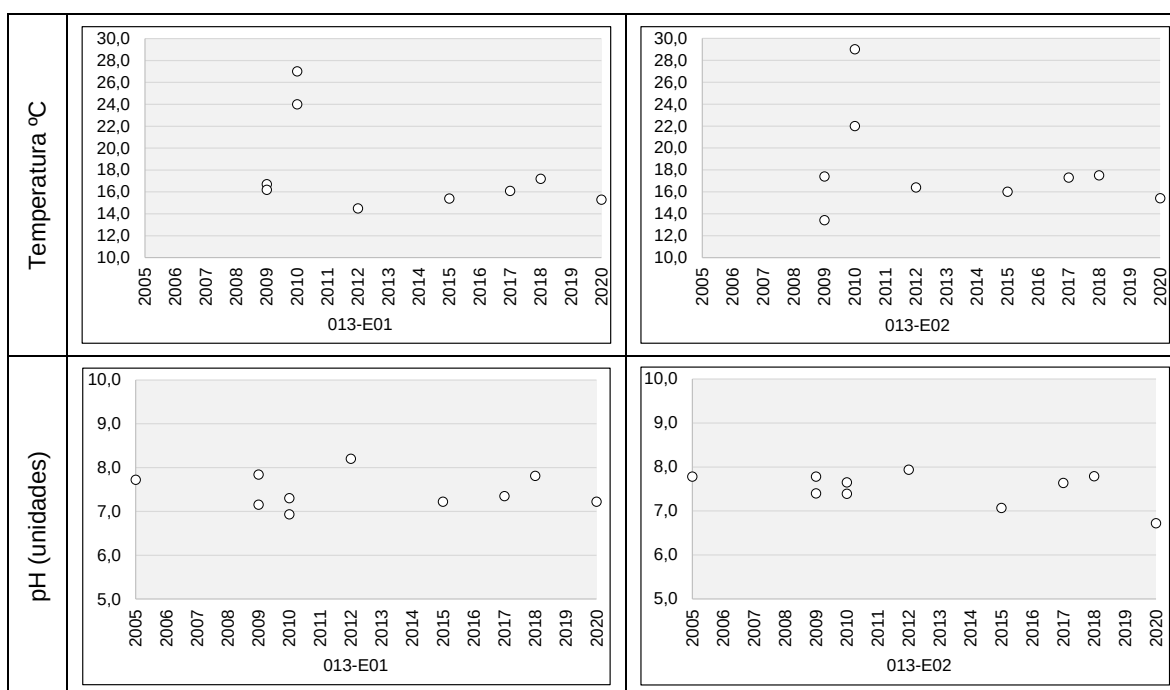
infieren que las concentraciones tanto de nitratos y nitritos son muy bajas en la quebrada Poré.

Los valores de NTK, tienen una tendencia a disminuir su concentración de una estación a otra. Con relación al ensayo de Nitrógeno Amoniacal la concentración para la estación E01 es baja en comparación a la E02 con una diferencia de 0,29 mg N/L, por lo anterior, se puede inferir un aumento de presencia de fuentes nitrogenadas dentro de los aportes a la quebrada.

Entre las dos estaciones se presenta un aumento significativo de concentraciones de Coliformes Fecales y Totales, esto posiblemente está relacionado con cambios en los procesos agrícolas y agropecuarios que se pueden presentar en la parte media de la Quebrada.

3.6.1.4. Variación histórica de la calidad del agua municipio de Aguadas

A continuación, se presentan los perfiles que permiten observar la distribución de los datos en el tiempo y por medio de estos se puede establecer una tendencia en el comportamiento de cada una de las variables históricamente analizadas en el período comprendido entre el 2005 y el 2020, es de aclarar que para algunos de los años se cuenta con dos jornadas de muestreo. Se realizaron perfiles históricos para las variables de Temperatura del agua, pH, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendedos Totales y Coliformes Fecales para las dos estaciones ubicadas en el municipio de Aguadas. En la Figura 151 se presentan los perfiles de las variables analizadas históricamente en cada una de las estaciones del municipio de Aguadas.



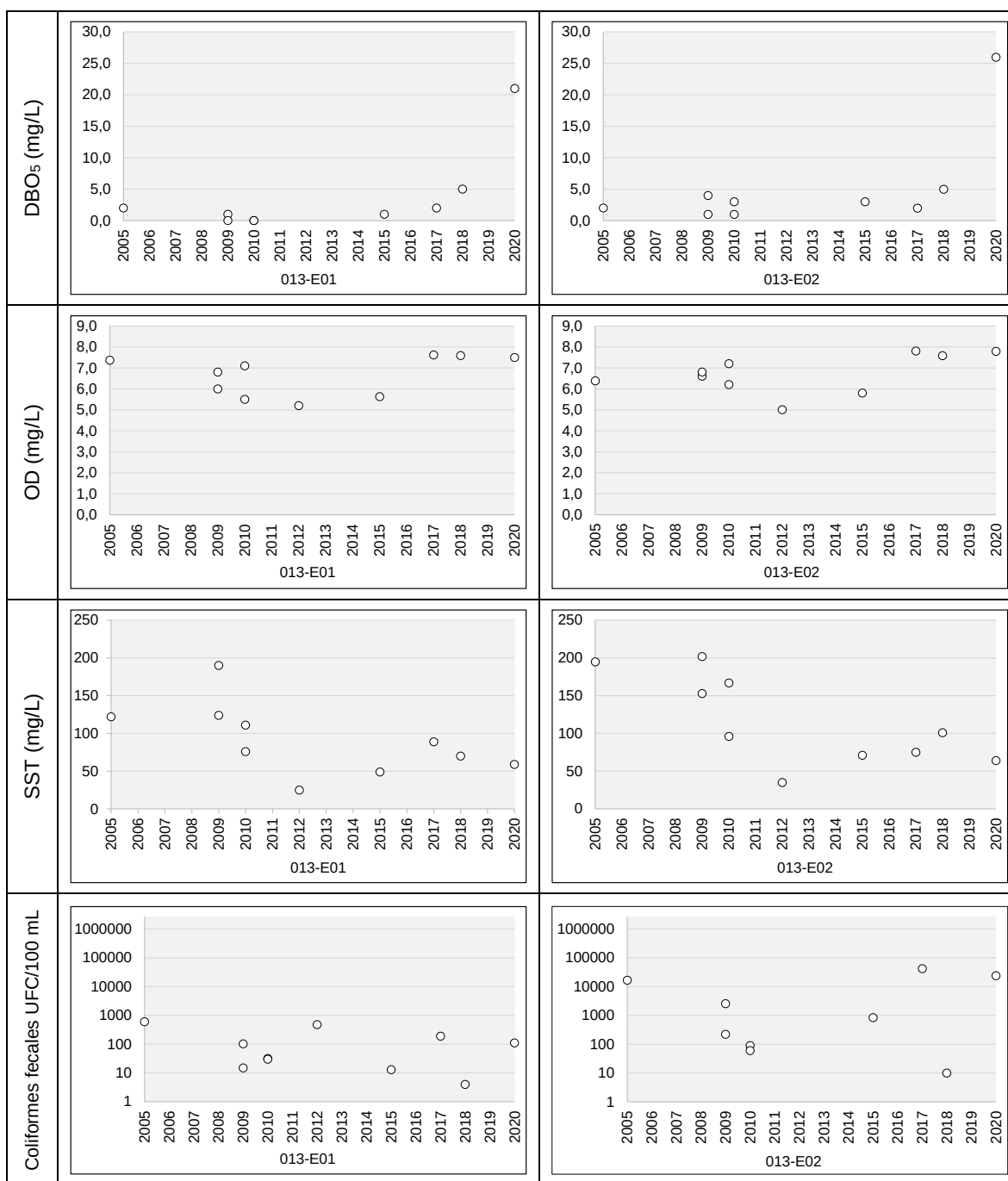


Figura 151. Variación histórica de las variables de Temperatura, pH, OD, DBO₅, SST y Coliformes Fecales para las estaciones del municipio de Aguadas

De acuerdo con los perfiles de las variables analizadas en las estaciones 013-E01 y 013-E02 entre los años 2005 al 2020, se puede observar que en cuanto a la Temperatura del agua en la E01 se presentó un valor máximo de 27 °C en el año 2010 y un valor mínimo de 14,5 °C en el año 2012, por lo anterior para la E01 se observó una temperatura promedio de 18,04 °C. En la E02 se reportó un valor máximo de 29,00 °C en el año 2010, este valor puede estar asociado a la hora del día en la cual se tomó la muestra y un valor mínimo de 13,4 °C en el año 2009, de

acuerdo con los anteriores valores registrados se estableció una temperatura promedio de 18.27 °C para la E02. En concordancia con las temperaturas reportadas para las dos estaciones se puede evidenciar un aumento en 2 °C entre las dos estaciones en cuanto a los valores máximos reportados a través de los años, los cuales no representan un cambio significativo entre las estaciones.

En cuanto a la variable de pH, se reportó en la E01 un valor máximo de 8,20 UpH en el año 2012 y un valor mínimo de 6,93 UpH en el año 2010, por lo anterior para la E01 se determinó un valor de pH promedio de 7,47 UpH. En la E02 se registró un valor máximo de 7,94 UpH en el año 2012 y un valor mínimo de 6,72 UpH en el año 2020, de acuerdo con los valores registrados para la E02 se determinó un valor de pH promedio de 7,52 UpH. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores con relación a los pH reportados para las dos estaciones se puede establecer que no se presentan cambios significativos entre las dos estaciones a través de los años y que los cambios que se evidenciaron se pueden deber al tipo de vertimientos presentes en la fuente hídrica, en este caso la Quebrada Poré.

Para la variable de DBO₅ analizada en la estación E01 se encontró un valor máximo de 21 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 0 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 3,55 mg/L en la E01, lo que implica que la DBO₅ de dicha estación en el año 2020 presentó un aumento bastante significativo en su concentración, lo cual se puede deber al tipo de vertimientos presentados durante ese año a la fuente hídrica. En cuanto a la estación 013-E02 se reportó un valor máximo de 26 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 1 mg/L en los años 2009 y 2010, por lo anterior se estimó un promedio de 5,22 mg/L en la E02, lo que implica que la concentración de la DBO₅ para esta estación también presentó un aumento significativo en el año 2020. En congruencia con los valores de DBO₅ reportados en las dos estaciones a través de los años se encontró que ambas presentaron un aumento bastante significativo en sus concentraciones en el año 2020, esto se puede deber al tipo de vertimientos presentes en la Quebrada.

Otra variable analizada es el Oxígeno Disuelto presente en la Quebrada Poré, para la cual en la E01 se encontró un valor máximo de 7,62 mg/L en el año 2017 y un valor mínimo de 5,2 mg/L en el año 2012, de acuerdo con estos valores se presentó un promedio de OD en la E01 de 6,631 mg/L. Por su parte la E02 reportó un valor máximo de 7,79 mg/L en el año 2020 y un valor mínimo de 5 mg/L en el año 2012, de acuerdo con lo anterior se estableció un promedio de 6,715 mg/L para la E02. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa que no hay un cambio significativo de concentraciones entre las dos estaciones.

En cuanto a las concentraciones de SST, en la estación E01 se reportó un valor máximo de 190 mg/L en el año 2009 y un valor mínimo de 25 mg/L en el año 2012, por lo cual se puede estimar un promedio de SST de 91,50 mg/L para la E01. Para la E02 se registró un valor máximo de 202 mg/L en el año 2009 y un valor mínimo de 35 mg/L en el año 2012, de acuerdo con esto se estimó un promedio de SST de 115,90 mg/L en la E02. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de SST reportadas

para cada estación, donde la E01 presenta una menor concentración respecto a la E02, lo cual se puede deber al tipo de vertimientos presentes entre las estaciones.

Por último, se evaluó la variable de Coliformes Fecales, la cual reportó en la E01 un valor máximo de 600 UFC/100 mL en el año 2005 y un valor mínimo de 4 UFC/100 mL en el año 2018, por lo cual se estimó un promedio de 157,60 UFC/100 mL. Para la E02 se registró un valor máximo de 42.000 UFC/100 mL en el año 2017 y un valor mínimo de 10 UFC/100 mL en el año 2018, de acuerdo con esto se estableció un promedio de 9.620,00 UFC/100 mL. De acuerdo con las situaciones anteriormente presentadas se observa un aumento considerable entre las concentraciones de Coliformes Fecales reportadas para cada estación, donde la E02 presenta una mayor concentración respecto a la E01, lo cual se puede deber al tipo y aumento de vertimientos presentes en el río.

3.6.1.5. Índices de calidad y contaminación del agua

A continuación, se presenta resultados de la aplicación de los índices de calidad ICA (ICA-CETESB e ICA IDEAM) y la determinación de los índices de contaminación (ICOS) para cada estación y para toda la serie histórica que comprende el período 2005 - 2020. En algunos años no se realizó el cálculo de los ICAS e ICOS, puesto que no se tenía reporte de las variables requeridas para determinar el índice en ese año, en este sentido se calcularon para los datos disponibles, en el archivo oficial entregado por CORPOCALDAS.

El laboratorio de CORPOCALDAS no reportó el valor del Nitrógeno Total, el cual es la sumatoria de los Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Total Kjeldahl, por lo anterior se tomó el valor del NTK reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS como el valor que mayor le aporta a la suma del Nitrógeno Total. No se realizó la suma debido a que el reporte del laboratorio de los Nitritos y Nitratos se encuentran en unidades de mg N₂/L y mg N₃/L y tampoco se realizó las conversiones con el fin de no alterar los valores entregados por el laboratorio.

También es importante resaltar, que en la metodología para el cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) se establece que las unidades de Coliformes Fecales deben estar expresadas en términos de número más probable (NMP/100 mL), sin embargo, el resultado reportado por el laboratorio de CORPOCALDAS se encuentra en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL). De acuerdo con lo anterior, y considerando que no existe correlación directa entre UFC/100 mL y NMP/100 mL, la utilización de los resultados del laboratorio para esta variable expresados en UFC/100 mL serán incluidos dentro del cálculo del índice ICOMO **asumiendo** que el rango o peso dentro del cálculo de dicho índice, guarda proporcionalidad entre los valores ingresados, más no así entre las técnicas analíticas.

- **ICA-IDEAM**

Se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-IDEAM para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Aguadas, Caldas.

En la Figura 152 se puede observar que para las estaciones 013-E01 y 013-E02 la calidad del agua se ubica en una calificación de "Aceptable" desde el año 2005 hasta el año 2018 y para el año 2020 se presenta una disminución de la calidad pasando a la calificación de "Regular".

Las situaciones anteriores se establecen debido al tipo y cantidad de vertimientos presentes a través de los años en la fuente receptora del municipio que en este caso la Quebrada Poré, también se puede inferir que la calidad de esta fuente hídrica ha sido relativamente estable a través de los años en los cuales se han realizado las jornadas de monitoreo.

Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para las dos estaciones evidencian una disminución de la calidad del agua entre las estaciones.

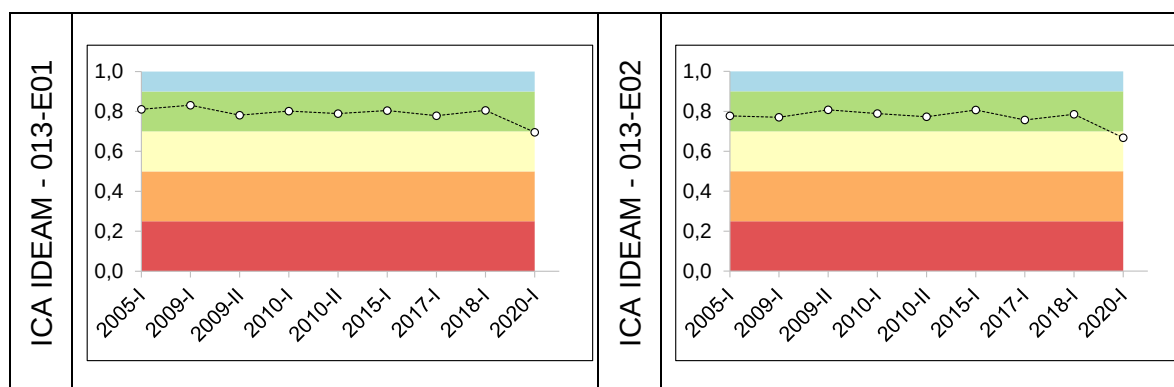


Figura 152. Resultados históricos ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas

• ICA-CETESB

En la Figura 153 se presentan los resultados de los índices históricos de calidad ICA-CETESB para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Aguadas.

De acuerdo con lo anterior, se observa que el ICA-CETESB para la estación 013-E01 en el año 2005 fue "Buena", en el año 2009 la calidad de la fuente hídrica en este caso la Quebrada Poré tuvo un ascenso pasando a la calificación de "Excelente" manteniéndose así hasta el año 2015, pero a partir del año 2017 se presentó una disminución no significativa pasando nuevamente a la calificación "Buena" hasta el año 2020, último año del cual se tiene registros de las jornadas de monitoreo. Lo anterior se puede deber al tipo y cantidad de vertimientos presentes en la Quebrada a través de los años.

Para la estación 013-E02 en el año 2005 se presentó una calificación "Regular" y en el año 2009 se observó un mejoramiento en la calidad del recurso hídrico

ascendiendo a calificación de “Buena” hasta el año 2015, en el año 2017 se presenta nuevamente una disminución de calidad pasando a “Regular” pero al siguiente año, es decir en el 2018 se observa un mejoramiento pasando nuevamente a la calificación de “Buena”; Finalmente en el año 2020 se presenta una disminución de la calidad del recurso hídrico en la Quebrada Poré ubicándose en calificación “Mala”. De acuerdo con las situaciones anteriormente mencionadas, se infiere que en la fuente hídrica se pudo presentar el aumento de vertimientos de procedencia de actividades agrícolas las cuales contienen alto porcentaje de contaminantes y afectaron de manera significativa la calidad del agua de una estación a la otra.

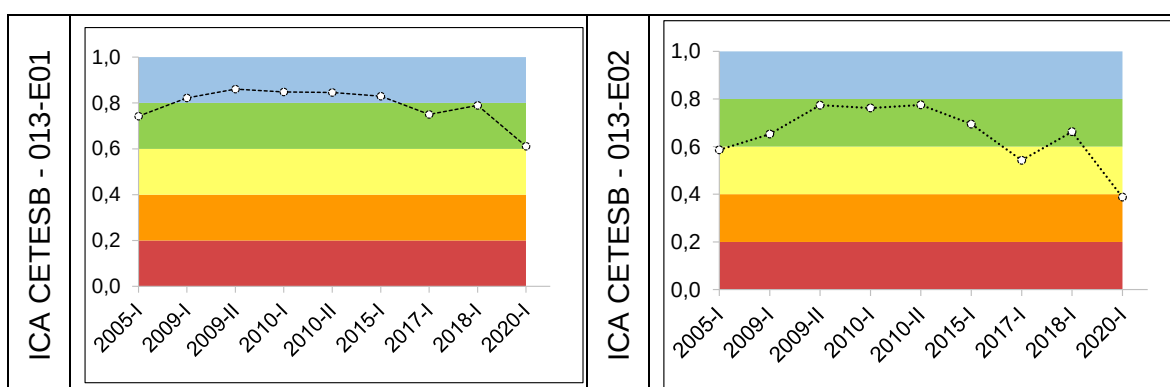


Figura 153. Resultados históricos ICA- CETESB las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas

- **ICOS**

En la Figura 154 se presentan los resultados de los Índices de Contaminación ICOMO, ICOMI e ICOSUS para las estaciones de monitoreo 013-E01 y 013-E02 de la serie histórica analizada. Para las dos estaciones los ICOS presentan niveles históricos de contaminación “Baja”, “Muy Baja” “Media” y “Alta”.

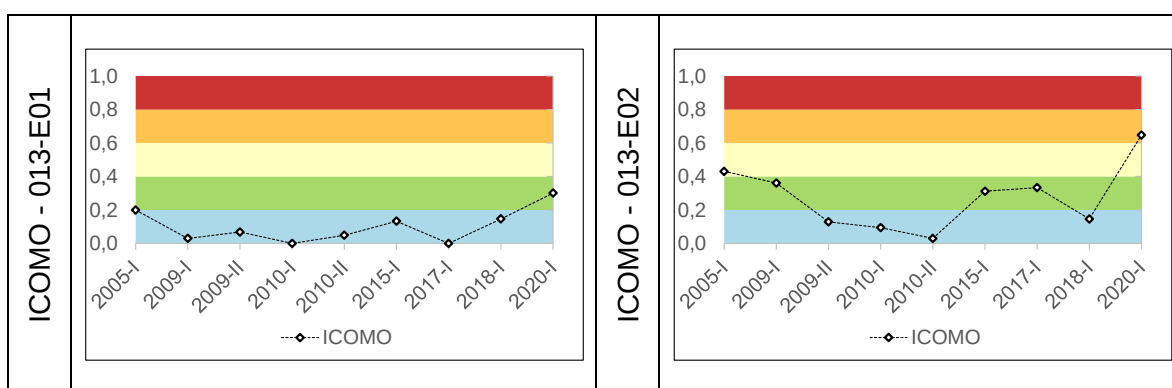
De acuerdo con lo anterior en la estación E01, en cuanto al **ICOMO** desde el año 2005 hasta el 2018 su nivel de contaminación se encontró en calificación “Muy Baja” y en el año 2020 presentó un leve aumento pasando a la calificación “Baja”. Lo anterior tiene relación con un leve aumento de las concentraciones de Coliformes Totales en la fuente hídrica receptora. En cuanto a los valores del índice **ICOMI**, en el año 2005 no se contaban con datos reportados, pero para el año 2009 su calificación se encontraba en “Muy Baja” manteniéndose así durante los años en los cuales se realizaron las jornadas de monitoreo, es decir hasta el año 2020. Para el caso del índice **ICOSUS** desde el año 2005 hasta el año 2020 presentó una calificación de contaminación “Muy Baja”. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores donde los tres índices reportan una contaminación en niveles bajos, se puede inferir que la calidad del agua en la E01 de la Quebrada Poré es buena.

Para la estación E02 con relación a los índices de **ICOMO** se puede observar que en el inicio del proceso de monitoreo que fue en el año 2005, la calidad del agua estaba en una calificación “Media”, para el año 2009 en su primera jornada de

monitoreo se observó la disminución de sus concentraciones de contaminantes y obtener una calificación “Baja”, en este mismo año pero en la segunda jornada de monitoreo se presentó una disminución de calificación pasando a “Muy Baja” manteniéndose así hasta el año 2010, en el año 2015 y hasta el año 2017 se presentó un leve aumento de contaminación retornando nuevamente a calificación “Baja”; Para el año 2018 se observó nuevamente una disminución de la presencia de contaminantes en la fuente hídrica obteniendo una calificación de “Muy Baja”, finalmente en el año 2020 se presentó un aumento considerable de contaminantes dejando la calidad del agua con una calificación de “Alta”. Las situaciones anteriormente mencionadas fueron percibidas durante los años en los cuales se realizaron jornadas de monitoreo a la E02, en concordancia con esto se muestra un aumento considerable de contaminantes en la Quebrada Poré, los cuales pueden estar asociados al tipo de vertimientos y actividades que se realizan en las inmediaciones de la fuente receptora.

En el índice **ICOMI**, se puede observar en la Figura 7 que desde el inicio de las jornadas de monitoreo en el año 2005 hasta las últimas jornadas realizadas en el año 2020, la calificación de la E02 en cuanto a contaminantes relacionados con las variables alcalinidad y pureza del recurso hídrico fue “Muy Baja”.

Continuando con los índices se encontró que el caso del índice **ICOSUS** desde el año 2005 hasta el año 2020 presentó una calificación de contaminación “Muy Baja”. Teniendo en cuenta las situaciones anteriores donde los tres índices reportan una contaminación en niveles bajos, se puede inferir que la calidad del agua en la E02 de la Quebrada Poré es buena. Las situaciones anteriormente mencionadas se pueden presentar debido al tipo y cantidad de vertimientos que llegan a la fuente receptora.



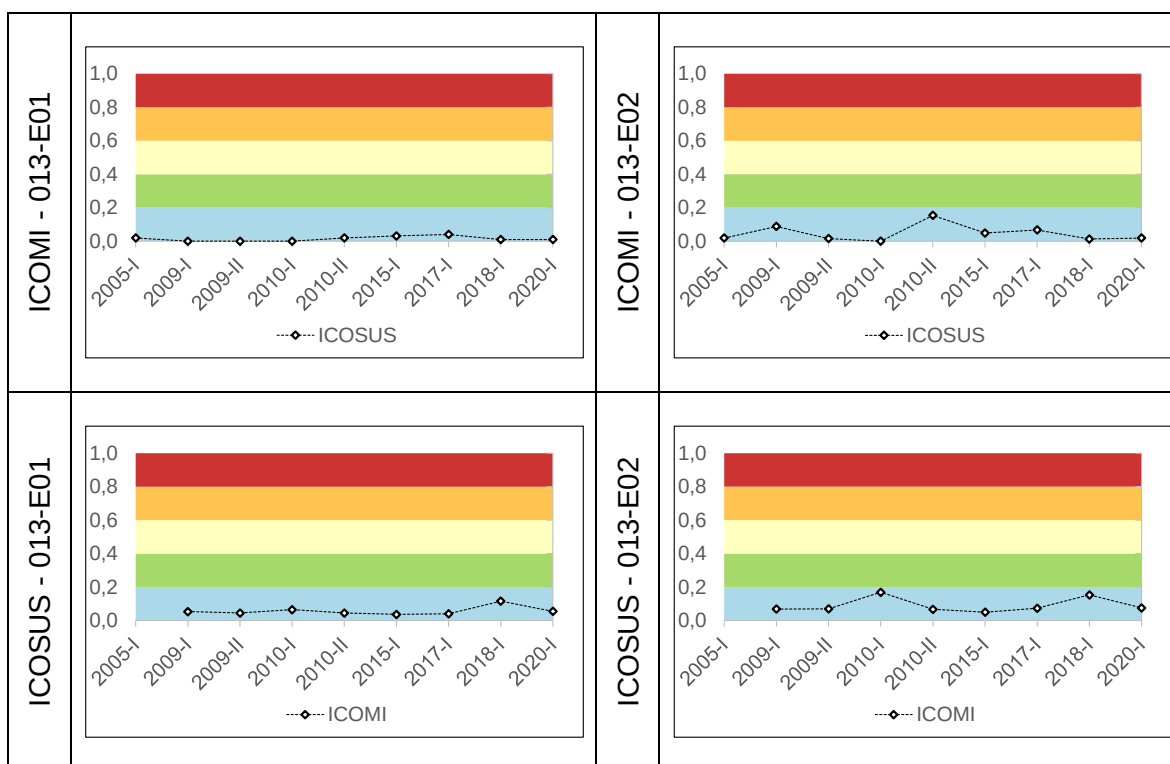


Figura 154. Los Resultados ICOS históricos de las estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas

- **ICOTRO**

En la Figura 155 se presentan los resultados del cálculo del **ICOTRO** para las estaciones ubicadas en el municipio de Aguadas, Caldas. La variable principal para el cálculo de este índice está en función de la concentración del fósforo total obtenida en el monitoreo.

Para las estaciones 013-E01 y 013-E02 de acuerdo con las concentraciones de fosforo total en el año 2005 se observó una calificación de “Mesotrófico”, en el año 2009 hasta el año 2017 se reportó una calificación de “Eutrófico”, en el año 2018 se presentó un aumento de concentración pasando a “Hipertrofico” para finalmente en el año 2020 disminuir sus concentraciones reportar una calificación de “Eutrófico”.

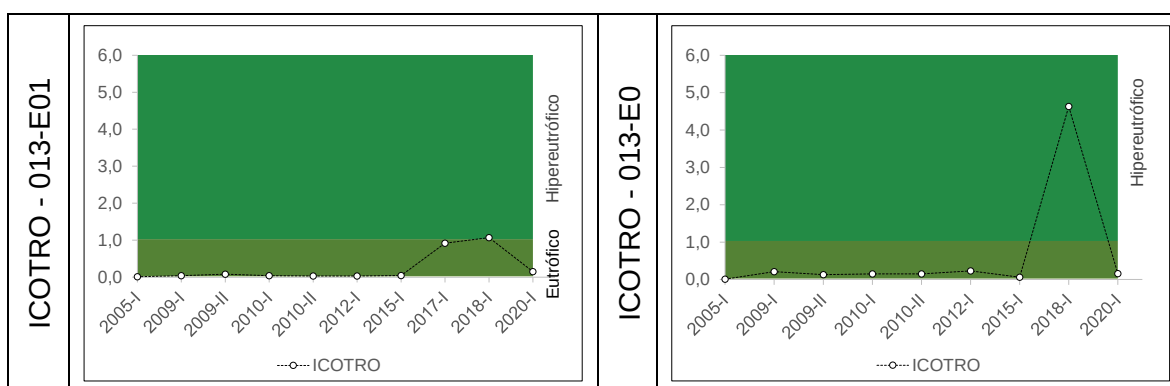


Figura 155. Resultados históricos ICOTRO estaciones de monitoreo de la red departamental, municipio de Aguadas

3.6.1.6. Objetivos de calidad-resolución 239 de 2007

A continuación, se establecerá el cumplimiento de los objetivos de calidad según sus usos, para los cuerpos receptores de vertimientos en el municipio de Aguadas, Caldas. Es importante resaltar que para los parámetros Coliformes totales y fecales, no es posible realizar una comparación con los valores estipulados en la Resolución 239 de 2007, debido a que la técnica implementada por el laboratorio de CORPOCALDAS reporta estos ensayos en unidades formadoras de colonia (UFC) y el valor de referencia de la Resolución 0239 de 2007 está en unidades de número más probable (NMP).

Con relación a las “sustancias de interés sanitario” representa un amplio grupo de elementos, sustancias y compuestos (Decreto 1076 de 2015 Sección 4. Vertimientos, artículo. 2.2.3.3.4.1.). Caso similar al de “sustancias que produzcan olor” (Resolución 1541 de 2013), por lo cual analizar todas las variables relacionadas con estos grupos requeriría de un estudio mucho más robusto.

- **Objetivos de calidad del agua definidos para la quebrada Pore**

En el tramo dos (2) ubicado desde la estación Aguadas E1 hasta la estación Aguadas E2, según lo señalado en la Resolución 239 de 2007 el objetivo de calidad establecido a largo plazo para este tramo es de uso preservación de fauna y flora. Por consiguiente, se realiza el comparativo de los objetivos de calidad con los datos obtenidos en la campaña de monitoreo para las dos (2) estaciones ver Tabla 188. Con los datos reportados se observó el cumplimiento de los objetivos de calidad en las dos estaciones del tramo para todos los parámetros evaluados. Con relación a las sustancias de interés sanitario en el tramo receptor se evidencia la presencia de mercurio y cianuro, pero estas se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método.

Tabla 188 Comparación de los parámetros de calidad del agua para el año 2020, con lo estipulado la resolución 239 de 2007 para uso preservación de fauna y flora tramo II quebrada Pore

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 013-E01	Estación 013-E02
Preservación de flora y fauna	pH	Unidades	6,5-9,0	7.22	6.72
	OD	mg/L	>5	7.50	7.79
	Conductividad	(μS/cm)	--	69.5	89.3
	DBO ₅	mg/L	≤5,0	21.00	26.00
	SST	mg/L	<50	10.00	13.00
	Turbiedad	UNT	<100	7.00	12.40
	Coliformes fecales	NMP/100 ml	--	--	--
	Coliformes totales	NMP/100 ml	--	--	--
	Detergentes (SAAM)	mg/L	--	--	--

Objetivo de calidad	Parámetro fisicoquímico	Unidad	Valor límite	Estación 013-E01	Estación 013-E02
	Material flotantes y espumas	N/A	Ausente	Ausencia	Ausencia
	Sustancias que produzcan olor	N/A	Ausente	Ausencia	Ausencia
	Sustancias de interés sanitario*	N/A	Ausente	Presente (CN y Hg <LCM)	Presente (CN y Hg <LCM)

*La sustancia de interés sanitario analizadas y encontradas (mercurio y cianuro).

--Variable sin especificación de límite en la Resolución 239 de 2007.

< LCM: Menor del Límite de Cuantificación del Método, los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico. Así, Hg: LCM = 0,001 mg/L y CN: LCM=0,005 mg/L.

N/A: no aplica.

3.6.1.7. Conclusiones

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Aguadas.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Riosucio indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Aguadas está en la categoría de “Regular”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la estación 013-E01 se encuentran en la categoría “Buena” y que en la estación 013-E02 se encuentran en la categoría “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación varía.

En el municipio de Aguadas, se evidencia el cumplimiento de la gran mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para el tramo evaluado de la fuente superficial receptora de vertimientos. Sin embargo, la presencia de sustancias de interés sanitario fue confirmado, encontrándose por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación.

3.7. MONITOREO DE CALIDAD POMCA RIO TAPIAS

3.7.1. Ubicación de la zona de estudio

La red de monitoreo del POMCA del río Tapias está conformada por 43 estaciones de monitoreo, establecidas sobre las fuentes de agua superficial que conforman la cuenca hidrográfica del río Tapias.

En este estudio, se realizó el análisis de calidad en 41 estaciones ubicadas en la divisoria del río Tapias, específicamente en la jurisdicción de los municipios de Aránzazu, Filadelfia, La Merced, Manizales, Neira, Pácora, Salamina y Supía en el departamento de Caldas. Los ensayos analizados en general para todas las estaciones se relacionan en la Tabla 189.

Tabla 189. **Resultado de los ensayos analizados en el laboratorio área POMCA río Tapias.**

Ensayo (s)	Unidades
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L
Sólidos totales	mg/L
Sólidos suspendidos totales	mg/L
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L
Nitrógeno amoniacal	mg N/L
Nitratos	mg NO ₃ /L
Nitritos	mg NO ₂ /L
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L
Dureza total	mg CaCO ₃ /L
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L
Turbidez	UNT
Grasas & Aceites	mg/L
Cloruros	mg Cl-/L

Ensayo (s)	Unidades
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L
Color real	U Pt- Co
Fósforo total	mg PO ₄ /L
Fósforo soluble	mg PO ₄ /L
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L
Coliformes Totales	UFC/100 mL
Coliformes Fecales	UFC/100 mL

La campaña de monitoreo en las estaciones del POMCA del río Tapias, se realizaron entre agosto y septiembre de 2020. La información de los resultados de los ensayos tomados in situ y en laboratorio.

3.7.2. Río Pozo (2616-063)

Sobre la cabecera del río Pozo (Figura 156), se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código PO1, PO2, PO3, PO4 al igual que los puntos con código P03A y PO3S correspondientes a la quebrada Aliñaderos y La Soledad, respectivamente).

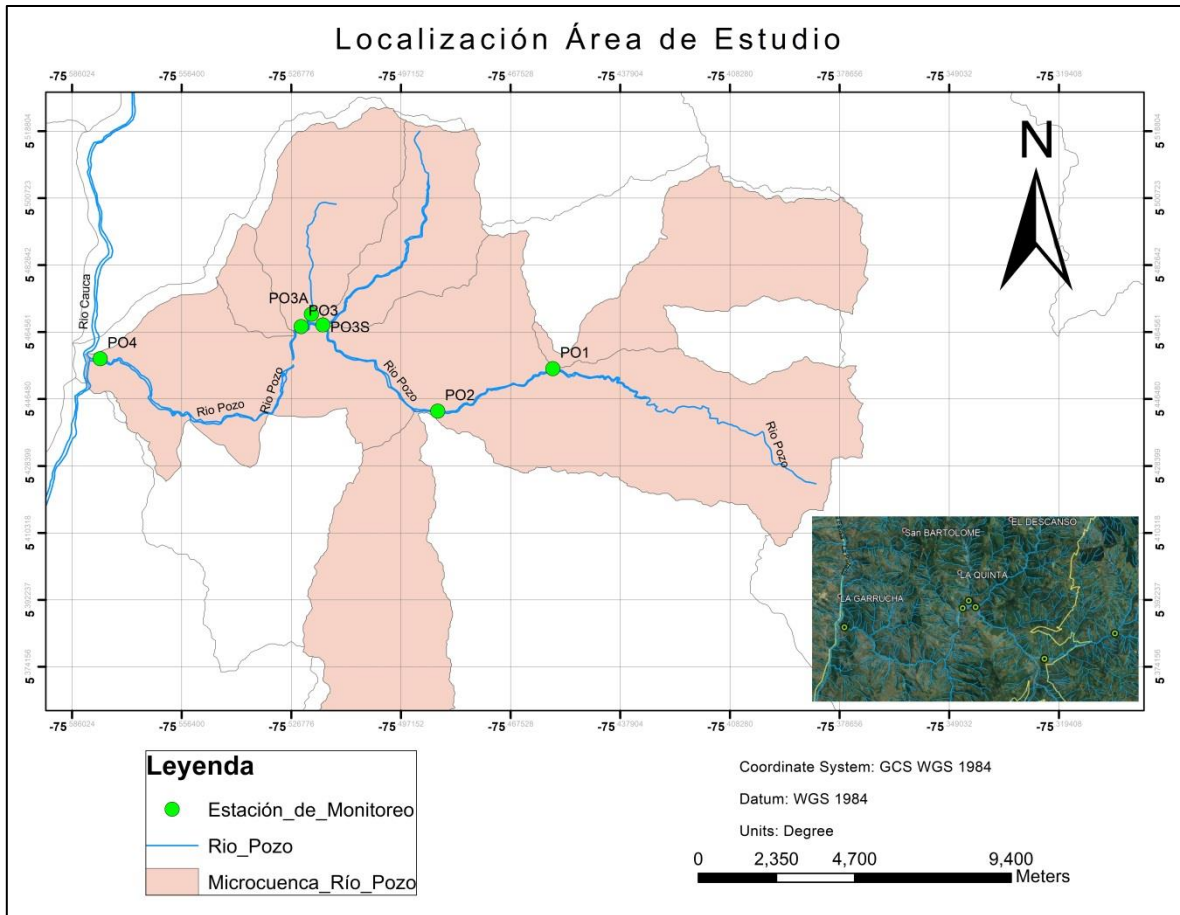


Figura 156. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.

Es necesario tener en cuenta que el río Pozo en su recorrido recibe los vertimientos de los municipios Salamina, que provienen del río Chamberí, adicionalmente, los vertimientos del municipio de la Merced, por influencia de los tributarios tales como la quebrada Tambor, Soledad y Aliñaderos (estos dos últimos, de objeto de estudio en el monitoreo de calidad realizado en el año 2020).

3.7.2.1. Análisis monitoreo año 2020

De manera general se observa que en el río Pozo hay una influencia de la calidad reportada en las estaciones PO2 y PO3, donde en esta última se atribuye la dinámica identificada en el estudio de CORPOCALDAS y SAC (2019) en el río Chamberí, al igual que las quebradas Aliñaderos y La Soledad.

Respecto a los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.65 en promedio) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (8.02 mg/l en promedio), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (110.82 $\mu\text{S/cm}$).

En promedio para las estaciones PO1 y PO2 los Cloruros (1.61 mg/l) y Sulfatos (22.50 mg/l). Sin embargo, y tal como se afirmó anteriormente, A partir de la estación PO3 se elevan los valores reportados de éstos llegando a ser de 19.80 mg/l en Cloruros y 2050.00 mg/l en Sulfatos.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (19.00 mg/l en promedio para PO1 y PO2) y Sólidos Totales (157.00 mg/l en promedio para PO1 y PO2), el estudio de SAC y CORPOCALDAS (2019) aducen que éstas son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y modifican las condiciones de calidad del recurso, después de la estación PO3.

También se observa que las concentraciones de DBO5 (8.60 mg/l en promedio pero con un reporte de 28.00 mg/l en la estación PO1) y DQO (47.60 mg/l en promedio, pero siendo las estaciones PO3 y PO3S las de mayores valores reportados con 81.00 mg/l y 77.0 mg/l, respectivamente).

De acuerdo con el contenido de Fósforo (3.625 mg/l en promedio) y Nitrógeno (0.25 mg/l DE NTK, 0.11 mg/l de NH_3 , 27.98 mg/l de NO_3 y 3.80 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros excepto en las estaciones PO3 y PO3S.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (50.45 mg/l) indican posible similitud en los valores en cada una de las estaciones, diferente a lo reportado en la Dureza donde las estaciones PO3 y PO3S reportan valores más altos (749.00 mg/l y 407.00 mg/l en estas estaciones, respectivamente).

3.7.2.2. Análisis comparativo años 2020-2018

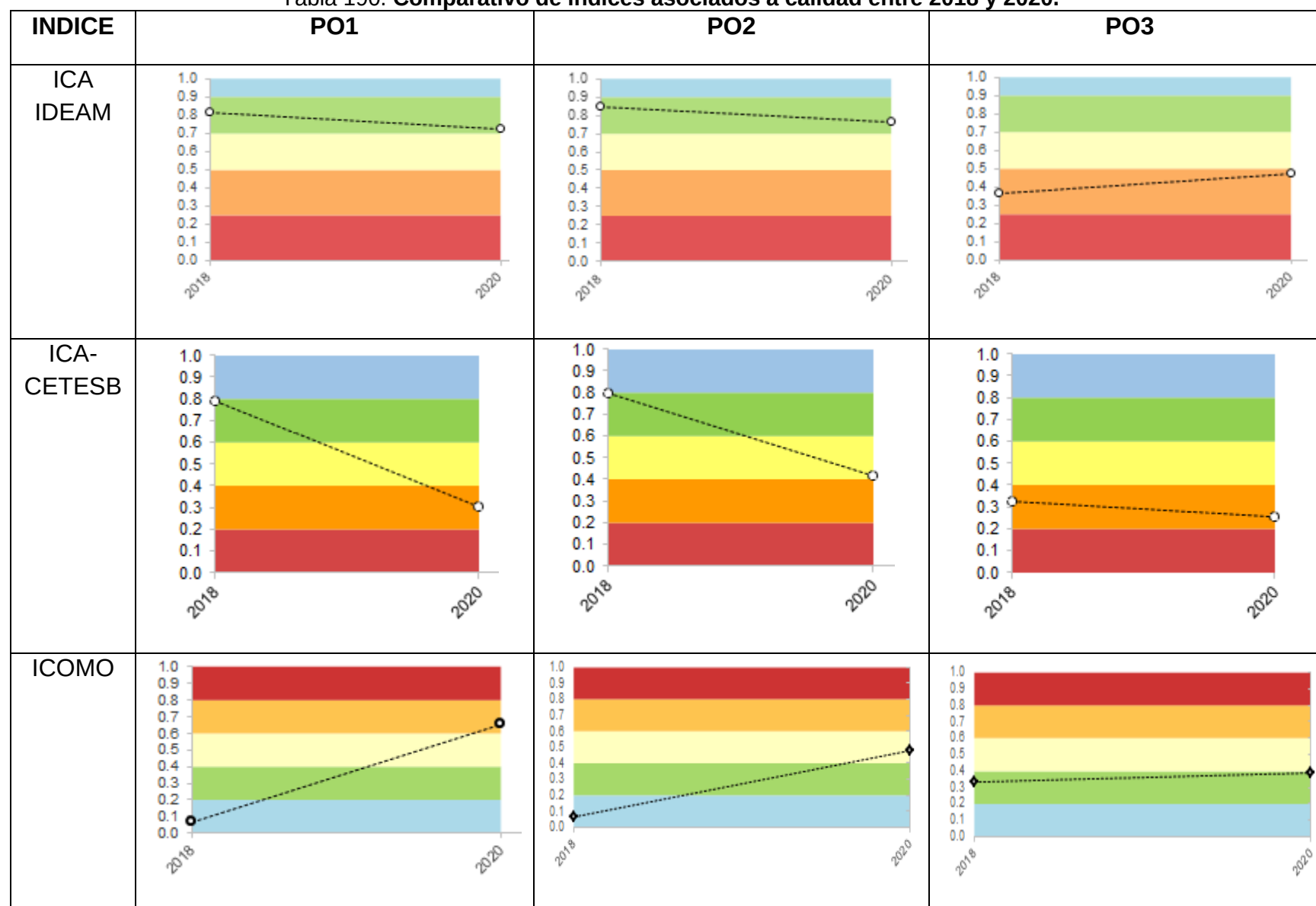
A continuación se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre el río Pozo. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el NT, Alcalinidad y Dureza en todas las estaciones, OD en la estación PO1 y PO2, pH y DQO en la estación PO2 y CE en la estación PO3. Por otro lado, se observa aumento de pH en la estación PO1 y PO3, CE en la PO1, OD en la estación PO3 y DBO_5 en todas las estaciones.

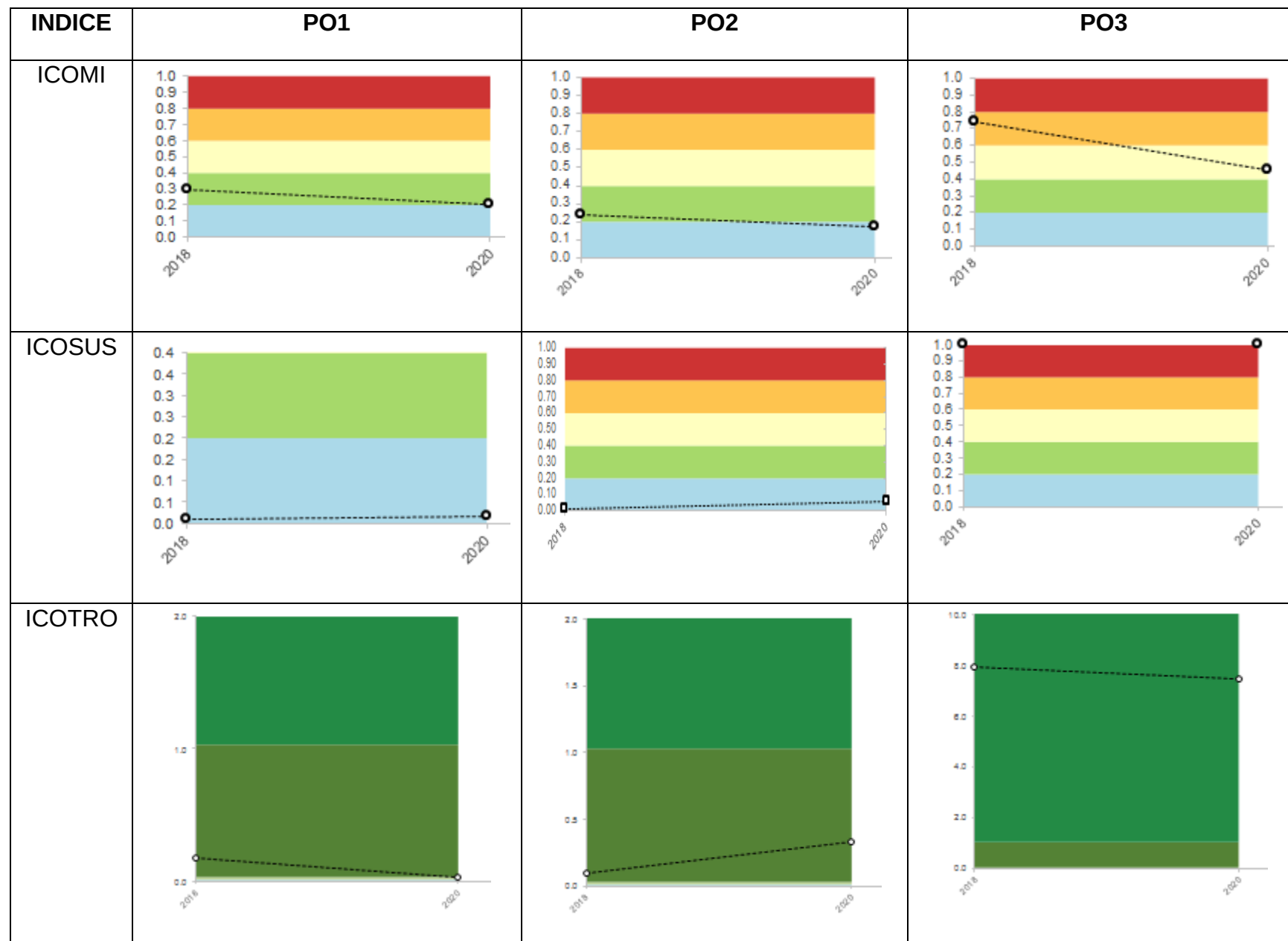
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 190 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para la estación PO1 y PO2 es de clasificación de “Aceptable” en 2018 y en la estación PO3 pasa a ser de clasificación “Mala”, la cual permanece en el mismo rango en el año 2020 respecto al año 2018.

- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Mala” para las tres estaciones. Sin embargo, en las estaciones PO1 y PO2 se aprecia una disminución en dicha calidad respecto al año 2018, debido a que pasa de “Buena” calidad en el año 2018 a “Mala” calidad.
- ICOMO, presentó un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica una alteración en la calidad del agua, los cuales pueden ser atribuidos a mayor concentración de carga contaminante en los vertimientos de aguas residuales identificados, los caudales de la fuente en la fecha de los monitoreos, al igual que las condiciones climáticas precedentes a las fechas de monitoreo, entre otras.
- Hay una contaminación considerable, que se vuelve crítica en la estación PO3.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para ambos años en la estación excepto en la estación PO3 donde se clasifica como “Hipereutrófico”.

Tabla 190. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.





3.7.3. Río Chamberí (2616-063-080)

Sobre la cabecera del río Chamberí (Figura 157), se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código CH1).

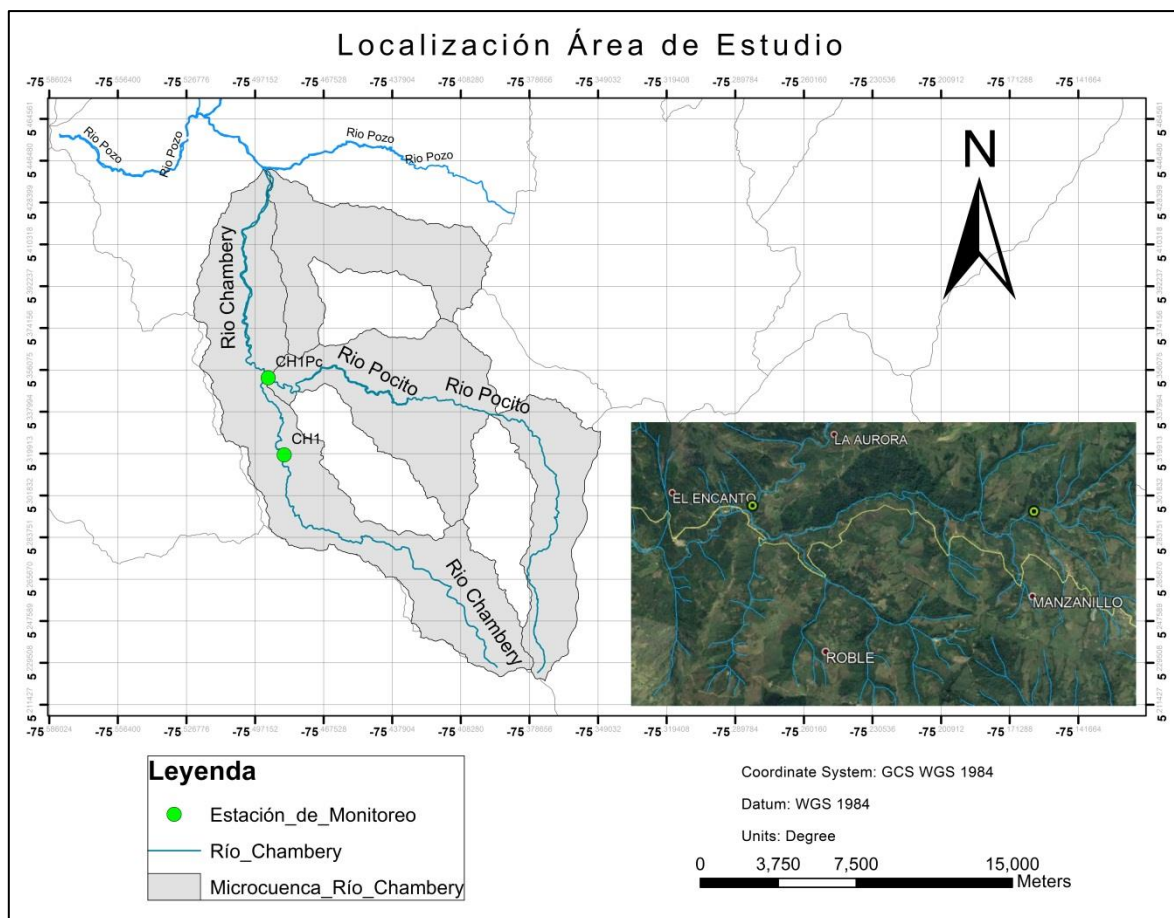


Figura 157. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.

3.7.3.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (6.84) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.96 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (126.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (2.48 mg/l), Sulfatos (40.50 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (152.00 mg/l) y Sólidos Totales (50.00 mg/l), el estudio de SAC y CORPOCALDAS (2019) aducen que éstas son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y

modifican las condiciones de calidad del recurso, aunque como se puede apreciar su relación con la Turbidez (50.00 UPC), que depende de materiales en suspensión en el agua tales como: sedimentos, microorganismos, jabón.

También se observa que las concentraciones de DBO5 (23.00 mg/l) y DQO (43.30 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (5200 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.26 mg/l) y Nitrógeno (0.12 mg/l DE NTK, 0.06 mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.07 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (39.70 mg/l) y Dureza (84.50 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el río Chamberí a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

3.7.3.2. Análisis comparativo años 2020-2018

Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre el río Chamberí. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el OD, pH, CE, Temperatura, NTK y Alcalinidad Total, siendo estas variaciones no tan diferentes excepto en la CE, el cual pasa de 1097 $\mu\text{S/cm}$ en el año 2018 a 126.5 $\mu\text{S/cm}$ en el año 2020 y la temperatura, la cual se reporta de 19.2 °C en 2018 respecto a 16.2°C en 2020.

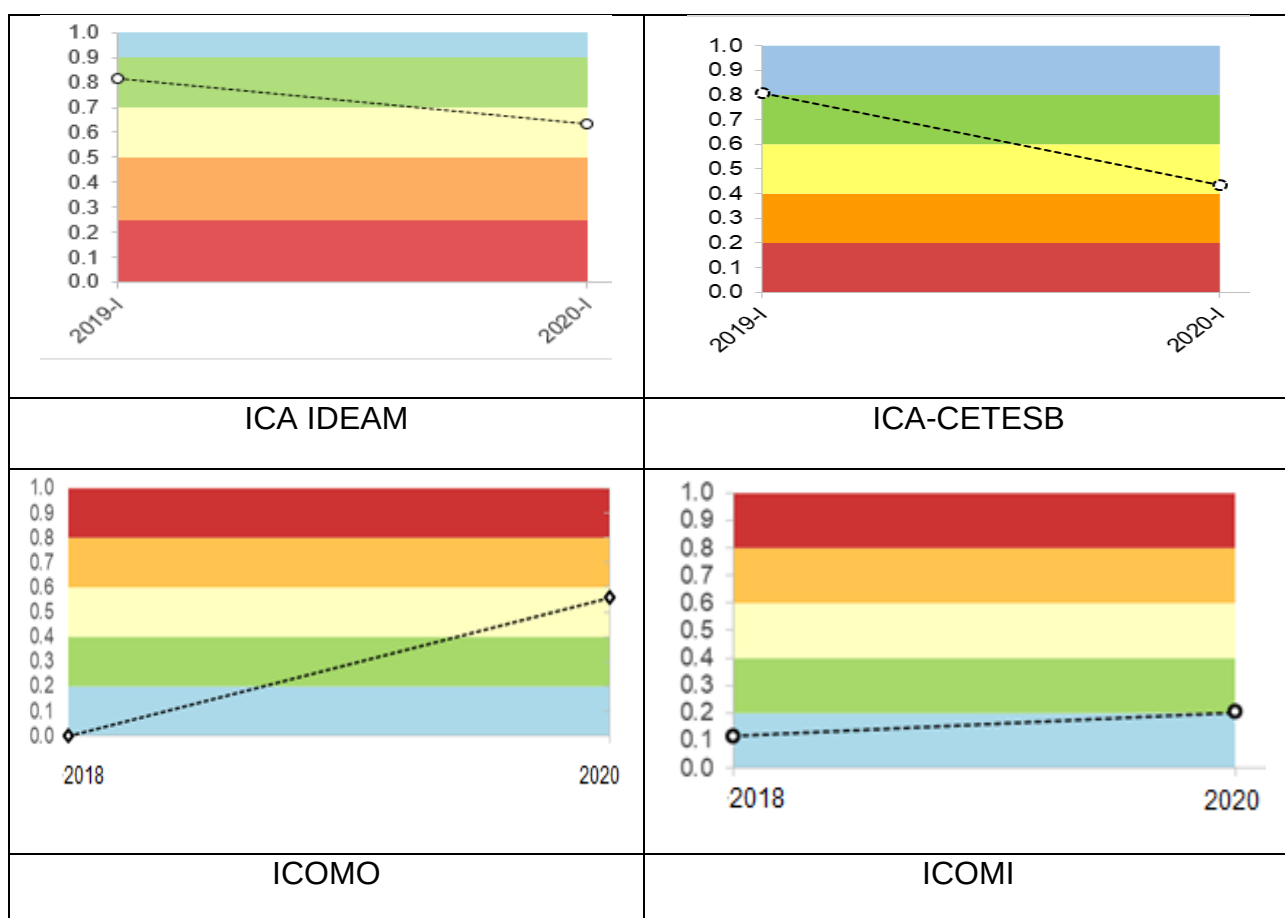
Respecto a SST, Turbidez, DBO₅, DQO, ST, P, Dureza y Coliformes (totales y fecales), se analiza un aumento en los valores, siendo los de mayor diferencia los correspondientes a DBO5 (de 1.93 mg/l en 2018 a 23.00 mg/l en 2020), DQO (de 13.50 mg/l en 2018 a 43.30 mg/l en 2020) y SST (de 16.00 mg/l en 2018 a 50.00mg/l en 2020).

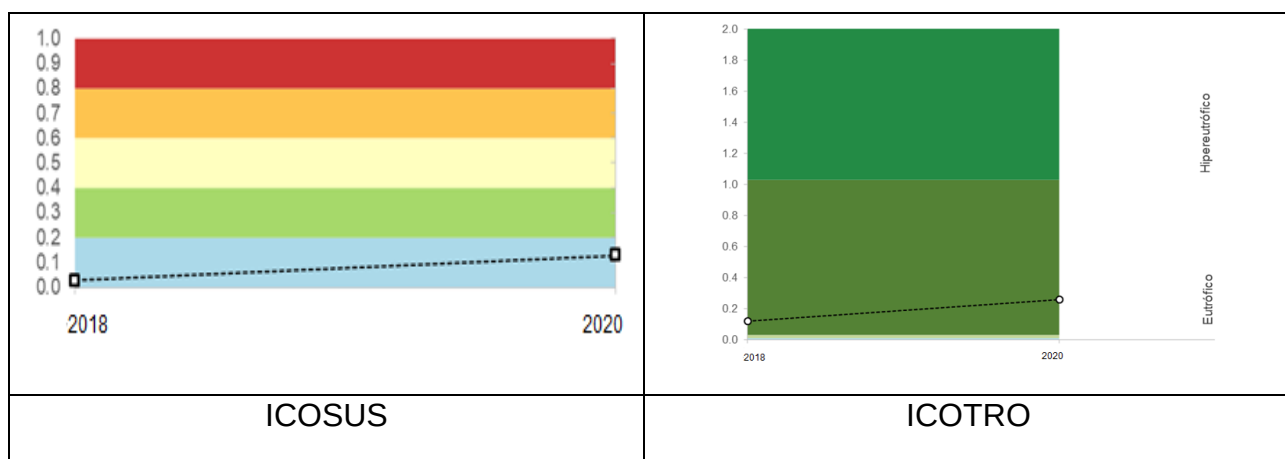
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 191 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para la estación pasa de clasificación de “Aceptable” en 2018 a “Regular” en 2020 encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo.
- El ICA-CESTESB pasa de "Buena" calidad en el año 2018 a “Regular calidad” en 2020.

- ICOMO, ICOMI e ICOSUS presentaron un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica (río Chamberí) una alteración en la calidad del agua, los cuales pueden ser atribuidos a mayor concentración de carga contaminante en los vertimientos de aguas residuales identificados sobre dicha fuente hídrica, los caudales de la fuente en la fecha de los monitoreos, al igual que las condiciones climáticas precedentes a las fechas de monitoreo, entre otras.
- Hay una contaminación considerable por Materia Orgánica, debido a la clasificación del ICOMO el cual pasa de clasificación “Muy Baja” a “Media” en los últimos dos años.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para ambos años en la estación.

Tabla 191. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**





3.7.4. Quebrada Pocito (2616-063-080-047)

Sobre la quebrada Pocito se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código C1).

3.7.4.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.20) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (6.60 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (167.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (7.44 mg/l), Sulfatos (42.30 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (120.00 mg/l) y Sólidos Totales (248.00 mg/l) y la Turbidez (62.00 UPC).

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (15.70 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (24000 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.v

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.99 mg/l y Nitrógeno (1.62 mg/l de NTK, 0.89 mg/l de NH_3 , 5.31 mg/l de NO_3 y 0.317 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (50.50 mg/l) y Dureza (58.90 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y

adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Pocito a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

3.7.4.2. Análisis comparativo años 2020-2018

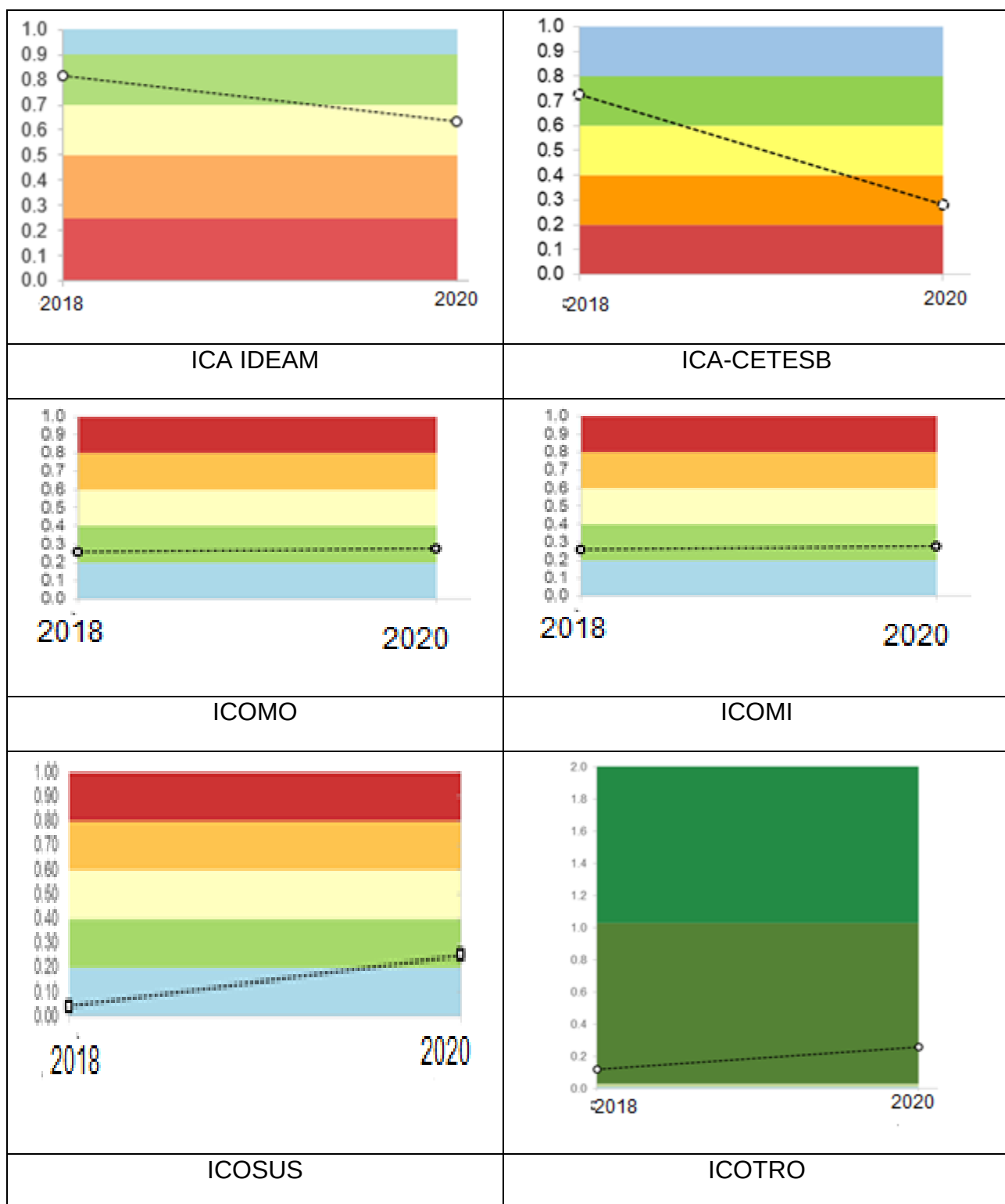
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Pocito. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el OD, pH, CE, Temperatura, NTK, P, Turbidez y Coliformes (fecales y totales), siendo estas variaciones no tan diferentes.

Respecto a Alcalinidad y Dureza se analiza un aumento en los valores, sin diferencia considerable en los valores reportados en el año 2020 respecto al año 2018.

De acuerdo con los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 192 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para la estación pasa de clasificación de “Aceptable” en 2018 a “Mala” en 2020 encontrándose dentro de los valores históricos obtenidos durante los años de monitoreo.
- El ICA-CESTESB pasa de “Buena” calidad en el año 2018 a “Regular calidad” en 2020.
- ICOMO, ICOMI e ICOSUS presentaron un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica (quebrada Pocito) una leve alteración en la calidad del agua, los cuales no pasan de “Bajo” y pueden ser atribuidos a las condiciones climáticas precedentes a las fechas de monitoreo en ambos años, los valores similares obtenidos en las jornadas de monitoreo llevadas a cabo en la corriente, entre otras.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para ambos años en la estación.

Tabla 192. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**



3.7.5. Quebrada Aliñaderos (2616-036-054)

Sobre la quebrada Aliñaderos, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código P03A).

3.7.5.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (8.06) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.46 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (1055 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (19.80 mg/l), Sulfatos (1980.00 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (5027.00 mg/l) y Sólidos Totales (5969.00 mg/l)

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (3.00 mg/l) y DQO (256.00 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (3700000 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (7.50 mg/l) y Nitrógeno (0.23 mg/l de NTK, 0.06 mg/l de NH_3 , 75.26 mg/l de NO_3 y 10.32 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (31.60 mg/l) y Dureza (399.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Aliñaderos a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

3.7.5.2. Análisis comparativo años 2020-2018

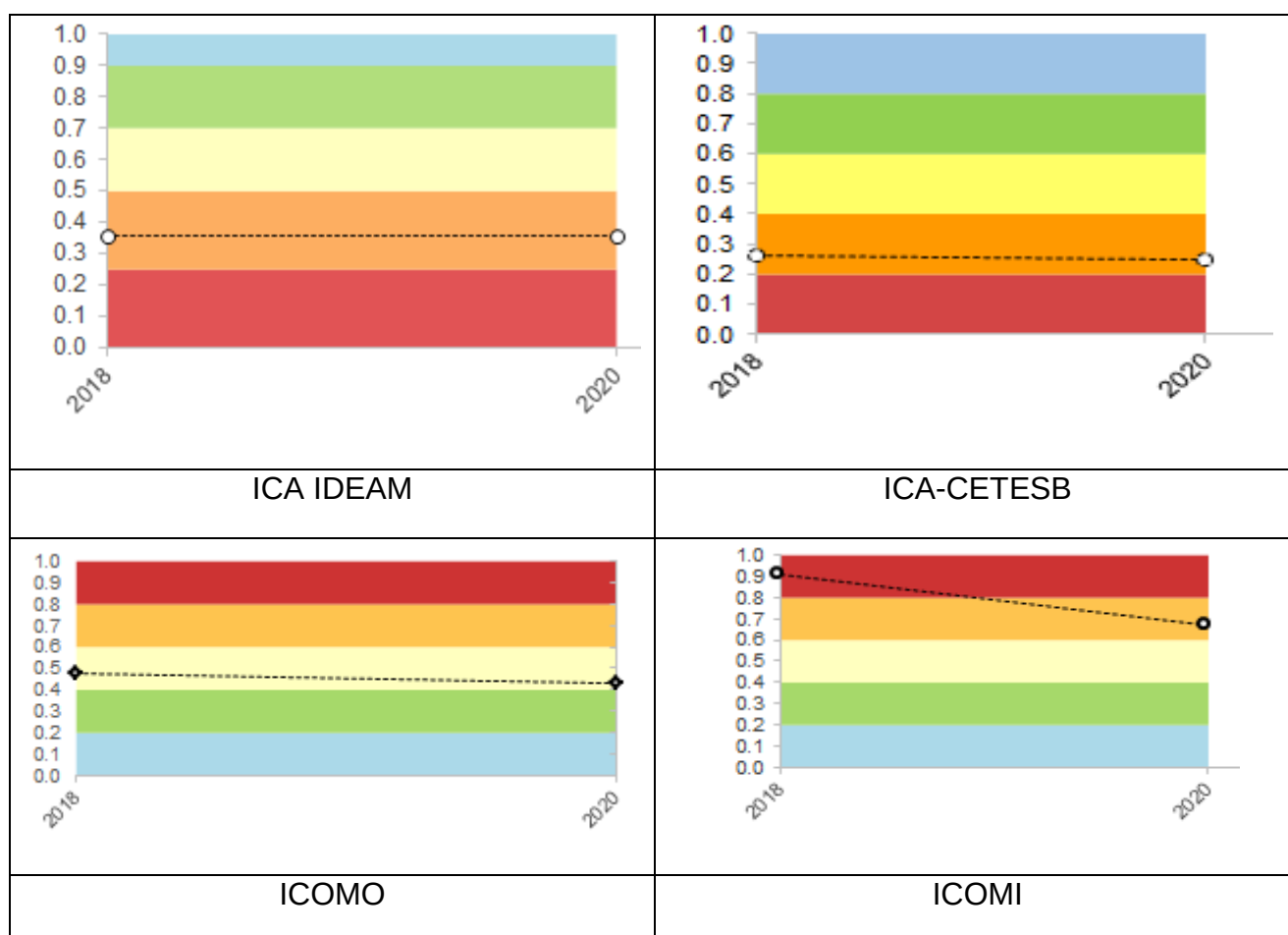
A continuación se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada **Aliñaderos**. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el OD, CE y Coliformes (fecales y totales), siendo estas variaciones no tan diferentes.

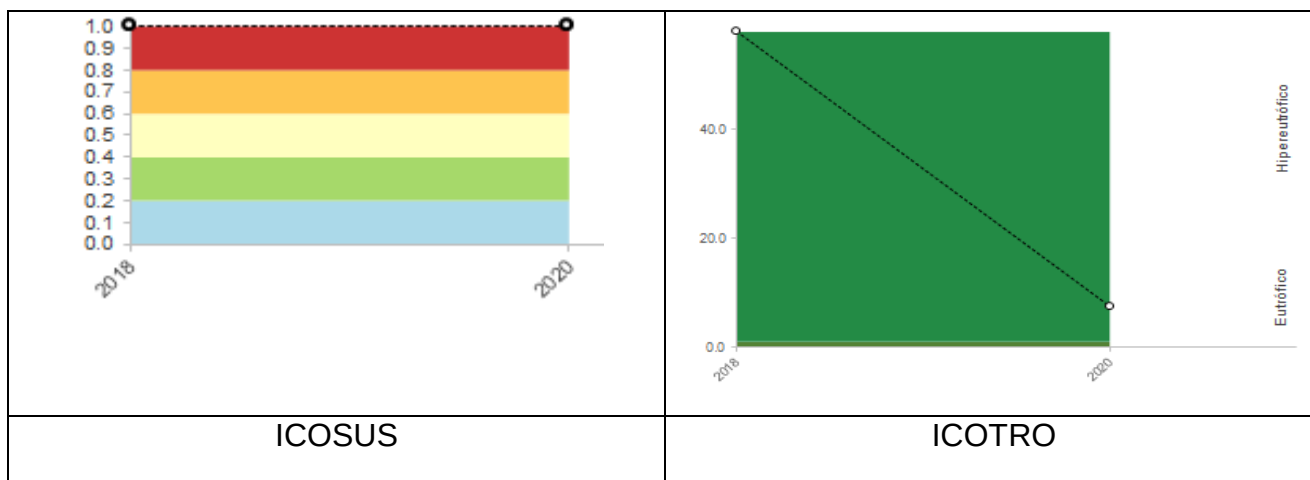
Respecto a Temperatura, DBO_5 , DQO, SST, ST, NT, P, Alcalinidad y Dureza se analiza un aumento en los valores, con diferencia considerable en los valores reportados en el año 2020 respecto al año 2018, y finalmente, alores constantes en pH y Turbidez.

De acuerdo con los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 193 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para la estación permanece en la clasificación de “Mala” en 2018 y 2020.
- El ICA-CESTESB permanece en clasificación de "Mala" calidad en el año 2018 y 2020.
- ICOMO e ICOSUS presentaron un comportamiento similar en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica (quebrada **Aliñaderos**) continuidad en la calidad del agua, los cuales no pasan de “Media” y “Alta”, respectivamente. De acuerdo con el ICOMI, pasa de “Muy Alta” en el año 2018 a “Alta” en el año 2020.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para el año 2020, luego de indicar “Hipereutrófico” en la estación en al año 2018.

Tabla 193. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**





3.7.6. Quebrada Soledad (2616-036-056)

Sobre la quebrada Soledad, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código PO3S).

3.7.6.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.67) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.90 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (129.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (19.80 mg/l), Sulfatos (2050.00 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (3418.00 mg/l) y Sólidos Totales (4066.00 mg/l), los cuales son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y modifican las condiciones de calidad del recurso, también se observa un valor reportado de Turbidez de 150.00 UPC.

Las concentraciones de DBO_5 (3.00 mg/l) y DQO (77.00 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (490000 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (6.64 mg/l y Nitrógeno (0.12 mg/l de NTK, 0.12 mg/l de NH_3 , 27.89 mg/l de NO_3 y 4.85 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (54.60 mg/l) y Dureza (407.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Soledad a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

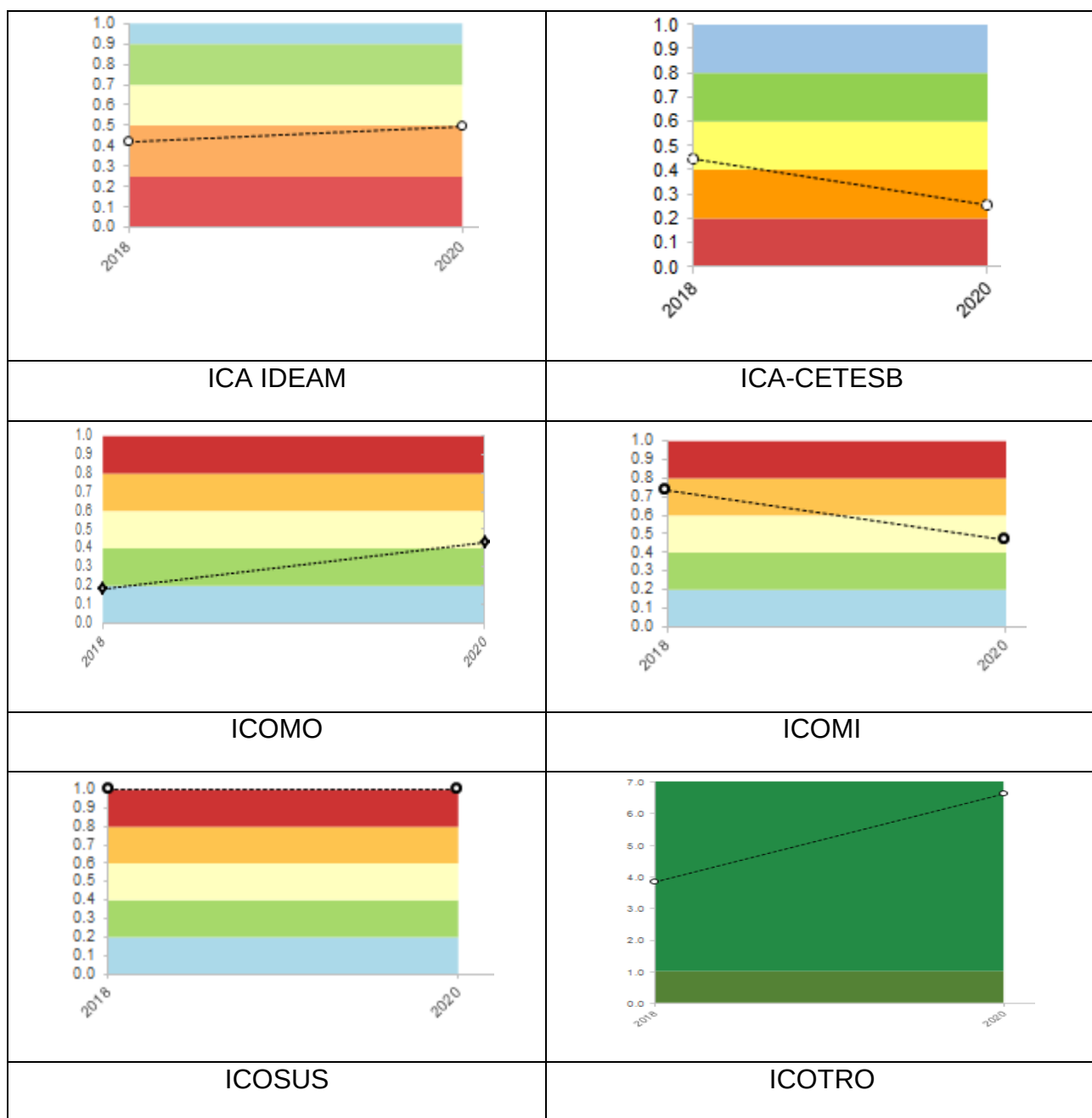
3.7.6.2. Análisis comparativo años 2020-2018

A continuación se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Soledad. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el NTK, Turbidez, Alcalinidad y Dureza siendo estas variaciones no tan diferentes. Sin embargo, se presentaron aumentos en los valores de DBO5, DQO, SST, ST, Coliformes y Fósforo.

De acuerdo con los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 194:

- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 permanece en clasificación de “Mala” en 2018 y 2020.
- El ICA-CESTESB pasa de "Media" calidad en el año 2018 a “Mala” en 2020.
- ICOMO e ICOSUS presentaron diferentes clasificaciones en el 2020 respecto al 2018, siendo de “Media” y “Muy Baja”, respectivamente. Los expresado anteriormente indica para la quebrada Soledad una alteración en la calidad del agua, los cuales son corroborados por el ICOMI e ICOTRO (“Hipereutrófico”).

Tabla 194. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**



3.7.7. Río Pácora (2616-036)

En el río Pacora, se realizó monitoreo en dos estaciones de monitoreo (códigos PA1, PA2) (Figura 158. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.). Este afluente recibe las aguas residuales de la cabecera municipal en la parte alta de su cuenca y también pueden presentar una alta cantidad de vertimientos domésticos las quebradas San Pablo, Peñoles, Castrillona, Bareño y Guarbarada, ésta recibe aguas residuales del centro poblado Castilla. Dentro de los cuerpos de agua con

presencia intermedia de vertimientos domésticos pueden mencionarse las quebradas La Mica, San Antonio y San Miguel (CORPOCALDAS y SAC, 2019).

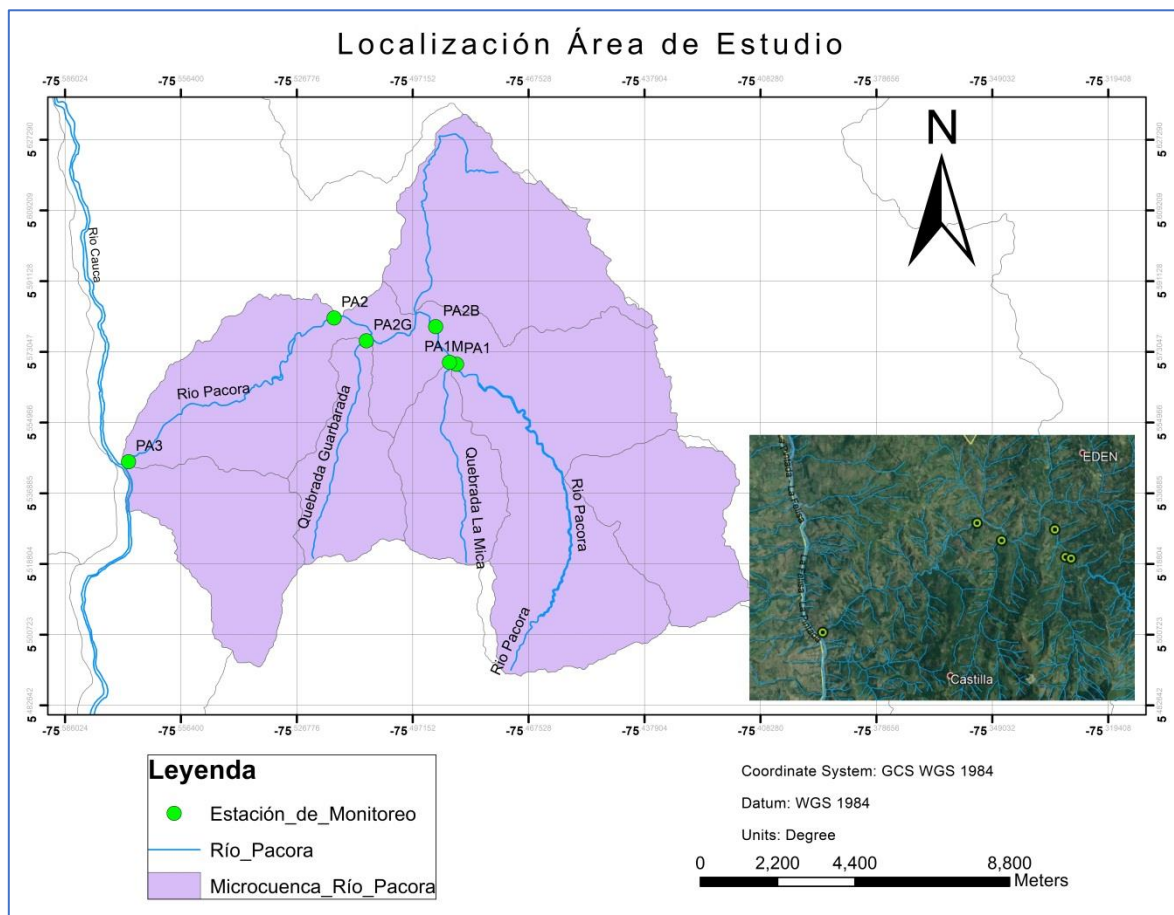


Figura 158. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.

3.7.7.1. Análisis monitoreo año 2020

De manera general, para los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son permisibles, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (promedio 7.64) a pesar de ir en disminución desde la estación PA1 y la estación PA2 y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.88 mg/l en la estación PA1 t 7.66 mg/l y en la estación PA2). Igual comportamiento se analiza en la conductividad (570.80 $\mu\text{S/cm}$ en la estación PA1 y 218.70 $\mu\text{S/cm}$ en la estación PA2).

Para las concentraciones de DBO₅ en las estaciones PA1 y PA2, se encuentran en el límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5.0 mg O₂/L). La concentración encontrada DQO para la estación PA2 se obtuvo el valor más alto, el cual es de 15.70 mg O₂/L, seguido de la estación PA1 con 5.00

mg O₂/L. Por lo tanto, la calidad en la fuente hídrica se observa un aumento en la progresivo en DQO, constante en DBO₅ entre PA1 a PA2.

La concentración de Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Totales tiene un aumento progresivo desde la estación PA1 a la PA2 (95 mg/l a 135 mg/l en ST y 18.00 mg/l en PA1 a 23.00 mg/l en PA2 en SST); similar a la turbidez, quien tiende a aumentar su concentración en la estación PA1 (14.60 mg/l) a la estación PA2 (16.00 mg/l).

Los valores de Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), NH₃, NO₃ y NO₂ presentan una concentración muy diferente en cada una de las estaciones. En el NTK, se observa el valor más alto en la estación PA1 y el más bajo en la estación PA2, similar con el NH₃. Respecto a la NO₃ y NO₂ se tiene un comportamiento similar en el primero (ambas estaciones con un reporte de 4.4 mg/l), pero de disminución en el segundo (0.046 mg/l en PA1 y 0.034 mg/l en PA2).

El Fósforo Total y Fósforo Soluble presentan los valores muy parecidos en ambas estaciones (0.20 mg/L y 0.05 mg/l, respectivamente), observándose una concentración constante a lo largo del cauce. Y finalmente, para los coliformes fecales y totales se pueden notar una disminución.

3.7.7.2. Análisis comparativo años 2020-2018

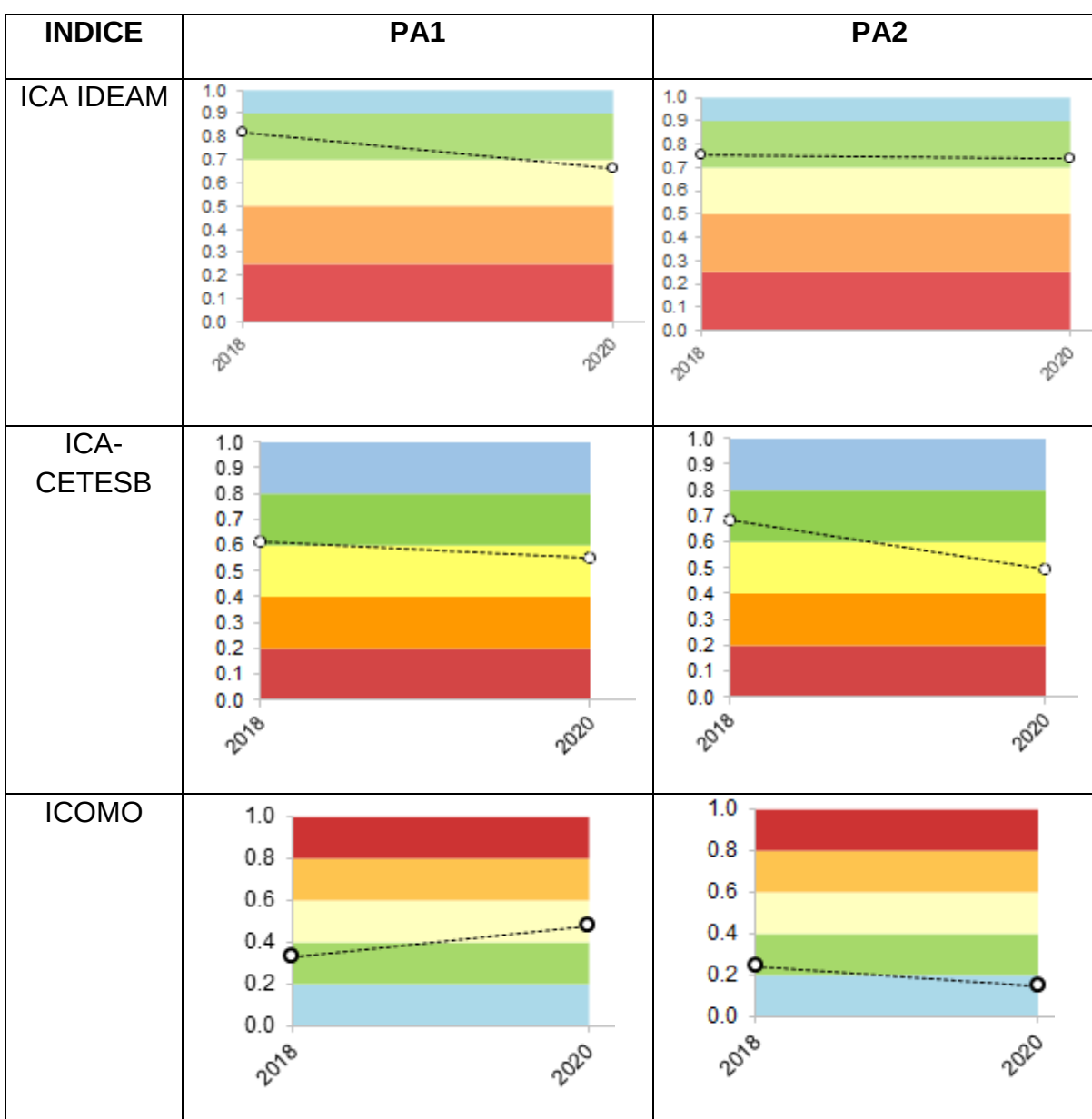
Se relacionan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre el río Pácora. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un aumento en el OD, ST, NTK y Dureza en todas las estaciones, y en la estación PA1 de pH y DQO. De igual manera, la CE, DBO₅, SST, Turbidez, P y Alcalinidad presentan una disminución entre el año 2018 y 2020 para ambas estaciones, y de igual manera, presenta disminución en pH, DQO y NTK en la estación PA2.

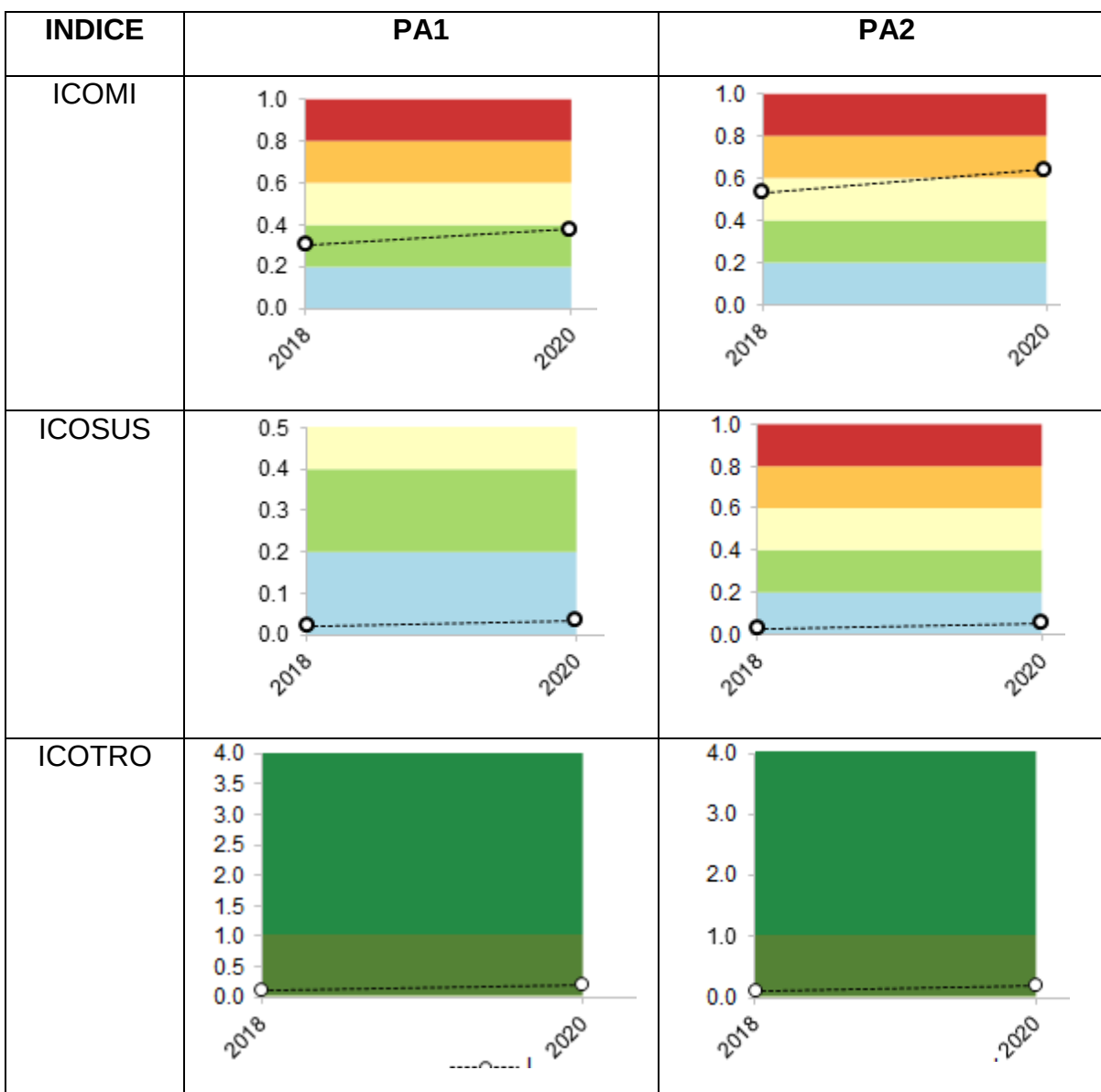
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 195. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**que:

- En general, la estación PA01 ha reducido la calidad del agua respecto a la PA02 en el año 2018 y 2020.
- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para la estación PA1 y PA2 es de clasificación de “Aceptable” en 2018 y en esta primera la estación pasa a ser de clasificación “Regular” al año 2020, aunque la PA2 tiene una tendencia a presentar esta misma calificación a futuro.

- De acuerdo con el ICA-CETESB, la calidad es de clasificación “Regular” para las dos estaciones. Sin embargo, en las estaciones PA1 y PA2 se aprecian una disminución en dicha calidad respecto al año 2018.
- De acuerdo con el ICOMO en ambas estaciones, la estación PA2 presenta una calidad mejor que la estación PA1 al año 2020, presentó un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para ambos años en las estaciones.

Tabla 195. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**





3.7.8. Quebrada Guarbarada (2616-036-025)

Sobre la quebrada Guarbarada, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código PA2G).

3.7.8.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.98) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.61 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (200.7 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (3.47

mg/l), Sulfatos (23.20 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (17.00 mg/l) y Sólidos Totales (150.00 mg/l); en relación con la Turbidez esta se reportó de 12.20 UPC.

También se observa que las concentraciones de DBO₅ (5.00 mg/l) y DQO (5.00 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (18000 UFC/ml), por origen doméstico.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.86 mg/l) y Nitrógeno (1.28 mg/l de NTK, 0.70 mg/l de NH₃, 4.40 mg/l de NO₃ y 0.008 mg/l de NO₂), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (92.10 mg/l) y Dureza (81.20 mg/l) al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Guarbarada a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

3.7.8.2. Análisis comparativo años 2020-2018

Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Guarbarada. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el pH, DBO₅, ST, SST, NTK, Turbidez, P y Coliformes (fecales y totales), siendo estas variaciones no tan diferentes.

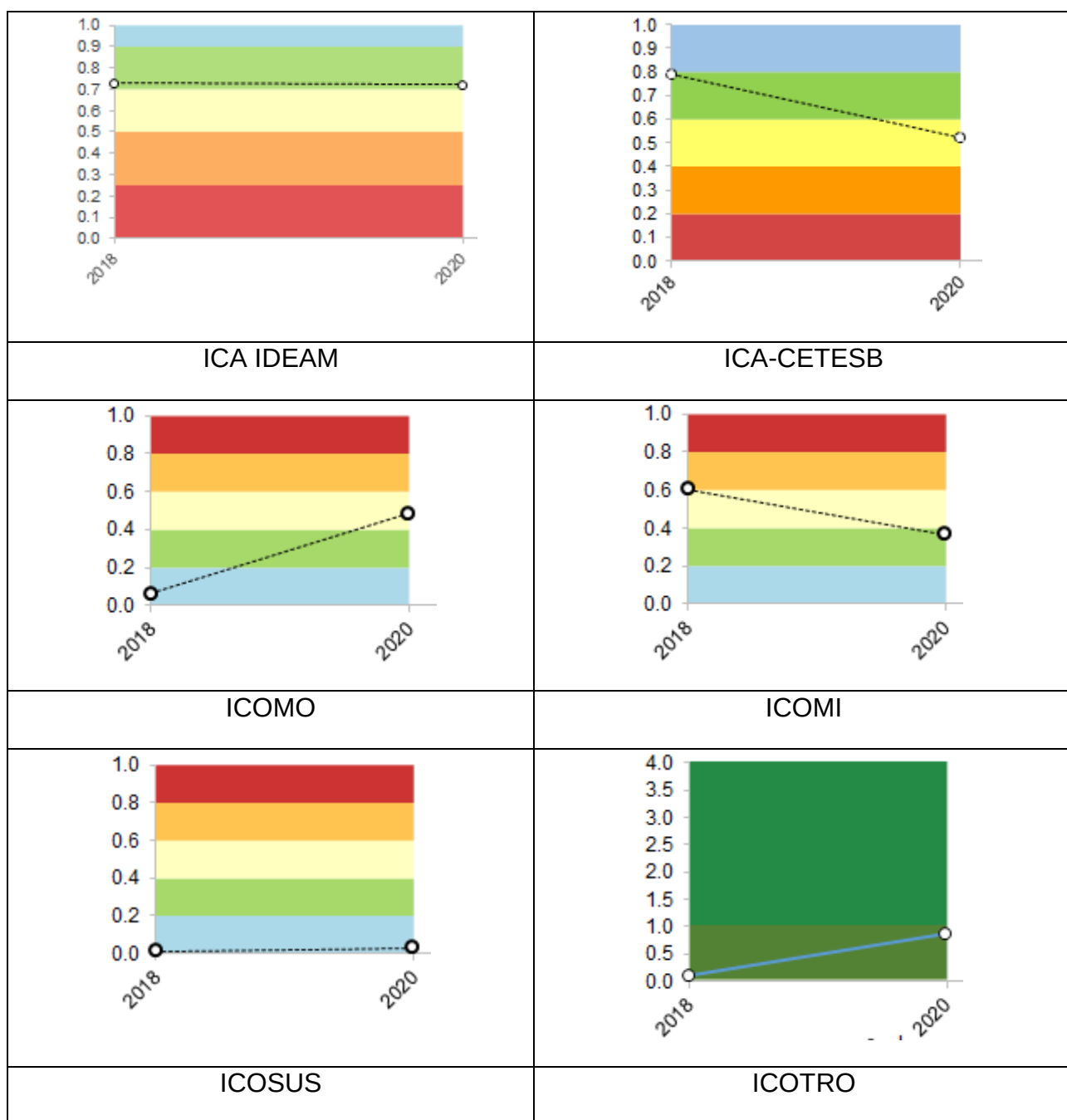
Respecto a Temperatura, OD, DQO y Alcalinidad se analiza un aumento en los valores, pero no muy distantes. La CE se reporta con un valor similar, el cual se asume constante.

De acuerdo con los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 196 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para la estación permanece en la clasificación de "Aceptable" en 2018 y 2020.
- El ICA-CESTESB permanece en clasificación de "Aceptable" calidad a "Regular" entre el año 2018 y 2020.

- El ICOMO presenta una alteración en la calidad en el 2020, pero una mejoría en el análisis del ICOMI respecto a los valores reportados en el año 2018, lo cual poder ser corroborado con la clasificación del ICOSUS (“Muy Baja”).
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para el año 2020, aunque tiende a presentar una amenaza de cambiar a estado “Hipertrofica” en el futuro de seguirse alterando la calidad del agua.

Tabla 196. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**



3.7.9. Quebrada La Mica (2636-036-034)

Sobre la quebrada La Mica, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código PA1M).

3.7.9.1. Análisis monitoreo año 2020

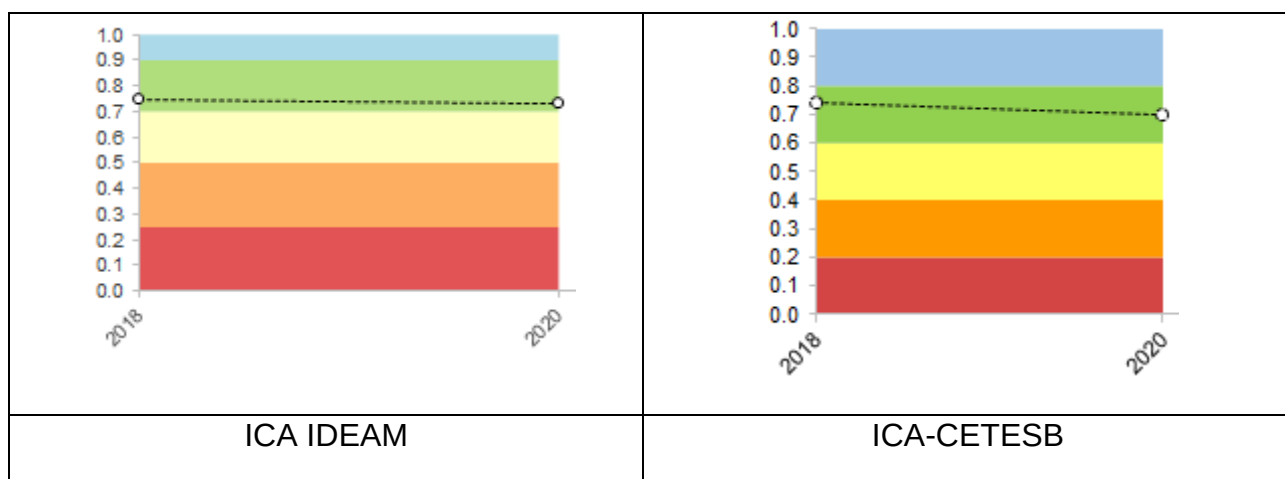
De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.62) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.80 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (178.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

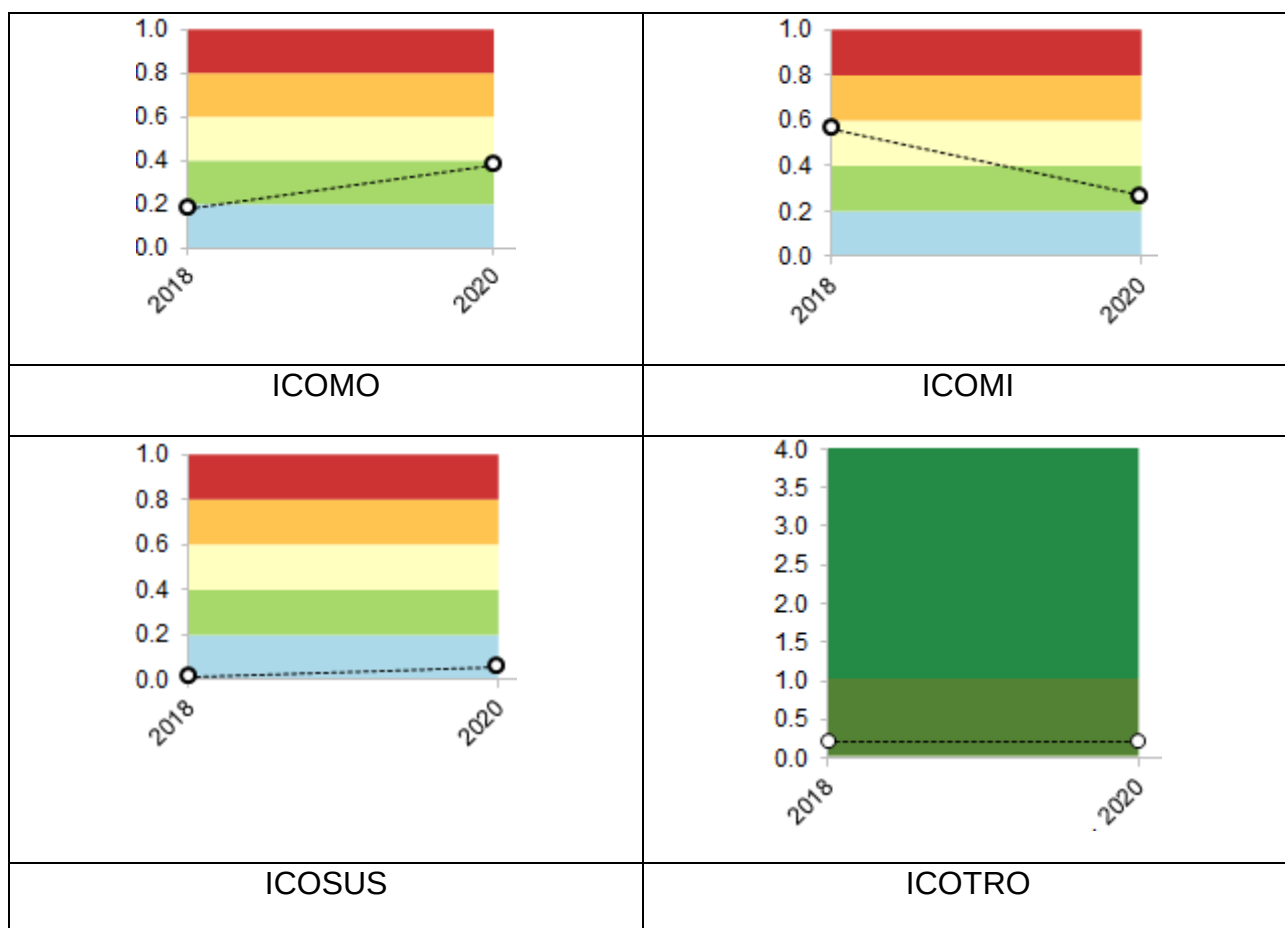
También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (5.00 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente.

3.7.9.2. Análisis comparativo años 2020-2018

A continuación se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada **La Mica**. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en la CE (pasando de 178.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 171.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y un valor de pH constante. Aunque los índices asociados a la calidad que se relacionan en la Tabla 197 deduce una buena calidad del agua, se aclara que uno de los factores que posiblemente inciden en dichos resultados es el número de parámetros analizados, los cuales en esta jornada de monitoreo fueron pocos, lo que ayuda a no definir con mayor detalle la calidad real del agua de esta fuente hídrica. Por ende, se recomienda en futuros estudios, contemplar el análisis de un mayor número de parámetros.

Tabla 197. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.





3.7.10. Quebrada Bareño (2616-036-029)

Sobre la quebrada **Bareño**, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código PA2B).

3.7.10.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.51) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno Disuelto (7.88 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores mayores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (570.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Respecto a la presencia Cloruros (3.47 mg/l) y Sulfatos (23.20 mg/l), éstos son de 2.48 mg/l y 167.0 gm/l.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas con Sólidos Suspendidos Totales (10.00 mg/l) y Sólidos Totales (137.00 mg/l) y la Turbidez la cual se reportó de 8.30 UPC.

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (1.95 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos

índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (5600 UFC/ml).

De acuerdo con el contenido de Fósforo (1.29 mg/l) y Nitrógeno (0.35 mg/l de NTK, 0.23 mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.002 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (143.00 mg/l) y Dureza (250.00 mg/l) al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Bareño a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

3.7.10.2. Análisis comparativo años 2020-2018

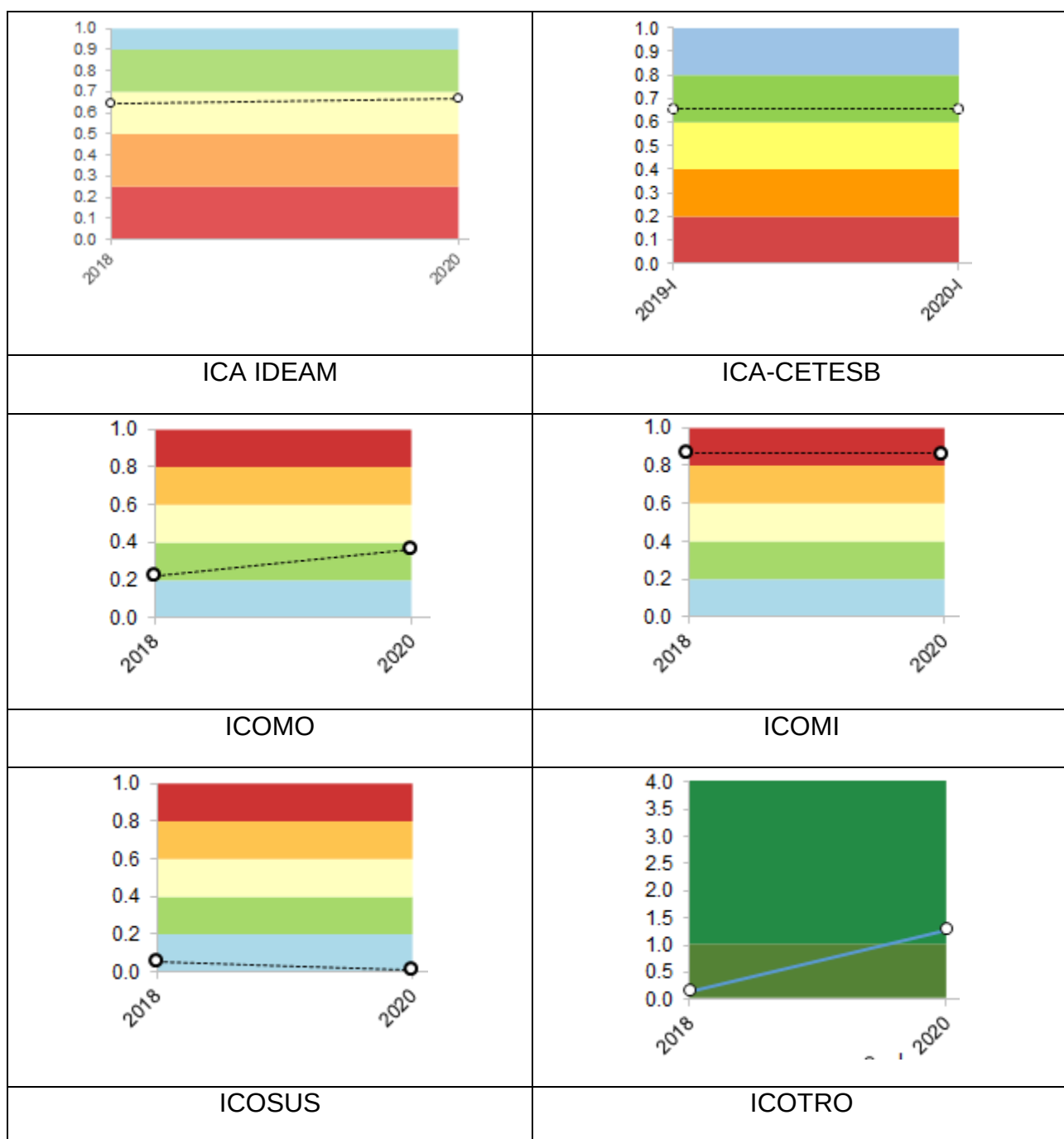
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada **Bareño**. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el CE, DBO_5 , P y Coliformes totales, siendo estas variaciones no tan diferentes.

Respecto a Temperatura, OD, pH, DQO, ST, SST, Turbidez, NTK, Alcalinidad y coliformes se analiza un aumento en los valores, pero no muy distantes.

De acuerdo con los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 198 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para la estación permanece en la clasificación de “Regular” en 2018 y 2020.
- El ICA-CESTESB permanece en clasificación de "Regular" calidad a “Regular” entre el año 2018 y 2020.
- El ICOMO e ICOSUS presenta una buena calidad en el 2020, debido a que sus clasificaciones oscilan entre “Baja” y “Muy Baja”, pero una clasificación en el análisis del ICOMI de “Muy Alta”, asociado a baja calidad.
- El ICOTRO dio como resultado “Hipereutrófico” para el año 2020, respecto a la clasificación obtenida en el año 2018.

Tabla 198. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.



3.7.11. Río Tapias (2616-114)

Sobre la cabecera del río Tapias, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código PO1, PO2, PO3, PO4 al igual que los puntos con código TP1, TP2, TP3 y TP4 (ver Figura 159).

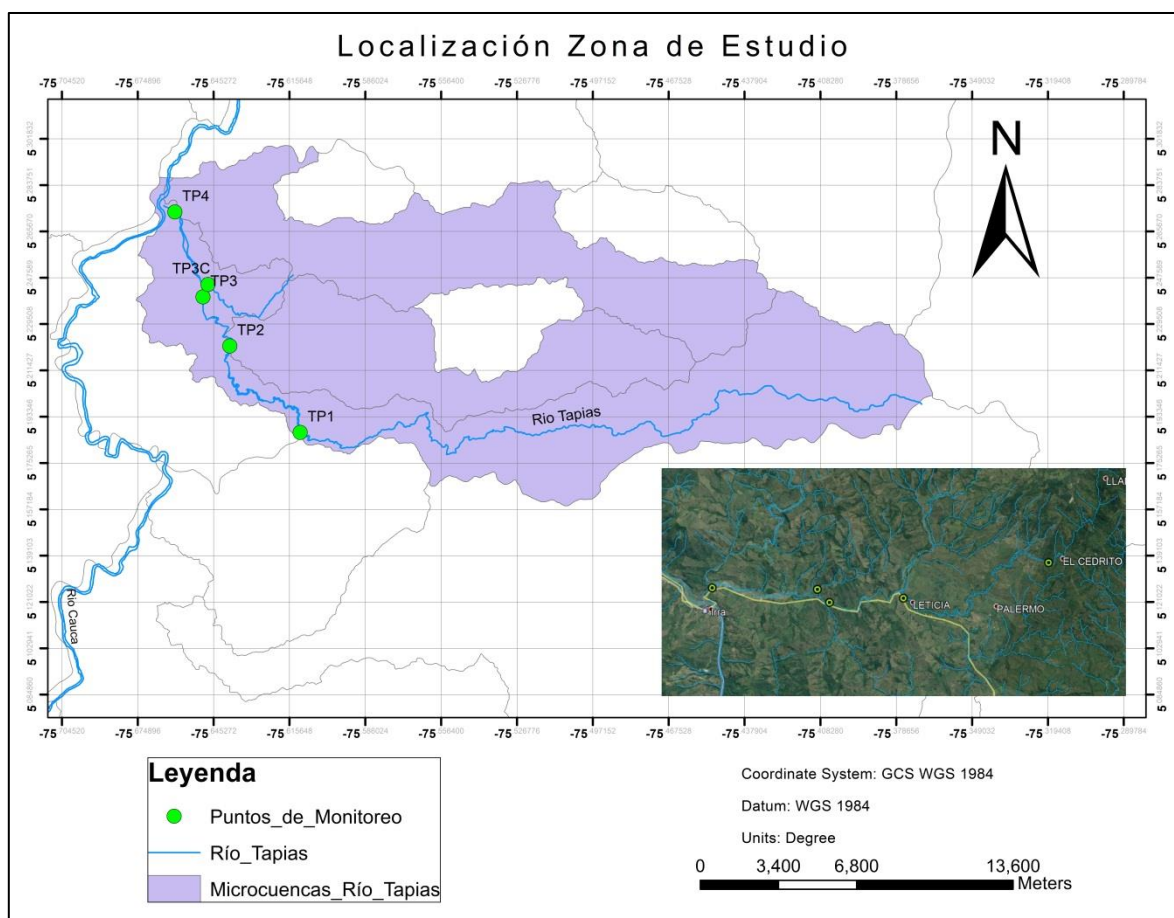


Figura 159. **Espacialización puntos de monitoreo año 2020.**

Es necesario tener en cuenta que el río Tapias durante su recorrido recibe los vertimientos del municipio de Neira y Aránzazu incorporados a través de la quebrada Calentaderos, Río Tareas y Quebrada La Honda. Aparte de las cabeceras municipales, una cantidad alta de vertimientos domésticos se espera en la parte media de la cuenca del río Tapias donde se presenta la densidad de construcciones más significativa (CORPOCALDAS y SAC, 2019).

3.7.11.1. **Análisis monitoreo año 2020**

De manera general se observa que en el río Tapias hay una influencia de la calidad reportada en las estaciones TP1, TP2, TP3 y TP4, donde en esta última se atribuye la dinámica identificada en el estudio de CORPOCALDAS y SAC (2019).

Respecto a los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.26 en promedio) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.95 mg/l en promedio), por su parte la conductividad presenta valores cercanos a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (284.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En promedio para los Cloruros (8.30 mg/l) y Sulfatos (47.10 mg/l). Sin embargo, y tal como se afirmó anteriormente, A partir de la estación tp4 se elevan los valores reportados de éstos llegando a ser de 12.60 mg/l en Cloruros y 79.60 mg/l en Sulfatos.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (40.50 mg/l en promedio para PO1 y PO2) y Sólidos Totales (238.00 mg/l en promedio), el estudio de SAC y CORPOCALDAS (2019) aducen que éstas son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y modifican las condiciones de calidad del recurso, después de la estación PO3.

También se observa que las concentraciones de DBO₅ (5.00 mg/l en promedio) y DQO (11.01 mg/l en promedio).

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.765 mg/l en promedio) y Nitrógeno (1.81 mg/l DE NTK, 0.48 mg/l de NH₃, 4.40 mg/l de NO₃ y 0.17 mg/l de NO₂), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (90.32 mg/l) indican posible similitud con la Dureza (94.20 mg/l en promedio).

3.7.11.2. Análisis comparativo años 2020-2018

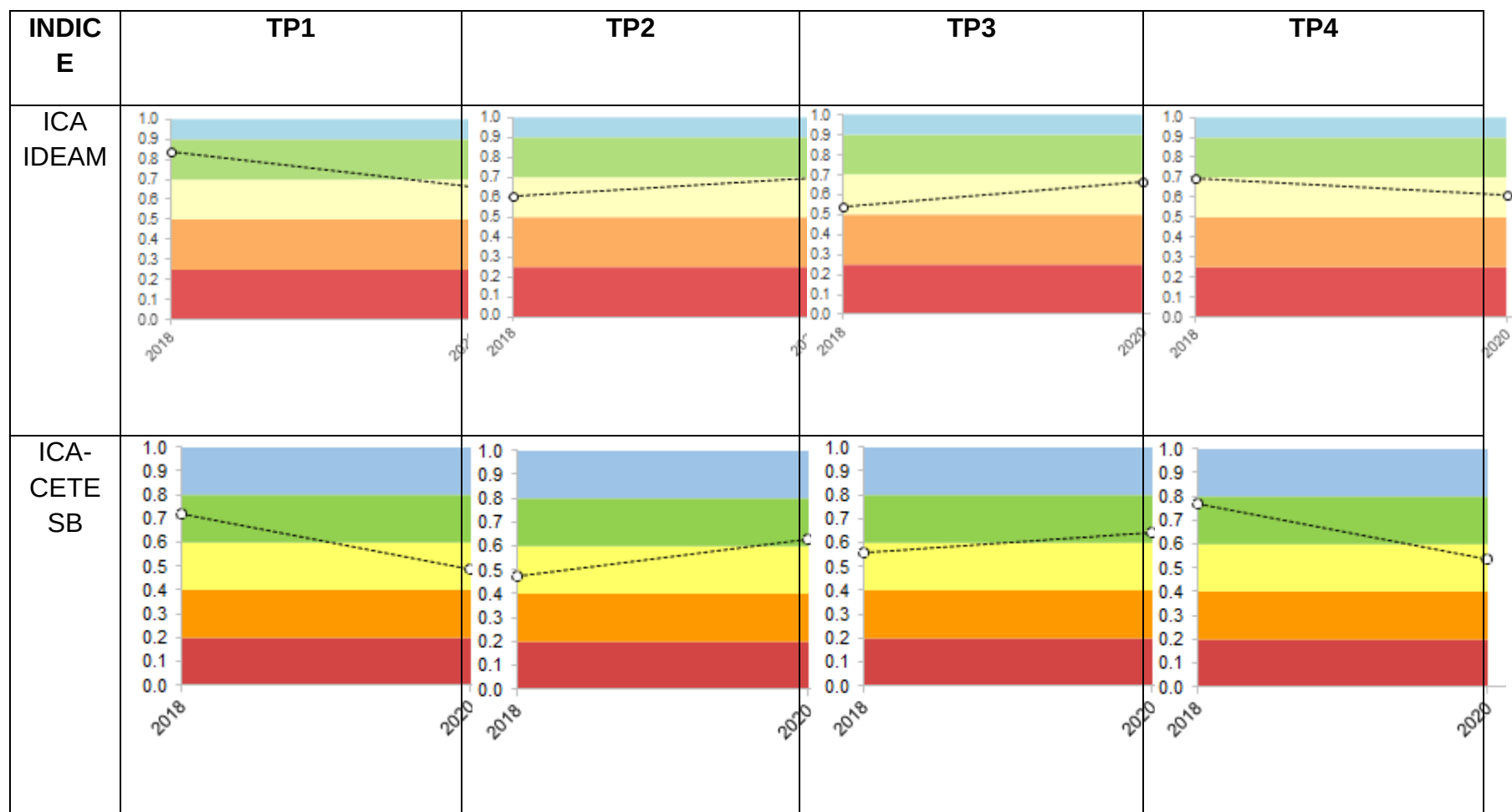
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre el río Tapias. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta una disminución en el pH y DQO en todas las estaciones, OD en la estación TP1, ST y SST en las estaciones y TP2 y TP3. De igual manera, Se observan aumentos en CE y DBO₅ en todas las estaciones y de Turbiedad, SST, ST y Coliformes en las estaciones TP1 y TP4 principalmente.

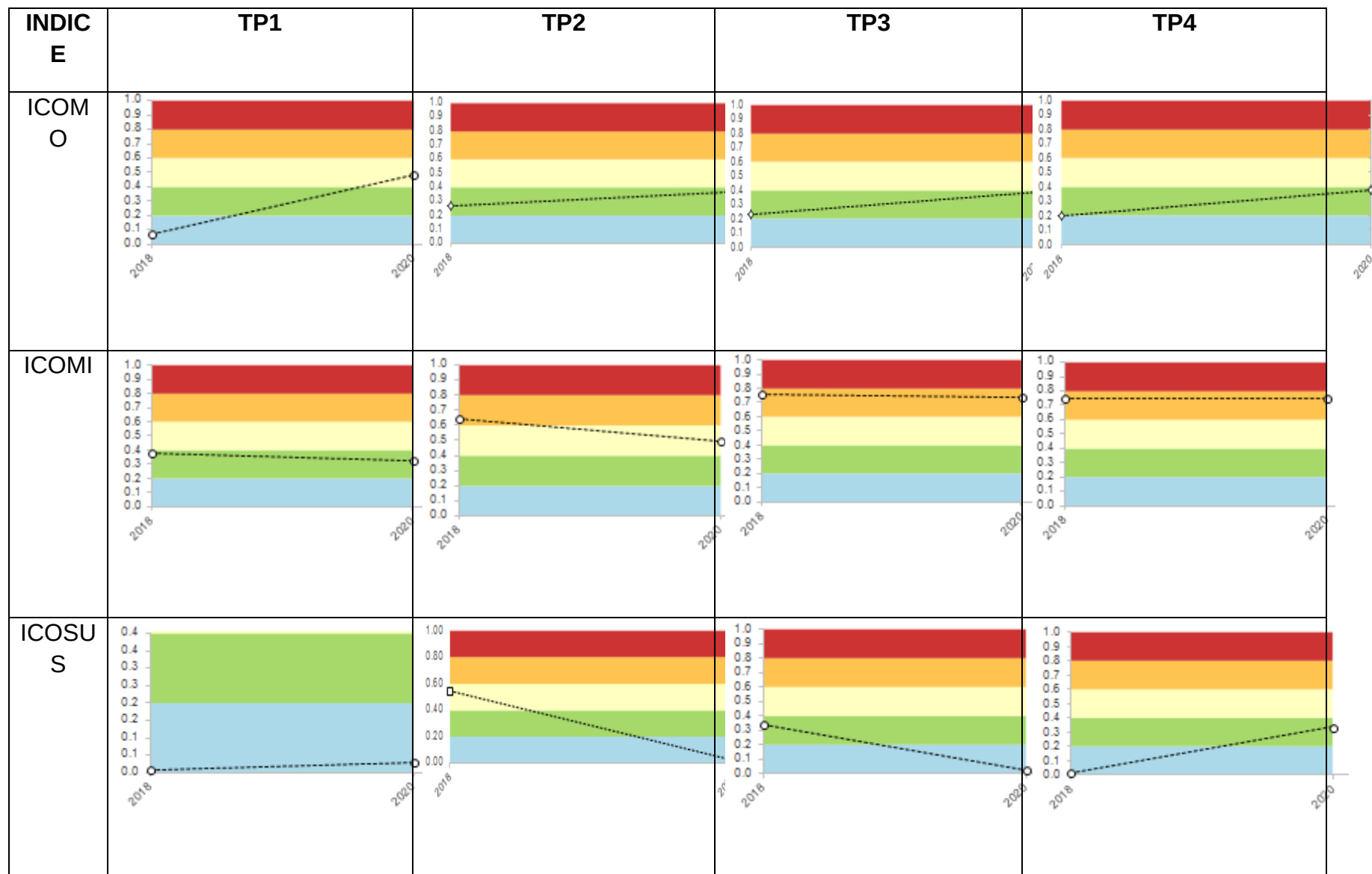
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 199 que:

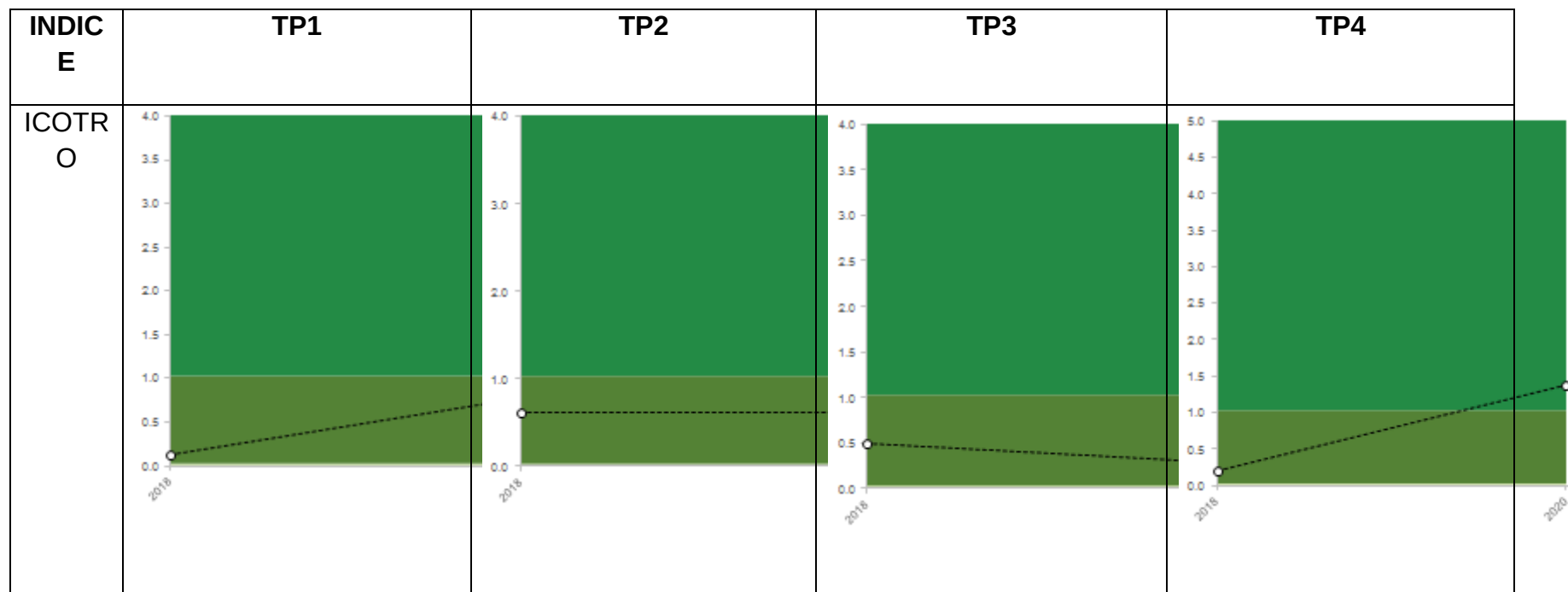
- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para todas las estaciones son de clasificación de “Regular”. Sin embargo, en la estación TP1 el año 2018 registra una calidad “Aceptable”.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Regular” para las estaciones TP2 y TP3. Sin embargo, en las estaciones TP1 y TP4 se aprecia una disminución en dicha calidad respecto al año 2018, debido a que pasa de "Regular".

- ICOMO, presentó un comportamiento similar en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica una clasificación en la calidad del agua “Regular”.
- El ICOMI registra en las dos primeras estaciones una calidad “Media” y “Baja” para las estaciones TP1 y TP2, respectivamente. Sin embargo, en las estaciones TP3 y TP4 la clasificación del ICOMO es de “Alto”.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para ambos años en la estación excepto en la estación TP4 donde se clasifica como “Hipereutrofico” para el año 2020.

Tabla 199. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.







3.7.12. Quebrada La Honda (2616-114-001)

En la quebrada La Honda (ver Figura 160), se realizó monitoreo en tres estaciones de monitoreo (códigos QH1, QH2, QH3).

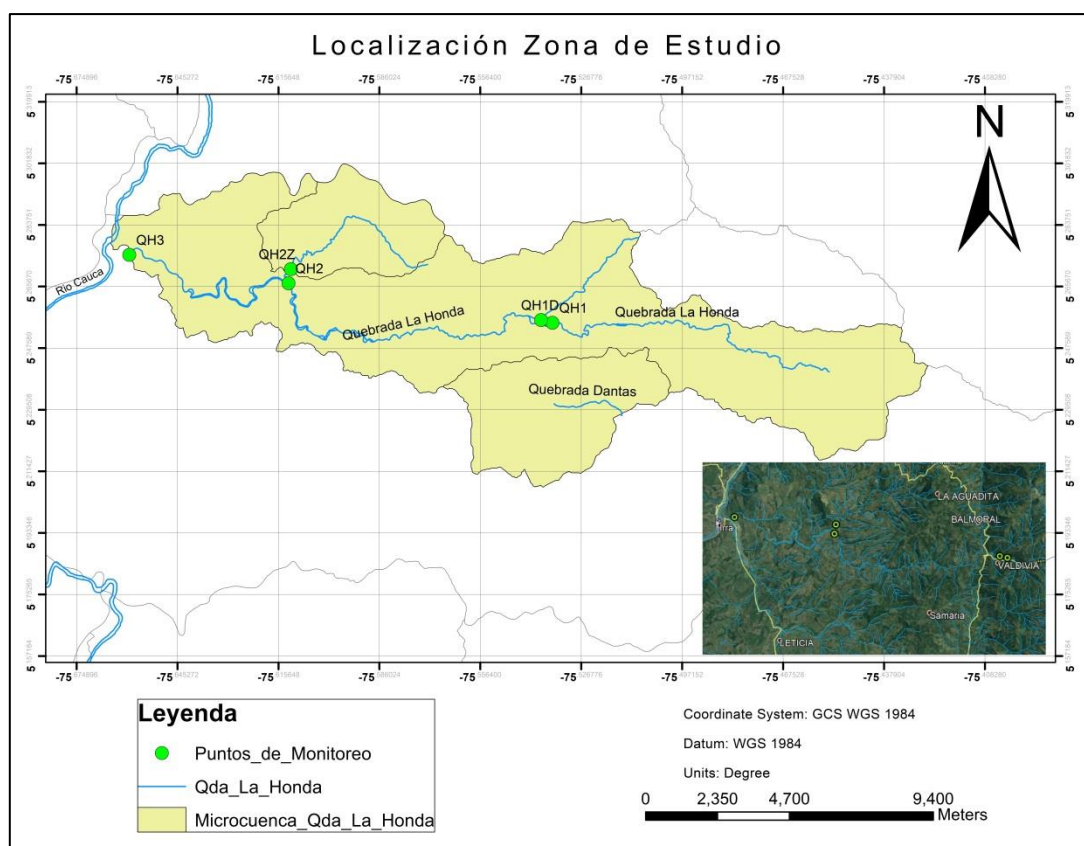


Figura 160. Especialización puntos de monitoreo año 2020.

3.7.12.1. Análisis monitoreo año 2020

De manera general, para los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son permisibles, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH a pesar de ir en aumento desde la estación QH1 a la estación QH3 y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (6.60 mg/l en la estación QH1, 8.26 mg/l en la estación QH2 y 8.48 mg/l en la estación QH3). Igual comportamiento se analiza en la conductividad (132.10 μ S/cm en la estación QH1, 173.50 μ S/cm en la estación QH2 y 328.00 μ S/cm en la estación QH3).

Para las concentraciones de DBO₅ en las estaciones QH1 y QH3, se encuentran en el límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5,0 mg O₂/L) y la estación QH2 excede el límite. La concentración encontrada DQO para la estación QH2 se obtuvo el valor más alto, el cual es de 24.90 mg O₂/L, seguido de la estación QH1 con 20.30 mg O₂/L y finalmente la estación QH3 con 6.55 mg O₂/L. Por lo tanto, la calidad en la fuente hídrica se observa un aumento en

la DBO y DQO en el tramo que corresponde desde la estación QH1 a la QH2 y una disminución desde la estación QH2 a la QH3, posiblemente dado por una recuperación de dicha fuente hídrica.

La concentración de Sólidos totales, Sólidos suspendidos totales y la turbidez tienen una tendencia a aumentar su concentración de la estación QH1 (157.00 mg/l, 46.00 mg/l y 26.00 mg/l, respectivamente) a la estación QH2 (402.00 mg/l, 575.00 mg/l y 180.00 mg/l, respectivamente), y disminuir de la estación QH2 a la QH3 (243.00 mg/l, 10.00 mg/l y 8.10 mg/l, respectivamente).

Los valores de nitritos y nitratos también disminuyen sus concentraciones de una estación a otra, especialmente de la estación QH2 a la H3. Sin embargo, no se puede definir implícitamente un comportamiento similar al relacionado anteriormente debido a que no se realizaron análisis de Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK) y NH₃. Así mismo, los valores de Fósforo Total y Fósforo Soluble presentan los valores más altos en la estación QH2 (27.50 mg/L y 25.60 mg/l, respectivamente), en comparación a la estación QH1 (3.03 y 0.09, respectivamente) y QH3 (0.21 mg/L y 0.05 mg/l, respectivamente).

Los coliformes fecales y totales se puede notar un aumento en la concentración de la estación QH1 a la estación QH2, esto posiblemente se puede atribuir a los aportes de vertimientos residuales antes de la estación QH2. Sin embargo, en la estación QH3 se reportaron los alores más bajos de coliformes totales y fecales en la fuente hídrica (4900 UFC/mL y 500 UFC/mL, respectivamente).

3.7.12.2. Análisis comparativo años 2020-2018

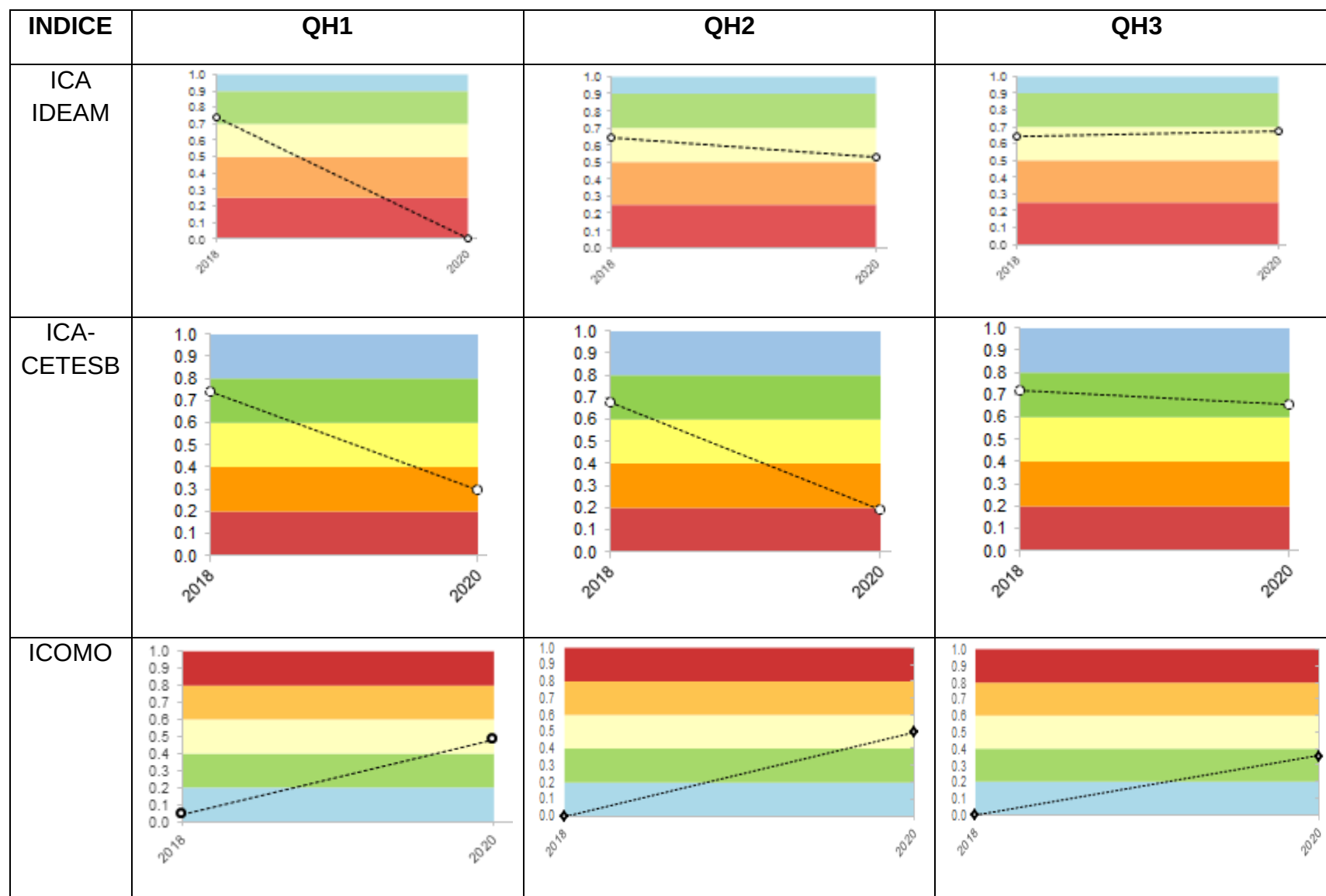
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada **La Honda**. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un comportamiento particular en la estación QH1, donde se alteran las condiciones de calidad.

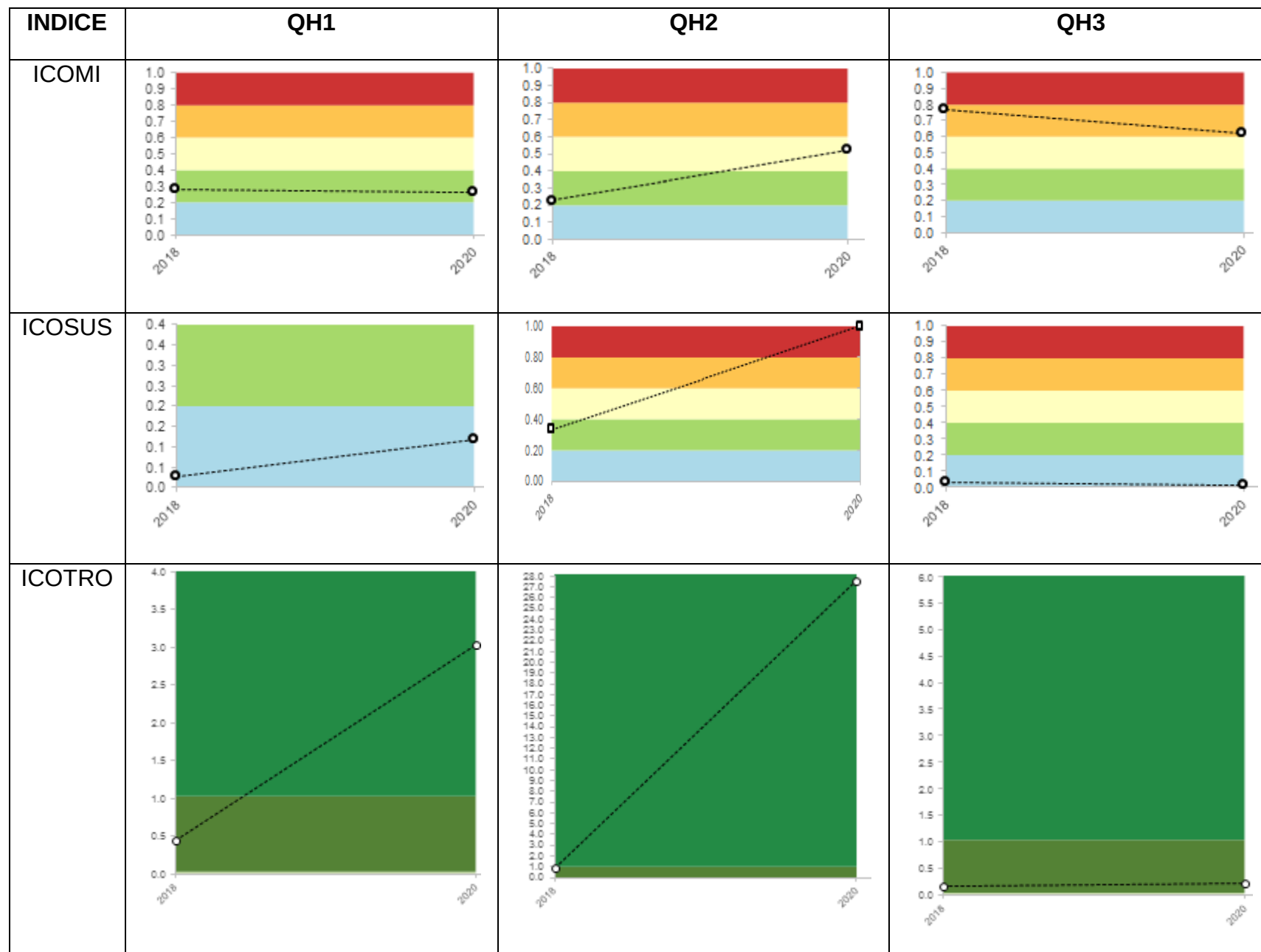
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 200 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para la estación QH1 “Aceptable” en 2018 y en la estación PO3 pasa a ser de clasificación “Mala”, la cual permanece en el mismo rango en el año 2020 respecto al año 2018.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Mala” para las dos primeras estaciones. Sin embargo, en las estaciones QH3 se aprecia que la calidad permanece igual respecto al año 2018, debido a que pasa sigue de clasificación “Buena”.

- El ICOMO presentó un comportamiento descendiente en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica una alteración en la calidad del agua, los cuales pueden ser atribuidos a mayor concentración de concentración de carga contaminante en los vertimientos de aguas residuales identificados, los caudales de la fuente en la fecha de los monitoreos, al igual que las condiciones climáticas precedentes a las fechas de monitoreo, entre otras.
- El ICOSUS refleja una clasificación de “Muy Alta” en la estación QH2.
- El ICOTRO dio como resultado “Hipereutrófico” para el año 2020 en las estaciones QH1 y QH2.

Tabla 200. Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.





3.7.13. Quebrada Sardinas (2616-114-008-024)

Sobre la quebrada Sardinas, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código TR1S).

3.7.13.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.99) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.40 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (413.0 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (28.00 mg/l), Sulfatos (77.30 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (12.00 mg/l), Sólidos Totales (272.00 mg/l) y Turbidez (7.60 UPC).

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (7.13 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (1700 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.29 mg/l y Nitrógeno (7.19 mg/l de NTK, 0.06 mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.01 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (98.20 mg/l) y Dureza (131.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio.

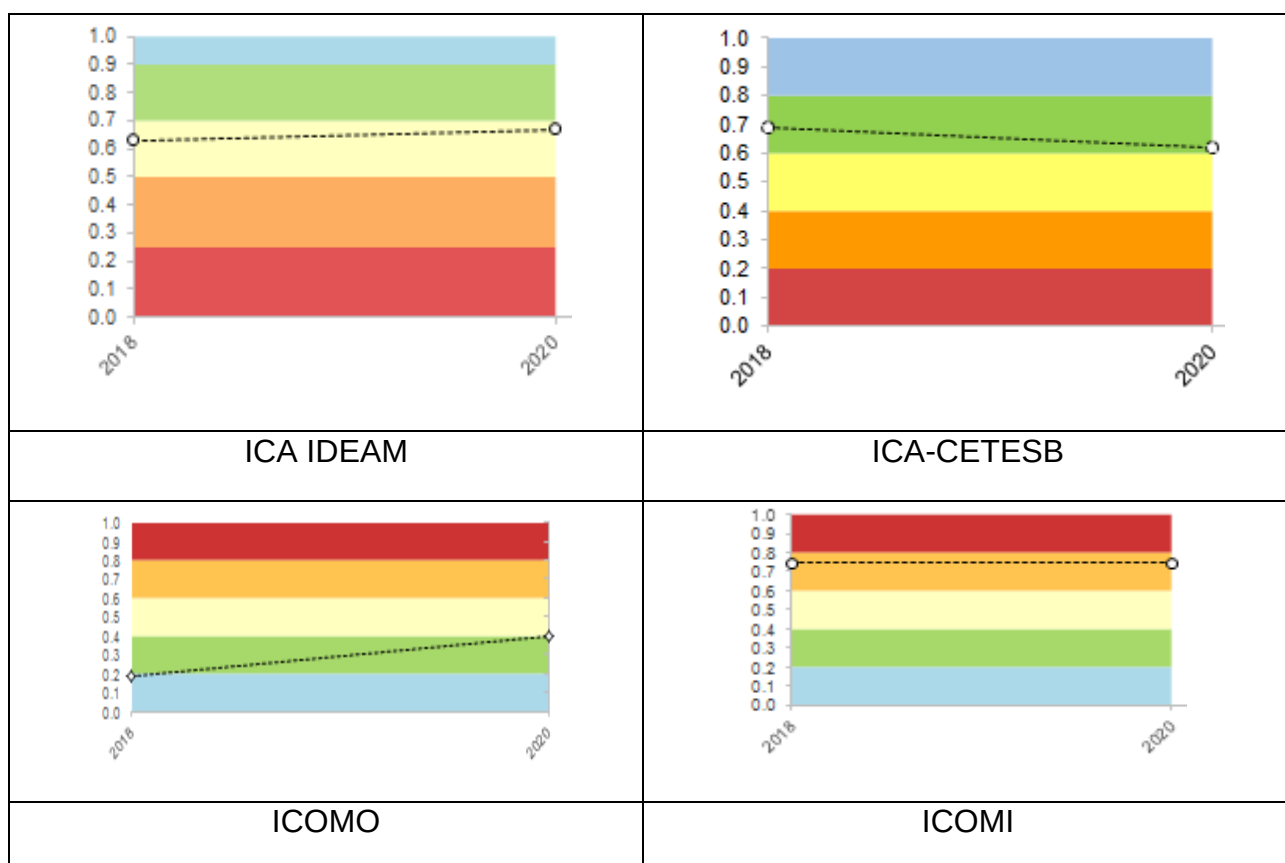
3.7.13.2. Análisis comparativo años 2020-2018

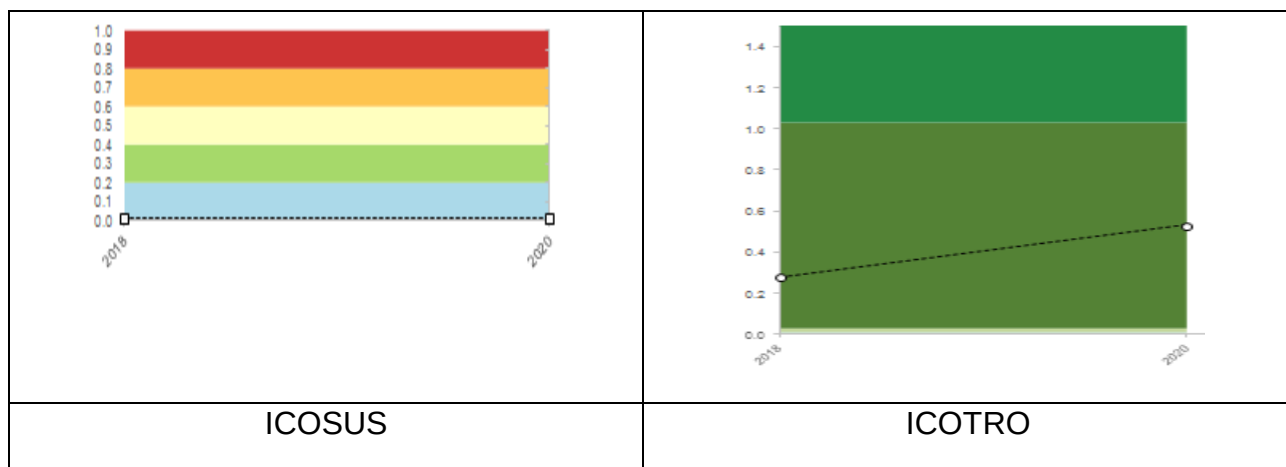
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada **Sardinas**. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un comportamiento particular en la estación TR1S, donde se alteran las condiciones de calidad.

Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 201 que:

- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2020 para la estación QH1 “Regular” en 2018 y 2020.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Buena” para los dos años.
- El ICOMO presentó un comportamiento descendiente en el 2020 respecto al 2018, lo que indica para la fuente hídrica una alteración en la calidad del agua. Sin embargo, el ICOMI siempre reporta durante los dos años una clasificación “Alta”.
- El ICOSUS refleja una clasificación de “Muy Baja” en la estación de monitoreo
- El ICOTRO dio como resultado “eutrófico” para ambos años.

Tabla 201. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**





3.7.14. Quebrada Zabaleta (2616-14-001-011)

Sobre la quebrada Zabaleta, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código QH2Z).

3.7.14.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (7.89) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.67 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (457 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (4.22 mg/l), Sulfatos (27.70 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente, aunque como se puede apreciar su relación con la Turbidez (5.50 UPC), que depende de materiales en suspensión en el agua tales como: sedimentos, microorganismos, jabón.

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (3.00 mg/l) y DQO (5.40 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (600 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (ND mg/l y Nitrógeno (13.90 mg/l de NTK, 0.12 mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.001 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez

más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

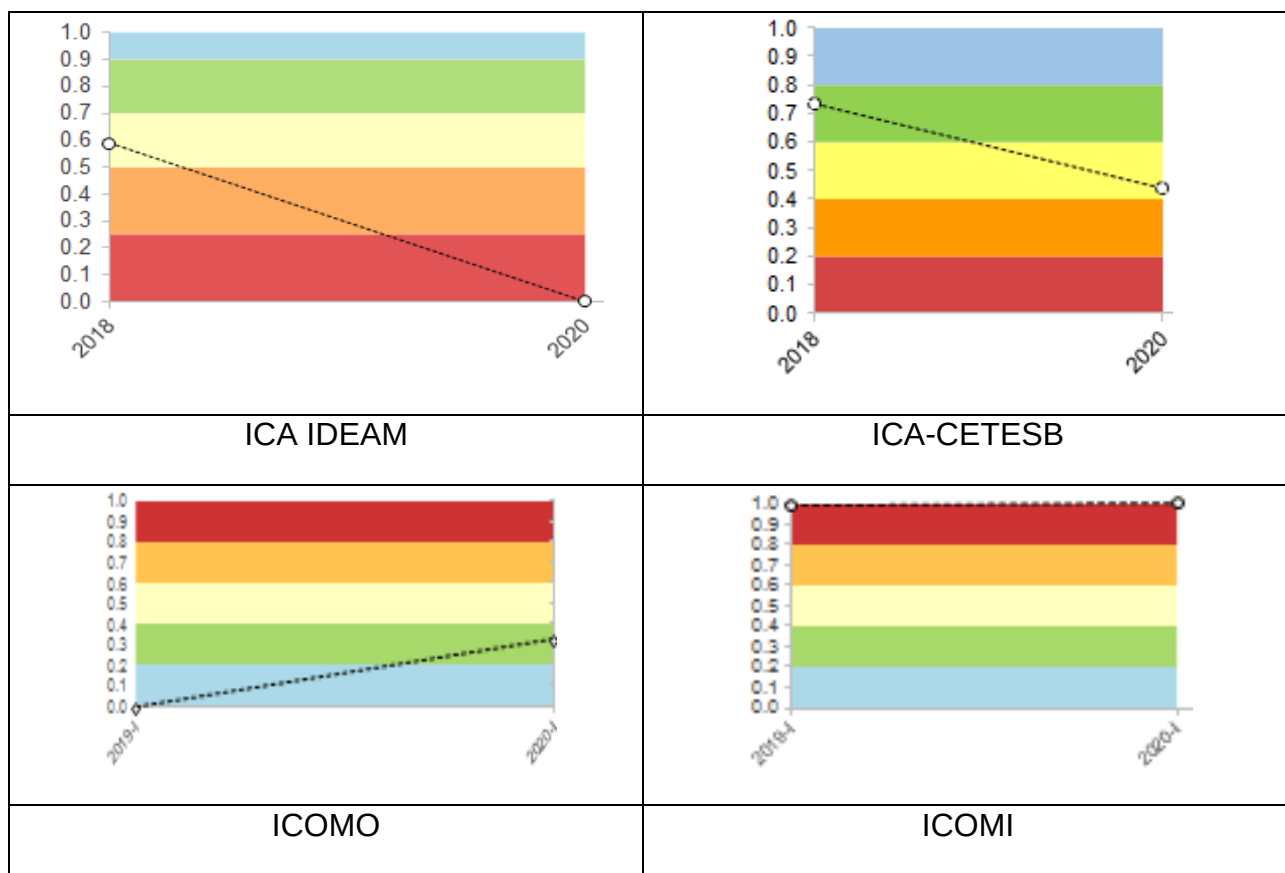
Por último, las concentraciones de Alcalinidad (54.60 mg/l) y Dureza (407.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Soledad a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

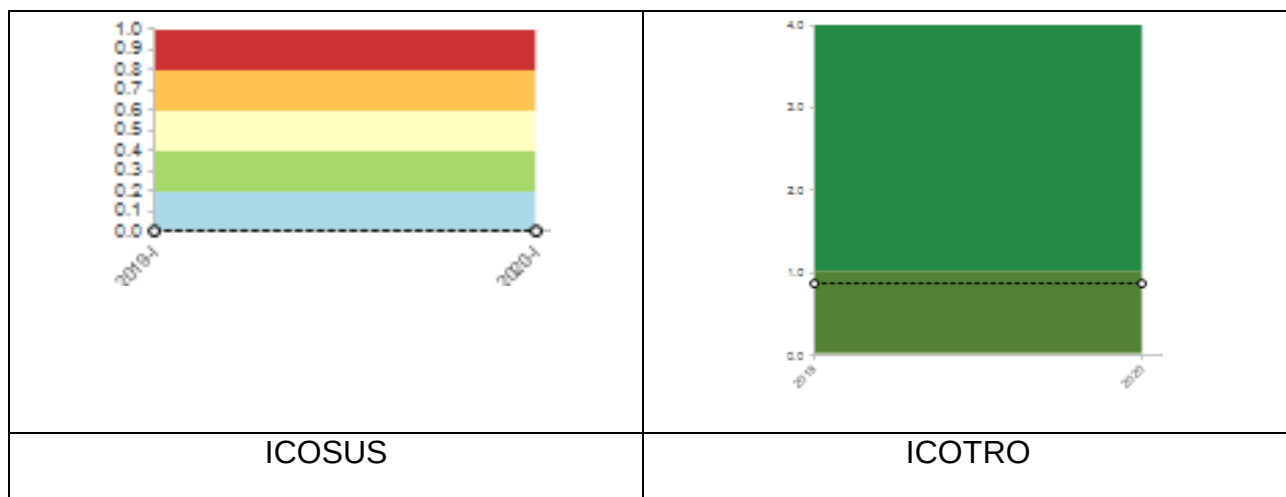
3.7.14.2. Análisis comparativo años 2020-2018

Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Zabaleta. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un comportamiento particular en la estación QH2Z, donde se alteran las condiciones de calidad.

Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 202.

Tabla 202. **Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.**





3.7.15. Quebrada Llanogrande (2616-123)

Sobre la quebrada Llanogrande, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código LL2 y LL3) (ver Figura 161).

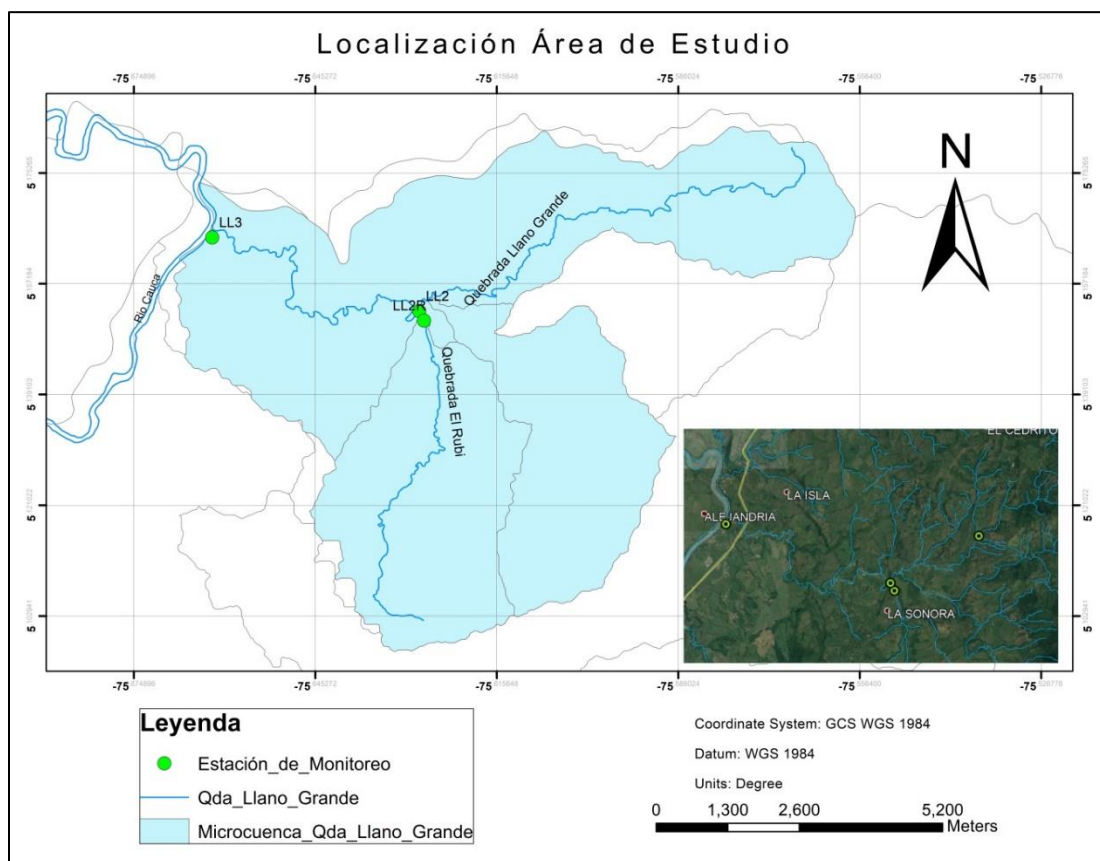


Figura 161. Espacialización puntos de monitoreo año 2020.

3.7.15.1. Análisis monitoreo año 2020

De manera general, para los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son permisibles, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (promedio 7.64) a pesar de ir en disminución desde la estación PA1 y la estación PA2 y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (6.69 mg/l en la estación LL2 y 7.40 mg/l en la estación LL3). Igual comportamiento se analiza en la conductividad (326.00 μ S/cm en la estación LL2 y 200.30 μ S/cm en la estación LL3).

Para las concentraciones de DBO₅ en las estaciones LL2 y LL3, se encuentran en el límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (<5.0 mg O₂/L). La concentración encontrada DQO para la estación LL2 se obtuvo el valor más alto, el cual es de 208.00 mg O₂/L, seguido de la estación LL3 con 194.

3.7.16. Quebrada la Frisolería (2616-036)

En la Quebrada la Frisolería, se realizó monitoreo en dos estaciones de monitoreo (códigos FR1, FR2) (Figura 162). Este tiene como principales afluentes las quebradas Tesalia y Nodillales las cuales son receptoras de las aguas residuales del municipio de Salamina. (CORPOCALDAS y SAC, 2019).

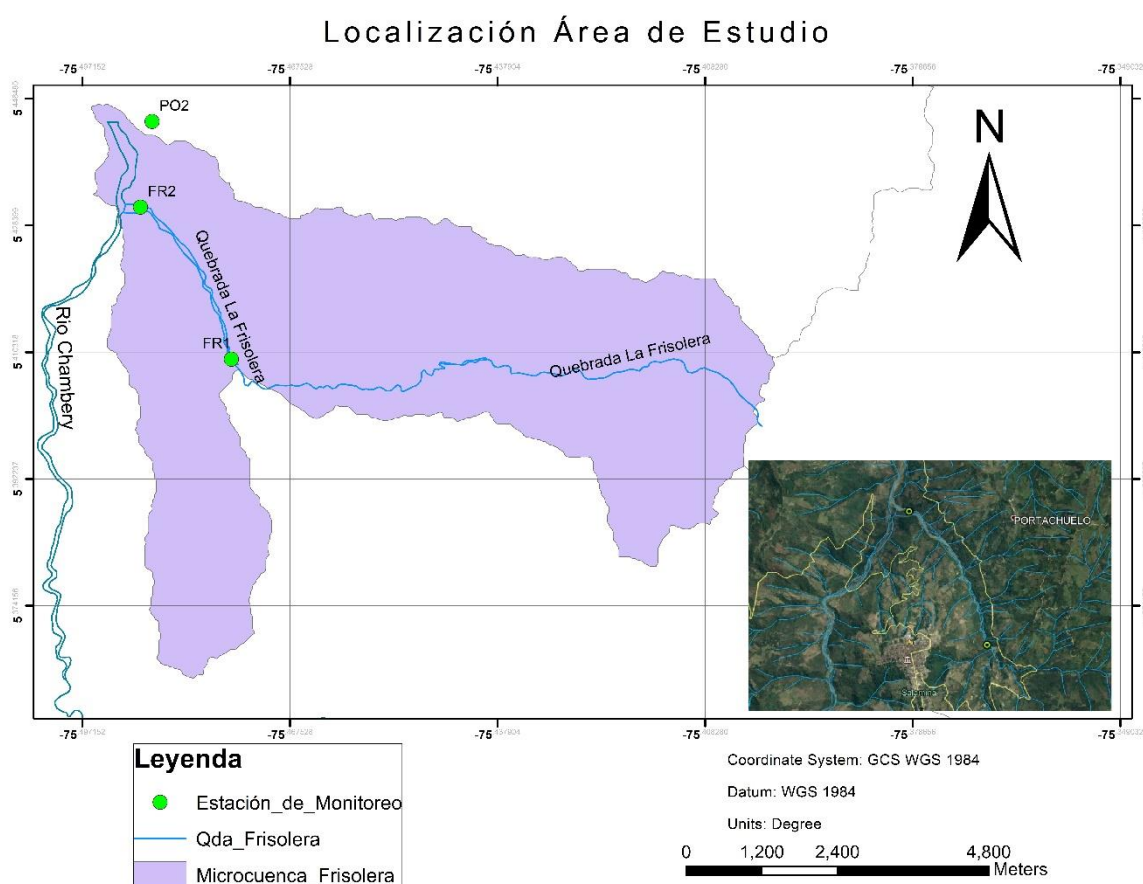


Figura 162 Especialización puntos de monitoreo año 2020.

3.7.16.1. Análisis monitoreo año 2020

De manera general, para los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto (OD) son permisibles, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (promedio 7.56), en tanto al OD, a pesar de ir en disminución desde la estación FR1 y la estación FR2 y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (8.33 mg/l en la estación FR1 y 7.91 mg/l y en la estación FR2). Comportamiento contrario se analiza en la conductividad donde se presenta un aumento desde la estación FR1 y la estación FR2 (161.8 μ S/cm en la estación FR1 y 198.3 μ S/cm en la estación FR2).

Para las concentraciones de DBO₅ en las estaciones FR1 y FR2, se encuentran en el límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (5.0 mg/L). La concentración encontrada DQO para la estación FR2 se obtuvo el valor más alto, el cual es de 8.27 mg/L, seguido de la estación FR1 con 5.97 mg/L. Por lo tanto, se observa un aumento en progresivo en DQO, constante en DBO₅ entre FR1 a FR2.

La concentración de y Sólidos Totales tiene un aumento progresivo desde la estación FR1 a la FR2 (129 mg/l a 179 mg/l en ST) caso contrario en los Sólidos Suspendidos Totales donde se presenta una reducción entre las estaciones (31 mg/l a 28 mg/l en SST); similar a la turbidez, quien tiende a aumentar su concentración en la estación FR1 (14.5 mg/l) a la estación FR2 (13.00 mg/l).

Los valores NH_3 , NO_3 y NO_2 presentan una concentración muy diferente en cada una de las estaciones. En el NTK, se observa que ambas estaciones presentan el mismo valor de concentración (0.12 mg/l),

El Fósforo Total y Fósforo Soluble presentan los valores muy parecidos en ambas estaciones (0.13 mg/L y 0.05 mg/l, respectivamente), observándose una concentración constante a lo largo del cauce. Y finalmente, para los coliformes fecales y totales se pueden notar un aumento respecto a FR1 y FR2.

3.7.16.2. Análisis comparativo años 2020-2018

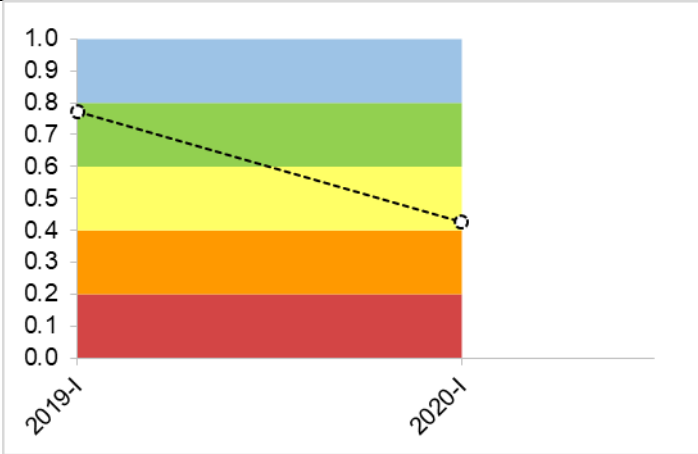
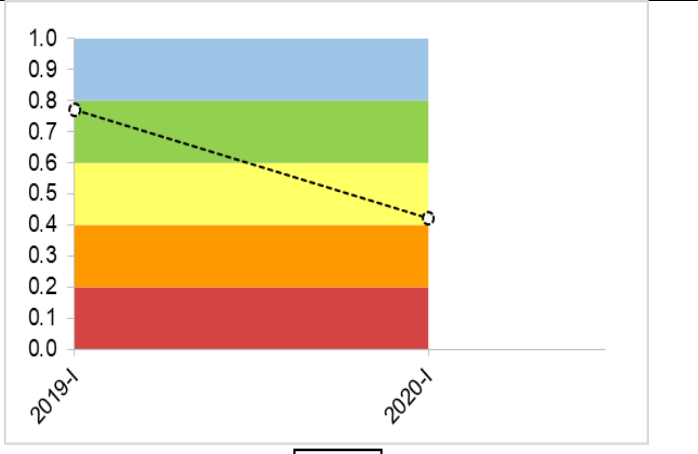
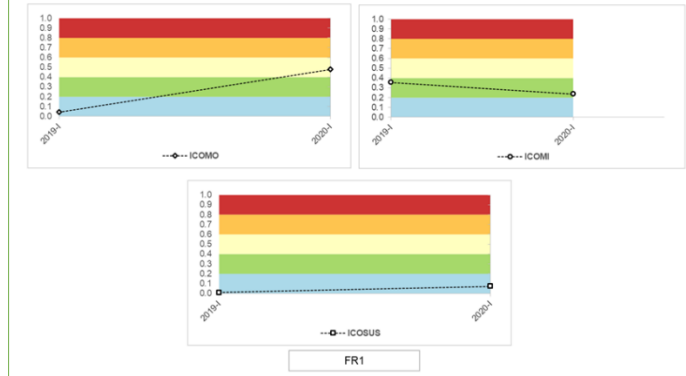
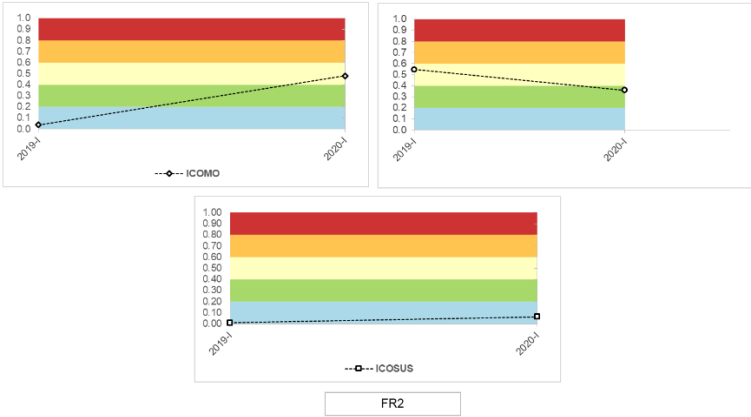
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para la estación ubicada sobre la quebrada Frisolera En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un aumento en OD, SST y DBO5 en las estaciones de monitoreo. De igual manera, el Ph, SST, ST, DQO, NTK y Dureza presentan una disminución entre el año 2020 y 2018.

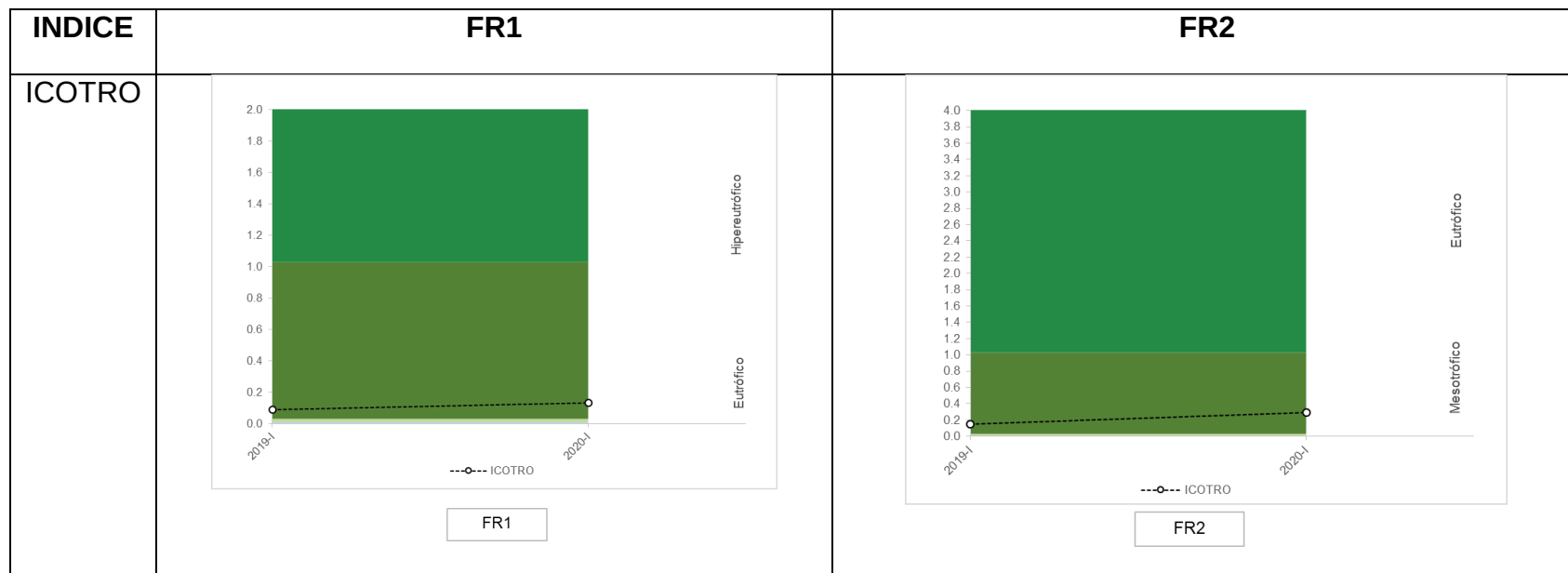
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 203 que:

- En general, la estación ha mejorado la calidad del agua en el año 2020 respecto al año 2018.
- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2018 para la estación de monitoreo es de clasificación “Aceptable”, para el año 2020 presenta la misma clasificación pero con un aumento en la en la estación FR1 y reducción en la estación FR2 tendiendo a una clasificación de “Regular”.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Buena”, Cambiando su clasificación a “Regular” para el año 2020.
- De acuerdo con el ICOMO, la estación presentó un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para el año 2020 teniendo la misma clasificación del año 2018

Tabla 203 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.

INDICE	FR1	FR2																																										
ICA IDEAM	<table border="1"><caption>Data for FR1 Chart</caption><thead><tr><th>Category</th><th>2019-I</th><th>2020-I</th></tr></thead><tbody><tr><td>Red</td><td>0.25</td><td>0.25</td></tr><tr><td>Orange</td><td>0.25</td><td>0.25</td></tr><tr><td>Yellow</td><td>0.20</td><td>0.20</td></tr><tr><td>Green</td><td>0.20</td><td>0.20</td></tr><tr><td>Blue</td><td>0.10</td><td>0.10</td></tr><tr><td>Total</td><td>1.00</td><td>1.00</td></tr></tbody></table>	Category	2019-I	2020-I	Red	0.25	0.25	Orange	0.25	0.25	Yellow	0.20	0.20	Green	0.20	0.20	Blue	0.10	0.10	Total	1.00	1.00	<table border="1"><caption>Data for FR2 Chart</caption><thead><tr><th>Category</th><th>2019-I</th><th>2020-I</th></tr></thead><tbody><tr><td>Red</td><td>0.25</td><td>0.25</td></tr><tr><td>Orange</td><td>0.25</td><td>0.25</td></tr><tr><td>Yellow</td><td>0.20</td><td>0.20</td></tr><tr><td>Green</td><td>0.20</td><td>0.20</td></tr><tr><td>Blue</td><td>0.10</td><td>0.10</td></tr><tr><td>Total</td><td>1.00</td><td>1.00</td></tr></tbody></table>	Category	2019-I	2020-I	Red	0.25	0.25	Orange	0.25	0.25	Yellow	0.20	0.20	Green	0.20	0.20	Blue	0.10	0.10	Total	1.00	1.00
Category	2019-I	2020-I																																										
Red	0.25	0.25																																										
Orange	0.25	0.25																																										
Yellow	0.20	0.20																																										
Green	0.20	0.20																																										
Blue	0.10	0.10																																										
Total	1.00	1.00																																										
Category	2019-I	2020-I																																										
Red	0.25	0.25																																										
Orange	0.25	0.25																																										
Yellow	0.20	0.20																																										
Green	0.20	0.20																																										
Blue	0.10	0.10																																										
Total	1.00	1.00																																										

INDICE	FR1	FR2
ICA-CETESB	 FR1	 FR2
ICOMO	 FR1	 FR2
ICOMI		
ICOSUS		



3.7.17. Quebrada El Palo

Sobre la quebrada El Palo, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código MA1P).

3.7.17.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (8.00) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.70 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (633 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (49.10 mg/l), Sulfatos (130.00 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (24.00 mg/l) y Sólidos Totales (382.00 mg/l), el estudio de SAC y CORPOCALDAS (2019) aducen que éstas son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y modifican las condiciones de calidad del recurso, aunque como se puede apreciar su relación con la Turbidez (12.00 UPC), que depende de materiales en suspensión en el agua tales como: sedimentos, microorganismos, jabón.

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (5.40 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (700 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (5.69 mg/l) y Nitrógeno (0.17 mg/l de NTK, ND mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.041 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (123.00 mg/l) y Dureza (152.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada El Palo a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

3.7.17.2. Análisis comparativo años 2020-2018

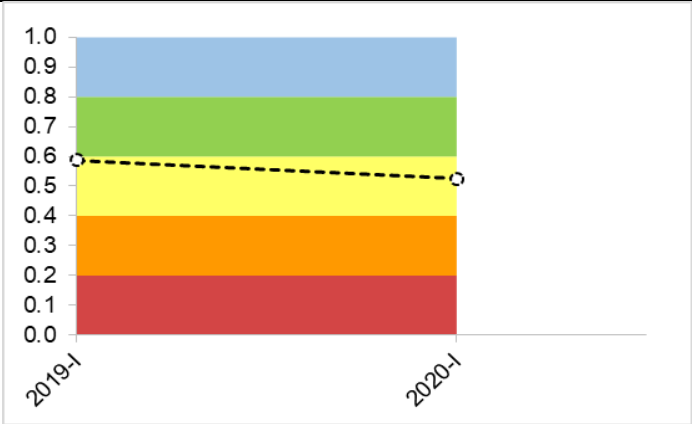
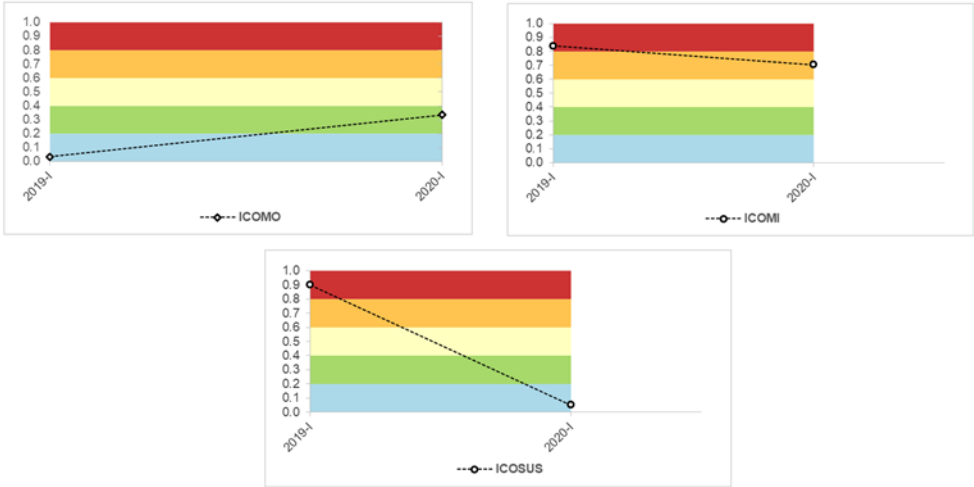
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para la estación ubicada sobre la quebrada el Palo En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un aumento en la CE, y DBO5 en la estación de monitoreo. De igual manera, el Ph, OD, SST, ST, DQO, NTK y Dureza presentan una disminución entre el año 2020 y 2018.

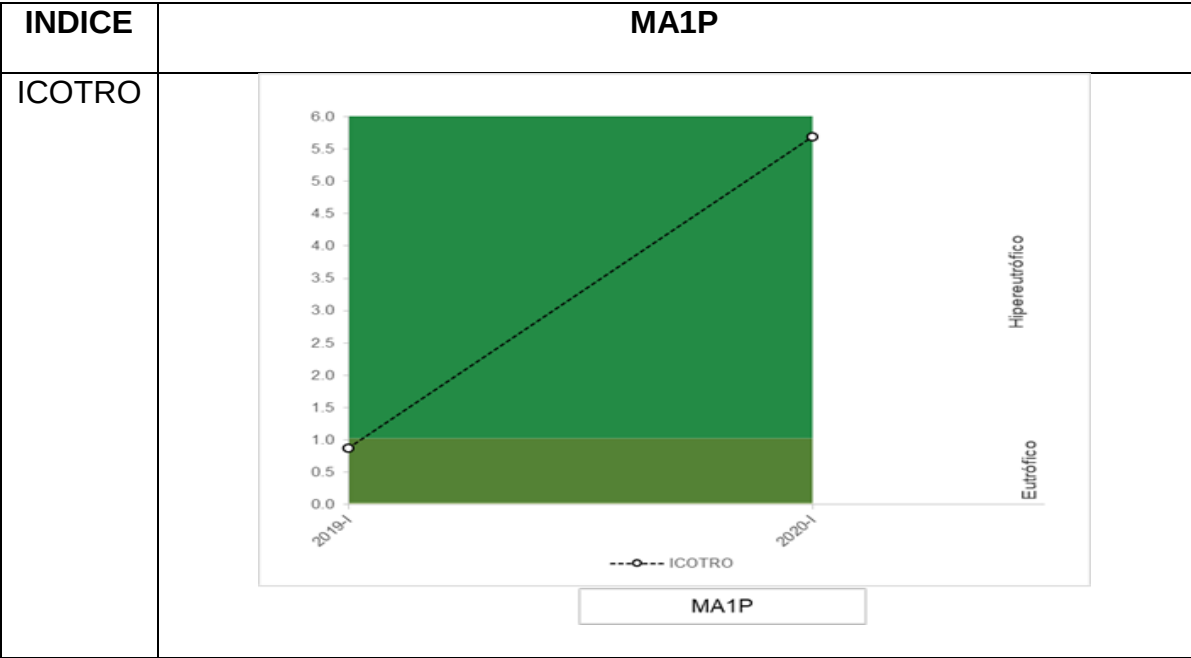
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 204 que:

- En general, la estación ha mejorado la calidad del agua en el año 2020 respecto al año 2018.
- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2018 para la estación de monitoreo es de clasificación “Mala”, en el 2020 la estación pasa a mejorar su índice con una clasificación “Regular”.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Regular”, Manteniéndose estable con respecto a la calidad del año 2018
- De acuerdo con el ICOMO, la estación presentó un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018.
- El ICOTRO dio como resultado “Hipereutrófico” para el año 2020 presentando un aumento respecto al año 2018

Tabla 204 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.

INDICE	MA1P	
ICA IDEAM		
	MA1P	

INDICE	MA1P
ICA-CETESB	 MA1P
ICOMO ICOMI ICOSUS	 MA1P



3.7.18. Quebrada Despensas

Sobre la quebrada Despensas, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código MA2De).

3.7.18.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (8.23) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.43 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores mayores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (872 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (91.30 mg/l), Sulfatos (148.00 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (10.00 mg/l) y Sólidos Totales (477.00 mg/l), el estudio de SAC y CORPOCALDAS (2019) aducen que éstas son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y modifican las condiciones de calidad del recurso, aunque como se puede apreciar su relación con la Turbidez (5.10 UPC), que depende de materiales en suspensión en el agua tales como: sedimentos, microorganismos, jabón.

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (5.40 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (500.00 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.08 mg/l) y Nitrógeno (6.61 mg/l de NTK, 0.52 mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.007 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (180.00 mg/l) y Dureza (209.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Despensas a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

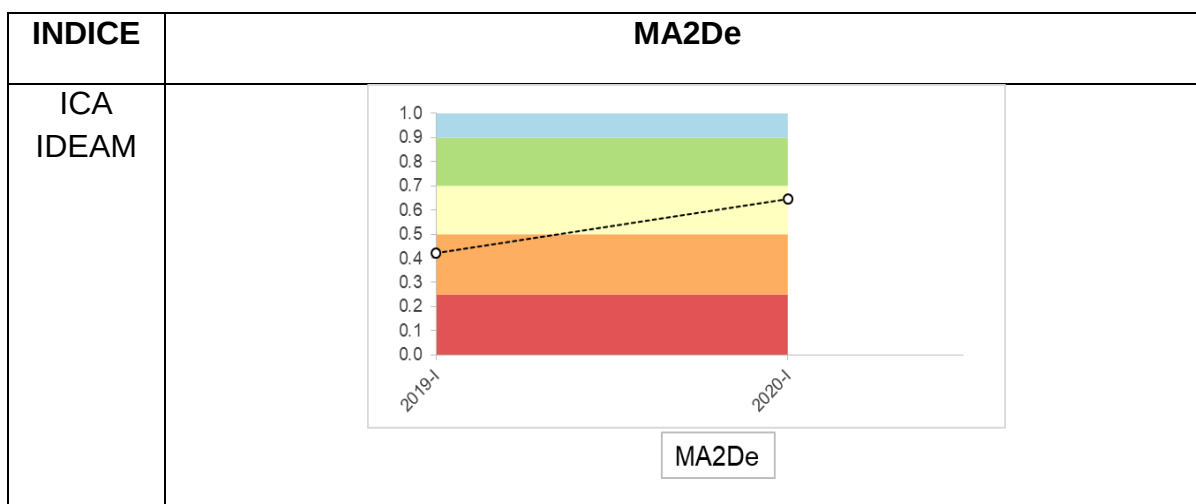
3.7.18.2. Análisis comparativo años 2020-2018

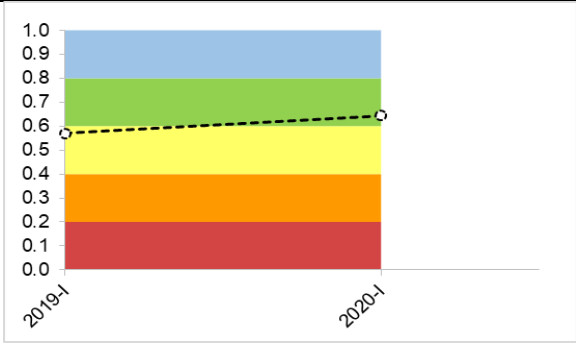
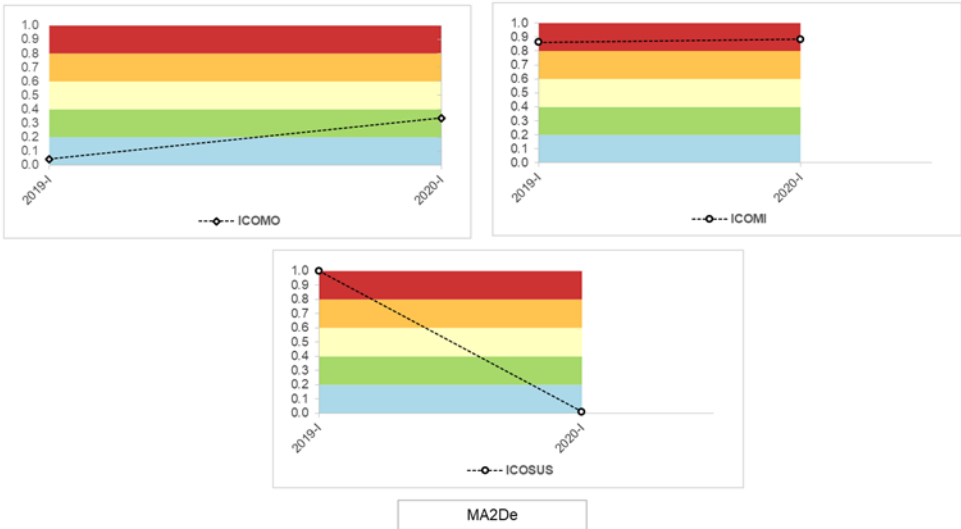
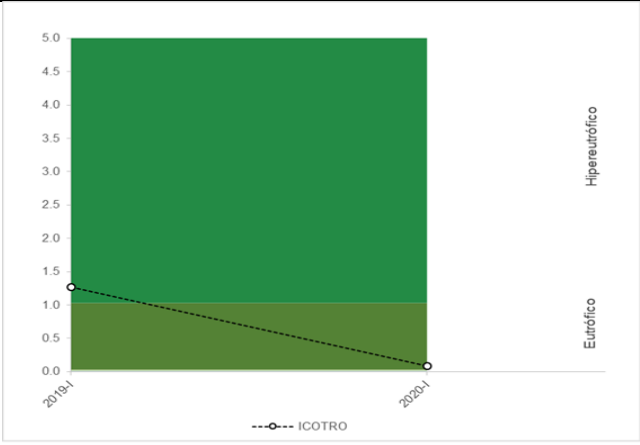
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Despensas. En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un aumento en la CE, NTK y DBO₅ en la estación de monitoreo. De igual manera, el OD, pH, SST, ST, DQO y Dureza presentan una disminución entre el año 2020 y 2018.

Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 205 que:

- En general, la estación ha mejorado la calidad del agua en el año 2020 respecto al año 2018.
- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2018 para la estación de monitoreo es de clasificación “Mala”, en el 2020 la estación pasa a mejorar su índice con una clasificación “Regular”.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Buena”, evidenciando un aumento en dicha calidad respecto al año 2018.
- De acuerdo con el ICOMO, la estación presentó un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para el año 2020 presentando una reducción respecto al año 2018

Tabla 205 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.



INDICE	MA2De
ICA-CETESB	 MA2De
ICOMO	 MA2De
ICOMI	
ICOSUS	
ICOTRO	 MA2De

3.7.19. Quebrada Doctrinas

Sobre la quebrada Doctrinas, se realizó monitoreo sobre la fuente de agua superficial ubicado en el cauce principal (código MA2Do).

3.7.19.1. Análisis monitoreo año 2020

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año 2020, los valores del pH y Oxígeno disuelto son característicos de fuentes con buena calidad, ya que se encuentran entre 6 – 9 unidades de pH (8.40) y por encima de 7 mg/l para el Oxígeno (7.24 mg/l), por su parte la conductividad presenta valores menores a 200 $\mu\text{S/cm}$ (525 $\mu\text{S/cm}$), atribuidos a la presencia iones tales como los Cloruros (14.90 mg/l), Sulfatos (48.20 mg/l) y los relacionados con metales alcalinotérreos como Calcio y Magnesio.

Respecto a los materiales suspendidos y disueltos los cuales están relacionadas íntimamente con Sólidos Suspendidos Totales (32.00 mg/l) y Sólidos Totales (306.00 mg/l), el estudio de SAC y CORPOCALDAS (2019) aducen que éstas son incorporadas por proceso de escorrentías que se disuelven en su trayecto y modifican las condiciones de calidad del recurso, aunque como se puede apreciar su relación con la Turbidez (12.00 UPC), que depende de materiales en suspensión en el agua tales como: sedimentos, microorganismos, jabón.

También se observa que las concentraciones de DBO_5 (5.00 mg/l) y DQO (5.40 mg/l) en esta estación, lo que se asume de buena calidad, sumado a los altos índices de Oxígeno disuelto expuesto anteriormente y las bajas concentraciones de coliformes fecales (43000 UFC/ml), por origen doméstico y agropecuario.

De acuerdo con el contenido de Fósforo (0.14 mg/l) y Nitrógeno (11.77 mg/l de NTK, 0.12 mg/l de NH_3 , 4.40 mg/l de NO_3 y 0.023 mg/l de NO_2), en el año 2020 se reportan bajas concentraciones en ambos parámetros, definiendo o considerando una vez más, que estas corrientes son de buena calidad con una baja contaminación por nutrientes y materia orgánica.

Por último, las concentraciones de Alcalinidad (187.00 mg/l) y Dureza (210.00 mg/l) atribuidos a la presencia de iones carbonato, bicarbonato, Calcio y Magnesio; y adicionalmente al no superar valores de 100 mg/l, se clasifica en el quebrada Doctrinas a la altura de la estación de monitoreo, como blanda.

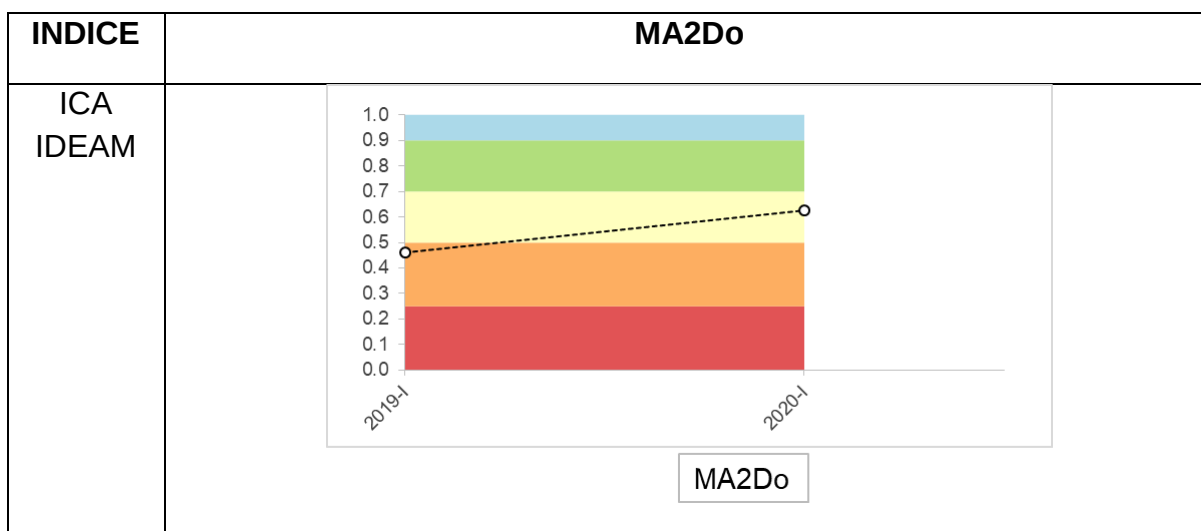
3.7.19.2. Análisis comparativo años 2020-2018

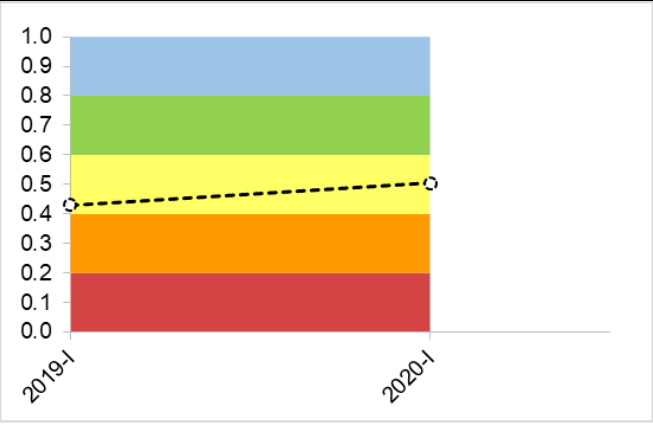
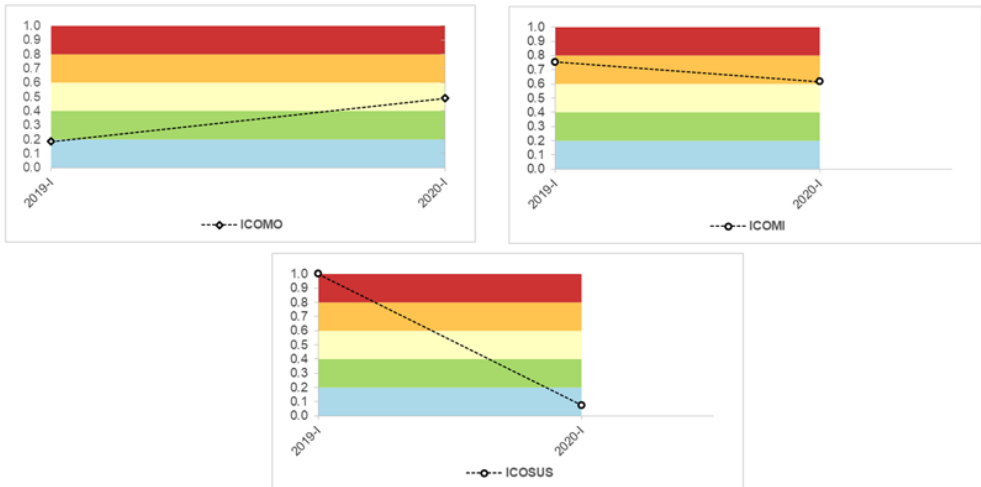
Se observan los datos históricos de las concentraciones de las variables para la estación ubicada sobre la quebrada Doctrinas En el año 2020 respecto al año 2018 se reporta un aumento en la CE, OD, NTK y DBO₅ en la estación de monitoreo. De igual manera, el pH, SST, ST, DQO y Dureza presentan una disminución entre el año 2020 y 2018.

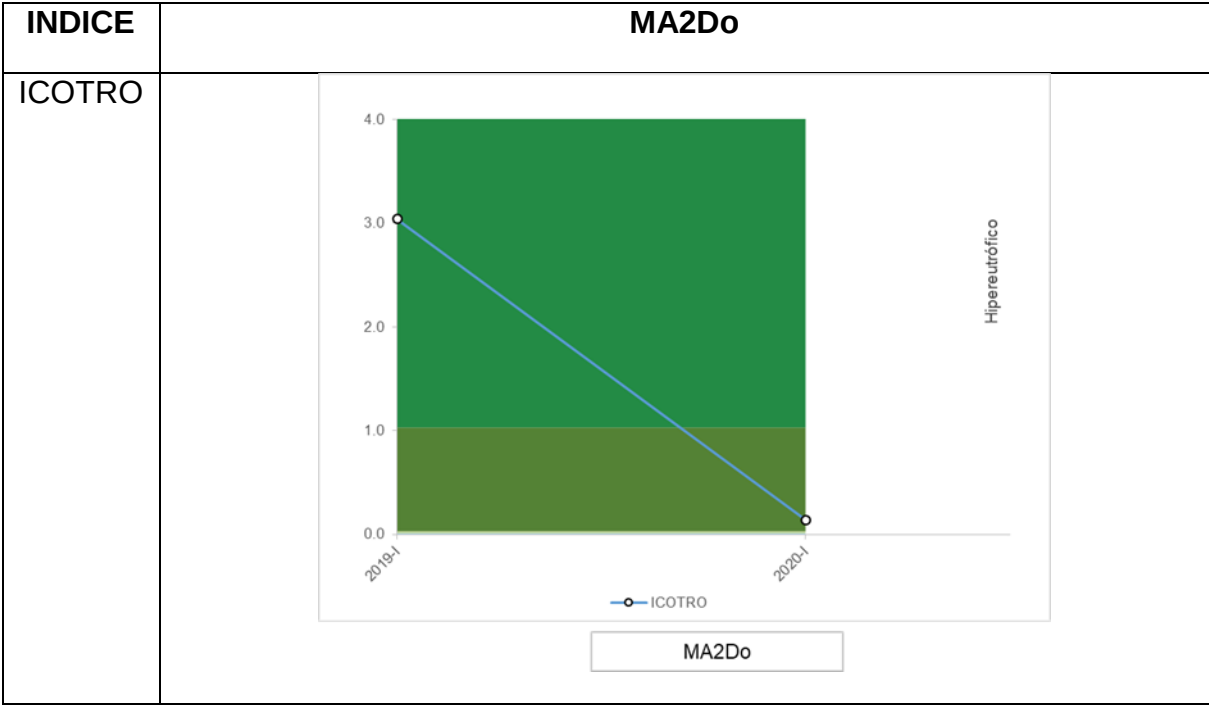
Respecto a los índices de calidad, dichos análisis expresados anteriormente se analiza en la Tabla 206 que:

- En general, la estación ha mejorado la calidad del agua en el año 2020 respecto al año 2018.
- Los resultados del ICA-IDEAM para el año 2018 para la estación de monitoreo es de clasificación “Mala”, en el 2020 la estación pasa a mejorar su índice con una clasificación “Regular”.
- De acuerdo con el ICA-CESTESB, la calidad es de clasificación “Regular”, Manteniéndose estable con respecto a la calidad del año 2018
- De acuerdo con el ICOMO, la estación presentó un comportamiento ascendente en el 2020 respecto al 2018.
- El ICOTRO dio como resultado “Eutrófico” para el año 2020 presentando una reducción respecto al año 2018

Tabla 206 Comparativo de índices asociados a calidad entre 2018 y 2020.



INDICE	MA2Do
ICA-CETESB	 MA2Do
ICOMO	 MA2Do
ICOMI	
ICOSUS	



4. CONCLUSIONES

CUENCA DEL RÍO RISARALDA

Municipio de Anserma

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una alta calidad de las fuentes superficiales, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Anserma.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Anserma indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de las fuentes receptoras ubicadas en el municipio de Anserma, están en la categoría de “aceptable”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la mayoría de las estaciones se encuentran en la categoría de “Buena” calidad, a excepción de la estación 042-E01, donde se pudo evidenciar que se encuentra en una categoría de “Regular” calidad, esto se debe a la concentración de coliformes y SST. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación es “bajo” para las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma.

La mayoría de las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007 para las diferentes fuentes receptoras y tramos de estas. Los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites para los objetivos de calidad determinados usos según lo establecido en la resolución. Solo en el caso de la quebrada Cauya el tramo dos (2), no cumple con el valor límite del parámetro de nitrógeno total establecido en la resolución uso de agrícola no restringido.

Municipio de Risaralda

Se realizó la verificación de la estación de monitoreo 616-E01, en el cual se definió nuevas coordenadas en la quebrada Sin Nombre (2614-001-072-029), debido que en anteriores campañas la estación monitoreada no tenía relación con el blanco antes de la estación 616-E02, si no que era un tributario de la quebrada Lázar. Se tomó muestra y se realizaron ensayos de campo tanto a la nueva estación como de la estación llamada (nacimiento). pero esta última no es objeto de análisis en el presente informe.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Risaralda indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, que para este año no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico que han tenido las distintas variables en las estaciones de monitoreo para la estación 616-E02.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad de la quebrada Lázaro es “aceptable”. Con respecto al ICA-CETESBE, para la estación E02 da una calificación de “mala” calidad en la quebrada Lázaro. Los resultados de los ICOS para el año 2020 para la estación 616-E01 se conservó en la categoría de “Baja” para el Índice ICOMI y de “Muy baja” para índice ICOSUS. Con respecto al índice ICOMO, las estaciones presentan niveles de contaminación “Media” para la estación E01 y “Alta” para la estación E02.

Las estaciones ubicadas en el municipio de Anserma cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. Los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites para los objetivos de calidad según lo establecido en la resolución para el tramo dos (2) de la quebrada Lázaro, solo no cumple el criterio de presencia de espuma y material flotante para la estación E02, la cual se pudo observar en campo.

Municipio de Belalcázar

- **Belalcázar quebrada las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una calidad aceptable a pesar de los vertimientos provenientes del municipio de Belalcázar.

Con respecto a la calidad de las estaciones de monitoreo: según los índices ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo 088-E01 y 088-E02 tienen una tendencia a tener una calificación de “Regular” para la mayoría de los registros históricos presentándose en algunos casos con una clasificación de “aceptable”. Sin embargo, los resultados del ICA-CETESB señalan que en toda la serie histórica se encuentra en “buena” calidad, siguiendo esa tendencia para el año 2020-

Los resultados para el año 2020 del índice ICOMI para las dos estaciones se encuentra en un nivel de contaminación “Alta” por mineralización obteniendo concentraciones de alcalinidad y dureza total elevados. El índice ICOMO obtuvo una clasificación de contaminación “baja” en ambas estaciones. En cuanto al índice de ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Finalmente, según el ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para las estaciones E01 y E02.

Las estaciones ubicadas en las quebradas 2614-001-022-004 y Betulia cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. La mayoría de los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites, con excepción de la presencia de sustancias de interés sanitario en este caso las concentraciones de mercurio y cianuro, las cuales son reportadas en el laboratorio por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado.

Municipio de San José

- **San José quebrada La Habana.**

Los cambios en las concentraciones de las variables estudiadas entre las estaciones 665-E03 y la estación 665-E04, en el municipio de San José, indican que los vertimientos municipales no están alterando drásticamente la calidad del cuerpo receptor.

Los índices de calidad para ambas estaciones en el año 2020 señalan que el nivel es “aceptable” según ICA-IDEAM y de “buena” calidad según ICA-CETESB. Con lo que respecta a los índices de contaminación, el índice ICOMI para las dos estaciones se encuentra en un nivel de contaminación “Alta” por mineralización obteniendo concentraciones de alcalinidad y dureza total elevados. El índice ICOMO obtuvo una clasificación de contaminación “Media” en ambas estaciones siendo este un dato atípico en toda la serie de datos históricos. En cuanto al índice de ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Finalmente, según el ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para las estaciones ubicadas en la quebrada La Habana.

Las estaciones ubicadas en la quebrada La Habana cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. La mayoría de los valores de los ensayos medidos en campo y en el laboratorio se encuentran dentro de los valores límites, con excepción de la presencia de sustancias de interés sanitario en este caso las concentraciones de mercurio y cianuro, las cuales son reportadas en el laboratorio por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado.

Municipio de Viterbo

- **Río Risaralda**

Se evidencia la existencia de un efecto de las descargas municipales de Viterbo sobre el río Risaralda, que causa tanto el aumento como la disminución en la concentración de ciertas variables estudiadas en las estaciones de monitoreo 877-

E01 y 877-E02. Sin embargo, se aprecia que el río posee una calidad aceptable en términos generales.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones del río Risaralda en el año 2020, señalan que el nivel de calidad es: “aceptable” según el ICA-IDEAM y “buena” según el ICA-CETESB.

Según los ICOS calculados en el 2020 para las estaciones de monitoreo 877-E01 y 877-E02, del río Risaralda, en el municipio de Viterbo, existe un nivel de contaminación “muy baja” según los índices ICOMI e ICOSUS, reflejando baja contaminación por mineralización y SST. Adicionalmente, según el índice ICOMO el nivel de contaminación por presencia de materia orgánica en las estaciones E01 y E02 es “baja”. Finalmente, según el índice ICOTRO ambos puntos se encuentran en la clasificación de “eutrófico”.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad definidos a largo plazo para el río Risaralda, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de “sustancias de interés sanitario”, en este caso cianuro (CN) y mercurio (Hg), con concentraciones inferiores al límite de cuantificación del método empleado en el laboratorio.

CUENCA AFERENTES DIRECTOS AL CAUCA - OCCIDENTE

Municipio de Belalcázar

- **Belalcázar quebrada las quebradas 2617-124-001 y Montevideo**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una calidad aceptable a pesar de los vertimientos provenientes del municipio de Belalcázar.

Con respecto a la calidad de las estaciones de monitoreo: según los índices ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo 088-E03 y 088-E04 tienen una tendencia a tener una calificación de “Regular” para la mayoría de los registros históricos presentándose en algunos casos con una clasificación de “aceptable”. Sin embargo, los resultados del ICA-CETESB señalan que en toda la serie histórica se encuentra en “buena” calidad, siguiendo esa tendencia para el año 2020-

Los resultados para el año 2020 del índice ICOMI para la estación E04 se encuentra en un nivel de contaminación “Alta” por mineralización obteniendo concentraciones de alcalinidad y dureza total elevados. El índice ICOMO obtuvo una clasificación de contaminación “baja” para la estación E03 y “Media” para la estación E04. En cuanto al índice de ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Finalmente, según el ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para ambas estaciones.

Las estaciones ubicadas en las quebradas 2617-124-001 y Montevideo cumplen con los objetivos de calidad a largo plazo establecidos por la resolución 239 de 2007. Los valores de los ensayos medidos

Municipio de San José

- **San José-quebradas 2614-001-046-009 y Changüí.**

Los cambios en las concentraciones de las variables estudiadas entre las estaciones uno (665-E01) y dos (665-E02), en el municipio de San José, indican que los vertimientos municipales no están alterando drásticamente la calidad del cuerpo receptor.

Los índices de calidad calculados para ambas estaciones en el año 2020 señalan que el nivel es: “aceptable” según ICA-IDEAM y de “buena” calidad según ICA-CETESB. Los índices de contaminación ICOMI e ICOSUS para la estación E01 es “Muy baja” y con relación al índice ICOMO se encuentra en una categoría de “Baja” contaminación. En la estación E02, el ICOMI está en una clasificación de “Baja” contaminación y los índices de ICOMO e ICOSUS la categoría encontrada es de “Muy Baja” contaminación. Adicionalmente, el índice ICOTRO se encuentran en la clasificación de “eutrófico” para la estación E01 y “Hipereutrófico” en la estación E02.

Se evidencia el cumplimiento de los valores límites establecidos en los objetivos de calidad a largo plazo en el tramo dos (2), que corresponde a las estaciones estudiadas, con excepción a la presencia de material flotante y espumas en ambas estaciones incumpliendo este parámetro. En este mismo sentido, en la estación E01 se tiene presencia de sustancias de interés sanitario en este caso concentraciones de mercurio, pero las cuales se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado.

Municipio de Marmato

El resultado de los análisis históricos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una baja calidad de las fuentes receptoras, en especial las estaciones E03, E05, E06 y E07, las cuales tienen influencia de la actividad minera, las cuales tienen una clasificación mala calidad (ICA-IDEAM y CETESB) y de altos niveles de contaminación (ICOS). Las estaciones de monitoreo 442-E01 ubicadas en la quebrada Zaparrilla y 442-E02 quebrada Aguas Claras cumplen con los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 239 de 2007 para el tramo dos (2) a largo plazo. Sin embargo, La quebrada Aguas Claras en la estación 442-E03 que corresponde a la estación antes de la desembocadura al río Cauca no cumple con los valores de DBO₅, SST, turbidez y la presencia de material flotante y espumas, por lo anterior se presenta un incumplimiento parcial de los objetivos de calidad según la citada Resolución para estos parámetros.

Municipio de Riosucio

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Riosucio.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Riosucio indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Riosucio está en la categoría de “Aceptable”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la estación 614-01 se encuentran en la categoría “Buena” y que en la estación 614-E02 se encuentran en la categoría “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación es “bajo” para las estaciones ubicadas en el municipio de Riosucio.

Municipio de Supia

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Supia.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Supia indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Supia en la estación 777-E01 está en “Aceptable” y en la estación 777-E02 en “Regular”. Los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la estación 777-E01 se encuentran en la categoría Regular” y que en la estación 777-E02 se encuentran en la categoría “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación varía entre las estaciones.

En cuanto a los objetivos de calidad, con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se encontró presencia de sustancias de interés sanitario como mercurio y cianuro. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la

estación de monitoreo 777-E02 incumpliendo estos criterios de calidad. Con relación a las sustancias de interés sanitario en la estación 777-E01 hay presencia de Mercurio y en la estación 777-E02 hay presencia de Mercurio y CN.

CUENCA RÍO GUARINO

Municipio de Manzanares

- **Río Santo Domingo**

Según el análisis de las variables *in situ* y en laboratorio, se puede evidenciar que existe un efecto ocasionado por el vertimiento del municipio de Manzanares (Caldas) sobre la concentración de los parámetros entre las estaciones 433-E01 y 433-E02 del río Santo Domingo, esto se puede constatar con el aumento de variables como: ST, coliformes totales y fecales, color y turbiedad, mientras que otras variables, por ejemplo: NTK, dureza total y alcalinidad, disminuyen entre los mismos puntos.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad del río Santo Domingo en las estaciones E01 y E02 es “aceptable”. Mientras que, según el ICA-CETESB es “buena” para la E01 y “regular” para la E02.

El nivel de contaminación de la E01, en el mismo año, se clasifica como “muy baja” según los índices ICOMI, ICOMO e ICOSUS. Esta misma clasificación continúa en la E02, según los índices ICOMI e ICOSUS, mientras que según el ICOMO posee un nivel de contaminación “bajo” por el contenido de materia orgánica. Adicionalmente, ambas estaciones están clasificadas en la categoría de “eutrófico” según el ICOTRO.

Los objetivos de calidad de la Resolución 239 de 2007, establecidos a largo plazo para el uso del río Santo Domingo para la preservación de flora y fauna, en el municipio de Manzanares se están cumpliendo a cabalidad en la estación 433-E02. Mientras que en la estación 433-E01 hay un incumpliendo con respecto a las sustancias de interés sanitario, pues se detecta la presencia de CN (en niveles no cuantificables) en el punto.

Municipio de Marulanda

- **Río Hondo**

Aunque se evidencia la existencia de un efecto de las descargas municipales de Marulanda sobre el río Hondo, en el aumento (y disminución en otros casos) de la concentración de las variables estudias, se aprecia que en el río posee una buena calidad en términos generales.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones del río Hondo en el año 2020, señalan que el nivel de contaminación es: “aceptable” según el ICA-IDEAM. Adicionalmente, según el ICA-CETESB la E01 tiene un nivel de calidad “excelente” y la E02 tiene un nivel de calidad “bueno”.

Según los ICOS calculados en el 2020 para las estaciones de monitoreo 446-E01 y 446-E02, del río Hondo, en el municipio de Marulanda, existe un nivel de contaminación “muy baja” según el ICOMI, el ICOMO y el ICOSUS. Adicionalmente, ambas se encuentran en la clasificación de “eutrófico” según el ICOTRO.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad definidos a largo plazo para el río Hondo, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de material flotante y espumas en la estación 446-E02.

Municipio de Marquetalia

- **Quebrada El Jardín**

Según los análisis de los ensayos *in situ* y en el laboratorio, se puede evidenciar que existe un aporte en concentración de las variables entre las estaciones 867-E01 y 867-E02, debido a la PTAR del municipio de Victoria (Caldas) sobre la quebrada El Jardín.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad de la quebrada El Jardín en las estaciones E01, E02 y E03 es “aceptable”, mientras que, el ICA-CETESB señala que dichas estaciones poseen una calidad “regular”.

De igual forma, se evidencia según el ICOMI y el ICOSUS el nivel de contaminación es “muy bajo” con respecto a mineralización y sólidos suspendidos en las tres estaciones, sin embargo, es “medio” según el ICOMO, demostrando la presencia de materia orgánica en concentraciones considerables. Finalmente, se observa que según el resultado del cálculo del índice ICOTRO, las estaciones 867-E01, 867-E02 y 867-E03, tienen una clasificación de “eutrófico”.

Los objetivos de calidad de la Resolución 239 de 2007, establecidos a largo plazo para la quebrada el Jardín - municipio de Victoria, se cumplen a cabalidad para las estaciones E01 y E02, mientras que para la estación E03 se incumplen con respecto a las variables DBO₅ y Material flotante y espumas.

CUENCA RÍO SAMANÁ SUR

Municipio de Norcasia

En la visita de reconocimiento de las estaciones de monitoreo en el municipio de Norcasia, Caldas, en conjunto con la interventoría del convenio 189 de 2019, se

registró y evidenció que las coordenadas de las estaciones codificadas como 495-E01 y 495-E02 no se encontraban correctamente ubicadas en campañas anteriores. Por lo anterior, fue necesario ajustar las coordenadas para la toma del blanco antes del primer descole del municipio a la quebrada Norcasia (495 – E01) y después del vertimiento de la PTAR (495 – E02).

El análisis histórico de las variables para las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada la bejuca, indica un comportamiento variable para los parámetros como SST y los Coliformes fecales en toda la serie histórica.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad de las estaciones en la quebrada La Bejuca E03 y E04 es “Aceptable”. De igual manera los valores del ICA-CETESB indican una clasificación de “Buena” calidad para las estaciones de la quebrada La Bejuca.

Por su parte, para el año 2020 el índice ICOMI para es estaciones de la quebrada Norcasia para la estación 495-E01 es “Muy alta” y para la estación 495-E02 es “muy baja”. Con respecto al índice ICOSUS para las dos estaciones se ubican en la categoría de “Muy baja” contaminación. Para las estaciones ubicadas en la quebrada La Bejuca, los índices ICOMI e ICOSUS se clasifican en un nivel de contaminación “Muy baja”, y según los resultados obtenidos del índice ICOMO presentan un nivel de contaminación “Baja”

Las estaciones de monitoreo ubicadas en la quebrada La Bejuca cumplen con los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 239 de 2007 para el tramo dos (2) a largo plazo. No obstante, para la estación 495-E01 ubicada en la quebrada 2305-001-012-023-02, los valores de DBO5, SST y la presencia de material flotante y espumas, indican que para la quebrada 2305-001-012-023-02 (Q. Norcasia) existe un incumplimiento parcial de los objetivos de calidad según la citada Resolución.

Municipio de Pensilvania

- **Río Pensilvania**

Los cambios en las concentraciones de las variables estudiadas entre las estaciones uno (541-E01) y dos (541-E02) del río Pensilvania, en el municipio del mismo nombre, indican que los vertimientos municipales no están alterando drásticamente la calidad del cuerpo receptor.

Los indicadores de calidad calculados para ambas estaciones del río Pensilvania en el año 2020, señalan que el nivel de contaminación es: “aceptable” según ICA-IDEAM, “buena” según ICA-CETESB y “muy baja” según el ICOMI, el ICOMO y el ICOSUS. Adicionalmente, se encuentran en la clasificación de “eutrófico” según el ICOTRO.

Se evidencia que la mayoría de los objetivos de calidad a largo plazo para el río Pensilvania, según la Resolución 239 de 2007 se están cumpliendo, a excepción de la presencia de material flotante y espumas en la estación 541-E01.

Municipio de Samaná

Los resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas: quebrada San Agustín y quebrada Tasajos, evidencian una calidad “aceptable” a pesar de los vertimientos provenientes del municipio de Samaná.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Samaná: 662-E1, 62-E02, 662-E03, 662-E04 y 662-E05, indica que los vertimientos del municipio de Samaná sobre las quebradas San Agustín y Tasajos, tienen una incidencia en el comportamiento de las variables como la DBO₅ y los coliformes fecales, entre otros. Con respecto a la calidad de las estaciones de monitoreo: según los índices ICA-IDEAM las estaciones de monitoreo 662-E01, 662-E03, 662-E04 y 662-E05 poseen una calidad “aceptable” para la mayoría de los registros históricos, presentándose algunos casos con clasificación de “regular”. Clasificación que prima para la estación 662-E02 en la serie histórica. Sin embargo, los resultados históricos para el ICA-CETESB señalan que en el 2020 existe una “mala” calidad en las estaciones 662-E01 y 662-E02, además, la estación 662-E03 ha obtenido resultados que la posicionan como de “buena” calidad generalmente, de forma similar a la estación 662-E05, que solo hasta la campaña más reciente obtuvo la calificación de “regular”. Finalmente, la estación 662-E04 se halla en la clasificación de “mala” calidad en el año 2020.

En el año 2020, las estaciones de monitoreo 662-E03 y 662-E04, ubicadas en la quebrada Tasajos, en el municipio de Samaná cumplen con los objetivos de calidad establecidos a largo plazo en la Resolución 239 de 2007. Sin embargo, los valores de DBO₅ en las estaciones 662-E01 y 662-E02, así como la concentración de la variable nitrógeno total y la presencia de material flotante y espumas en la estación E02, indican que para la quebrada San Agustín existe un incumplimiento de algunos de los objetivos de calidad según la mencionada Resolución.

CUENCA AFERENTES DIRECTOS AL CAUCA

Municipio de Aránzazu

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una alta calidad de las fuentes superficiales, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Aránzazu.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Aránzazu indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de las fuentes receptoras ubicadas en el municipio de Aránzazu, están en la categoría de “Aceptable”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que en las estaciones 050-E01 y 050-E03 se encuentran en la categoría “Buena” y en las estaciones 050-E02 y 050-E04 la calidad disminuye pasando a la categoría de “Regular” calidad. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de los ICOS el nivel de contaminación es “Media”, “Baja” o “Muy Bajo”.

En cuanto a los objetivos de calidad, en la quebrada Sargento con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, las concentraciones de Coliformes Totales y Fecales en la estación 050-E02 se encuentran por encima del valor límite permitido. También se pudo evidenciar en campo la presencia de espuma en la estación de monitoreo 050-E02, incumpliendo estos criterios de calidad.

En cuanto a los objetivos de calidad, en la quebrada la Honda con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se identificó la presencia de Cianuro como sustancia de interés sanitario en la estación 050-E03

Municipio de Filadelfia

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Filadelfia.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Filadelfia indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Filadelfia está en la categoría de “Regular”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que fuente se encuentran en la categoría “Buena”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación para el ICOMI es “Baja”, para el ICOMI es “Muy Alta” y para los ICOSUS es “Muy Baja”.

En el municipio de Filadelfia, se evidencia el cumplimiento de la gran mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para el tramo evaluado de la fuente superficial receptora de vertimientos. Sin embargo, en la estación 272-E02 se presentó incumplimiento para el parámetro de conductividad eléctrica.

Municipio de La Merced

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes receptoras monitoreadas, se evidencia una alta calidad de las fuentes superficiales, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de La Merced.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de La Merced indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de las fuentes receptoras ubicadas en el municipio de La Merced, están en la categoría de “Aceptable”, con excepción de la estación 388-E04 que tiene una calidad “Buena”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que una calidad “Buena”, con excepción de la estación 388-E01, que presenta calidad “Regular”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de los ICOS el nivel de contaminación varía.

En el municipio de La Merced, se evidencia el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para la mayoría de los tramos evaluados de las fuentes receptoras de vertimientos. Sin embargo, en la quebrada El Tambor se presentó incumplimiento para Nitrógeno total y material flotante y espumas en el tramo evaluado.

Municipio de Neira

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Neira.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para la estación 877-E01 indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al

comportamiento histórico, para la estación 877-E02, no se cuenta con información histórica.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora en la estación 877-E01 está en la categoría de “Regular”. En este municipio no se contó con información para determinar los demás índices.

Respecto a los objetivos de calidad, con los datos reportados se observó que cumple con los valores límites para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, no obstante, se encontró presencia de sustancias de interés sanitario como Cianuro en la estación 486-E01.

Municipio de Pacora

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Pacora.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Pacora indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Pacora está en la categoría de “Regular”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la calidad de la fuente receptora es “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación varía.

En el municipio de Pacora, se evidencia el cumplimiento de la gran mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para el tramo evaluado de la fuente superficial receptora de vertimientos. Sin embargo, en la estación 513-E01 se presentó incumplimiento para el parámetro de DBO₅.

Municipio de Salamina

- **Río Chambery**

Según el análisis de las variables *in situ* y en laboratorio, se puede evidenciar que existe un efecto variable del vertimiento del municipio de Salamina (Caldas) sobre la concentración de los parámetros entre las estaciones 653-E01 y 653-E02 del río Chambery, esto se puede constatar en el aumento de variables como la conductividad, los ST, la dureza total y los sulfatos, mientras que otras variables como la DQO, la DBO₅ y los coliformes disminuyen entre los mismos puntos.

En el año 2020, según los valores de ICA-IDEAM la calidad del río Chambery en las estaciones E01, E02 es “regular”, según el ICA-CETESB es “mala” para la E01 y “regular” para la E02.

Por su parte, en el mismo año se clasifica el nivel de contaminación para la E01 como “baja” según el ICOMI, “alta” según el ICOMO y “muy baja” según el ICOSUS. Mientras que para la E02 se clasifica como “media” según el ICOMI y el ICOMO y como “baja” según el ICOSUS. Adicionalmente, ambas estaciones se clasifican como “eutrófico” según el ICOTRO.

Los objetivos de calidad de la Resolución 239 de 2007, establecidos a largo plazo para el río Chambery - municipio de Salamina, no se están cumpliendo a cabalidad para las dos estaciones. En la E01 se encuentra un incumplimiento en las variables DBO₅, SST y Sustancias de interés sanitario (Hg), mientras que, en la E02 hay un incumplimiento con respecto a las variables SST y sustancias de interés sanitario (CN).

CUENCA DEL RÍO ARMA

Municipio de Aguadas

El resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente receptora monitoreada evidencia una alta calidad de la fuente superficial, pese a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes del municipio de Aguadas.

El análisis histórico de las variables para la construcción de los perfiles de calidad para las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Riosucio indica que la tendencia en el comportamiento de la mayoría de las variables se mantiene para el año 2020, es decir, no se han presentado cambios significativos en la calidad del agua con respecto al comportamiento histórico.

Para el año 2020, el cálculo del índice de calidad ICA-IDEAM, indica que la calidad de la fuente receptora del municipio de Aguadas está en la categoría de “Regular”. De igual manera los resultados obtenidos del ICA-CETESB revelan que la estación 013-E01 se encuentran en la categoría “Buena” y que en la estación 013-E02 se encuentran en la categoría “Mala”. Con los datos obtenidos de los cálculos y análisis de ICOS el nivel de contaminación varía.

En el municipio de Aguadas, se evidencia el cumplimiento de la gran mayoría de los objetivos de calidad establecidos a largo plazo según la resolución 239 de 2007 para el tramo evaluado de la fuente superficial receptora de vertimientos. Sin embargo, la presencia de sustancias de interés sanitario fue confirmado, encontrándose por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación.

5. BIBLIOGRAFIA

- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y Fundación SANEAR (2010) Caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Manizales Informe Final. Manizales
- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y Fundación SANEAR (2010) Caracterización del Agua de la quebrada Manizales, Informe Final. Manizales.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y Fundación SANEAR (2009) Caracterización del Agua de la quebrada Manizales, Informe Final. Manizales.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS y PROAGUA (2005). Caracterización y Evaluación de la Calidad del Agua de la quebrada Manizales. Manizales. Corporación Autónoma Regional
- IDEAM (2019) Estudio Nacional del agua 2018, Bogotá, Colombia.
- Ramírez, A., Viña, G., (1998) Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis, Universidad Jorge Tadeo Lozano – BP Exploration, Bogotá, Colombia.
- Ramírez, A., Restrepo, R., Viña, G., (1997) Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales, Formulaciones y aplicación, Ciencia y tecnología futuro, 1 (3).
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2004) Plan de manejo de aguas residuales municipales en Colombia, Bogotá, Colombia.
- Fernández N., Solano, F. (2005) Índices de calidad y de contaminación del agua, Vicerrectoría de Investigaciones. Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (). Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (). Toma y preservación de muestras. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0631 de 2015 (2015). Parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- Roldán Pérez, G. (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.
- FAÑA, B. J. (2002) Evaluación Rápida de la Contaminación Hídrica. Ediciones G.H.e.N. Grupo Hidro-ecológico Nacional, Inc. (G.H.e.N). República Dominicana. [en línea]. Disponible en: <http://www.ambienteecologico.com/067-02 2000/juannicolasfania67.htm>
- METCALF y HEDDY (1985). Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3° ed. México: MC Graw Hill,

- Saenz, F. C. (2001). Interpretación de Análisis de Aguas: Parámetros Ambientales. Bogotá. [en línea]. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/Métodos/Análisis-D>

6. ANEXOS

Conceptualización

- **Calidad del agua**

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

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

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

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

- **Temperatura**

Es un parámetro que está relacionado con la radiación solar. En zonas templadas, esta puede variar por el cambio de estaciones, sin embargo, en zonas tropicales sus valores pueden considerarse constantes; bajas temperaturas en partes altas y

temperaturas cálidas a nivel del mar. Las descargas de aguas residuales con elevadas temperaturas ocasionan da los a nivel de fauna y flora de la fuente receptoras cada vez que se afecta la reproducción de especies y se fomenta el crecimiento de bacterias u otros microorganismos ajenos a la fuente superficial. Además, la solubilidad del oxígeno disuelto (OD) está directamente relacionado con la temperatura del agua, teniendo entonces que a mayor temperatura se tiene una menor solubilidad y viceversa (Roldan, 2003).

- **Oxígeno disuelto**

Este parámetro es uno de los principales indicadores sobre la calidad de un cuerpo de agua. Su presencia y concentración define todo el comportamiento de la estructura y funcionamiento biótico de estos ecosistemas. Su concentración oscila entre 7.0 mg O₂/L y 8.0 mg O₂/L y su principal fuente es el aire, desde donde el oxígeno se incorpora por factores tales como la turbulencia generada por la morfología e hidráulica de las fuentes superficiales. Este comportamiento es bastante común en ríos de montaña, los cuales presentan condiciones con terrenos escarpados y pendientes pronunciadas que permiten procesos de incorporación de oxígeno disuelto. En ocasiones se generan condiciones de supersaturación de OD debido a condiciones de turbulencia de la corriente, por lo general esta supersaturación es de corta duración. Su permanencia en fuentes superficiales depende de factores tales como solubilidad, presión atmosférica, temperatura, la reoxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica, demanda bioquímica (Roldan, 2003).

- **Turbidez**

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

- **Alcalinidad**

Es la capacidad de neutralizar o amortiguar ácidos. Su presencia en aguas superficiales está asociada al contenido de hidroxilos, carbonatos y bicarbonatos (calcio, potasio, sodio, magnesio), razón por la cual se utiliza como un indicador de la presencia de estas sustancias. Este parámetro permite conocer la capacidad amortiguadora de cambios de pH en el agua, lo cual es fundamental para determinar

la capacidad para mantener procesos biológicos con productividad de biomasa adecuada (Roldan, 2003).

- **Dureza**

La dureza del agua se define por el contenido de iones calcio y magnesio presentes en ella. Un agua con valores de dureza bajos, se denominan aguas blandas, por el contrario, aguas con durezas altas, se denominan aguas duras. Biológicamente, las aguas duras son más productivas que las aguas blandas. La productividad está relacionada con especies que se adaptan a estas condiciones. Una dureza intermedia posee fauna y flora variada, pero es menos productiva en términos de biomasa (Roldan, 2003).

- **Cloruros**

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

- **Nitrógeno, Nitritos y Nitratos**

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

- **Fósforo y fosfatos**

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

- **Sólidos suspendidos**

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

- **Sólidos totales**

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

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

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

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Está definido como la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica presente en una muestra líquida. A partir de su correlación con la DBO₅, se puede determinar el grado de biodegradabilidad de un afluente o efluente líquido (Saenz, 2001).

- **Índice de calidad del agua (ICA)**

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

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

En donde:

Wi: Peso o porcentaje asignado al i-esimo parámetro

li: es el subíndice del i-esimo parámetro.

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

1. Oxígeno disuelto
2. Demanda química de oxígeno
3. Conductividad eléctrica
4. Sólidos suspendidos totales
5. pH
6. Relación Nitrógeno total/Fósforo total

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

Para realizar la clasificación del agua teniendo en cuenta la metodología del ICA-IDEAM, se presentan los rangos y clasificaciones del ICA-IDEAM para facilitar la interpretación de los resultados que aquí se presentan.

Clasificación de valores ICA-IDEAM

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

También se presentan las convenciones del ICA-CETESB para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos en la aplicación de esta metodología.

Clasificación de valores ICA-CETESB

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

- **Índices de contaminación**

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

- **Índice de contaminación por mineralización – ICOMI**

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

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

En donde:

$$I_{\text{Conductividad}} = \text{Log}_{10} \cdot I_{\text{Conductividad}} = 3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} \cdot \text{Conductividad} (\mu\text{S} / \text{cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tienen un índice de conductividad igual = 1

$$I_{\text{Dureza}} = \text{Log}_{10} \cdot I_{\text{Dureza}} = -9.09 + 4.40 \text{Log}_{10} \cdot \text{Dureza} (\text{mg} / \text{lt})$$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Dureza}}}$$

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

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

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{Alcalinidad} (\text{mg} / \text{lt})$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un índice = 1
 Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un índice = 0

- **Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO**

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

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes}} + I_{\text{Oxígeno \%}})$$

En donde:

$$I_{\text{DBO}} = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO(\text{mg} / \text{L})$$

DBO5 > 30 mg O2/L, tienen un índice = 1
 DBO5 < 2 mg O2/L, tienen un índice = 0

$$I_{\text{Coliformes Totales}} = -1.44 + 0.56 \log_{10} \text{Col.Tot.}(\text{NMP} / 100 \text{ml})$$

Coliformes totales > 20000 NMP/100 mL, tienen un índice = 1
 Coliformes totales < 500 NMP/100 mL, tienen un índice = 0

$$I_{\text{Oxígeno \%}} = 1 - 0.01 \text{Oxígeno}^{\circ}\%$$

Porcentajes (%) superiores a 100 %, tienen un índice = 0
 Para sistemas lenticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100% se sugiere reemplazar la expresión por:

$$I_{\text{Oxígeno \%}} = 0.01 \text{Oxígeno}^{\circ}\% - 1$$

- **Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS**

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

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \text{SólidosSuspendidos}(\text{mg} / \text{L})$$

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

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

A continuación, se presentan las convenciones de los ICOS para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

Clasificación ICOS

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

• **Índice de contaminación por trofia – ICOTRO**

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

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

Se presentan las convenciones del ICOTRO para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

Clasificación de valores ICOTRO.

Rango valores	Clasificación	Convención
>1.0	Hipereutrófico	
0.02 - 1.0	Eutrófico	
0.01 - 0.02	Mesotrófico	
<0.01	Oligotrófico	