



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
“ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141”

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CAPÍTULO 3

3.2.5 Calidad del agua



CONTENIDO

	Pág.
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
3.2 MEDIO ABIÓTICO.....	1
3.2.5 Calidad del agua	1
3.2.5.1 Resultados y Discusión Sistemas Lóticos	10
3.2.5.1.1 Línea Base	11
3.2.5.1.1.1 Descripción de puntos de monitoreo	11
3.2.5.1.1.2 Caudales	25
3.2.5.1.1.3 Descripción de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Línea Base Sistemas Lóticos	42
3.2.5.1.1.4 Índices de Calidad y Contaminación de Aguas Línea Base	82
3.2.5.1.1.5 Conclusiones.....	86
3.2.5.1.2 Ocupaciones de Cauce.....	90
3.2.5.1.2.1 Descripción de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Ocupaciones de Cauce.....	138
3.2.5.1.2.2 Índices de Calidad y Contaminación de Aguas Ocupaciones de Cauce	180
3.2.5.1.2.3 Conclusiones.....	188
3.2.5.1.3 Captaciones	191
3.2.5.1.3.1 Descripción de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Captaciones	220
3.2.5.1.3.2 Índices de Calidad y Contaminación puntos de Captación	252
3.2.5.1.3.3 Conclusiones.....	257
3.2.5.1.4 Resultados y Discusión Sistemas Lénticos	260
3.2.5.1.4.1 Descripción de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Línea Base Sistemas Lénticos.....	265
3.2.5.1.4.2 Índices de Calidad y Contaminación de Aguas Sistemas Lénticos.....	279
3.2.5.1.4.3 Conclusiones.....	281

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.2.5-1	Puntos de monitoreo de agua superficial de Línea Base, Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional..... 1
Tabla 3.2.5-2	Puntos de monitoreo de agua superficial de Ocupación. Sistemas Lóticos Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional..... 3
Tabla 3.2.5-3	Puntos de monitoreo de agua superficial de Captación. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional..... 4
Tabla 3.2.5-4	Puntos eliminados del monitoreo durante la etapa de campo. Sistemas Lóticos. Temporada Lluviosa 6
Tabla 3.2.5-5	Puntos eliminados del monitoreo durante la etapa de campo. Sistemas Lóticos. Temporada Seca 6
Tabla 3.2.5-6	Puntos establecidos como doble propósito para los Sistemas Lóticos 6
Tabla 3.2.5-7	Puntos de monitoreo de agua superficial de Línea Base Efectivos. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional..... 7
Tabla 3.2.5-8	Puntos de monitoreo de agua superficial de Ocupación Efectivos. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional..... 7
Tabla 3.2.5-9	Puntos de monitoreo de agua superficial de Captación Efectivos. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional..... 8
Tabla 3.2.5-10	Puntos de monitoreo de agua superficial Sistemas Lénticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional 8
Tabla 3.2.5-11	Descripción puntos de Línea Base Sistemas Lóticos..... 11
Tabla 3.2.5-12	Aforo de los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua de la Línea Base. 25
Tabla 3.2.5-13	Caracterización del Caudal de A_SUP_01. Temporada Lluviosa 28
Tabla 3.2.5-14	Caracterización del Caudal de A_SUP_02. Temporada Lluviosa 28
Tabla 3.2.5-15	Caracterización del Caudal de A_SUP_03. Temporada Lluviosa 29
Tabla 3.2.5-16	Caracterización del Caudal de A_SUP_04. Temporada Lluviosa 29
Tabla 3.2.5-17	Caracterización del Caudal de A_SUP_05. Temporada Lluviosa 30
Tabla 3.2.5-18	Caracterización del Caudal de A_SUP_06. Temporada Lluviosa 30
Tabla 3.2.5-19	Caracterización del Caudal de A_SUP_07. Temporada Lluviosa 31
Tabla 3.2.5-20	Caracterización del Caudal de A_SUP_08. Temporada Lluviosa 31
Tabla 3.2.5-21	Caracterización del Caudal de A_SUP_09. Temporada Lluviosa 32
Tabla 3.2.5-22	Caracterización del Caudal de A_SUP_11. Temporada Lluviosa 32
Tabla 3.2.5-23	Caracterización del Caudal de A_SUP_12. Temporada Lluviosa 33
Tabla 3.2.5-24	Caracterización del Caudal de A_SUP_13. Temporada Lluviosa 33
Tabla 3.2.5-25	Caracterización del Caudal de A_SUP_14. Temporada Lluviosa 34
Tabla 3.2.5-26	Caracterización del Caudal de A_SUP_15. Temporada Lluviosa 34

Tabla 3.2.5-27	Caracterización del Caudal de A_SUP_01. Temporada Seca	36
Tabla 3.2.5-28	Caracterización del Caudal de A_SUP_02. Temporada Seca	36
Tabla 3.2.5-29	Caracterización del Caudal de A_SUP_03. Temporada Seca	37
Tabla 3.2.5-30	Caracterización del Caudal de A_SUP_05. Temporada Seca	37
Tabla 3.2.5-31	Caracterización del Caudal de A_SUP_07. Temporada Seca	38
Tabla 3.2.5-32	Caracterización del Caudal de A_SUP_08. Temporada Seca	38
Tabla 3.2.5-33	Caracterización del Caudal de A_SUP_09. Temporada Seca	39
Tabla 3.2.5-34	Caracterización del Caudal de A_SUP_11. Temporada Seca	39
Tabla 3.2.5-35	Caracterización del Caudal de A_SUP_12. Temporada Seca	40
Tabla 3.2.5-36	Caracterización del Caudal de A_SUP_13. Temporada Seca	40
Tabla 3.2.5-37	Caracterización del Caudal de A_SUP_14. Temporada Seca	41
Tabla 3.2.5-38	Caracterización del Caudal de A_SUP_15. Temporada Seca	41
Tabla 3.2.5-39	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos Lóticos de Línea Base. Temporada Lluviosa	43
Tabla 3.2.5-40	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Línea Base. Temporada Seca.....	46
Tabla 3.2.5-41	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Línea Base. Temporada Lluviosa	82
Tabla 3.2.5-42	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Línea Base. Temporada Seca	83
Tabla 3.2.5-43	Índice de Contaminación-ICO's. Línea Base. Temporada Lluviosa	84
Tabla 3.2.5-44	Índice de Contaminación-ICO's. Línea Base. Temporada Seca	85
Tabla 3.2.5-45	Descripción puntos de Ocupación de Cauce.....	90
Tabla 3.2.5-46	Aforo de los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua de las Ocupaciones de Cauce.....	115
Tabla 3.2.5-47	Caracterización del Caudal de OCP_01. Temporada de Lluvias	116
Tabla 3.2.5-48	Caracterización del Caudal de OCP_02. Temporada Lluviosa	116
Tabla 3.2.5-49	Caracterización del Caudal de OCP_03. Temporada Lluviosa.....	117
Tabla 3.2.5-50	Caracterización del Caudal de OCP_04 Temporada Lluviosa	117
Tabla 3.2.5-51	Caracterización del Caudal de OCP_05 Temporada Lluviosa	118
Tabla 3.2.5-52	Caracterización del Caudal de OCP_06 Temporada Lluviosa	118
Tabla 3.2.5-53	Caracterización del Caudal de OCP_07 Temporada Lluviosa	119
Tabla 3.2.5-54	Caracterización del Caudal de OCP_08 Temporada Lluviosa	119
Tabla 3.2.5-55	Caracterización del Caudal de OCP_09 Temporada Lluviosa	120
Tabla 3.2.5-56	Caracterización del Caudal de OCP_10 Temporada Lluviosa	120
Tabla 3.2.5-57	Caracterización del Caudal de OCP_11 Temporada Lluviosa	121

Tabla 3.2.5-58	Caracterización del Caudal de OCP_13 Temporada Lluviosa	121
Tabla 3.2.5-59	Caracterización del Caudal de OCP_15 Temporada Lluviosa	122
Tabla 3.2.5-60	Caracterización del Caudal de OCP_16 Temporada Lluviosa	122
Tabla 3.2.5-61	Caracterización del Caudal de OCP_17 Temporada Lluviosa	123
Tabla 3.2.5-62	Caracterización del Caudal de OCP_18 Temporada Lluviosa	123
Tabla 3.2.5-63	Caracterización del Caudal de OCP_19 Temporada Lluviosa	124
Tabla 3.2.5-64	Caracterización del Caudal de OCP_21 Temporada Lluviosa	124
Tabla 3.2.5-65	Caracterización del Caudal de OCP_22 Temporada Lluviosa	125
Tabla 3.2.5-66	Caracterización del Caudal de OCP_23 Temporada Lluviosa	125
Tabla 3.2.5-67	Caracterización del Caudal de OCP_30 Temporada Lluviosa	126
Tabla 3.2.5-68	Caracterización del Caudal de OCP_31 Temporada Lluviosa	126
Tabla 3.2.5-69	Caracterización del Caudal de OCP_32 Temporada Lluviosa	127
Tabla 3.2.5-70	Caracterización del Caudal de OCP_33 Temporada Lluviosa	127
Tabla 3.2.5-71	Caracterización del Caudal de OCP_34 Temporada Lluviosa	128
Tabla 3.2.5-72	Caracterización del Caudal de OCP_01. Temporada Seca	129
Tabla 3.2.5-73	Caracterización del Caudal de OCP_03. Temporada Seca	129
Tabla 3.2.5-74	Caracterización del Caudal de OCP_04. Temporada Seca	130
Tabla 3.2.5-75	Caracterización del Caudal de OCP_06. Temporada Seca	130
Tabla 3.2.5-76	Caracterización del Caudal de OCP_07. Temporada Seca	131
Tabla 3.2.5-77	Caracterización del Caudal de OCP_08. Temporada Seca	131
Tabla 3.2.5-78	Caracterización del Caudal de OCP_09. Temporada Seca	132
Tabla 3.2.5-79	Caracterización del Caudal de OCP_11. Temporada Seca	132
Tabla 3.2.5-80	Caracterización del Caudal de OCP_13. Temporada Seca	133
Tabla 3.2.5-81	Caracterización del Caudal de OCP_15. Temporada Seca	133
Tabla 3.2.5-82	Caracterización del Caudal de OCP_16. Temporada Seca	134
Tabla 3.2.5-83	Caracterización del Caudal de OCP_18. Temporada Seca	134
Tabla 3.2.5-84	Caracterización del Caudal de OCP_21. Temporada Seca	135
Tabla 3.2.5-85	Caracterización del Caudal de OCP_22. Temporada Seca	135
Tabla 3.2.5-86	Caracterización del Caudal de OCP_30. Temporada Seca	136
Tabla 3.2.5-87	Caracterización del Caudal de OCP_33. Temporada Seca	136
Tabla 3.2.5-88	Caracterización del Caudal de OCP_34. Temporada Seca	137
Tabla 3.2.5-89	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Ocupaciones de Cauce. Temporada Lluviosa	139
Tabla 3.2.5-90	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Ocupaciones de Cauce. Temporada Seca	143

Tabla 3.2.5-91	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Ocupaciones de Cauce. Temporada de Lluvias.....	180
Tabla 3.2.5-92	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Ocupaciones de Cauce. Temporada Seca.....	181
Tabla 3.2.5-93	Índice de Contaminación-ICO's. Ocupaciones de cauce. Temporada Lluviosa	184
Tabla 3.2.5-94	Índice de Contaminación-ICO's. Ocupaciones de cauce. Temporada Seca	185
Tabla 3.2.5-95	Descripción puntos de Captación	192
Tabla 3.2.5-96	Aforo de los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua de la Captaciones.	205
Tabla 3.2.5-97	Caracterización del Caudal de CAP_01. Temporada Lluviosa	206
Tabla 3.2.5-98	Caracterización del Caudal de CAP_02. Temporada Lluviosa	206
Tabla 3.2.5-99	Caracterización del Caudal de CAP_04. Temporada Lluviosa	207
Tabla 3.2.5-100	Caracterización del Caudal de CAP_05. Temporada Lluviosa	207
Tabla 3.2.5-101	Caracterización del Caudal de CAP_06. Temporada Lluviosa	208
Tabla 3.2.5-102	Caracterización del Caudal de CAP_07. Temporada Lluviosa	208
Tabla 3.2.5-103	Caracterización del Caudal de CAP_08. Temporada Lluviosa	209
Tabla 3.2.5-104	Caracterización del Caudal de CAP_09. Temporada Lluviosa	209
Tabla 3.2.5-105	Caracterización del Caudal de CAP_10. Temporada Lluviosa	210
Tabla 3.2.5-106	Caracterización del Caudal de CAP_11. Temporada Lluviosa	210
Tabla 3.2.5-107	Caracterización del Caudal de CAP_12. Temporada Lluviosa	211
Tabla 3.2.5-108	Caracterización del Caudal de CAP_13. Temporada Lluviosa	211
Tabla 3.2.5-109	Caracterización del Caudal de CAP_14. Temporada Lluviosa	212
Tabla 3.2.5-110	Caracterización del Caudal de CAP_01. Temporada Seca	213
Tabla 3.2.5-111	Caracterización del Caudal de CAP_02. Temporada Seca	213
Tabla 3.2.5-112	Caracterización del Caudal de CAP_04. Temporada Seca	214
Tabla 3.2.5-113	Caracterización del Caudal de CAP_05. Temporada Seca	214
Tabla 3.2.5-114	Caracterización del Caudal de CAP_06. Temporada Seca	215
Tabla 3.2.5-115	Caracterización del Caudal de CAP_07. Temporada Seca	215
Tabla 3.2.5-116	Caracterización del Caudal de CAP_08. Temporada Seca	216
Tabla 3.2.5-117	Caracterización del Caudal de CAP_09. Temporada Seca	216
Tabla 3.2.5-118	Caracterización del Caudal de CAP_10. Temporada Seca	217
Tabla 3.2.5-119	Caracterización del Caudal de CAP_11. Temporada Seca	217
Tabla 3.2.5-120	Caracterización del Caudal de CAP_12. Temporada Seca	218
Tabla 3.2.5-121	Caracterización del Caudal de CAP_13. Temporada Seca	218

Tabla 3.2.5-122	Caracterización del Caudal de CAP_14. Temporada Seca	219
Tabla 3.2.5-123	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Captaciones. Temporada Lluviosa.....	220
Tabla 3.2.5-124	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Captación. Temporada Seca.....	223
Tabla 3.2.5-125	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Captación. Temporada Lluviosa	253
Tabla 3.2.5-126	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Captación. Temporada Seca	253
Tabla 3.2.5-127	Índice de Contaminación-ICO's. Captaciones. Temporada Lluviosa	255
Tabla 3.2.5-128	Índice de Contaminación-ICO's. Captaciones. Temporada Seca	255
Tabla 3.2.5-129	Descripción puntos Sistemas Lénticos	260
Tabla 3.2.5-130	Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos Lénticos de Línea Base. Temporada Lluviosa	266
Tabla 3.2.5-131	Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Sistemas Lénticos	279
Tabla 3.2.5-132	Índice de Contaminación-ICO's. Sistemas Lénticos.....	280

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.5-1	Distribución espacial puntos monitoreo Línea Base. Sistemas Lóticos 2
Figura 3.2.5-2	Distribución espacial puntos monitoreo Ocupación de Cauce. Sistemas Lóticos 4
Figura 3.2.5-3	Distribución espacial puntos monitoreo Captación. Sistemas Lóticos 5
Figura 3.2.5-4	Distribución espacial puntos monitoreo. Sistemas Lénticos..... 9
Figura 3.2.5-5	Mapa de seguimiento climatológico de la precipitación total en noviembre del 2022..... 26
Figura 3.2.5-6	Mapa de seguimiento climatológico de la precipitación total en diciembre 2022..... 27
Figura 3.2.5-7	Mapa de seguimiento de la precipitación total en febrero 2023 35
Figura 3.2.5-8	Comparación inter-temporal caudales. Línea Base 42
Figura 3.2.5-9	Temperatura y Oxígeno disuelto en puntos de Línea Base. Multitemporal..... 52
Figura 3.2.5-10	pH en puntos de Línea Base. Multitemporal..... 54
Figura 3.2.5-11	Conductividad y Sólidos disueltos totales en puntos de Línea Base. Multitemporal..... 56
Figura 3.2.5-12	Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales y Turbiedad en puntos..... 60
Figura 3.2.5-13	Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos en Línea Base. Multitemporal..... 64
Figura 3.2.5-14	Hierro y Color en Línea Base. Multitemporal 77
Figura 3.2.5-15	Macronutrientes en Línea Base. Multitemporal 78
Figura 3.2.5-16	Coliformes fecales y totales en Línea Base. Multitemporal 81
Figura 3.2.5-17	Índice de Calidad –ICA. Línea Base. Multitemporal 84
Figura 3.2.5-18	Índice de Contaminación. Línea Base. Multitemporal 86
Figura 3.2.5-19	Comparación inter-temporal caudales. Ocupaciones de Cauce 137
Figura 3.2.5-20	Temperatura y Oxígeno disuelto en puntos de Ocupaciones de Cauce. Multitemporal..... 151
Figura 3.2.5-21	pH en puntos de Ocupaciones de Cauce 153
Figura 3.2.5-22	Conductividad y Sólidos Disueltos. Multitemporal 155
Figura 3.2.5-23	Sólidos Suspendidos Totales, y Turbiedad. Ocupaciones de Cauce. Multitemporal..... 159
Figura 3.2.5-24	Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos. Ocupaciones de Cauce. Multitemporal..... 163
Figura 3.2.5-25	Hierro y Color en Ocupaciones de Cauce. Multitemporal 174
Figura 3.2.5-26	Macronutrientes en Ocupaciones de Cauce. Multitemporal..... 176
Figura 3.2.5-27	Coliformes fecales y totales en Ocupaciones de Cauce. Multitemporal 179

Figura 3.2.5-28	Índice de Calidad –ICA. Ocupaciones de cauce	183
Figura 3.2.5-29	Índice de Contaminación. Ocupaciones de cauce. Multitemporal	187
Figura 3.2.5-30	Comparación inter-temporal caudales. Captaciones.....	220
Figura 3.2.5-31	Temperatura y Oxígeno disuelto Captaciones. Multitemporal.....	228
Figura 3.2.5-32	pH en puntos de Captaciones. Multitemporal	229
Figura 3.2.5-33	Conductividad y Sólidos Disueltos Captaciones. Multitemporal.....	231
Figura 3.2.5-34	Sólidos Suspendidos Totales, y Turbiedad Captaciones. Multitemporal	234
Figura 3.2.5-35	Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos Captaciones. Multitemporal	237
Figura 3.2.5-36	Hierro y Color en Captaciones. Multitemporal	248
Figura 3.2.5-37	Macronutrientes en Captaciones. Multitemporal	249
Figura 3.2.5-38	Coliformes fecales y totales en Captaciones. Multitemporal	252
Figura 3.2.5-39	Índice de Calidad –ICA. Captaciones. Multitemporal	254
Figura 3.2.5-40	Índice de Contaminación. Captaciones. Multitemporal	257
Figura 3.2.5-41	Temperatura y Oxígeno disuelto en Sistemas Lénticos	268
Figura 3.2.5-42	pH en Sistemas Lénticos	269
Figura 3.2.5-43	Conductividad y Sólidos disueltos totales en Sistemas Lénticos	270
Figura 3.2.5-44	Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales y Turbiedad. Sistemas Lénticos	271
Figura 3.2.5-45	DBO ₅ , DQO y COT en Sistemas Lénticos	272
Figura 3.2.5-46	Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos en Sistemas Lénticos	273
Figura 3.2.5-47	Hierro y Color en Sistemas Lénticos.....	277
Figura 3.2.5-48	Macronutrientes en Sistemas Lénticos	277
Figura 3.2.5-49	Coliformes fecales y totales en Sistemas Lénticos.....	279
Figura 3.2.5-50	Índice de Calidad –ICA. Sistemas Lénticos	280
Figura 3.2.5-51	Índice de Contaminación. Sistemas Lénticos	281

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 3.2.5.1. Reporte de Resultados Físicoquímicos**
- Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**
- Anexo 3.2.5.3 Certificados de Acreditación y Calibración de equipos**
- Anexo 3.2.5.4 Permisos de Recolección**

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.2 MEDIO ABIÓTICO

3.2.5 Calidad del agua

El agua, como recurso vital, tiene influencia directa sobre la salud humana, por lo que su consumo se encuentra asociado con diversas enfermedades parasitarias e infecciosas, especialmente en poblaciones en las que el acceso al recurso potable es muy restringido (Guzmán , Nava, & Díaz, 2015). En la actualidad, se reporta escasez de agua de calidad, como consecuencia de la interacción entre el humano y el medio ambiente que limita la disponibilidad espacio-temporal del recurso. Los factores con impacto directo sobre la calidad del agua están relacionados con actividades productivas, extractivas, la explosión demográfica y las ocupaciones humanas en las rondas de ríos, lagos y lagunas, que, en conjunto deterioran el estado fisicoquímico y biológico de las aguas (Gualdrón, 2016).

La calidad del agua se determina mediante la comparación de las características físicas y químicas del agua de una muestra con estándares definidos a nivel nacional o internacional. Las normas establecidas para el agua potable tienen como objetivo asegurar que el agua destinada para el consumo humano no atenta contra la salud de las personas y se encuentran respaldadas por estudios científicos que definen los umbrales máximos de los elementos encontrados en el agua y de esta manera evitar que alcancen los niveles de toxicidad para humanos y organismos acuáticos (ONU-DAES, 2014).

Teniendo en cuenta las actividades industriales, domésticas y agrícolas que se generan alrededor de las fuentes hídricas (cauces principales y secundarios) bajo la influencia de este proyecto, se pretende determinar el estado fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico del agua superficial de **cuerpos lóticos**, quince (15) puntos de Línea Base (**Figura 3.2.5-1**); treinta y un (31) puntos de Ocupación de Cauce (**Figura 3.2.5-2**) y catorce (14) puntos de Captación (**Figura 3.2.5-2**), monitoreados en época lluviosa y seca **y diez (10) sistemas lóticos para Línea Base. Para una única época.** En el Capítulo 3.2.9 Atmósfera, en el numeral 3.2.1.1.1.2 Precipitación, se presentan los regímenes de precipitaciones actuantes en la zona de estudio y se indica que las mayores precipitaciones se registran en los meses de abril a noviembre y el período de disminución de lluvias se encuentra entre diciembre y marzo. A partir de esta descripción se establecen las temporadas en las que, a lo largo del presente informe, se describe la variación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los sistemas hídricos monitoreados. Las **Tabla 3.2.5-1** a la **Tabla 3.2.5-3** presentan las coordenadas de cada grupo de sistemas hídricos.

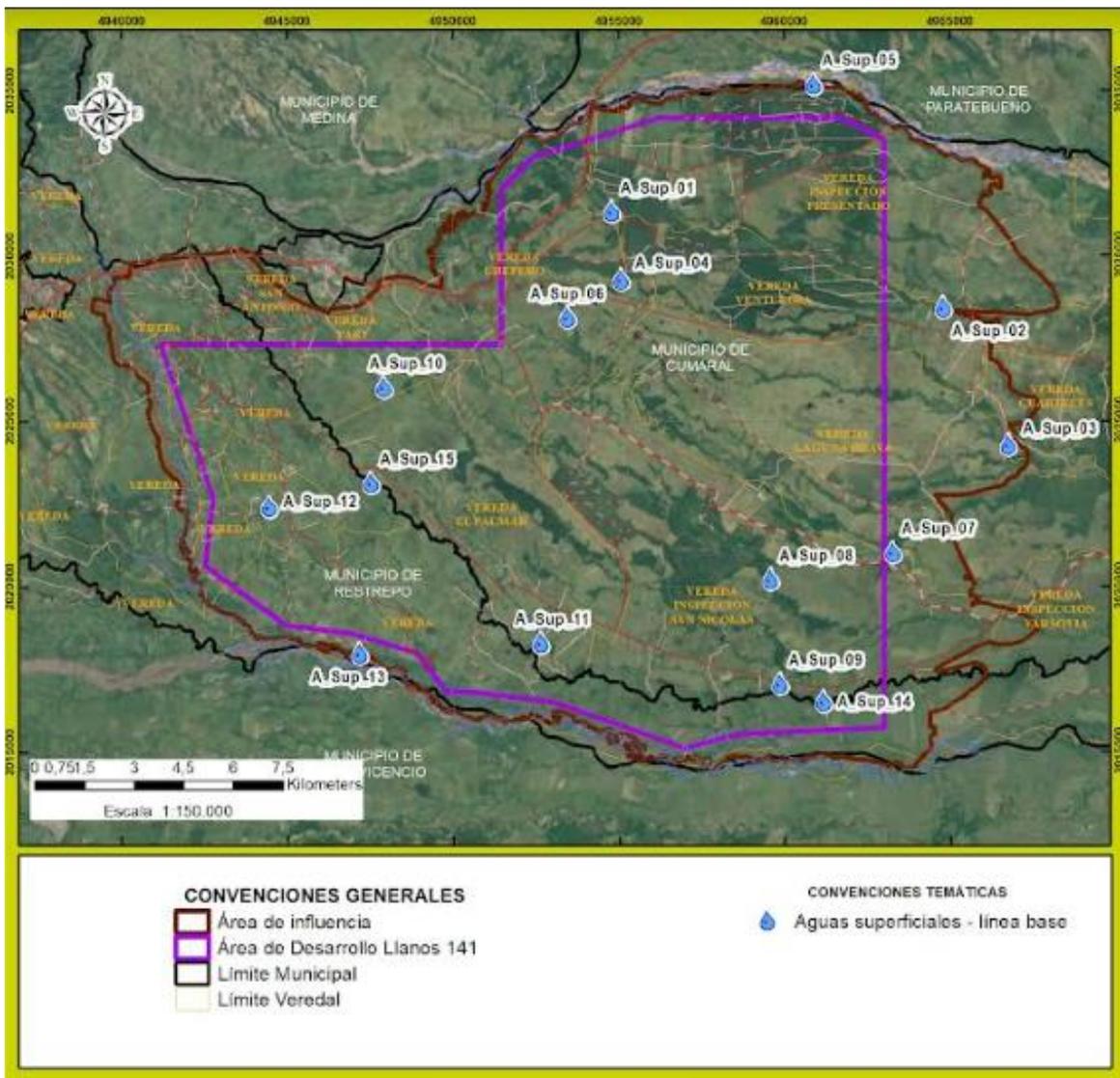
Tabla 3.2.5-1 Puntos de monitoreo de agua superficial de Línea Base, Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
A_Sup_01	4954804,781	2031332,459	Caño Pecuca	Cumaral
A_Sup_02	4964820,136	2028431,651	Caño Pecuca	Cumaral
A_Sup_03	4966772,074	2024264,2	Caño Curimabe	Cumaral
A_Sup_04	4955090,971	2029277,951	Caño Curimabe	Cumaral
A_Sup_05	4960912,287	2035176,641	Río Guacavía	Cumaral
A_Sup_06	4953469,882	2028128,055	Caño Carnicerías	Cumaral
A_Sup_07	4963279,205	2021016,747	Caño Carnicerías	Cumaral
A_Sup_08	4959594,803	2020201,444	Caño Mayuga	Cumaral
A_Sup_09	4959877,937	2017051,502	Caño Arenoso	Cumaral

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
A_Sup_10	4947943,621	2026031,124	Caño Tripero	Cumaral
A_Sup_11	4952663,195	2018293,511	Caño El Caibe	Cumaral
A_Sup_12	4944459,835	2022412,057	Caño La Raya	Restrepo
A_Sup_13	4947196,258	2017991,016	Río Guatiquía	Restrepo
A_Sup_14	4961181,372	2016510,626	Caño El Caibe	Restrepo
A_Sup_15	4947542,721	2023139,138	Caño El Caibe	Cumaral

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Figura 3.2.5-1 Distribución espacial puntos monitoreo Línea Base. Sistemas Lóticos



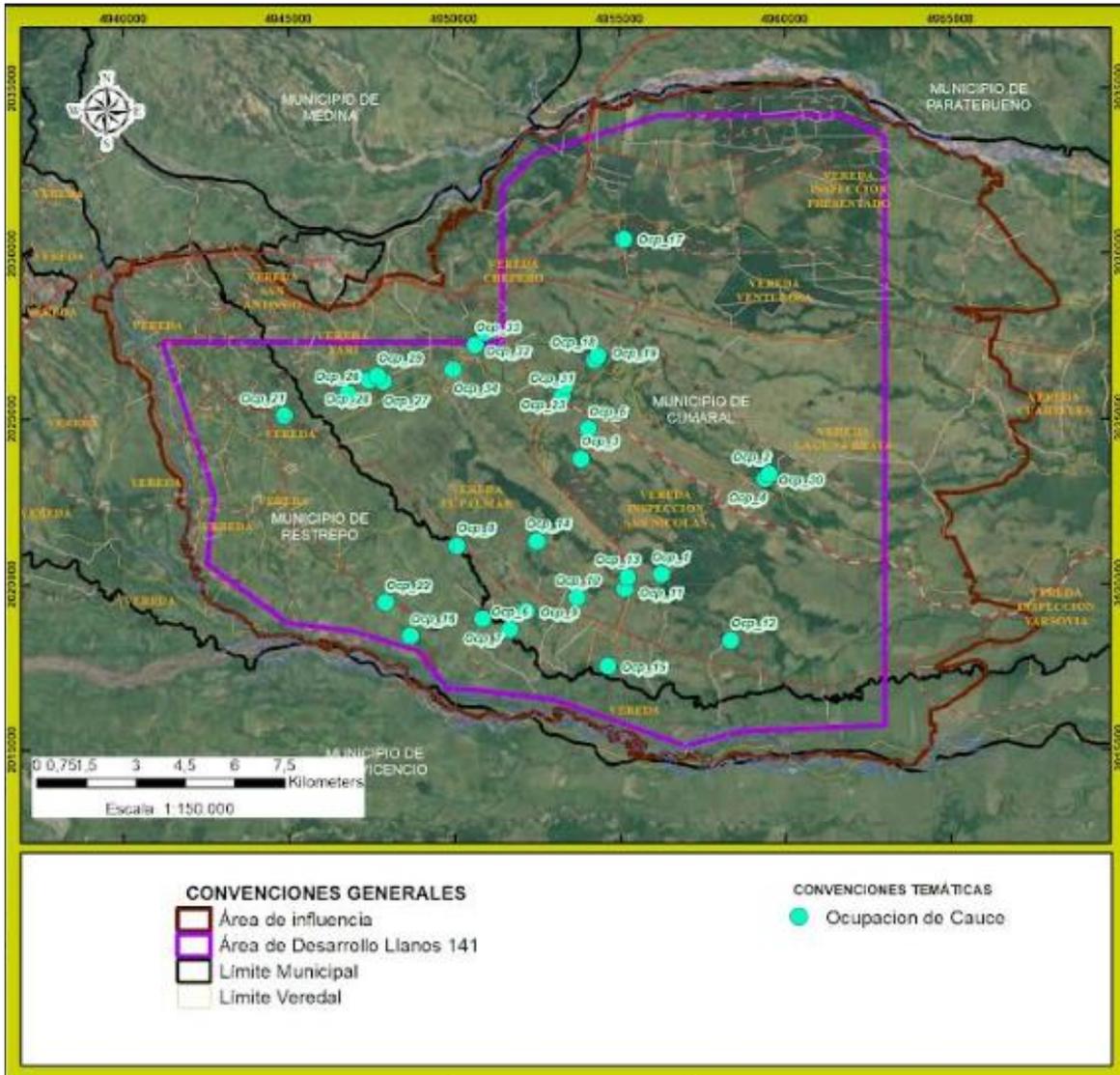
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-2 Puntos de monitoreo de agua superficial de Ocupación. Sistemas Lóticos Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Ocp_01	4956278,87	2020265,70	Caño NN	Cumaral
Ocp_02	4959547,41	2023289,14	Caño NN	Cumaral
Ocp_03	4953855,33	2023763,48	Caño NN	Cumaral
Ocp_04	4959417,33	2023156,56	Caño Carnicerías	Cumaral
Ocp_05	4954080,81	2024669,03	Caño NN	Cumaral
Ocp_06	4951691,95	2018605,23	Caño El Caibe	Cumaral
Ocp_07	4950868,27	2018925,29	Caño El Caibe	Restrepo
Ocp_08	4950104,44	2021138,43	Caño El Caibe	Restrepo
Ocp_09	4952192,66	2019153,28	Caño El Caibe	Cumaral
Ocp_10	4953726,25	2019563,77	Caño Bachacal	Cumaral
Ocp_11	4955182,72	2019843,32	Caño Bachacal	Cumaral
Ocp_12	4958377,40	2018265,04	Caño Bachacal	Cumaral
Ocp_13	4955252,36	2020181,26	Caño NN	Cumaral
Ocp_14	4952516,42	2021269,00	Caño NN	Cumaral
Ocp_15	4954651,47	2017492,97	Caño NN	Cumaral
Ocp_16	4948682,78	2018409,39	Caño Trapiche	Restrepo
Ocp_17	4955161,80	2030404,88	Caño NN	Cumaral
Ocp_18	4954271,72	2026753,80	Caño Carnicerías	Cumaral
Ocp_19	4954375,63	2026873,60	Caño NN	Cumaral
Ocp_21	4944890,17	2025079,63	Caño Vueltudo o Tripas	Restrepo
Ocp_22	4947949,88	2019423,92	Caño Trapiche	Restrepo
Ocp_23	4953366,41	2025972,02	Caño NN	Cumaral
Ocp_26	4946801,66	2025739,31	Caño Piedras Negras	Cumaral
Ocp_27	4947880,61	2026101,87	Caño Tripero	Cumaral
Ocp_28	4947430,79	2026153,04	Caño Tripero	Cumaral
Ocp_29	4947700,46	2026281,85	Caño Tripero	Cumaral
Ocp_30	4959392,44	2023139,78	Caño Carnicerías	Cumaral
Ocp_31	4953285,77	2025665,37	Caño NN	Cumaral
Ocp_32	4950957,17	2027592,68	Caño NN	Cumaral
Ocp_33	4950650,78	2027209,17	Caño Mayuga	Cumaral
Ocp_34	4949995,15	2026469,75	Caño NN	Cumaral

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Figura 3.2.5-2 Distribución espacial puntos monitoreo Ocupación de Cauce. Sistemas Lóticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

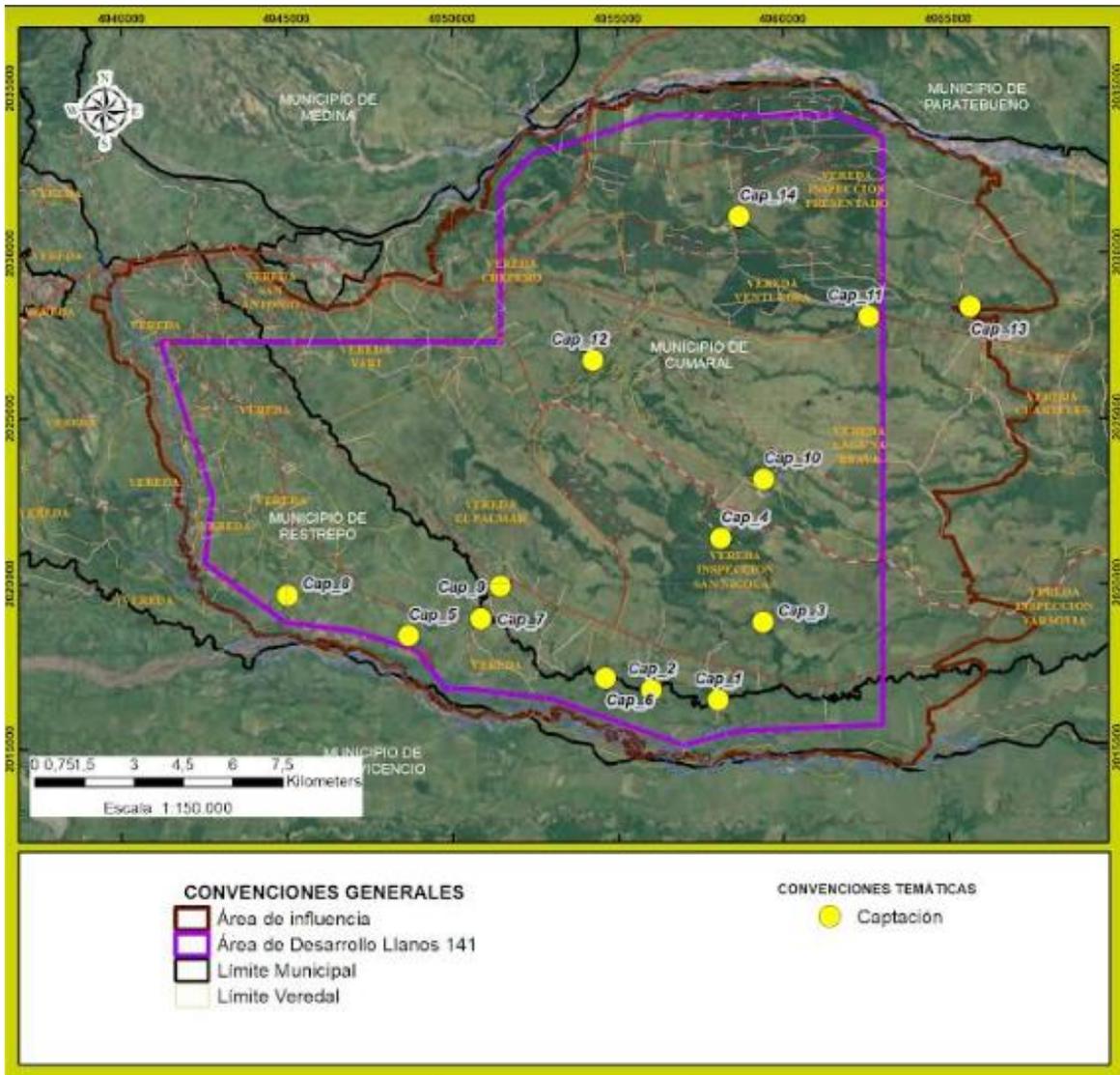
Tabla 3.2.5-3 Puntos de monitoreo de agua superficial de Captación. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Cap_01	4958046,98	2016468,705	Caño El Caibe	Cumarál
Cap_02	4956023,577	2016765,63	Caño El Caibe	Cumarál
Cap_03	4959401,069	2018814,659	Caño Arenoso	Cumarál
Cap_04	4958135,111	2021357,954	Caño Mayuga	Cumarál
Cap_05	4948682,78	2018409,391	Caño Trapiche	Restrepo
Cap_06	4954642,193	2017132,244	Caño El Caibe	Restrepo

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Cap_07	4950868,266	2018925,291	Caño El Caibe	Restrepo
Cap_08	4945033,822	2019640,063	NN	Restrepo
Cap_09	4951467,311	2019918,74	Caño El Caibe	Cumaral
Cap_10	4959419,08	2023135,051	Caño Carnicerías	Cumaral
Cap_11	4962602,138	2028060,232	Caño Curimabe	Cumaral
Cap_12	4954271,718	2026753,798	Caño Carnicerías	Cumaral
Cap_13	4965680,21	2028357,69	Caño Pecuca	Cumaral
Cap_14	4958693,686	2031097,503	Caño Pecuca	Cumaral

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Figura 3.2.5-3 Distribución espacial puntos monitoreo Captación. Sistemas Lóticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

La revisión en campo de la cartografía evaluada en la etapa pre-campo condujo al replanteamiento de algunos de los puntos. Las **Tabla 3.2.5-4** y **Tabla 3.2.5-5** presentan la justificación de los puntos que no fueron evaluados. El punto CAP_20 fue renombrado como CAP_13.

Tabla 3.2.5-4 Puntos eliminados del monitoreo durante la etapa de campo. Sistemas Lóticos. Temporada Lluviosa

PUNTOS ELIMINADOS	JUSTIFICACIÓN
Ocp_14	No correspondía a una fuente hídrica
Ocp_20	Problemas de acceso por vías
Ocp_24	Ubicados en intermediaciones de agrupaciones de vivienda
Ocp_25	
Ocp_26	No se obtuvo autorización del propietario s de los predios por ser privados
Ocp_27	
Ocp_28	
A_Sup_10	
Ocp_29	
Cap_03	
Ocp_12	

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-5 Puntos eliminados del monitoreo durante la etapa de campo. Sistemas Lóticos. Temporada Seca

PUNTOS NO EVALUADOS	JUSTIFICACIÓN
Ocp_14	Predio Inundado
Ocp_26	Los propietarios de los predios no autorizaron el ingreso
Ocp_27	
Ocp_28	
Ocp_29	
A_Sup_10	
Cap_03	
Ocp_12	

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

La **Tabla 3.2.5-6** presenta el listado de los puntos que tendrán doble propósito, haciendo las veces de punto de Captación y Ocupación de Cauce.

Tabla 3.2.5-6 Puntos establecidos como doble propósito para los Sistemas Lóticos

PUNTO	EQUIVALENCIA
CAP_05	OCP_16
CAP_07	OCP_07
CAP_12	OCP_18

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Con base en las tablas anteriores y teniendo en cuenta todas las modificaciones surgidas durante la etapa de campo, se presenta el listado final de los puntos efectivos en cada una de las épocas hidroclimáticas evaluadas (**Tabla 3.2.5-7**, **Tabla 3.2.5-8**, **Tabla 3.2.5-9** y **Tabla 3.2.5-10**).

Tabla 3.2.5-7 Puntos de monitoreo de agua superficial de Línea Base Efectivos. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
A_Sup_01	4954804,781	2031332,459	Caño Pecuca	Cumaral
A_Sup_02	4964820,136	2028431,651	Caño Pecuca	Cumaral
A_Sup_03	4966772,074	2024264,2	Caño Curimabe	Cumaral
A_Sup_04	4955090,971	2029277,951	Caño Curimabe	Cumaral
A_Sup_05	4960912,287	2035176,641	Río Guacavía	Cumaral
A_Sup_06	4953469,882	2028128,055	Caño Carnicerías	Cumaral
A_Sup_07	4963279,205	2021016,747	Caño Carnicerías	Cumaral
A_Sup_08	4959594,803	2020201,444	Caño Mayuga	Cumaral
A_Sup_09	4959877,937	2017051,502	Caño Arenoso	Cumaral
A_Sup_11	4952663,195	2018293,511	Caño El Caibe	Cumaral
A_Sup_12	4944459,835	2022412,057	Caño La Raya	Restrepo
A_Sup_13	4947196,258	2017991,016	Río Guatiquía	Restrepo
A_Sup_14	4961181,372	2016510,626	Caño El Caibe	Restrepo
A_Sup_15	4947542,721	2023139,138	Caño El Caibe	Cumaral

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-8 Puntos de monitoreo de agua superficial de Ocupación Efectivos. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Ocp_01	4956278,87	2020265,70	Caño NN	Cumaral
Ocp_02	4959547,41	2023289,14	Caño NN	Cumaral
Ocp_03	4953855,33	2023763,48	Caño NN	Cumaral
Ocp_04	4959417,33	2023156,56	Caño Carnicerías	Cumaral
Ocp_05	4954080,81	2024669,03	Caño NN	Cumaral
Ocp_06	4951691,95	2018605,23	Caño El Caibe	Cumaral
Ocp_07/Cap_07	4950868,27	2018925,29	Caño El Caibe	Restrepo
Ocp_08	4950104,44	2021138,43	Caño El Caibe	Restrepo
Ocp_09	4952192,66	2019153,28	Caño El Caibe	Cumaral
Ocp_10	4953726,25	2019563,77	Caño Bachacal	Cumaral
Ocp_11	4955182,72	2019843,32	Caño Bachacal	Cumaral
Ocp_13	4955252,36	2020181,26	Caño NN	Cumaral
Ocp_15	4954651,47	2017492,97	Caño NN	Cumaral
Ocp_16/Cap_05	4948682,78	2018409,39	Caño Trapiche	Restrepo
Ocp_17	4955161,80	2030404,88	Caño NN	Cumaral
Ocp_18/Cap_12	4954271,72	2026753,80	Caño Carnicerías	Cumaral
Ocp_19	4954375,63	2026873,60	Caño NN	Cumaral
Ocp_21	4944890,17	2025079,63	Caño Vueltudo o Tripas	Restrepo
Ocp_22	4947949,88	2019423,92	Caño Trapiche	Restrepo
Ocp_23	4953366,41	2025972,02	Caño NN	Cumaral
Ocp_30	4959392,44	2023139,78	Caño Carnicerías	Cumaral
Ocp_31	4953285,77	2025665,37	Caño NN	Cumaral

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Ocp_32	4950957,17	2027592,68	Caño NN	Cumaral
Ocp_33	4950650,78	2027209,17	Caño Mayuga	Cumaral
Ocp_34	4949995,15	2026469,75	Caño NN	Cumaral

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-9 Puntos de monitoreo de agua superficial de Captación Efectivos. Sistemas Lóticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Cap_01	4958046,98	2016468,705	Caño El Caibe	Cumaral
Cap_02	4956023,577	2016765,63	Caño El Caibe	Cumaral
Cap_04	4958135,111	2021357,954	Caño Mayuga	Cumaral
Cap_05/ Ocp_16	4948682,78	2018409,391	Caño Trapiche	Restrepo
Cap_06	4954642,193	2017132,244	Caño El Caibe	Restrepo
Cap_07/Ocp_07	4950868,266	2018925,291	Caño El Caibe	Restrepo
Cap_08	4945033,822	2019640,063	NN	Restrepo
Cap_09	4951467,311	2019918,74	Caño El Caibe	Cumaral
Cap_10	4959419,08	2023135,051	Caño Carnicerías	Cumaral
Cap_11	4962602,138	2028060,232	Caño Curimabe	Cumaral
Cap_12/Ocp_18	4954271,718	2026753,798	Caño Carnicerías	Cumaral
Cap_13	4965680,21	2028357,69	Caño Pecuca	Cumaral
Cap_14	4958693,686	2031097,503	Caño Pecuca	Cumaral

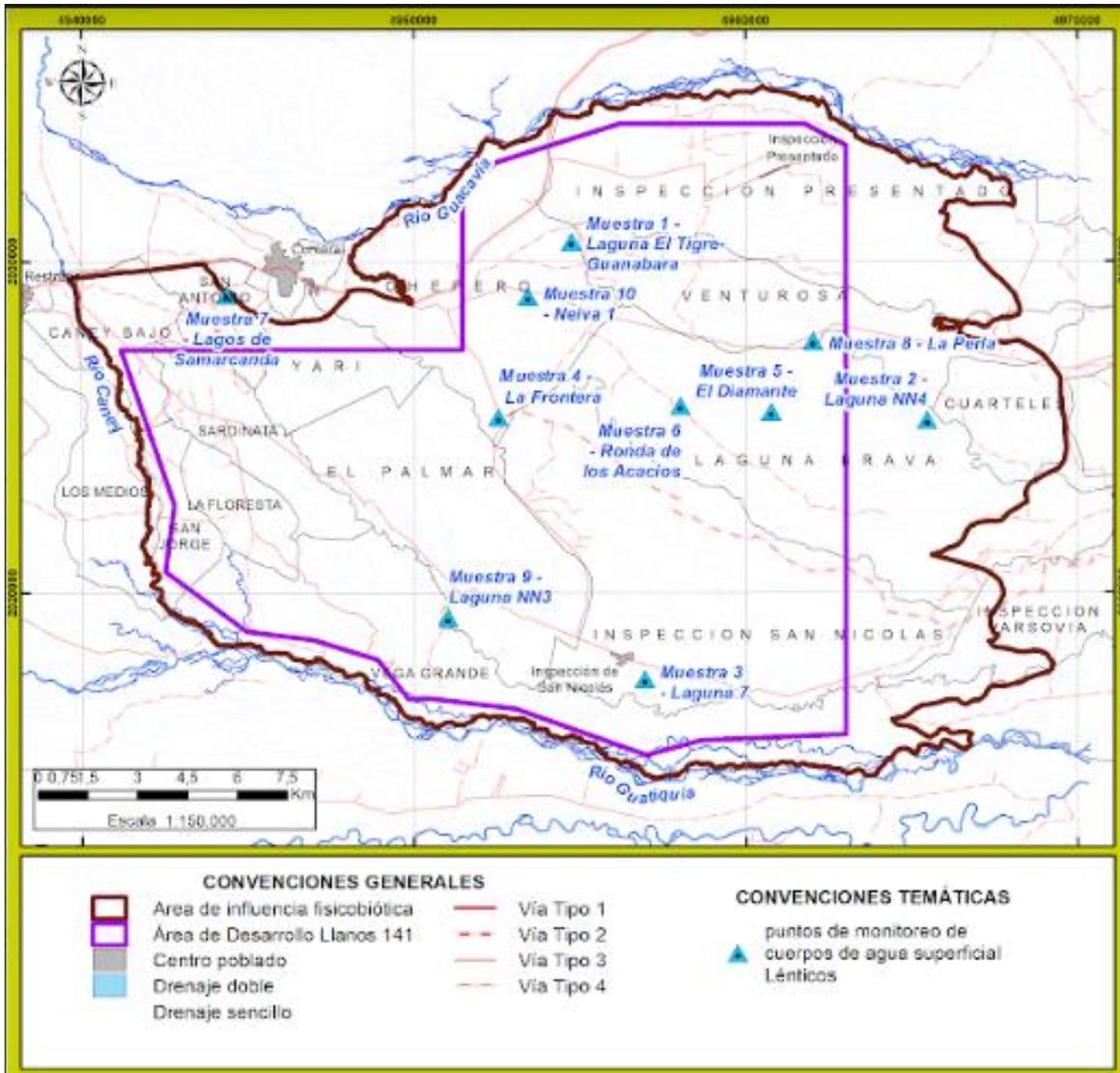
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-10 Puntos de monitoreo de agua superficial Sistemas Lénticos. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional

PUNTO	ESTE	NORTE	DRENAJE	MUNICIPIO
Muestra 1	4954758.07	2030583.96	Laguna El Tigre- Guanabara	Cumaral
Muestra 2	4965481.9	2025197.84	Laguna NN4	Cumaral
Muestra 3	4956958.37	2017384.26	Laguna 7	Cumaral
Muestra 4	4952560.26	2025278.29	La Frontera	Cumaral
Muestra 5	4960778	2025442	El Diamante	Cumaral
Muestra 6	4958039,83	2025627.68	Ronda de los Acacios	Cumaral
Muestra 7	4944368.1	2028978.45	Lagos de Samarcanda	Cumaral
Muestra 8	4962043.3	2027582.25	La Perla	Cumaral
Muestra 9	4951043.92	2019231,74	Laguna NN3	Cumaral
Muestra 10	4953446,696	2028926,731	Neiva 1	Cumaral

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Figura 3.2.5-4 Distribución espacial puntos monitoreo. Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

El numeral 3.21.1.1.2 del Capítulo 3.2.9 Atmósfera indica que en la zona de estudio las mayores precipitaciones se producen en los meses de abril a noviembre, tiempo que equivale al período húmedo, mientras que el período seco, corresponde al tiempo entre los meses de diciembre a marzo. En este informe, [para los sistemas lóticos](#), el período húmedo será descrito como *Temporada Lluviosa*, y el período seco, como *Temporada Seca*. En la temporada lluviosa, el trabajo de campo se llevó a cabo entre el 25 y 29 de noviembre del 2022 y el 1 al 12 de diciembre del 2022. La Temporada seca fue ejecutada del 15 al 25 de febrero del 2023. [Para los sistemas Lénticos, las muestras fueron levantadas entre el 4 de enero del 2024 y el 7 de enero del 2024](#), tomando muestras fisicoquímicas y microbiológicas en cada punto. En el Capítulo 1, referente a las Generalidades, en las [Tabla 3.2.5-11](#) y [Tabla 3.2.5-12](#) se presentan los listados de parámetros, límites de cuantificación y métodos empleados en las muestras de agua superficial que evaluó el presente estudio, para la

época lluviosa y la época seca, en sistemas lóticos y una única época para los sistemas lénticos, respectivamente.

3.2.5.1 Resultados y Discusión Sistemas Lóticos

En esta sección se presentan la descripción de los puntos de monitoreo, los resultados de los Aforos de Caudal, parámetros *in situ* y monitoreos de calidad de agua para los puntos de línea base, ocupación de cauce y captación, evaluados en el presente estudio. El análisis de los resultados se presenta de la siguiente forma: Temporada Seca (Literal A); Temporada Lluviosa (Literal B) y Multitemporal (Literal C).

3.2.5.1.1 Línea Base

3.2.5.1.1.1 Descripción de puntos de monitoreo

Tabla 3.2.5-11 Descripción puntos de Línea Base Sistemas Lóticos

Descripción A_SUP_01 Caño Pecuca				
Coordenadas	E: 4954804,78		N: 2031332,46	
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Grava/cantos rodados	
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura	332 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca	
				
Código	47902		MN 348488	
Fecha	01/12/2022		19/02/2023	
Hora	13:00		8:40	
Profundidad (m)	0,5		0,19	
Descripción del punto	Canal Recto, con corriente moderada y nivel medio de agua clara. Se observa una cantidad mínima de aceites en el agua. Se reporta presencia de macrófitas flotantes y emergentes. Sin olores en agua o en sedimentos		Cuerpo de agua lótico, materia orgánica en descomposición en ciertas zonas del cauce, Agua estancada con leve tonalidad café, sin olor apreciable. Se observan macrófitas acuáticas.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Una carretera atraviesa el sistema hídrico, con paso constante de tractores por transporte de frutas y se reporta una presa inconclusa sobre el caño, paso animal, pastoreo y presencia de cultivos y asentamientos humanos. Zonas riparias con bosque nativo, con un grado de perturbación de la vegetación moderado, compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles			

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_02 Caño Pecuca			
Coordenadas	E: 4964820,14		N: 2028431,65
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Arenoso/Cantos rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47908		MN 348906
Fecha	29/11/2022		21/02/2023
Hora	7:30		13:00
Profundidad (m)	0,57		0,48
Descripción del punto	Cuerpo de agua transparente, localizado dentro de un predio privado. Presencia de espumas. Corriente moderada, con nivel medio de agua. Sin presencia de olores ofensivos o películas iridiscentes. Se reportan macrófitas emergentes.		Canal meándrico, con corriente moderada y nivel medio de agua clara. No se reportan aceites en agua o sedimentos. Olores en agua y sedimentos a guas residual. No se observan macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	El punto se localiza dentro de un predio privado. Zona aledaña con alta presencia de árboles, hierbas y arbustos con bajo grado de perturbación. El ganado bebe directamente del afluente		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_03 Caño Curimabe			
Coordenadas	E: 4966772,07		N: 2024264,20
Departamento	Cumara/ Meta	Lecho	Arenoso/Cantos rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47907		MN 3489085
Fecha	29/11/2022		21/02/2023
Hora	7.30		9:10
Profundidad (m)	0,57		0,48
Descripción del punto	Cuerpo de agua transparente, localizado dentro de un predio privado. Presencia de espumas. Corriente moderada, con nivel medio de agua. Sin presencia de olores ofensivos o películas iridiscentes. Se reportan macrófitas emergentes.		Canal Recto con flujo de corriente y nivel medio de agua clara. Sin presencia de olores ofensivos o películas iridiscentes. Se reportan macrófitas emergentes y flotantes
Usos del suelo en zonas aledañas	El punto se localiza dentro de un predio privado. La ronda hídrica está afectada por deforestación para la siembra de pastos para forraje. Actividad ganadera en la zona aledaña, los semovientes beben directamente del cuerpo de agua. Vegetación riparia compuestas por pastizales, herbazales, arbustos y árboles, con un bajo grado de perturbación. En las orillas del afluente se llevan a cabo actividades recreativas como fogatas. Con respecto a la temporada de lluvias, se observa una disminución en el ancho del sistema hídrico.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_04 Caño Curimabe			
Coordenadas	E: 4955090,97		N: 2029277,95
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Limo/Arcilla
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48004	MN 348503	
Fecha	04/12/2022	19/02/2023	
Hora	8:00	11:15	
Profundidad (m)	0,25	N. A	
Descripción del punto	Cuerpo de agua transparente de baja profundidad con corriente moderada. No se perciben olores ofensivos ni espumas. Se reportan iridiscencias	Canal meándrico tipo charca sin flujo de corriente, por lo que no se ejecuta aforo de caudal. No se perciben olores ofensivos ni espumas. Se reportan iridiscencias. Macrófitas emergentes	
Usos del suelo en zonas aledañas	El punto se encuentra localizado a 600 m de la vía principal y dentro de un predio destinado al cultivo de palma de aceite, además se reporta vegetación nativa, conformada por pastos, hierbas, arbustos y árboles. Avistamiento de diferentes especies de reptiles (Boa güio). Ganadería, los animales beben directamente del cuerpo hídrico		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_05 Río Guacavía			
Coordenadas	E: 4960912,28		N: 2035176,64
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Cantos rodados/Grava/Rocas Grandes/Arena
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 303 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48168	MN 349466	
Fecha	10/12/2022	23/02/2023	
Hora	9:00	11:30	
Profundidad (m)	0,50	0,64	
Descripción del punto	Canal meándrico con flujo moderado de corriente y agua turbia. No se perciben olores ni iridiscencias. Sin presencia de macrófitas		Canal meándrico con flujo de corriente y nivel medio de agua levemente turbia por transporte de sedimentos. No se perciben olores ni iridiscencias o presencia de macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por pastizales, herbazales, arbustos y árboles, se determina un muy alto grado de perturbación. En la zona aledaña hay cultivos de palma y ganadería. El punto se localiza dentro del predio privado "La Hacienda", a 540 m de la vía principal. Se observa extracción de material del río y actividades recreativas.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_06 Caño Carnicerías			
Coordenadas	E: 49534690,0		N: 2022812,80
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Limo/Arcilla/Hojarasca Grandes/Arena
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 321 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48165		MN 349873
Fecha	10/12/2022		25/02/2023
Hora	13:00		8:35
Profundidad (m)	0,64		0,28
Descripción del punto	Presa conteniendo agua levemente turbia y nivel medio de agua, con bajo flujo. No se reportan olores ofensivos ni iridiscencias. Ausencia de espumas y macrófitas.		Cuerpo de agua, sin flujo de corriente. Agua turbia de tonalidad café. Se observa materia orgánica en descomposición en ciertas zonas del cauce. No se perciben olores ofensivos, ni presencia de iridiscencias.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por herbazales, arbustos y árboles, se determina un alto grado de perturbación. Predio privado al que se niega un posterior acceso. En las zonas aledañas hay actividad ganadera y heces en el recurso. Se detectan vertimientos al morichal provenientes de una granja porcícola y acumulación de basuras.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_07 Caño Carnicerías			
Coordenadas	E: 4963279,20		N: 2021016,74
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arena/Cantos Rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47724	MN 348670	
Fecha	23/11/2022	20/02/2023	
Hora	10:00	9:19	
Profundidad (m)	0,46	0,23	
Descripción del punto	Canal recto con caudal fuerte y rápido, reporta coloración café y turbidez por lluvias la noche anterior con carga significativa de sedimentos. No se reportan olores ofensivos ni iridiscencias		Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia. No se perciben olores ofensivos ni capas iridiscentes. Presencia de macrófitas emergentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por pastizales, herbazales, arbustos y árboles, se determina un muy alto grado de perturbación. En las zonas aledañas hay actividad ganadera. Se detectan vertimientos al sistema hídrico provenientes de una granja porcícola. Se observa una disminución de 2 m en el ancho del afluente con respecto a la temporada lluviosa.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_08 Caño Mayuga			
Coordenadas	E: 4959594,80		N: 2020201,44
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Rocoso
Parámetros a evaluar	Físicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 297 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48023		MN 348900
Fecha	02/12/2022		2/02/2023
Hora	08:30		10:12
Profundidad (m)	0,46		0,24
Descripción del punto	Fuente superficial de baja profundidad, agua transparente, con corriente media. Presencia de espuma. Lluvia la noche anterior		Cuerpo de agua lotico, se observa materia orgánica en descomposición en ciertas zonas del cauce. La muestra no presenta color, sin olor apreciable.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por bosque de galería, pastizales, arbustos, hierbas y árboles. Se observan cultivos de palmas de aceite. La vía principal se encuentra ubicada a 1Km de distancia.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_09 Caño Arenoso			
Coordenadas	E: 4959877,94		N: 2017051,50
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Cantos Rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 278 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47641	MN 347705	
Fecha	23/11/2022	15/02/2023	
Hora	11:40	9:05	
Profundidad (m)	0,80	0,10	
Descripción del punto	Sistema hídrico recto con corriente moderada y nivel bajo de agua levemente turbia por transporte de sedimentos por lluvia la noche anterior. No se perciben olores ofensivos ni películas iridiscentes. Presencia de macrófitas emergentes.		Canal recto con corriente moderada y nivel bajo de agua clara. No se perciben olores ofensivos ni capas de grasas o aceites. No se registran macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por pastizales, arbustos, hierbas y árboles, con alto grado de perturbación. Se reporta paso animal, pastoreo. A pocos metros del punto se observa una vía.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_11 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4952663,19		N: 2018293,51
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arena/Cantos Rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 278 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47714		MN 348440
Fecha	28/11/2022		17/02/2023
Hora	11:00		11:00
Profundidad (m)	0,68		0,14
Descripción del punto	Sistema hídrico recto con rápidos y nivel medio de agua levemente turbia por lluvia el día anterior. No se perciben olores ofensivos ni películas iridiscentes.		Agua traslúcida, corriente moderada, en algunos tramos se observan cúmulos de rocas. No se perciben olores ofensivos o capas iridiscentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por pastizales, arbustos, hierbas y árboles, con alto grado de perturbación. Se reporta un puente que pasa sobre el sistema hídrico. Presencia de ganado.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_12 Caño La Raya			
Coordenadas	E: 4944459,83		N: 2022412,05
Departamento	Restrepo/Meta	Lecho	Arena/Cantos Rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47721	MN 347824	
Fecha	26/11/2022	16/02/2023	
Hora	11:00	9:31	
Profundidad (m)	0,62	0,32	
Descripción del punto	Sistema hídrico recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia por lluvia la noche anterior. No se perciben olores ofensivos ni películas iridiscentes.	Canal Recto con modificaciones para alcantarillado y presa. Corriente moderada con nivel medio de agua levemente turbia por lluvias la noche anterior. No se perciben olores ofensivos ni capas iridiscentes.	
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por pastizales, arbustos, hierbas y árboles, con un grado extremo de perturbación. En las dos márgenes se detectan actividades turísticas, establecimiento de balnearios y potreros destinados para forrajeo. Se observa un paso peatonal en concreto y a nivel del río. También se reporta captación y vertimiento de desechos nitrogenados provenientes de una porcícola ubicada aguas arriba del punto.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_13 Río Guatiquía			
Coordenadas	E: 4947196,25		N: 2017991,01
Departamento	Restrepo/Meta	Lecho	Arena/Cantos Rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 250 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47722	MN 348180	
Fecha	26/11/2022	17/02/2023	
Hora	08:00	12:30	
Profundidad (m)	0,62	0,34	
Descripción del punto	Punto de intersección entre dos afluentes aguas arriba: Canal meándrico con flujo de corriente y nivel bajo de agua levemente turbia, por transporte de sedimentos y descarga de tributarios aguas arriba. No se reportan olores ofensivos o capas iridiscentes. Presencia de Macrófitas emergentes		Punto de intersección entre dos afluentes aguas arriba: Canal meándrico con flujo bajo de corriente y nivel bajo de agua levemente turbia, por transporte de sedimentos y descarga de tributarios aguas arriba. No se reportan olores ofensivos o capas iridiscentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra compuesta por pastizales, arbustos, hierbas y árboles, con un grado extremo de perturbación. Al margen izquierdo existe intervención de especies arbóreas maderables, por lo que se registra un alto grado de deforestación. A 40m del punto se reporta extracción de material con volquetas. Asentamientos humanos.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_14 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4961181,37		N: 2016510,62
Departamento	Restrepo/Meta	Lecho	Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 250 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47640		MN 348180
Fecha	28/11/2022		17/02/2023
Hora	09:24		12:30
Profundidad (m)	0,61		0,34
Descripción del punto	Canal meándrico con flujo de corriente moderado y nivel medio de agua levemente turbia, por transporte de sedimentos por lluvias en días anteriores. No se reportan olores ofensivos o capas iridiscentes. Presencia de Macrófitas emergentes, reunidas cerca a rápidos en los que se acumularon troncos.		Canal meándrico, con corriente moderada y nivel medio de agua clara. Sin olores ofensivos en agua o sedimentos, tampoco se observan capas iridiscentes o macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	En el punto se reportan desvíos del cauce para usar el recurso para riego de cultivos de maíz y paso de maquinaria pesada, carretera y paso animal. Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles con alto grado de perturbación		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción A_SUP_15 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4947542,72		N: 2023139,13
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Grava/Arena
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 250 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48167		MN 348688
Fecha	07/12/2022		20/02/2023
Hora	11:00		11:20
Profundidad (m)	0,70		0,27
Descripción del punto	Canal recto con flujo de corriente moderado y nivel medio de agua levemente turbia, por transporte de sedimentos por lluvias la noche anterior. No se reportan olores ofensivos o capas iridiscentes.		El agua tiene una tonalidad amarilla tenue (bastante clara). Hay presencia de bovinos en el predio donde está ubicado el caño, los mismos lo usan de bebedero. Se observan heces del ganado a orilla del caño.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles con muy alto grado de perturbación. Actividad Ganadera		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.1.2 Caudales

Se define como la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal y es expresado en unidades de volumen por unidad de tiempo. Generalmente, este valor se expresa en función de la altura del agua en el punto de aforo. (IDEAM.gov.co).

Los caudales fueron obtenidos a partir del cálculo del área de la sección monitoreada y la estimación de la velocidad promedio, teniendo en cuenta las revoluciones por minuto. Para la determinación del resultado final, se sumaron los caudales parciales (provenientes de las subsecciones monitoreadas a lo ancho del cuerpo de agua). Los resultados de los aforos de caudal para los puntos de línea base, para las dos épocas climáticas, se resumen en la **Tabla 3.2.5-12**. Se aclara que el punto A_SUP_10 no fue evaluado, porque al estar localizado dentro de un predio privado, no fue autorizado el acceso.

Tabla 3.2.5-12 Aforo de los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua de la Línea Base.

PUNTO	CAUDAL L/s	
	Lluviosa	Seca
A_SUP_01	1205,1	821,85
A_SUP_02	1233,8	169,050
A_SUP_03	2439,4	271,60
A_SUP_04	118,8	*
A_SUP_05	29779,1	6470,25
A_SUP_06	1032,2	*
A_SUP_07	12208,9	415,52
A_SUP_08	1536,8	632,10
A_SUP_09	581,3	58,27
A_SUP_11	17401,2	153,40
A_SUP_12	867,5	505,050
A_SUP_13	7389,1	3553,0
A_SUP_14	831,6	510,81
A_SUP_15	456,5	349,87

*Sistema hídrico sin flujo de corriente, no se hace aforo de caudal.

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

La subcuenca del río Guatiquía, dentro de la cual se localizan los puntos A_SUP_06; A_SUP_08; A_SUP_09; A_SUP_11; A_SUP_13; A_SUP_14 y A_SUP_15, es una de las cuencas de mayor extensión de la vertiente oriental de los Andes de Colombia. Nace en el páramo de Chingaza, en Fómeque (Cundinamarca), bajo la denominación de Río La Playa, a 2600 m.s.n.m. Con una extensión de 87.570 ha, la cuenca se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental, al norte del Meta y al Sur de Cundinamarca y del Cañón del Río Guatiquía. Comprende los municipios de Villavicencio, Fómeque, Restrepo, Calvario y San Juanito, con alturas entre los 450 y 4200 m.s.n.m (Peña, 2013). Dentro de Cumaral, esta subcuenca cuenta con un recorrido de 11,8Km, atravesando el municipio en el Sector de la Vereda San Nicolás-Caibe (Hernández & Castro, 2008).

Los puntos A_SUP_01; A_SUP_02; A_SUP_03; A_SUP_04; A_SUP_05; A_SUP_07 y A_SUP_12, se encuentran localizados dentro de la subcuenca del Río Guacavía que nace en la parte alta de la Cordillera Oriental y que sirve como límite entre Meta y Cundinamarca. Este río recibe las aguas de los Ríos Borrachero, Guajaray, Guajaraquito, Pin y de la Quebrada Negra. Otros afluentes son el Río Caney Medio, el Guatiquía y el Humea, Caibe, Mayuga, El Arado, La Abeja, El Tigra, Seco, Buchacal y Arenales (Corpoica, 1999).

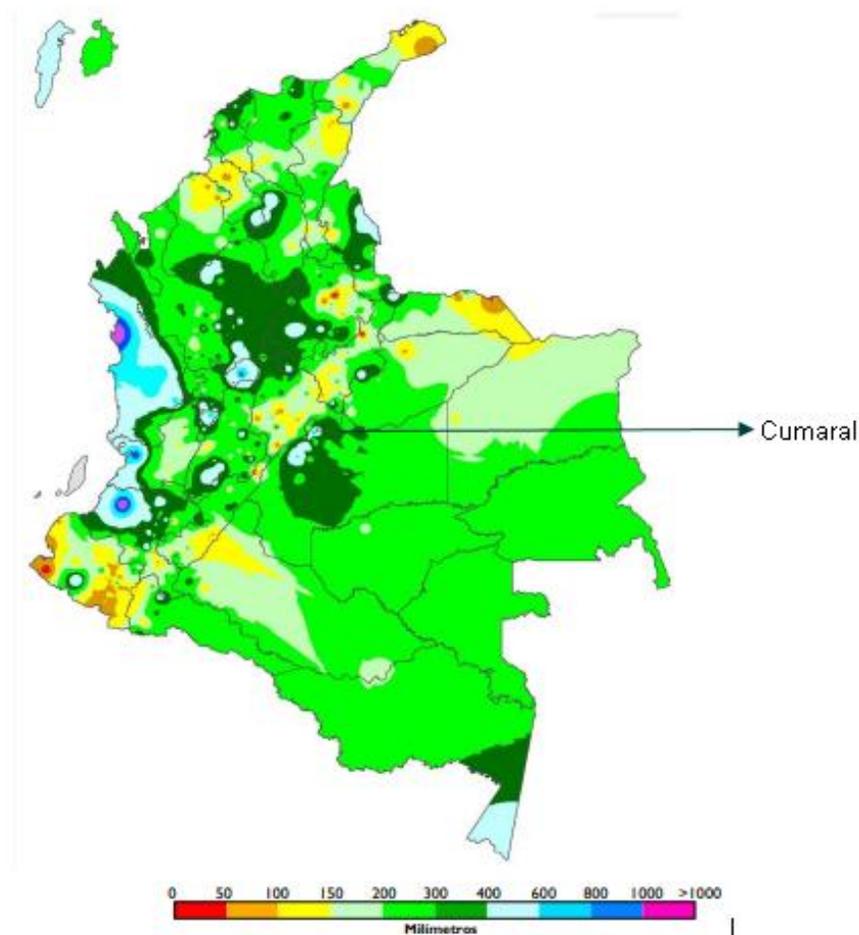
Estas dos subcuencas hacen parte de la cuenca del Río Meta, que cruza la totalidad del Municipio de Cumaral y que es una de los principales afluentes del Orinoco. Este río nace en la Cordillera Oriental de los Andes y discurre en dirección noroeste hasta el Río Cravo Norte, también conforma,

a lo largo de 200 Km, la frontera de Colombia con Venezuela, en sentido este, hasta su desembocadura en Puerto Carreño. Los terrenos al sur del Meta y al Oeste del Orinoco son denominados Altillanura, se caracterizan por no recibir sedimentos de la cordillera y, tanto los suelos como los ríos que los drenan, Vita; Tomo; Tuparro; Vichada, entre otros, son oligotróficos, es decir, pobres en nutrientes (Hernández & Castro, 2008).

➤ **Temporada Lluviosa**

El monitoreo fue ejecutado a finales de noviembre y principios de diciembre. Las condiciones climáticas durante el primero de los meses de monitoreo se caracterizaron por reportar lluvias por encima de los promedios. Cumaral se ubicó dentro de la zona con lluvias por encima de lo normal, con valores entre los 300mm y 400 mm (**Figura 3.2.5-5**).

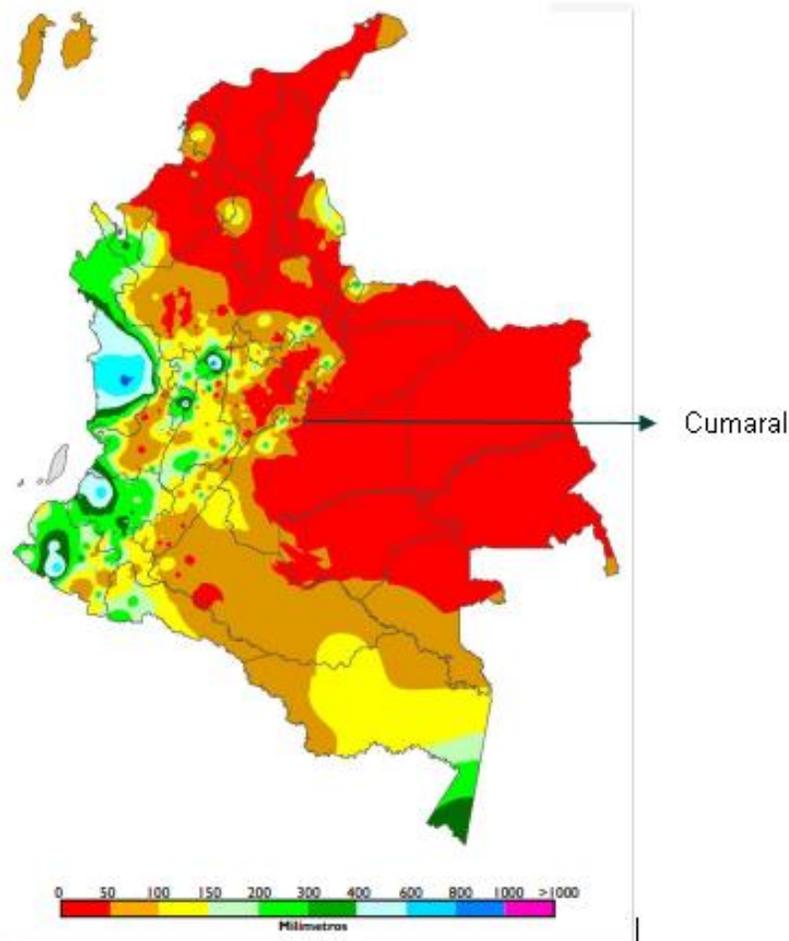
Figura 3.2.5-5 Mapa de seguimiento climatológico de la precipitación total en noviembre del 2022



Fuente: (IDEAM, 2022)

Para el mes de diciembre predominaron las precipitaciones en la categoría por debajo de lo habitual en todo el territorio nacional. En Cumaral, fueron reportadas lluvias *muy por debajo de lo normal*, con precipitaciones entre los 0 mm y 50 mm (**Figura 3.2.5-6**).

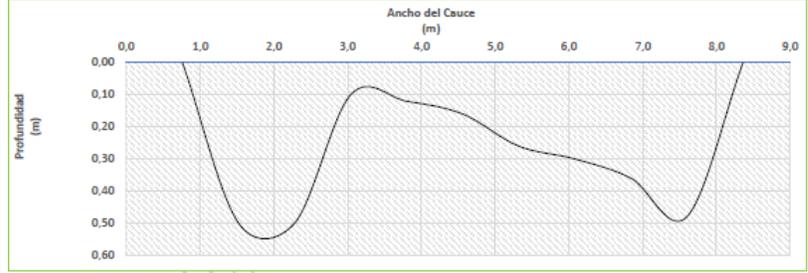
Figura 3.2.5-6 Mapa de seguimiento climatológico de la precipitación total en diciembre 2022



Fuente: (IDEAM, 2022)

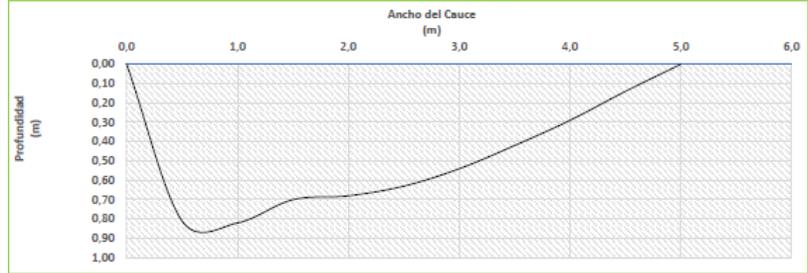
La temporada durante la cual fueron realizados los muestreos se encuentra dentro de la época lluviosa de la zona. Los caudales estuvieron entre un rango de los 118,8 L/s y los 29779,1 L/s. Dentro de los sistemas menos caudalosos se encontraron A_SUP_04 (118,8 L/s); A_SUP_15 (456,5 L/s) y A_SUP_09 (581,3 L/s). El primero de los puntos corresponde al Caño Curimabe, es un punto de 0,25 m de profundidad con corriente moderada y rodeado de cultivos de palma. A_SUP_15 ubicado en Caño El Caibe, fue un punto de corriente moderada y agua turbia por lluvias en la noche anterior al monitoreo. A_SUP_09, localizado en el Caño Arenoso tuvo una profundidad de 0,80 m de profundidad y corriente moderada, se reportaron lluvias en la noche anterior al monitoreo. Por su parte, los puntos de mayor caudal fueron A_SUP_07 (12208,9 L/s); A_SUP_11 (17401,2 L/s) y A_SUP_05 (29779,1 L/s). El primer punto, localizado en el Caño Carnicerías, reportó una profundidad de 0,46 m y se caracterizó por presentar un caudal fuerte y rápido con agua de coloración café por lluvias la noche anterior al monitoreo. A_SUP_11, ubicado en la Quebrada Seca, fue reportado como un sistema con rápidos y nivel medio de agua levemente turbia por lluvias anteriores al monitoreo y A_SUP_05, el punto de mayor caudal de la línea base, fue registrado como un canal meándrico con flujo de corriente moderada y agua turbia. Las **Tabla 3.2.5-13** a la **Tabla 3.2.5-26** presentan la descripción de los aforos de caudal con sus respectivos perfiles batimétricos.

Tabla 3.2.5-13 Caracterización del Caudal de A_SUP_01. Temporada Lluviosa

Fecha	1/12/2022	A_SUP_01	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954804,78 N 2031332,46	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			7,60	Velocidad	Velocidad promedio (m/s) 0,53
Profundidad	Promedio (m)		0,25	CAUDAL	m³/s 1,2051
	Máxima (m)		0,50		L/s 1205,1

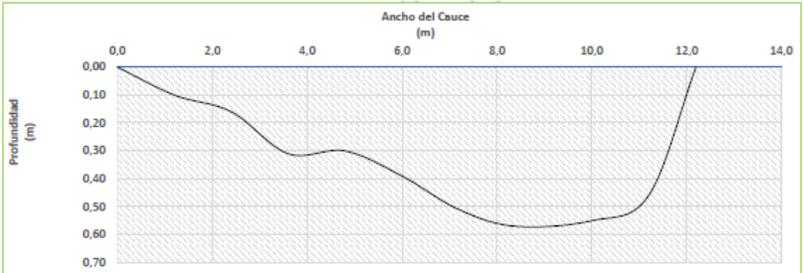
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-14 Caracterización del Caudal de A_SUP_02. Temporada Lluviosa

Fecha	29/11/2022	A_SUP_02	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4964820,14 N 2028431,65	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			5,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s) 0,39
Profundidad	Promedio (m)		0,46	CAUDAL	m³/s 1,2338
	Máxima (m)		0,82		L/s 1233,8

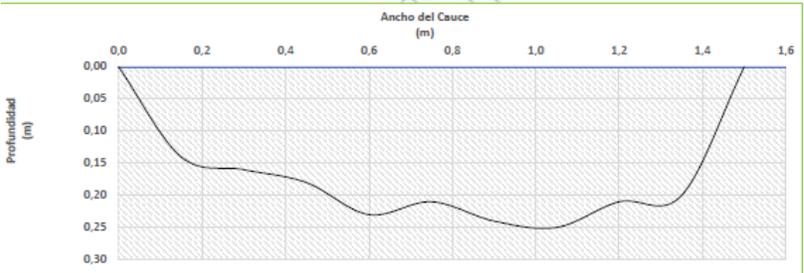
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-15 Caracterización del Caudal de A_SUP_03. Temporada Lluviosa

Fecha	29/11/2022	A_SUP_03	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4966772,07 N 2024264,20	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			12,20	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,49
Profundidad	Promedio (m)		0,30	CAUDAL	m³/s	2,4394
	Máxima (m)		0,57		L/s	2439,4

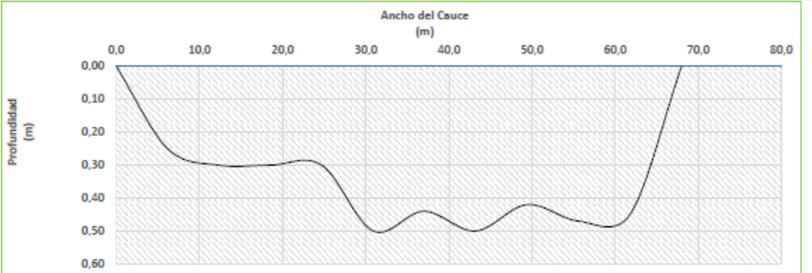
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-16 Caracterización del Caudal de A_SUP_04. Temporada Lluviosa

Fecha	04/12/2022	A_SUP_04	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4955090,97 N 2029277,95	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			1,50	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,39
Profundidad	Promedio (m)		0,17	CAUDAL	m³/s	0,1188
	Máxima (m)		0,250		L/s	118,8

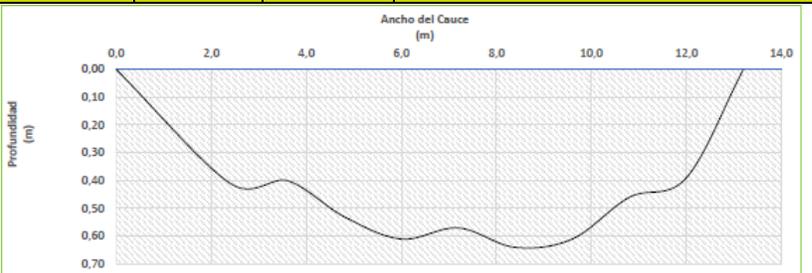
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-17 Caracterización del Caudal de A_SUP_05. Temporada Lluviosa

Fecha	10/12/2022	A_SUP_05	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4952663,19 N 2035176,64	
 					INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA	
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			68,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	1,15
Profundidad	Promedio (m)		0,33	CAUDAL	m³/s	29,7791
	Máxima (m)		0,50		L/s	29779,1

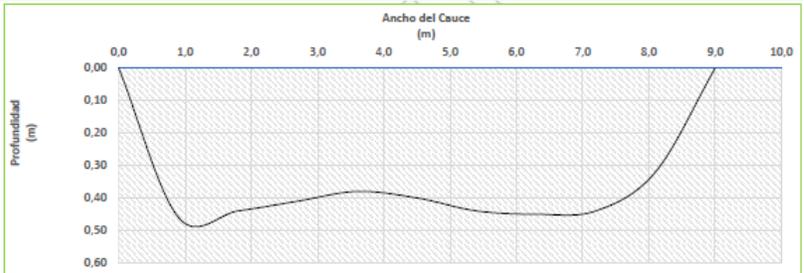
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-18 Caracterización del Caudal de A_SUP_06. Temporada Lluviosa

Fecha	10/12/2022	A_SUP_06	Coordenadas (Origen Nacional)		E 49534690,0 N 2022812,80	
 					INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA	
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			13,20	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,17
Profundidad	Promedio (m)		0,42	CAUDAL	m³/s	1,0322
	Máxima (m)		0,64		L/s	1032,2

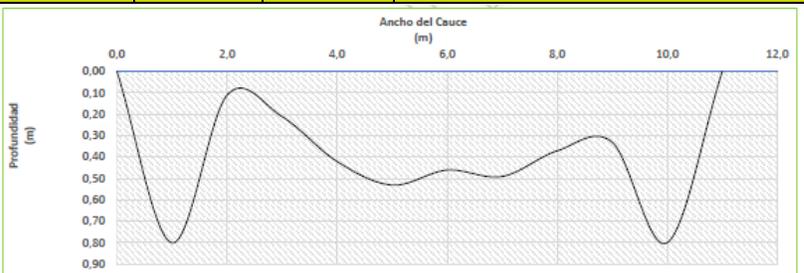
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-19 Caracterización del Caudal de A_SUP_07. Temporada Lluviosa

Fecha	23/11/2022	A_SUP_07	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4963279,20 N 2021016,74	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad				Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			9,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	3,31
Profundidad	Promedio (m)		0,34	CAUDAL	m³/s	12,2089
	Máxima (m)		0,46		L/s	12208,9

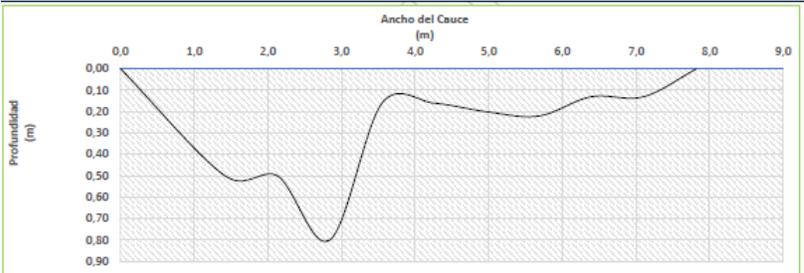
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-20 Caracterización del Caudal de A_SUP_08. Temporada Lluviosa

Fecha	02/12/2022	A_SUP_08	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4959594,80 N 2020201,44	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad				Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			11,0	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,33
Profundidad	Promedio (m)		0,38	CAUDAL	m³/s	1,5368
	Máxima (m)		0,80		L/s	1536,8

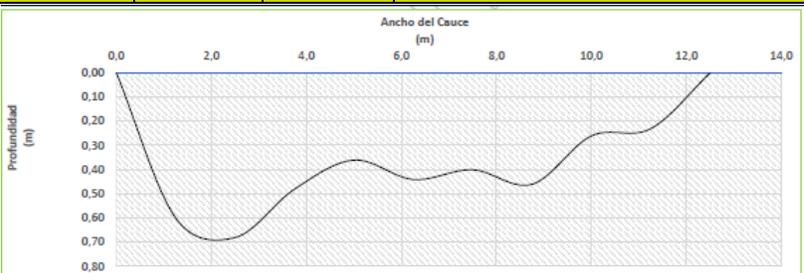
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-21 Caracterización del Caudal de A_SUP_09. Temporada Lluviosa

Fecha	23/11/2022	A_SUP_09	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4959877,94 N 2017051,50	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad				Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			7,82	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,22
Profundidad	Promedio (m)		0,25	CAUDAL	m³/s	0,5813
	Máxima (m)		0,80		L/s	581,3

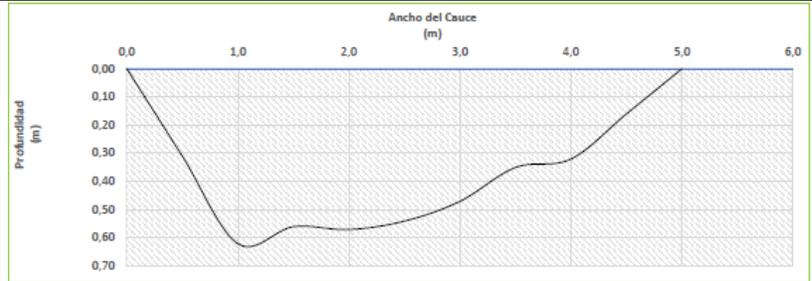
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-22 Caracterización del Caudal de A_SUP_11. Temporada Lluviosa

Fecha	28/11/2022	A_SUP_11	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4952663,95 N 2018293,51	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad				Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			7,82	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	2,89
Profundidad	Promedio (m)		0,36	CAUDAL	m³/s	17,4012
	Máxima (m)		0,68		L/s	17401,2

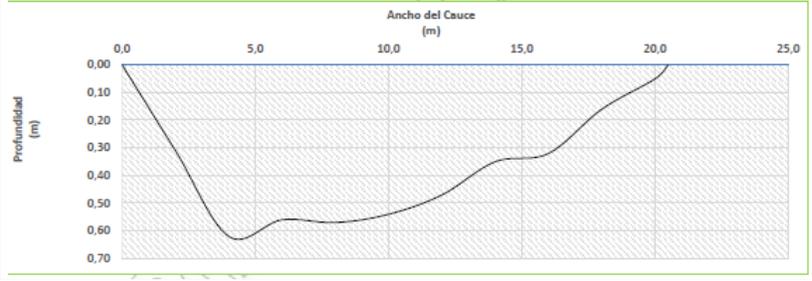
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-23 Caracterización del Caudal de A_SUP_12. Temporada Lluviosa

Fecha	26/11/2022	A_SUP_12	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4944459,83	
				N 2022412,05	
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		5,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,34
Profundidad	Promedio (m)		CAUDAL	m³/s	0,8675
	Máxima (m)			L/s	867,5

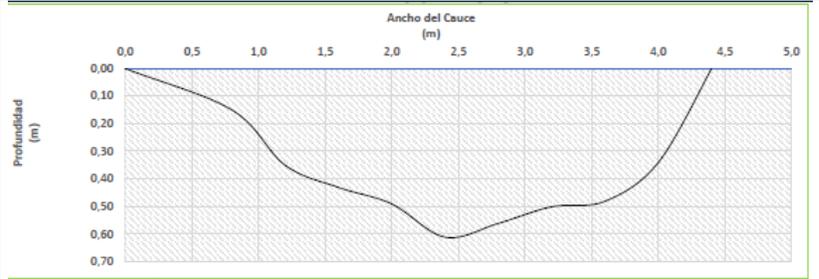
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-24 Caracterización del Caudal de A_SUP_13. Temporada Lluviosa

Fecha	26/11/2022	A_SUP_13	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4947196,25	
				N 2017991,01	
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		20,5	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,64
Profundidad	Promedio (m)		CAUDAL	m³/s	7,38911
	Máxima (m)			L/s	7389,11

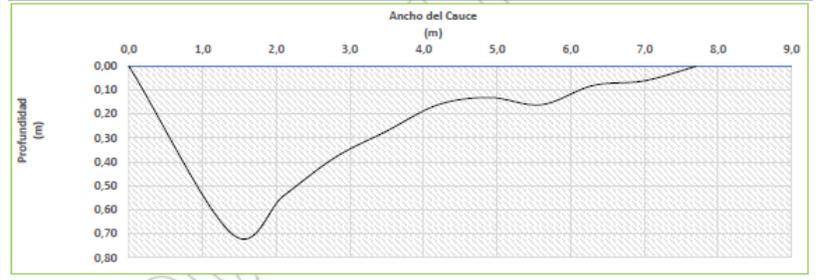
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-25 Caracterización del Caudal de A_SUP_14. Temporada Lluviosa

Fecha	28/11/2022	A_SUP_14	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4961181,37 N 2016510,62	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinet 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			4,40	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,46
Profundidad	Promedio (m)		0,36	CAUDAL	m³/s	0,8316
	Máxima (m)		0,61		L/s	831,6

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-26 Caracterización del Caudal de A_SUP_15. Temporada Lluviosa

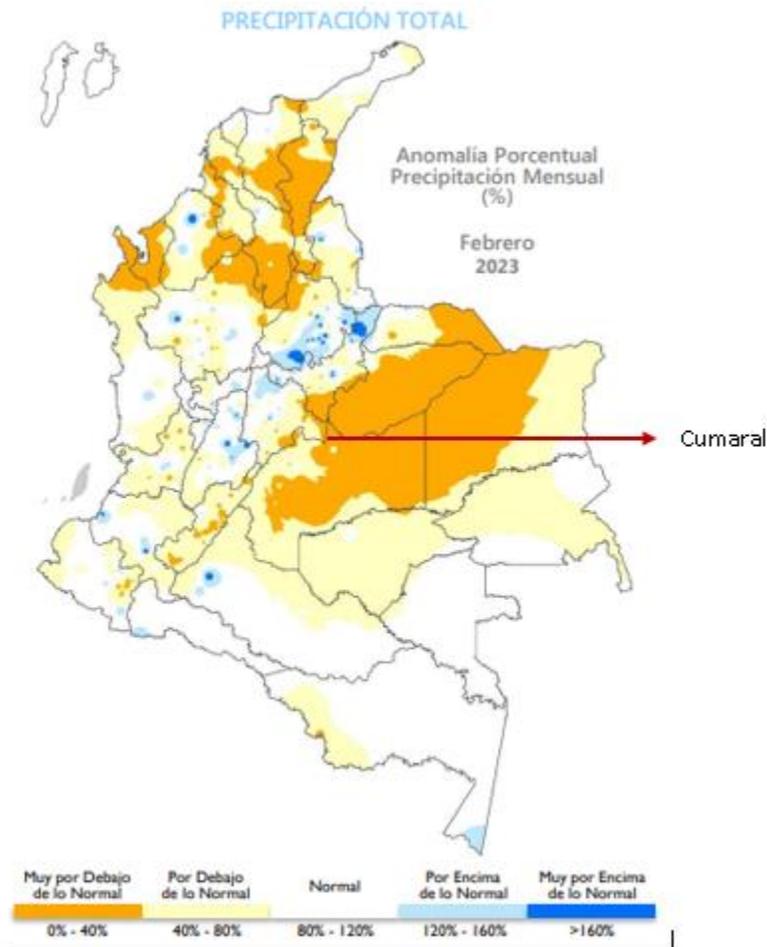
Fecha	07/12/2022	A_SUP_15	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4947542,72 N 2023139,13	
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinet 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			7,70	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,26
Profundidad	Promedio (m)		0,23	CAUDAL	m³/s	0,4565
	Máxima (m)		0,70		L/s	456,5

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Temporada Seca**

La época en la que se ejecutó el monitoreo se caracterizó por que las variaciones climáticas del país fueron moduladas por las perturbaciones de la escala intra-estacional y la finalización del fenómeno de la Niña. Este fenómeno inició en septiembre del 2020 y cesó brevemente durante el verano boreal del 2021 y desde ese momento, se ha venido debilitando de manera gradual. La zona de estudio se ubicó dentro del área del país que reportó lluvias *muy por debajo de lo normal*, entre el 0% y el 40%, concentrándose en las regiones del Caribe y la Orinoquía (**Figura 3.2.5-7**)

Figura 3.2.5-7 Mapa de seguimiento de la precipitación total en febrero 2023

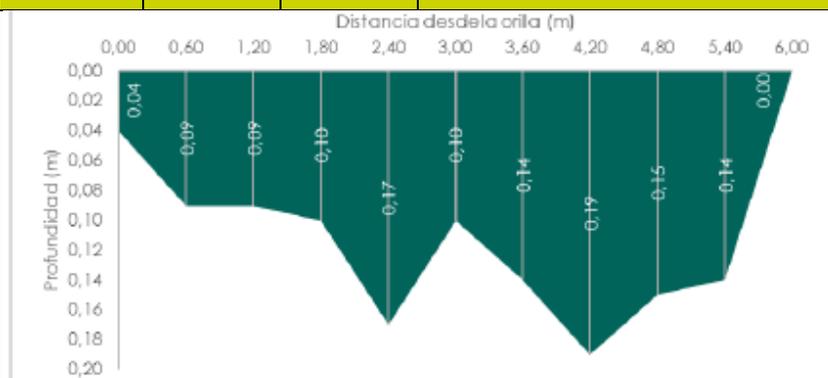


Fuente: (IDEAM, 2023)

La temporada durante la cual se ejecutaron los monitoreos estuvo dentro de la época seca de la zona. Se reportó agua en la totalidad de los sistemas hídricos evaluados, sin embargo, en A_SUP_04 y A_SUP_06 se reportó estancamiento, por lo que el aforo de caudal no se hizo efectivo. Los caudales oscilaron entre 58,28 L/s y 6470,25 L/s. El sistema menos caudaloso fue A_SUP_09, correspondiente al Caño Arenoso que, con tan solo 0,10 m de profundidad, fue descrito como un afluente de agua clara sin atisbo de olores o presencia de grasas o aceites. Los puntos de mayor caudal fueron A_SUP_05 (6470,25 L/s) y A_SUP_13 (3553,0 L/s). El primero correspondió al Río Guacavía, descrito como un punto con flujo de corriente moderada y una profundidad de 0,64 m,

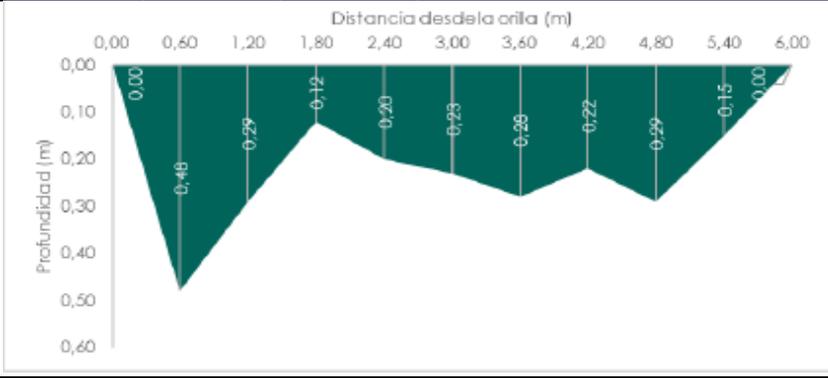
este afluente se encuentra rodeado por cultivos de palma, ganadería, es objeto de extracción de material y en las zonas aledañas se llevan a cabo actividades recreativas. A_SUP_13 o Río Guatiquía, con 0,34 m de profundidad, con bajo flujo de corriente y agua levemente turbia por transporte de sedimentos y la descarga de tributarios aguas arriba del punto de evaluación. Se reportan actividades de extracción de material y en las zonas riparias, aprovechamiento de especies maderables y asentamientos humanos. De la **Tabla 3.2.5-27** a la **Tabla 3.2.5-38** se presenta la descripción de los aforos de caudal con sus respectivos aforos de caudal.

Tabla 3.2.5-27 Caracterización del Caudal de A_SUP_01. Temporada Seca

Fecha	19/02/2023	A_SUP_01	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954804,78 N 2031332,46
 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		6,0	Velocidad máxima (m/s)	2,10
Profundidad máxima		0,19	CAUDAL	m ³ /s 0,822 L/s 821,850

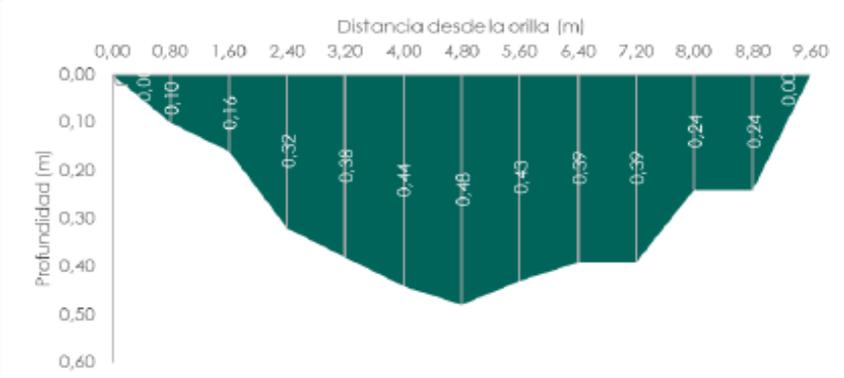
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-28 Caracterización del Caudal de A_SUP_02. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	A_SUP_02	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4964820,14 N 2028431,65
 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		6,0	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,48	CAUDAL	m ³ /s 0,169 L/s 169,050

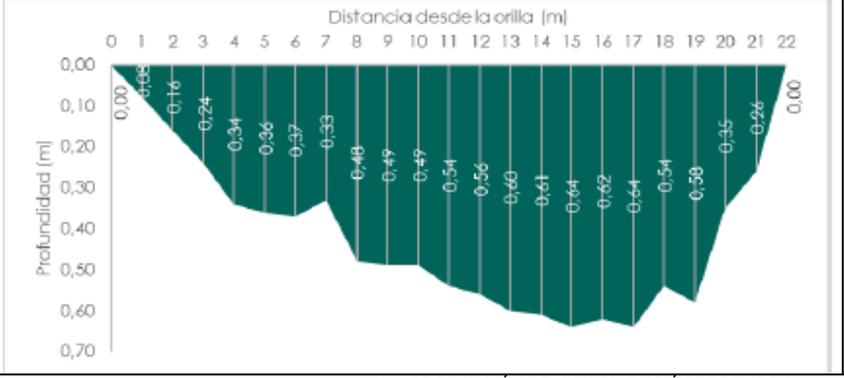
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-29 Caracterización del Caudal de A_SUP_03. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	A_SUP_03	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4966772,07 N 2024264,20
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			9,60	Velocidad máxima (m/s) 0,10
Profundidad máxima			0,48	CAUDAL m³/s 0,272 L/s 271,60

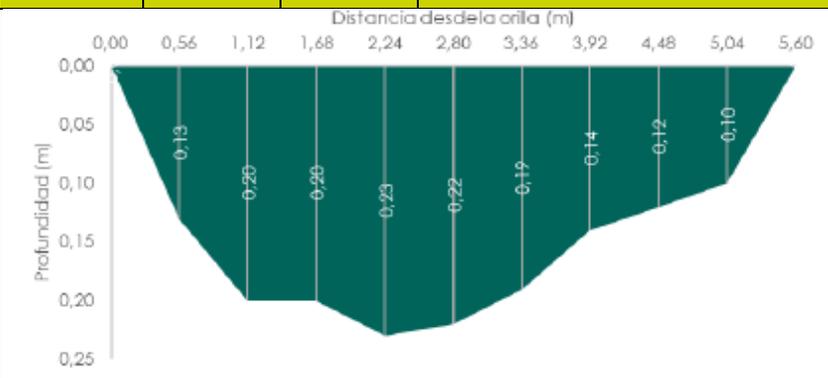
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-30 Caracterización del Caudal de A_SUP_05. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	A_SUP_05	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4952663,19 N 2035176,64
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			22,0	Velocidad máxima (m/s) 1,20
Profundidad máxima			0,64	CAUDAL m³/s 6,470 L/s 6470,25

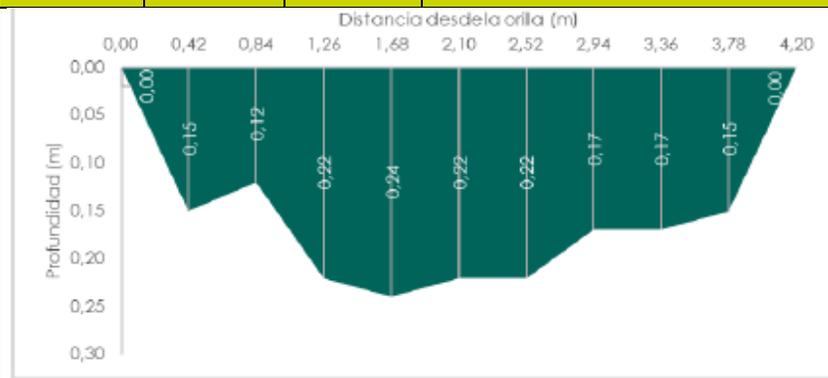
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-31 Caracterización del Caudal de A_SUP_07. Temporada Seca

Fecha	20/02/2023	A_SUP_07	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4963279,20 N 2021016,74	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111		Seco	
Ancho Superficial (m)			5,60		Velocidad máxima (m/s)	
Profundidad máxima			0,23		CAUDAL	
					m³/s	
					L/s	
					0,90	
					0,416	
					415,52	

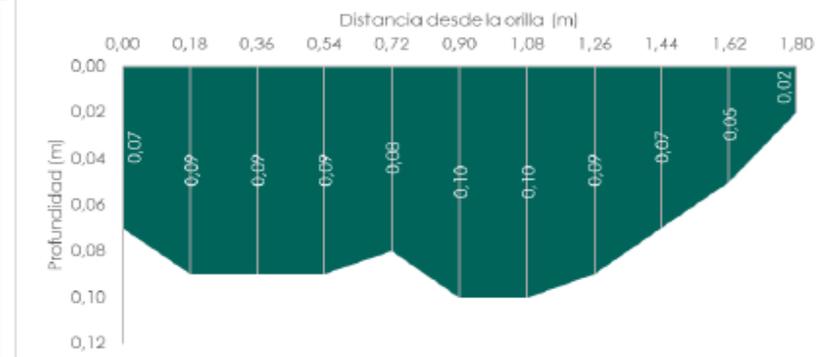
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-32 Caracterización del Caudal de A_SUP_08. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	A_SUP_08	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4959594,80 N 2020201,44	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111		Seco	
Ancho Superficial (m)			4,20		Velocidad máxima (m/s)	
Profundidad máxima			0,24		CAUDAL	
					m³/s	
					L/s	
					1,20	
					0,632	
					632,10	

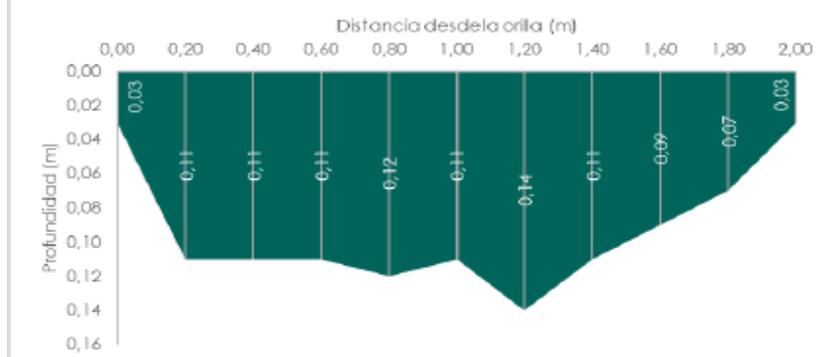
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-33 Caracterización del Caudal de A_SUP_09. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	A_SUP_09	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4959877,94 N 2017051,50
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		1,80	Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima		0,10	CAUDAL	m ³ /s L/s
				0,062 61,875

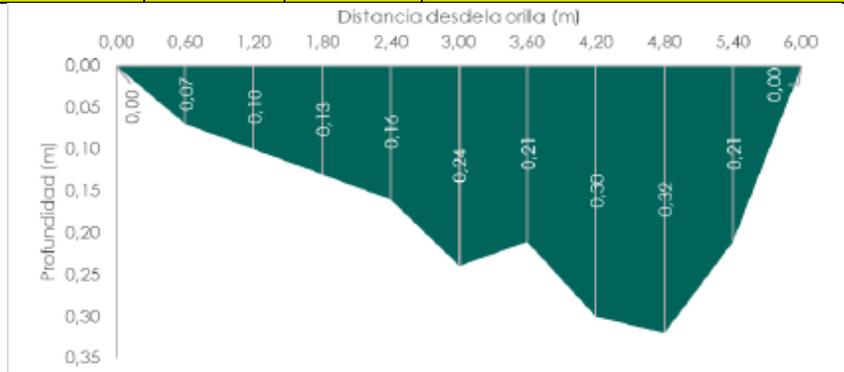
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-34 Caracterización del Caudal de A_SUP_11. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	A_SUP_11	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4952663,95 N 2018293,51
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		2,00	Velocidad máxima (m/s)	0,90
Profundidad máxima		0,14	CAUDAL	m ³ /s L/s
				0,153 153,40

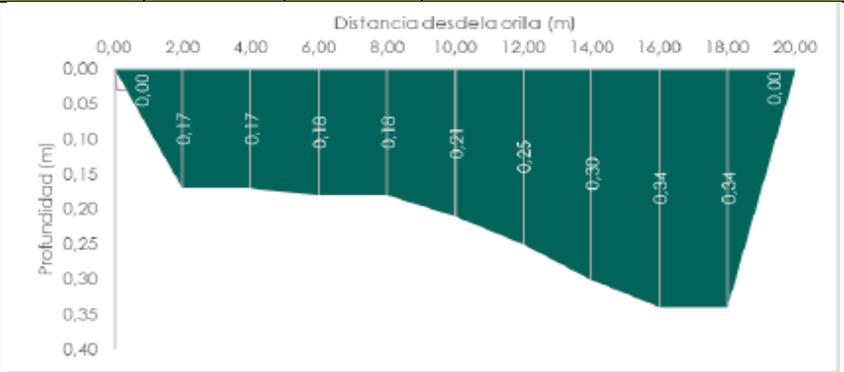
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-35 Caracterización del Caudal de A_SUP_12. Temporada Seca

Fecha	16/02/2023	A_SUP_12	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4944459,83 N 2022412,05
 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			6,00	Velocidad máxima (m/s) 3,00
Profundidad máxima			0,32	CAUDAL m³/s 0,505 L/s 505,050

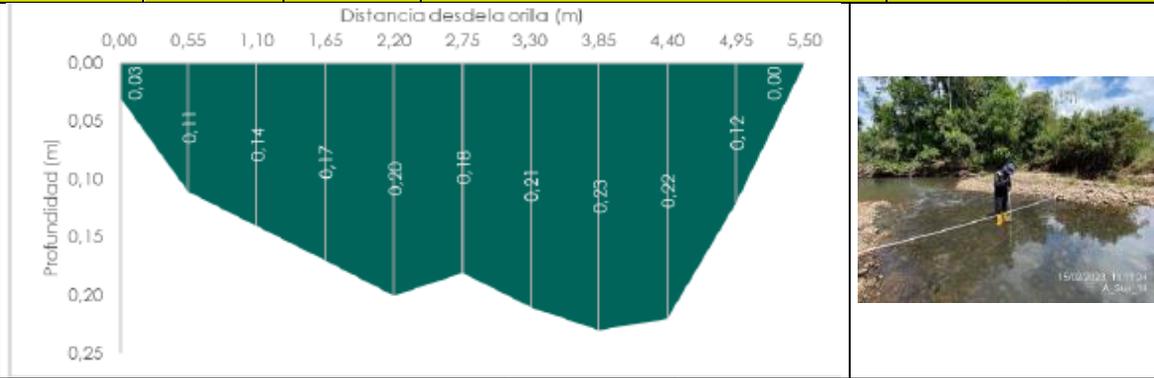
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-36 Caracterización del Caudal de A_SUP_13. Temporada Seca

Fecha	17/02/2023	A_SUP_13	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4947196,25 N 2017991,01
 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			20,0	Velocidad máxima (m/s) 1,20
Profundidad máxima			0,34	CAUDAL m³/s 3,553 L/s 3553,0

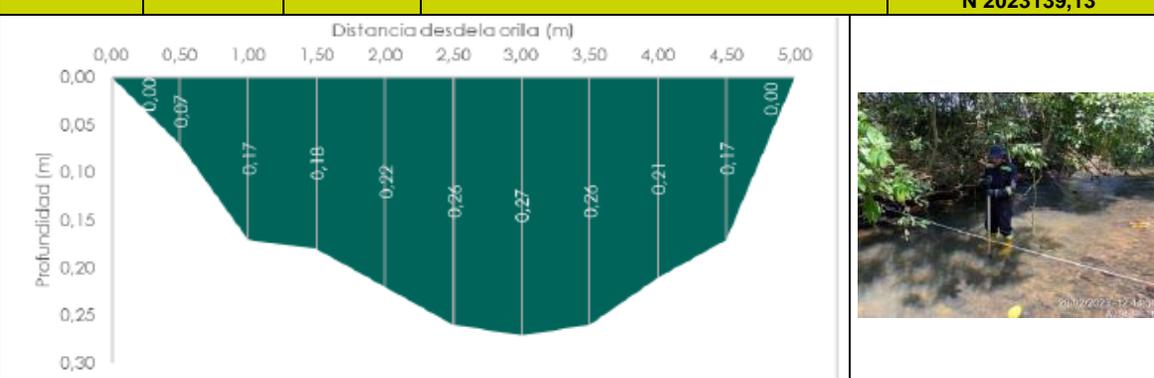
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-37 Caracterización del Caudal de A_SUP_14. Temporada Seca

Fecha	15/02/2023	A_SUP_14	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4961181,37 N 2016510,62
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		5,50	Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima		0,23	CAUDAL	m ³ /s 0,511 L/s 510,813

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-38 Caracterización del Caudal de A_SUP_15. Temporada Seca

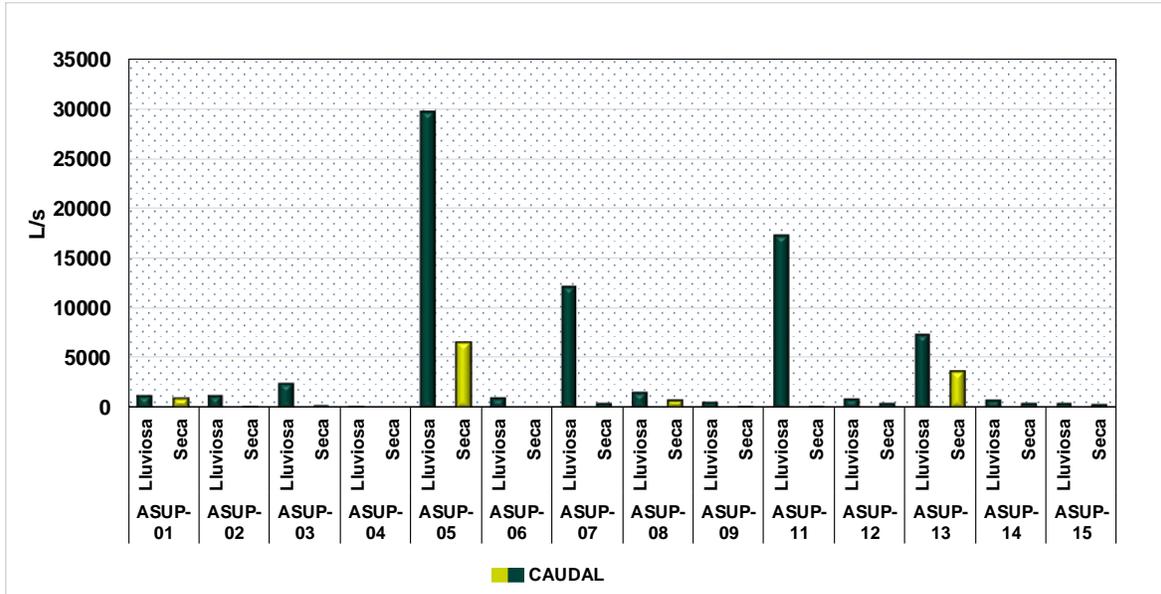
Fecha	20/02/2023	A_SUP_15	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4947542,72 N 2023139,13
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		5,00	Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima		0,27	CAUDAL	m ³ /s 0,350 L/s 349,87

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Multitemporal Caudales Línea Base**

La comparación realizada entre las dos temporadas, fija una disminución de caudales durante la época seca en la que, aunque no se registraron puntos secos, si se reportaron dos casos en los que, por ausencia de flujo de corriente, no fue posible ejecutar el aforo de caudal (**Figura 3.2.5-8**).

Figura 3.2.5-8 Comparación inter-temporal caudales. Línea Base



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

La comparación entre los caudales obtenidos para cada una de las épocas hidroclimáticas evaluadas indica que durante la época seca se presentó una disminución de los caudales discriminada como sigue: A_SUP_15, 23,35%; A_SUP_01 31,80%; A_SUP_14, 38,57%; A_SUP_12, 41,78%; A_SUP_13, 51,91%; A_SUP_08, 58,86%; A_SUP_05, 78,27%; A_SUP_02, 86,29%; A_SUP_03, 88,86%; A_SUP_09, 89,97%; A_SUP_07, 96,59%; A_SUP_11, 99,11%. Este comportamiento indica que los puntos A_SUP_07 y A_SUP_11 fueron los puntos que más caudal perdieron durante la época seca, mientras que A_SUP_15 y A_SUP_01 correspondieron a los puntos que menos aporte, en litros por segundo, perdieron en la época de aguas bajas. Como se observa en la batimetría, se generaron cambios en la geometría del perfil de la sección, tanto a lo largo de la corriente, como entre las temporadas de muestreo, modificando el comportamiento horizontal y en profundidad y por tanto la velocidad de las corrientes de los sistemas evaluados. La disminución de caudales durante el mes de febrero pudo verse intensificada por los niveles de precipitación por debajo de lo normal que fueron registrados en la zona como consecuencia de la influencia del Fenómeno de la Niña y las perturbaciones de la escala intra-estacional, que rigieron durante este mes (IDEAM, 2023).

3.2.5.1.1.3 Descripción de Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos Línea Base Sistemas Lóticos

En el **Anexo 3.2.5.1 Reporte de Resultados Físicoquímicos** se presentan los resultados obtenidos para las variables físicoquímicas y microbiológicas evaluadas para los cuerpos de agua **lóticos** pertenecientes a la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental "Área de Desarrollo Llanos 141". En esta sección se explica el análisis de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros analizados que consta de la presentación de las gráficas, que integran el comportamiento de las variables durante la temporada lluviosa y la discusión de los registros obtenidos. Por último, se

exponen los Índices de Calidad del Agua y los Índices de Contaminación. Para la Línea Base, se tomaron un total de 14 puntos, teniendo en cuenta que el propietario del predio dentro del cual se encontraba el punto A_SUP_10 no permitió el acceso para la toma de muestras. En la **Tabla 3.2.5-39** y **Tabla 3.2.5-40** se presentan los resultados obtenidos durante el monitoreo en las épocas hidroclimáticas evaluadas.

Tabla 3.2.5-39 Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos Lóticos de Línea Base. Temporada Lluviosa

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0
			1	2	3	4	5	6
			47902	47908	47907	48004	48168	48165
Acidez	9,99	SM 2310 B	12,8	< 9,99	< 9,99	15,9	< 9,99	< 9,99
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	< 3,77	< 3,77	< 3,77	< 3,77	34,3	< 3,77
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	< 3,77	< 3,77	< 3,77	< 3,77	34,3	< 3,77
Cadmio Total	0,000500	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	1,5	1,52	1,3	0,89	12,5	1,98
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	2,37	2,26	5,27	3,84	< 2	2,24
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl B	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	63	262	52	10	< 1	301
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	379	581	1829	496	52	1145
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	13	26	13	11	138	11,62
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO ₅	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	5,85	8,45	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	15,0	SM 5220 D	48,3	74,6	26,3	18,9	37,5	44
Dureza Cálcica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	< 5	< 5	< 5	< 5	40,1	< 5
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,177	0,065	< 0,05
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	< 0,05	0,056	< 0,05	0,208	0,103	0,069
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,505	0,151	< 0,1	0,216	0,259	0,577
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,308	0,33	0,346	0,218	2,17	0,426
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,111
Mercurio Total	0,00100	SM 3112 B	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	0,117	0,455	< 0,05	< 0,05	0,073	0,137
Nitrato	0,00300	SM 4500-NO ₂ B	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,007	0,084	< 300
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,833	< 0,5	< 0,5
Ortofosfatos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	5,94	7,12	7,04	7,12	6,58	4,41
pH	0,01	SM 4500 H-B	5,92	5,91	5,55	5,21	7,19	5,35
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Platino en mg/L	0,010	SM 3030 E/SM 3111 C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0	A_SUP_0
			1	2	3	4	5	6
			47902	47908	47907	48004	48168	48165
Plomo	0,00100	SM 3030 E/SM 3113 B	0,0127	0,00357	0,0032	0,039	0,00318	0,00405
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	74,82	90,1	89,98	88,1	80,6	102,3
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,323	0,127
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,67	1,78
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	< 10	< 10	< 10	< 10	47	< 10
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Suspendidos Totales	6	SM 2540 D	8	12	7	< 6	30	< 6
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	16	23	14	8	91	< 7
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	< 5	< 5	13,2	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	24,94	25,13	25,02	24,21	24,03	27,4
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	4,81	3,73	3,64	0,9	3,13	1,92
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,00400	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	0,037	0,056	0,054	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	< 0,5	0,5	< 0,5	1,6	< 0,5	< 0,5
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Compuestos Fenólicos	0,0020	EPA 3510 C-EPA 8041A	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
BTEX	0,005	EPA 5021A/EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,000176	EPA 8081 B	< 0,000176	0,000176	0,000176	0,000176	0,000176	0,000176
Pesticidas Organoclorados en mg/L	0,000047	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	0,000047	0,000047	0,000047	0,000047	0,000047

LCM: Límite de Cuantificación
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_07	A_SUP_08	A_SUP_09	A_SUP_11	A_SUP_12	A_SUP_13	A_SUP_14	A_SUP_15
			47724	48023	47641	47714	47721	47722	47640	48167
Acidez	9,99	SM 2310 B	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	4,9	7,6	9,4	9,8	24	25	21,9	14,3
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	4,9	7,6	9,4	9,8	24	25	21,9	14,3
Cadmio Total	0,000500	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	3,49	0,176	3,99	3,6	6,02	5,7	2,1	5,87
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	2,52	2,89	12,1	3,52	< 2	2,66	2,81	2,76
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl- B	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	10	< 1	84	20	364	31	20	< 1

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_07	A_SUP_08	A_SUP_09	A_SUP_11	A_SUP_12	A_SUP_13	A_SUP_14	A_SUP_15
			47724	48023	47641	47714	47721	47722	47640	48167
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	576	9	2282	712	984	213	689	310
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	20,1	< 5	8,2	14,4	< 5	< 5	6,3	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	12	53	51,3	18	71	57	46,2	40,4
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO ₅	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	15,0	SM 5220 D	19,8	22	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	35,3
Dureza Cálcica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	12,2	< 5	13,2	12,7	23,9	22,2	7	19,5
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	0,107	0,062	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,088	0,078
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	< 0,05	0,111	0,079	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,105	0,137
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	1,84	< 0,9	< 0,9	2,02	1,62	1,65	< 0,9	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,402	0,241	0,934	< 0,1	0,181	0,666	0,402	0,291
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,841	0,62	0,777	0,894	2,16	1,93	0,427	1,17
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Mercurio Total	0,00100	SM 3112 B	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,19	0,134	< 0,05	< 0,05
Nitrito	0,00300	SM 4500-NO ₂ B	< 0,003	0,145	0,014	0,007	0,008	0,008	0,013	0,119
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ortofosfatos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	6,89	7,05	6,37	7,05	7,32	7,5	6,53	7,06
pH	0,01	SM 4500 H-B	6,3	6,91	6,51	6,39	6,67	6,96	6,91	7,79
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Platino en mg/L	0,010	SM 3030 E/SM 3111 C	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Plomo	0,00100	SM 3030 E/SM 3113 B	0,00376	0,00192	0,00144	0,0036	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00382
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	102,03	101,3	91,03	102,03	100,28	93,5	97,83	98,32
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	0,355	0,113	0,194	0,401	0,318	0,336	0,248	0,528
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	0,597	< 0,05	1,47	0,576	1,2	1,42	2,26	2,44
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	< 10	18	< 10	< 10	19	19	11	20
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Suspendidos Totales	6	SM 2540 D	14	< 6	16	12	< 6	15	11	7
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	20	24	22	25	29	41	26	28
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,34	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	25,12	25	27,4	24,68	25,01	28,18	28,3	26,1

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_07	A_SUP_08	A_SUP_09	A_SUP_11	A_SUP_12	A_SUP_13	A_SUP_14	A_SUP_15
			47724	48023	47641	47714	47721	47722	47640	48167
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	4,56	0,9	3,76	7,32	0,57	0,78	3,97	1,58
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	0,0217	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,03	0,077	0,057	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,00400	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	< 0,5	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,8
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Compuestos Fenólicos	0,0020	EPA 3510 C-EPA 8041A	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
BTEX	0,005	EPA 5021A/EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,000176	EPA 8081 B	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176
Pesticidas Organoclorados en mg/L	0,000047	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047

LCM: Límite de Cuantificación

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-40 Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Línea Base. Temporada Seca

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_01	A_SUP_02	A_SUP_03	A_SUP_04	A_SUP_05	A_SUP_06	A_SUP_07
			MN3484 88	MN3489 06	MN3489 05	MN3485 03	MN3494 66	MN3498 73	MN3486 70
Acidez	5,00	SM 2310 B	9,20	<5,00	<5,00	35,3	<5,00	42,8	<5,00
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	10,1	<6,040	<6,040	<6,040	44,0	<6,040	<6,040
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	3,48	<1,00	<1,00	<1,00
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	10,1	<6,04	<6,04	<6,04	44,0	<6,04	<6,04
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	2,08	2,51	0,163	0,158	16,5	0,220	0,166
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8,20	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl ⁻ B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 31113B	0,00199	0,00128	<0,00100	<0,00100	0,00108	<0,00100	<0,00100
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	83,0	291	333	63,0	81,2	2380	359
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	677	2851	2595	539	1046	17250	2755
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	25,7	27,9	13,6	17,1	7,14	16,4	26,4
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	52,3	46,4	17,73	9,25	109	29,8	14,59
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO5	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	<5,00	<5,00	15,3	<5,00	<5,00	10,3	12,8
Dureza Cálctica	5,0000	SM 3500 Ca B	12,7	8,36	<5,00	<5,00	42,6	<5,00	<5,00
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	16,5	13,5	<5,00	<5,00	55,3	<5,00	<5,00
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B , E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_01	A_SUP_02	A_SUP_03	A_SUP_04	A_SUP_05	A_SUP_06	A_SUP_07
			MN348488	MN348906	MN348905	MN348503	MN349466	MN349873	MN348670
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,0933	<0,0700
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	0,289	<0,200	0,421	0,421	0,223	<0,200	<0,200
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	2,53	1,40	1,75	2,17	1,46	4,26	1,96
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	1,01	1,07	0,122	0,157	2,76	0,157	0,200
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂	<0,00608	0,00798	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptable						
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	6,81	7,46	7,93	3,16	7,72	1,93	7,76
pH	N.A	SM 4500 H+B	6,46	7,46	8,02	5,4	7,91	4,79	5,82
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Platino	0,5000	SM 3030E, SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00100	<0,00100	0,00690	<0,00100	0,00311	<0,00100	<0,00100
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	85,1	100	98,6	39,8	100,9	24,2	97,6
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	0,642	2,03	0,357	0,213	0,819	0,366	0,493
Sabor	N.A	SM 2160	Aceptable						
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	2,85	2,28	0,426	0,481	1,56	0,760	0,903
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	36,0	44,0	16,0	<10,0	72,0	16,0	16,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	12,5	<10,0
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	38,0	46,0	18,0	10,0	74,0	30,0	18,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	7,59	8,97	<5,0	<5,0	18,4	<5,0	5,28
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	24	27,1	25,4	24,5	28,8	24,9	24,9
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	6,2	3,7	2,1	3,9	2,6	5,3	2,5
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,129	<0,100
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	0,800	1,60	<0,500	<0,500	<0,500	0,700	0,600
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Compuestos Fenólicos	0,0020	EPA 3510 C/EPA 8041A	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,0004	EPA 3535A- EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

LCM: Límite de Cuantificación
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_08	A_SUP_09	A_SUP_11	A_SUP_12	A_SUP_13	A_SUP_14	A_SUP_15
			MN348900	MN347705	MN348440	MN347824	MN348180	MN347706	MN348688
Acidez	5,00	SM 2310 B	<5,00	8,27	6,22	29,2	<5,00	<5,00	<5,00
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	13,3	<6,040	<6,040	14,3	25,5	14,3	17,5
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	13,3	<6,04	<6,04	14,3	25,5	14,3	17,5
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	2,49	0,245	0,513	3,99	12,2	1,04	2,09
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl ⁻ B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	15,1	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 31113B	0,00115	<0,00100	<0,00100	<0,00100	0,00186	<0,00100	<0,00100
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	381	4,10	63,0	341	249	5,20	187
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	2105	479	744	3076	2613	147	2723
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	13,6	47,1	25,7	19,3	21,4	32,1	18,6
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	73,9	11,42	15,93	79,1	167,3	25,9	9,25
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO5	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	<5,00	<5,00	5,22	6,30	<5,00	9,20	7,39
Dureza Cálctica	5,0000	SM 3500 Ca B	9,55	<5,00	<5,00	9,95	36,8	<5,00	11,5
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	17,9	<5,00	5,17	15,1	49,1	8,36	14,1
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B , E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	0,0808	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,0902
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	<0,200	0,644	<0,200	0,228	<0,200	0,637	<0,200
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	<0,2	0,301	<0,2	<0,2	<0,2	0,298	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	1,70	2,49	1,19	0,877	0,282	1,85	1,07
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	1,24	0,284	0,530	1,70	3,07	0,808	1,33
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂	0,00994	<0,00608	<0,00608	<0,00608	0,00666	0,0113	0,00666
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptable						
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	7,75	6,48	7,12	7,21	7,53	7,32	3,16
pH	N.A	SM 4500 H+B	7,51	7,37	6,43	7,21	7,74	7,05	5,40
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Platino	0,5000	SM 3030E, SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00100	0,00122	<0,00100	0,00404	<0,00100	0,00127	0,00180
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	100	85,3	88,3	92,6	103,8	97,3	39,8
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	1,28	0,495	0,996	0,790	0,831	0,840	0,995

Parámetro	LCM	Método	A_SUP_08	A_SUP_09	A_SUP_11	A_SUP_12	A_SUP_13	A_SUP_14	A_SUP_15
			MN348900	MN347705	MN348440	MN347824	MN348180	MN347706	MN348688
Sabor	N.A	SM 2160	Acceptable						
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	5,43	1,61	1,19	1,59	7,47	2,47	2,37
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	54,0	16,0	18,0	34,0	96,0	20,0	38,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Suspendidos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	56,0	18,0	22,0	36,0	104	26,0	42,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	11,3	<5,0	<5,0	8,26	21,6	<5,0	<5,0
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	26,2	27,0	26,7	25,7	29,3	29,5	32,1
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	3,4	4,7	3,3	3,7	5,2	7,0	8,4
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	1,000	<0,500	<0,500	2,20	<0,500	<0,500	0,600
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Compuestos Fenólicos	0,0020	EPA 3510 C/EPA 8041A	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,0004	EPA 3535A- EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

LCM: Límite de Cuantificación
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Temperatura y Oxígeno

La temperatura y el oxígeno disuelto son considerados factores importantes en la química del agua, ya que sustentan procesos biológicos vitales, que ocurren en todos los cuerpos de agua como, por ejemplo, la fotosíntesis, la re-mineralización de la materia orgánica y la tasa de liberación de nutrientes y metales desde los sustratos (Beltran, Ramírez, & Sánchez, 2012). La relación inversamente proporcional entre estos dos parámetros se explica porque en el agua fría las moléculas cuentan con un mayor grado de cohesión entre ellas, lo que resulta en una mayor retención del oxígeno. El Oxígeno Disuelto juega un papel clave en la respiración celular de toda la vida acuática. La difusión entre la atmósfera y el agua, el movimiento del agua sobre las rocas y detritos, la oxigenación por el viento y la fotosíntesis de las plantas son los procesos que intervienen en la disolución del oxígeno en el agua (Montoya, 2018).

El clima del municipio de Cumaral se caracteriza por ser de tipo cálido húmedo, en casi la totalidad de su territorio, con un promedio de lluvias entre los 3000 mm y 4000 mm anuales (Hernández & Castro, 2008) y un rango de temperatura comprendido entre los 25,6°C y 28°C (Duque & Rangel, 2021).

➤ Temporada Lluviosa

La temperatura osciló entre los 24,3°C y los 28,3°C. Las más bajas fueron reportadas en A_SUP_05 (24,03°C); A_SUP_04 (24,21°C) y A_SUP_11 (24,68°C), por otro lado, las temperaturas más altas, correspondieron a los puntos A_SUP_13 (28,18°C) y A_SUP_14 (28,3°C). Por su parte, las concentraciones de oxígeno variaron entre los 4,41 mg/L y los 7,5 mg/L, correspondiendo a las más bajas, las de los puntos A_SUP_06 (4,41 mg/L) y A_SUP_01 (5,94 mg/L) y, a las más altas las de A_SUP_12 (7,32 mg/L) y A_SUP_13 (7,5 mg/L). Las temperaturas más bajas del estudio, reportadas en A_SUP_05 y A_SUP_11, correspondieron a los mayores caudales (**Tabla 3.2.5-12**), situación que podría explicar los registros térmicos de estos puntos, teniendo en cuenta que, conforme discurre un sistema hídrico, la temperatura del agua cambia, como consecuencia del intercambio de calor con la atmósfera en la superficie y con el lecho del cauce, factores que explican, en más de un 85% la temperatura del agua (Link, Monsalve, & Stehr, 2012). Estos puntos, a pesar de no contar con la mayor concentración de oxígeno, como se espera, por la relación inversamente proporcional entre estas dos variables, si registraron valores ubicados entre los más altos, haciendo referencia específica a A_SUP_04 (7,12 mg/L) y A_SUP_11 (7,05 mg/L).

Los puntos con los menores registros de oxígeno reportan bajos flujos de corriente, incluso A_SUP_06 presenta una estructura a modo de presa que no permite el flujo corriente del agua (**Tabla 3.2.5-11**). Estos puntos también tienen la particularidad de haber sido monitoreados a las 13:00, hora de alta radiación solar y que incide directamente en la capacidad de retención de moléculas de oxígeno, por parte del agua, al incrementarse la temperatura, aclarando que no correspondieron a los mayores registros para este parámetro. Los niveles de oxígeno no se perciben como críticos para la preservación para la fauna y la flora, al ubicarse por encima de los 4,0 mg/L, en todos los puntos de Línea Base, indicadas por la norma en el artículo 2.2.3.3.9.10 (**Figura 3.2.5-9**). El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola. Las temperaturas registradas no indican afectaciones de origen térmico sobre alguno de los sistemas.

Durante el mes de noviembre y diciembre las condiciones oceánicas y atmosféricas correspondieron a las de los umbrales de La Niña, indicando que las variaciones climáticas del país estuvieron moduladas por las perturbaciones de la escala intra-estacional y la evolución del fenómeno de la niña. Sin embargo, en Cumaral, las anomalías de la temperatura media oscilaron dentro de la normalidad (+/- 0,5°C) (IDEAM, 2022) y (IDEAM, 2023).

➤ Temporada Seca

Las temperaturas obtenidas para los puntos evaluados variaron entre los 24,0°C y los 32,10°C. Las temperaturas más bajas se reportaron en A_SUP_01 (24,0°C) y A_SUP_06 y A_SUP_07 (24,9°C), los límites máximos se registraron en A_SUP_15 (32,1°C) y A_SUP_14 (29,5°C). Las temperaturas más altas fueron registradas en el caño El Caibe. En este punto las muestras A_SUP_14 y A_SUP_15 fueron tomadas a las 12:30 y 11:20 horas, franja horaria en la que se alcanza las mayores temperaturas en la zona y que pudo estar relacionado con los máximos reportados. Durante el mes de febrero, en esta zona del país, las anomalías de la temperatura media oscilaron dentro de la normalidad (+/- 0,5°C) (IDEAM, 2023), por lo que se descarta la influencia de cualquier fenómeno climático sobre el comportamiento térmico de los puntos evaluados.

Con respecto a las concentraciones de oxígeno, los registros se movieron entre los 1,93 mg/L y 7,93 mg/L. El punto de menor concentración de oxígeno fue A_SUP_06 con 1,93 mg/L seguido por A_SUP_04 y A_SUP_15 (3,16 mg/L). Los bajos niveles de oxígeno en A_SUP_15 pueden estar relacionados con la relación inversa que existe entre este parámetro y la temperatura, de forma tal que, conforme aumenta la temperatura, disminuye la solubilidad del oxígeno. Las altas temperaturas

se relacionan con el incremento en la actividad biológica, lo que directamente disminuye el oxígeno, tal y como se registra en este punto que reportó un nivel de 3,16 mg/L. Por otro lado, las concentraciones de oxígeno en A_SUP_06 se encuentran directamente relacionadas con las condiciones registradas en este lugar, en el que, durante la fase de campo, se observaron impactos directos sobre la corriente, como por ejemplo actividad ganadera, presencia de heces bovinas en el agua, vertimientos orgánicos al morichal, provenientes de una granja porcícola y acumulación de basuras, situaciones que impactan la cantidad de oxígeno disuelto, al consumirse el gas en procesos de biodegradación de la materia orgánica. En A_SUP_04 la ausencia de flujo de corriente impactó directamente los niveles de oxígeno, al detenerse el intercambio de gases entre la superficie y la atmósfera a medida que discurre el agua por el cauce.

El alza en la demanda del gas por aumento de la tasa respiratoria en los períodos en los que los niveles de saturación son muy bajos, conlleva a niveles de concentración de oxígeno críticos para el mantenimiento de la vida en estos sistemas hídricos. El bajo caudal, la presencia de materia orgánica en descomposición y temperaturas altas, se conjugaron para que en estos tres puntos la saturación de oxígeno sea crítica y que, de acuerdo con la norma, se encuentren por debajo de los límites mínimos para la preservación de flora y fauna, de 4 mg/L, estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.10 (Figura 3.2.5-9). El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

➤ **Multitemporal**

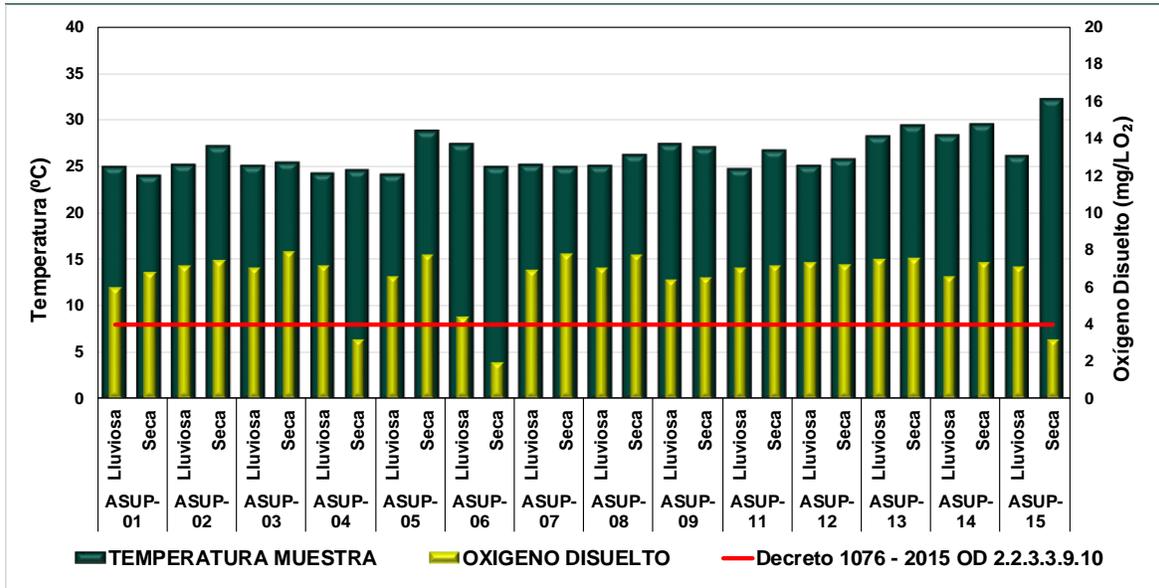
Procesos como la difusión entre la atmósfera y el agua, el movimiento del agua sobre las rocas y detritos, la oxigenación por el viento y la fotosíntesis de las plantas son los procesos que intervienen en la disolución del oxígeno en el agua (Montoya, 2018). Para definir los procesos biológicos, determinar la concentración de Hierro; compuestos nitrogenados y fosforados e indicar el nivel de contaminación, resulta de vital importancia determinar la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura de las fuentes hídricas. (Beltran, Ramírez, & Sánchez, 2012). La comparación intertemporal se llevará a cabo con el mismo número de puntos para las dos épocas, teniendo en cuenta que A_SUP_10 no fue evaluada en ninguna de las dos épocas, porque no se obtuvo la autorización para el ingreso al predio.

La temperatura reportó sus registros más altos durante la época seca, con un promedio de 26.86°C, comparado con los 25,75°C de la época de lluvias. La amplitud en la temporada de lluvias fue de 4,27°C, mientras que, en la temporada seca, se dilató hasta los 8,10°C, respondiendo a los incrementos de temperatura normales de la época. Sin embargo, estos datos reflejan la influencia de las anomalías térmicas, reportadas para la zona de estudio, ya que, difieren de la homogeneidad en la temperatura reportada para los llanos del Orinoco, que según Bustamante y compañía (2013) cuenta con una amplitud de 5°C y un mínimo de 19,0°C. Las temperaturas máximas fueron reportadas en febrero, 29,3°C (A_SUP_13); 29,5°C (A_SUP_14) y 32,1°C (A_SUP_15), mes seco para la región. En contraste, las temperaturas más bajas se registraron en los meses de noviembre y diciembre, 24,03°C (A_SUP_05); 24,21°C (A_SUP_04) y 24,68°C (A_SUP_11). En términos generales se puede concluir que la temperatura media es estable y la amplitud de las oscilaciones entre período seco y de lluvias, no supera el 1,11°C. Esto quiere decir que las variaciones en temperatura se encuentran asociadas a las condiciones climatológicas de la zona y morfología de los sistemas hídricos evaluados que, durante los meses de muestreo, estuvieron influenciados por las condiciones climáticas y oceanográficas de La Niña, descartando impactos térmicos sobre el recurso.

El promedio del oxígeno fue más alto durante la temporada de lluvias, con 6,71 mg/L, en comparación con el de la temporada seca que marcó 6,38 mg/L (Figura 3.2.5-9). Este comportamiento se explica a partir de principio de que las moléculas de agua retienen una mayor

cantidad de oxígeno a temperaturas más bajas, sin embargo, otros factores, como la hora del monitoreo, la profundidad y la morfología del cauce y los impactos sobre la corriente también tienen efecto directo sobre la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Figura 3.2.5-9 Temperatura y Oxígeno disuelto en puntos de Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **pH**

La concentración de pH en un cuerpo de agua se encuentra directamente ligada con los niveles del Dióxido de Carbono, que es requerido por las plantas para la fotosíntesis, de esta forma, este parámetro aumenta en el día y disminuye en la noche. Las concentraciones de pH altas generan presencia tóxica del nitrógeno amoniacal y las bajas producen niveles tóxicos de cianuros y sulfuros de hidrógeno (Montoya, 2018). Este parámetro es controlado por el balance entre el CO₂, los iones bicarbonato y carbonatos, junto con los ácidos fúlvicos y húmicos. El sistema carbonato-bicarbonato mantiene el pH de la mayoría de las aguas naturales entre 6,5 unidades y 8,0 unidades (Beita & Barahona, 2011).

La medición del pH en cuerpos de agua superficial permite detectar condiciones en las que valores muy bajos pueden tener efectos adversos sobre la fisiología y supervivencia de los peces e insectos acuáticos, lo que no ocurre cuando el pH se ubica entre las 5 unidades y 9 unidades (Beita & Barahona, 2011).

➤ **Temporada Lluviosa**

Los registros de pH para la primera campaña de monitoreo estuvieron dentro de un rango de 5,21 Unidades y 7,79 Unidades. Solo A_SUP_05 (7,19 Unidades) y A_SUP_15 (7,79 Unidades), reportaron pH dentro del rango básico, los puntos restantes obtuvieron registros ácidos, entre 5,21 Unidades (A_SUP_04) y 6,96 Unidades (A_SUP_13). Con respecto a los límites establecidos por la norma, se tiene que todos los registros se ubican por encima del límite mínimo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 (4,5), es decir, son aptas para ser usadas en actividades de riego y otras relacionadas con tal práctica, así como también para actividades relacionadas con la preservación de fauna y flora. Sin embargo, respecto al artículo.

2.2.3.3.9.4 se establece que A_SUP_04 (5,21 Unidades); A_SUP_06 (5,35 Unidades); A_SUP_03 (5,55 Unidades); A_SUP_02 (5,91); A_SUP_01 (5,92 Unidades); A_SUP_07 (6,3 Unidades) y A_SUP_11 (6,39 Unidades) se encuentran por debajo de las 6,5 unidades propuestas como límite mínimo, lo que indica que estas aguas no son aptas para ser destinadas al consumo humano y uso doméstico (**Figura 3.2.5-10**). El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

➤ **Temporada Seca**

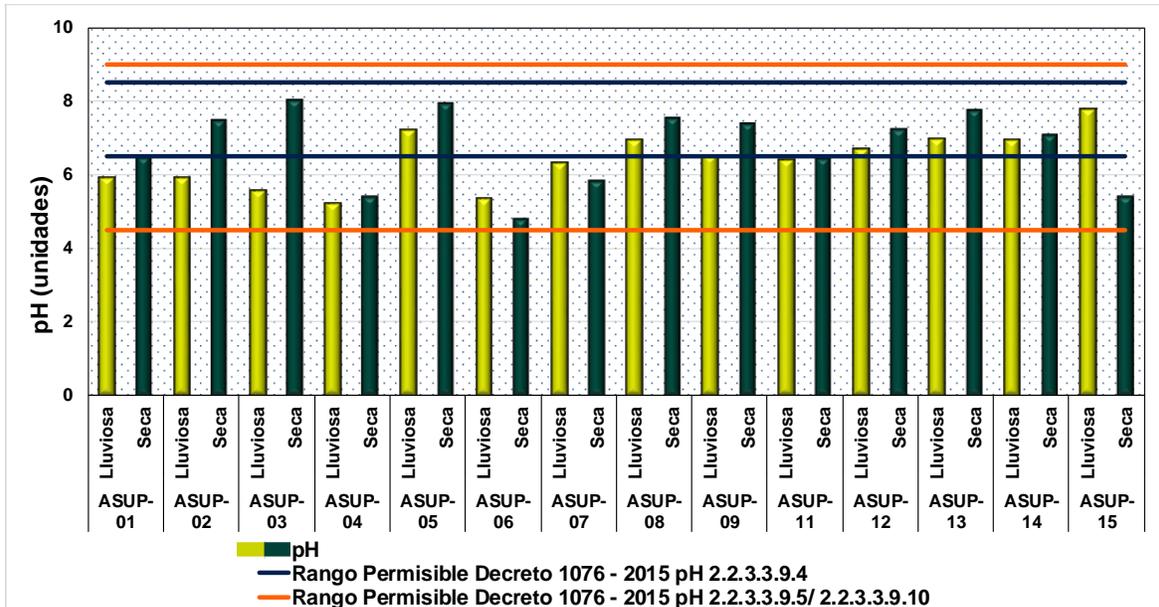
Las variaciones en los valores de potencial de hidrógeno en las aguas superficiales de la Línea Base, del área de desarrollo se presentan en la **Figura 3.2.5-10**. Los valores de pH se ubicaron dentro de las 4,79 y 8,02 unidades. Los puntos A_SUP_01 (6,46 unidades); A_SUP_04 (5,4 unidades); A_SUP_06 (4,79 unidades); A_SUP_07 (5,82 unidades); A_SUP_11 (6,43 unidades) y A_SUP_15 (5,40 unidades) fueron los puntos que registraron como ácidos. Los puntos restantes obtuvieron registros básicos entre las 7,05 unidades (A_SUP_14) y 8,02 unidades (A_SUP_03). Con respecto a los límites establecidos por la norma, se tiene que todos los registros se ubican por encima del límite mínimo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 (4,5), es decir, son aptas para ser usadas en actividades de riego y otras relacionadas con tal práctica, así como también para actividades relacionadas con la preservación de fauna y flora. Sin embargo, los puntos catalogados como ácidos se encuentran por debajo de los 6,5 reglamentados en el artículo 2.2.3.3.9.4 para el consumo humano y uso doméstico, por lo que el recurso de estos puntos no podrá tener tal destinación (**Figura 3.2.5-10**). El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

➤ **Multitemporal**

El promedio del pH fue un poco más alto durante la temporada seca, con 6,76 unidades, comparadas con las 6,39 unidades de la primera temporada. La acidificación de las aguas durante la temporada lluviosa puede responder a la llegada de lixiviados de aniones a los sistemas de agua superficial, provenientes de los cultivos de palma y las actividades ganaderas registradas en esta zona (**Tabla 3.2.5-11**). Las asociaciones entre cationes, como el calcio; el magnesio y el potasio, con nitratos; bicarbonatos; sulfatos y otros aniones orgánicos, generan un exceso de iones H⁺ que, por escorrentía, llegan a los sistemas hídricos dulces y los acidifican. En ríos no contaminados, el pH suele variar entre 6,0 unidades y 8,5, por lo que valores por fuera de este rango, se establecen como señales de alarma ante la posible interferencia en diferentes procesos biológicos, en los que se pueden generar limitaciones en el desarrollo y fisiología de las comunidades hidrobiológicas y en la biota humana (Beita & Barahona, 2011).

De manera general, el recurso hídrico de los puntos evaluados fue más ácido durante la temporada de lluvias, con una variación inter-estacional de 0,37 unidades. lo que sugiere estabilidad en esta variable a lo largo de las diferentes épocas hidro-climáticas. En la época de lluvias A_SUP_04; A_SUP_06; A_SUP_03; A_SUP_02; A_SUP_01; A_SUP_07 y A_SUP_11 no fueron aptas para la destinación para el consumo humano o uso doméstico, mientras que, bajo el mismo rigor para la temporada seca, no lo fueron A_SUP_01; A_SUP_04; A_SUP_06; A_SUP_07; A_SUP_11 y A_SUP_15. A partir de esta observación, es posible concluir que A_SUP_01; A_SUP_04; A_SUP_06; A_SUP_07 y A_SUP_11 fueron sistemas hídricos de naturaleza ácida durante las dos campañas (**Figura 3.2.5-10**).

Figura 3.2.5-10 pH en puntos de Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Conductividad y Sólidos Disueltos

La Conductividad Eléctrica refleja el estado de mineralización de las aguas, agrupando las sales o cationes y aniones disueltos. La variación de este parámetro está ligada a los vertimientos de origen doméstico, industrial, plantas de tratamiento químico de aguas, agroquímico, y otras naturales de origen volcánico o por la acción directa de los componentes del suelo por el que discurren las aguas (Orjuela, Saldarriaga, García, & Wilches, 2010). Esta variable también se entiende como la medida de la capacidad del agua de conducir corriente eléctrica, por lo que es sensible a las oscilaciones de sólidos disueltos, en lo que respecta, principalmente a las sales minerales (Beita & Barahona, 2011).

➤ Temporada Lluviosa

La conductividad en las aguas superficiales de la Línea Base, en $\mu\text{S}/\text{cm}$, se ubicó entre los 11 y 138. Las más bajas fueron registradas en A_SUP_04 (11 $\mu\text{S}/\text{cm}$); A_SUP_06 (11,62 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y A_SUP_07 (12 $\mu\text{S}/\text{cm}$). El registro de 138 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fue reportado en A_SUP_05, seguido por A_SUP_12 (71 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y A_SUP_13 (57 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Estos valores se catalogan como normales, al encontrarse dentro del rango estipulado para la mayoría de las aguas dulces (10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Exceptuando a A_SUP_05, todos los puntos contaron con conductividades por debajo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que permite calificarlos como cuerpos de agua de mineralización muy débil (< 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$), las diferencias observadas pueden ser producto de las condiciones geológicas y de lavado de las zonas adyacentes a cada punto (Beita & Barahona, 2011).

Con respecto a los sólidos disueltos, los registros oscilaron entre indetectables (<10 mg/L) y 47 mg/L. Solo se reportó este parámetro en A_SUP_14 (11 mg/L); A_SUP_08 (18 mg/L); A_SUP_12 y A_SUP_13 (19 mg/L); A_SUP_15 (20 mg/L) y A_SUP_05 (47 mg/L). El valor de este último puede estar asociado con el alto grado de perturbación de la vegetación riparia del punto, lo que incrementaría el aporte de sustancias disueltas hacia la fuente hídrica, situación que se replica para el punto A_SUP_15 en el que, adicionalmente, se reportaron lluvias la noche anterior al monitoreo, lo que incide en la carga de sólidos del sistema. El comportamiento de estas variables indica una

relación directamente proporcional, en la que el punto con mayor conductividad coincide con el de mayor concentración de sólidos disueltos (A_SUP_05) (**Figura 3.2.5-11**). Estas variables no cuentan con límites dentro de la norma.

➤ **Temporada Seca**

Los valores de conductividad, en $\mu\text{S/cm}$, variaron entre los 9,25 (A_SUP_15) y los 167,30 (A_SUP_13), comportamiento ilustrado en **Figura 3.2.5-11**. Los cuerpos de agua con conductividades menores a $100 \mu\text{S/cm}$, se clasifican como sistemas hídricos de mineralización débil, clasificación con la que contarían todos los sistemas hídricos, exceptuando a A_SUP_13 ($167,30 \mu\text{S/cm}$) y A_SUP_09 ($109 \mu\text{S/cm}$). Adicionalmente y sumado a los puntos A_SUP_08 ($73,9 \mu\text{S/cm}$) y A_SUP_12 ($79,1 \mu\text{S/cm}$), estos afluentes calificarían como fuentes eutróficas o de alta producción, por contar con registros superiores a los $60 \mu\text{S/cm}$ (Roldán, 1992). El valor reportado en A_SUP-13 puede estar directamente relacionado con el hecho de que este lugar se encuentra ubicado aguas abajo de la zona de descarga de dos tributarios, en las laderas del río se realiza aprovechamiento forestal de especies maderables y el río es objeto de extracción de materiales, aspectos que tienen incidencia directa sobre el comportamiento de esta variable.

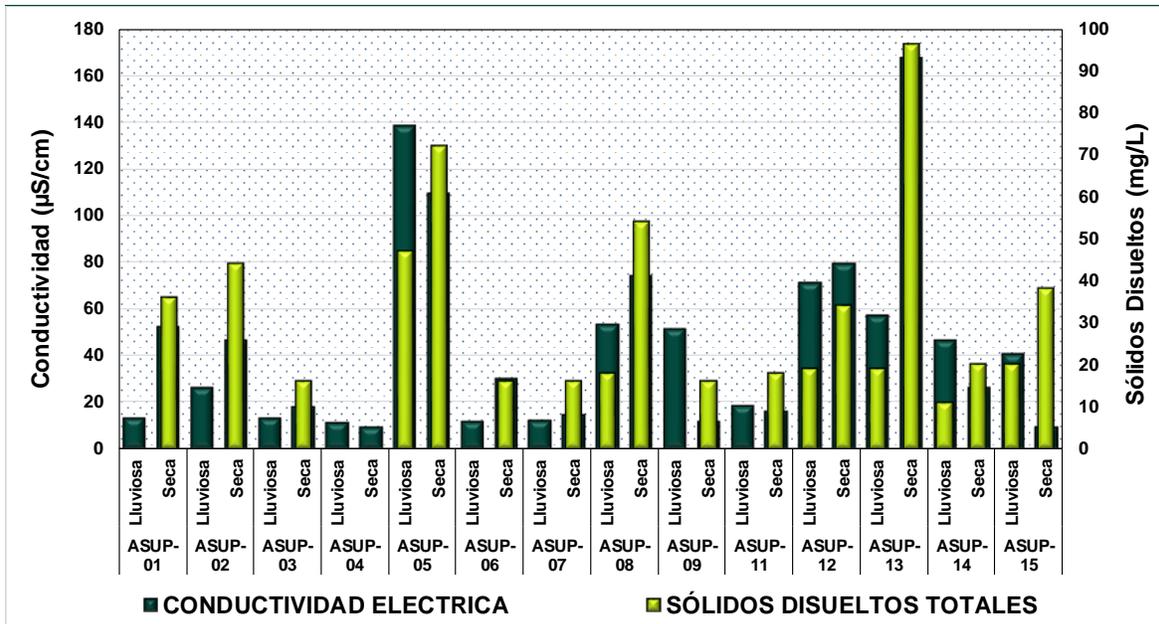
Los sólidos disueltos tuvieron valores entre indetectables ($<10 \text{ mg/L}$) en A_SUP_04 y 96 mg/L (A_SUP_13). El valor máximo de este parámetro coincide con el máximo de la conductividad, lo que respalda la relación entre estas dos variables indicadas en Beita & Barahona (2011) y que explica que la conductividad, al entenderse también como la capacidad del agua de conducir corriente, es altamente sensible a las oscilaciones de los sólidos disueltos que, en A-SUP-13, se encuentran en constante variación por efecto de los impactos sobre la corriente que se registran sobre este punto y que fueron descritas en el párrafo anterior. La concentración de sólidos disueltos registrados en A_SUP_05 ($72,0 \text{ mg/L}$), la segunda más alta y que coincide también con el segundo registro más alto de la conductividad, se encuentra relacionada con las actividades de extracción de materiales que se hace directamente sobre el río, adicional a las actividades de recreación que se registran en las laderas del cauce (**Tabla 3.2.5-11**). Estas variables no cuentan con límites dentro de la norma.

➤ **Multitemporal**

La conductividad fue comparativamente más alta durante la temporada seca ($47,28 \mu\text{S/cm}$) que durante la temporada lluviosa ($40,10 \mu\text{S/cm}$). Durante la primera campaña los puntos A_SUP_12 y A_SUP_05, calificaron como puntos eutróficos o de alta producción y sus equivalentes para la temporada posterior fueron A_SUP_13, A_SUP_09, A_SUP_08 y A_SUP_12. Las diferencias anotadas entre las conductividades de las dos épocas hidroclimáticas se pueden relacionar con el comportamiento de los caudales dado que estas dos variables son inversamente proporcionales, es decir que, durante la temporada seca, al bajar los caudales se incrementa la concentración de sales en los cuerpos de agua, lo que se traduce en mayores conductividades (**Figura 3.2.5-11**).

Los sólidos disueltos reportaron un comportamiento similar al de la conductividad, con un promedio más alto durante la temporada seca de $34,71 \text{ mg/L}$ que el de la temporada de lluvias de $22,33 \text{ mg/L}$, ratificando una relación directa entre estos dos parámetros. La alta cantidad de sólidos disueltos durante la temporada seca obedece a la disminución de los caudales y al efecto de agentes externos que funcionan como aportantes de iones que contribuyen al alza de la conductividad, tales como la extracción de materiales, la llegada de material a los cauces por la deforestación y la descarga de afluentes en estos puntos.

Figura 3.2.5-11 Conductividad y Sólidos disueltos totales en puntos de Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Olor y Sabor**

El sabor es la mínima cantidad perceptible de un sabor en una muestra de agua, por medio del sentido del gusto. El sabor puede ser ácido, cuando el agua contiene ácidos orgánicos provenientes principalmente de los vegetales; dulce, detectado bajo la presencia de carbohidratos, aldehídos, cetonas y aminoácidos como la alanina, la glicina y la serina; salado, en presencia de iones solubles de sodio, potasio y otros metales alcalinos y amargo, la detección de este sabor es considerada un mecanismo evolutivo para la defensa que evita envenenamientos, las sustancias que dan este sabor son las sales inorgánicas de peso molecular alto (Salazar & Vasquez, 2016).

El olor es la mínima cantidad perceptible de olor en una muestra de agua. Los tipos de olor se clasifican en diez categorías mínimas: Fragante o floral, leñoso o resinoso, frutal (no cítrico), químico, mentolado o refrescante, dulce, quemado o ahumado, cítrico, podrido, acre o rancio. Los vertidos industriales de residuos, la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana asociada a estos procesos, así como también los desinfectantes, son algunos de los compuestos orgánicos o productos químicos inorgánicos que contribuyen al gusto u olor del agua (Salazar & Vasquez, 2016).

➤ **Temporada Lluviosa**

El recurso de todos los puntos evaluados fue calificado "Sin Sabor". Todos los puntos de Línea Base fueron calificados como "Inodoro" en la totalidad de cauces evaluados. El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

➤ **Temporada Seca**

El sabor en todos los puntos evaluados calificó como "Aceptable". El olor también calificó como "Aceptable" en la totalidad de puntos evaluados. El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

➤ **Multitemporal**

Los parámetros organolépticos del Olor y el Sabor no sufrieron cambios a lo largo de las temporadas evaluadas, presentando condiciones de Sin Sabor, Inodoros y Aceptables en la totalidad de las fuentes hídricas valoradas.

✓ **Cloruros**

Tienen origen natural en forma de sales solubles en agua, principalmente como cloruros de sodio o potasio. Los océanos se constituyen como la fuente principal de cloruros. De acuerdo a lo establecido por Benoit y Stephan (1988), los cloruros de potasio, magnesio y calcio se configuran como las composiciones más tóxicas para los organismos acuáticos, comparados con los cloruros de sodio. El origen antrópico de este elemento está relacionado con los drenajes de aguas de riego, lixiviaciones difusas, escorrentías agrícolas, entre otras. (Beita & Barahona, 2011).

➤ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones de cloruros se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis que se empleó en su determinación (<5,0 mg/L), en todos los puntos de Línea Base, por lo que, en lo que respecta a este parámetro, las aguas evaluadas pueden ser destinadas para consumo humano y uso doméstico, por no superar los 250 mg/L, estipulados como límite en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4.

➤ **Temporada Seca**

Los niveles de cloruros reportados durante la última temporada de monitoreos se ubicaron por debajo del límite de cuantificación en la mayoría de puntos (<9,9 mg/L), exceptuando A_SUP_13, que registró 15,1 mg/L, el origen de estos compuestos en este punto puede estar ligado al drenaje de aguas de riego provenientes del aprovechamiento de especies maderables que se hace en las zonas aledañas al río. Las aguas evaluadas pueden ser destinadas para consumo humano y uso doméstico, por no superar los 250 mg/L, estipulados como límite en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4.

➤ **Multitemporal**

Las concentraciones de cloruros se mantuvieron bajo los límites de detección durante las dos épocas evaluadas, exceptuando el punto A_SUP_13 en época seca, lo que indica que el uso del recurso de las cuencas ubicadas en la Línea Base no representa riesgos para el uso doméstico o consumo humano. La ausencia de compuestos formados a partir de este elemento permite afirmar que estos sistemas hídricos no están siendo afectados por vertimientos de origen doméstico, especialmente los que contienen orina humana o animal, por lo que no se estarían generando disrupciones en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, en lo que respecta al mantenimiento de la presión osmótica, crecimiento y reproducción (Beita & Barahona, 2011).

✓ **Sulfatos**

Los sulfatos constituyen uno de los iones ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden presentarse en aguas naturales desde unos pocos a varios miles de miligramos por mililitro. Este nutriente es la principal forma de azufre que puede ser incorporado por varios grupos de organismos autótrofos, para la biosíntesis de sustancias orgánicas azufradas como algunos aminoácidos. Estos compuestos pueden llegar a las aguas superficiales a través de las aguas residuales industriales y quema de combustibles fósiles (Beita & Barahona, 2011).

➤ **Temporada Lluviosa**

Para los Sulfatos se reportaron registros por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada (<5,00 mg/L) en la mayoría de los puntos, exceptuando a A_SUP_05, que reportó una concentración de 13,2 mg/L. Este valor corresponde a las concentraciones reportadas para aguas naturales no contaminadas, al estar dentro del rango de los 2 mg/L hasta los 80 mg/L y, además, no supera el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de este sistema es apto para consumo humano y uso doméstico.

➤ **Temporada Seca**

Para esta temporada los registros fueron indetectables (5,0 mg/L) en A_SUP_03; A_SUP_04; A_SUP_06; A_SUP_09; A_SUP_11; A_SUP_14 y A_SUP_15. En los otros puntos, las concentraciones oscilaron entre 5,28 mg/L (A_SUP_07) y 21,60 mg/L (A_SUP_15). Estos valores corresponden a las concentraciones reportadas para aguas naturales no contaminadas, al estar dentro del rango de los 2 mg/L hasta los 80 mg/L y, además, no superan el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de estos sistemas es apto para consumo humano y uso doméstico.

➤ **Multitemporal**

Las concentraciones detectadas durante el tiempo seco fueron significativamente más altas que las de la época de lluvias, situación explicada por las disminuciones en los caudales que generan incremento en las concentraciones de sales en todas las corrientes hídricas esto, sumado a que las descargas de aguas residuales y escorrentías con trazas de fertilizantes y detergentes siguen cargando las corrientes que, en tiempo seco, contienen menos agua para diluirlos. Durante los dos tiempos evaluados, ninguno de los puntos superó el máximo normativo de 400 mg/L, por lo que el recurso es recomendable para su uso doméstico y consumo humano, de acuerdo con lo registrado en el Decreto 1076 del 2015.

✓ **Sólidos suspendidos totales (SST); Sólidos sedimentables; Sólidos suspendidos orgánicos; Turbiedad y Sólidos Totales (ST).**

Los sólidos suspendidos totales (SST) están definidos principalmente por material coloidal e incide directamente en la turbidez, alterando los procesos fotosintéticos de las plantas acuáticas. Adicionalmente, la presencia de estos sólidos es indicador de cambios hidrológicos en la corriente, relacionados con la erosión, vertimientos y con extracción de material de arrastre. La turbidez del agua se relaciona con la destinación del recurso para el consumo humano y sus condiciones para la vida acuática (Montoya, 2018). Por su parte, los sólidos sedimentables son aquellos que se decantan o sedimentan, se determinan en función de la masa (mg/L) o el volumen (mL/L), mediante gravimetría o volumetría, respectivamente (Gedar.es, Sin Año). Por último, los sólidos totales (ST), se encuentran constituidos principalmente, por sólidos suspendidos y están relacionados con procesos

de arrastre, concentración de sustancias y la descomposición de material vegetal asociado a cada punto de monitoreo (Elósegui, Pozo, & Basaguren, 1994) (Romero, 1995).

➤ Temporada Lluviosa

Las concentraciones de SST estuvieron dentro de los límites indetectables (<6,00 mg/L) y 30 mg/L. Los indetectables fueron reportados en A_SUP_04; A_SUP_06; A_SUP_08 y A_SUP_12. Las mayores concentraciones correspondieron a las registradas en A_SUP_09 (16 mg/L) y A_SUP_05 (30 mg/L). Es importante indicar que, de acuerdo a lo establecido por Lloyd *et al* (1987), concentraciones de SST superiores a 8 mg/l reducen la producción primaria de los sistemas hídricos hasta en un 13%, situación dada en A_SUP_01 (8 mg/L); A_SUP_14 (11 mg/L); A_SUP_02 y A_SUP_11 (12 mg/L); A_SUP_07 (14 mg/L); A_SUP_13 (15 mg/L); A_SUP_09 (16 mg/L) y A_SUP_05 (30 mg/L). Los valores de turbiedad en UJT se ubicaron entre los 0,03 y 0,39. El punto con el registro más bajo correspondió a A_SUP_12 (0,03 UJT) (**Figura 3.2.5-12**), que coincide con uno de los puntos con SST con concentración indetectable. Ninguno de los puntos evaluados supera los 10 UJT, establecido como límite máximo en el artículo 2.2.3.3.9.4, por lo que estas aguas pueden destinarse al consumo humano y uso doméstico.

Los sólidos totales registraron valores que oscilaron entre indetectables (<7,00 mg/L) en A_SUP_06 y 91 mg/L. A_SUP_13 (41 mg/L) y A_SUP_05 (91 mg/L) fueron los puntos con los valores de sólidos totales más altos. Por último, los sólidos sedimentables, solo fueron detectados en A_SUP_07, con una concentración de 0,3 mg/L, los puntos restantes marcaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica (<0,1 mg/L). Los puntos A_SUP_05, A_SUP_13; ASUP14 y A_SUP_15 se consolidan como los puntos en los que más clases y cantidad de sólidos fueron registrados. En A_SUP_13 esta situación está relacionada con que es un punto en el que, aguas arriba, recibe la descarga de tributarios, en su margen izquierda se reportan actividades de aprovechamiento forestal y a 40 m del punto se realizan trabajos de extracción de material con maquinaria amarilla, todas estas actividades incrementan la concentración de sólidos y el transporte de sedimentos en el sistema hídrico. En A_SUP_14, se reporta paso de maquinaria pesada y en A_SUP_054 y A_SUP_15, las actividades ganaderas, agrícolas y lluvias en la noche previa al monitoreo pudieron incrementar la cantidad de material disuelto y sedimentable en los cuerpos de agua (**Tabla 3.2.5-11**). Los sólidos no cuentan con límites establecidos en la normatividad ambiental vigente.

➤ Temporada Seca

Los sólidos suspendidos totales marcaron registros indetectables, <10 mg/L, en la mayoría de los puntos, con excepción de A_SUP_06 (12,5 mg/L), cuya presencia de este tipo de sólidos es consecuencia de los vertimientos realizados por la granja porcícola ubicada en terrenos aledaños. Los resultados indetectables son registros que no interfieren con la producción primaria de los sistemas hídricos, al estar por debajo de los 8 mg/L (Lloyd, 1987). La turbiedad osciló entre los 0,11 UJT y 0,44 UJT, con los mayores valores reportados para los puntos A_SUP_15 (0,44 UJT) y A_SUP_14 (0,36 UJT), puntos en los que se observa presencia constante de ganado, que bebe de estos sistemas y en los que, adicionalmente se encuentran sus excrementos. También se reporta paso de maquinaria pesada sobre el cauce. Estos impactos sobre la corriente tienen incidencia directa sobre la turbidez del agua incrementándola conforme se mantienen estas actividades. Sin embargo, ninguno de los valores de turbidez reportados para los puntos de Línea Base superan los 10 UJT establecidos como límite máximo en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015, concerniente a la destinación de las aguas para consumo humano y uso doméstico.

Los sólidos totales oscilaron entre los 10,0 mg/L y los 104,0 mg/L. Los valores más altos fueron registrados en A_SUP-13 (104,0 mg/L) y A_SUP_05 (74,0 mg/L) (**Figura 3.2.5-12**), coincidiendo con

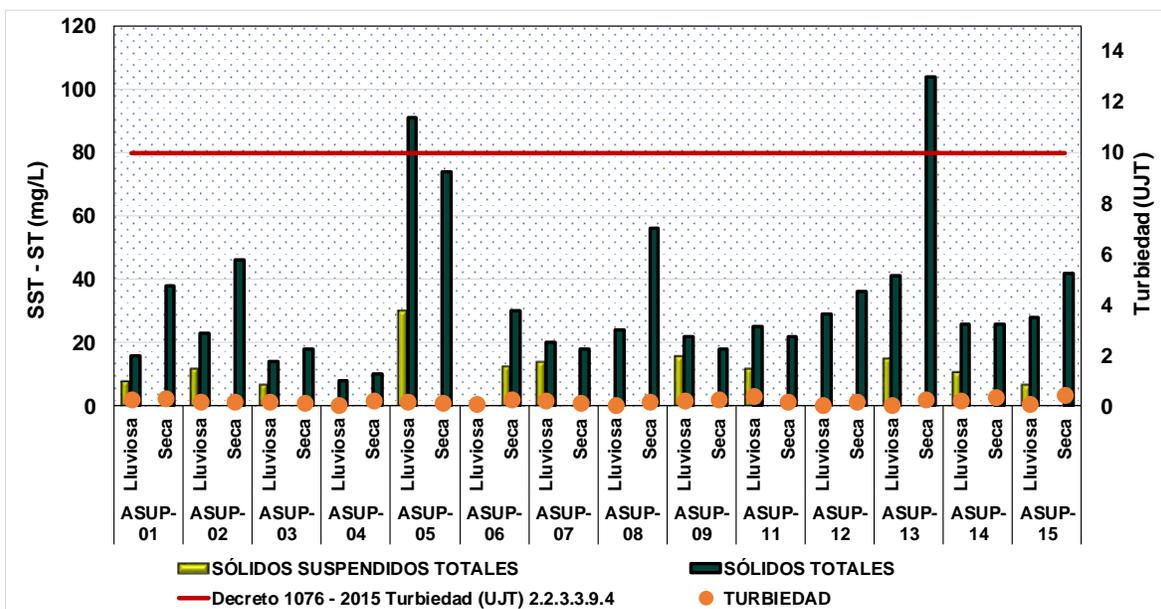
los máximos para los sólidos disueltos y respondiendo al efectos de las actividades que se generan sobre y alrededor de las corrientes en estos puntos (Tabla 3.2.5-11). Los sólidos sedimentables se ubicaron por debajo del límite de cuantificación, <0,1 mg/L, en la mayoría de los puntos, con excepción de A.SUP_06 y A_SUP_07, que tuvieron registros de 0,1 mg/L. Estas variables no contemplan límites dentro de la normatividad vigente.

➤ **Multitemporal**

Los promedios de SST para las temporadas lluviosa y seca fueron de 13,2 mg/L y 10,18 mg/L, respectivamente. Por su parte, la turbiedad registró un comportamiento contrario, reportando concentraciones más altas para la temporada seca que para la lluviosa (lluviosa: 0,15 UJT; seca: 0,23 UJT), tendencia compatible con lo registrado para los sólidos totales (lluviosa: 28,23 mg/L; seca: 38,43 mg/L). Bajo condiciones normales, la lluvia funciona como un factor ambiental que tiene un efecto directo sobre la concentración de sólidos suspendidos y la turbiedad esto, debido a que, por escorrentía, la lluvia arrastra sedimentos desde los suelos cercanos y además induce la mezcla dentro de la fuente hídrica, produciendo la re-suspensión de partículas que ya se habían sedimentado. Estos efectos dependen directamente de la fuerza de las lluvias y la profundidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, las actividades permanentes reportadas en los puntos A_SUP_14 y A_SUP_15, como la remoción de materiales para su extracción y el paso de bovinos, alteran el comportamiento normal de estos parámetros y esto explica que, aun en ausencia de las lluvias, los sólidos suspendidos y la turbiedad hayan sido más altos durante la temporada seca.

De acuerdo a lo establecido por Lloyd *et al* (1987), durante la temporada lluviosa, la mayoría de los puntos, a excepción de A_SUP_03; A_SUP_04; A_SUP_06; A_SUP_08; A_SUP_12 y A_SUP_15, y durante la temporada seca, todos los puntos, los niveles de SST estarían interfiriendo con la producción primaria de los sistemas hídricos, hasta en un 13%, al superarse los 8 mg/L establecido como máximos permitidos para la continuidad, a tasas normales, de este proceso.

Figura 3.2.5-12 Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales y Turbiedad en puntos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Total (COT)**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una medida de concentración de oxígeno usado por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas en 5 días a 20°C (Roldán & Ramírez, 2008). El valor de la DBO₅ permite definir el grado de saptobiedad o presencia de contaminantes de naturaleza orgánica que, de acuerdo a diferentes autores puede clasificarse en cinco grados diferentes: sin contaminación, valores entre 0 y 1; contaminación débil, valores entre 1 y 2,5; contaminación moderada: valores entre 2,5 y 5; contaminación fuerte: valores entre 5 y 10 y contaminación muy fuerte: valores entre 10 y 50 (Rodríguez, 2012).

La Demanda Química de Oxígeno es un parámetro analítico de contaminación que mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua mediante oxidación química. Representa el contenido de materia orgánica total de la muestra, oxidable por dicromato de potasio en solución ácida. El valor de este parámetro siempre es mayor que los de la DBO₅ y la diferencia se incrementa cuando en los cuerpos de agua se alojan cantidades significativas de materia orgánica resistente (Roldán & Ramírez, 2008).

El Carbono Orgánico Total se refiere al carbono constitutivo de las sustancias orgánicas de las aguas superficiales y como tal puede ser degradada por microorganismos. El COT se origina a partir de los procesos metabólicos, de excreción de plantas y animales, sin embargo, las industrias también son una fuente importante de estos compuestos, a través de descargas ricas en compuestos orgánicos. El aumento del Carbono Orgánico Total en las fuentes hídricas implica un alto consumo de oxígeno, generando un alto impacto sobre la biodiversidad del ecosistema.

➤ **Temporada Lluviosa**

Los registros obtenidos por la DBO₅ fueron indetectables (<3,0 mg/L) en la mayoría de los puntos, exceptuando A_SUP_01 y A_SUP_02, que reportaron valores de 5,85 mg/L y 8,45 mg/L, respectivamente, indicando un nivel de contaminación fuerte por presencia de material orgánico. En A_SUP_01 se reportó la presencia de ramas y hojas dentro del sistema hídrico, así como también algas y paso de ganado, factores que incrementan los niveles de materia orgánica en descomposición. Con respecto a la DQO, los valores oscilaron entre indetectables (<15,0 mg/L) y 74,6 mg/L. Los puntos con registro para este parámetro fueron A_SUP_04 (18,9 mg/L); A_SUP_07 (19,8 mg/L); A_SUP_08 (22 mg/L); A_SUP_03 (26,3 mg/L); A_SUP_15 (35,3mg/L); A_SUP_05 (37,5 mg/L); A_SUP_06 (44 mg/L); A_SUP_01 (48,03 mg/L) y A_SUP_02 (74,6 mg/L). Estos valores serían indicio de afectación por presencia de materia orgánica resistente, relacionada con la presencia de ganado en estos puntos, que son usados como bebederos y pasos constantes, por parte de estos animales. El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

El COT fue indetectable (<2,00 mg/L) en A_SUP_05 y A_SUP_12, en los puntos restantes, las concentraciones se movieron entre 2,24 mg/L y 12,1 mg/L, correspondiendo a A_SUP_09 la concentración más elevada. Estos valores señalan que en estos sistemas hídricos se reporta concentración de material orgánico a ser transformado, como consecuencia del flujo hídrico limitado (A_SUP_04; A_SUP_09; A_SUP_14 y ASUP15) (**Tabla 3.2.5-12**) y la acumulación de restos vegetales y la llegada de heces a los cuerpos de agua, provenientes del ganado (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

➤ Temporada Seca

Los niveles de DBO₅ detectados en los puntos de Línea Base, durante la segunda campaña, fueron <5,0 mg/L en la totalidad de fuentes hídricas, por lo que es posible determinar, de acuerdo al grado de saprobiedad propuesto por Rodríguez (2012), que los cauces evaluados en el presente estudio pueden cualificarse desde "sin contaminación" hasta con "contaminación moderada" por presencia de contaminantes de naturaleza orgánica esto, determinado por las cargas contaminantes que reciben estos sistemas, provenientes de las actividades ganaderas y de los asentamientos humanos identificados en las zonas aledañas. El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

La DQO fue indetectable, <5,0 mg/L, por la metodología ejecutada durante el monitoreo en 7 de los puntos, en los restantes fue de 15,13 mg/L (A_SUP_03); 10,3 mg/L (A_SUP_06); 12,8 mg/L (A_SUP_07); 5,22 mg/L (A_SUP_11); 6,30 mg/L (A_SUP_12); 6,30 mg/L (A_SUP_12); 9,20 mg/L (A_SUP_14) y 7,39 mg/L (A_SUP_15), indicando poca afectación en estos cauces, por presencia de materia orgánica no biodegradable (Corporinoquía, 2019). El Carbono Orgánico Total, se ubicó por debajo de los límites de detección en la mayoría de los puntos, salvo en A_SUP_06, cuyo registro de 8,20 mg/L, respalda la materia orgánica en descomposición detectada en algunas zonas del afluente, durante la etapa de campo, sin embargo, la presencia de cultivos de palma en las zonas aledañas al Caño Mayuga, también pueden ser fuentes emisoras de descargas ricas en compuestos orgánicos. Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

➤ Multitemporal

Los resultados indican que, durante la época lluviosa, el promedio de DBO₅ fue más alto que durante la temporada seca, sin embargo, es importante anotar que la metodología aplicada durante la primera fue más sensible que la ejecutada en la última campaña, esto reflejado en los límites de cuantificación, establecidos en <3,0 mg/L y <5,0 mg/L, respectivamente. A pesar de esto, las concentraciones detectadas en A_SUP_01 y A_SUP_02, durante la primera campaña, fueron mayores al límite de cuantificación de la segunda campaña, lo que permite inferir que, en efecto, se cumple la primicia de que la DBO₅ de la temporada de lluvias fue ligeramente superior a la seca. El promedio de la DQO fue de 36,3 mg/L en temporada lluviosa y de 9,50 mg/L en época seca, aunque también se presentaron diferencias en la sensibilidad de las pruebas aplicadas, ya que durante la primera campaña se manejó un límite de cuantificación de <15,0 mg/L, en comparación con los <5,0 mg/L de la época seca, diferencias que podrían incrementar el número de puntos que registraron para este parámetro durante la temporada lluviosa.

El COT tuvo un promedio, durante las lluvias, de 3,77 mg/L y en temporada seca, fue de 0,59 mg/L, nuevamente, se registró una diferencia en cuanto a la sensibilidad de la prueba, ya que los límites de cuantificación fueron de <2,0 mg/L y <5,0 mg/L, respectivamente, esta disparidad permitiría inferir sobre la posibilidad que se incrementara el número de registros durante la última campaña. Los reportes más altos de estos tres parámetros, durante la temporada de precipitaciones, se explica mediante el hecho de que las lluvias funcionan como vehículos de carga de materia orgánica que por procesos de escorrentía y de arrastre aceleran la llegada de dicho material a los cuerpos de agua. La época de lluvias favorece la descarga de basuras, material vegetal, desechos industriales, domésticos y animales a los afluentes, lo que disminuye las concentraciones de oxígeno por la descomposición de la materia orgánica, elevando los valores de estas variables en los sistemas fluviales.

✓ Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos

La alcalinidad y la acidez se encuentran estrechamente relacionados; el primero, se define como la medida para neutralizar ácidos, la cual le confiere propiedades buffer, es decir, dificulta sus cambios en el pH, está directamente relacionada con la cantidad de iones carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua y el segundo indica la capacidad cuantitativa de una sustancia de reaccionar con una base a un pH designado (Romero, 1995).

Conocer la alcalinidad y acidez del agua es fundamental para determinar su capacidad de mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida, ya que el valor de estas variables en el agua tiene influencia en las cinéticas de reacciones químicas, así como también refleja cambios en la calidad de las fuentes de agua (Roldán & Ramírez, 2008).

Los bicarbonatos son sales que hacen parte de los estados transitorios del carbono. Dichas sales desempeñan un papel importante en el amortiguamiento del pH, así como definen la dureza temporal y total de los sistemas acuáticos. En una gran parte, los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos determinan la concentración de alcalinidad en un cuerpo de agua, debido a que cuando las condiciones de acidez aumentan, la reacción entre el ácido y la base del carbonato combinado trae un aumento en bicarbonato neutro (Roldán G. , 1989).

➤ Temporada Lluviosa

En los puntos de línea base evaluados dentro del Estudio de Impacto Ambiental "Área de Desarrollo Llanos 141" se obtuvieron valores de acidez entre indetectables (<9,99 mg/L) y 15,9 mg/L. Los puntos en los que este parámetro marcó fueron A_SUP_01 (12,8 mg/L) y A_SUP_04 (15,9 mg/L). La alcalinidad tuvo registros de indetectables (<3,77 mg/L) en A_SUP_01; A_SUP_02; A_SUP_03; A_SUP_04 y A_SUP_06 y entre 4,9 mg/L y 34,3 mg/L en los puntos restantes. Las concentraciones de bicarbonatos correspondieron a los valores replicados de la alcalinidad. La presencia de bicarbonatos en aguas naturales contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas o incrustantes (Sandi, 2008).

➤ Temporada Seca

La alcalinidad registrada en los puntos de Línea Base se ubicó entre indetectable (<6,040 mg/L) y los 44,0 mg/L en A_SUP_05. Los otros puntos que marcaron para este parámetro fueron A_SUP_01 (10,1 mg/L); A_SUP_08 (13,3 mg/L); A_SUP_12 (14,3 mg/L); A_SUP_13 (25,5 mg/L); A_SUP_14 (14,3 mg/L) y A_SUP_15 (17,5 mg/L). Estos valores son acordes con los datos de pH obtenidos y pueden estar relacionados con la capacidad de dilución y homogenización que presentan los cuerpos de agua de esta subzona hidrográfica, como consecuencia del tamaño y la velocidad de los caudales. Roldán (1992), indica que la alcalinidad de las aguas tropicales es baja, con valores inferiores a 100 mg/l, situación detectada en estos puntos.

La naturaleza de los compuestos químicos que determinan la alcalinidad de un cuerpo está directamente relacionada con el pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica. Sin embargo, es común que la alcalinidad se interprete en función de los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Beita & Barahona, 2011). A partir de esto, se presentan los resultados de los bicarbonatos, que corresponden en valor, a los obtenidos para la medición de la alcalinidad (Figura 3.2.5-13). Es posible descartar la ausencia o poca fijación del dióxido de carbono (CO₂) por parte de los productores primarios, teniendo en cuenta que la presencia de bicarbonatos en aguas naturales contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas o incrustantes, siendo raro encontrar aguas que sobrepasen los 500 mg/L de carbonatos (Sandi, 2008). La acidez marco concentraciones indetectables en la mayoría de los puntos evaluados, <5,00 mg/L, en los

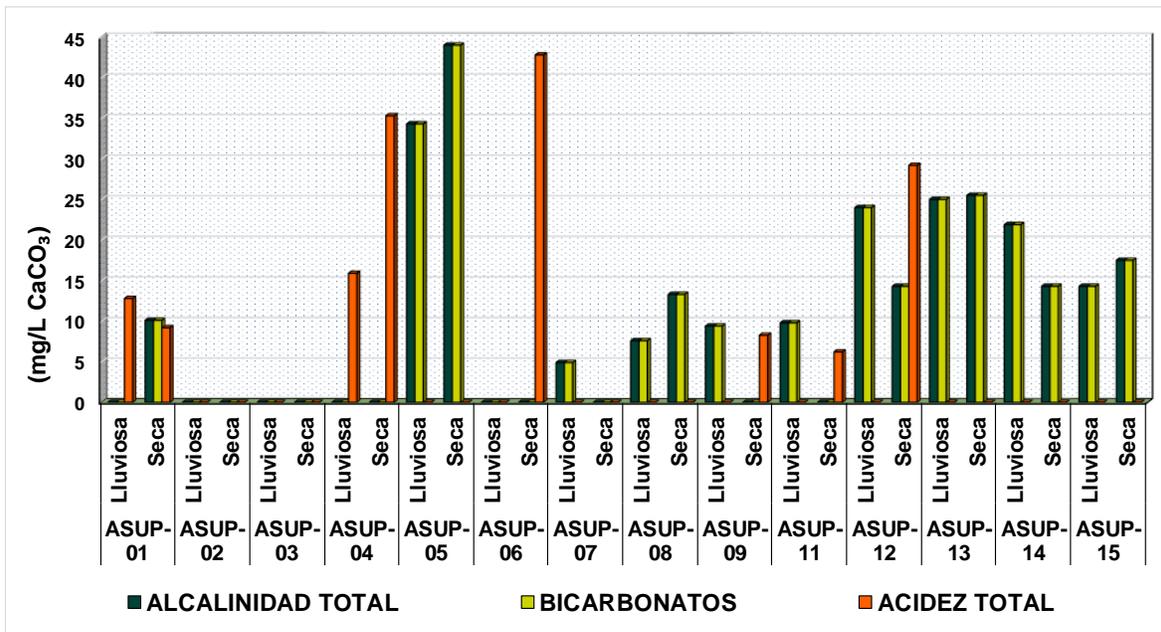
cauces restantes, los valores fueron de 9,20 mg/L (A_SUP_01); 35,3 mg/L (A_SUP_04); 42,8 mg/L (A_SUP_06); 8,27 mg/L (A_SUP_09); 6,22 mg/L (A_SUP_11) y 29,2 mg/L (A_SUP_12), valores relacionados con el equilibrio en el sistema CO₂/Carbonato.

➤ **Multitemporal**

La primera campaña arrojó promedios de alcalinidad, acidez y bicarbonatos, de 16,8 mg/L, 14,35 mg/L y 16,8 mg/L. Los de la temporada seca fueron de 19,86 mg/L, 21,83 mg/L y 19,86 mg/L, valores que ubican los registros de la última campaña por encima de los de la época lluviosa. Este comportamiento puede estar relacionado con procesos exógenos a las corrientes de agua que pueden alterar estos parámetros, dentro de los que se destacan la actividad agrícola que, por procesos de descargas de agro-fertilizantes puede modificar la cantidad de sales y, en consecuencia, la alcalinidad, acidez y cantidad de bicarbonatos.

Las concentraciones de alcalinidad de los ecosistemas acuáticos se encuentran directamente relacionadas con la productividad de los mismos, dado que brindan información sobre la cantidad de CO₂ y bicarbonatos que se tienen disponibles, como reservorios de carbono, para los procesos fotosintéticos. Con base en esta premisa, se establece que, tanto en tiempo seco, como lluvioso, todos los sistemas hídricos evaluados presentan una baja productividad por tener alcalinidades por debajo de 75 mg/L.

Figura 3.2.5-13 Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos en Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Dureza cálcica y Dureza Total**

La dureza total del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella. La dureza cálcica está determinada por los compuestos de calcio, principalmente los carbonatos de calcio. Las aguas que presentan valores bajos de dureza son llamadas "aguas blandas" y biológicamente son poco productivas. Por el contrario, aguas con altos valores de dureza se denominan "duras" y por lo regular son muy productivas. La escala de dureza va de aguas que

poseen menos de 10 mg/L las cuales son poco productivas, aguas medianamente productivas con valores entre 10 y 25 mg/L y aguas muy productivas que poseen valores superiores a los 25 mg/L (Roldán & Ramírez, 2008). En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse como aguas blandas (0-75 mg/L CaCO₃), moderadamente duras (75-150 mg/L CaCO₃), duras (150-300 mg/L CaCO₃) y muy dura (mayor a 300 mg/L CaCO₃) (Romero, 1995).

➤ Temporada Lluviosa

La Dureza Cálcica reportó valores por debajo del límite de cuantificación (<12 mg/L), en todos los puntos de la Línea Base. Por su parte, la Dureza Total fue indetectable (<5,0 mg/L) en seis de los 14 puntos, dejando a los restantes con concentraciones entre los 7 mg/L y 40,1mg/L. Con base en estos resultados, es posible asegurar que las aguas que discurren por los cauces de A_SUP_14, son blandas y poco productivas; las de A_SUP_07; A_SUP_09; A_SUP_11; ASUP12; A_SUP_13 y ASUP15, son blandas y medianamente productivas y las de A_SUP_05, son blandas y muy productivas.

➤ Temporada Seca

La dureza cálcica tuvo reportes de <5,00 mg/L en la mitad de los puntos valorados y, en los puntos restantes, la concentración de esta variable fue de 12,7 mg/L (A_SUP_01); 8,36 mg/L (A_SUP-02); 42,6 mg/L (A_SUP_05); 9,55 mg/L (A_SUP_08); 9,95 mg/L (A_SUP_12); A_SUP_13 (36,8 mg/L) y 11,5 mg/L (A_SUP_15). La dureza total fue indetectable, <5,00 mg/L, en cuatro puntos, en los cauces restantes, los valores oscilaron entre 5,17 mg/l y 55,30 mg/L, por lo que el recurso de los sistemas hídricos de la Línea Base, califican como blandas y poco productivas en A_SUP_11 (5,17 mg/L) y A_SUP_14 (8,36 mg/L); medianamente productivas en A_SUP_01 (16,5 mg/L); A_SUP_02 (13,5 mg/L); A_SUP_08 (17,9 mg/L); A_SUP_12 (15,1 mg/L) y A_SUP_14 (14,1 mg/L) y muy productivas en A_SUP_05 (55,3 mg/L) y A_SUP_13 (49,1 mg/L).

➤ Multitemporal

La dureza cálcica presentó mayor número de reportes durante la temporada seca e, incluso las concentraciones registradas arrojaron un promedio temporal de 18,78 mg/L. Sin embargo, es importante anotar la diferencia entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas ya que, para la primera campaña el LC fue de <12,00 mg/L, en comparación con los <5,00 mg/L de la temporada seca, lo que permite inferir una mayor cantidad de reportes de concentraciones de dureza cálcica durante la época de lluvias, por lo tanto, no es posible comparar los promedios intertemporales entre sí. Por otra parte, los promedios de dureza total, comparables por tener los mismos límites de cuantificación en las dos temporadas, fueron de 18,85 mg/L en época lluviosa y de 5,17 mg/L en época seca, indicando una disminución de la dureza total en los cauces agrupados para la Línea Base, durante la temporada seca. Relacionado con que durante el tiempo de bajas lluvias se disminuye la llegada los iones relacionados con estos parámetros.

✓ **Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico y Nitrógeno Total**

Los Nitratos se encuentran catalogados como uno de los nutrientes esenciales para las plantas, sin embargo, concentraciones elevadas pueden provocar una sobre floración de algas y plantas en los cuerpos de agua, así como también, afectan el normal desarrollo y crecimiento de peces e invertebrados. La toxicidad de estos compuestos depende directamente de la presencia de otras nutrientes, el movimiento del agua y la cantidad de luz disponible (Beita & Barahona, 2011).

Los procesos naturales de autodepuración mantienen niveles muy bajos de nitritos en las aguas, 0,01 mg/l, aproximadamente. Al mismo tiempo, en ausencia de procesos contaminantes, la

concentración de este parámetro es muy baja o nula. Con concentraciones menores a una centésima de mg/L, las aguas se consideran puras o con procesos muy activos de autodepuración, mientras que, cuando se detectan algunas décimas de mg/l, es posible hablar de contaminación, siendo significativa cuando los valores se encuentran por encima de 1 mg/L. Los nitritos tienen su origen en procesos incompletos de oxidación del amoníaco o de reducciones de los nitratos con intervención de una acción desnitrificadora. Sin embargo, en aguas pobres en oxígeno, también es posible encontrar nitritos (Montoya, 2018).

El nitrógeno amoniacal proviene de procesos incompletos de degradación de la materia orgánica, es característico de cuerpos de agua que reciben vertimientos, por lo que su detección es común aguas abajo de los vertimientos, con concentraciones que van desde los 0,5 mg/l hasta 1 mg/l. Este amoníaco se transforma, rápidamente, en nitratos y nitritos. Las fuentes más comunes de este compuesto son la materia vegetal, animal o humana, descargas de origen industrial y agrícola. Parámetros como el pH y la temperatura tienen incidencia directa sobre el comportamiento del nitrógeno, de manera que, si estas variables aumentan, se incrementa la concentración de nitrógeno y de paso sus niveles de toxicidad (Montoya, 2018).

Los aminoácidos, polipéptidos y proteínas (productos de procesos biológicos) son los principales aportantes de nitrógeno orgánico a las aguas superficiales. Una elevada concentración de este elemento es con frecuencia, un indicativo de contaminación producida por vertimientos o desechos industriales (INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

➤ **Temporada Lluviosa**

Los registros de nitratos fueron, en su mayoría, indetectables (<0,0500 mg/L), en los seis puntos restantes, las concentraciones oscilaron entre los 0,073mg/L y los 0,455 mg/L, con el valor más alto en A_SUP_02, seguido por A_SUP_06 (0,137 mg/L) y A_SUP_13 (0,134 mg/L). Ninguna de estas concentraciones supera los 10 mg/L, estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015, por lo que, en lo que respecta a este parámetro, las aguas pueden destinarse a consumo humano y uso doméstico. Los Nitritos marcaron niveles entre indetectables (<0,00300 mg/L) y los 0,145 mg/L, reportando presencia en A_SUP_04 y A_SUP_11 (0,007 mg/L); A_SUP_12 y A_SUP_13 (0,008 mg/L); ASUP14 (0,013 mg/L); A_SUP_09 (0,014 mg/L); A_SUP_05 (0,084 mg/L); A_SUP_15 (0,119 mg/L) y A_SUP_08 (0,145 mg/L) y dando cumplimiento al límite de 1mg/L en los artículos anteriormente mencionados, por lo que el recurso de estos sistemas hídricos puede destinarse para el consumo humano y uso doméstico. El comportamiento en conjunto, de estas dos variables, muestra una mayor concentración de Nitratos que de Nitritos, lo que es indicativo de procesos de oxidación continuos y activos.

El nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico registraron concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada, de <1,00 mg/L y <5,00 mg/L, respectivamente, salvo en A_SUP_04, que reportó 0,833 mg/L de Nitrógeno Orgánico, relacionado, probablemente, con la presencia de cultivos de palma de aceite en la zona aledaña al sistema. El nitrógeno total marcó niveles por debajo del límite de cuantificación (<0,5 mg/L), en la mayoría de los puntos, exceptuando a A_SUP_02 (0,5 mg/L); A_SUP_04 (1,6 mg/L); A_SUP_08 (1,0 mg/L) y A_SUP_15 (0,8 mg/L). Estos valores se encuentran relacionados con las actividades agropecuarias reportadas en las zonas aledañas.

➤ **Temporada Seca**

Los Nitratos reportaron valores por debajo de los límites de detección, <1,0 mg/L, en la totalidad de puntos evaluados, por lo tanto, se encuentran dentro de lo permitido en el decreto comparativo y no se generan limitaciones para la destinación del recurso para uso doméstico y consumo humano. Los

bajos niveles reportados pueden estar asociados a la acción nitrificante y desnitrificante de las bacterias y a las buenas condiciones de oxigenación de los cauces que facilitan los procesos de oxidación del amonio y los nitritos en la zona más caliente y cercana a la superficie de la columna de agua (epilimnion). Los niveles de Nitritos fueron indetectables (<0,00608 mg/L) en la mayoría de puntos, exceptuando A_SUP_02 (0,00798 mg/L); A_SUP_08 (0,00994 mg/L); A_SUP_14 (0,0113 mg/L) y A_SUP_13 y A_SUP_15 (0,00666 mg/L), estos valores dan cumplimiento al límite de 1mg/L en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de estos sistemas hídricos puede destinarse para el consumo humano y uso doméstico.

El nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal, marcaron registros inferiores a sus respectivos límites de cuantificación, <3,00 mg/L y <1,00 mg/L, en todos los puntos de Línea Base, lo que indica que estos sistemas hídricos no han sido, en el período reciente, objeto de descargas puntuales o directas de aguas residuales, con carga de compuestos nitrogenados, provenientes de actividades industriales. El nitrógeno total tuvo registros de 0,800 mg/L (A_SUP_01); 1,60 mg/L (A_SUP_02); 0,700 mg/L (A_SUP_06); 1,00 mg/L (A_SUP_08); 2,20 mg/L (A_SUP_12) y 0,600 mg/L (A_SUP_15). Estos valores se encuentran asociados a la presencia de ganado, materia orgánica en descomposición, excretas bovinas en las fuentes hídricas, vertimientos directos provenientes de granjas porcícolas, actividades recreacionales y de aprovechamiento forestal que se registran en las zonas aledañas a estos afluentes (**Tabla 3.2.5-11**).

➤ **Multitemporal**

La temporada de lluvias tuvo un promedio de nitratos de 0,18 mg/L; de nitritos de 0,045 mg/L; de nitrógeno amoniacal, indetectable y de nitrógeno orgánico de 0,0595 mg/L. Estos valores, para la época seca, fueron de indetectables, 0,01 mg/L e indetectables para las otras dos variables, respectivamente. Se observa un comportamiento con tendencia a la baja para la última temporada de monitoreos, que puede estar relacionado con que la disminución de las lluvias evita la llegada de compuestos nitrogenados a los sistemas hídricos por el lavado de las zonas aledañas, especialmente aquellas cercanas a los cultivos industriales. Durante la primera campaña, los puntos A_SUP_01, A_SUP_02, A_SUP_05, A_SUP_06; A_SUP_12 y A_SUP_13 superaron concentraciones de 0,1 mg/L de nitratos y los puntos A_SUP_04, A_SUP_05, A_SUP_08, A_SUP_09, A_SUP_11, A_SUP_12, A_SUP_13, A_SUP_14 y A_SUP_15 excedieron los 0.001 mg/L de Nitratos. Para la segunda campaña ningún punto excedió el nivel referido de nitratos. Para los nitritos, los puntos A_SUP_02, A_SUP_08, A_SUP_13 y A_SUP_14, sobrepasaron los 0,001 mg/L. El comportamiento observado en estos puntos, a lo largo de las dos épocas de monitoreo indica influencia antrópica sobre la concentración de estos compuestos y, por lo tanto, sugieren polución por presencia de este tipo de compuestos. A pesar de estas concentraciones, en ninguno de los sistemas, o temporadas climáticas, los niveles superan los límites estipulados en la norma, para consumo/uso humano/doméstico.

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico, excepto para A_SUP_04 en temporada lluviosa, mantuvieron tendencias estables, ubicadas por debajo del límite de cuantificación, por lo que se infiere ausencia de contaminación directa o difusa por llegada de excretas del ganado, al reportar concentraciones inferiores a 0,35 mg/L, según La Agencia Europea para el medio ambiente y de 0,2 mg/L, de acuerdo con la Organización Mundial para la Salud (Benjumea, Suárez, & Villabona, 2018). Pese a este comportamiento, es importante anotar la diferencia en sensibilidad de las pruebas aplicadas en las diferentes épocas. Los límites de detección para estos dos parámetros, para la primera época fueron de <0,500 mg/L, mientras que, para la época seca, el límite para el nitrógeno amoniacal fue de <1,00 mg/L y para el nitrógeno orgánico fue de 3,00 mg/L. Esta diferencia permitiría inferir una mayor cantidad de puntos con registro, durante la última época, de haberse aplicado la técnica más sensible. Por su parte, el nitrógeno total reportó un promedio de 0,975 mg/L en la época de lluvias y de 1,07 mg/L durante la seca. El nitrógeno en los

puntos que fue registrado proviene de procesos endógenos como la fijación biológica, la descomposición de la materia orgánica y las pérdidas por denitrificación. Los niveles de este elemento cambian de acuerdo a la época del año y tienen a la lluvia como uno de los factores determinantes, tal y como se observó en el presente estudio, en el que la disminución en las precipitaciones condujo a un incremento en las concentraciones de nitrógeno total.

✓ **Fósforo orgánico, Fósforo Inorgánico (ácido hidrolizable y ortofosfatos) y Fósforo Total**

Estos compuestos pueden encontrarse en forma de ésteres, fosfatos, ácidos nucleicos, fosfolípidos, azúcares, proteínas, ácido aminofosfórico, fosfoamidas, entre otros, indicando la presencia de productos de descomposición de material vegetal o animal (Pérez, 2019). El fósforo también puede llegar a los sistemas hídricos como consecuencia de procesos erosivos, recepción de cenizas provenientes de quemas en zonas aledañas y lavado de suelos adyacentes. El fósforo inorgánico incluye ortofosfatos, polifosfatos y polímeros cíclicos o metafosfatos (Pérez, 2019), en el agua natural es posible encontrarlos porque pueden ser generados por los organismos acuáticos o porque son depositados en las aguas por medio de las descargas de aguas residuales domésticas o industriales con alta carga de detergentes y químicos usados en el tratamiento de aguas (Montoya, 2018).

➤ **Temporada Lluviosa**

El fósforo hidrolizable total reportó valores por debajo del límite de cuantificación (<0,0500 mg/L) en todos los puntos de monitoreo. El fósforo orgánico total, reportó valores indetectables (<0,05 mg/L) en todos los puntos, exceptuando A_SUP_04 (0,177 mg/L); A_SUP_05 (0,065 mg/L); A_SUP_08 (0,107 mg/L); A_SUP_09 (0,062 mg/L); A_SUP_14 (0,088 mg/L); A_SUP_15 (0,078 mg/L). El fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos) reportó concentraciones por debajo del límite de cuantificación de <0,0500 mg/L, en todos los puntos evaluados. Por último, el Fósforo total, se ubicó por debajo de los límites de cuantificación (0,0500 mg/L) en seis (6) de los catorce (14) puntos, los puntos restantes tuvieron valores comprendidos entre 0,056 mg/L y 0,208 mg/L, con máximos en A_SUP_04 (0,208 mg/L) y A_SUP_15 (0,137 mg/L). Los puntos A_SUP_04 (0,208 mg/L); A_SUP_05 (0,103 mg/L); A_SUP_08 (0,111 mg/L); A_SUP_14 (0,105 mg/L) y A_SUP_15 (0,137 mg/L) califican como sistemas altamente eutróficos por registrar valores superiores a 0,1 mg/L (Wetzel, 1981).

➤ **Temporada Seca**

El fósforo hidrolizable total, el fósforo orgánico total y los ortofosfatos reportaron valores por debajo del límite de cuantificación (<0,0700 mg/L) en todos los puntos de monitoreo. Con respecto al fósforo total, las concentraciones fueron indetectables en la mayoría de puntos, exceptuando A_SUP_06 (0,0933 mg/L); A_SUP_08 (0,0808 mg/L) y A_SUP_15 (0,0902 mg/L), lo que permite indicar un estado oligotrófico de estos cuerpos, al contener niveles bajos de fósforo (Beita & Barahona, 2011) y al no superar los 0,1 mg/L establecidos para alcanzar la eutrofia.

➤ **Multitemporal**

Los niveles de fósforo hidrolizable total y ortofosfatos se mantuvieron estables y por debajo de los límites de detección a lo largo de las dos temporadas evaluadas. El promedio de fósforo orgánico durante la época de lluvias fue de 0,096 mg/L, comparado con concentraciones inferiores al límite de detección, durante la época seca. El nivel de fósforo total fue más alto durante la época lluviosa, 0,1085 mg/L, que, durante la época seca, 0,09 mg/L. La variación de estas concentraciones a lo largo del tiempo se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias y domésticas reportadas para las zonas aledañas. Otro factor directamente implicado en el cambio en las concentraciones de fósforo es el alto proceso erosivo observado en los cuerpos de agua

altamente intervenidos, dado principalmente por la eliminación de bosque nativos de las orillas de las vertientes y de la planicie aluvial, lo que conlleva al incremento en el transporte de nutrientes hacia las diferentes fuentes hídricas.

✓ **Fenoles Totales, Compuestos fenólicos, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales**

Hacen parte de la familia de los compuestos orgánicos. Muchos de ellos son aportados naturalmente a los cuerpos de agua como productos de desecho y descomposición de los seres vivos. Sin embargo, pueden llegar a los ecosistemas a través de vertimientos de aguas industriales y en altas concentraciones pueden ser tóxicos para la vida acuática (Abreu, Perozo, Martínez, & Morán, 2016); (atsdr.cdc.gov, 1995)

➤ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones de grasas y aceites reportaron niveles indetectables en diez (10) puntos, en los restantes, las concentraciones oscilaron entre 1,62 mg/L y 2,02 mg/L. En los puntos A_SUP_07 (1,84 mg/L); A_SUP_11 (2,02 mg/L); A_SUP_12 (1,62 mg/L) y A_SUP_13 (1,65 mg/L), se detectaron actividades agrícolas, de forrajeo, ganaderas y de vertimientos procedentes de granjas porcícolas, fuentes que pueden ser emisoras de este tipo de compuestos. Por esta razón, el agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a los establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: "*no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana*". El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

Los fenoles marcaron límites indetectables, < 0,0100 mg/L, en todos los puntos evaluados. Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) no fueron detectados en ninguno de los puntos de la línea base, sus concentraciones se ubicaron por debajo del límite de cuantificación de <0,00400 mg/L. La misma situación fue registrada para los compuestos fenólicos, con valores < 0,0020 mg/L en los catorce (14) puntos monitoreados. De acuerdo con estos reportes, es posible concluir que estos compuestos no se encuentran afectando el estado actual de los cuerpos de agua agrupados en la línea base del proyecto. Los Hidrocarburos totales marcaron concentraciones indetectables por la técnica, <0,900 mg/L, en todos los puntos, por lo que, en lo que respecta a estos compuestos, el recurso de estos cauces, pueden ser destinados al uso doméstico y consumo humano.

➤ **Temporada Seca**

Los niveles de Grasas y Aceites se ubicaron por debajo de los límites de cuantificación (<0,200 mg/L), en la mitad de los puntos. Los puntos que reportaron niveles de grasas y aceites fueron A_SUP_01 (0,289 mg/L); A_SUP_03 y A_SUP_04 (0,421 mg/L); A_SUP_05 (0,223 mg/L); A_SUP_09 (0,344 mg/L); A_SUP_12 (0,228 mg/L) y A_SUP_14 (0,637 mg/L). Las actividades agrícolas, de forrajeo, ganaderas y de vertimientos procedentes de granjas porcícolas, se consideran fuentes que pueden ser emisoras de este tipo de compuestos. Por esta razón, el agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a los establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: "*no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana*". El punto ASUP_08 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

Los fenoles marcaron límites indetectables, < 0,100 mg/L, en todos los puntos evaluados, al igual que los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, <0,002 mg/L. La misma situación fue registrada para los compuestos fenólicos, con valores < 0,0020 mg/L en los catorce (14) puntos monitoreados y que no superan los 0,002 mg/L, establecidos como límite en los artículos 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.7, concernientes a los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y uso doméstico, uso pecuario y para fines recreativos, respectivamente. De acuerdo con estos reportes, es posible concluir que estos compuestos no se encuentran afectando el estado actual de los cuerpos de agua agrupados en la línea base del proyecto. Los Hidrocarburos totales marcaron concentraciones indetectables por la técnica, <0,2 mg/L, en doce de los puntos evaluados, en A_SUP_09 se reportó una concentración de 0,301 mg/L y en A_SUP_14 fue de 0,298 mg/L. En A_SUP_09, la presencia de una vía a pocos metros puede ser la causa probable de la presencia de este tipo de compuestos en el lugar, mientras que en A_SUP_13, el aprovechamiento del material de arrastre, efectuado con maquinaria pesada, transitando sobre el cauce, genera vertimientos al agua proveniente de este tipo de vehículos. El recurso de los puntos restantes, en cuanto a este parámetro, puede ser destinado al uso doméstico y consumo humano.

➤ **Multitemporal**

El promedio de Grasas y Aceites fue más alto durante la temporada de lluvias, 1,78 mg/L, en comparación con el de la época seca, 0,41 mg/L. Este aspecto puede estar relacionado con fenómenos de escorrentía producidos por las aguas lluvia que funcionan como transporte para que este tipo de compuestos lleguen a los cauces, incrementando las concentraciones. Los niveles de Fenoles, Compuestos fenólicos e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, se mantuvieron indetectables a lo largo de todo el monitoreo. Por su parte, los Hidrocarburos vieron incrementados sus niveles durante la última campaña de evaluación, pasando de niveles indetectables, a un promedio de 0,042 mg/L, esto como consecuencia de la disminución de caudales (en A_SUP_09 paso de 581,3 L/s a 58,27 L/s y en A_SUP_13, paso de 7389,1 L/s a 3553,0 L/s) y la persistencia de actividades, como el tránsito de vehículos o maquinaria pesada sobre o cerca de las corrientes, que evitan que los procesos de autodepuración puedan disminuir las concentraciones de estos compuestos. El recurso de estos cauces no podrá ser destinado a uso doméstico o consumo humano.

✓ **Pesticidas organofosforados, pesticidas organoclorados (POC) y surfactantes**

Los plaguicidas organofosforados conforman un amplio grupo de compuesto de síntesis, de mayoría tóxicos y con propiedades insecticidas. Son compuestos altamente apolares (insolubles en agua), que tienen tendencia a disolverse en grasa, por lo que, pueden atravesar fácilmente la capa lipídica de la piel. La estabilidad de estas moléculas depende, en gran medida, del pH del medio circundante, por lo que, en pH alcalinos se descomponen fácilmente (Quinto, 1999).

Los POC son hidrocarburos clorados, cuya estructura comprende esqueletos de carbono e hidrógeno, unidos a átomos de cloro, ampliamente usados en la agricultura y control de insectos (Cardenas, Marquez, Guevara, & Rey, 2018). Los suelos aledaños a actividades agrícolas se caracterizan por ser un reservorio de POC, como consecuencia de su absorción por procesos de lixiviación o por deposición vía atmosférica. Una vez en el suelo, estos compuestos clorados se degradan químicamente o sufren transformación metabólica por acción de diferentes microorganismos, los metabolitos secundarios surgidos a partir de este proceso suelen ser más tóxicos que los precursores. Estos compuestos, al ingresar a la red trófica acuática, por su consumo por parte de los productores primarios, incrementan su nivel de toxicidad mediante la bioacumulación y biomagnificación, alterando la calidad del agua y la supervivencia de la biota (Sierra, y otros, 2019).

Los surfactantes son conocidos como tensoactivos, que modifican la relación entre dos superficies, alterando la tensión superficial entre las fases de contacto. Las principales funciones de estas sustancias son humedecer, dispersar y solubilizar, también favorecen e impiden la formación de espuma y dan brillo y afecta a ciertas propiedades reológicas.

➤ **Temporada Lluviosa**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,000047 mg/L y 0,000176 mg/L, respectivamente, en todos los puntos de agua superficial evaluados. Estos resultados permiten indicar que el recurso hídrico en estos puntos no está siendo afectado por este tipo de compuestos y, por lo tanto, no representan peligro para la supervivencia de la biota. En todos los puntos monitoreados, los resultados de los surfactantes se ubicaron por debajo del límite de cuantificación, <0,100 mg/L, exceptuando A_SUP_14, que registró una concentración de 1,34 mg/L, probablemente, proveniente de los riegos a los cultivos de maíz asentados en las zonas aledañas al punto.

➤ **Temporada Seca**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,00004 mg/L y 0,0004 mg/L, respectivamente, por lo que es posible afirmar que este tipo de compuestos no supone un riesgo para la supervivencia de la hidrobiota. Las concentraciones de surfactantes fueron indetectables, <0,500 mg/L, para la técnica empleada para el análisis de estas sustancias. Los cauces no están siendo objeto de contaminación por ningún tipo de sustancias con estos compuestos.

➤ **Multitemporal**

Estos parámetros se caracterizaron por presentar concentraciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica empleada en todos los sistemas hídricos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.

✓ **Metales**

Los metales, generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales y algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas. Se encuentran de forma natural en la corteza terrestre, producto de procesos geológicos y edafogenéticos.

Un grupo de estos metales se caracteriza por que no se degradan ni pueden ser destruidos, adicionalmente, estos elementos alcanzan concentraciones más altas, que las de otros metales, lo que les confiere propiedades bioacumulables. Al ingresar a la cadena trófica y magnificar su acumulación en tejidos y músculos, los metales pesados debilitan las defensas, generando lesiones graves en los seres vivos, e incluso la muerte. Los metales tóxicos de mayor importancia son el Mercurio (Hg), el Plomo (Pb), el Cadmio (Cd) y el Arsénico (As) (Raffo & Ruíz, 2014).

➤ **Temporada Lluviosa**

Los metales con límites establecidos en el decreto 1076 del 2015 como el aluminio, selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, cobalto, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, arsénico y plata reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis,

cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El manganeso reportó concentraciones de <0,0800 mg/L en todos los puntos, a excepción del sitio A_SUP_06, que registró una concentración de 0,111 mg/L, valor que no supera el límite de 0,2 mg/l instaurado en el Decreto 1076 del 2015 para uso agrícola, es decir que el agua de este sistema puede ser destinada para riego de frutas u hortalizas o actividades relacionadas. Este metal es uno de los más abundantes sobre la corteza terrestre y en el agua es posible encontrarlo con menos frecuencia y en cantidades inferiores a la del hierro (Valencia, 2006).

El Vanadio se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, siendo posible encontrarlo en vanaditas, descozita, partonita, rescoelita y carnotita, el carbón y otros combustibles fósiles. Es utilizado en la fabricación de acero, plástico, cerámica, caucho y otros productos químicos. Este elemento forma complejos con óxidos y el nitrógeno, siendo la forma pentavalente la más soluble y el agente primario para el transporte de este elemento en el medio acuoso. En agua dulce, las concentraciones varían mucho y son significativamente más altas que en el océano. Factores como la quema y procesamiento de petróleo rico en Vanadio, sin aplicar las medidas de mitigación necesarias, pueden liberar grandes cantidades de este elemento al ambiente, siendo las principales fuentes de contaminación el viento, los lodos residuales y vertimientos de origen industrial, especialmente los que contienen fertilizantes con contenido de Vanadio (Villacreces, 2013). Durante el monitoreo en los puntos de Línea Base, fueron detectadas concentraciones de vanadio inferiores al límite de detección de la técnica empleada (<0,0200 mg/L) en la mayoría de puntos, exceptuando A_SUP_09, cuyo registro para este metal pesado fue de 0,0217 mg/L y que no supera el límite del artículo 2.2.3.3.9.5 (0,10 mg/L), concerniente al uso agrícola del agua. La presencia de este metal en el punto puede estar relacionado con fuentes naturales del elemento en el lecho por el que discurre el cauce.

El Plomo reportó concentraciones entre indetectables (<0,00100 mg/L), en A_SUP_12; A_SUP_13 y A_SUP_14, y 0,039 mg/L. Los puntos de mayor concentración fueron A_SUP_01 (0,0127 mg/L) y A_SUP_04 (0,039 mg/L). Este metal se encuentra clasificado como muy tóxico y de fácil acceso, lo que causa efectos nocivos en la salud humana, en la flora y en la fauna (Arias & Marciales, 2003). A nivel internacional se ha establecido que, en aguas potables, las concentraciones de plomo deben ser "cero", esto, porque resulta tóxico, incluso a niveles bajos de exposición por ser persistente y bioacumularse en el cuerpo a través del tiempo (EPA.gov, 2021). Los niveles detectados en los puntos de línea base no superan los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 o los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que este recurso puede ser destinado a consumo humano, uso doméstico y agrícola.

El Boro es un componente ubicuo, que puede llegar a las aguas superficiales y subterráneas a través del intemperismo de rocas que contienen boro de aguas residuales, cargadas de productos de limpieza y residuos de industrias de pintura, textiles, curtidoras, electrónicas o de escorrentías de origen agrícola. Elevadas concentraciones de boro pueden ser tóxicas para las plantas y generar problemas sanitarios en poblaciones humanas, si son consumidas (Mancilla, Bautista, Ortega, & Ramírez, 2014). En los puntos de línea base, durante la temporada de lluvias, los registros de este elemento fueron indetectables (<0,010 mg/L), en A_SUP_04; A_SUP_05; A_SUP_06; A_SUP_07; A_SUP_08; A_SUP_11; A_SUP_12; A_SUP_13 y A_SUP_15 y 0,056 mg/L. Los puntos con los niveles más altos fueron A_SUP_03 (0,054 mg/L) y A_SUP_02 (0,056 mg/L). Sin embargo, ninguno de los puntos supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario.

El zinc reportó valores de 0,03 mg/L (A_SUP_01); 0,077 mg/L (A_SUP_08) y 0,057 mg/L (A_SUP_09), en el resto de puntos, las concentraciones se ubicaron por debajo del límite de cuantificación (<0,03 mg/L). En la reglamentación se presentan límites de 15,0 mg/l, en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4; de 2,0 mg/l en el 2.2.3.3.9.5 y de 25,0 mg/l en el 2.2.3.3.9.6, por lo que ningún punto de agua superficial supera el umbral y pueden ser destinados para uso doméstico, consumo humano, uso agrícola y pecuario. La presencia de este metal en las aguas superficiales evaluadas puede estar asociada, principalmente, con material en suspensión, como consecuencia de la destrucción o intervención de la vegetación nativa riparia que amortigua la llegada de estos materiales al recurso. Otras posibles fuentes de contaminación son las descargas de aguas residuales domésticas y la quema de basuras en las zonas aledañas que, por procesos de escorrentía, propios de la época lluviosa, llevan los residuos hasta los cauces (Hernández, Paternina, & Marrugo, 2020).

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,20 mg/L y <0,05 mg/L, respectivamente, así como también el platino (<0,010 mg/L), en todos los puntos evaluados. Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

➤ **Temporada Seca**

Con respecto a los resultados de los metales que se encuentran contemplados en el Decreto 1076 de 2015 como selenio, cromo total y hexavalente, cobre, bario, vanadio, zinc, cobalto, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, arsénico, manganeso y la plata reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El aluminio en exceso es altamente tóxico, especialmente para las plantas que ven afectado el crecimiento y la formación de las raíces laterales y secundarias, adicionalmente, puede integrarse a las redes tróficas y aumentar su potencial tóxico (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020). En el punto A_SUP_03, la concentración de este metal fue de 3,48 mg/L y no supera los 5,0 mg/L establecidos como límite en los artículos 2.2.3.3.9.5 (Uso agrícola) y 2.2.3.3.9.6 (Uso pecuario). La presencia de este metal puede tener origen en las actividades agrícolas y recreativas reportadas en las zonas aledañas al Caño Curimabe.

Los niveles detectados de plomo en A_SUP_03 (0,00690 mg/L); A_SUP_05 (0,00311 mg/L); A_SUP_09 (0,00122 mg/L); A_SUP_12 (0,00404 mg/L) y A_SUP_14 (0,00127 mg/L) no superan los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 o los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5. La presencia de este metal en estos puntos puede estar relacionada con las actividades agrícolas reportadas en A_SUP_03, aprovechamiento de material de arrastre en A_SUP_05, pecuarias en A_SUP_09, actividades de recreación y vertimientos en A_SUP_12 y el tránsito de maquinaria pesada y presencia de cultivos de maíz en A_SUP_14.

El Boro fue reportado en A_SUP_06 (0,129 mg/L), concentración que no supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario. En este punto se reportaron vertimientos provenientes de una granja porcícola, acumulación de basuras y actividades agrícolas que pueden ser fuentes emisoras de este metal.

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,500 mg/L y <0,0250 mg/L, respectivamente, en todos los puntos evaluados. Al igual que el platino, con concentraciones <0,500 Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

➤ **Multitemporal**

Las concentraciones de selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, cobalto, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, arsénico y plata se mantuvieron por debajo del límite de detección a lo largo de las dos temporadas de monitoreo y, por lo tanto, cumplieron los límites establecidos por el decreto normativo.

Para la época de lluvias se detectó presencia de manganeso en A_SUP_06, vanadio en A_SUP_09, plomo en la mayoría de puntos, exceptuando A_SUP_12; A_SUP_13 y A_SUP_14, boro en A_SUP_01; A_SUP_02; A_SUP_03; A_SUP_09 y A_SUP_14 y zinc en A_SUP_01; A_SUP_08; A_SUP_09. Los puntos con mayor presencia de metales fueron A_SUP_09 (vanadio, plomo, boro y zinc); A_SUP_01 (plomo, boro y zinc); A_SUP_06 (manganeso y plomo) y A_SUP_08 (zinc y plomo).

Para la época seca se reportó aluminio en A_SUP_03, plomo en A_SUP_03; A_SUP_05; A_SUP_09; A_SUP_12 y A_SUP_14, boro en A_SUP_06. En este orden de ideas, se tiene que, para esta época el punto A_SUP_03 registró presencia de aluminio y plomo. En términos generales, es posible indicar que, durante la época seca disminuyeron las concentraciones y la cantidad de estos elementos, reportadas para los sistemas hídricos de la Línea Base.

La presencia de metales pesados en el agua se encuentra relacionada con actividades mineras, combustión de combustibles fósiles, de crudo, gasoil excavaciones, las fuentes de tráfico vehicular, quema de basuras, agricultura, uso de fertilizantes, todas estas identificadas en la zona de estudio, esta situación trae como consecuencia el aumento en los niveles de contaminación de las aguas por metales pesados y el deterioro en su calidad. Altas concentraciones de los metales pesados alteran la fisiología y diferentes procesos bioquímicos en animales y humanos, produciendo diferentes patologías, con efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte. En los puntos con presencia de estos metales no se excedió el límite normativo en ninguno de los metales que fueron registrados.

✓ **Compuestos Orgánicos Volátiles BTEX**

Pertencen a un grupo de compuestos orgánicos volátiles de la familia de los hidrocarburos aromáticos que, a temperatura ambiente se encuentran en forma de vapor y son insolubles en agua, pero altamente solubles en otras sustancias. Este tipo de sustancias pueden tener orígenes artificiales o naturales, como incendios forestales o emisiones volcánicas. La combustión de hidrocarburos es una importante fuente de emisión de este tipo de compuestos. El humo de tabaco es la principal fuente de contaminación por benceno en los ambientes destinados para fumadores (Lacasaña, González, Rodríguez, & Daponte, 2008).

➤ **Temporada Lluviosa**

Para estos compuestos, que integran las mediciones de benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, las concentraciones se ubicaron por debajo de los 0,005 mg/L, límite de la técnica de detección empelada por el laboratorio, en la totalidad de los puntos evaluados en la Línea Base, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de desarrollo del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias, cuya fuente principal son las emisiones generadas a partir de la combustión de hidrocarburos.

➤ **Temporada Seca**

Las sustancias, benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, que conforman la medición de los compuestos orgánicos volátiles BTEX, reportaron concentraciones <0,0100 mg/L en la totalidad de puntos valorados. Estos resultados permiten afirmar que las fuentes agrupadas en

Línea Base no están siendo afectadas por actividades relacionadas con la combustión de hidrocarburos.

➤ **Multitemporal**

El comportamiento de este parámetro no presenta variaciones significativas a lo largo de la época de monitoreo, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de influencia del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias.

✓ **Hierro y Color**

Las concentraciones de **hierro** obedecen al tipo de suelo de la zona y son aportadas a los cuerpos de agua por lixiviación y posibles vertimientos de componentes de origen industrial. Altas concentraciones en este parámetro provocan cambios en el sabor, turbiedad y color del agua, así como obstrucciones en redes de distribución. Por lo cual se recomienda realizar un proceso específico con fines de disminuir las concentraciones de dicho parámetro, si se desea emplear el recurso con fines agrícolas.

Independiente de un sabor desagradable que puede percibirse a partir de 0,05 mg/L, el hierro desarrolla en el agua una turbidez rojiza poco atractiva para el consumidor. Los límites adoptados en las reglamentaciones se han dispuesto para atenuar los inconvenientes domésticos y no para evitar accidentes tóxicos, pudiéndose beber sin peligro las aguas ferruginosas que contienen más de 5 mg/L. Para el agua destinada al consumo humano, debido a los riesgos de manchas en los aparatos sanitarios, la OMS recomienda un valor de referencia de 0,3 mg/L. En realidad, si se quiere evitar todos los inconvenientes (gusto, color, precipitado, manchas sobre la ropa), el agua de distribución no debería tener un contenido de hierro superior a 0,05 mg/L (Rodier, Análisis del Agua, 2009). El color está relacionado con las partículas suspendidas en la columna del agua y su interacción con la luz. El color puede verse afectado por factores físicos, químicos y biológicos. Por ejemplo, las aguas que registran altos contenidos de fitoplancton adquieren coloraciones verdes o se tornan achocolatadas cuando contienen material vegetal en descomposición (Montoya, 2018).

➤ **Temporada Lluviosa**

Para el hierro se registraron concentraciones entre indetectables (<0,100 mg/L), en A_SUP_03 y A_SUP_11 y los 0,934 mg/L. Los niveles más altos se registraron en A_SUP_13 (0,666 mg/L) y A_SUP_09 (0,934 mg/L), puntos en los que se determinó transporte de sedimentos por lluvias, paso animal, recepción de tributarios y maquinaria amarilla extrayendo material, factores que alteran la composición química del agua. Los niveles de hierro detectados en estas aguas superan los 0,05 mg/L recomendados para evitar problemas de gusto, color, precipitado y manchas sobre la ropa (Rodier, Análisis del Agua, 2009), sin embargo, en ningún punto se superan los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que es recurso contenido en estos cauces puede ser empleado en actividades relacionadas con la agricultura.

Los valores para el color se ubicaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada (<5,00 UPC), en la mayoría de puntos. Los puntos en los que se obtuvo registro de color fueron A_SUP_14 (6,3 UPC); A_SUP_09 (8,2 UPC); A_SUP_11 (14,4 UPC) y A_SUP_07 (20,1 UPC). La comparación con la norma indica que A_SUP_07 supera el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (20 UPC), en lo referente a los criterios de calidad para consumo humano y uso doméstico, por lo que el recurso deberá someterse a proceso de desinfección previo a destinarlo a estos usos. Sin embargo, todos los puntos se encuentran por debajo de los 70 UPC dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso de los cauces de Línea Base es apto para uso agrícola (**Figura 3.2.5-14**).

➤ Temporada Seca

Los niveles reportados de hierro para las aguas de los cauces de Línea Base, oscilaron entre los 0,28 mg/L y los 4,26 mg/L. Las concentraciones más altas fueron para los puntos A_SUP_01 (2,53 mg/L) y A_SUP_06 (4,26 mg/L). En el primero de los puntos, el agua estaba estancada y presentaba tonalidad café, se reportó la presencia de una presa inconclusa y el paso frecuente de vehículos que transportan frutas, el cauce también se encuentra bajo los efectos de cultivos y asentamientos humanos. Por su parte, en A_SUP_06, se reporta agua tonalidad café, vertimientos provenientes de una granja porcícola y acumulación de basuras. Todos los registros superan los 0,05 mg/L recomendados por Rodier (2009), para evitar inconvenientes relacionados con el gusto, color, precipitados y manchas sobre la ropa, sin embargo, ningún punto se superan los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que es recurso contenido en estos cauces puede ser empleado en actividades relacionadas con la agricultura.

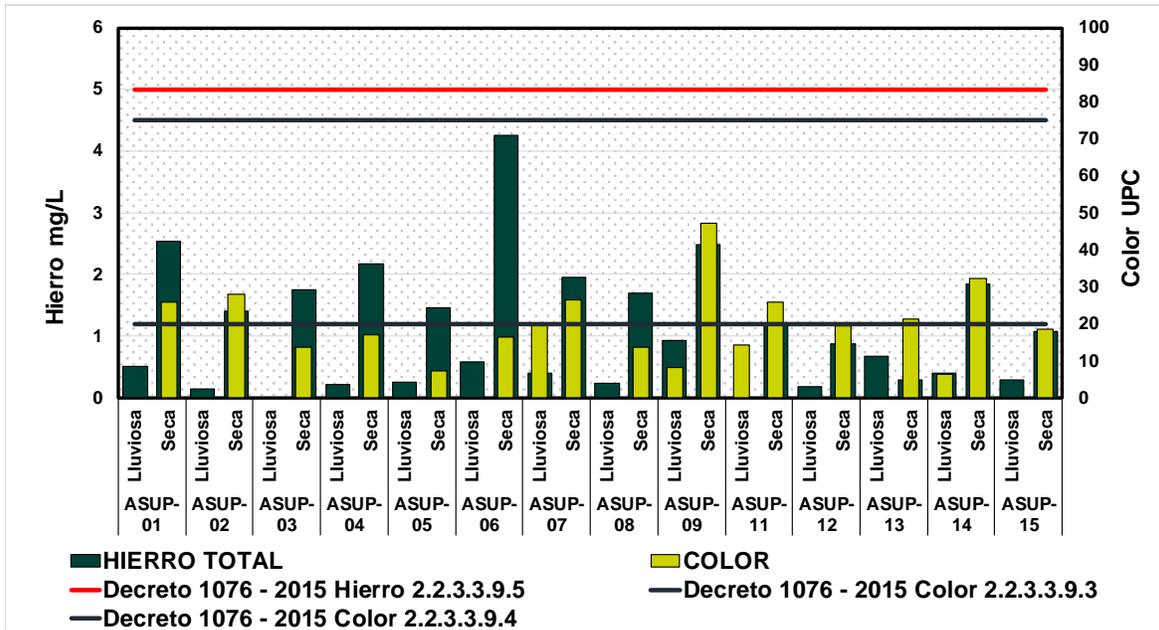
El Color varió entre los 7,14 UPC y 47,10 UPC. Los reportes más altos fueron registrados en A_SUP_01 (25,7 UPC); A_SUP_02 (27,9 UPC); A_SUP_07 (26,4 UPC); A_SUP_09 (47,1 UPC); A_SUP_11 (25,7 UPC); A_SUP_13 (21,4 UPC) y A_SUP_14 (32,1 UPC), niveles que superan el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (20 UPC), en lo referente a los criterios de calidad para consumo humano y uso doméstico, por lo que el recurso deberá someterse a proceso de desinfección previo a destinarlo a estos usos. Sin embargo, todos los puntos se encuentran por debajo de los 70 UPC dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso de los cauces de Línea Base es apto para uso agrícola (**Figura 3.2.5-14**).

➤ Multitemporal

El hierro reportó un promedio de 0,40 mg/l en época de lluvias y de 1,78 mg/L en época seca, mostrando un incremento para la última temporada evaluada. La presencia de este elemento en las aguas de estos cauces puede estar relacionada con el contacto del agua con los minerales presentes en las rocas y el suelo de sus lechos y a efectos antropogénicos, como los vertimientos provenientes de criaderos de cerdos o la acumulación de basuras observados en algunos puntos y, a pesar de que las concentraciones reportadas, no conllevan a efectos perjudiciales sobre la salud, si generan detrimento de la estética del recurso que puede provocar rechazo por parte del usuario final. El incremento de las concentraciones observado para la época seca se encuentra relacionado con que las actividades antropogénicas, que afectan los ecosistemas, como los vertimientos, acumulación de basuras, tráfico vehicular, entre otras (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**), mantienen su presión sobre los cauces, que durante esta temporada disminuyen el caudal y pierden capacidad de diluir las cargas contaminantes que reciben.

El Color, por su parte, pasó de un promedio de 3,5 UPC, durante las lluvias, a uno de 22,29 UPC, en temporada seca, lo que evidencia un incremento en este parámetro asociado a las afectaciones de origen antrópico, ya descritas en el párrafo anterior y que aumentan la cantidad de materia orgánica, de origen animal y vegetal, en proceso de descomposición.

Figura 3.2.5-14 Hierro y Color en Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Macronutrientes**

El calcio es uno de los cationes más abundantes en las aguas superficiales, se disuelve fácilmente de rocas que lo contienen en forma de dolomita y calcita. La concentración dependerá de la cercanía de las fuentes con respecto a los sistemas hídricos. Las concentraciones elevadas de este elemento no resultan tóxicas para los organismos acuáticos, sino más bien pueden ser coadyuvantes en la reducción de la toxicidad de algunos elementos para los peces (Beita & Barahona, 2011). El magnesio, junto con el calcio, define la dureza de las aguas. La fuente natural de este elemento son los minerales ferromagnésicos y rocas con contenido de carbonatos, siendo mínimo el aporte que hacen las aguas residuales al respecto (Beita & Barahona, 2011). La concentración de sodio en las aguas naturales depende de las condiciones geológicas de la zona y de las descargas de aguas residuales. Altas cargas de sodio pueden provocar efectos adversos sobre la productividad de cultivos y en la dinámica química de los suelos (Beita W. , 2008). La concentración de potasio en las aguas puede verse afectada por deposiciones atmosféricas, escorrentía agrícola y la influencia de drenajes de irrigación (Beita W. , 2008).

➤ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones registradas para el calcio oscilaron entre los 0,176 mg/L y los 12,5 mg/L. Los puntos con los niveles más altos fueron A_SUP_12 (6,02 mg/L) y A_SUP_05 (12,5 mg/L). Para el potasio, los registros fueron indetectables, <0,05 mg/L, en A_SUP_01; A_SUP_02; A_SUP_03 y A_SUP_04. En los otros puntos oscilaron entre 0,113 mg/L y 0,528, con las concentraciones más altas en A_SUP_11 (0,401 mg/L) y A_SUP_15 (0,528 mg/L). El sodio registró niveles que estuvieron dentro del rango de indetectables, <0,05 mg/L, en A_SUP_01; A_SUP_02; A_SUP_03 y A_SUP_04 y los 2,67 mg/L. los cauces con los valores más altos de sodio fueron A_SUP_15 (2,44 mg/L) y A_SUP_05 (2,67 mg/L). Por último, el magnesio, tuvo reportes entro los 0,218 mg/L y 2,17 mg/L, dentro de los cuales, A_SUP_12 (2,16 mg/L) y A_SUP_05 (2,17 mg/L) se consolidaron como las fuentes con mayores niveles de este elemento (Figura 3.2.5-15).

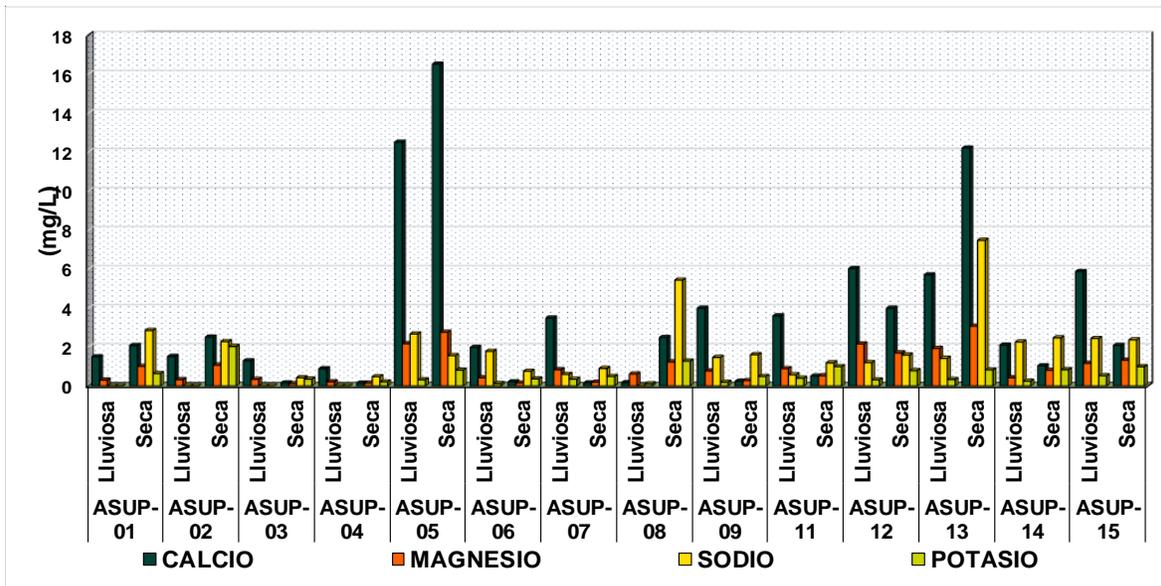
➤ **Temporada Seca**

Los niveles de calcio oscilaron entre 0,16 mg/L y 16,50 mg/L, con A_SUP_13 (12,2 mg/L) y A_SUP_05 (16,50 mg/L) como los puntos con mayor concentración. El potasio reportó niveles que variaron entre los 0,21 mg/L y los 2,03 mg/L, con A_SUP_08 (1,28 mg/L) y A_SUP_02 (2,03 mg/L) con los mayores reportes. Con respecto al sodio, los valores detectados se ubicaron dentro del rango de los 0,43 mg/L y 7,47 mg/L y A_SUP_08 (5,43 mg/L) y A_SUP_13 (7,47 mg/L) fueron los puntos con más alto contenido de este nutriente. Por último, el magnesio, con concentraciones entre los 0,12 mg/L y 3,07 mg/L, tuvo sus niveles más altos en A-SUP-05 (2,76 mg/L) y A_SUP_13 (3,07 mg/L). A_SUP_13 fue el punto que concentró los niveles más altos de calcio, sodio y magnesio (**Figura 3.2.5-15**). En este punto convergen las descargas de dos tributarios del río Guatiquía. También se realizan actividades de aprovechamiento de material de arrastre y hay presencia de asentamientos humanos, situaciones que tienen inferencia directa en la concentración de estos elementos.

➤ **Multitemporal**

Los promedios en temporada lluviosa para el calcio, potasio, sodio y magnesio fueron, respectivamente de 3,61 mg/L, 0,29 mg/L, 1,60 mg/L y 0,90 mg/L, respectivamente, mientras que, para la temporada seca, estos mismos valores fueron de 3,17 mg Ca/L, 0,80 mg K/L, 2,24 mg Na/L y 1,03 mg Mg/L. El comportamiento indica una tendencia al alza durante la temporada seca. La variabilidad observada en este ion puede obedecer a los vertidos domésticos y a los aportes que hacen las diferentes actividades reportadas en las zonas aledañas a los cauces que, en temporada seca se amplifican, como consecuencia de la disminución en los caudales **Figura 3.2.5-15**.

Figura 3.2.5-15 Macronutrientes en Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Cianuro**

Es un gas incoloro o en forma de cristal, potencialmente letal. Su llegada a los cuerpos de agua superficial está asociada a procesos de lixiviación producto de actividades mineras (separación de metales) y genera perjuicios en la salud y en el ambiente (Raffo & Ruíz, 2014).

➤ **Temporada Lluviosa**

Los niveles de cianuro en los puntos de Línea Base se ubicaron por debajo del límite de detección (<0,10 mg/L), en la totalidad de cauces evaluados, por lo que se infiere que, a los cuerpos de agua evaluados, no están llegando descargas que contengan este compuesto y el recurso puede ser destinado a actividades domésticas y consumo humano, previo tratamiento convencional y de desinfección.

➤ **Temporada Seca**

Las concentraciones de cianuro, reportadas para la época seca, fueron inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada (<0,0100 mg/L) en la totalidad de los puntos y, al no superar los 0,2 mg/L dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, referentes a la destinación del recurso para uso doméstico y consumo humano, el recurso de estos afluentes no representa riesgo para su uso en este tipo de actividades.

➤ **Multitemporal**

A lo largo del tiempo en el que fueron monitoreadas las aguas de la línea base del Área de Desarrollo llanos 141, no fueron detectadas variaciones en las concentraciones de Cianuro, a pesar de la diferencia en el límite de cuantificación de las técnicas empleadas en las diferentes épocas climáticas. Ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L estipulado como límite permisible máximo para este parámetro, por lo que se descartan afectaciones a los ecosistemas acuáticos y se establece que, con respecto al cianuro, el recurso cumple con la normativa y puede ser usado a nivel doméstico y para consumo humano.

✓ **Fluoruros**

Los fluoruros llegan a las aguas por procesos de disolución posteriores a la percolación del agua por los suelos, las concentraciones de este ion pueden aumentar en presencia de otros elementos como el cesio, litio, color, y bromo. Este es un parámetro determinante en la calidad del agua al ser considerado como potencialmente dañino para la salud humana, puesto que la exposición a cantidades mayores a 1 ppm puede desencadenar falla renal, cáncer, afectación del desarrollo cerebral, disminución de coeficiente intelectual en escolares y fluorosis dental y esquelética (Galicia, Molina, Oropeza, Gaona, & Juárez, 2011).

➤ **Temporada Lluviosa**

Los valores detectados en los puntos de Línea Base del área de desarrollo del proyecto, fueron <0,66 mg/L en la totalidad de cuerpos de agua evaluados, por lo que se estima que las aguas no contienen concentraciones de fluoruros que puedan ser perjudiciales para los usos del recurso detectados para la zona de estudio.

➤ **Temporada Seca**

Los fluoruros se ubicaron por debajo de los límites de detección, <0,1 mg/L, en todos los cauces evaluados para la Línea Base, por lo que se concluye que este tipo de compuestos no están causando afectaciones sobre el recurso.

➤ **Multitemporal**

Las concentraciones de fluoruros no variaron entre temporada y temporada, por lo que el aumento o disminución del caudal no estaría interfiriendo en el comportamiento de estos compuestos. Al ser

indetectables durante las dos temporadas, es posible afirmar que las aguas de estos cauces no superan el 1,00 ppm establecidas por la normativa como concentración máxima y que, por lo tanto, su uso y consumo no generarían afectaciones en la salud humana.

✓ **Coliformes fecales y Coliformes totales**

Los coliformes son un grupo de microorganismos que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en organismos indicadores en los cuerpos de agua. Estos microorganismos habitan comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente. La presencia de coliformes en las aguas se encuentra asociada a la contaminación por aguas negras o desechos en procesos activos de descomposición. (Larrea, Rojas, Romeu, Rojas, & Heydrich, 2013)

➤ **Temporada Lluviosa**

Para los cauces categorizados como de Línea Base, los niveles de coliformes termotolerantes o fecales tuvieron límites mínimos indetectable (<1,0 NMP/100mL) y máximos de 364 NP/100mL. Los puntos con los mayores niveles fueron A_SUP_06 (301 NMP/100mL) y A_SUP_12 (364 NMP/100mL), lo que indica que la totalidad de los puntos se ubica dentro del umbral de 1000NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que estas aguas son aptas para su uso agrícola. Situación que se replica, respecto al artículo 2.2.3.3.9.3, con un límite estipulado de 2000 NMP/100mL, dando cumplimiento, por lo que el recurso de estos sistemas puede ser destinado para consumo humano o uso doméstico. El punto ASUP_08 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

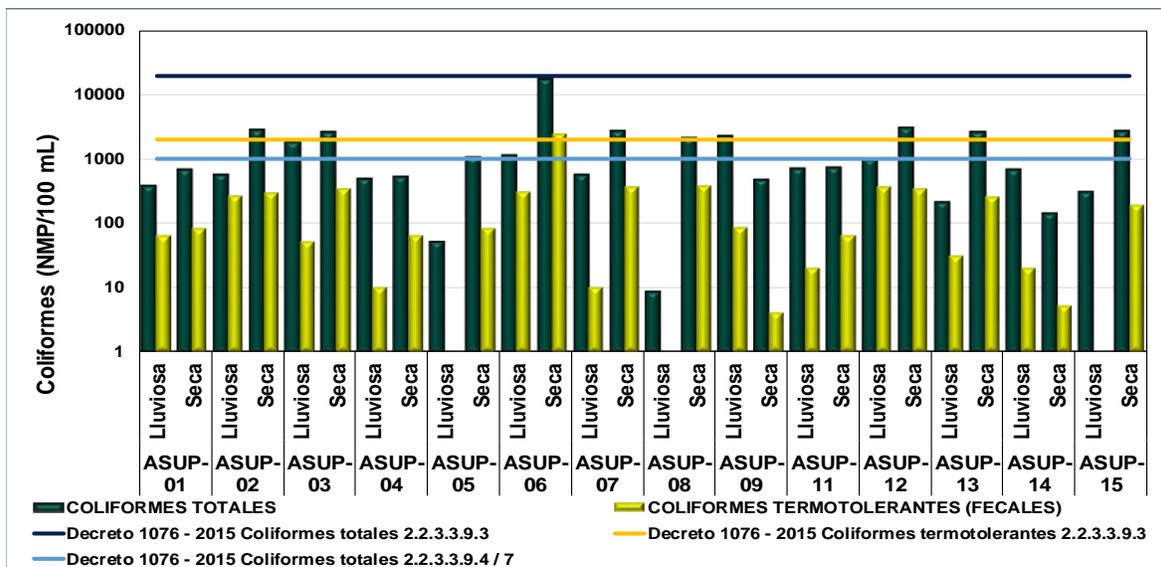
Con respecto a los coliformes totales, los registros viraron entre los 9 NMP/100mL y los 2282 NMP/100mL, detectando las concentraciones más altas en A_SUP_03 (1829 NMP/100 mL) y A_SUP_09 (2282 NMP/100mL). La comparación con la normatividad indica que A_SUP_03 (1829 NMP/100mL), ASUP06 (1145 NMP/100mL) y ASUP09 (2282 NMP/100mL) superan los límites de 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4 por lo que estas aguas no pueden destinarse a consumo humano o uso doméstico sin previa desinfección (**Figura 3.2.5-16**). Todos los puntos dan cumplimiento al límite de 5000 NMP/100ml del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso puede ser destinado para uso agrícola. Los niveles de coliformes totales detectados en A_SUP_03, A_SUP_06 y A_SUP_09 se encuentran asociados a la presencia de ganado en la zona y a los vertimientos provenientes de una granja porcícola, detectada en inmediaciones al punto A_SUP_06. El punto ASUP_08 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

➤ **Temporada Seca**

Los niveles de coliformes fecales oscilaron entre los 4,10 NMP/100mL y 2380,0 NMP/100mL, siendo A-SUP_08 (381 NMP/100mL) y A_SUP_06 (2380,0 NMP/100mL) lo puntos con las mayores concentraciones de estos microorganismos, asociadas a la presencia de materia orgánica en estos puntos y a los vertimientos que recibe A_SUP_06, provenientes del criadero de cerdos. Los niveles de fecales detectados en el último punto superan los límites de 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5 y de 2000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.3, lo que indica que el recurso de A_SUP_06 no puede ser destinado a usos agrícolas, domésticos o consumo humano. El punto ASUP_08 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

Con respecto a las concentraciones de coliformes totales, se tuvieron niveles entre los 147,0 NMP/100mL y 17250,0 NMP/100mL, donde A_SUP_12 (3076 NMP/100mL) y A_SUP_06 (17250,0 NMP/100mL) fueron los puntos de más alta presencia de estos organismos. En el primero de los puntos se reportan actividades turísticas y un paso, en concreto, a nivel del agua, la presencia de animales de ganado. Tanto A_SUP-12, como A_SUP_06 son objeto de vertimientos por parte de criaderos de cerdos asentados en las zonas aledañas (**Tabla 3.2.5-11**). La comparación con la normativa ambiental vigente indica que las aguas de A_SUP_02 (2851,0 NMP/100mL), A_SUP_03 (2595,0 NMP/100mL); A_SUP_05 (1046 NMP/100mL); A_SUP_06 (17250,0 NMP/100mL), A_SUP_07 (2755,0 NMP/100mL); A_SUP_08 (2105,0 NMP/100mL); A_SUP_12 (3076,0 NMP/100mL); A_SUP_13 (2613,0 NMP/100mL) y A_SUP_15 (2723,0 NMP/100mL) superan los 1000NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4 y que todos, exceptuando A_SUP_06, puntos se encuentran por debajo de los 5000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.5, por lo que, los puntos del primer grupo no pueden ser destinados al uso doméstico o consumo humano y que el recurso de A_SUP_06 no puede ser usado en actividades de riego, lavado de frutas y otras relacionadas con la agricultura (**Figura 3.2.5-16**). El punto ASUP_08 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

Figura 3.2.5-16 Coliformes fecales y totales en Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Multitemporal**

Los promedios para coliformes fecales y totales para la temporada de lluvias fueron de 110,63 NMP/100mL y 732,64 NMP/100mL, respectivamente. Para la época seca, los promedios para estos mismos parámetros, fueron de 344,32 NMP/100mL y 2828,27 NMP/100mL. Resultados que muestran un notable ascenso en la concentración de estos microorganismos durante la temporada seca, aunado a que el descenso en los caudales incrementa la concentración de estos microorganismos, especialmente en las zonas influenciadas por asentamientos humanos domésticos e industriales que son las responsables de la llegada de descargas con alto contenido de materia orgánica a los cuerpos fluviales, traducida en la adición de microorganismos alóctonos. En este aparte se hace especial referencia a los puntos con las concentraciones más elevadas, Caño Carnicerías (A_SUP_06) y Caño La Raya (A_SUP_12), cuyo contenido de coliformes se encuentra directamente asociado a las descargas que reciben de los criaderos de cerdos ubicados en las zonas aledañas. Este fenómeno es consecuencia directa del manejo inadecuado de los desechos líquidos

y sólidos que tienen un impacto negativo a nivel ambiental, económico y social (Ramos, Vidal, Vilardy, & Saavedra, 2008).

3.2.5.1.1.4 Índices de Calidad y Contaminación de Aguas Línea Base

Los ecosistemas de agua dulce prestan servicios ecosistémicos únicos a la naturaleza y a la humanidad. La cantidad y calidad de este recurso tiene repercusiones directas sobre diferentes procesos biogeoquímicos y la dinámica ecológica que sostiene los regímenes hidro-climáticos globales, soporta la producción energética y alimentaria, la disposición de residuos, el transporte y la recreación. La actividad humana es la principal amenaza de los sistemas hídricos de agua dulce, traducida en alteración de los hábitats, contaminación de las aguas, sobrepesca, introducción de especies exóticas, desviación de los cauces, expansión de los límites agrícolas y urbanos cambio climático, incremento en el nivel del mar y alteración de los regímenes de precipitación, así mismo, ha alterado el flujo y la distribución de las aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas, superando la tasa de resiliencia de todos los ecosistemas asociados a este recurso (Albert, y otros, 2020).

➤ Índice de Calidad de Aguas Superficiales

✓ Temporada Lluviosa

En la **Tabla 3.2.5-41** se presenta la asignación de los valores del ICA para las corrientes evaluadas. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.5** Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables).

Tabla 3.2.5-41 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Línea Base. Temporada Lluviosa

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua
A_SUP_01	0,73	Aceptable
A_SUP_02	0,79	
A_SUP_03	0,91	Buena
A_SUP_04	0,86	Aceptable
A_SUP_05	0,83	
A_SUP_06	0,65	Regular
A_SUP_07	0,88	Aceptable
A_SUP_08	0,76	
A_SUP_09	0,87	
A_SUP_11	0,81	
A_SUP_12	0,81	
A_SUP_13	0,92	Buena
A_SUP_14	0,90	
A_SUP_15	0,78	Aceptable

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Los puntos de Línea Base reportaron *Calidad Regular* en A_SUP_06, como consecuencia de la actividad ganadera y los vertimientos provenientes de una granja porcícola (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Ver Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**), que generaron niveles altos de coliformes y bajos niveles de oxígeno. *Calidad Aceptable* en A_SUP_01, ASUP02, A_SUP_04; A_SUP_05, A_SUP_07, A_SUP_08, A_SUP_09, A_SUP_11, A_SUP_12 y A_SUP_15. *Calidad Buena* en A_SUP_03; A_SUP_13 y A_SUP_14 (**Figura 3.2.5-17**). En estos puntos, los pH estuvieron entre 5,5 Unidades y 6,91 Unidades; los niveles de oxígeno se ubicaron entre 6,5mg/L y 7,5mg/L, los sólidos suspendidos entre

7 mg/L y 15 mg/L, niveles indetectables de nitrógeno y niveles muy bajos de fósforo (Tabla 3.2.5-39).

✓ **Temporada Seca**

En la **Tabla 3.2.5-42** se presenta la asignación de los valores del ICA para las corrientes evaluadas. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.9** Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables).

Tabla 3.2.5-42 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Línea Base. Temporada Seca

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua	
A_SUP_01	0,73	Aceptable	
A_SUP_02	0,68	Regular	
A_SUP_03	0,89	Aceptable	
A_SUP_04	0,63	Regular	
A_SUP_05	0,77	Aceptable	
A_SUP_06	0,71		
A_SUP_07	0,87		
A_SUP_08	0,79		
A_SUP_09	0,79		
A_SUP_11	0,89		
A_SUP_12	0,79		
A_SUP_13	0,73		
A_SUP_14	0,94		Buena
A_SUP_15	0,77		Aceptable

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

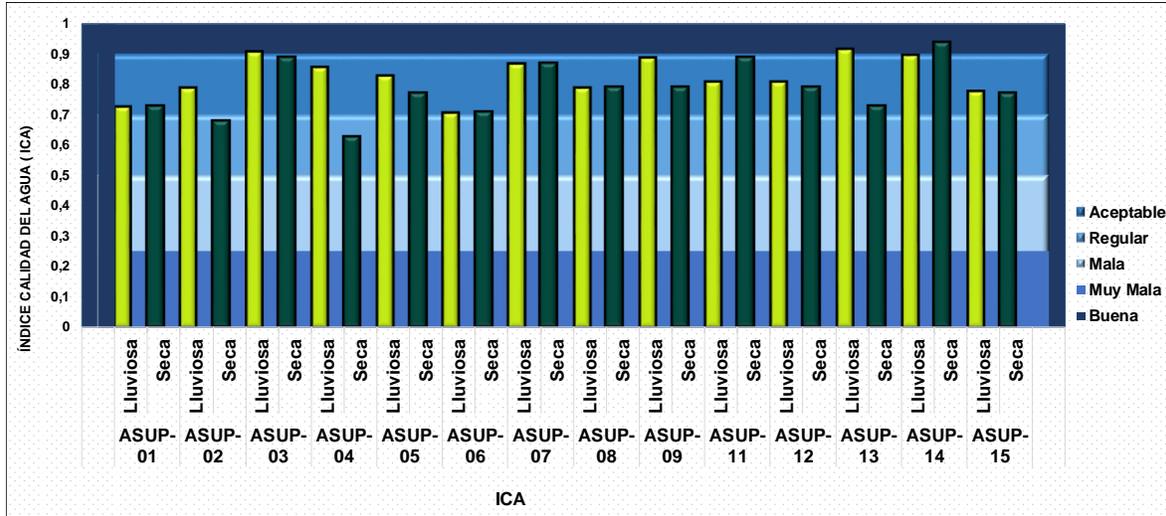
En la época seca, la mayoría de los puntos calificaron como sistemas hídricos de *Calidad Aceptable*, A-SUP_01; A_SUP-03; A_SUP_05; A_SUP_06; A_SUP_07; A_SUP_08; A_SUP_09; A_SUP_11; A_SUP_12; A_SUP_13 y A_SUP_15. A_SUP_14 fueron valorados como de *Calidad Buena*. En contraste, los puntos A_SUP_02 y A_SUP_04, se clasificaron con *Calidad Regular* (**Figura 3.2.5-17**), adjudicado, principalmente a los bajos caudales, 169,050 L/s en A_SUP_02 y agua estancada en A_SUP_04. Este último punto fue el del ICA más BAJO y marcó una concentración de oxígeno disuelto de 3,16 mg/L, ubicado por debajo del límite mínimo de 4,0 mg/L establecido para el mantenimiento de la fauna y flora del artículo 2.2.3.3.9.10.

✓ **Multitemporal**

Los puntos A_SUP_01, A_SUP_05, A_SUP-07; A_SUP_08; A_SUP_09; A_SUP_11; A_SUP_12; A_SUP_15 se mantuvieron en categoría *Aceptable*. El punto A_SUP_14 tuvo agua de *Buena Calidad* durante las dos épocas. Por su parte A_SUP_06 fue el único punto que mejoró en calidad, pasando de regular a *calidad Aceptable*. Los puntos que reportaron disminución en la calidad del recurso fueron A_SUP_03 y A_SUP_13 que pasaron de calidad buena a *Calidad Aceptable* y A_SUP_02, A_SUP_04 que fueron los puntos de más cambio, al pasar de calidad aceptable a *Calidad Regular*.

En conclusión, es posible indicar que cuatro sistemas hídricos marcaron un detrimento en la calidad de su recurso en la temporada seca, con respecto a la de lluvias. Este comportamiento se vio reflejado en los promedios del ICA, que para lluvias fue de 0,82 y decayó a los 0,78, durante la temporada seca. La variación en la calidad del recurso contenido en estos sistemas estuvo caracterizada principalmente por las disminuciones en las cantidades de oxígeno disponible y el incremento en los niveles de sólidos, todo relacionado con las descargas de materiales, lixiviados y agentes patógenos y contaminantes en los cauces que se siguen generando y cuyos efectos se incrementan al verse disminuidos los cauces.

Figura 3.2.5-17 Índice de Calidad –ICA. Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Índices de Contaminación (ICO's)

✓ Temporada Lluviosa

El comportamiento de los índices de contaminación se presenta en la **Figura 3.2.5-18**. La **Tabla 3.2.5-43** indica que A_SUP_01; A_SUP_02; A_SUP_03 y A_SUP_06 fueron los puntos que reportaron contaminación por materia orgánica *Baja*, asociada al paso animal y pastoreo que se reportan en A_SUP_01 y A_SUP_03; lluvias en las horas previas al monitoreo que pueden funcionar como vehículos de materia orgánica en A_SUP_02 y la descarga de vertimientos provenientes de una granja porcícola y acumulación de basuras que se registraron en A_SUP_06 (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). En los puntos restantes la contaminación por presencia de materia orgánica fue *Muy baja*.

Tabla 3.2.5-43 Índice de Contaminación-ICO's. Línea Base. Temporada Lluviosa

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
A_SUP_01	0,24	0,01	0,00	0,05
A_SUP_02	0,27	0,01	0,02	0,06
A_SUP_03	0,26	0,01	0,00	0,05
A_SUP_04	0,13	0,00	0,00	0,21
A_SUP_05	0,16	0,14	0,07	0,10
A_SUP_06	0,32	0,00	0,00	0,07
A_SUP_07	0,17	0,01	0,02	0,05
A_SUP_08	0,13	0,04	0,00	0,11
A_SUP_09	0,30	0,04	0,03	0,08
A_SUP_11	0,19	0,01	0,02	0,05
A_SUP_12	0,20	0,06	0,00	0,05
A_SUP_13	0,10	0,04	0,03	0,05
A_SUP_14	0,19	0,03	0,01	0,11
A_SUP_15	0,12	0,03	0,00	0,14

Colores Indicativos para ICOMO, ICOMI e ICOSUS: Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Los índices de contaminación por mineralización marcaron en niveles muy bajos en todos los puntos de línea Base, siendo posible indicar que los cationes y aniones que determinan la dureza, alcalinidad y conductividad de estas aguas no generan afectación a estos ecosistemas. El ICOSUS, registró niveles muy bajos de contaminación en los catorce puntos de monitoreo evaluados acorde con los niveles reportados para este tipo de sólidos durante el monitoreo realizado durante la época de lluvias. Por último, el ICOTRO permite indicar que todos los sistemas acuáticos evaluados se encuentran en estado eutrófico, al contar con valores >0,02. De manera general, se tiene que los cuerpos de agua de la Línea Base registran bajos y muy bajos niveles de contaminación por presencia de materia orgánica, mineralización o sólidos suspendidos, es decir, que se pueden descartar afectaciones relacionadas con estos aspectos.

✓ **Temporada Seca**

Los valores de los índices ICO se presentan en la **Tabla 3.2.5-44**. En seis de los puntos evaluados se reportó una *Contaminación Muy baja* por presencia de materia orgánica. En A_SUP_01, A_SUP_09 (0,20); A_SUP_04 (0,35) y A_SUP_15 (0,33) la calificación fue *Contaminación baja* y en A_SUP_03, A_SUP_05, A_SUP_13 (0,48) y A_SUP_06 (0,55) la presencia de materia orgánica confirió *Contaminación media* a estos puntos. En estos puntos se registraron actividades recreativas, de ganadería y de agricultura, adicionalmente, en A_SUP_06 se reportaron vertimientos de un criadero de cerdos y en A_SUP_13 asentamientos humanos, actividades ligadas, de manera directa, a la llegada de materia orgánica a estos cauces.

Tabla 3.2.5-44 Índice de Contaminación-ICO's. Línea Base. Temporada Seca

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
A_SUP_01	0,20	0,04	0,01	0,07
A_SUP_02	0,15	0,03	0,01	0,07
A_SUP_03	0,48	0,01	0,01	0,07
A_SUP_04	0,35	0,00	0,01	0,07
A_SUP_05	0,48	0,11	0,01	0,07
A_SUP_06	0,55	0,02	0,02	0,09
A_SUP_07	0,16	0,01	0,01	0,07
A_SUP_08	0,15	0,06	0,01	0,08
A_SUP_09	0,20	0,00	0,01	0,07
A_SUP_11	0,17	0,01	0,01	0,07
A_SUP_12	0,17	0,06	0,01	0,07
A_SUP_13	0,48	0,18	0,01	0,07
A_SUP_14	0,15	0,01	0,01	0,07
A_SUP_15	0,33	0,00	0,01	0,09

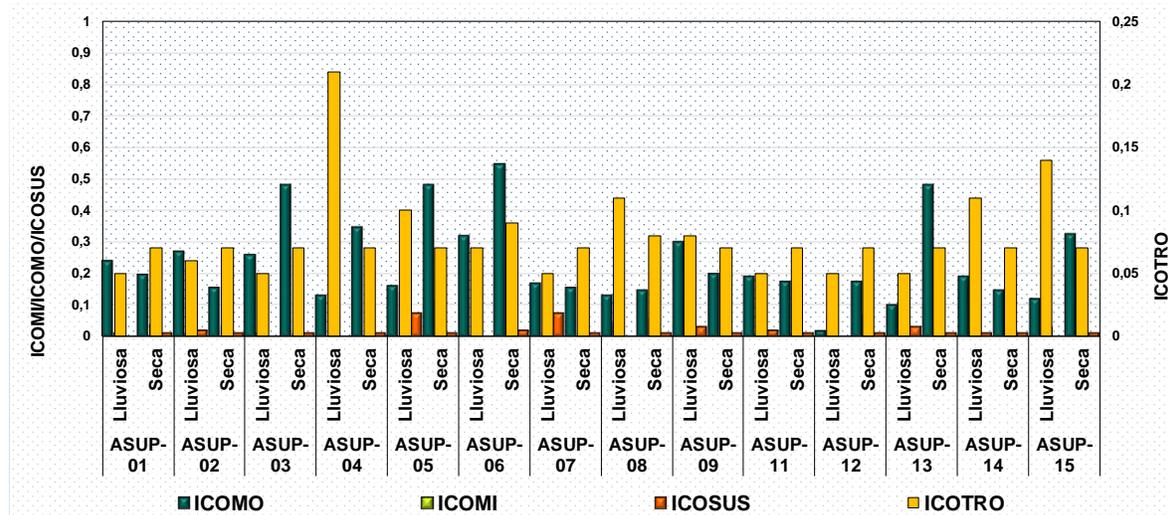
Colores Indicativos para ICOMO, ICOMI e ICOSUS: Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

El ICOMI ajustó en niveles de Contaminación muy baja por mineralización, con límites de 0,0 y 0,18, por lo que es posible indicar que los cationes y aniones que determinan la dureza, alcalinidad y conductividad de estas aguas no generan afectación a estos ecosistemas, reportando una contaminación muy baja en todos los cauces evaluados. El ICOSUS, con 0,02 en A_SUP_06 y 0,01 en los demás puntos, fija la contaminación por sólidos suspendidos en niveles Muy bajos, acorde con los indetectables obtenidos, en todos los puntos, para este parámetro (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.1 Reporte de Resultados Físicoquímicos**). Por último, el ICOTRO, relacionado con las concentraciones de fósforo, registró valores de 0,07 en la mayoría de los puntos, exceptuando A_SUP_06 y A_SUP_15, con 0,09 en el índice, lo que los califica como sistemas hídricos *Eutróficos* al contar con valores mayores a 0,02 y menores de 1.

✓ **Multitemporal**

La **Figura 3.2.5-18** presenta la tendencia del comportamiento de los índices de contaminación a lo largo de las dos épocas evaluadas. El ICOMO se mantuvo en calificaciones *Muy bajas* en A_SUP_07 y A_SUP_08; A_SUP_11; A_SUP_14 y *Bajas* en A_SUP_01, A_SUP_09. Por su parte A_SUP_02, A_SUP_12, reportaron una disminución en los índices de contaminación, pasando de *baja* a *muy baja*. A_SUP_04; A_SUP_15 pasaron de *muy bajo* a *bajo*. A_SUP_06 y A_SUP_03 de *bajo* a *medio*. Los puntos de mayor descenso en el índice fueron A_SUP_05 y A_SUP_13. Las variaciones están relacionadas con las disminuciones en los caudales que colmatan los sistemas hídricos con las cargas de contaminantes orgánicas que siguen llegando a la misma tasa que lo hacen durante la época de lluvias. La contaminación por mineralización y sólidos suspendidos se mantuvieron en niveles muy bajos durante los dos períodos de monitoreo indicando que los parámetros asociados a estos índices se mantuvieron estables a lo largo de las dos temporadas. El ICOTRO fue ligeramente más alto durante la época lluviosa (0,084) con respecto a la seca (0,073). Por lo que es posible indicar que el fósforo no se ve influenciado por las temporadas hidroclimáticas.

Figura 3.2.5-18 Índice de Contaminación. Línea Base. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.1.5 Conclusiones

- Durante la época seca se presentó una disminución de los caudales. La disminución de caudales durante el mes de febrero pudo verse intensificada por los niveles de precipitación por debajo de lo normal que fueron registrados en la zona como consecuencia de la influencia del Fenómeno de la Niña y las perturbaciones de la escala intra-estacional, que rigieron durante este mes.
- La temperatura reportó sus registros más altos durante la época seca, con un promedio de 26.86°C, comparado con los 25,75°C de la época de lluvias. La temperatura media es estable y la amplitud de las oscilaciones entre período seco y de lluvias, no supera el 1,11°C. Esto quiere decir que las variaciones en temperatura se encuentran asociadas a las condiciones climatológicas de la zona y morfología de los sistemas hídricos evaluados que, durante los meses de muestreo, estuvieron influenciados por las condiciones climáticas y oceanográficas de La Niña, descartando impactos térmicos sobre el recurso.
- El promedio del oxígeno fue más alto durante la temporada de lluvias, con 6,71 mg/L, en comparación con el de la temporada seca que marcó 6,38 mg/L. Este comportamiento se explica a partir de principio de que las moléculas de agua retienen una mayor cantidad de oxígeno a

temperaturas más bajas, sin embargo, otros factores, como la hora del monitoreo, la profundidad y la morfología del cauce y los impactos sobre la corriente también tienen efecto directo sobre la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

- El promedio del pH fue un poco más alto durante la temporada seca, con 6,76 unidades, comparadas con las 6,39 unidades de la primera temporada. La acidificación de las aguas durante la temporada lluviosa puede responder a la llegada de lixiviados de aniones a los sistemas de agua superficial, provenientes de los cultivos de palma y las actividades ganaderas registradas en esta zona.
- La conductividad fue comparativamente más alta durante la temporada seca (47,28 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que durante la temporada lluviosa (40,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Los sólidos disueltos reportaron un promedio más alto durante la temporada seca de 34,71 mg/L que el de la temporada de lluvias de 22,33 mg/L ratificando una relación directa entre estos dos parámetros. La alta cantidad de sólidos disueltos durante la temporada seca obedece a la disminución de los caudales y al efecto de agentes externos que funcionan como aportantes de iones que contribuyen al alza de la conductividad, tales como la extracción de materiales, la llegada de material a los cauces por la deforestación y la descarga de afluentes en estos puntos.
- Los parámetros organolépticos del Olor y el Sabor no sufrieron cambios a lo largo de las temporadas evaluadas, presentando condiciones de Sin Sabor, Inodoros y Aceptables en la totalidad de las fuentes hídricas valoradas.
- Las concentraciones de cloruros se mantuvieron bajo los límites de detección durante las dos épocas evaluadas, exceptuando el punto A_SUP_13 en época seca, que no superó los límites de la normatividad, lo que indica que el uso del recurso de las cuencas ubicadas en la Línea Base no representa riesgos para el uso doméstico o consumo humano.
- Las concentraciones de sulfatos detectadas durante el tiempo seco fueron significativamente más altas que las de la época de lluvias, situación explicada por las disminuciones en los caudales que generan incremento en las concentraciones de sales en todas las corrientes hídricas esto, sumado a que las descargas de aguas residuales y escorrentías con trazas de fertilizantes y detergentes siguen cargando las corrientes que, en tiempo seco, contienen menos agua para diluirlos. Los valores registrados no superaron los límites normativos, por lo que el recurso es recomendable para su uso doméstico y consumo humano, de acuerdo con lo registrado en el Decreto 1076 del 2015.
- Los promedios de SST para las temporadas lluviosa y seca fueron de 13,2 mg/L y 10,18 mg/L, respectivamente. la turbiedad registró un comportamiento contrario, reportando concentraciones más altas para la temporada seca que para la lluviosa (lluviosa: 0,15 UJT; seca: 0,23 UJT), tendencia compatible con lo registrado para los sólidos totales (lluviosa: 28,23 mg/L; seca: 38,43 mg/L). Las actividades permanentes reportadas en los puntos A_SUP_14 y A_SUP_15, como la remoción de materiales para su extracción y el paso de bovinos, alteran el comportamiento normal de estos parámetros y esto explica que, aún en ausencia de las lluvias, los sólidos suspendidos y la turbiedad hayan sido más altos durante la temporada seca.
- Durante la época lluviosa, el promedio de DBO₅ fue más alto que durante la temporada seca. El promedio de la DQO fue de 36,3 mg/L en temporada lluviosa y de 9,50 mg/L en época seca. El COT tuvo un promedio, durante las lluvias, de 3,77 mg/L y en temporada seca, fue de 0,59 mg/L. La época de lluvias favorece la descarga de basuras, material vegetal, desechos industriales, domésticos y animales a los afluentes, lo que disminuye las concentraciones de oxígeno por la descomposición de la materia orgánica, elevando los valores de estas variables en los sistemas fluviales.
- La primera campaña arrojó promedios de alcalinidad, acidez y bicarbonatos, de 16,8 mg/L, 14,35 mg/L y 16,8 mg/L. Los de la temporada seca fueron de 19,86 mg/L, 21,83 mg/L y 19,86 mg/L, valores que ubican los registros de la última campaña por encima de los de la época lluviosa. Procesos exógenos a las corrientes de agua pueden alterar estos parámetros, dentro de los que se destacan la actividad agrícola que, por procesos de descargas de agro-fertilizantes, puede

modificar la cantidad de sales y, en consecuencia, la alcalinidad, acidez y cantidad de bicarbonatos.

- la diferencia entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas para el cálculo de la dureza cálcica no permitió la comparación de los resultados inter-estacionales. Los promedios de dureza total fueron de 18,85 mg/L en época lluviosa y de 5,17 mg/L en época seca, indicando una disminución de la dureza total en los cauces agrupados para la Línea Base, durante la temporada seca. Relacionado con que durante el tiempo de bajas lluvias se disminuye la llegada los iones relacionados con estos parámetros.
- La temporada de lluvias tuvo un promedio de nitratos de 0,18 mg/L; de nitritos de 0,045 mg/L; de nitrógeno amoniacal, indetectable y de nitrógeno orgánico de 0,0595 mg/L. Estos valores, para la época seca, fueron de indetectables, 0,01 mg/L e indetectables para las otras dos variables, respectivamente. Se observa un comportamiento con tendencia a la baja para la última temporada de monitoreos, que puede estar relacionado con que la disminución de las lluvias evita la llegada de compuestos nitrogenados a los sistemas hídricos por el lavado de las zonas aledañas, especialmente aquellas cercanas a los cultivos industriales. en ninguno de los sistemas, o temporadas climáticas, los niveles superan los límites estipulados en la norma, para consumo/uso humano/doméstico.
- El nitrógeno total reportó un promedio de 0,975 mg/L en la época de lluvias y de 1,07 mg/L durante la seca. Los niveles de este elemento cambian de acuerdo a la época del año y tienen a la lluvia como uno de los factores determinantes, tal y como se observó en el presente estudio, en el que la disminución en las precipitaciones condujo a un incremento en las concentraciones de nitrógeno total.
- Los niveles de fósforo hidrolizable total y ortofosfatos se mantuvieron estables y por debajo de los límites de detección a lo largo de las dos temporadas evaluadas. El promedio de fósforo orgánico durante la época de lluvias fue de 0,096 mg/L, comparado con concentraciones inferiores al límite de detección, durante la época seca. El nivel de fósforo total fue más alto durante la época lluviosa, 0,1085 mg/L, que, durante la época seca, 0,09 mg/L. La variación de estas concentraciones a lo largo del tiempo se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias y domésticas reportadas para las zonas aledañas.
- El promedio de Grasas y Aceites fue más alto durante la temporada de lluvias, 1,78 mg/L, en comparación con el de la época seca, 0,41 mg/L. Los niveles de Fenoles, Compuestos fenólicos e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, se mantuvieron indetectables a lo largo de todo el monitoreo. Los Hidrocarburos vieron incrementados sus niveles durante la última campaña de evaluación, pasando de niveles indetectables, a un promedio de 0,042 mg/L, esto como consecuencia de la disminución de caudales y la persistencia de actividades, como el tránsito de vehículos o maquinaria pesada sobre o cerca de las corrientes. El recurso de A_SUP_09 y A_SUP_13 no podrá ser destinado a uso doméstico o consumo humano.
- Los pesticidas organofosforados, organoclorados y los surfactantes se caracterizaron por presentar concentraciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica empleada en todos los sistemas hídricos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.
- Las concentraciones de selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, cobalto, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, arsénico y plata se mantuvieron por debajo del límite de detección a lo largo de las dos temporadas de monitoreo y, por lo tanto, cumplieron los límites establecidos por el decreto normativo.
- Los puntos con mayor presencia de metales, en época lluviosa, fueron A_SUP_09 (vanadio, plomo, boro y zinc); A_SUP_01 (plomo, boro y zinc); A_SUP_06 (manganeso y plomo) y A_SUP_08 (zinc y plomo). En época seca A_SUP_03 registró presencia de aluminio y plomo. Durante la época seca disminuyeron las concentraciones y la cantidad de estos elementos, reportadas para los sistemas hídricos de la Línea Base. La presencia de metales pesados en el

agua se encuentra relacionada con actividades mineras, combustión de combustibles fósiles, de crudo, gasoil excavaciones, las fuentes de tráfico vehicular, quema de basuras, agricultura, uso de fertilizantes. En los puntos con presencia de estos metales no se excedió el límite normativo en ninguno de los metales que fueron registrados

- El comportamiento de BTEX no presenta variaciones significativas a lo largo de la época de monitoreo, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de influencia del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias.
- El hierro reportó un promedio de 0,40 mg/l en época de lluvias y de 1,78 mg/L en época seca, mostrando un incremento para la última temporada evaluada. El incremento de las concentraciones observado para la época seca se encuentra relacionado con que las actividades antropogénicas, que afectan los ecosistemas, como los vertimientos, acumulación de basuras, tráfico vehicular, entre otras.
- El Color pasó de un promedio de 3,5 UPC, durante las lluvias, a uno de 22,29 UPC, en temporada seca, lo que evidencia un incremento en este parámetro asociado a las afectaciones de origen antrópico y que aumentan la cantidad de materia orgánica, de origen animal y vegetal, en proceso de descomposición.
- Los promedios en temporada lluviosa para el calcio, potasio, sodio y magnesio fueron, respectivamente de 3,61 mg/L, 0,29 mg/L, 1,60 mg/L y 0,90 mg/L, respectivamente, mientras que, para la temporada seca, estos mismos valores fueron de 3,17 mg Ca/L, 0,80 mg K/L, 2,24 mg Na/L y 1,03 mg Mg/L. El comportamiento indica una tendencia al alza durante la temporada seca que puede obedecer a los vertidos domésticos y a los aportes que hacen las diferentes actividades reportadas en las zonas aledañas a los cauces que, en temporada seca se amplifican, como consecuencia de la disminución en los caudales.
- No fueron detectadas variaciones en las concentraciones de Cianuro, a pesar de la diferencia en el límite de cuantificación de las técnicas empleadas en las diferentes épocas climáticas. Ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L estipulado como límite permisible máximo, por lo que el recurso cumple con la normativa y puede ser usado a nivel doméstico y para consumo humano.
- Las concentraciones de fluoruros no variaron entre temporada y temporada, por lo que el aumento o disminución del caudal no estaría interfiriendo en el comportamiento de estos compuestos.
- Los promedios para coliformes fecales y totales para la temporada de lluvias fueron de 110,63 NMP/100mL y 732,64 NMP/100mL, respectivamente. Para la época seca, los promedios para estos mismos parámetros, fueron de 344,32 NMP/100mL y 2828,27 NMP/100mL. Resultados que muestran un ascenso en la concentración de estos microorganismos durante la temporada seca, aunado a que el descenso en los caudales incrementa la concentración de estos microorganismos, especialmente en las zonas influenciadas por asentamientos humanos domésticos e industriales que son las responsables de la llegada de descargas con alto contenido de materia orgánica a los cuerpos fluviales.
- Cuatro sistemas hídricos marcaron un detrimento en la calidad de su recurso en la temporada seca, con respecto a la de lluvias. Este comportamiento se vio reflejado en los promedios del ICA, que para lluvias fue de 0,82 y decayó a los 0,78, durante la temporada seca.
- El ICOMO mostró un incremento durante la temporada seca. La contaminación por mineralización y sólidos suspendidos se mantuvo en niveles muy bajos durante los dos períodos de monitoreo indicando que los parámetros asociados a estos índices se mantuvieron estables a lo largo de las dos temporadas. El ICOTRO fue ligeramente más alto durante la época lluviosa (0,084) con respecto a la seca (0,073). Por lo que es posible indicar que el fósforo no se ve influenciado por las temporadas hidroclimáticas.

3.2.5.1.2 Ocupaciones de Cauce

➤ Descripción puntos de Monitoreo

Tabla 3.2.5-45 Descripción puntos de Ocupación de Cauce

Descripción OCP_01 Caño NN1			
Coordenadas	E: 4956278,86		N: 2020265,70
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 289 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48166		MN 348437
Fecha	07/12/2022		17/02/2023
Hora	13:00		8:50
Profundidad (m)	0,8		0,11
Descripción del punto	Ambiente lóxico de agua transparente, con flujo bajo de corriente. No se reportan olores ofensivos o capas iridiscentes.		El agua es traslucida. con flujo bajo de corriente. No se reportan olores ofensivos o capas iridiscentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por una amplia extensión de pastos. A 500 m del punto se observa una construcción de viviendas y se encuentra a 2Km de la vía principal. Se observa que hay paso de bovinos y es punto de bebedero para los mismos		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_02 Caño NN2			
Coordenadas	E: 4959547,41		N: 2023289,14
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Rocoso/ Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 289 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48117		MN 349153
Fecha	05/12/2022		22/02/2023
Hora	10:00		8:50
Profundidad (m)	0,30		Sin flujo de corriente
Descripción del punto	Ambiente lótico de agua transparente, con flujo bajo de corriente. No se reportan olores ofensivos, espumas o capas iridiscentes. Presencia de macrófitas.		Cuerpo de naturaleza lótica sin flujo de corriente, por lo que no se hace aforo de caudal. Nivel bajo de agua turbia amarilla. No se perciben olores ofensivos, ni presencia de grasas o aceites.
Usos del suelo en zonas aledañas	El punto se encuentra localizado cerca de un paso de ganado y rodeado por cultivos de palma y pastizales. Hay tránsito permanente del personal que labora en el cultivo y de maquinaria pesada. Un usuario que capta directamente del recurso. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_03 Caño NN3			
Coordenadas	E: 4953855,33		N: 2023763,48
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 290 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48247		MN 348685
Fecha	11/12/2022		20/02/2023
Hora	12:00		8:10
Profundidad (m)	0,30		0,06
Descripción del punto	Canal recto con flujo de corriente moderada y nivel bajo de agua clara. No se reportan capas iridiscentes, espumas u olores ofensivos. Lluvias en la última semana.		Cuerpo de naturaleza lótica de agua traslucida con flujo bajo de corriente y poco profundo. No se detectan olores o capas iridiscentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra conformada por hierbas, pastos y cultivos de palma. Paso de ganado. Dos usuarios captan el recurso a través de pozos profundos Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_04 Caño Carnicerías			
Coordenadas	E: 4959417,32		N: 2023156,55
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 290 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48118		MN 349150
Fecha	05/12/2022		22/02/2023
Hora	12:00		11:10
Profundidad (m)	0,8		0,15
Descripción del punto	Cuerpo de agua baja profundidad y nivel bajo de agua transparente. No se reportan capas iridiscentes, espumas u olores ofensivos. Lluvias en la noche anterior.		Canal meándrico con flujo de corriente moderado y nivel medio de agua clara. No se reportan aceites en el sedimento, pero el agua presenta brillos. No se perciben olores ofensivos en el agua o sedimentos. Macrófitas emergentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	La vegetación riparia se encuentra conformada por hierbas, pastos y cultivos de palma. Paso de ganado y tránsito permanente de maquinaria amarilla. Que opera en los cultivos de palma circundantes. Durante el muestreo de la segunda campaña los cultivos de palma ubicados alrededor del sistema hídrico estaban siendo objeto de fumigaciones, por lo que se presume una posible llegada de estas sustancias al afluente. Un usuario que capta directamente del Caño. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_05 Caño NN4			
Coordenadas	E: 4954080,81		N: 2024669,03
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Limo Arcilla
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 351 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48246		
Fecha	11/12/2022		26/02/2023
Hora	13:00		
Profundidad (m)	0,32		
Descripción del punto	Fuente superficial de baja profundidad sin corriente aparente y agua turbia. En el punto se reporta presencia de espumas, iridescencias y olores. Baja presencia de macrófitas		El punto se reportó seco al momento del monitoreo
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta principalmente por pastizales destinados al forraje, con nivel alto de perturbación. Sobre el canal convergen el pastoreo, paso animal, una alcantarilla, un puente.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_06 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4951691,95		N: 2018605,23
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Cantos Rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 322 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47994		MN 347700
Fecha	05/12/2022		15/02/2023
Hora	12:30		12:25
Profundidad (m)	0,81		0,27
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia, por lluvia la noche anterior. Sin olores ofensivos		Cuerpo de agua lotico. Se observa materia orgánica en descomposición, Flujo bajo de corriente, nivel bajo de agua turbia color café. Sin olores ofensivos o capas de grasas.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas y árboles con bajo grado de perturbación, presencia de ganado y asentamientos humanos. Un usuario capta de manera directa del caño. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_07/CAP_07 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4950868,26		N: 2018925,29
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Cantos Rodados
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 309 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48003		MN 347291
Fecha	03/12/2022		13/02/2023
Hora	13:00		11:25
Profundidad (m)	0,50		0,38
Descripción del punto	Cuerpo de agua transparente, de baja profundidad, con corriente media. Lluvias reportadas la noche anterior. Sin olores ofensivos, espumas o iridiscencias		Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia. Sin olores ofensivos en sedimentos y en agua. Presencia de macrófitas emergentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, árboles, hierbas y arbustos con un muy alto grado de perturbación. Presencia de ganado. Una vía atraviesa el cuerpo de agua. Un usuario capta el recurso de manera directa.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_08 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4950104,43		N: 2021138,43
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Rocoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
			309 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47999	MN 349663	
Fecha	03/12/2022	24/02/2023	
Hora	13:00	11:40	
Profundidad (m)	0,27	0,38	
Descripción del punto	Cuerpo de agua transparente, de baja profundidad, con corriente media. Lluvias reportadas la noche anterior. Sin olores ofensivos, espumas o iridiscencias		Cuerpo lóxico con flujo de corriente y nivel medio de agua traslucida. No se perciben olores ofensivos o capas de aceites o grasas.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales. Presencia de ganado que se abastece de agua directamente del cuerpo evaluado. Dentro del sistema se reporta presencia de excrementos bovinos y cúmulos de rocas. El sistema hídrico es transitado por personas a caballo o en moto. En la zona circundante hay una casa que hace captación y aprovechamiento del recurso. Un usuario capta el recurso directamente del caño. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_09 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4952192,65		N: 2019153,28
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 320 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48001		MN 347699
Fecha	06/12/2022		15/02/2023
Hora	11:00		9:04
Profundidad (m)	0,42		0,13
Descripción del punto	Canal Recto con corriente moderada y nivel medio de agua clara. No reporta olores ofensivos, iridiscencias o presencia de espumas.		Cuerpo de naturaleza lítica con presencia de materia orgánica en descomposición , bajo flujo de corriente y bajo nivel de agua turbia café
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, hierbas, arbustos y árboles con un bajo grado de perturbación. Presencia de ganado y viviendas. Un usuario del punto que capta directamente del caño mediante pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_10 Caño Bachacal			
Coordenadas	E: 4952192,65		N: 2019153,28
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 310 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48001		MN 349875
Fecha	3/12/2022		25/02/2023
Hora	08:00		8:30
Profundidad (m)	0,80		Sin aforo de caudal.
Descripción del punto	Canal Recto con corriente baja y nivel medio de agua clara. El agua presenta iridiscencias	Agua turbia, color marrón sin flujo de corriente, presencia de hojarasca y nivel bajo de agua. No se levanta el aforo de caudal.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, hierbas, arbustos y árboles. Suelo de uso ganadero. A 500m una vía principal con flujo vehicular medio. El ganado se abastece de agua en este punto, en el que también se observa su excremento.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_11 Caño Bachacal			
Coordenadas	E: 4955518,27		N: 2019843,31
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Arenoso/Arcilloso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 305 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48002		MN 348192
Fecha	03/12/2022		17/02/2023
Hora	10:00		8:05
Profundidad (m)	0,40		0,34
Descripción del punto	Canal Recto con corriente media y nivel bajo de agua transparente. No se presentan olores ofensivos o iridiscencias. Lluvias la noche anterior. Presencia de Macrófitas		Canal meándrico con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia por suelo arcilloso. No se perciben olores ofensivos o brillos en el agua. Presencia de macrófitas
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, hierbas, arbustos y árboles con grado moderado de perturbación. Suelo de uso ganadero. Cerca de una vía principal con flujo vehicular medio. Punto con cuatro usuarios que captan el recurso por medio de pozos profundos. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_13 Caño NN5			
Coordenadas	E: 4955252,36		N: 2020181,26
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Limo/arcilla
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48000	MN 348197	
Fecha	03/12/2022	17/02/2023	
Hora	11:00	10:05	
Profundidad (m)	0,78	0,29	
Descripción del punto	Canal Recto con bajo flujo de corriente y nivel bajo de agua transparente. No se presentan olores ofensivos, espumas o iridiscencias.	Canal recto con flujo moderado de corriente y nivel medio de agua clara, sin olores o películas visibles de aceites y grasas	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, hierbas, arbustos y árboles. Puente y captación del recurso por parte de un usuario, que lo hace a través de un pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_15 Caño NN6				
Coordenadas	E: 4954651,47		N: 2017492,96	
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso	
Parámetros a evaluar	Físicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura	309 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca	
				
Código	48169		MN 348434	
Fecha	08/12/2022		18/02/2023	
Hora	09:00		10:40	
Profundidad (m)	0,22		0,12	
Descripción del punto	Canal Recto con bajo flujo de corriente y nivel bajo de agua transparente. No se presentan olores ofensivos, espumas o iridiscencias.		Canal Recto tipo charca o zona muerta, con bajo flujo de corriente y bajo nivel de agua turbia por constante paso vehicular y animal. No se perciben olores ofensivos ni películas iridiscentes en el agua. Presencia de macrófitas	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por bosque estratificado y de galería, pastizales, hierbas, arbustos y árboles. Presencia de vacas y caballos. En la zona hay captación del recurso, paso animal y una carretera. Dos usuarios del punto y uno realiza captación directa. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.			

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP16/ CAP_05 Caño Trapiche			
Coordenadas	E: 4948682,78		N: 2018409,39
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
			302 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48132	MN 349660	
Fecha	06/12/2022	24/02/2023	
Hora	10:00	10:12	
Profundidad (m)	0,80	0,08	
Descripción del punto	Cuerpo de agua de baja profundidad. Sin olores en agua o en sedimentos. Tampoco se detectan espumas o películas iridiscentes	Cuerpo Lótico con bajo flujo de corriente y bajo nivel de agua clara, con presencia de materia orgánica en descomposición. No se perciben olores ofensivos ni películas aceitosas sobre el recurso.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos dominantes, hierbas, arbustos y árboles. Actividades agrícolas y ganaderas. Con vía de paso vehicular de baja frecuencia. Asentamiento humano		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_17 Caño NN17			
Coordenadas	E: 4955161,79		N: 2030404,88
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 368 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47911		
Fecha	01/12/2022		26/02/2023
Hora	10:30		
Profundidad (m)	0,83		
Descripción del punto	Canal Recto con flujo medio de corriente y nivel bajo de agua transparente. No se presentan olores ofensivos o espumas. Películas iridiscentes. Se reportaron lluvias la noche anterior		Punto Seco al momento del monitoreo.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales y especies arbóreas y arbustivas. Suelo destinado para actividades ganaderas y agrícolas. Un usuario que capta a través de pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_18/CAP_12 Caño Carnicerías			
Coordenadas	E: 4954271,71		N: 2026753,79
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 351 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48024		MN 348500
Fecha	02/12/2022		19/02/2023
Hora	11:00		8:45
Profundidad (m)	0,64		0,10
Descripción del punto	Sistema Lótico de agua transparente y velocidad media, sin olores ofensivos, espumas o iridiscencias		Canal recto tipo charca con flujo base y nivel bajo de agua clara. No se perciben iridiscencias, olores o espumas en el agua. Presencia de macrófitas flotantes y emergentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales y especies arbóreas y arbustivas. Suelo destinado para actividades ganaderas y agrícolas. Carretera. Tres usuarios del punto. Uno hace captación directa. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_19 Caño NN8			
Coordenadas	E: 4954375,63		N: 2026873,60
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Fango
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 387 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48006		
Fecha	04/12/2022		26/02/203
Hora	12:00		
Profundidad (m)	0,23		
Descripción del punto	Sistema Lótico de agua incolora y velocidad y profundidad baja, sin olores ofensivos, espumas o iridiscencias. Presencia de Macrófitas		Punto Seco al momento del monitoreo
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por Bosque de Galería. Se reporta Ganadería y captación de agua por parte de una vivienda familiar. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_21 Caño Vueltudo o Tripas			
Coordenadas	E: 4944890,17		N: 2025079,63
Departamento	Restrepo/Meta	Lecho	Grava/Arena
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48160	MN 347524	
Fecha	06/12/2022	14/02/2023	
Hora	08:00	7:06	
Profundidad (m)	0,26	0,23	
Descripción del punto	Canal Recto con flujo de corriente moderado y nivel medio de agua turbia por lluvias en la mañana. No se detectan olores ofensivos, ni espumas o iridiscencias. Macrófitas emergentes.	Canal meándrico con flujo de corriente moderado, nivel bajo de agua levemente turbia. No se reportan olores ofensivos ni películas visibles de grasas. Macrófitas emergentes	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles, con grado de perturbación extrema. Pastoreo y paso animal. Captación del recuso por medio de pozo profundo por parte de un usuario del punto. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_22 Caño Trapiche			
Coordenadas	E: 4947949,88		N: 2019423,92
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Arcilloso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 349 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48170		MN 348174
Fecha	08/12/2022		17/02/2023
Hora	12:00		8:40
Profundidad (m)	0,24		0,10
Descripción del punto	Sistema de agua transparente y velocidad media de corriente. No se detectan olores ofensivos, ni espumas o iridiscencias. Macrófitas emergentes.		Cuerpo lóxico con bajo flujo de corriente y bajo nivel de agua turbia, presencia de materia orgánica en descomposición. No se perciben olores ni iridiscencias en el sistema hídrico.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles. Ganadería. Asentamientos humanos		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_23 Caño NN9			
Coordenadas	E: 4953366,40		N: 2025972,02
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 363 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	48005		
Fecha	04/12/2022		26/02/2023
Hora	10:00		
Profundidad (m)	0,26		
Descripción del punto	Sistema de agua turbia, corriente leve y de baja profundidad. No se detectan olores ofensivos, ni espumas o iridiscencias. Presencia de macrófitas		Punto Seco al momento del monitoreo
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles. Paso vehicular sobre el cauce. Dos usuarios que captan a través de pozos profundos. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_30 Caño Carnicerías				
Coordenadas	E: 4959392,43		N: 2023139,78	
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso	
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura	352 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca	
				
Código	48116		MN 349154	
Fecha	05/12/2022		22/02/2023	
Hora	08:00		10:40	
Profundidad (m)	0,95		0,09	
Descripción del punto	Sistema de agua transparente, corriente media y de baja profundidad. No se detectan olores ofensivos, ni espumas o iridiscencias. Presencia de macrófitas. Lluvias la noche anterior		Cuerpo lóxico de agua clara, flujo bajo de corriente y nivel bajo de agua clara, sin olores o películas de grasas en el recurso.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta bosque de galería. Se observa actividad ganadera y agrícola. Punto ubicado cerca de vía principal y a 48 m de punto de captación (motobomba). Durante la toma de muestras de la segunda campaña se llevó a cabo la fumigación del cultivo de palma cercano al sistema hídrico. Un usuario que hace captación directa del recurso. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.			

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_31 Caño NN10			
Coordenadas	E: 4953285,77		N: 2025665,36
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Limo Arcilla/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 365 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47998		
Fecha	04/12/2022		26/02/2023
Hora	07:30		
Profundidad (m)	0,44		
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel bajo de agua levemente turbia. Se reporta olor a agua estancada. No hay brillos ni espumas. Macrófitas emergentes y flotantes.		Punto Seco al momento del monitoreo
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, herbazales, arbustos y árboles, característica de sotobosque, con un alto grado de perturbación. La siembra de pastos al margen izquierdo se encuentra destinada para ganadería. Captación por pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_32 Caño NN11			
Coordenadas	E: 4950957,16		N: 2027592,68
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Arena/Limo/Arcilla
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 379 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47998		MN 347525
Fecha	04/12/2022		14/02/2023
Hora	07:30		9:46
Profundidad (m)	0,44		No se ejecuta el aforo de caudal
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua turbia, por constante paso de ganado y vehículos. Sin olores, espumas o películas iridiscentes. Macrófitas emergentes.		Canal recto sin flujo de corriente y nivel medio de agua estancada y turbia como consecuencia del paso permanente de vehículos. Presencia de macrófitas emergentes
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta gramíneas, con un muy alto grado de perturbación. Actividad ganadera. 18 usuarios del punto que aprovechan el recurso por medio de un acueducto veredal o pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_33 Caño Mayuga			
Coordenadas	E: 4950650,77		N: 2027209,16
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Limo
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 376 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47996		MN 347519
Fecha	04/12/2022		14/02/2023
Hora	12:00		11:00
Profundidad (m)	0,31		0,10
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua clara. Sin olores, espumas o películas iridiscentes. Macrófitas emergentes y flotantes.		Cuerpo de agua lóxico con bajo flujo de corriente, con tonalidad grisácea, el cuerpo es receptor de aguas residuales, por lo que se presentan olores que emanan de la fuente hídrica. Presencia de macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta pastos, hierbas, arbustos y árboles, con un moderado grado de perturbación. Actividad ganadera y paso vehicular. Vertimientos a la fuente.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción OCP_34 Caño NN12			
Coordenadas	E: 4949995,14		N: 2026469,75
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 378 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47995		MN 347518
Fecha	04/12/2022		14/02/2023
Hora	10:00		8:00
Profundidad (m)	0,82		0,18
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel bajo de agua turbia, por paso de ganado aguas arriba. Sin olores, espumas o películas iridiscentes. Macrófitas emergentes, principalmente de las familias Araceae, Poaceae y Cyperaceae.		Cuerpo de agua lóxico con bajo flujo de corriente y bajo nivel de agua turbia y tonalidad café. Se observa presencia de materia orgánica en descomposición.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta pastos, hierbas, arbustos y árboles, con grado de perturbación extrema. Las principales afectaciones sobre el cuerpo son el paso animal, la presencia de una carretera y el desvío del cauce. Al momento del monitoreo se observa un carretero atravesando el sistema hídrico. Dos usuarios del punto, aprovechan el recurso a través de pozos profundos. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Caudales

Los resultados de los aforos de caudal para las Ocupaciones de cauce, se resumen en la **Tabla 3.2.5-46**. Los puntos OCP_07; OCP_16 y OCP_18 cumplen doble propósito, al corresponder, de manera simultánea, a puntos de captación, CAP_07; CAP_05 y CAP_12, respectivamente.

Tabla 3.2.5-46 Aforo de los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua de las Ocupaciones de Cauce.

Punto	Caudal L/s	
	Lluviosa	Seca
OCP_01	155,5	10,740
OCP_02	21,6	*
OCP_03	90,1	2,625
OCP_04	239,0	183,175
OCP_05	74,9	Seco
OCP_06	1297,0	343,500
OCP_07/CAP_07	806,8	265,300
OCP_08	802,4	350,500
OCP_09	1542,4	312,563
OCP_10	49,9	*
OCP_11	122,6	43,030
OCP_13	277,7	175,375
OCP_15	204,2	23,250
OCP_16/CAP_05	432,9	102,870
OCP_17	418,2	Seco
OCP_18/CAP_12	279,4	23,275
OCP_19	44,0	Seco
OCP_21	117,1	25,785
OCP_22	107,3	16,525
OCP_23	195,4	Seco
OCP_30	785,6	17,420
OCP_31	560,7	Seco
OCP_32	209,2	*
OCP_33	784,4	232,050
OCP_34	144,5	11,275

*Sistema hídrico sin flujo de corriente, no se hace aforo de caudal.

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

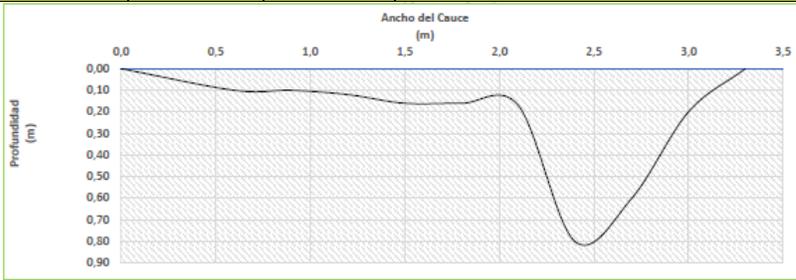
Dentro de la cuenca del río Guatiquía se localizan los puntos OCP_01; OCP_03; OCP_05; OCP_06; OCP_07; OCP_08; OCP_09; OCP_10; OCP_11; OCP_13; OCP_15; OCP_16; OCP_21; OCP_22; OCP_23; OCP_27; OCP_31; OCP_32; OCP_33 y OCP_34. Por su parte, los puntos OCP_02; OCP_04; OCP_17; OCP_18; OCP_19 y OCP_30, se distribuyen dentro la cuenca del río Guacavía. El monitoreo fue ejecutado a finales de noviembre y principios de diciembre. Las condiciones climáticas durante el primero de los meses de monitoreo se caracterizaron por reportar lluvias por encima de los promedios. Cumaral se ubicó dentro de la zona con lluvias por encima de lo normal, con valores entre los 300 mm y 400 mm (**Figura 3.2.5-5**). Para el mes de diciembre predominaron las precipitaciones en la categoría por debajo de lo habitual en todo el territorio nacional. En Cumaral, fueron reportadas lluvias muy por debajo de lo normal, con precipitaciones entre los 0 mm y 50 mm (**Figura 3.2.5-6**).

✓ Temporada Lluviosa

Los caudales estuvieron entre un rango de los 21,6 L/s y 1542,4 L/s. Los sistemas menos caudalosos fueron OCP_02 (21,6 L/s); OCP_10 (49,9L/s) y OCP_05 (74,9 L/s). El primer punto correspondió a

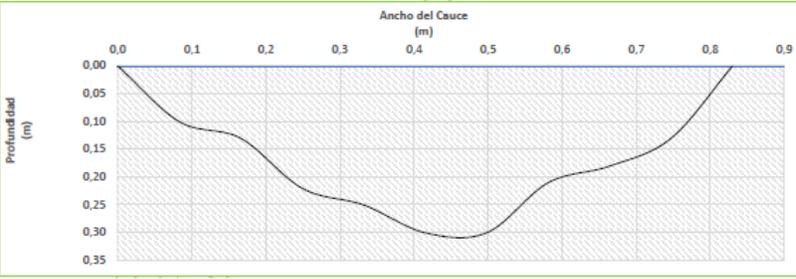
un ambiente lóxico de agua transparente, con bajo flujo de corriente; OCP_05 se reportó como un punto con una profundidad de 0,32 m, con agua turbia, con espumas, iridiscencias y olores y OCP_10 se registró como un canal recto con corriente baja, una profundidad de 0,37 m, agua clara y con iridiscencias. Por su parte, los sistemas de mayor caudal fueron OCP_09 (1542,4 L/s) y OCP_06 (1297,0 L/s). El primero y más caudaloso del grupo, fue descrito como un punto con 0,37 m de profundidad, recto, con corriente moderada y nivel medio de agua clara, sin olores, iridiscencias o espumas. OCP_06 ubicado en El Palmar, fue reportado como un canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia, producto de las lluvias registradas la noche anterior. Las **Tabla 3.2.5-47** a la **Tabla 3.2.5-71** presentan la descripción de los aforos de caudal con sus respectivos perfiles batimétricos.

Tabla 3.2.5-47 Caracterización del Caudal de OCP_01. Temporada de Lluvias

Fecha	7/12/2022	OCP_01	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4956278,86 N 2020265,70	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			3,30	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,24
Profundidad	Promedio (m)		0,22	CAUDAL	m³/s	0,1555
	Máxima (m)		0,80		L/s	155,5

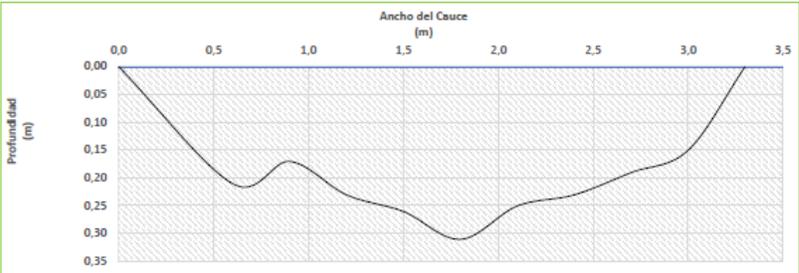
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-48 Caracterización del Caudal de OCP_02. Temporada Lluviosa

Fecha	5/12/2022	OCP_02	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4959547,40 N 2023289,14	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			0,83	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,14
Profundidad	Promedio (m)		0,17	CAUDAL	m³/s	0,0216
	Máxima (m)		0,30		L/s	21,6

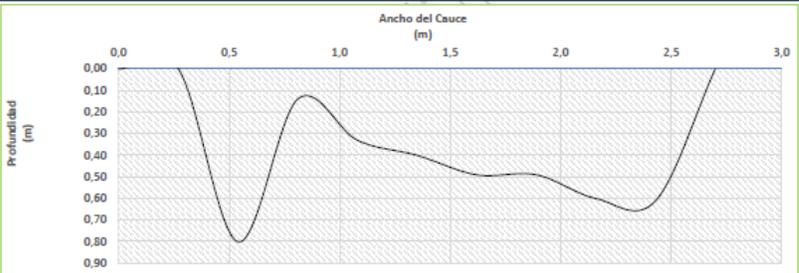
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-49 Caracterización del Caudal de OCP_03. Temporada Lluviosa

Fecha	11/12/2022	OCP_03	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4953855,33 N 2023763,48	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			3,30	Velocidad	Velocidad promedio (m/s) 0,14
Profundidad	Promedio (m)		0,18	CAUDAL	m³/s 0,0901
	Máxima (m)		0,31		L/s 90,1

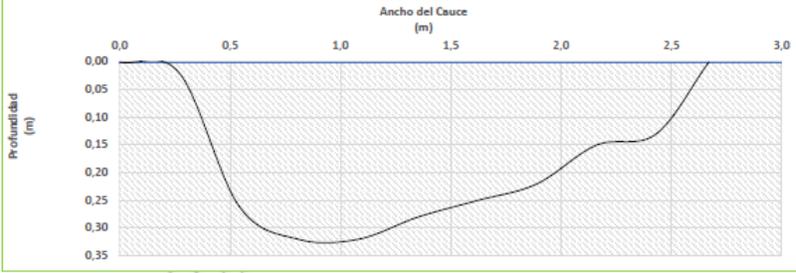
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-50 Caracterización del Caudal de OCP_04 Temporada Lluviosa

Fecha	5/12/2022	OCP_04	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4959417,32 N 2023156,55	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			2,70	Velocidad	Velocidad promedio (m/s) 0,21
Profundidad	Promedio (m)		0,35	CAUDAL	m³/s 0,2390
	Máxima (m)		0,80		L/s 239,0

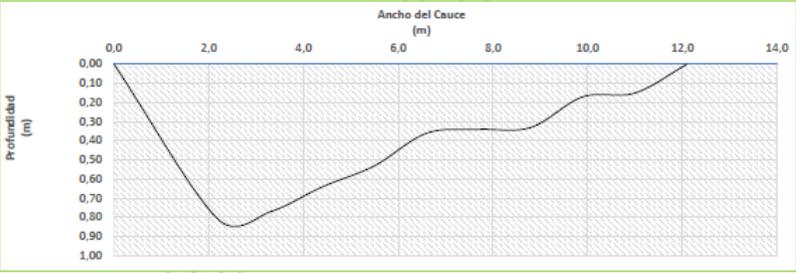
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-51 Caracterización del Caudal de OCP_05 Temporada Lluviosa

Fecha	11/12/2022	OCP_05	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954082,83 N 2024669,50	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		2,67	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,14
Profundidad	Promedio (m)	0,18	CAUDAL	m³/s	0,0749
	Máxima (m)	0,32		L/s	74,9

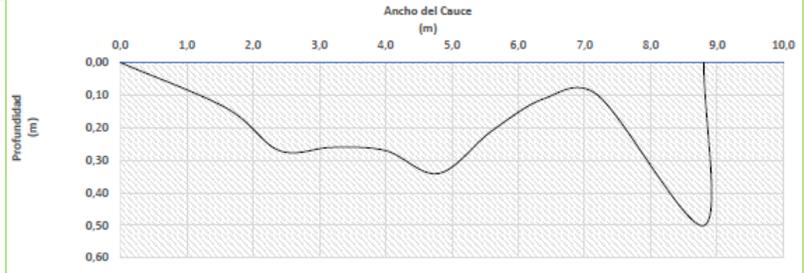
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-52 Caracterización del Caudal de OCP_06 Temporada Lluviosa

Fecha	5/12/2022	OCP_06	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4951691,95 N 2018605,23	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		12,10	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,23
Profundidad	Promedio (m)	0,37	CAUDAL	m³/s	1,2970
	Máxima (m)	0,81		L/s	1297,0

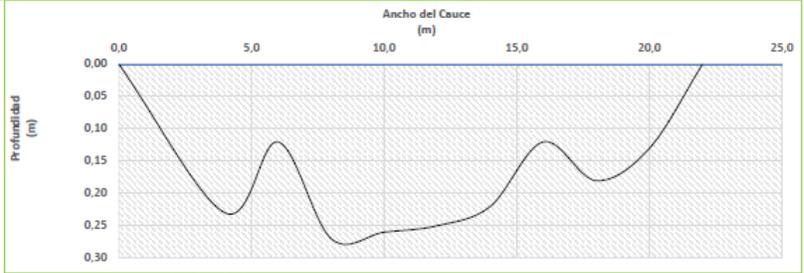
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-53 Caracterización del Caudal de OCP_07 Temporada Lluviosa

Fecha	3/12/2022	OCP_07	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950868,26 N 2018925,29	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			8,80	Velocidad	Velocidad promedio (m/s) 0,40
Profundidad	Promedio (m)		0,20	CAUDAL	m³/s 0,8068
	Máxima (m)		0,50		L/s 806,8

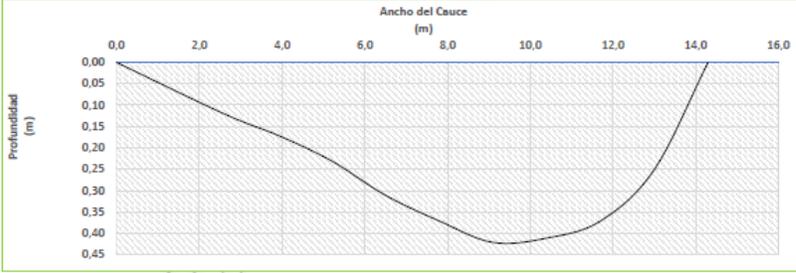
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-54 Caracterización del Caudal de OCP_08 Temporada Lluviosa

Fecha	3/12/2022	OCP_08	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950104,43 N 2021138,43	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			22,0	Velocidad	Velocidad promedio (m/s) 0,20
Profundidad	Promedio (m)		0,16	CAUDAL	m³/s 0,8024
	Máxima (m)		0,27		L/s 802,4

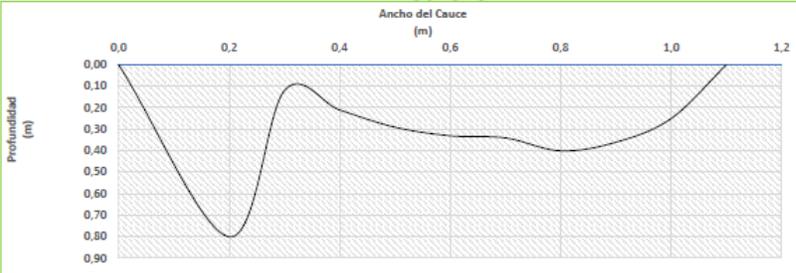
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-55 Caracterización del Caudal de OCP_09 Temporada Lluviosa

Fecha	6/12/2022	OCP_09	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4952192,65 N 2019153,28	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		14,30	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,34
Profundidad	Promedio (m)	0,24	CAUDAL	m³/s	1,5424
	Máxima (m)	0,42		L/s	1542,4

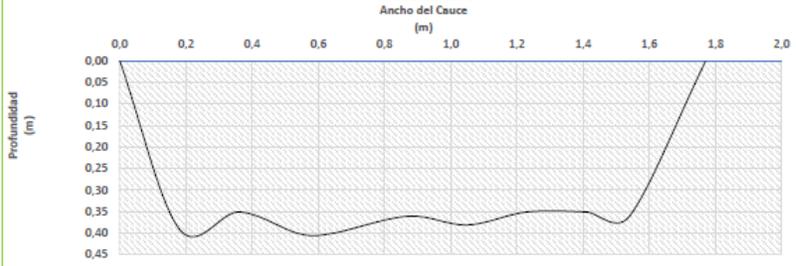
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-56 Caracterización del Caudal de OCP_10 Temporada Lluviosa

Fecha	3/12/2022	OCP_10	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4953726,25 N 2019563,76	
					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		1,10	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,44
Profundidad	Promedio (m)	0,28	CAUDAL	m³/s	0,0499
	Máxima (m)	0,80		L/s	49,9

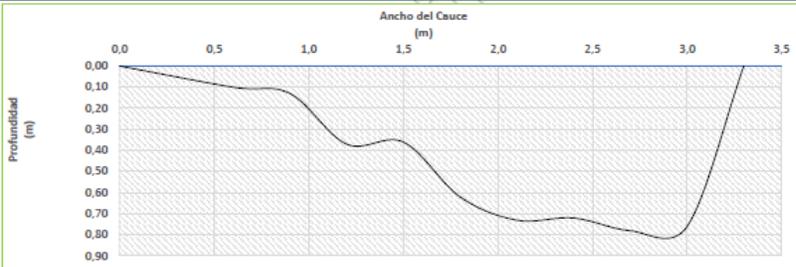
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-57 Caracterización del Caudal de OCP_11 Temporada Lluviosa

Fecha	3/12/2022	OCP_11	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4955518,27 N 2019843,31		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			1,77	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,22
Profundidad	Promedio (m)		0,30	CAUDAL	m³/s	0,1226
	Máxima (m)		0,40		L/s	122,6

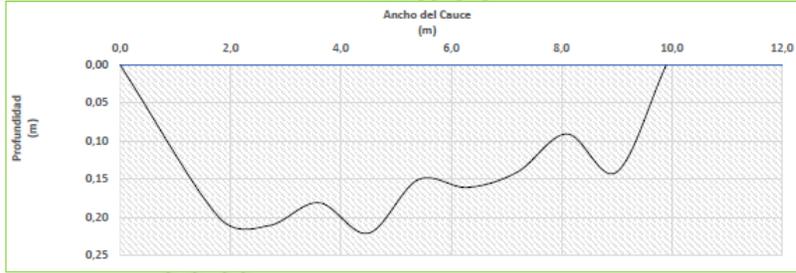
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-58 Caracterización del Caudal de OCP_13 Temporada Lluviosa

Fecha	3/12/2022	OCP_13	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4955252,36 N 2020181,26		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			3,30	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,19
Profundidad	Promedio (m)		0,42	CAUDAL	m³/s	0,2777
	Máxima (m)		0,78		L/s	277,7

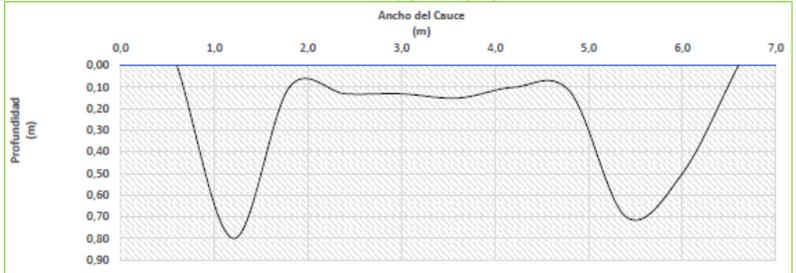
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-59 Caracterización del Caudal de OCP_15 Temporada Lluviosa

Fecha	8/12/2022	OCP_15	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954651,47 N 2017492,96		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			9,90	Velocidad promedio (m/s)	0,14	
Profundidad	Promedio (m)		0,14	CAUDAL	m ³ /s	0,2042
	Máxima (m)		0,22		L/s	204,2

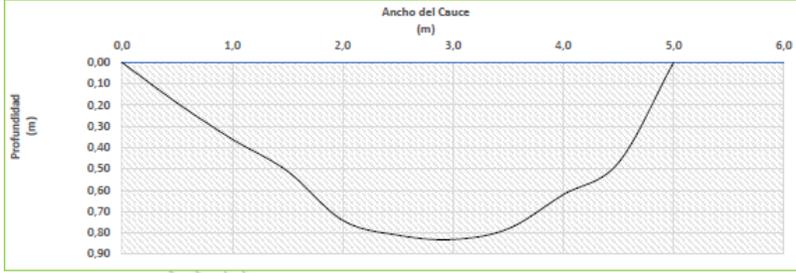
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-60 Caracterización del Caudal de OCP_16 Temporada Lluviosa

Fecha	6/12/2022	OCP_16/ CAP_05	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4948682,78 N 2018409,39		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			6,50	Velocidad promedio (m/s)	0,30	
Profundidad	Promedio (m)		0,25	CAUDAL	m ³ /s	0,4329
	Máxima (m)		0,80		L/s	432,9

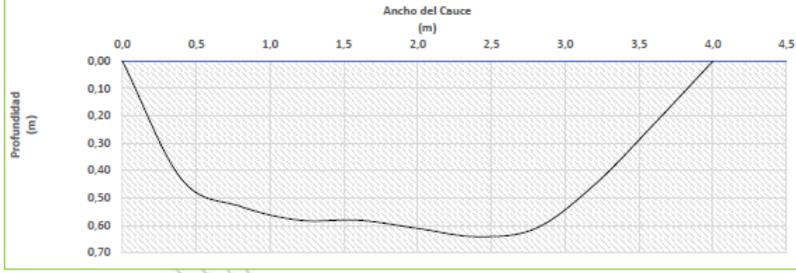
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-61 Caracterización del Caudal de OCP_17 Temporada Lluviosa

Fecha	1/12/2022	OCP_17	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4955161,79 N 2030404,88		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			5,00	Velocidad promedio (m/s)	0,15	
Profundidad	Promedio (m)		0,48	CAUDAL	m³/s	0,4182
	Máxima (m)		0,83		L/s	418,2

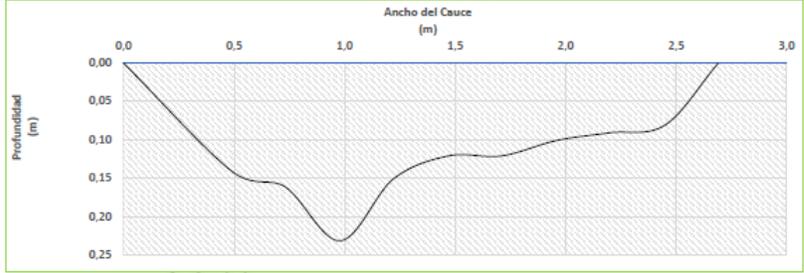
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-62 Caracterización del Caudal de OCP_18 Temporada Lluviosa

Fecha	2/12/2022	OCP_18/ CAP_12	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954271,71 N 2026753,79		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			4,00	Velocidad promedio (m/s)	0,15	
Profundidad	Promedio (m)		0,42	CAUDAL	m³/s	0,2794
	Máxima (m)		0,64		L/s	279,4

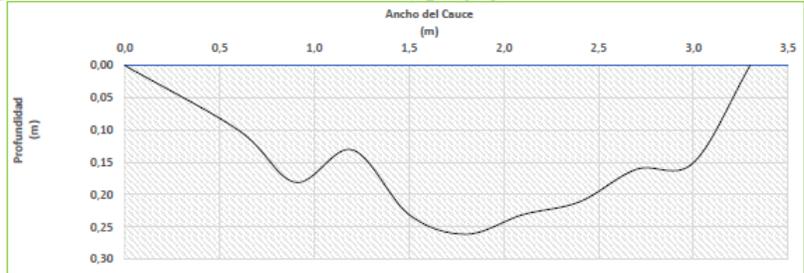
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-63 Caracterización del Caudal de OCP_19 Temporada Lluviosa

Fecha	4/12/2022	OCP_19	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954375,63 N 2026873,60		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			2,69	Velocidad promedio (m/s)	0,14	
Profundidad	Promedio (m)		0,11	CAUDAL	m ³ /s	0,0440
	Máxima (m)		0,23		L/s	44,0

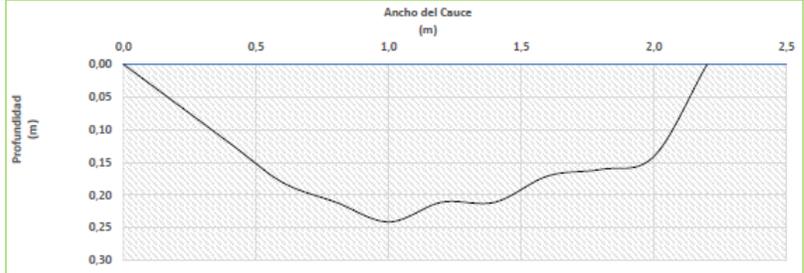
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-64 Caracterización del Caudal de OCP_21 Temporada Lluviosa

Fecha	6/12/2022	OCP_21	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4944890,17 N 2025079,63		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			3,30	Velocidad promedio (m/s)	0,20	
Profundidad	Promedio (m)		0,15	CAUDAL	m ³ /s	0,1171
	Máxima (m)		0,26		L/s	117,1

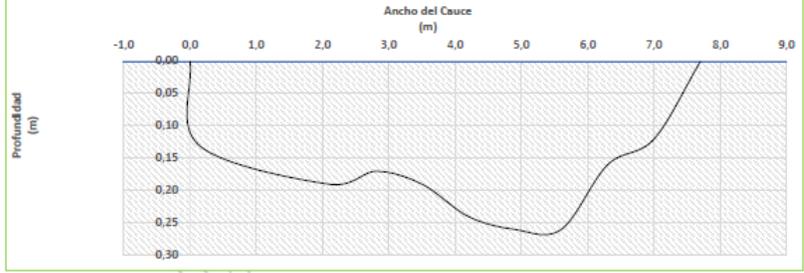
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-65 Caracterización del Caudal de OCP_22 Temporada Lluviosa

Fecha	8/12/2022	OCP_22	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4947949,88 N 2019423,92		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			2,20	Velocidad promedio (m/s)	0,27	
Profundidad	Promedio (m)		0,15	CAUDAL	m³/s	0,1073
	Máxima (m)		0,24		L/s	107,3

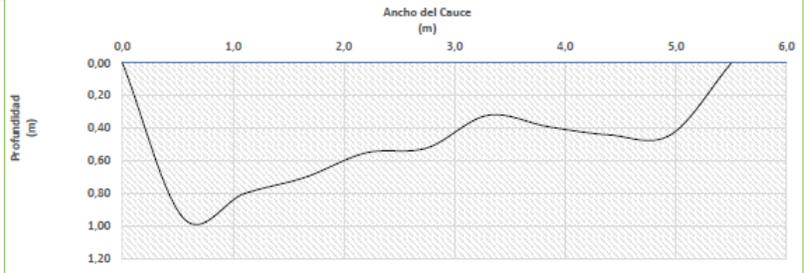
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-66 Caracterización del Caudal de OCP_23 Temporada Lluviosa

Fecha	4/12/2022	OCP_23	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4953366,40 N 2025972,02		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			7,70	Velocidad promedio (m/s)	0,14	
Profundidad	Promedio (m)		0,16	CAUDAL	m³/s	0,1954
	Máxima (m)		0,26		L/s	195,4

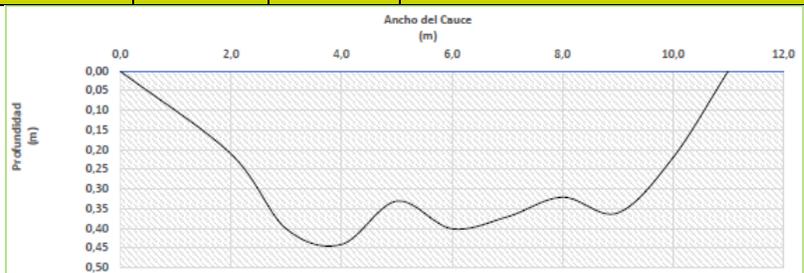
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-67 Caracterización del Caudal de OCP_30 Temporada Lluviosa

Fecha	5/12/2022	OCP_30	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4959392,43 N 2023139,78		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			5,50	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,26
Profundidad	Promedio (m)		0,46	CAUDAL	m³/s	0,7856
	Máxima (m)		0,95		L/s	785,6

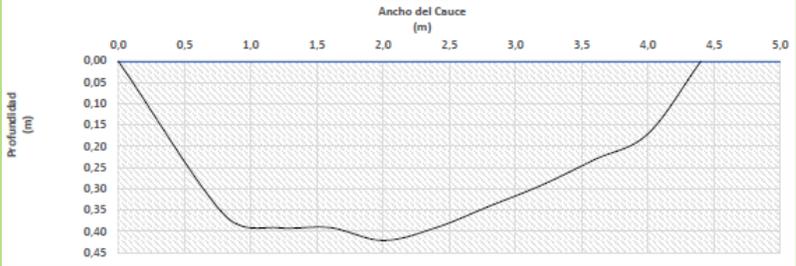
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-68 Caracterización del Caudal de OCP_31 Temporada Lluviosa

Fecha	4/12/2022	OCP_31	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4953285,77 N 2025665,36		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			11,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,17
Profundidad	Promedio (m)		0,28	CAUDAL	m³/s	0,5607
	Máxima (m)		0,44		L/s	560,7

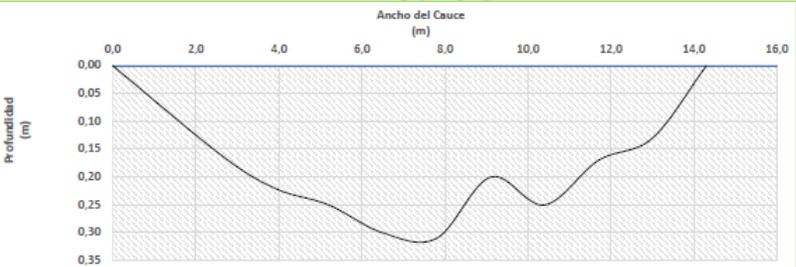
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-69 Caracterización del Caudal de OCP_32 Temporada Lluviosa

Fecha	4/12/2022	OCP_32	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950957,16 N 2027592,68		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			4,40	Velocidad promedio (m/s)	0,16	
Profundidad	Promedio (m)		0,27	CAUDAL	m³/s	0,2092
	Máxima (m)		0,42		L/s	209,2

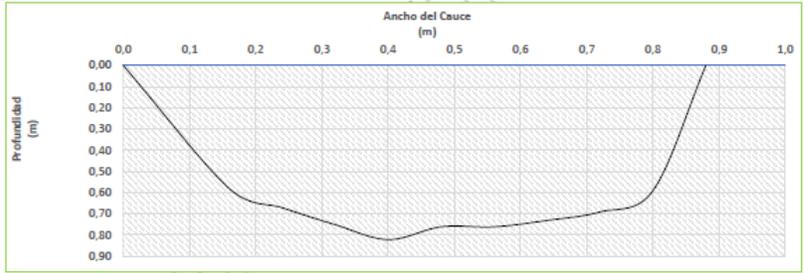
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-70 Caracterización del Caudal de OCP_33 Temporada Lluviosa

Fecha	4/12/2022	OCP_33	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950650,77 N 2027209,16		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			14,30	Velocidad promedio (m/s)	0,25	
Profundidad	Promedio (m)		0,18	CAUDAL	m³/s	0,7844
	Máxima (m)		0,31		L/s	784,4

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-71 Caracterización del Caudal de OCP_34 Temporada Lluviosa

Fecha	4/12/2022	OCP_34	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4949995,14 N 2026469,75	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			0,88	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,25
Profundidad	Promedio (m)		0,58	CAUDAL	m ³ /s	0,1445
	Máxima (m)		0,82		L/s	144,5

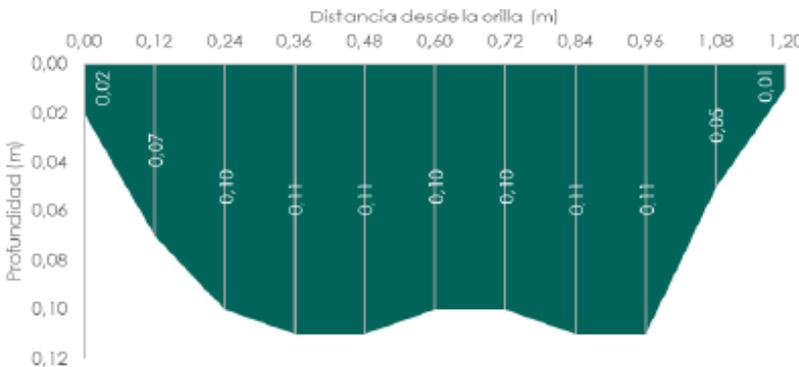
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Temporada Seca**

La época en la que se ejecutó el monitoreo se caracterizó por que las variaciones climáticas del país fueron moduladas por las perturbaciones de la escala intra-estacional y la finalización del fenómeno de la Niña. Este fenómeno inició en septiembre del 2020 y cesó brevemente durante el verano boreal del 2021 y desde ese momento, se ha venido debilitando de manera gradual. La zona de estudio se ubicó dentro del área del país que reportó lluvias *muy por debajo de lo normal*, entre el 0% y el 40%, concentrándose en las regiones del Caribe y la Orinoquía (**Figura 3.2.5-7**)

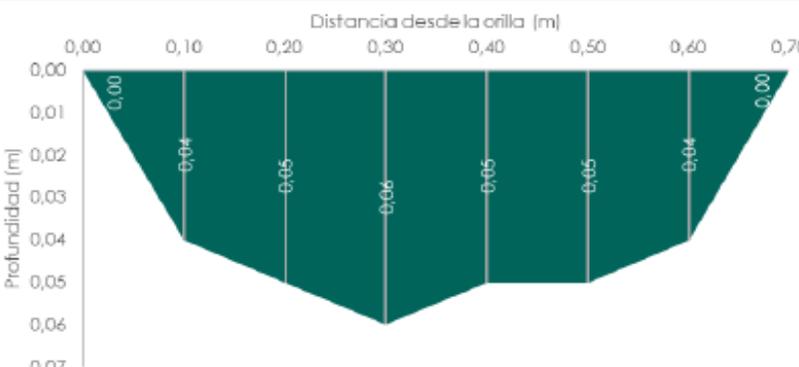
Para esta época se reportaron un total de cinco puntos secos y dos estancados. Los puntos secos fueron OCP_05; OCP_17; OCP_19; OCP_23 y OCP_31, mientras que los sistemas hídricos sin flujo de corriente al momento de la toma de muestras fueron OCP_02; OCP_10 y OCP_32. Los caudales oscilaron entre los 2,625 L/s y 1405,12 L/s. El cauce menos caudaloso fue OCP_03, Caño NN3, descrito como un cuerpo lóxico de agua traslúcida, con flujo bajo de corriente y una profundidad de 0,06 m. El punto más caudaloso fue OCP_06 ubicado en el Caño El Caibe, con agua turbia, sin olores ofensivos o capas iridiscentes, con una profundidad de 0,27 m. De la **Tabla 3.2.5-72** a la se presentan la descripción de los aforos de caudal con sus respectivos perfiles batimétricos.

Tabla 3.2.5-72 Caracterización del Caudal de OCP_01. Temporada Seca

Fecha	17/02/2023	OCP_01	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4956278,86 N 2020265,70
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		1,20	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,11	CAUDAL	m ³ /s 0,011
				L/s 10,740

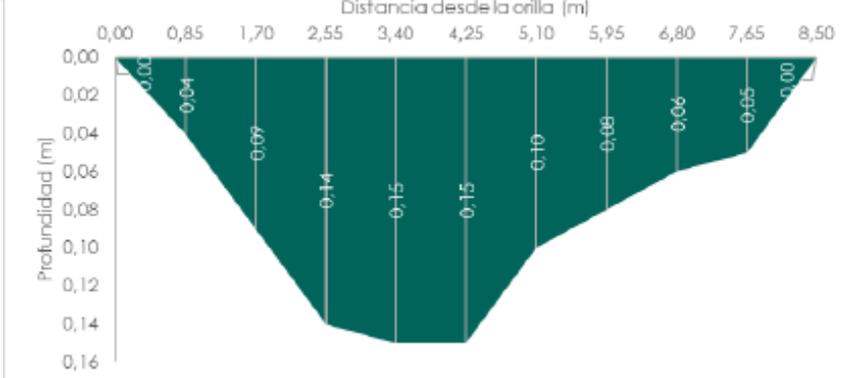
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-73 Caracterización del Caudal de OCP_03. Temporada Seca

Fecha	20/02/2023	OCP_03	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4953855,33 N 2023763,48
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		0,70	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,06	CAUDAL	m ³ /s 0,003
				L/s 2,625

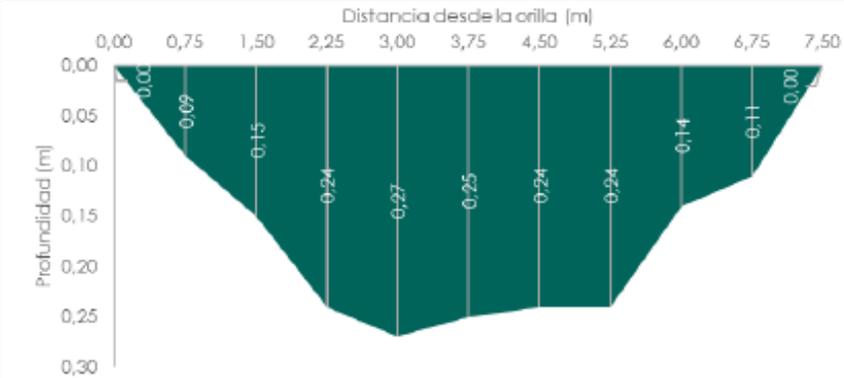
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-74 Caracterización del Caudal de OCP_04. Temporada Seca

Fecha	22/02/2023	OCP_04	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4959417,32 N 2023156,55
<p style="text-align: center;">Distancia desde la orilla [m]</p> 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		8,50	Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima		0,15	CAUDAL	m³/s 0,183 L/s 183,175

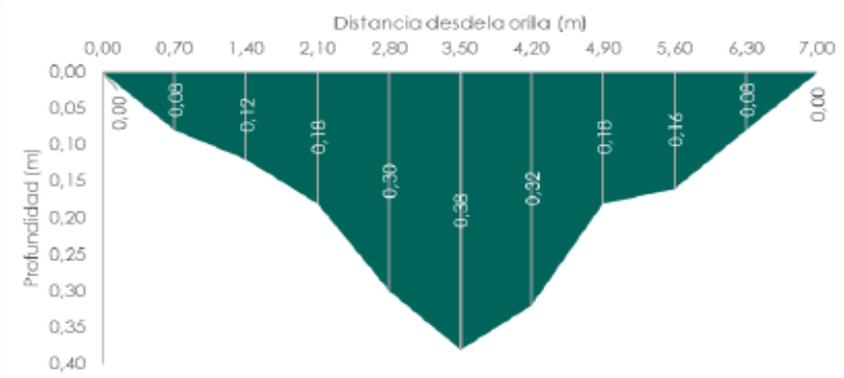
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-75 Caracterización del Caudal de OCP_06. Temporada Seca

Fecha	15/02/2023	OCP_06	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4951691,95 N 2018605,23
<p style="text-align: center;">Distancia desde la orilla [m]</p> 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		7,50	Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima		0,27	CAUDAL	m³/s 0,344 L/s 343,500

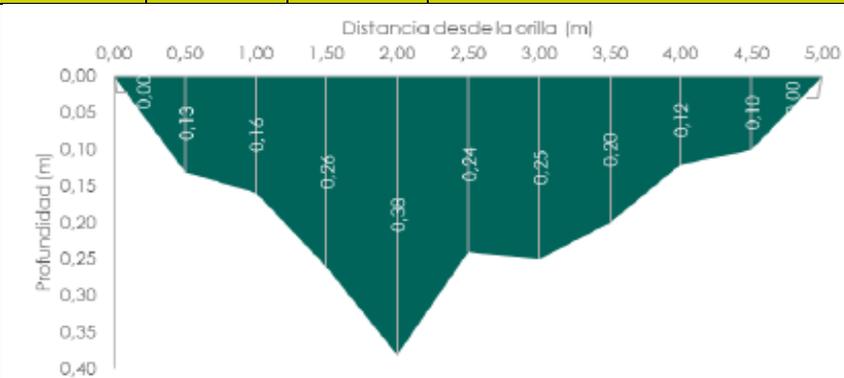
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-76 Caracterización del Caudal de OCP_07. Temporada Seca

Fecha	13/02/2023	OCP_07	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4950868,26 N 2018925,29	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111		Seco	
Ancho Superficial (m)			7,00		Velocidad máxima (m/s)	
Profundidad máxima			0,38		CAUDAL	
					m³/s	
					L/s	
					0,265	
					265,300	

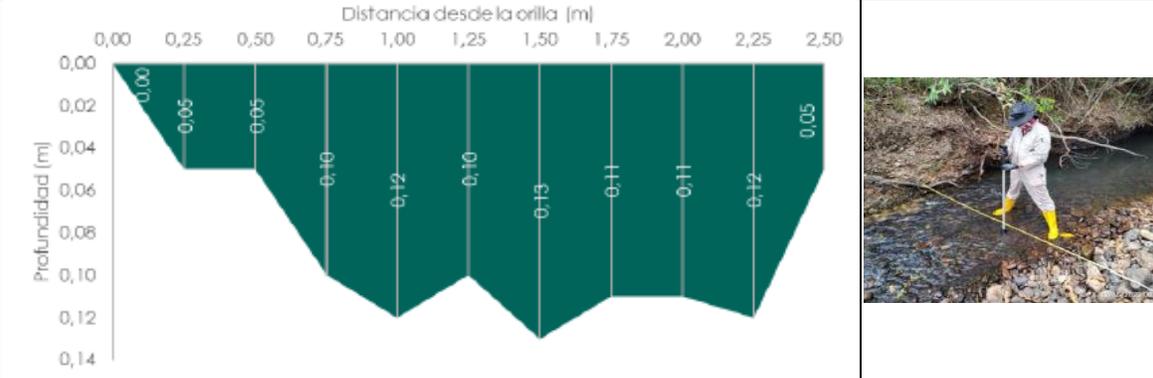
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-77 Caracterización del Caudal de OCP_08. Temporada Seca

Fecha	24/02/2023	OCP_08	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4950104,43 N 2021138,43	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111		Seco	
Ancho Superficial (m)			5,00		Velocidad máxima (m/s)	
Profundidad máxima			0,38		CAUDAL	
					m³/s	
					L/s	
					0,351	
					350,50	

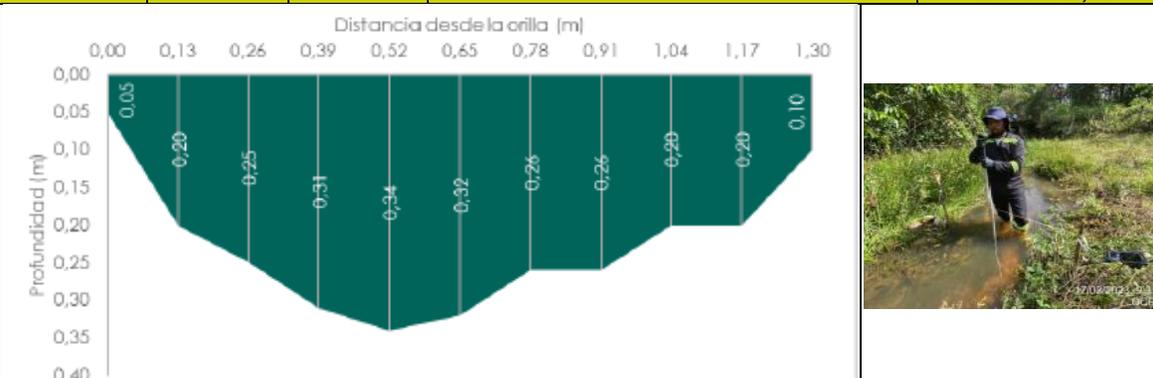
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-78 Caracterización del Caudal de OCP_09. Temporada Seca

Fecha	15/02/2023	OCP_09	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4952192,65 N 2019153,28
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		2,50	Velocidad máxima (m/s)	2,80
Profundidad máxima		0,13	CAUDAL	m³/s 0,313 L/s 312,563

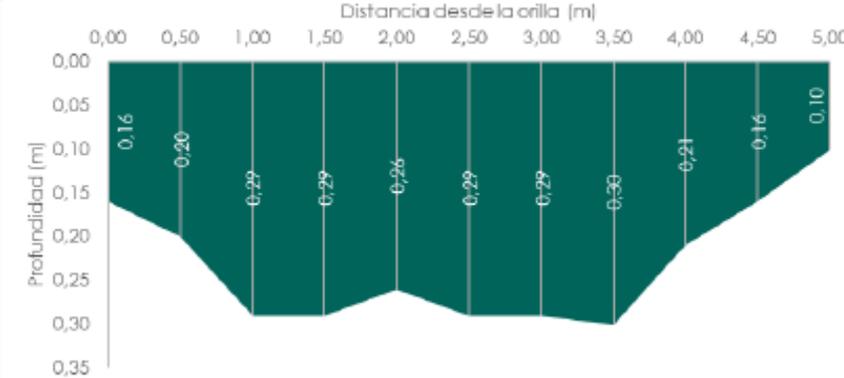
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-79 Caracterización del Caudal de OCP_11. Temporada Seca

Fecha	17/02/2023	OCP_11	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4955518,27 N 2019843,31
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		1,30	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,34	CAUDAL	m³/s 0,043 L/s 43,030

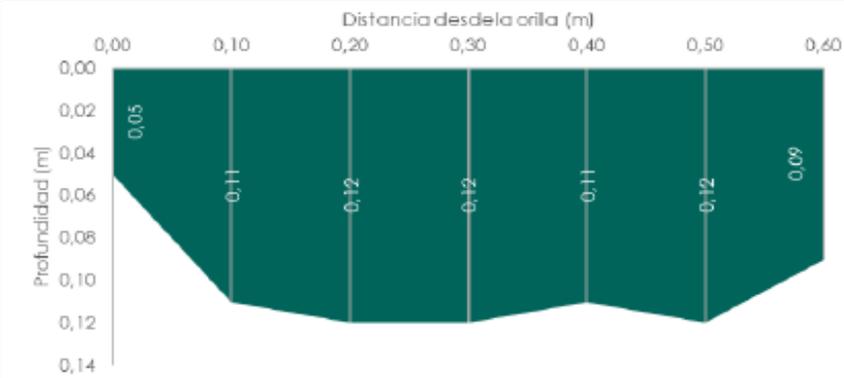
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-80 Caracterización del Caudal de OCP_13. Temporada Seca

Fecha	17/02/2023	OCP_13	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4955252,36 N 2020181,26
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		5,0	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,30	CAUDAL	m³/s 0,175 L/s 175,375

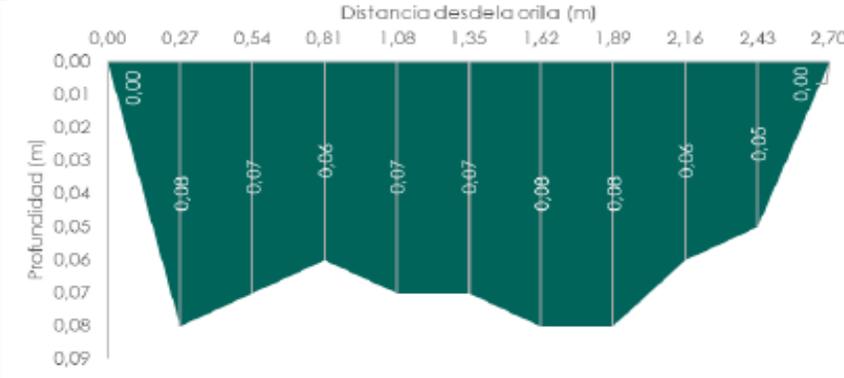
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-81 Caracterización del Caudal de OCP_15. Temporada Seca

Fecha	18/02/2023	OCP_15	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954651,47 N 2017492,96
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		0,60	Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima		0,12	CAUDAL	m³/s 0,023 L/s 23,250

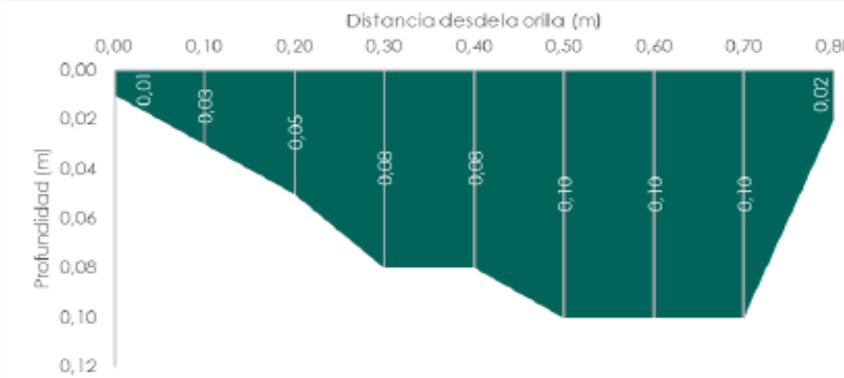
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-82 Caracterización del Caudal de OCP_16. Temporada Seca

Fecha	24/02/2023	OCP_16/CAP_0 5	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4948682,78 N 2018409,39
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		2,70	Velocidad máxima (m/s)	1,20
Profundidad máxima		0,08	CAUDAL	m³/s 0,103
				L/s 102,870

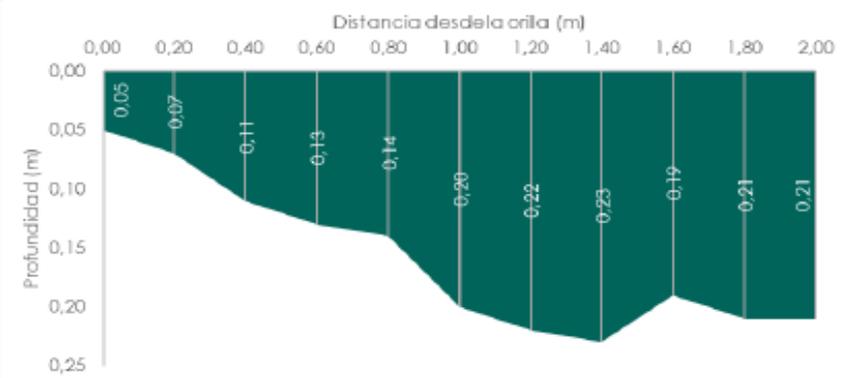
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-83 Caracterización del Caudal de OCP_18. Temporada Seca

Fecha	19/02/2023	OCP_18/CAP_1 2	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954271,71 N 2026753,79
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		0,80	Velocidad máxima (m/s)	0,60
Profundidad máxima		0,10	CAUDAL	m³/s 0,023
				L/s 23,275

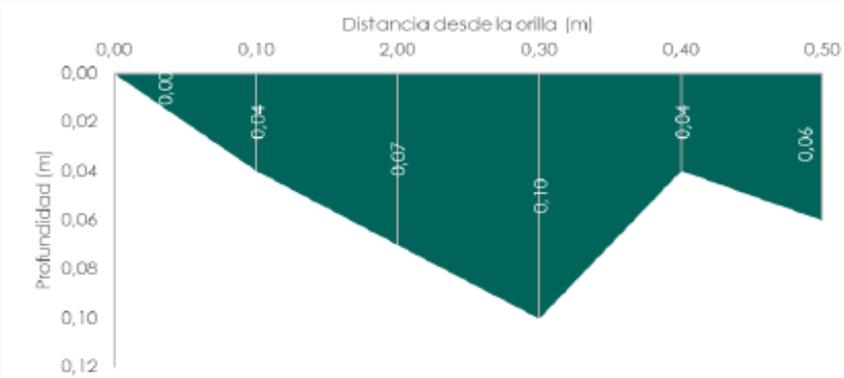
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-84 Caracterización del Caudal de OCP_21. Temporada Seca

Fecha	14/02/2023	OCP_21	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4944890,17 N 2025079,63
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		2,00	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,23	CAUDAL	m ³ /s 0,047 L/s 46,785

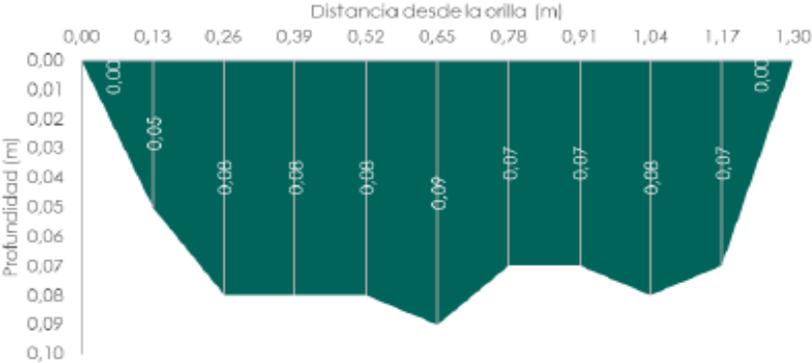
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-85 Caracterización del Caudal de OCP_22. Temporada Seca

Fecha	17/02/2023	OCP_22	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4947949,88 N 2019423,92
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		0,50	Velocidad máxima (m/s)	0,20
Profundidad máxima		0,06	CAUDAL	m ³ /s 0,017 L/s 16,525

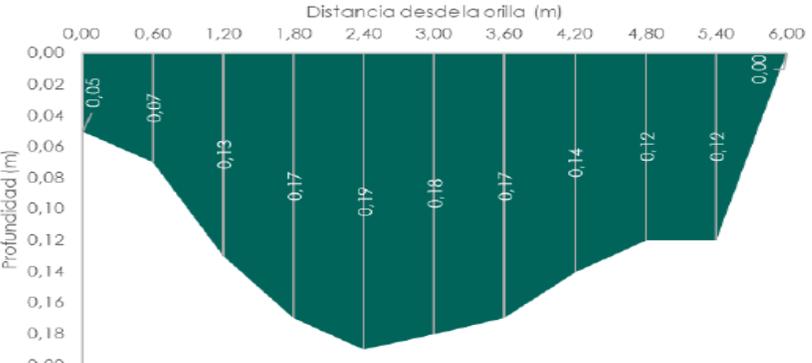
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-86 Caracterización del Caudal de OCP_30. Temporada Seca

Fecha	22/02/2023	OCP_30	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4959392,43 N 2023139,78
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			Velocidad máxima (m/s)	0,30
Profundidad máxima			CAUDAL	m³/s 0,017
				L/s 17,420

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-87 Caracterización del Caudal de OCP_33. Temporada Seca

Fecha	14/02/2023	OCP_33	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950650,77 N 2027209,16
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			Velocidad máxima (m/s)	1,40
Profundidad máxima			CAUDAL	m³/s 0,232
				L/s 232,050

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-88 Caracterización del Caudal de OCP_34. Temporada Seca

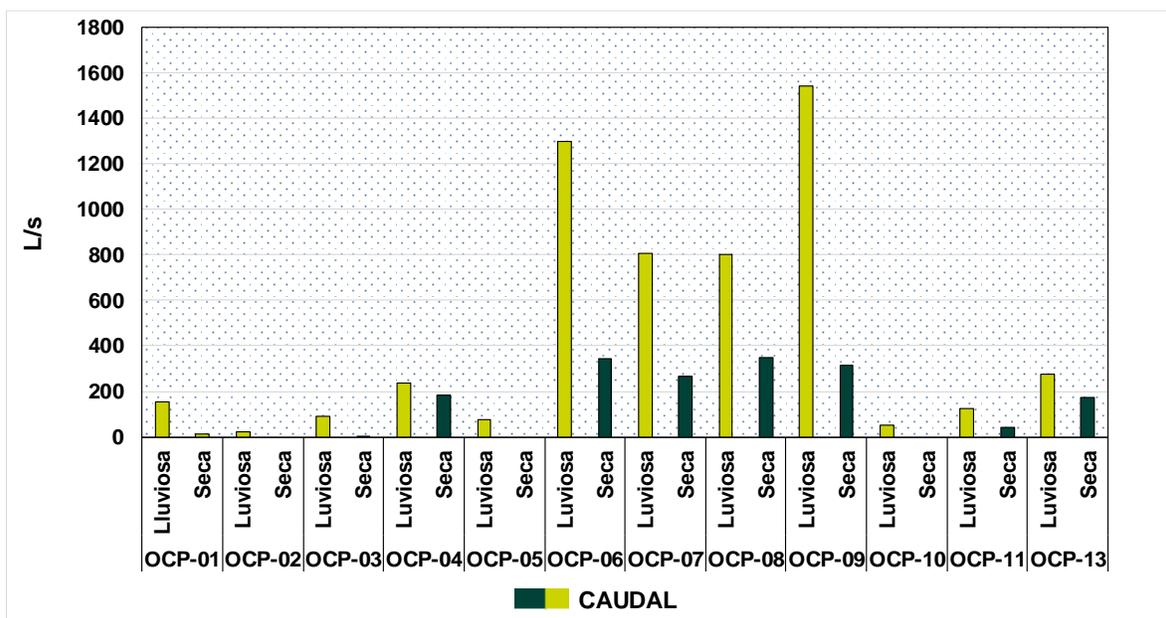
Fecha	14/02/2023	OCP_34	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4949995,14 N 2026469,75
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		0,50	Velocidad máxima (m/s)	1,90
Profundidad máxima		0,10	CAUDAL	m³/s 0,011
				L/s 11,275

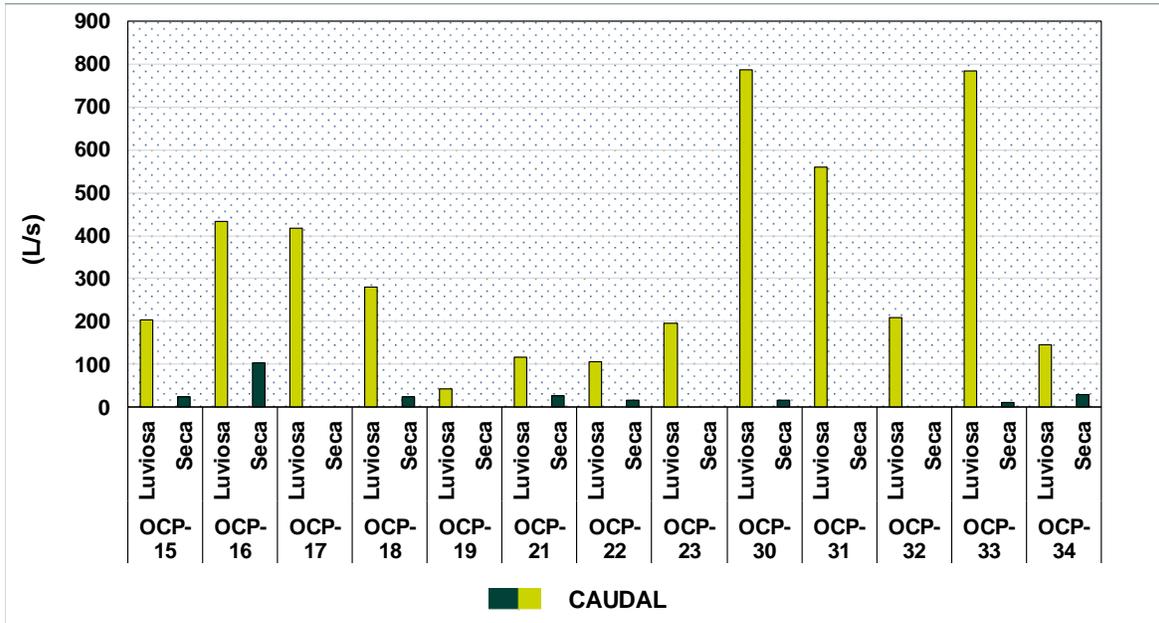
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Multitemporal**

Durante el análisis multitemporal se tuvieron en cuenta los cuerpos de agua evaluados durante las dos épocas monitoreadas. OCP_05; OCP_17; OCP_19; OCP_23 y OCP_31 se reportaron secos y OCP_02; OCP_10 y OCP_32 no registraron flujo de corriente durante el monitoreo, razón por la cual no fue posible realizar el aforo. De manera general, se determinó que los caudales disminuyeron durante la última época de monitoreo (**Figura 3.2.5-19**).

Figura 3.2.5-19 Comparación inter-temporal caudales. Ocupaciones de Cauce





Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Las disminuciones, en porcentaje, en los caudales fueron de 23,35% en OCP_04; 36,84% en OCP_13; 56,31% en OCP_08; 64,90% en OCP_11; 67,11% en OCP_07; 70,41% en OCP_33; 73,51% en OCP_06; 76,23% en OCP_16; 77,98% en OCP_21; 78,25% en OCP_34; 79,73% en OCP_09; 84,59% en OCP_22; 88,61% en OCP_15; 91,66% en OCP_18; 92,19% en OCP_34; 93,09% en OCP_01; 97,08% en OCP_03; 97,78% en OCP_30. Este comportamiento indica que los puntos OCP_03 y OCP_30 fueron los puntos en el que más se reportó descenso de aguas y, en contraparte OCP_13 y OCP_08 fueron los que menos aporte de aguas perdieron. Como se observa en la batimetría, se generaron cambios en la geometría del perfil de la sección, tanto a lo largo de la corriente, como entre las temporadas de muestreo, modificando el comportamiento horizontal y en profundidad y por tanto la velocidad de las corrientes de los sistemas evaluados (IDEAM.gov.co). La disminución de caudales durante el mes de febrero pudo verse intensificada por los niveles de precipitación por debajo de lo normal que fueron registrados en la zona como consecuencia de la influencia del Fenómeno de la Niña y las perturbaciones de la escala intra-estacional, que rigieron durante este mes (IDEAM, 2023).

3.2.5.1.2.1 Descripción de Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos Ocupaciones de Cauce

En el **Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.1 Reporte de Resultados Físicoquímicos** se presentan los resultados obtenidos para las variables físicoquímicas y microbiológicas evaluadas para los cuerpos de agua pertenecientes a las Ocupaciones de Cauces del Estudio de Impacto Ambiental "Área de Desarrollo Llanos 141". Para este grupo, se tomaron un total de 25 puntos, anotando que el punto OCP_27 fue reportado seco al momento del monitoreo y el OCP_14 presentaba agua empozada característica que descartó este punto para su evaluación, durante la temporada de lluvias. En la **Tabla 3.2.5-89** y **Tabla 3.2.5-90** se presentan los resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en cada una de las épocas hidroclimáticas evaluadas.

Tabla 3.2.5-89 Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Ocupaciones de Cauce. Temporada Lluviosa

Parámetro	LCM	Método	OCP_0	OCP_1								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
			48166	48117	48247	48118	48246	47994	48003	47999	48133	48001
Acidez	9,99	SM 2310 B	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	12,1	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	< 3,77	< 3,77	< 3,77	4,3	4,3	12,2	14	14,1	10,6	3,8
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	< 3,77	< 3,77	< 3,77	4,3	4,3	12,2	14	14,1	10,6	3,8
Cadmio Total	0,000500	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	2,6	2,4	0,458	2,18	1,13	0,528	2,53	0,838	1,12	0,93
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	2,52	2,23	< 2	< 2	< 2	3,56	2,86	3,53	< 2	3,57
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl ⁻ B	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	52	< 1	2142	10	< 1	79	< 1	1311	20	20
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	605	160	2400	288	52	117	1017	2981	439	199
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	< 5	< 5	9,2	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	7	8	8,91	8	27	36,5	12	40	18,05	13
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO5	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	7,15	< 3	< 3	< 3	7,45
DQO	15,0	SM 5220 D	< 15	< 15	34,5	< 15	< 15	72	15,9	54,7	< 15	73,7
Dureza Cálcica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,121	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	< 0,05	< 0,05	0,064	< 0,05	0,152	0,15	0,114	0,131	0,061	0,137
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,125	0,357	< 0,1	0,152	< 0,1	0,521	0,34	0,404	0,065	0,477
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,539	0,475	0,473	0,358	0,204	1,07	1,01	1,28	1,05	0,325
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,179	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,115
Mercurio Total	0,00100	SM 3112 B	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,232	0,253	0,142	0,304	< 0,05	< 0,05
Nitrito	0,00300	SM 4500-NO ₂ B	0,017	0,029	0,027	0,028	0,107	0,005	< 0,003	0,007	0,027	< 0,003
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Olor	N.A	N.A.	Sin olor									
Ortofósforos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	5,79	7,45	7,3	7	6,15	6,98	6,25	7,03	7,52	4,37

Parámetro	LCM	Método	OCP_0									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
			48166	48117	48247	48118	48246	47994	48003	47999	48133	48001
pH	0,01	SM 4500 H-B	5,46	5,44	6,85	6,12	5,38	6,7	5,8	6,76	7,84	5,84
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,079	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Plomo	0,00100	SM 3030 E/SM 3113 B	0,0449	0,00634	0,0027	0,00189	0,0012	0,00116	0,00813	< 0,001	< 0,001	0,00552
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	91,4	94,3	101,45	88,7	98,3	102,73	97,58	98,59	102,73	87,2
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	0,113	< 0,05	0,396	0,077	0,459	0,128	0,077	0,052	0,294	< 0,05
Sabor	N.A	N.A.	Sin Sabor									
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	1,73	0,475	1,93	0,61	2,19	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,78	< 0,05
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	15	15	16	< 10	< 10
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Suspendedos Totales	6	SM 2540 D	8	8	19	< 6	307	17	< 6	< 6	< 6	100
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	15	11	40	< 7	318	35	17	22	9	106
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	25,16	25,6	28,7	25,56	30,71	28,3	26,48	32,4	25,8	27,85
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	1,14	2,6	2,6	3,26	53,9	4,82	2,4	1,41	4,23	15,7
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,038	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,065	< 0,03
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,00400	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
BTEX	0,005	EPA 5021 ⁹ /EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,000176	EPA 8081 B	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,000047	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LCM	Método	OCP_1	OCP_2	OCP_2							
			1	3	5	6	7	8	9	1	2	
			48002	48000	48169	48132	47911	48024	48006	48160	48170	
Acidez	9,99	SM 2310 B	< 9,99	< 9,99	18,4	< 9,99	16,6	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	4,1	< 3,77	7,6	11,5	< 3,77	5,1	258	9,9	8,7	
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	4,1	< 3,77	7,6	11,5	< 3,77	5,1	258	9,9	8,7	
Cadmio Total	0,000500	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	1,31	1,28	2,86	1,32	1,42	0,85	1,07	1,18	3,65	
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	3,31	4,26	< 2	< 2	6,1	2,75	5,09	3,84	< 2	
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl ⁻ B	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Parámetro	LCM	Método	OCP_1	OCP_2	OCP_2						
			1	3	5	6	7	8	9	1	2
			48002	48000	48169	48132	47911	48024	48006	48160	48170
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	10	< 1	63	75	20	< 1	331	146	310
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	144	3130	109	439	86	19	432	1354	3170
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	12	12	< 0,1	25	12	11	12	30,4	23,6
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO5	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	15,0	SM 5220 D	40,3	28,4	37,5	< 15	46,5	21,1	27,1	< 15	19,4
Dureza Cálcica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	< 5	< 5	< 5	8,5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,067	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	0,072	1,71	0,135	0,084	< 0,05	0,084	0,152	0,066	0,106
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,746	0,45	0,518	0,545	0,18	0,192	< 0,1	0,486	0,588
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,426	0,29	1,27	1,27	0,286	0,271	0,208	1,38	1,05
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	0,086	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,139	< 0,08
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00156	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	0,19	0,091	< 0,05	0,063	< 0,05	< 0,05	0,11	0,156	< 0,05
Nitrito	0,0030	SM 4500-NO ₂ B	< 0,003	0,003	0,113	0,027	0,003	0,004	0,01	0,27	0,117
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	0,631	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Olor	N.A.	N.A.									
Ortofosfatos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,051	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	6,25	7,31	5,63	7,01	6,36	6,59	6,35	7,21	5,33
pH	0,01	SM 4500 H-B	5,8	7,07	5,82	6,88	5,25	5,53	5,33	6,81	6,37
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	0,00862	< 0,001	0,00347	0,0327	0,019	0,00516	< 0,001	0,0034	0,00283
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	101,5	101,28	98,3	88,2	92,4	98,59	83,7	102	103,1
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	0,24	0,684	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,694	0,531
Sabor	N.A.	N.A.									
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	2,31	3,55	< 0,05	< 0,05	< 0,05	3,47	3,26
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	14	< 10
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Suspendedos Totales	6	SM 2540 D	< 6	36	8	< 6	< 6	< 6	76	24	< 6
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	< 7	40	17	< 7	< 7	8	83	45	12
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	26,48	25,4	26	25,2	25	24,43	27,57	25,6	27,6
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	5,19	2,83	7,59	3,79	0,86	2	0,76	46,7	1,79
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,523	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,11	< 0,03
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0040	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004

Parámetro	LCM	Método	OCP_1	OCP_2	OCP_2						
			1	3	5	6	7	8	9	1	2
			48002	48000	48169	48132	47911	48024	48006	48160	48170
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,033	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	1,4	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,8	0,7	0,5	< 0,5
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
BTEX	0,005	EPA 5021 ⁹ /EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,000176	EPA 8081 B	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,000047	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LCM	Método	OCP_23	OCP_30	OCP_31	OCP_32	OCP_33	OCP_34
			48005	48116	47998	47997	47996	47995
Acidez	9,99	SM 2310 B	< 9,99	< 9,99	24,4	15,7	29,1	10,3
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	< 3,77	< 3,77	3,8	7,2	26,3	4,4
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	< 3,77	< 3,77	3,8	7,2	26,3	4,4
Cadmio Total	0,000500	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,683	1,01	1,62	2,09	2,38	1,78
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	3,5	3,07	5,76	5,03	3,43	3,34
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl B	< 5	< 5	< 5	< 5	5,1	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	63	20	20	588	479	11
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	189	8704	243	2392	700	18
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	12	9	16,93	21,8	123,5	19,36
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO5	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	< 3	< 3	< 3	< 3	7,25	< 3
DQO	15,0	SM 5220 D	< 15	22	47,9	57,3	79,2	25
Dureza Cálrica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	0,066	0,058	0,281	0,098	0,352	0,114
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	< 0,9	< 0,9	0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,544	0,7	0,804	2,11	0,566	0,755
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,221	0,729	0,392	0,791	2,23	0,613
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	0,122	< 0,08	0,128	0,55	0,09	< 0,08
Mercurio Total	0,00100	SM 3112 B	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	< 0,05	< 0,05	0,294	0,087	0,181	0,443
Nitrito	0,00300	SM 4500-NO ₂ B	0,005	0,022	0,005	0,007	0,85	< 0,003

Parámetro	LCM	Método	OCP_23	OCP_30	OCP_31	OCP_32	OCP_33	OCP_34
			48005	48116	47998	47997	47996	47995
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,895	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,705	< 0,5
Olor	N.A	N.A.	Sin olor					
Ortofosfatos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	5,68	7,12	4,86	5,43	5,06	6,63
pH	0,01	SM 4500 H-B	5,28	6,03	5,39	6,81	6,25	6,4
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Plomo	0,00100	SM 3030 E/SM 3113 B	0,09031	0,0218	0,00706	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	97,6	101,6	93,51	89,93	87,65	101,3
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	0,098	0,394	< 0,05	0,311	< 0,05
Sabor	N.A	N.A.						
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	0,792	< 0,05	< 0,05	26,1	< 0,05
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	< 10	< 10	< 10	< 10	52	10
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Suspendidos Totales	6	SM 2540 D	21	12	< 6	30	7	11
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	30	18	11	41	63	26
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	26,82	24,84	24,9	27,8	26,7	26,8
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	13,2	3,58	3,54	4,81	1,17	10,8
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,03	< 0,03	0,038	< 0,03	0,134	< 0,03
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,00400	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,1	0,7
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
BTEX	0,005	EPA 5021 ⁹ /EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,00017 6	EPA 8081 B	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,00004 7	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-90 Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Ocupaciones de Cauce. Temporada Seca

Parámetro	LC	Método	OCP_01	OCP_02	OCP_03	OCP_04	OCP_06	OCP_07	OCP_08
			MN348437	MN349153	MN348685	MN349150	MN347700	MN347291	MN349663
Acidez	5,00	SM 2310 B	11,9	10,2	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	<6,040	<6,040	<6,040	<6,040	<6,040	16,4	14,3
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	16,4	14,3
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100

Parámetro	LC	Método	OCP_01	OCP_02	OCP_03	OCP_04	OCP_06	OCP_07	OCP_08
			MN348437	MN349153	MN348685	MN349150	MN347700	MN347291	MN349663
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,1	0,241	0,137	0,212	1,78	2,66	1,58
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl ⁻ B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 31113B	<0,00100	0,00102	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	201	300	567	332	22,1	88,2	85,0
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	830	5460	2224	1396	1300	980	8664
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	20,0	18,6	37,9	13,6	20,0	31,4	18,6
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	10,57	8,57	7,85	19,53	68,3	79,3	17,91
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO ₅	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	5,22	13,9	9,92	15,7	5,58	29,8	9,56
Dureza Cálcica	5,0000	SM 3500 Ca B	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	7,56	8,75	7,56
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	11,5	13,7	11,5
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B , E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	<0,200	0,569	<0,200	<0,200	0,781	0,496	0,421
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,370	<0,2	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	0,946	3,92	1,23	1,87	1,90	0,721	1,94
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	0,137	0,223	0,125	0,217	0,643	1,03	1,10
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	0,0139
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptable						
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	6,73	4,25	6,13	7,01	7,4	7,49	8,60
pH	N.A	SM 4500 H+B	5,91	6,82	7,68	5,88	7,48	6,93	7,73
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00100	0,0448	0,00984	<0,00100	0,00258	<0,00100	<0,00100

Parámetro	LC	Método	OCP_01	OCP_02	OCP_03	OCP_04	OCP_06	OCP_07	OCP_08
			MN348437	MN349153	MN348685	MN349150	MN347700	MN347291	MN349663
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	83,1	54,0	68,3	92,6	102,8	106,2	113,7
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	0,186	0,299	<0,125	0,294	0,793	0,741	0,786
Sabor	N.A	SM 2160	Aceptable						
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	0,313	0,348	0,518	0,463	3,21	2,30	2,18
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	24,0	26,0	16,0	26,0	24,0	10,0	32,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Suspendidos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	26,0	32,0	20,0	28,0	28,0	14,0	36,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	<5,0	8,79	30,1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	26,4	25,6	24,9	25,9	29,9	29,2	29,9
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	4,0	6,4	7,7	4,2	5,1	6,5	5,2
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,106
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	3,00
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,0004	EPA 3535A- EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LC	Método	OCP_09	OCP_10	OCP_11	OCP_13	OCP_15	OCP_16	OCP_18
			MN347699	MN349875	MN348192	MN348197	MN348434	MN349660	MN348500
Acidez	5,00	SM 2310 B	<5,00	7,70	13,9	7,25	47,7	<5,00	10,7
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	7,43	<6,040	<6,040	<6,040	9,55	8,49	<6,040
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	1,90	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,50
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	7,43	<6,04	<6,04	<6,04	9,55	8,49	<6,04

Parámetro	LC	Método	OCP_09	OCP_10	OCP_11	OCP_13	OCP_15	OCP_16	OCP_18
			MN347699	MN349875	MN348192	MN348197	MN348434	MN349660	MN348500
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	0,556	0,419	0,238	0,189	0,247	0,874	0,169
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111B	<0,00100	<0,00100	0,00146	<0,00100	0,00174	<0,00100	0,00141
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	20,0	1220	350	52,0	155	35,0	181
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	1119	5830	2755	1733	1017	1300	712
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	25,0	20,7	22,1	52,9	20,7	20,0	9,29
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	68,5	12,36	11,95	9,52	11,32	67,6	11,23
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO ₅	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	<5,00	12,1	27,3	17,9	<5,00	16,8	<5,00
Dureza Cálcica	5,0000	SM 3500 Ca B	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	6,17	5,36	<5,00	<5,00	5,77	7,16	<5,00
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B , E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	0,105	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	<0,0700	0,172	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	0,705	0,569	0,355	<0,200	<0,200	0,358	0,355
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	0,366	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	1,79	4,83	2,51	1,71	3,81	1,33	3,01
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	0,406	0,404	0,346	0,268	0,975	0,490	0,233
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	0,373	0,147	<0,100	0,109	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608	<0,00608
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptable						
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	6,52	5,09	4,26	7,30	3,6	6,95	5,67
pH	N.A	SM 4500 H+B	6,67	6,76	6,86	6,60	5,62	7,14	7,55
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500

Parámetro	LC	Método	OCP_09	OCP_10	OCP_11	OCP_13	OCP_15	OCP_16	OCP_18
			MN347699	MN349875	MN348192	MN348197	MN348434	MN349660	MN348500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	0,00612	<0,00100	<0,00100	0,00135	0,00196	<0,00100	0,00123
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	85,5	69,4	51,4	93,1	48,4	88,0	68,3
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	0,742	0,973	0,890	0,524	0,430	0,930	0,287
Sabor	N.A	SM 2160	Aceptable						
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	1,65	0,840	2,06	1,23	0,660	1,97	0,469
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	16,000	58,0	24,0	22,000	28,0	34,0	12,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Suspendidos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	38,5	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	18,0	98,0	32,0	28,0	36,0	42,0	14,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	26,8	28,8	24,8	25,2	27,3	24,9	23,2
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	4,3	72	11	3,9	5,5	3,8	4,2
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	0,121	0,193	0,116	0,112	0,106	<0,100	<0,100
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,0004	EPA 3535A- EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LC	Método	OCP_21	OCP_22	OCP_30	OCP_32	OCP_33	OCP_34
			MN347524	MN348174	MN349154	MN347525	MN347519	MN347518
Acidez	5,00	SM 2310 B	<5,00	22,6	<5,00	6,74	9,81	5,71
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	18,0	23,9	<6,040	12,7	56,8	<6,040
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	18,0	23,9	<6,04	12,7	56,8	<6,04

Parámetro	LC	Método	OCP 21	OCP 22	OCP 30	OCP 32	OCP 33	OCP 34
			MN347524	MN348174	MN349154	MN347525	MN347519	MN347518
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	3,67	0,955	0,226	0,845	11,0	0,505
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl ⁻ B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 31113B	<0,00100	0,0122	0,00114	0,00363	<0,00100	0,00255
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	535	410	41,0	294	482	397
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	3441	10540	471	2723	3873	3076
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	17,9	27,1	22,1	47,1	25,7	15,7
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	46,8	95,3	46,4	27,3	301	87,7
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO ₅	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	7,62	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	6,66	9,20	7,75	13,5	29,1	5,58
Dureza Cálcica	5,0000	SM 3500 Ca B	10,1	<5,00	<5,00	7,56	32,2	<5,00
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	14,5	26,7	<5,00	10,7	49,3	5,37
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B, E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,140	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	<0,0700	0,0745	<0,0700	<0,0700	0,723	<0,0700
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	<0,200	0,289	0,976	<0,200	0,502	<0,200
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	<0,2	<0,2	0,366	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	2,34	3,92	1,48	5,43	2,24	2,59
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	1,08	1,13	0,213	0,705	2,74	0,434
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	6,66	<0,100	0,872	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D						
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂						
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,494	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	6,14	4,24	7,99	5,16	3,08	5,45
pH	N.A	SM 4500 H+B	7,62	6,79	7,89	7,06	7,29	5,15
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00100	<0,00100	0,0215	0,00338	<0,00100	0,00189
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	89,7	54,7	104,6	66,4	40,5	71,2
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	0,621	4,21	0,312	2,46	2,57	0,455
Sabor	N.A	SM 2160	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Parámetro	LC	Método	OCP_21	OCP_22	OCP_30	OCP_32	OCP_33	OCP_34
			MN347524	MN348174	MN349154	MN347525	MN347519	MN347518
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	2,47	14,9	0,518	3,77	11,8	2,36
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	20,0	34,0	24,0	24,0	80,0	12,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	0,1	<0,1	0,1	0,3	0,1	<0,1
Sólidos Suspensos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	14,5	<10,0	18,5	15,0	16,5
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	22,0	50,0	26,0	44,0	96,0	30,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	<5,0	5,37	<5,0	<5,0	38,3	<5,0
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	25,5	25,3	27,3	27,7	26,9	26,2
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	8,7	10	4,7	24	8,4	22
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	<0,100	<0,100	0,102	0,104	<0,100	<0,100
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,0004	EPA 3535A- EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Temperatura y Oxígeno

✓ Temporada Lluviosa

En los puntos destinados para las Ocupaciones de Cauce, la temperatura estuvo entre los 24,43°C y los 32,4°C. Las dos temperaturas más altas, 30,71°C (OCP_05) y 32,4°C (OCP_08), pueden estar asociadas a la hora de la toma de la muestra (13:00), que corresponde al momento del día con mayor radiación solar. Durante el mes de diciembre, en esta zona de la país fueron reportadas anomalías que oscilaron dentro de la normalidad (+/- 0,5°C), esto, teniendo en cuenta que durante el mes de diciembre, las condiciones oceánicas y atmosféricas se mantuvieron dentro de los umbrales de La Niña, lo que permite establecer que durante este mes, las variaciones climáticas del país estuvieron moduladas por las perturbaciones de la escala intra-estacional y la evolución del Fenómeno de La Niña (IDEAM, 2023). La variación registrada para este parámetro se encuentra dentro de los rangos normales de la zona, por lo que se destaca afectación térmica en los sistemas hídricos evaluados.

Las concentraciones de oxígeno obtenidas durante la temporada de lluvias tuvieron límites de 4,37 mg/L y 7,66 mg/L. OCP_10 (4,37 mg/L) y OCP_31 (4,86 mg/L) fueron los puntos con los niveles más bajos de oxígeno. Estos cuerpos se caracterizaron por presentar un bajo caudal (OCP_10, 49,9L/s) y niveles bajos de agua (OCP_31) factores que afectan directamente el intercambio gaseoso de la superficie del agua con la atmósfera. Sin embargo, ninguno de estos puntos se encuentra por debajo del límite de artículo 2.2.3.3.9.10 del decreto 1076 del 2015, 4,0 mg/L, por lo que los dos sistemas cumplen con el estamento para la preservación de fauna y flora (**Figura 3.2.5-20**). El punto OCP_33

cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Temporada Seca**

Los registros de Temperatura variaron entre los 23,2°C y 29,9°C. Las más bajas fueron detectadas en OCP_18 (23,2°C) y OCP_11 (24,8°C). Los máximos térmicos para los sistemas de Ocupación de Cauce fueron los de OCP_06 y OCP_08, ambos con un registro de 29,9°C. Las temperaturas más bajas pueden estar asociadas a la hora de la toma de la muestra, que se ejecutaron a las 8:45 am y 8:05 am, respectivamente, franja horaria en la que no se ha alcanzado el máximo nivel de radiación solar en la zona. Las temperaturas más altas fueron detectadas en el Caño El Caibe (OCP_06 y OCP_08), en horarios con alta radiación solar, entre las 11:40 am y 12:25m. En el caño se observó un flujo base de corriente, sin olores ofensivos o capas iridiscentes, se estableció influencia de actividades de pastoreo y presencia de asentamientos humanos. Durante el mes de febrero, en esta zona del país, las anomalías de la temperatura media oscilaron dentro de la normalidad (+/- 0,5°C) (IDEAM, 2023), por lo que se descarta la influencia de cualquier fenómeno climático sobre el comportamiento térmico de los puntos evaluados.

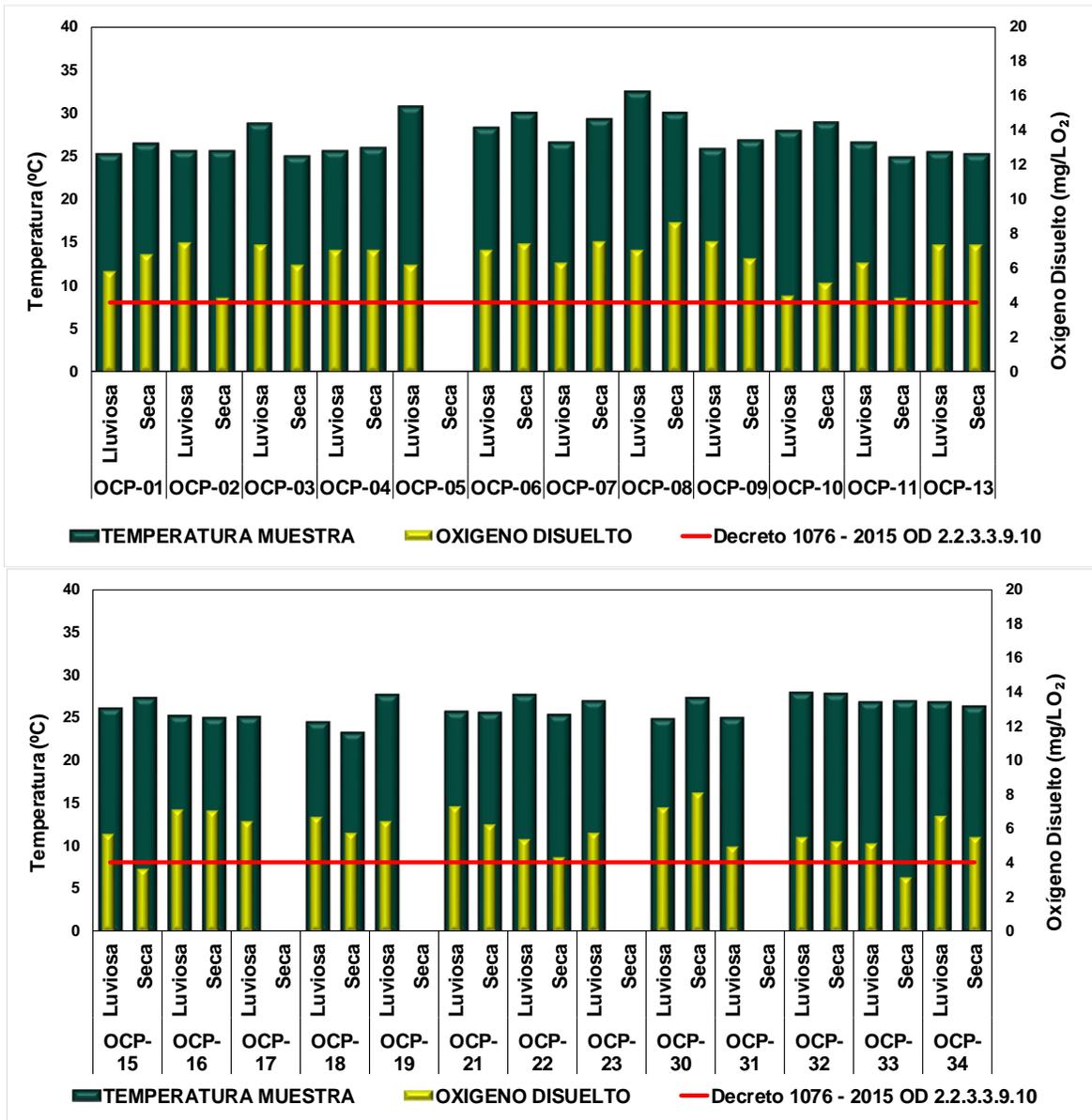
Los niveles de oxígeno oscilaron entre 3,08 mg/L y 8,6 mg/L. Con los mínimos en OCP_33 (3,08 mg/L) y OCP_15 (3,6 mg/L) y los máximos en OCP_30 (7,99 mg/L) y OCP_08 (8,06 mg/L). OCP_15 fue reportado como un sistema hídrico sin flujo base de corriente, con afectaciones por paso vehicular y animal constante. El proceso de re-aireación permite que el oxígeno del aire se disuelva en la superficie del agua (ca.gov), por lo que, la falta de flujo de corriente puede disminuir la cantidad de oxígeno disuelto y explicaría, en parte el bajo nivel reportado en este punto. En OCP_33 o Caño Mayuga, también se reportó un flujo bajo de corriente aunado a que el sistema hídrico recibe vertimientos de aguas residuales y se encuentra bajo la influencia de actividades ganaderas. La llegada de aguas residuales al sistema produce una oxidación de sustancias, que incrementan la DBO₅ y la DQO y disminuye la cantidad de oxígeno disuelto. Las concentraciones mínimas referidas se ubican por debajo del límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10, de 4,0 mg/L, por lo que estos puntos no cumplen con lo requerido para la preservación de la fauna y la flora (**Figura 3.2.5-20**). El punto OCP_33, tampoco cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso no podrá ser destinado a uso agrícola.

✓ **Multitemporal**

La temperatura no registró variaciones significativas a lo largo de las temporadas evaluadas. El promedio durante la época de lluvias fue de 26,70°C y el de la época seca fue de 26,58°C, como consecuencia de que la temperatura más alta fue registrada para la primera época, con 32,4°C en OCP_08, valor que incrementó la ponderación para esta campaña. La amplitud para la temporada de lluvias fue de 7,97°C y en la seca fue de 6,7°C. Estos datos reflejan la influencia de las anomalías térmicas, reportadas para la zona de estudio, ya que, difieren de la homogeneidad en la temperatura reportada para los llanos del Orinoco, que según Bustamante y compañía (2013) cuenta con una amplitud de 5°C y un mínimo de 19,0°C. En términos generales se puede concluir que la temperatura media es estable y la amplitud de las oscilaciones entre período seco y de lluvias, no supera el 1,27°C. Esto quiere decir que las variaciones en temperatura se encuentran asociadas a las condiciones climatológicas de la zona y morfología de los sistemas hídricos evaluados que, durante los meses de muestreo, estuvieron influenciados por las condiciones climáticas y oceanográficas de La Niña, descartando impactos térmicos sobre el recurso.

El promedio del oxígeno fue más alto durante la temporada de lluvias, 6,34 mg/L, en comparación con el de la temporada más seca, 5,95 mg/L, comportamiento que se explica a partir del principio que establece que las moléculas de agua retienen una mayor cantidad de oxígeno a temperaturas más bajas, sumado a la interrupción en los procesos de re-aireación en las fuentes hídricas como consecuencia del bajo flujo de corriente reportado en algunos de los puntos evaluados durante la época seca y que disminuyen la cantidad de oxígeno disueltos en el agua.

Figura 3.2.5-20 Temperatura y Oxígeno disuelto en puntos de Ocupaciones de Cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ pH

✓ **Temporada Lluviosa**

La medición del pH en cuerpos de agua superficial destinados a ocupaciones de cauce arrojaron concentraciones de hidrogeniones comprendidas entre las 5,25 Unidades y 7,84 Unidades, valores que se encuentran dentro del rango que no tiene efectos sobre la fisiología y supervivencia de los peces e insectos acuáticos (Beita & Barahona, 2011). OCP_13 (7,07 unidades) y OCP_09 (7,84 unidades) se consolidaron como las únicas fuentes de agua básica, los puntos restantes se clasificaron como fuentes de agua ácidas, con valores entre las 5,25 unidades y 6,87 Unidades, las variaciones observadas pueden atribuirse a procesos naturales como la composición geoquímica del suelo (Orjuela, Saldarriaga, García, & Wilches, 2010). Con respecto a los límites establecidos por la norma, se tiene que todos los registros se ubican por encima del límite mínimo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 (4,5), es decir, son aptas para ser usadas en actividades de riego y otras relacionadas con tal práctica, así como también para actividades relacionadas con la preservación de fauna y flora. Sin embargo, respecto al artículo 2.2.3.3.9.4 se establece que, salvo OCP_03 (6,85 unidades); OCP_06 (6,7 unidades); OCP_08 (6,76 unidades); OCP_09 (7,84 unidades); OCP_13 (7,07 unidades); OCP_16 (6,87 unidades); OCP_21 (6,81 unidades) y OCP_32 (6,81 unidades), todos los puntos se encuentran por debajo de las 6,5 unidades propuestas como límite mínimo, lo que indica que estas aguas no son aptas para ser destinadas al consumo humano y uso doméstico (**Figura 3.2.5-21**). El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Temporada Seca**

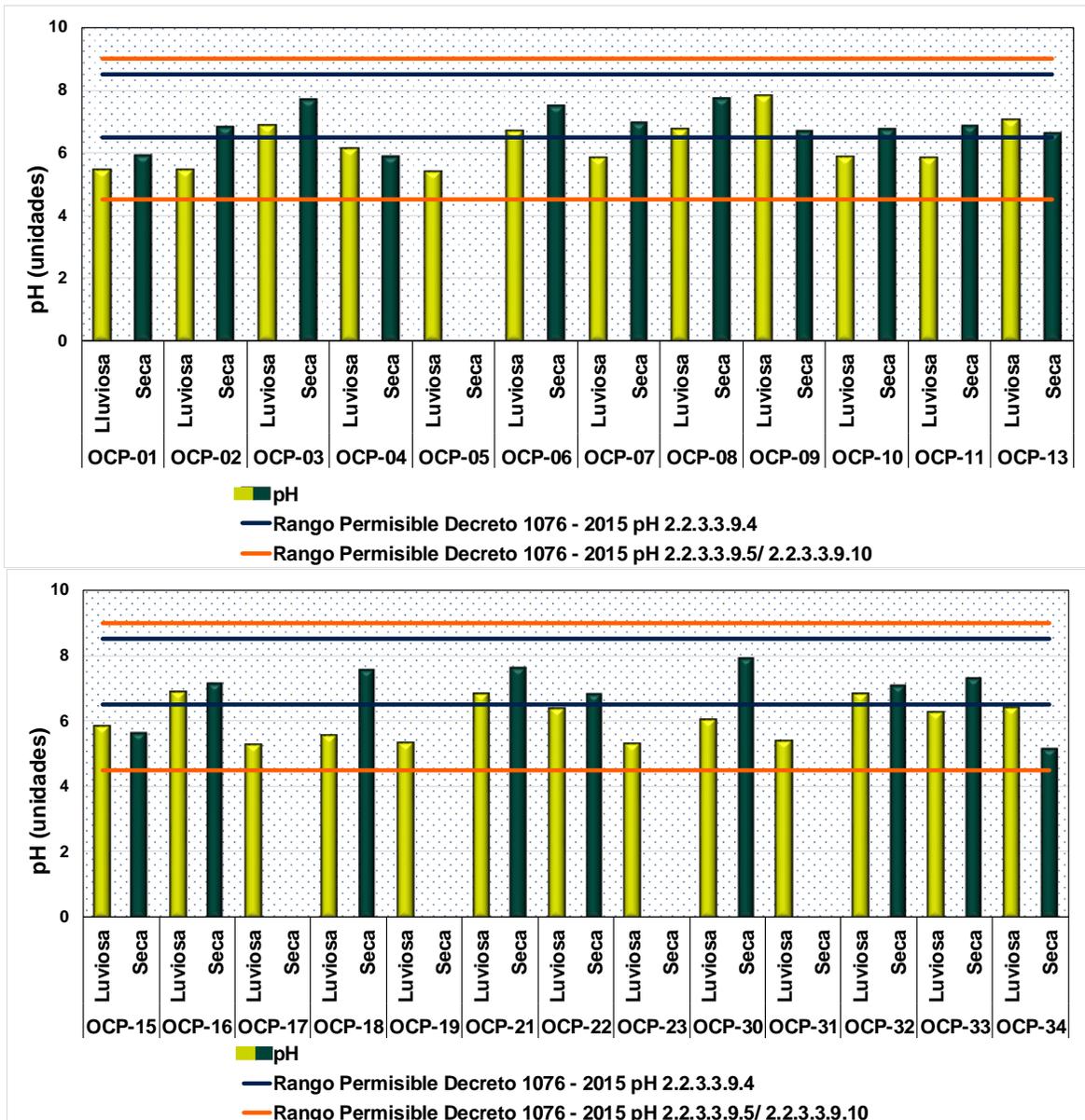
Los valores de pH, registrados en unidades, se movieron dentro del rango de los 5,15 y 7,89. Las fuentes con tendencia a la acidez fueron OCP_34 (5,15 Unidades); OCP_15 (5,62 Unidades); OCP_04 (5,88 Unidades); OCP_01 (5,91 Unidades); OCP_09 (6,67 Unidades); OCP_10 (6,76 Unidades); OCP_22 (6,79 Unidades); OCP_02 (6,82 Unidades); OCP_11 (6,86 Unidades) y OCP_07 (6,93 Unidades); todos estos valores son superiores a las 4,5 unidades instauradas en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, por lo que el recurso de estos cauces podrá ser destinado a actividades agrícolas y también es apto para la preservación de la fauna y flora. Sin embargo, los puntos OCP_01; OCP_04; OCP_15 y OCP_34 marcaron registros inferiores a las 6,5 Unidades establecidas como límite mínimo permitido para la destinación del recurso al uso doméstico y consumo humano (**Figura 3.2.5-21**). Adicionalmente, al encontrarse por fuera del límite de las 6,0 unidades propuestas por Beita y Barahona (2011), los valores de pH de estos afluentes podrían ser indicativos de procesos de contaminación activos que pueden estar interfiriendo con diferentes procesos biológicos, limitando el desarrollo y la fisiología de la hidrobiota y la biota humana. El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Multitemporal**

La ponderación del pH en temporada de lluvias fue de 6,12 unidades y la de la temporada seca fue de 6,81 unidades, comportamiento que indica que, durante la época de precipitaciones, el recurso de estas fuentes hídricas tiende hacia la acidez y que es consecuencia directa de llegada de lixiviados de aniones a los sistemas de agua superficial, provenientes de los cultivos de palma y las actividades ganaderas registradas en esta zona (**Tabla 3.2.5-11**). Las asociaciones entre cationes, como el calcio; el magnesio y el potasio, con nitratos; bicarbonatos; sulfatos y otros aniones orgánicos, generan un exceso de iones H⁺ que, por escorrentía, llegan a los sistemas hídricos superficiales y los acidifican.

En términos generales, el agua de estos cauces fue ligeramente más ácido durante la época de lluvias, con una variación inter-estacional de 0,75 Unidades, indicando estabilidad en el comportamiento de esta variable. En la época de lluvias OCP_01; OCP_02; OCP_04; OCP_05; OCP_07; OCP_10; OCP_11; OCP_15; OCP_17; OCP_18; OCP_19; OCP_22; OCP_23; OCP_30; OCP_31; OCP_33 y OCP_34 no fueron aptas para la destinación para el consumo humano o uso doméstico, mientras que, bajo el mismo rigor para la temporada seca, no lo fueron los puntos OCP_01; OCP_04; OCP_15 y OCP_34, puntos que reportaron pH ácido para las dos temporadas evaluadas (Figura 3.2.5-21).

Figura 3.2.5-21 pH en puntos de Ocupaciones de Cauce



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Conductividad y Sólidos Disueltos**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los registros de conductividad en estos puntos, en $\mu\text{S/cm}$, estuvieron entre indetectables ($<0,1$) y 123,5. La variación de este parámetro, se presenta en la **Figura 3.2.5-22**, los registros se catalogan como normales, al encontrarse dentro del rango estipulado para la mayoría de las aguas dulces ($10 \mu\text{S/cm}$ - $350 \mu\text{S/cm}$). Exceptuando a OCP_33 ($123,5 \mu\text{S/cm}$), sistema hídrico eutrófico o de alta producción, todos los puntos contaron con conductividades por debajo de $100 \mu\text{S/cm}$, lo que permite calificarlos como cuerpos de agua de mineralización muy débil. Las diferencias observadas pueden ser producto de las condiciones geológicas y de lavado de las zonas adyacentes a cada punto (Beita & Barahona, 2011).

Con respecto a los sólidos disueltos, las concentraciones se ubicaron entre los $<10,0 \text{ mg/L}$ y los 52 mg/L . Los puntos con registros para este parámetro fueron OCP_34 ($10,0 \text{ mg/L}$); OCP_33 ($52,0 \text{ mg/L}$); OCP_21 (14 mg/L); OCP_08 ($16,0 \text{ mg/L}$) y OCP_06 y OCP_07 ($15,0 \text{ mg/L}$). En OCP_33 se reporta un paso vehicular y actividad ganadera, factores que incrementan la carga de sólidos sobre el sistema (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). En este punto coinciden los valores máximos para estos dos parámetros **Figura 3.2.5-22**. Estas variables no están reguladas en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Temporada Seca**

La conductividad registró valores entre $7,85 \mu\text{S/cm}$ y $301 \mu\text{S/cm}$. Las más bajas se detectaron en OCP_03 ($7,85 \mu\text{S/cm}$) y OCP_02 ($8,57 \mu\text{S/cm}$). El máximo de la época fue del punto OCP_33, antecedido por los puntos OCP_22 ($95,3 \mu\text{S/cm}$) y OCP_34 ($87,7 \mu\text{S/cm}$) (**Figura 3.2.5-22**). Estos valores se catalogan como normales, al encontrarse dentro del rango estipulado para la mayoría de aguas dulces ($10 \mu\text{S/cm}$ - $350 \mu\text{S/cm}$). Exceptuando a OCP_33, todos los puntos contaron con conductividades por debajo de $100 \mu\text{S/cm}$, lo que permite calificarlos como cuerpos de agua de mineralización muy débil ($< 100 \mu\text{S/cm}$), las diferencias observadas pueden ser producto de las condiciones geológicas y de lavado de las zonas adyacentes a cada punto (Beita & Barahona, 2011).

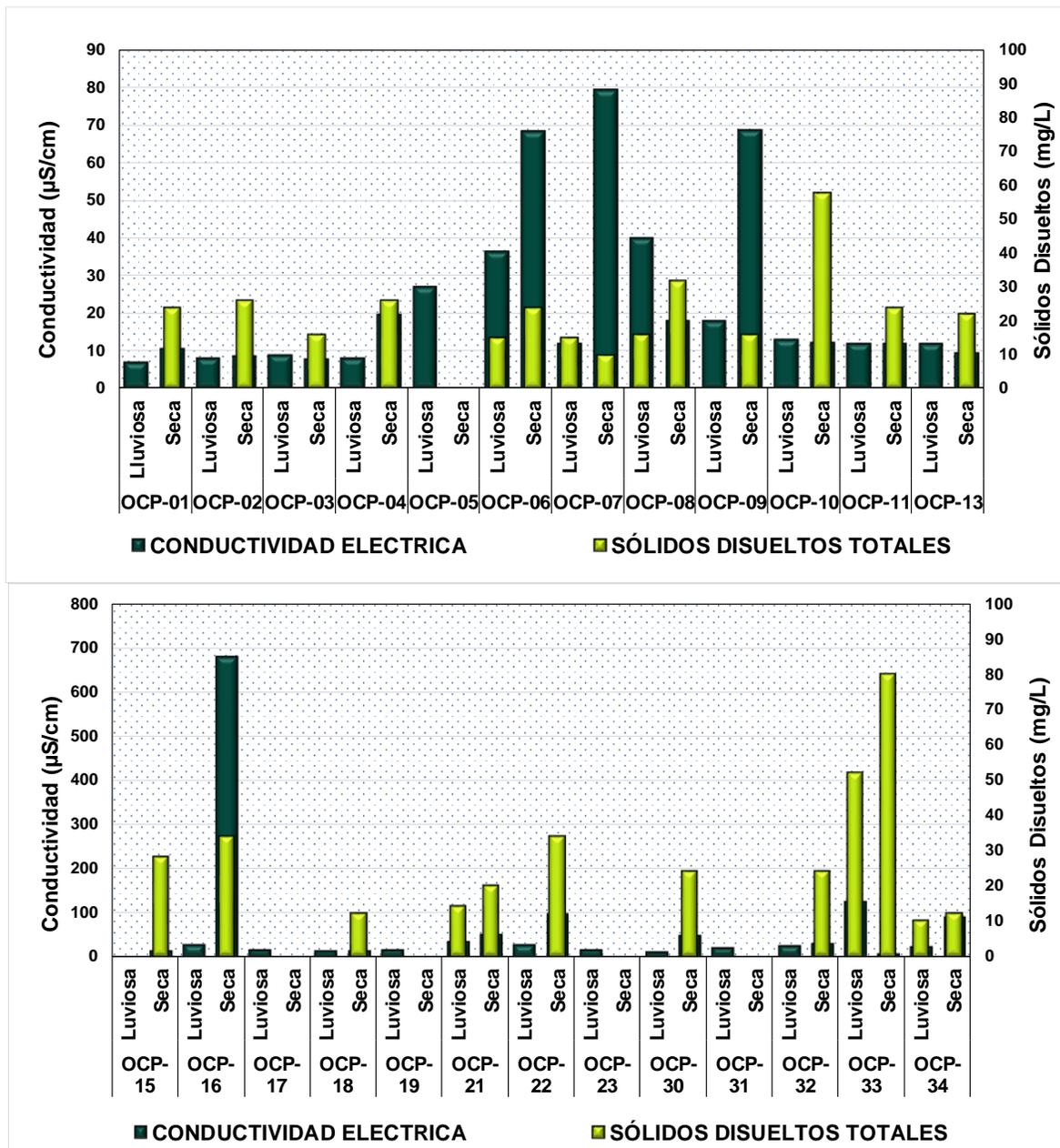
Los sólidos disueltos se ubicaron dentro de un rango comprendido entre los $10,0 \text{ mg/L}$ y $80,0 \text{ mg/L}$. El máximo valor, reportado en OCP_33 se encuentra asociado a las descargas de aguas residuales que recibe este sistema lótico y coincide con el valor máximo de conductividad, lo que respalda la relación entre estas dos variables indicadas en Beita & Barahona (2011) y que explica que la conductividad, al entenderse también como la capacidad del agua de conducir corriente, es altamente sensible a las oscilaciones de los sólidos disueltos. Estas variables no cuentan con límites dentro de la norma.

✓ **Multitemporal**

La conductividad fue comparativamente más alta durante la temporada seca ($27,3 \mu\text{S/cm}$) que durante la temporada lluviosa ($21,62 \mu\text{S/cm}$). Tanto para la temporada Lluviosa, como para la seca, OCP_33 calificó como sistema hídrico eutrófico o de alta producción, al contar con una conductividad superior a los $60 \mu\text{S/cm}$ (Roldán, 1992). Las diferencias anotadas entre las conductividades de las dos épocas hidrológicas se pueden relacionar con el comportamiento de los caudales dado que estas dos variables son inversamente proporcionales, es decir que, durante la temporada seca, al bajar los caudales se incrementa la concentración de sales en los cuerpos de agua, lo que se traduce en mayores conductividades (**Figura 3.2.5-22**).

Los sólidos disueltos obtuvieron ponderaciones de 4,88 mg/L en época de lluvias y de 27,3 mg/L en época seca, indicando una tendencia creciente durante esta última, correspondiendo al comportamiento de la conductividad y ratificando una relación directa entre estos dos parámetros. La alta cantidad de sólidos disueltos durante la temporada seca obedece a la disminución de los caudales y al efecto de agentes externos que funcionan como aportantes de iones que contribuyen al alza de la conductividad, tales como la llegada de material a los cauces por la deforestación y la descarga de afluentes en estos puntos.

Figura 3.2.5-22 Conductividad y Sólidos Disueltos. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Olor y Sabor**

✓ **Temporada Lluviosa**

El recurso de todos los puntos evaluados fue calificado "*Sin Sabor*". El recurso de los puntos de Ocupación de Cauce fue calificado como "*Inodoro*" en la totalidad de cauces evaluados. El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Temporada Seca**

El olor y el sabor calificaron como "*Aceptables*" en todos los puntos evaluados para la Ocupación de Cauce. El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Multitemporal**

Los parámetros organolépticos del Olor y el Sabor no sufrieron cambios a lo largo de las temporadas evaluadas, presentando condiciones de Sin Sabor, Inodoros y Aceptables en la totalidad de las fuentes hídricas valoradas.

➤ **Cloruros**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los niveles de estos compuestos marcaron por debajo del límite de detección, <5,0 mg/L, en la mayoría de los puntos, exceptuando a OCP_33, que marcó un registro de 5,1 mg/L, niveles relacionados con los vertimientos de aguas residuales al sistema, pero que no superan el límite máximo de 250 mg/L, dispuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso es apto para destinarse al uso doméstico y consumo humano.

✓ **Temporada Seca**

Los niveles de cloruros reportados durante la última temporada de monitoreos se ubicaron por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos (<9,9 mg/L), concentraciones que no superan los límites de la normatividad, establecidos en 250 mg/L y permite que estas aguas se destinen para consumo humano y uso doméstico, de acuerdo al artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones de cloruros se mantuvieron bajo los límites de detección durante las dos épocas evaluadas, exceptuando el punto OCP_33 en época lluviosa, lo que indica que el uso del recurso de las cuencas destinadas para ocupaciones de cauce, en cuanto a este parámetro, no representa riesgos para el uso doméstico o consumo humano. La ausencia de compuestos formados a partir de este elemento permite afirmar que estos sistemas hídricos, a excepción de OCP_33, no están siendo afectados por vertimientos de origen doméstico, especialmente los que contienen orina humana o animal, por lo que no se estarían generando interrupciones en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, en lo que respecta al mantenimiento de la presión osmótica, crecimiento y reproducción (Beita & Barahona, 2011).

➤ **Sulfatos**

✓ **Temporada Lluviosa**

Para los Sulfatos se reportaron registros por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada (<5,00 mg/L) en la totalidad de los puntos, esta tendencia permite afirmar que los niveles de sulfatos en los puntos destinados para Ocupación de cauce, se encuentran dentro del rango de las aguas naturales no contaminadas y que tampoco superan el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de este sistema es apto para consumo humano y uso doméstico.

✓ **Temporada Seca**

Los registros para sulfatos fueron indetectables (<5,0 mg/L), en la mayoría de puntos, exceptuando a OCP_22 (5,37 mg/L); OCP_02 (8,79 mg/L); OCP_03 (30,1 mg/L) y OCP_33 (38,3 mg/L). Los registros de estos puntos corresponden a concentraciones reportadas para aguas naturales no contaminadas, al estar dentro del rango de los 2 mg/L hasta los 80 mg/L y, además, no superan el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de estos cauces es apto para consumo humano y uso doméstico.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones detectadas durante el tiempo seco (promedio: 4,12 mg/L) fueron significativamente más altas que las de la época de lluvias (promedio: 0,21 mg/L), situación explicada por las disminuciones en los caudales que generan incremento en las concentraciones de sales en todas las corrientes hídricas esto, sumado a que las descargas de aguas residuales y escorrentías con trazas de fertilizantes y detergentes siguen cargando las corrientes que, en tiempo seco, contienen menos agua para diluirlos. Durante los dos tiempos evaluados, ninguno de los puntos superó el máximo normativo de 400 mg/L, por lo que el recurso es recomendable para su uso doméstico y consumo humano, de acuerdo con lo registrado en el Decreto 1076 del 2015.

➤ **Sólidos suspendidos totales (SST); Sólidos sedimentables; Sólidos suspendidos orgánicos; Turbiedad y Sólidos Totales (ST).**

✓ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones de SST estuvieron dentro de los límites indetectables (<6,00 mg/L) y 307 mg/L. Los indetectables fueron reportados en OCP_04; OCP_07; OCP_08; OCP_09; OCP_11; OCP_16; OCP_17; OCP_18; OCP_22 y OCP_31. Los niveles más altos correspondieron a los puntos OCP_05 (307 mg/L) y OCP_10 (100 mg/L). En este último se reportan actividades ganaderas y la presencia de una vía con flujo vehicular constante, mientras que, en OCP_05 convergen actividades de pastoreo, paso animal, una alcantarilla y un puente, todas estas afectaciones sobre los cauces que incrementan la cantidad de sólidos sobre las corrientes (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Salvo en los puntos en los que estos sólidos fueron indetectables y OCP_33 (7,0 mg/L); OCP_01, OCP_02 y OCP_15 (8,0 mg/L), este material en suspensión se encuentra interfiriendo con la producción primaria de estos sistemas hídricos, al contar con concentraciones superiores a los 8 mg/L. Los valores obtenidos son indicio de cambios hidrológicos en las corrientes, relacionados con la erosión, vertimientos y con extracción de material de arrastre, situaciones reportadas en los diferentes puntos evaluados (**Tabla 3.2.5-45**).

La turbiedad se ubicó entre los 0,04 UJT y 2,84 UJT. El punto con el registro más bajo correspondió a OCP_19, mientras que los sistemas con turbiedades más altas fueron OCP_05 (2,84 UJT) y

OCP_21 (2,46 UJT). El punto de máxima turbiedad coincide con el de la más alta concentración de sólidos suspendidos, sin embargo, ninguno de los puntos excede el límite de 10UJT propuesto en el artículo 2.2.3.3.9.4, por lo que estas aguas son aptas para el consumo humano o uso doméstico.

Los sólidos sedimentables se ubicaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,1 mg/L) en la mayoría de puntos, con excepción de OCP_23 (0,1 mg/L) y OCP_19 (1,0 mg/L). En el punto de máxima concentración de este material sedimentable se reporta actividad ganadera y actividades de captación del recurso, situaciones que tienen incidencia directa sobre este parámetro. Por último, los sólidos totales, oscilaron entre los niveles indetectables (<7,0 mg/L) y los 318 mg/L. Los niveles más altos de sólidos fueron registrados en OCP_10 (106 mg/L) y OCP_05 (318 mg/L). OCP_10 y OCP_05 corresponden a los sistemas hídricos con mayor concentración de sólidos suspendidos (**Figura 3.2.5-23**) y totales registraron, asociada a las actividades registradas en las zonas aledañas.

✓ **Temporada Seca**

Los niveles de SST fueron indetectables por la técnica analítica empleada (<10,0 mg/L) en la mayoría de puntos, salvo en OCP_22 (14,5 mg/L); OCP_33 (15,0 mg/L); OCP_34 (16,5 mg/L); OCP_32 (18,5 mg/L); OCP_10 (38,5 mg/L). En el punto de máxima concentración no se hizo el aforo de caudal como consecuencia de la falta de flujo basal de corriente, el material en suspensión puede tener origen en el paso del ganado sobre el cauce o la cercanía con la vía que reporta flujo vehicular constante. En los puntos relacionados anteriormente, la concentración de sólidos suspendidos estaría interfiriendo con la producción primaria de estos cauces, al ubicarse por encima de los 8,0 mg/L, según Lloyd (1987). Para la turbiedad, los valores estuvieron entre los 0,20 UJT y los 3,78 UJT. Las mayores turbiedades fueron registradas en OCP_32 (1,27 UJT) y OCP_10 (3,78 UJT), relacionadas con que son puntos de aguas estancadas, con presencia permanente de ganado y tráfico vehicular constante (**Tabla 3.2.5-45**). Estos impactos sobre la corriente tienen incidencia directa sobre la turbidez del agua incrementándola conforme se mantienen estas actividades. Sin embargo, ninguno de los valores de turbidez reportados para los puntos de Ocupación de Cauce superan los 10 UJT establecidos como límite máximo en el artículo 2.2.3.3.9.4, concerniente a la destinación de las aguas para consumo humano y uso doméstico.

Los sólidos sedimentables se ubicaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,1 mg/L) en la mayoría de puntos, con excepción de OCP_02; OCP_21; OCP_30; OCP_33 (0,10 mg/L) y OCP_32 (0,33 mg/L). En OCP_02 se registraron aguas estancadas, paso de ganado, presencia de cultivos de palma y pastizales, así como también paso permanente de trabajadores del cultivo y maquinaria pesada. En OCP_21 se observó paso animal y pastoreo, en OCP_30 hubo actividades de ganadería, está ubicado en cercanías a una vía principal y durante el monitoreo se realizó de forma simultánea, la fumigación de las palmas, en OCP_32, el agua se reportó estancada, paso constante de vehículos y actividad ganadera. Por último, en OCP_33 se registró la llegada de aguas residuales al punto, paso vehicular y animal en el punto.

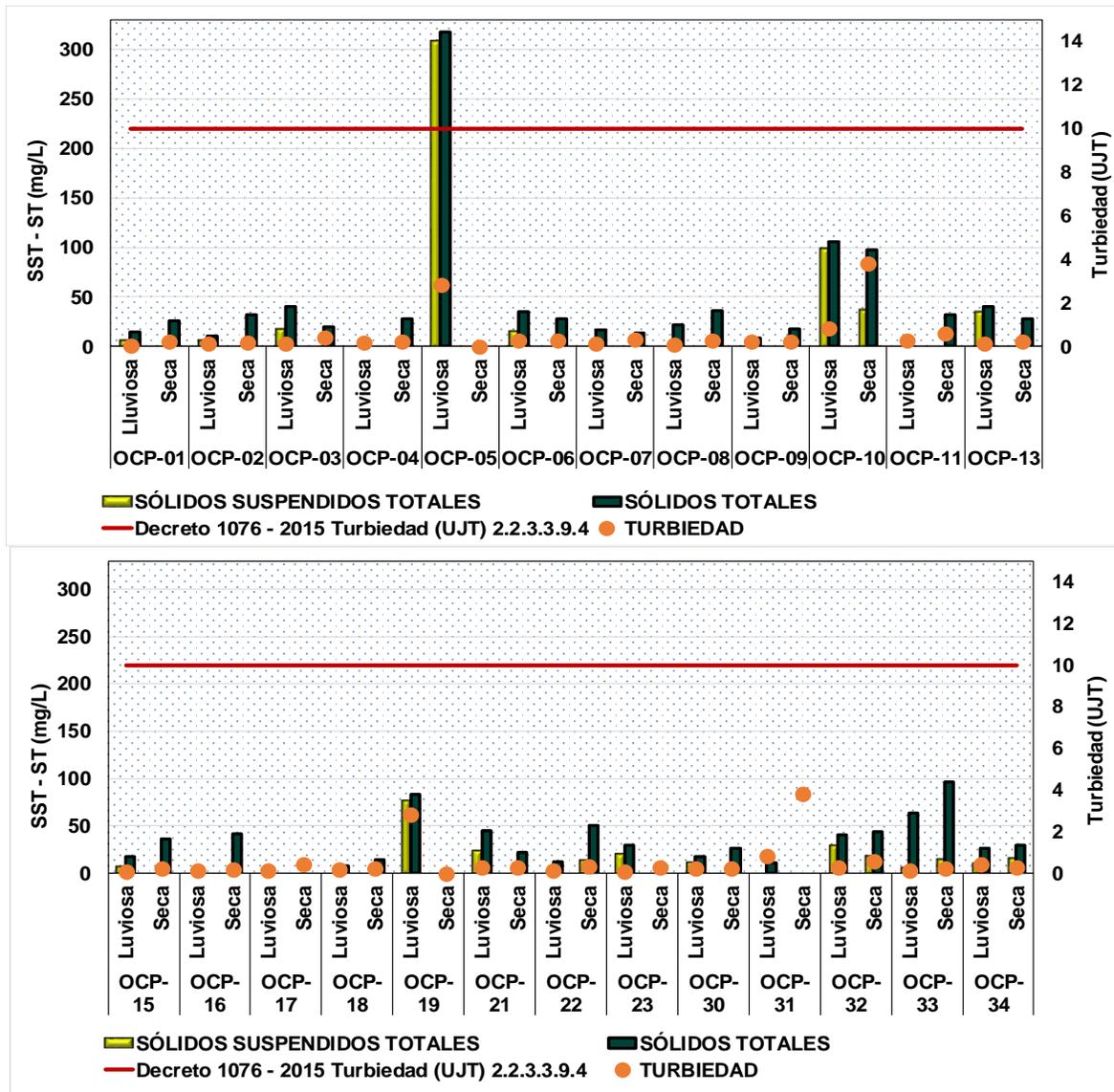
Los sólidos totales tuvieron concentraciones entre los 14,0 mg/L y 98,0 mg/L, con los niveles más altos en OCP_33 (96,0 mg/L) y OCP_10 (98,0 mg/L), por los efectos de los impactos ya descritos. Estos puntos se consolidaron como los que más tipos y cantidad de sólidos reportaron. Los sólidos no cuentan con límites establecidos en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Multitemporal**

Los promedios de SST para las temporadas lluviosa y seca fueron de 26,37 mg/L y 5,15 mg/L, respectivamente. La turbiedad tuvo ponderados de 8,02 UJT y 0,58 UJT, para cada época. Para los sólidos totales, el promedio para lluvias fue de 46,04 mg/L y para seca de 36,0 mg/L. La alta

concentración de estos parámetros durante la primera época está relacionada con que la lluvia funciona como un factor ambiental que tiene un efecto directo sobre la concentración de sólidos suspendidos y la turbiedad esto, debido a que, por escorrentía, la lluvia arrastra sedimentos desde los suelos cercanos y además induce la mezcla dentro de la fuente hídrica, produciendo la re-suspensión de partículas que ya se habían sedimentado. Estos efectos dependen directamente de la fuerza de las lluvias y la profundidad de los cuerpos de agua. Para la temporada de lluvias, en los puntos OCP_03; OCP_05; OCP_06; OCP_10; OCP_13; OCP_19; OCP_21; OCP_23; OCP_30; OCP_32 y OCP_34 y, en temporada seca en OCP_10; OCP_22; OCP_32; OCP_33 y OCP_34, las concentraciones de sólidos suspendidos estarían interfiriendo con la producción primaria de los sistemas hídricos, hasta en un 13%, al superarse los 8 mg/L establecido como máximos permitidos para la continuidad, a tasas normales, de este proceso.

Figura 3.2.5-23 Sólidos Suspendidos Totales, y Turbiedad. Ocupaciones de Cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅); Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

La Demanda Biológica de Oxígeno arrojó resultados indetectables por la técnica analítica empleada, <3,0 mg/L, en la mayoría de puntos, exceptuando OCP_06 (7,15 mg/L); OCP_33 (7,25 mg/L) y OCP_10 (7,45 mg/L). Estos valores clasifican los puntos con contaminación fuerte, según el grado de saprobiedad o presencia de contaminantes de naturaleza orgánica. La DQO se ubicó por debajo del límite de detección (15,0 mg/L) en ocho puntos, en los puntos restantes los registros fueron de OCP_03 (34,5 mg/L); OCP_06 (72 mg/L); OCP_07 (15,9 mg/L); OCP_08 (54,7 mg/L); OCP_10 (73,7 mg/L); OCP_11 (40,3 mg/L); OCP_13 (28,4 mg/L); OCP_15 (37,5 mg/L); OCP_17 (46,5 mg/L); OCP_18 (21,1 mg/L); OCP_19 (27,1 mg/L); OCP_22 (19,4 mg/L); OCP_30 (22 mg/L); OCP_31 (47,9 mg/L); OCP_32 (57,3 mg/L); OCP_33 (79,2 mg/L) y OCP_34 (25 mg/L). Si se tiene en cuenta que conforme se incrementa la DQO, mayor es la contaminación, se tiene que OCP_33, OCP_06 y OCP_10, son los puntos de mayor contaminación por cantidades significativas de materia orgánica resistente (Roldán & Ramírez, 2008). El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

El Carbono Orgánico Total tuvo registros comprendidos entre <2,0 mg/L y 6,1 mg/L. Los puntos con reportes por debajo del límite de cuantificación fueron OCP_22; OCP_16; OCP_15; OCP_09; OCP_05; OCP_04 y OCP_03; los valores máximos se presentaron en OCP_31 (5,76 mg/L) y OCP_17 (6,1 mg/L), la presencia de COT en los sistemas hídricos genera un incremento en el consumo de oxígeno, lo que explica las concentraciones de este gas en estos puntos, que fueron, respectivamente, de 4,86 mg/L y 6,36 mg/L. OCP_31. Las actividades ganaderas y agrícolas reportadas en los márgenes de estos puntos pueden generar un aumento de las descargas ricas en compuestos orgánicos y, a su vez incrementar los niveles de COT. Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Temporada Seca**

Los registros obtenidos por la DBO₅ fueron indetectables (<5,0 mg/L) en la mayoría de los puntos, salvo en OCP_33 (7,62 mg/L), punto en el que las descargas de aguas residuales estarían incrementando el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos para la biodegradación de la materia orgánica contenida en dichos vertimientos y que, además, de acuerdo al grado de saprobiedad, calificaría como sistema hídrico con *contaminación fuerte*. Los niveles de DQO variaron entre indetectables (<5,0 mg/L) en OCP_09; OCP_15 y OCP_18 hasta los 29,8 mg/L en OCP_07, antecedido por OCP_33, con 29,1 mg/L. En el punto de máximo registro, se reportó que el cauce es atravesado por una vía por la que transitan vehículos y maquinaria pesada de forma permanente y, adicionalmente, hay presencia permanente de ganado. Las concentraciones detectadas en los puntos de Ocupación de cauce dan cuenta de afectaciones por presencia de materia orgánica persistente, relacionada con las actividades antrópicas reportadas en cada uno de los cauces. El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola. El COT fue indetectable (<5,0 mg/L) en la totalidad de puntos evaluados, indicando ausencia de afectación por descargas de origen industrial y ricas en compuestos orgánicos. (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Multitemporal**

Los resultados indican que, durante la época lluviosa, el promedio de DBO₅ fue más alto que durante la temporada seca, sin embargo, es importante anotar que la metodología aplicada durante la primera fue más sensible que la ejecutada en la última campaña, esto reflejado en los límites de cuantificación, establecidos en <3,0 mg/L y <5,0 mg/L, respectivamente. A pesar de esto, las concentraciones detectadas en OCP_06; OCP_10 y OCP_33, durante la primera campaña, fueron mayores al límite de cuantificación de la segunda campaña, lo que permite inferir que, en efecto, se cumple la primicia de que la DBO₅ de la temporada de lluvias fue ligeramente superior a la seca. El promedio de la DQO en temporada de lluvias fue de 41,32 mg/L y durante la seca de 13,85 mg/L, aunque también se presentaron diferencias en la sensibilidad de las pruebas aplicadas, ya que durante la primera campaña se manejó un límite de cuantificación de <15,0 mg/L, en comparación con los <5,0 mg/L de la época seca, diferencias que podrían incrementar el número de puntos que registraron para este parámetro durante la temporada lluviosa.

El COT tuvo un promedio de 3,76 mg/L en lluvias e indetectable (<5,0 mg/L) durante la seca, se registró una diferencia en cuanto a la sensibilidad de la prueba, ya que los límites de cuantificación fueron de <2,0 mg/L y <5,0 mg/L, respectivamente, esta disparidad permitiría inferir sobre la posibilidad que se incrementara el número de registros durante la última campaña. Los reportes más altos de estos tres parámetros, durante la temporada de precipitaciones, se explica mediante el hecho de que las lluvias funcionan como vehículos de carga de materia orgánica que por procesos de escorrentía y de arrastre aceleran la llegada de dicho material a los cuerpos de agua. La época de lluvias favorece la descarga de basuras, material vegetal, desechos industriales, domésticos y animales a los afluentes, lo que disminuye las concentraciones de oxígeno por la descomposición de la materia orgánica, elevando los valores de estas variables en los sistemas fluviales.

➤ **Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los valores de alcalinidad se ubicaron dentro de los indetectables (<3,77 mg/L) y los 258 mg/L. Los registros ubicados por debajo del límite de cuantificación fueron OCP_01; OCP_02; OCP_03; OCP_13; OCP_17; OCP_23 y OCP_30; los puntos restantes presentaron alcalinidades entre 3,8 mg/L y 258 mg/L, correspondiendo al registro más alto el reportado en OCP_19. Estos valores permiten afirmar que, exceptuando las aguas de los puntos OCP_09 y OCP_13, el recurso hídrico de estos puntos cuenta con propiedades corrosivas, por contar con pH menores a 7 unidades. El agua del punto OCP_19 es no corrosiva y su alta alcalinidad le confiere mayor capacidad buffer para mantener el pH estable ante la adición de sustancias ácidas o alcalinas (Beita & Barahona, 2011). La tendencia descrita se encuentra relacionada con el pH de estos cuerpos de agua y está asociada con la capacidad de dilución y homogeneización de estos sistemas hídricos, dada, en última instancia, por el tamaño y la velocidad promedio de los caudales que, en OCP_19 correspondió a uno de los más bajos del estudio, con 44,0 L/s (**Tabla 3.2.5-46** y **Tabla 3.2.5-63**).

La acidez reportó valores ubicados por debajo del límite de cuantificación de la técnica, (<9,99 mg/L), en la mayoría de los puntos, exceptuando OCP_05 (12,1 mg/L); OCP_15 (18,4 mg/L); OCP_17 (16,6 mg/L); OCP_31 (24,4 mg/L); OCP_32 (15,7mg/L); OCP_33 (29,1 mg/L) y OCP_34 (10,3 mg/L) (**Figura 3.2.5-24**). Por su parte, las concentraciones de bicarbonatos correspondieron a los valores replicados de la alcalinidad. La presencia de bicarbonatos en aguas naturales contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas o incrustantes (Sandi, 2008).

✓ Temporada Seca

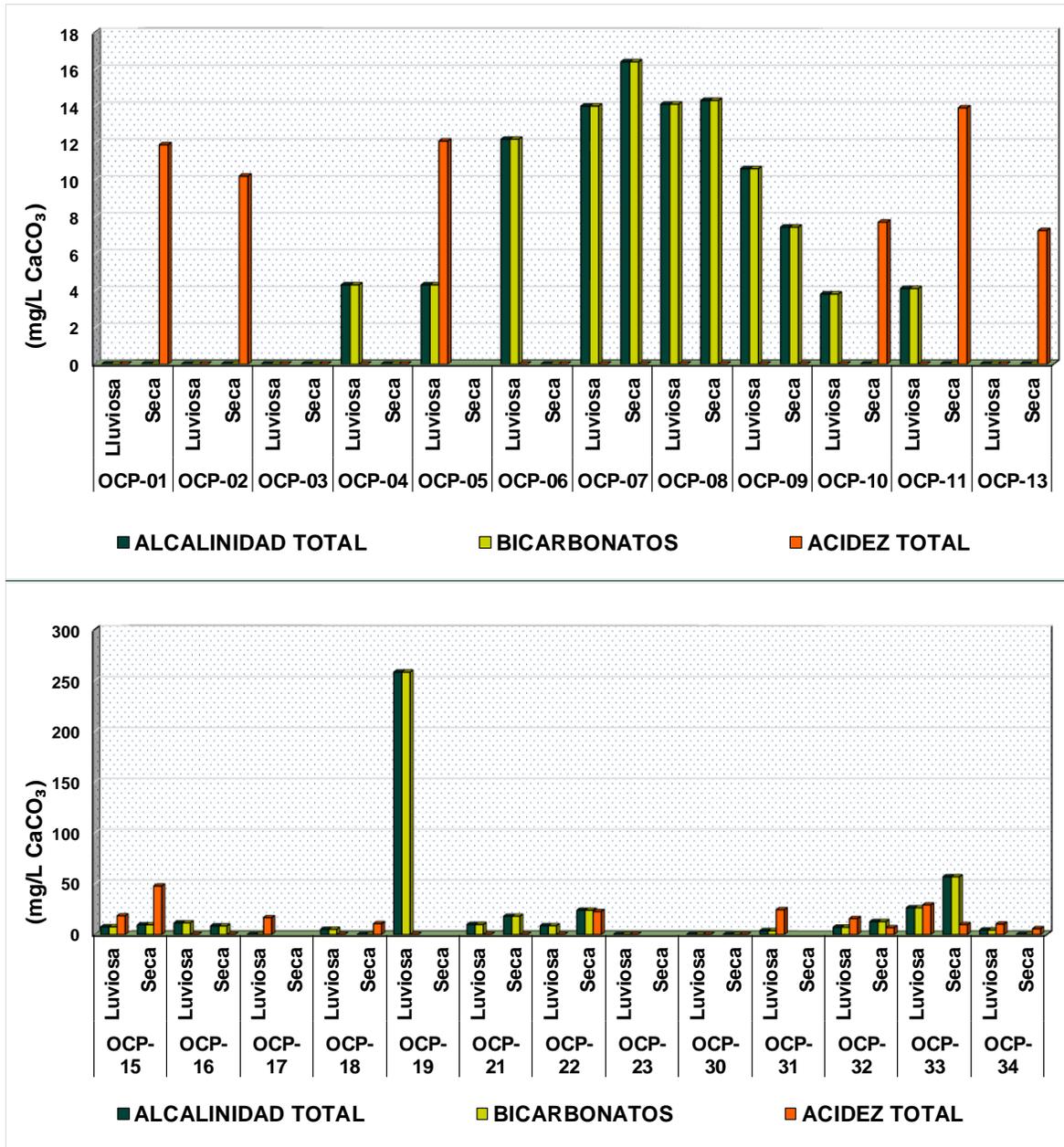
La alcalinidad reportada para los puntos de Ocupación de Cauce se ubicó dentro del rango de lo indetectable (<6,040 mg/L) y los 56,8 mg/L. Los valores detectados fueron 7,43 mg/L (OCP_09); 8,49 mg/L (OCP_16); 9,55 mg/L (OCP_15); 12,7 mg/L (OCP_32); 14,3 mg/L (OCP_08); 16,4 mg/L (OCP_07); 18,0 mg/L (OCP_21); 23,9 mg/L (OCP_22); 56,8 mg/L (OCP_33). Estos valores se ajustan a lo indicado por Roldan (1992), que afirma que la alcalinidad de las aguas tropicales suele ser menor a 100 mg/L. Los registros obtenidos se encuentran asociados a lo obtenido durante la medición del pH y a la capacidad de dilución y homogenización que caracterizan a los sistemas acuáticos de esta subzona hidrográfica. El recurso hídrico de la mayoría de puntos, salvo OCP_03; OCP_06; OCP_08; OCP_16; OCP_18; OCP_21; OCP_30; OCP_32 y OCP_33 cuenta con propiedades corrosivas, por contar con pH menores a 7 unidades. El agua del punto OCP_33 es no corrosiva y su alta alcalinidad le confiere mayor capacidad buffer para mantener el pH estable ante la adición de sustancias ácidas o alcalinas (Beita & Barahona, 2011).

La naturaleza de los compuestos químicos que determinan la alcalinidad de un cuerpo está directamente relacionada con el pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica. Sin embargo, es común que la alcalinidad se interprete en función de los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Beita & Barahona, 2011). A partir de esto, se presentan los resultados de los bicarbonatos, que corresponden en valor, a los obtenidos para la medición de la alcalinidad (**Figura 3.2.5-24**). Con respecto a la acidez, los valores fueron 5,71 mg/L (OCP_34); 6,74 mg/L (OCP_32); 7,25 mg/L (OCP_13); 7,70 mg/L (OCP_10); 9,81 mg/L (OCP_33); 10,2 mg/L (OCP_02); 10,7 mg/L (OCP_18); 11,9 mg/L (OCP_01); 13,9 mg/L (OCP_11); 22,6 mg/L (OCP_22); 47,7 mg/L (OCP_15). Los cauces restantes registraron valores inferiores al límite de detección (<5,00 mg/L). Esta tendencia se encuentra relacionada con el equilibrio CO₂/Carbonato de los sistemas.

✓ Multitemporal

La primera campaña arrojó promedios de alcalinidad, acidez y bicarbonatos de 22,7 mg/L, 18,08 mg/L y 22,7 mg/L; los de la temporada seca fueron 18,61 mg/L, 14,01 mg/L y 18,61 mg/L, respectivamente. Estos registros muestran valores más bajos en la temporada seca del monitoreo. Este comportamiento puede estar relacionado con procesos exógenos a las corrientes de agua que pueden alterar estos parámetros, dentro de los que se destacan la actividad agrícola que, por procesos de descargas de agro-fertilizantes puede modificar la cantidad de sales y, en consecuencia, la alcalinidad, acidez y cantidad de bicarbonatos. Tanto en tiempo seco, como lluvioso, todos los sistemas hídricos evaluados, exceptuando a OCP_19 durante la época de lluvias, presentan una baja productividad por tener alcalinidades por debajo de 75 mg/L.

Figura 3.2.5-24 Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos. Ocupaciones de Cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Dureza Cálctica y Dureza Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los registros obtenidos de dureza cálcica, durante el monitoreo fueron indetectables, <12 mg/L, en la totalidad de los puntos, situación replicada para la Dureza Total que reportó concentraciones indetectables, <5,0 mg/L, en todos los sistemas hídricos evaluados, exceptuando OCP_16, que

reportó un valor de 8,5 mg/L. Estos niveles de dureza permiten afirmar que las aguas que discurren por estos cauces son blandas y poco productivas.

✓ **Temporada Seca**

La Dureza Cálcica reportó valores entre lo indetectable (<5,00 mg/L) y 32,2 mg/L. Los puntos con registro para este parámetro fueron OCP_06, OCP_08, OCP_32 (7,56 mg/L); OCP_07 (8,75 mg/L); OCP_21 (10,1 mg/L) y OCP_33 (32,2 mg/L). Con respecto a la dureza total, las concentraciones oscilaron entre indetectables (<5,00 mg/L) y 49,3 mg/L. Los puntos con registro para este parámetro fueron OCP_10 (5,36 mg/L); OCP_34 (5,37 mg/L); OCP_15 (5,77 mg/L); OCP_09 (6,17 mg/L); OCP_16 (7,16 mg/L); OCP_32 (10,7 mg/L); OCP_06, OCP_08 (11,5 mg/L); OCP_07 (13,7 mg/L); OCP_21 (14,5 mg/L); OCP_22 (26,7 mg/L); OCP_33 (49,3 mg/L). Los sistemas hídricos OCP_10; OCP_34; OCP_15; OCP_09 y OCP_16 calificaron como *poco productivos y de aguas blandas*. Los puntos OCP_32; OCP_06, OCP_08; OCP_07 y OCP_21 fueron cauces *medianamente productivos y de aguas blandas*. OCP_22 y OCP_33 fueron los sistemas de *aguas blandas y con aguas muy productivas*.

✓ **Multitemporal**

El ponderado de la dureza cálcica durante la época de lluvias fue indetectable y el de la época seca fue de 3,68 mg/L. Sin embargo, es importante anotar la diferencia entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas ya que, para la primera campaña el LC fue de <12,00 mg/L, en comparación con los <5,00 mg/L de la temporada seca, lo que permite inferir una mayor cantidad de reportes de concentraciones de dureza cálcica durante la época de lluvias, por lo tanto, no es posible comparar los promedios inter-temporales entre sí. Por su parte los promedios de dureza total, para cada temporada fueron de 0,35 mg/L (lluviosa) y 8,38 mg/L (seca), valores comparables por contar con el mismo límite de cuantificación (<5,0 mg/L) e indican mayores durezas durante la temporada seca, comportamiento asociado con la disminución de los caudales que genera una pérdida de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos que genera un incremento en la concentración de iones presentes y, a su vez, en los niveles de dureza.

➤ **Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico y Nitrógeno Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los niveles de Nitratos para los sistemas hídricos de Ocupación de Cauce se ubicaron por debajo de los límites de cuantificación (<0,05 mg/L) en OCP_01; OCP_02; OCP_03; OCP_04; OCP_09; OCP_10; OCP_15; OCP_17; OCP_18; OCP_22; OCP_23 y OCP_30, para los puntos restantes, las concentraciones oscilaron entre los 0,081 mg/L y 0,443 mg/L, encontrando los registros más altos en OCP_34 (0,443 mg/L) y OCP_08 (0,304 mg/L). Los nitritos fueron indetectables (<0,003 mg/L) en OCP_07; OCP_10; OCP_11 y OCP_34, en el resto de puntos, los niveles se ubicaron dentro del rango de los 0,003 mg/L y 0,85 mg/L, con el pico máximo en OCP_33. Con niveles de nitratos mayores a los de los nitritos, es posible indicar que en estos sistemas hídricos los procesos de oxidación son continuos y están activos y que, para ninguno de los dos parámetros se superan los límites de la norma comparativa, por lo que el recurso de estos cauces puede ser destinado para uso doméstico y consumo humano, previo tratamiento convencional y desinfección.

Para el nitrógeno amoniacal los registros fueron menores al límite de cuantificación de la técnica, <0,500 mg/L, en la mayoría de los puntos, salvo para OCP_33, punto cuya concentración de este compuesto fue de 0,895 mg/L. El nitrógeno orgánico fue identificado en OCP_11 (0,631 mg/L) y OCP_33 (0,705 mg/L), las concentraciones para los demás puntos fueron indetectables (0,500 mg/L). Para el nitrógeno total los registros fueron de 0,5 mg/L (OCP_05; OCP_13 y OCP_21); 0,7

mg/L (OCP_19 y OCP_34); 0,8 mg/L (OCP_18); 1,4 mg/L (OCP_11); 2,1 mg/L (OCP_33) y en el resto de los puntos se ubicaron por debajo del límite de cuantificación (<0,5 mg/L). El punto OCP_33, con registros para nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico y nitrógeno total se reporta como un punto en el que confluyen la presencia de macrófitas emergentes y flotantes y ganadería, factores que son fuentes emisoras de nitrógeno amoniacal, que surge como producto de procesos incompletos de materia orgánica, característicos de cuerpos de agua que reciben vertimientos. La presencia de diferentes compuestos nitrogenados en OCP_34; OCP_33 y OCP_11 puede ser indicio de contaminación reciente por este tipo de compuestos de origen antrópico industrial o descargas puntuales y directas de aguas residuales.

✓ **Temporada Seca**

Los niveles de Nitratos para los sistemas hídricos de Ocupación de Cauce se ubicaron por debajo de los límites de cuantificación, <1,0 mg/L, en todos los puntos evaluados. Los nitritos fueron indetectables (<0,00608 mg/L), en la mayoría de puntos, con excepción del punto OCP_08, con 0,0139 mg/L. Con niveles de nitratos mayores a los de los nitritos, es posible indicar que en estos sistemas hídricos los procesos de oxidación son continuos y están activos y que, para ninguno de los dos parámetros se superan los límites de la norma comparativa, por lo que el recurso de estos cauces puede ser destinado para uso doméstico y consumo humano, previo tratamiento convencional y desinfección.

El nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal marcaron niveles inferiores a los límites de detección de la técnica analítica empleada <3,00 mg/L y <1,00 mg/L, respectivamente, en la totalidad de puntos evaluados. lo que indica que estos sistemas hídricos no han sido, en el período reciente, objeto de descargas puntuales o directas de aguas residuales, con carga de compuestos nitrogenados, provenientes de actividades industriales. El nitrógeno total solo fue reportado en OCP_08, con 3,00 mg/L, valor asociado a la presencia de excretas bovinas y equinas reportadas en el punto durante la etapa de campo (**Anexo 3_Caracterización ambiental, 3.2.5_Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Cadenas de Custodia y Formatos de Campo**).

✓ **Multitemporal**

El comportamiento de los nitratos y nitritos no puede ser comparado entre temporadas como consecuencia de las diferencias en sensibilidad que presentan las técnicas empleadas en cada una de las temporadas que, para la primera temporada permitió detectar concentraciones de nitratos en algunos de los puntos, sin que ninguna superara la concentración detectada como límite de cuantificación en la segunda campaña. La situación descrita aplica también para los nitritos, con registros en primera campaña más bajas que el límite cuantificación establecido en la última campaña. Sin embargo, ninguno de los valores detectados supera los límites permitidos por la normatividad ambiental vigente.

Para el nitrógeno amoniacal y orgánico hubo registros en OCP_33 (nitrógeno amoniacal) y OCP_11 y OCP_33 (nitrógeno orgánico), durante la época de lluvias. En la segunda temporada, estos parámetros marcaron niveles indetectables en todos los puntos. Sin embargo, la diferencia en la sensibilidad de las técnicas aplicadas durante las dos épocas, no permite la comparación directa de los resultados obtenidos, al ser más sensible la de la primera época (<0,500 mg/L), que la de la segunda (<1,0 mg/L, Nitrógeno Amoniacal y <3,0 mg/L, Nitrógeno Orgánico). El nitrógeno total también contó con diferencias en el límite mínimo de detección, <0,5 mg/L en temporada lluviosa y <0,10 mg/l en temporada seca, factor que impide la comparación directa entre los promedios obtenidos para las épocas de evaluación. Sin embargo, la presencia de nitrógeno en OCP_05; OCP_11; OCP_11; OCP_18; OCP_19; OCP_21; OCP_33 y OCP_34, durante la época de lluvias y en OCP_18, durante la seca, proviene de procesos endógenos como la fijación biológica, la

descomposición de la materia orgánica y las pérdidas por denitrificación. Los niveles de este elemento cambian de acuerdo con la época del año y tienen a la lluvia como uno de los factores determinantes.

➤ **Fósforo orgánico, Fósforo Inorgánico (ácido hidrolizable y ortofosfatos) y Fósforo Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

El fósforo hidrolizable total reportó valores por debajo del límite de cuantificación (<0,0500 mg/L) en todos los puntos de monitoreo, menos en OCP_15 y OCP_22, que reportaron niveles de 0,050 mg/L.; para el fósforo orgánico, las concentraciones fueron indetectables (0,0500 mg/L) en la mayoría de puntos, salvo en OCP_05, que tuvo un registro de 0,121 mg/L. El fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos) reportó concentraciones por debajo del límite de cuantificación de <0,0500 mg/L, en los puntos valorados, menos en OCP_21, que tuvo unos niveles de 0,051 mg/L. Por último, el fósforo total, se ubicó por debajo de los límites de cuantificación (0,0500 mg/L) en OCP_01; OCP_02; OCP_04 y OCP_17, en las zonas restantes las concentraciones oscilaron entre los 0,058 mg/L y 1,71 mg/L, con el valor más alto en OCP_13. Los puntos OCP_06 (0,15 mg/L); OCP_07 (0,114 mg/L); OCP_08 (0,131 mg/L); OCP_10 (0,137 mg/L); OCP_13 (1,71 mg/L); OCP_15 (0,135 mg/L); OCP_19 (0,152 mg/L); OCP_22 (0,106 mg/L); OCP_31 (0,281 mg/L); OCP_33 (0,352 mg/L) y OCP_34 (0,114 mg/L) califican como sistemas altamente eutróficos por registrar valores superiores a 0,1 mg /L (Wetzel, 1981).

✓ **Temporada Seca**

El fósforo hidrolizable total fue registrado en OCP_33, con una concentración de 0,140 mg/L, El fósforo orgánico se reportó en OCP_10 (0,150 mg/L), al igual que el fósforo total, con una concentración de 0,172 mg/L, que además fue detectado en OCP_22 (0,0745 mg/L) y OCP_33 (0,723 mg/L). Las concentraciones identificadas de fósforo total permiten establecer estados eutróficos en OCP_10 y OCP_33 al superar los 0,1 mg/L. Los ortofosfatos fueron detectados solo en OCP-33, con un total de 0,494 mg/L. El agua estancada del Caño el Bachacal (OCP_10) y la presencia de excrementos, así como también los vertimientos de aguas residuales al caño Mayuga (OCP-33), son factores podrían estar modulando las concentraciones de estos compuestos en los sistemas hídricos mencionados, en especial en OCP_33 que marcó para todas las formas de fósforo evaluadas.

✓ **Multitemporal**

Para la época lluviosa y seca, los promedios de fósforo hidrolizable fueron 0,0041 mg/L y 0,007 mg/L, respectivamente. Los del fósforo orgánico fueron de 0,0078 mg/L y 0,0052 mg/L, los del ortofosfato, 0,0021 mg/L y 0,024 mg/L y los del fósforo total fueron de 0,19 mg/l y 0,039 mg/L. La variación de estas concentraciones a lo largo del tiempo se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias y domésticas reportadas para las zonas aledañas. Otro factor directamente implicado en el cambio en las concentraciones de fósforo es el alto proceso erosivo observado en los cuerpos de agua altamente intervenidos, dado principalmente por la eliminación de bosque nativos de las orillas de las vertientes y de la planicie aluvial, lo que conlleva al incremento en el transporte de nutrientes hacia las diferentes fuentes hídricas.

➤ **Fenoles Totales, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales**

✓ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones de grasas y aceites reportaron niveles indetectables, <0,900 mg/L, en casi todos los puntos, exceptuando OCP_31, que tuvo un registro de 0,900 mg/L. En este punto se reporta un alto grado de perturbación de la vegetación riparia y siembra de pastizales destinados para el ganado en el margen izquierdo, factores que pueden ser precursores de este tipo de sustancias en el agua. El agua de este afluente no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: "no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana". El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

Los fenoles marcaron límites indetectables, < 0,0100 mg/L, en todos los puntos evaluados. Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) no fueron detectados en ninguno de los puntos de ocupaciones de cauce, sus concentraciones se ubicaron por debajo del límite de cuantificación de <0,00400 mg/L. De acuerdo con estos reportes, es posible concluir que estos compuestos no se encuentran afectando el estado actual de los cuerpos de agua agrupados en la línea base del proyecto. Los Hidrocarburos totales marcaron concentraciones indetectables por la técnica, <0,900 mg/L, en todos los puntos, por lo que, en lo que respecta a estos compuestos, el recurso de estos cauces, pueden ser destinados al uso doméstico y consumo humano.

✓ **Temporada Seca**

Los puntos OCP_22 (0,289 mg/L); OCP_11, OCP_18 (0,355 mg/L); OCP_16 (0,358 mg/L); OCP_07 (0,496 mg/L); OCP_33 (0,502 mg/L); OCP_02, OCP_10 (0,569 mg/L); OCP_09 (0,705 mg/L); OCP_06 (0,781 mg/L); OCP_30 (0,976 mg/L), marcaron registros para el parámetro de Grasas y aceites. Las actividades agrícolas, de forrajeo, ganaderas, tránsito vehicular y de vertimientos de aguas residuales, se consideran fuentes que pueden ser emisoras de este tipo de compuestos. Por esta razón, el agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: "no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana". El punto OCP_33 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso no podrá ser destinado a uso agrícola.

Los fenoles marcaron límites indetectables, < 0,100 mg/L, en todos los puntos evaluados, al igual que los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, <0,002 mg/L. De acuerdo con estos reportes, es posible concluir que estos compuestos no se encuentran afectando el estado actual de los cuerpos de agua agrupados en la línea base del proyecto. Los puntos OCP_30 y OCP_09 (0,366 mg/L) fueron los únicos registros obtenidos para hidrocarburos totales. En OCP_30 se detectó una vía con tránsito fluido cerca al punto de la toma de la muestra, adicional a la presencia de una motobomba que capta el recurso del sistema hídrico, en OCP_09 se detectó presencia de materia orgánica en descomposición y asentamientos humanos cercanos, factores que podrían ser fuentes emisoras de este tipo de sustancias. Estas aguas no podrán destinarse al uso doméstico o consumo humano.

✓ **Multitemporal**

Omitiendo las diferencias en los límites de cuantificación de cada época, <0,9 mg/ en lluvias y <0,2 mg/L en seca, el promedio de grasa y aceites fue más alto durante la época seca (0,294 mg/L) que durante la lluviosa (0,037 mg/L). Los niveles de Fenoles e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, se mantuvieron indetectables a lo largo de todo el monitoreo. En cuanto a los hidrocarburos, las concentraciones fueron más altas durante la época seca. El comportamiento de este parámetro, junto con el de grasas y aceites, puede relacionarse con que la llegada de estas sustancias no se disminuye pese a la baja de caudales propias de la época seca, lo que incrementa la concentración de estos compuestos. El recurso de estos cauces no podrá ser destinado a uso doméstico o consumo humano.

➤ **Pesticidas organofosforados, pesticidas organoclorados y surfactantes**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,000047 mg/L y 0,000176 mg/L, respectivamente, en todos los puntos de agua superficial evaluados. Estos resultados permiten indicar que el recurso hídrico en estos puntos no está siendo afectado por este tipo de compuestos y, por lo tanto, no representan peligro para la supervivencia de la biota. En todos los puntos monitoreados, los resultados de los surfactantes se ubicaron por debajo del límite de cuantificación, <0,100 mg/L, lo que indica que a estos cauces no llegan compuestos de esta naturaleza que interfieran con la calidad del recurso.

✓ **Temporada Seca**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,00004 mg/L y 0,0004 mg/L, respectivamente, por lo que es posible afirmar que este tipo de compuestos no supone un riesgo para la supervivencia de la hidrobiota. Las concentraciones de surfactantes fueron indetectables, <0,500 mg/L, para la técnica empleada para el análisis de estas sustancias. Los cauces no están siendo objeto de contaminación por ningún tipo de sustancias con estos compuestos.

✓ **Multitemporal**

Estos parámetros se caracterizaron por presentar concentraciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica empleada en todos los sistemas hídricos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.

➤ **Metales**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los metales con límites establecidos en el decreto 1076 del 2015 como el aluminio, selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, cobalto, molibdeno, níquel, cadmio, arsénico, vanadio reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El mercurio llega a los ecosistemas proveniente de seis fuentes identificadas: la deposición atmosférica, erosión, descargas humanas, materiales agrícolas, minería y descargas industriales y de combustión, una vez en suelos o el agua, se convierte en una amenaza factible para plantas, animales y seres humanos debido a su alta persistencia, bioacumulación, su naturaleza no biodegradable y su alto potencial toxicológico (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020). En los puntos de ocupación de cauce evaluados fue posible determinar concentraciones por debajo del límite de la técnica de cuantificación (0,00100 mg/L), en la mayoría de puntos, exceptuando OCP_16, que reportó un nivel de 0,00156 mg/L. En este punto se reporta un paso vehicular y actividades ganaderas (**Anexo 3_Caracterización ambiental, 3.2.5_Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). La normatividad ambiental vigente, en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 insta límites máximos de 0,002 mg/L y de 0.010 mg/L en el artículo 2.2.3.3.9.6, valores que no son superados en el punto que registró presencia de este metal y permiten la destinación del recurso para uso doméstico, consumo humano y uso pecuario.

La plata se encuentra en la naturaleza en forma de metal blando de color "plateado", polvillo blanco (nitrato de plata y cloruro de plata) o de compuestos de color gris oscuro a negro (sulfuro de plata y óxido de plata). Las fuentes naturales de este elemento son la erosión de las rocas y del suelo, por acción del viento y la lluvia; las minas y los desechos de fotografía (ATSDR.cdc.gov.es, 2016), joyería, producción de monedas, lingotes, espejos, antibióticos y radiografías. En las fuentes de agua superficial las concentraciones de plata varían entre los 0,1 - 4µg/L. Concentraciones elevadas de plata en el agua pueden tener efectos adversos en la salud humana (Carbotecnia, 2013). En los puntos evaluados se registró la presencia de este metal en OCP_07 (0,079 mg/L). Los límites establecidos para este parámetro son de 0,05 mg/L en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que la concentración registrada en este punto sobrepasa el límite y el agua de estos puntos no podrá ser destinada al consumo humano o uso doméstico. Durante la salida de campo no se registraron actividades antropogénicas en la zona que generen como subproducto este metal o cuyos vertimientos puedan estar aumentando la concentración de plata en el cuerpo de agua (**Tabla 3.2.5-45**) por lo que se infiere que la presencia de la plata en esta fuente hídrica es producto de eventos naturales de erosión de rocas o el suelo, por acción directa de las lluvias registradas durante la época del monitoreo.

El manganeso reportó concentraciones indetectables, <0,08 mg/L, en los puntos de ocupación, exceptuando a OCP_11 (0,086 mg/L); OCP_33 (0,09 mg/L); OCP_10 (0,115 mg/L); OCP_23 (0,122 mg/L); OCP_31 (0,128 mg/L); OCP_21 (0,139 mg/L); OCP_06 (0,179 mg/L); OCP_32 (0,55 mg/L). La comparación con la norma indica que solo el punto OCP_32 supera los 0,2 mg/L instaurados en el Decreto 1076 del 2015 para uso agrícola, lo que indica que el recurso de este punto no puede ser destinado para riego de frutas, hortalizas o actividades relacionadas. Este metal es uno de los más abundantes sobre la corteza terrestre y en el agua es posible encontrarlo con menos frecuencia y en cantidades inferiores a la del hierro (Valencia, 2006).

Las concentraciones para el plomo oscilaron entre las indetectables, (<0,00100 mg/L), y los 0,09031 mg/L, siendo los puntos OCP_23 (0,09031 mg/L) y OCP_01 (0,0449 mg/L) los de mayores registros. Este metal se encuentra clasificado como muy tóxico y de fácil acceso, lo que causa efectos nocivos en la salud humana, en la flora y en la fauna (Arias & Marciales, 2003). A nivel internacional se ha establecido que, en aguas potables, las concentraciones de plomo deben ser "cero", esto, porque resulta tóxico, incluso a niveles bajos de exposición por ser persistente y bio-acumularse en el cuerpo a través del tiempo (EPA.gov, 2021). Los niveles detectados en OCP_23 superan los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso no podrá ser destinado para consumo humano o uso agrícola. Todos los puntos se encuentran por debajo de los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que pueden ser destinados para uso agrícola.

El Boro es un componente ubicuo, que puede llegar a las aguas superficiales y subterráneas a través del intemperismo de rocas que contienen boro de aguas residuales, cargadas de productos de limpieza y residuos de industrias de pintura, textiles, curtidoras, electrónicas o de escorrentías de origen agrícola. Elevadas concentraciones de boro pueden ser tóxicas para las plantas y generar problemas sanitarios en poblaciones humanas, si son consumidas (Mancilla, Bautista, Ortega, & Ramírez, 2014). En los puntos de ocupaciones de cauce, las concentraciones se movieron dentro de los indetectables (<0,010 mg/L) y los 0,033 mg/L, reportando presencia de este metal en OCP_16 (0,01 mg/L) y OCP_17 (0,033 mg/L). Sin embargo, ninguno de los puntos supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario.

El zinc tuvo concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica en la mayoría de puntos (<0,03 mg/L). OCP_05 (0,038 mg/L); OCP_09 (0,065 mg/L); OCP_21 (0,11 mg/L); OCP_31 (0,038 mg/L); OCP_33 (0,134 mg/L) y OCP_16 (0,523 mg/L), fueron los puntos con registros para este metal. En la reglamentación se presentan límites de 15,0 mg/L, en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4; de 2,0 mg/L en el 2.2.3.3.9.5 y de 25,0 mg/L en el 2.2.3.3.9.6, por lo que ningún punto de agua superficial supera el umbral y pueden ser destinados para uso doméstico, consumo humano, uso agrícola y pecuario. La presencia de este metal en las aguas superficiales evaluadas puede estar asociada, principalmente, con material en suspensión, como consecuencia de la destrucción o intervención de la vegetación nativa riparia que amortigua la llegada de estos materiales al recurso. Otras posibles fuentes de contaminación son las descargas de aguas residuales domésticas y la quema de basuras en las zonas aledañas que, por procesos de escorrentía, propios de la época lluviosa, llevan los residuos hasta los cauces (Hernández, Paternina, & Marrugo, 2020).

La presencia de metales pesados en las fuentes hídricas del país se encuentra asociada a la industria, la actividad agrícola y a la minería. Una vez estos elementos ingresan a los ecosistemas, se inicia un proceso de transformación integral, que incluyen la modificación de suelos, agua y todos los seres vivos del entorno, lo que los convierte en estamentos altamente tóxicos (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020).

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,20 mg/L y <0,05 mg/L, respectivamente. Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

✓ Temporada Seca

Con respecto a los resultados de los metales que se encuentran contemplados en el Decreto 1076 de 2015 como selenio, cromo total y hexavalente, cobre, bario, vanadio, zinc, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, plata y arsénico reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El aluminio en exceso es altamente tóxico, especialmente para las plantas que ven afectado el crecimiento y la formación de las raíces laterales y secundarias, adicionalmente, puede integrarse a las redes tróficas y aumentar su potencial tóxico (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020). En el punto OCP_10 se registró una concentración de 1,90 mg/L y en el OCP_18 una de 1,50 mg/L, en ninguno de los dos puntos se supera los 5,0 mg/L establecidos como límite en los artículos 2.2.3.3.9.5 (Uso agrícola) y 2.2.3.3.9.6 (Uso pecuario). La presencia de este metal puede tener origen en las actividades agrícolas y recreativas reportadas en las zonas aledañas los Caños Carnicerías y El Bachacal.

El cobalto se encuentra de forma natural en rocas y el suelo. Al agua llegan por efecto de la disolución de rocas compuestas por este metal o por procesos de escorrentía producidos por la lluvia que tiene contacto con suelos y rocas con presencia de este metal (D, Dunán, Fernández, Riverón, & Bassas, 2021). La exposición al cobalto en animales a través del agua produce alteraciones de la sangre, el hígado, los riñones, el corazón y los testículos, también se ha reportado alteraciones comportamentales. Este metal fue detectado en OCP_02 (0,00102 mg/L); OCP_11 (0,00146 mg/L); OCP_18 (0,00141 mg/L); OCP_22 (0,0122 mg/L); OCP_30 (0,00114 mg/L); OCP_32 (0,00363 mg/L) y OCP_34 (0,00255 mg/L). Ninguno de estos puntos supera la concentración de 0,05 mg/L establecida en el artículo 2.2.3.3.9.5 del decreto 1076 del 2016 como límite para la destinación del recurso para uso agrícola.

El Plomo se encuentra clasificado como muy tóxico y de fácil acceso, lo que causa efectos nocivos en la salud humana, en la flora y en la fauna (Arias & Marciales, 2003). A nivel internacional se ha establecido que, en aguas potables, las concentraciones de plomo deben ser "cero", esto, porque resulta tóxico, incluso a niveles bajos de exposición por ser persistente y bio-acumularse en el cuerpo a través del tiempo (EPA.gov, 2021). En los puntos evaluados, fue detectado en OCP_02 (0,0448 mg/L); OCP_03 (0,00984 mg/L); OCP_06 (0,00258 mg/L); OCP_09 (0,00612 mg/L); OCP_13 (0,00135 mg/L); OCP_15 (0,00196 mg/L); OCP_18 (0,00123 mg/L); OCP_30 (0,0215 mg/L); OCP_32 (0,00338 mg/L) y OCP_34 (0,00189 mg/L). Los niveles detectados en los puntos de ocupación de cauce no superan los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 o los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5 para su destinación para consumo humano, uso doméstico y agrícola.

El manganeso es uno de los más abundantes sobre la corteza terrestre y en el agua es posible encontrarlo con menos frecuencia y en cantidades inferiores a la del hierro (Valencia, 2006). En los puntos de ocupación de cauce fue registrado en OCP_10 (0,373 mg/L); OCP_11 (0,147 mg/L); OCP_15 (0,109 mg/L); OCP_22 (6,66 mg/L) y OCP_32 (0,872 mg/L). Los valores reportados en OCP_10; OCP_22 Y OCP_32 superan el límite de 0,2 mg/l instaurado en el Decreto 1076 del 2015 para uso agrícola. La sobreexposición a este elemento tiene efectos neurotóxicos. La llegada a los sistemas hídricos se da a través de los pesticidas usados en la fumigación de los cultivos aledaños a cuerpos de agua (Meza, 2022).

El Boro fue registrado en OCP_08 (0,106 mg/L); OCP_09 (0,121 mg/L); OCP_10 (0,193 mg/L); OCP_11 (0,116 mg/L); OCP_13 (0,112 mg/L); OCP_15 (0,106 mg/L); OCP_30 (0,102 mg/L) y OCP_32 (0,104 mg/L). Ninguno de los puntos supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario.

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,500 mg/L y <0,0250 mg/L, respectivamente, en todos los puntos evaluados. Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones de selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, molibdeno, níquel, cadmio, arsénico, vanadio se mantuvieron por debajo del límite de detección a lo largo de las dos temporadas de monitoreo y, por lo tanto, cumplieron los límites establecidos por el decreto normativo.

Durante la época de lluvias se reportó presencia de mercurio en OCP_16, plata en OCP_07 (supera el límite), manganeso en OCP_11; OCP_33; OCP_10; OCP_23; OCP_31; OCP_21; OCP_06; OCP_32 (supera el límite), plomo en OCP_01; OCP_02; OCP_03; OCP_04; OCP_05; OCP_06; OCP_07; OCP_10; OCP_11; OCP_15; OCP_16; OCP_17; OCP_18; OCP_21; OCP_22; OCP_23

(supera el límite); OCP_30 y OCP_31, boro en OCP_16 y OCP_17 y zinc en OCP_05; OCP_09; OCP_21; OCP_31 y OCP_33 y OCP_16. Los puntos con mayor variedad de metales fueron OCP_16 (mercurio, plomo, boro, zinc) y OCP_31 (manganeso, plomo, zinc). Otros puntos con presencia de al menos dos metales fueron OCP_07(plata, plomo); OCP_23 (manganeso, plomo); OCP_17 (plomo, boro) y OCP_33 (zinc, manganeso).

Para la época seca se reportó plomo en OCP_02; OCP_03; OCP_06; OCP_09; OCP_13; OCP_15; OCP_18; OCP_30; OCP_32 y OCP_34; aluminio en OCP_10 y OCP_18, cobalto en OCP_02; OCP_11; OCP_18; OCP_22; OCP_30; OCP_32 y OCP_34, manganeso en OCP_10 (supera el límite); OCP_11; OCP_15; OCP_22 (supera el límite) y OCP_32 (supera el límite), boro en OCP_08; OCP_09; OCP_10; OCP_11; OCP_13; OCP_15; OCP_30 y OCP_32. Los puntos con más clases de metales fueron OCP_32 (plomo, cobalto, manganeso, boro); OCP_18 (plomo, aluminio, cobalto); OCP_11 (cobalto, manganeso y boro); OCP_15 (plomo, manganeso y boro); OCP_30 (plomo, cobalto y boro); OCP_22 (cobalto, manganeso); OCP_09 (plomo, boro); OCP_02 (plomo, cobalto); OCP_13 (plomo, boro).

La presencia de metales pesados en el agua se encuentra relacionada con actividades mineras, combustión de combustibles fósiles, de crudo, gasoil excavaciones, las fuentes de tráfico vehicular, quema de basuras, agricultura, uso de fertilizantes, todas estas identificadas en la zona de estudio, esta situación trae como consecuencia el aumento en los niveles de contaminación de las aguas por metales pesados y el deterioro en su calidad. Altas concentraciones de los metales pesados alteran la fisiología y diferentes procesos bioquímicos en animales y humanos, produciendo diferentes patologías, con efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte.

➤ **Compuestos Orgánicos Volátiles BTEX**

✓ **Temporada Lluviosa**

Para estos compuestos, que integran las mediciones de benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, las concentraciones se ubicaron por debajo de los 0,005 mg/L, límite de la técnica de detección empelada por el laboratorio, en la totalidad de los puntos evaluados de ocupación de cauce, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de desarrollo del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias, cuya fuente principal son las emisiones generadas a partir de la combustión de hidrocarburos.

✓ **Temporada Seca**

Las sustancias, benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, que conforman la medición de los compuestos orgánicos volátiles BTEX, reportaron concentraciones <0,0100 mg/L en la totalidad de puntos valorados. Estos resultados permiten afirmar que las fuentes agrupadas en Ocupaciones de Cauce no están siendo afectadas por actividades relacionadas con la combustión de hidrocarburos.

✓ **Multitemporal**

El comportamiento de este parámetro no presenta variaciones significativas a lo largo de la época de monitoreo, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de influencia del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias.

➤ Hierro y Color

✓ Temporada Lluviosa

Para el hierro se registraron concentraciones entre indetectables (<0,100 mg/L) en OCP_03; OCP_05 y OCP_19 y 2,11 mg/L, reportado en OCP_32, punto en el que se reportó paso constante de vehículos y ganado, factores que alteran la composición química del agua. Los niveles de hierro detectados en estas aguas superan los 0,05 mg/L recomendados para evitar problemas de gusto, color, precipitado y manchas sobre la ropa (Rodier, Análisis del Agua, 2009), sin embargo, en ningún punto se superan los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que es recurso contenido en estos cauces puede ser empleado en actividades relacionadas con la agricultura.

Los valores para el color se ubicaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada (<5,00 UPC), en la mayoría de puntos, solo OCP_03 reportó para este parámetro, con 9,2 UPC, valor que no supera el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (20 UPC), en lo referente a los criterios de calidad para consumo humano y uso doméstico, ni los 70 UPC del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso de todos los sistemas de ocupación de cauce es apto para uso doméstico y agrícola y consumo humano (**Figura 3.2.5-25**).

✓ Temporada Seca

Las concentraciones de hierro se ubicaron dentro del rango de los 0,721 mg/L y los 5,43 mg/L. Los niveles más altos fueron registrados en OCP_10 (4,83 mg/L) y OCP_32 (5,43 mg/L). En el primer punto el agua estaba estancada y contenía material vegetal en descomposición, se encuentra localizado a 500m de una vía con constante flujo vehicular. OCP_32 también registró estancamiento de aguas y constante paso de vehículos sobre el cauce (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.1 Cadenas de custodia y Formatos de Campo**). Todos los registros superan los 0,05 mg/L recomendados por Rodier (2009), para evitar inconvenientes relacionados con el gusto, color, precipitados y manchas sobre la ropa. Con respecto a la normatividad ambiental vigente, los niveles reportados en OCP_32 superan los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso no podrá ser destinado al uso agrícola.

El Color osciló entre los 9,29 UPC y las 52,9 UPC, con los registros más altos en OCP_32 (47,1 UPC) y OCP_13 (52,9 UPC). Estos puntos y OCP_03 (37,9 UPC); OCP_07 (31,4 UPC); OCP_09 (25,0 UPC); OCP_10 (20,7 UPC); OCP_11, OCP_30 (22,1 UPC); OCP-15 (20,7 UPC); OCP_22 (27,1 UPC) y OCP_33 (25,7 UPC) superan el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (20 UPC), en lo referente a los criterios de calidad para consumo humano y uso doméstico, por lo que el recurso deberá someterse a proceso de desinfección previo a destinarlo a estos usos. Sin embargo, todos los puntos se encuentran por debajo de los 70 UPC dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso de los cauces de Ocupaciones de Cauce es apto para uso agrícola (**Figura 3.2.5-25**).

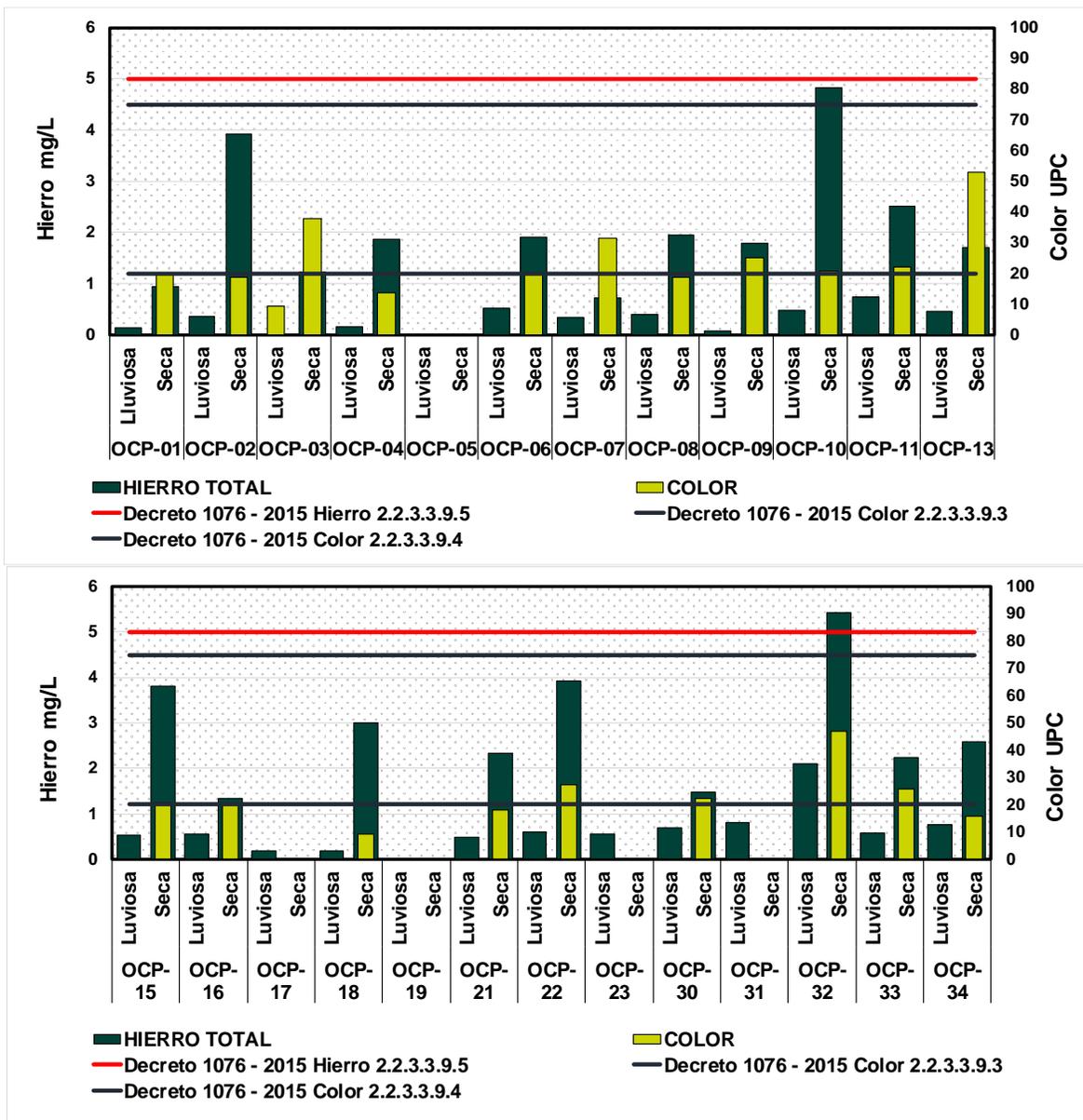
✓ Multitemporal

El promedio del Hierro para la temporada de lluvias fue de 0,52 mg/L, en comparación con 2,47 mg/L de la temporada seca, mostrando un incremento durante esta última, asociado a la disminución de los caudales y la constancia de las presiones antrópicas sobre los sistemas hídricos. La presencia de este elemento puede estar asociado al lavado de las rocas por parte de las aguas que discurren por estos cauces o a las actividades antrópicas indicadas para las zonas aledañas a estos ecosistemas, como la descarga de aguas residuales, acumulación de basuras, presencia de materia orgánica en descomposición y tránsito animal y vehicular (**Tabla 3.2.5-45**). A pesar de que las

concentraciones reportadas, no conllevan a efectos perjudiciales sobre la salud, si generan detrimento de la estética del recurso que puede provocar rechazo por parte del usuario final (Corpoguavio, 2012).

El promedio del color para la primera época fue de 0,38 UPC, con reporte solo en un punto, mientras que, para la segunda campaña, el color fue registrado en todos los puntos, con un promedio de 24,31 UPC. Con un evidente incremento del parámetro durante la temporada seca, lo que es indicio de la asociación con las afectaciones de origen antrópico, ya descritas en el párrafo anterior y que aumentan la cantidad de materia orgánica, de origen animal y vegetal, en proceso de descomposición.

Figura 3.2.5-25 Hierro y Color en Ocupaciones de Cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Macronutrientes**

✓ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones registradas para el calcio oscilaron entre los 0,458 mg/L y 3,65 mg/L. Los niveles más altos fueron reportados en OCP_22 (3,65 mg/L) y OCP_15 (2,86 mg/L). Los registros del potasio variaron entre indetectables (<0,0500 mg/L) y 0,694 mg/L en OCP_2, el siguiente registro fue de 0,684 mg/L en OCP_16. El sodio se ubicó dentro del rango de los indetectables (0,0500 mg/L) y los 26,1 mg/L. Los puntos con mayores concentraciones de este elemento fueron OCP_33 (26,1 mg/L) y OCP_16 (3,55 mg/L). Por último, el magnesio tuvo reportes entre 0,204 mg/L y 2,23 mg/L. Los puntos con mayores registros para este elemento fueron OCP_33 (2,23 mg/L) y OCP_21 (1,28 mg/L) (**Figura 3.2.5-26**). Las concentraciones de estos elementos en las aguas evaluadas no refieren indicios de contaminación por descargas o vertimientos, son productos de las condiciones geológicas de las zonas por las que discurren estas aguas.

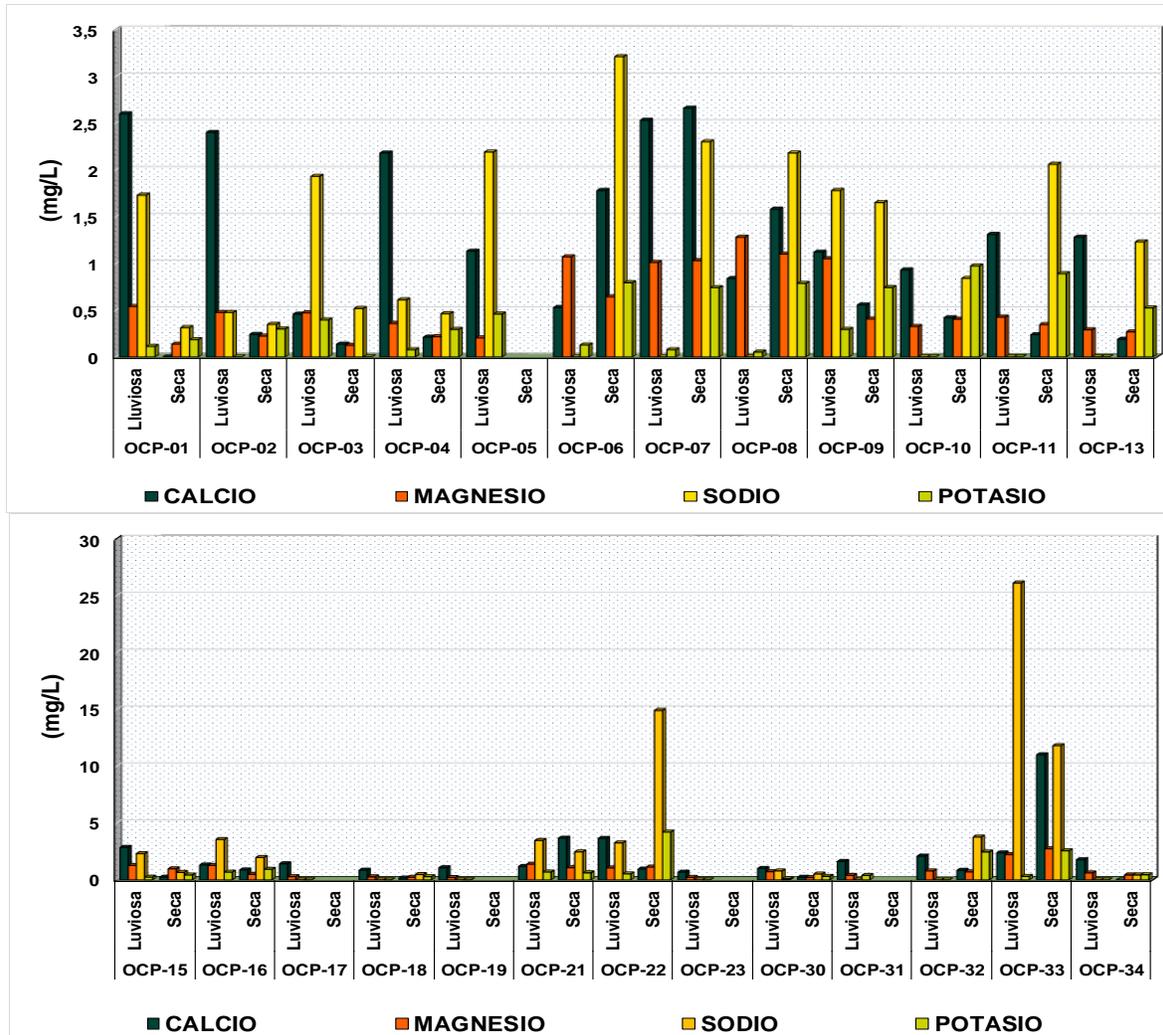
✓ **Temporada Seca**

Los niveles de calcio se movieron entre los indetectables (<0,1 mg/L) y 11,0 mg/L, con los niveles más altos en OCP_21 (3,67 mg/L) y OCP_33 (11,0 mg/L). El potasio reportó concentraciones entre indetectables (<0,125 mg/L) y 4,21 mg/L, con los máximos en OCP_33 (2,57 mg/L) y OCP_22 (4,21 mg/L). Para el sodio los niveles variaron entre 0,313 mg/L y 14,9 mg/L. Los sistemas hídricos con más cantidad de sodio por litro fueron OCP_33 (11,8 mg/L) y OCP_22 (14,9 mg/L). El magnesio osciló entre los 0,125 mg/L y 2,74 mg/L, con los picos más altos en OCP_22 (1,13 mg/L) y OCP_33 (2,74 mg/L) (**Figura 3.2.5-26**). Los puntos OCP_22 y OCP_33 se consolidaron como los puntos con mayor carga de todos los nutrientes, asociado a la presencia de materia orgánica y vertimientos de aguas residuales en estos cuerpos acuáticos, caracterizados por los bajos niveles de agua registrados durante esta temporada.

✓ **Multitemporal**

Los promedios obtenidos durante la temporada de lluvias, para el calcio, potasio, sodio y magnesio fueron de 1,53 mg/L, 0,30 mg/L, 4,01 mg/L y 0,72 mg/L, respectivamente. Estos valores, para la temporada seca fueron de 1,39 mg/L, 0,97 mg/L, 2,70 mg/L y 0,64 mg/L. El calcio y el sodio disminuyeron durante la época seca, a la vez que el potasio y el magnesio aumentaron. Estos comportamientos pueden estar relacionados con la disminución de los caudales y la llegada continua de partículas y descargas a los sistemas hídricos provenientes de las actividades antrópicas registradas en las áreas circundantes.

Figura 3.2.5-26 Macronutrientes en Ocupaciones de Cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Cianuro

Es un gas incoloro o en forma de cristal, potencialmente letal. Su llegada a los cuerpos de agua superficial está asociada a procesos de lixiviación producto de actividades mineras (separación de metales) y genera perjuicios en la salud y en el ambiente (Raffo & Ruíz, 2014).

✓ Temporada Lluviosa

Los niveles de cianuro en los puntos de ocupación de cauce se ubicaron por debajo del límite de detección (<0,10 mg/L), en la totalidad de cauces evaluados.

✓ Temporada Seca

Las concentraciones de cianuro, reportadas para la época seca, fueron inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada (<0,0100 mg/L) en la totalidad de los puntos y, al no superar los 0,2 mg/L dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, referentes a la destinación

del recurso para uso doméstico y consumo humano, el recurso de estos afluentes no representa riesgo para su uso en este tipo de actividades.

✓ **Multitemporal**

A lo largo del tiempo en el que fueron monitoreadas las aguas de las Ocupaciones de Cauce del Área de Desarrollo Llanos 141, no fueron detectadas variaciones en las concentraciones de Cianuro, a pesar de la diferencia en el límite de cuantificación de las técnicas empleadas en las diferentes épocas climáticas. Ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L estipulado como límite permisible máximo para este parámetro, por lo que se descartan afectaciones a los ecosistemas acuáticos y se establece que, con respecto al cianuro, el recurso cumple con la normativa y puede ser usado a nivel doméstico y para consumo humano.

➤ **Fluoruros**

Los fluoruros llegan a las aguas por procesos de disolución posteriores a la percolación del agua por los suelos, las concentraciones de este ion pueden aumentar en presencia de otros elementos como el cesio, litio, color, y bromo. Este es un parámetro determinante en la calidad del agua al ser considerado como potencialmente dañino para la salud humana, puesto que la exposición a cantidades mayores a 1 ppm puede desencadenar falla renal, cáncer, afectación del desarrollo cerebral, disminución de coeficiente intelectual en escolares y fluorosis dental y esquelética (Galicia, Molina, Oropeza, Gaona, & Juárez, 2011).

✓ **Temporada Lluviosa**

Los valores detectados en los puntos de ocupación de cauce del área de desarrollo del proyecto, fueron <0,66 mg/L en la totalidad de cuerpos de agua evaluados, por lo que se estima que las aguas no contienen concentraciones de fluoruros que puedan ser perjudiciales para los usos del recurso detectados para la zona de estudio.

✓ **Temporada Seca**

Los fluoruros se ubicaron por debajo de los límites de detección, <0,1 mg/L, en todos los cauces evaluados para las Ocupaciones de Cauce, por lo que se concluye que este tipo de compuestos no están causando afectaciones sobre el recurso.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones de fluoruros no variaron entre temporada y temporada, por lo que el aumento o disminución del caudal no estaría interfiriendo en el comportamiento de estos compuestos. Al ser indetectables durante las dos temporadas, es posible afirmar que las aguas de estos cauces no superan el 1,00 ppm establecidas por la normativa como concentración máxima y que, por lo tanto, su uso y consumo no generarían afectaciones en la salud humana.

➤ **Coliformes fecales y Coliformes totales**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los niveles detectados de coliformes fecales en los cauces categorizados como de ocupación de cauce se ubicaron dentro de los indetectables (<1,0 NMP/100mL) y los 2142 NMP/100mL. Las concentraciones más altas fueron detectadas en los puntos OCP_08 (1311 NMP/00mL) y OCP_03 (2142 NMP/100mL). La comparación con la norma indica que estos dos puntos superan los 1000

NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que estas aguas no son aptas para uso agrícola. El punto OCP_03 también supera el máximo estipulado de 2000 NMP/100mL, del artículo 2.2.3.3.9.3, por lo que no puede destinarse el recurso para uso doméstico o consumo humano. El punto OCP_33 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

Los reportes para los coliformes totales oscilaron entre los 18 NMP/100mL y 8704 NMP/100mL, dejando a los puntos OCP_13 (3130 NMP/100mL); OCP_22 (3170 NMP/100mL) y OCP_30 (8704 NMP/100mL) como los puntos de mayor concentración de estos microorganismos (**Figura 3.2.5-27**). La comparación normativa indica que los puntos OCP_03; OCP_07; OCP_08; OCP_13; OCP_21 OCP_22; OCP_30 y OCP_32 superan los límites de 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4 por lo que estas aguas no pueden destinarse a consumo humano o uso doméstico sin previa desinfección. El punto OCP_30 tampoco da cumplimiento a los 5000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso no puede ser destinado para uso agrícola. En los puntos que superan el umbral establecido en la normatividad se reportan actividades ganaderas, de pastoreo y paso animal. En OCP_30, adicionalmente se reporta la presencia de una vía principal y agricultura, actividades que tienen efecto directo sobre la composición microbiológica de los puntos (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Cadenas de Custodia y Formatos de Campo**). El punto OCP_33 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas.

✓ Temporada Seca

Los niveles de coliformes fecales se ubicaron dentro de un rango entre los 20,0 NMP/100mL y 1220 NMP/100mL. Los puntos con mayor concentración de estos microorganismos fueron OCP_03 (567 NMP/100mL) y OCP_10 (1220 NMP/100mL). En el primer punto relacionado se observó presencia de ganado y cultivos de palma, en el segundo también se reporta ganado y excretas en el agua que se reportó estancada. Los niveles de fecales detectados en el último punto superan los límites de 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5 lo que indica que el recurso de OCP_10 no puede ser destinado a usos agrícolas. Todas las concentraciones reportadas se ubicaron por debajo de los 2000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.3, lo que permite destinar el recurso para el consumo humano y uso doméstico. El punto OCP_33 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

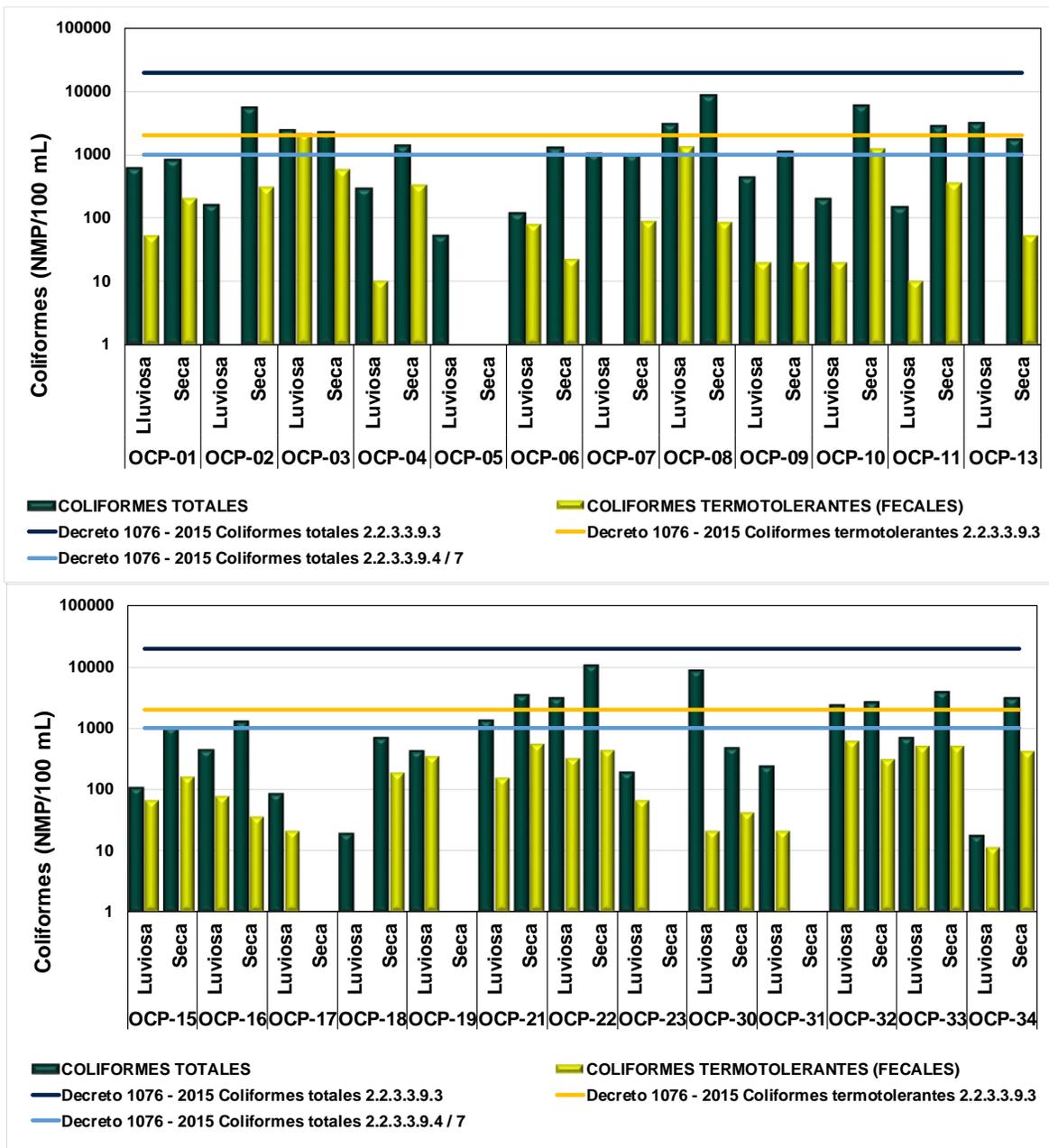
Los coliformes totales reportaron concentraciones entre los 471 NMP/100mL y los 10540 NMP/100mL, con los niveles máximos en OCP_08 (8664 NMP/100mL) y OCP_22 (10540 NMP/100mL). En los OCP_08 y OCP_10 se reporta presencia de ganado que bebe de los cauces y permanece dentro de sus aguas, así como también el paso constante de caballos que son usados como medio de transporte por los lugareños, los asentamientos humanos que son usuarios directos de los sistemas hídricos, también fueron reportados como afectaciones a los afluentes. Con excepción de los puntos OCP_01 (830 NMP/100mL); OCP_07 (980 NMP/100mL); OCP_18 (712 NMP/100mL); OCP_30 (471 NMP/100mL), los puntos restantes superan los 1000NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4, situación que impide la destinación del recurso de estos cauces para el uso doméstico y consumo humano. Adicionalmente los puntos OCP_08; OCP_10 y OCP_22 superan los 5000 NMP/100mL establecidos en el 2.2.3.3.9.5, por lo que también se restringe su uso en actividades agrícolas (**Figura 3.2.5-27**). El punto OCP_33 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas.

✓ Multitemporal

En la temporada de lluvias, los promedios obtenidos para los coliformes fecales y totales, fueron de 238,58 NMP/100mL y 1196,24 NMP/100mL y en temporada seca de 288,36 NMP/100mL y 2972,2

NMP/100mL. Resultados que muestran un incremento durante la última campaña, relacionado con la disminución de los caudales y las descargas de origen antrópico, en especial en los cauces que se encuentran bajo la influencia de asentamientos humanos que son los principales generadores de descargas, de origen doméstico e industrial, ricas en compuestos orgánicos que actúan como vehículo de microorganismos autóctonos. Este fenómeno es consecuencia directa del manejo inadecuado de los desechos líquidos y sólidos que tienen un impacto negativo a nivel ambiental, económico y social (Ramos, Vidal, Vilardy, & Saavedra, 2008).

Figura 3.2.5-27 Coliformes fecales y totales en Ocupaciones de Cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.2.2 Índices de Calidad y Contaminación de Aguas Ocupaciones de Cauce

➤ Índice de Calidad de Aguas Superficiales

✓ Temporada Lluviosa

En la **Tabla 3.2.5-91** se presenta la asignación de los valores del ICA para las corrientes evaluadas. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.5** Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables).

Tabla 3.2.5-91 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Ocupaciones de Cauce. Temporada de Lluvias.

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua
OCP_01	0,82	Aceptable
OCP_02	0,86	
OCP_03	0,86	
OCP_04	0,88	
OCP_05	0,68	Regular
OCP_06	0,79	Aceptable
OCP_07	0,85	
OCP_08	0,81	
OCP_09	0,94	Buena
OCP_10	0,65	Regular
OCP_11	0,74	Aceptable
OCP_13	0,85	Buena
OCP_15	0,77	
OCP_16	0,92	Aceptable
OCP_17	0,72	
OCP_18	0,81	
OCP_19	0,73	
OCP_21	0,91	Buena
OCP_22	0,85	Aceptable
OCP_23	0,81	
OCP_30	0,84	
OCP_31	0,69	
OCP_32	0,76	Aceptable
OCP_33	0,68	Regular
OCP_34	0,85	Aceptable

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Los puntos de ocupación de cauce tuvieron *Calidad Buena* en los puntos OCP_09; OCP_13; OCP_15 y OCP_21. Estos puntos se caracterizaron por tener bajas concentraciones de nitrógeno total, fósforo y sólidos suspendidos, altos niveles de oxígeno, la mayoría sobre los 7,0 mg/L y pH con tendencia a la alcalinidad. Los puntos con *Calidad Aceptable* fueron OCP_04; OCP_06; OCP_07; OCP_08; OCP_11; OCP_16; OCP_17; OCP_18; OCP_19; OCP_22; OCP_23; OCP_30; OCP_32 y OCP_34. En estos cauces las concentraciones de oxígeno fueron más bajas que el grupo anterior, pHs ácidos y sólidos suspendidos más altos. Los puntos con *Calidad Regular* fueron OCP_05; OCP_10; OCP_31 y OCP_33. Las características de estos puntos fueron valores de DQO y sólidos suspendidos altos, las concentraciones de fósforo más altas que en los otros dos grupos, pH's ácidos y las concentraciones más bajas de oxígeno. En OCP_05 se detectó pastoreo, paso animal, una alcantarilla y un puente; en OCP_10 hay ganado y una vía cercana; OCP_31 tiene en el margen izquierdo cultivo de pastos destinados a la ganadería y OCP_33 reportó paso vehicular y actividad ganadera (**Tabla 3.2.5-45**). Las actividades indicadas actúan como agentes generadores de

contaminantes que llegan a las fuentes hídricas, afectando directamente el índice de calidad (Figura 3.2.5-28).

✓ **Temporada Seca**

En la **Tabla 3.2.5-92** se presenta la asignación de los valores del ICA para las corrientes evaluadas. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.5** Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables).

Tabla 3.2.5-92 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Ocupaciones de Cauce. Temporada Seca

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua
OCP_01	0,75	Aceptable
OCP_02	0,75	
OCP_03	0,80	
OCP_04	0,75	
OCP_06	0,81	
OCP_07	0,74	
OCP_08	0,86	
OCP_09	0,63	
OCP_10	0,86	Aceptable
OCP_11	0,68	Regular
OCP_13	0,80	Aceptable
OCP_15	0,54	Regular
OCP_16	0,79	Aceptable
OCP_18	0,65	Regular
OCP_21	0,79	Aceptable
OCP_22	0,70	Regular
OCP_30	0,83	Aceptable
OCP_32	0,77	
OCP_33	0,58	Regular
OCP_34	0,66	

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

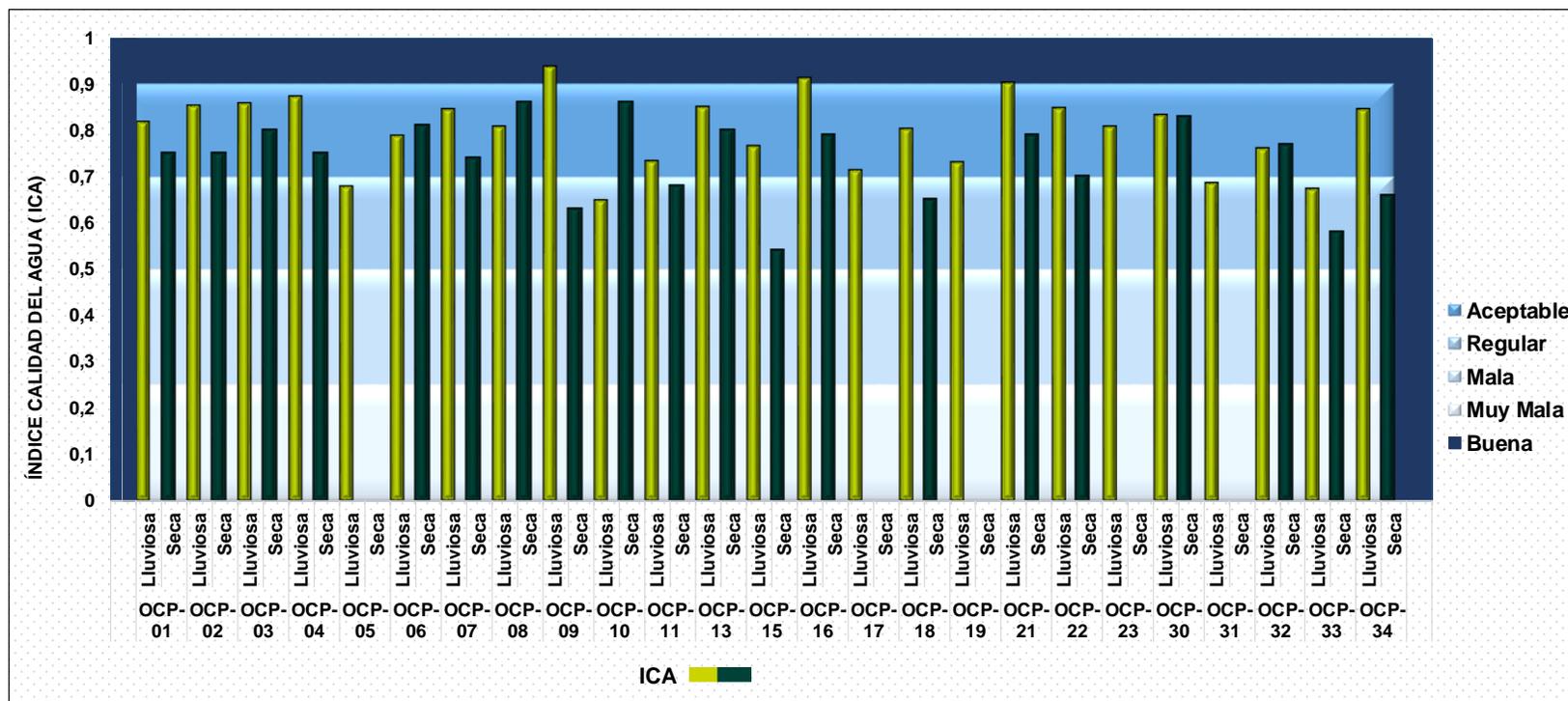
En la temporada seca la mayoría de los puntos calificaron con *Calidad Aceptable*, OP_01, OCP_02; OCP_03; OCP_04; OCP_06; OCP_07; OCP_08; OCP_10; OCP_13; OCP_16; OCP_21; OCP_30 y OCP_32. Los puntos valorados con *Calidad Regular* fueron los puntos restantes, OCP_09; OCP_11; OCP_15; OCP_18; OCP_22; OCP_33 y OCP_34. La calificación obtenida por este último grupo se encuentra relacionada con el bajo nivel reportado para estos puntos OCP_11 (43,030 L/s); OCP_15 (23,250 L/s); OCP_18 (23,275 L/s); OCP_22 (16,525 L/s); OCP_33 (232,050 L/s) y OCP_34 (30,70 L/s). OCP_15 (0,54) y OCP_33 (0,58) fueron los puntos con la calidad más baja de la temporada y corresponden a los puntos con los niveles más bajos de oxígeno disuelto, que se encuentran por debajo del nivel mínimo para la preservación de la fauna y la flora y uno de los DQO más altos en OCP_33.

✓ **Multitemporal**

Para la evaluación multitemporal de los ICA, se omitieron los puntos OCP_05; OCP_17; OCP_19; OCP_23 y OCP_31 por reportarse secos durante la última temporada de monitoreo. OCP_01, OCP_02; OCP_03; OCP_04; OCP_16 OCP_30 y OCP_32 se mantuvieron en *Calidad Aceptable* a lo largo de las dos temporadas. OCP_33 con *calidad regular* en las dos épocas. El único punto que mejoró la calidad de su recurso fue OPC_10, que estaba en Regular y llegó a Aceptable Los puntos

que reportaron un detrimento en su calidad, desde la época de lluvias hasta la seca, fueron OCP_13, OCP_21 que pasaron de Buena a Aceptable; OCP_11, OCP_18, OCP_22; OCP_34 con un cambio de Aceptable a Regular. Los puntos que más disminución en el índice de calidad fueron OCP_09, OCP_15 que pasaron de categoría Buena a Regular. En OCP_15 se observó un incremento en los niveles de Coliformes Totales y en la conductividad para los dos cauces y una disminución significativa en las concentraciones de oxígeno y en el pH, en los dos puntos. El detrimento en la calidad de los cauces destinados para la ocupación de cauce se hace evidente con la comparación de los promedios de ICA, en la temporada lluviosa fue de 0,80, mientras que para la seca fue de 0,73, aunque en términos generales, las aguas califican como de *Calidad Aceptable*.

Figura 3.2.5-28 Índice de Calidad –ICA. Ocupaciones de cauce



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Índices de Contaminación (ICO's)**

✓ **Temporada Lluviosa**

El comportamiento de los índices de contaminación se presenta en la **Figura 3.2.5-29**. La **Tabla 3.2.5-93** indica que OCP_02; OCP_04; OCP_05; OCP_06; OCP_09; OCP_11; OCP_15; OCP_17; OCP_18; OCP_19; OCP_23 y OCP_34 presentaron *contaminación muy baja* por presencia de materia orgánica. Los cauces OCP_01; OCP_03; OCP_07; OCP_10; OCP_13; OCP_16; OCP_21; OCP_22; OCP_30; OCP_31; OCP_32 y OCP_33 reportan *contaminación baja* por materia orgánica, en estos puntos fueron registradas las concentraciones más altas de coliformes totales del estudio y de DBO₅, así como también, algunas de los niveles más bajos de oxígeno. En OCP_01 se describe presencia de viviendas a 500 m del punto y una vía cercana; OCP_03 está ubicado cerca de un paso de ganado y se encuentra rodeado por cultivos de palma; en OCP_07 se reporta presencia de ganado; OCP_10, punto de mayor DBO₅ y menor oxígeno, hay ganado y una vía cercana; OCP_13, rodeado de mucha vegetación y cercano a un puente; OCP_21 es un punto con grado de perturbación extrema en la vegetación riparia, pastoreo y paso animal; OCP_22 reporta ganadería; OCP_30, punto con concentración más alta de coliformes totales, registra actividad ganadera y agrícola, captación del recurso y cercanía a una vía principal; OCP_31 tiene en el margen izquierdo cultivo de pastos destinados a la ganadería; OCP_32 tiene actividad ganadera alrededor y OCP_33 reportó paso vehicular y actividad ganadera. El registro de *contaminación media* por materia orgánica fue para OCP_08 en este punto se reportó presencia de ganado, un DBO₅ indetectable, un oxígeno de 7,03 mg/L y una concentración de coliformes totales de 2981 NMP/100mL.

Tabla 3.2.5-93 Índice de Contaminación-ICO's. Ocupaciones de cauce. Temporada Lluviosa

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
OCP_01	0,22	0,00	0,00	0,05
OCP_02	0,11	0,00	0,00	0,05
OCP_03	0,25	0,00	0,04	0,06
OCP_04	0,13	0,00	0,00	0,05
OCP_05	0,14	0,02	0,90	0,15
OCP_06	0,20	0,02	0,03	0,15
OCP_07	0,24	0,01	0,00	0,11
OCP_08	0,60	0,03	0,00	0,13
OCP_09	0,11	0,01	0,00	0,06
OCP_10	0,33	0,01	0,28	0,14
OCP_11	0,16	0,01	0,00	0,07
OCP_13	0,29	0,01	0,09	1,71
OCP_15	0,19	0,00	0,00	0,14
OCP_16	0,21	0,01	0,00	0,08
OCP_17	0,16	0,01	0,00	0,05
OCP_18	0,15	0,00	0,00	0,08
OCP_19	0,15	0,34	0,21	0,15
OCP_21	0,23	0,02	0,05	0,07
OCP_22	0,36	0,01	0,00	0,11
OCP_23	0,18	0,01	0,04	0,07
OCP_30	0,38	0,00	0,02	0,06
OCP_31	0,22	0,01	0,00	0,28
OCP_32	0,34	0,01	0,07	0,10
OCP_33	0,35	0,12	0,00	0,35
OCP_34	0,14	0,01	0,01	0,11

Colores Indicativos para ICOMO, ICOMI e ICOSUS Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Los índices de contaminación por mineralización fueron, en general, *muy bajos*. Sin embargo, el punto OCP_19, reportó *contaminación baja*, en este sistema hídrico, la dureza fue indetectable, la conductividad baja y la alcalinidad fue la más alta. Estos resultados permiten afirmar que los cationes y aniones que determinan la dureza, alcalinidad y conductividad de estas aguas no generan afectación a estos ecosistemas. Respecto al ICOSUS, OCP_10 y OCP_19, reportaron *contaminación baja* y OCP_05 tuvo *contaminación muy alta* por presencia de sólidos suspendidos, por ser el punto de mayor concentración de estos materiales (307 mg/L), asociado, presuntamente, al puente y la alcantarilla que fueron registrados en este lugar, adicional a la perturbación de la vegetación riparia para ser destinada al desarrollo de pastizales para pastoreo (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de campo y cadenas de custodia**). Por último. El ICOTRO, indica que OCP_13 corresponde a un punto de agua Hipereutrófico, al contar con una concentración de fósforo total mayor a 1,0 mg/L (**Tabla 3.2.5-39**).

De manera general, se tiene que los cuerpos de agua de Ocupación de cauce, registran bajos y muy bajos niveles de contaminación por presencia de materia orgánica, mineralización o sólidos suspendidos, es decir, que se pueden descartar afectaciones relacionadas con estos aspectos, salvo en los puntos OCP_08 y OCP_05, que registraron valores de contaminación media y muy alta, por materia orgánica y sólidos suspendidos, respectivamente y OCP_13 que clasifica como sistema hipereutrófico.

✓ **Temporada Seca**

Los valores de los índices ICO se presentan en la **Tabla 3.2.5-94**. Con respecto a los niveles de contaminación por presencia de materia orgánica, se reportaron ocho puntos con *contaminación baja*, OCP_01 (0,25); OCP_03 (0,37); OCP_04 (0,29); OCP_09 (0,28); OCP_13 (0,30); OCP_15 (0,40); OCP_16 (0,29); OCP_18 (0,30); OCP_21 (0,40); niveles de *contaminación media* fueron reportados en los puntos OCP_02 (0,52); OCP_06 (0,58); OCP_07 (0,56); OCP_10 (0,47); OCP_11 (0,46); OCP_22 (0,57); OCP_30 (0,48); OCP_32 (0,41); OCP_33 (0,58); OCP_34 (0,41). La categoría *Contaminación alta* fue detectada en OCP_08 (0,73). En los puntos con contaminación baja se reportaron bajos caudales, como en OCP_02; OCP_06, OCP_10, OCP_30, OCP_32, y OCP_34, vertimientos como en OCP_33, o presencia de ganado y tránsito de vehículos en los cauces, como en OCP_07, OCP_11, registro de materia orgánica en descomposición, como en OCP_22. En OCP_08, el punto con *contaminación alta*, se reportó presencia de heces bovinas y paso constante de personas transportándose a caballo.

Tabla 3.2.5-94 Índice de Contaminación-ICO's. Ocupaciones de cauce. Temporada Seca

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
OCP_01	0,25	0,00	0,01	0,05
OCP_02	0,52	0,00	0,01	0,05
OCP_03	0,37	0,00	0,01	0,06
OCP_04	0,29	0,01	0,01	0,05
OCP_06	0,58	0,05	0,01	0,15
OCP_07	0,56	0,06	0,01	0,15
OCP_08	0,73	0,01	0,01	0,11
OCP_09	0,28	0,05	0,01	0,13
OCP_10	0,47	0,01	0,10	0,06
OCP_11	0,46	0,01	0,01	0,14
OCP_13	0,30	0,00	0,01	0,07
OCP_15	0,40	0,00	0,01	1,71
OCP_16	0,29	0,05	0,01	0,14
OCP_18	0,30	0,00	0,01	0,08

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
OCP_21	0,40	0,03	0,01	0,05
OCP_22	0,57	0,08	0,02	0,08
OCP_30	0,48	0,03	0,01	0,15
OCP_32	0,41	0,02	0,04	0,07
OCP_33	0,58	0,35	0,03	0,11
OCP_34	0,41	0,07	0,03	0,07

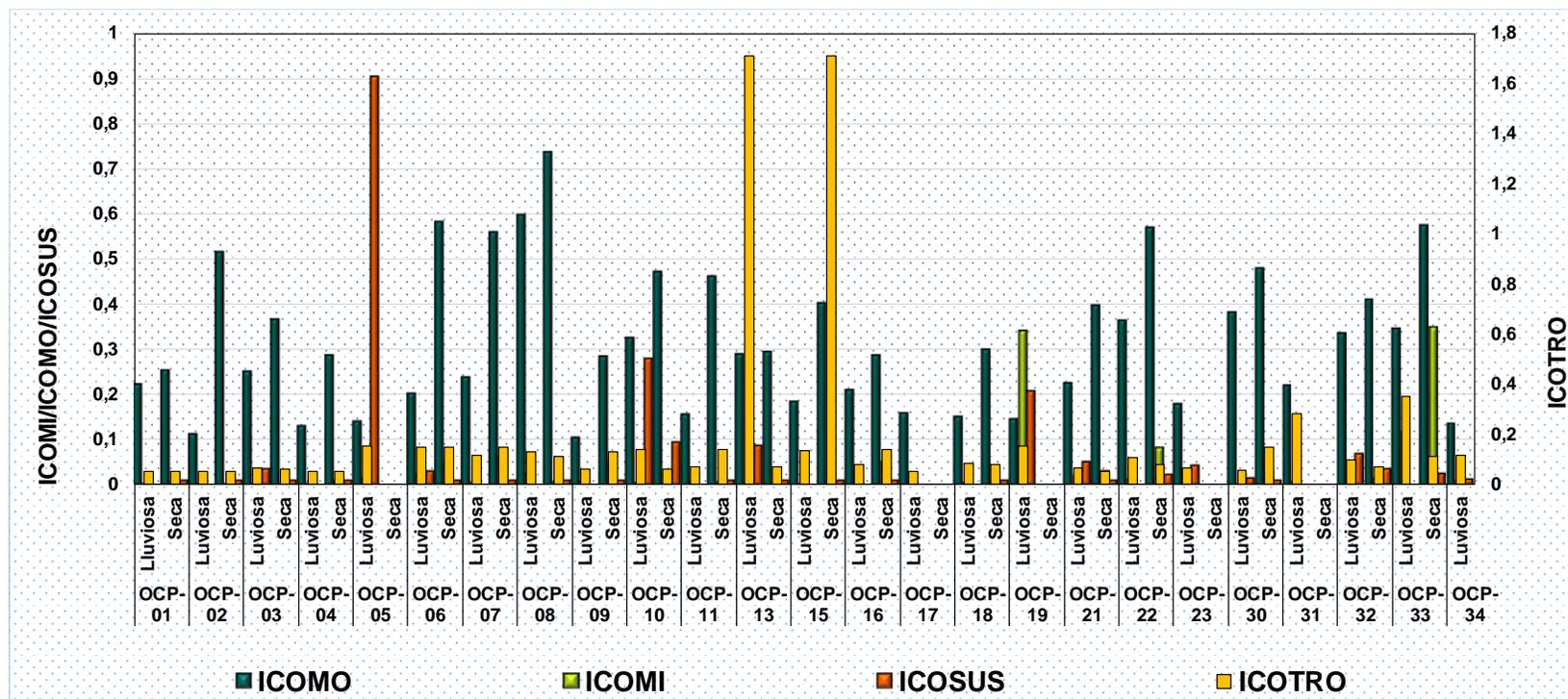
En esta anotación no se incluye la clasificación por color para ICOTRO Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

El ICOMI indicó que los sistemas destinados a la ocupación de cauce tienen niveles de contaminación por mineralización *muy bajos*, salvo en el punto OCP_33 (0,35) que registró un nivel *bajo* por este índice, relacionado con los vertimientos a la fuente detectados durante la etapa de campo. El ICOSUS registró *contaminación muy baja* en la totalidad de los puntos por concepto de presencia de sólidos suspendidos. En referencia al ICOTRO, es posible indicar que todos los puntos destinados a la ocupación de cauce se encuentran en estado eutrófico, exceptuando OCP_15 que, con un índice de 1,71, califica como un sistema hídrico hipereutrófico. Esta situación puede ser asociada al bajo flujo de corriente reportado y a la presencia constante de bovinos y equinos sobre el cauce.

✓ Multitemporal

Para la evaluación multitemporal de los ICO, se omitieron los puntos OCP_05; OCP_17; OCP_19; OCP_23 y OCP_31 por reportarse secos durante la última temporada de monitoreo. En la **Figura 3.2.5-29** se presenta la tendencia de los ICO a lo largo de las dos temporadas evaluadas. Con respecto al ICOMO se observó que los puntos OCP_01; OCP_03; OCP_13; OCP_16; OCP_19 se mantuvieron en niveles bajos de contaminación durante las dos épocas. Los puntos restantes reportaron un incremento en los niveles de contaminación por presencia de materia orgánica. De muy bajo a bajo OCP_04; OCP_15; OCP_18; de bajo a medio OCP_07; OCP_10; OCP_22; OCP_30; OCP_33; de medio a alto OCP_08 y los puntos que mayor detrimento en la calidad registraron, fueron OCP_02; OCP_06; OCP_11_ OCP_34, que pasaron de muy bajo a medio. Las variaciones están relacionadas con las disminuciones en los caudales que colmatan los sistemas hídricos con las cargas de contaminantes orgánicas que siguen llegando a la misma tasa que lo hacen durante la época de lluvias. El ICOMI se mantuvo estable en la mayoría de los puntos, exceptuando a OCP_33 que pasó de muy bajo a bajo. La contaminación por sólidos suspendidos disminuyó durante la última época de monitoreo y se estableció como muy baja para la totalidad de los puntos, lo que significó una disminución en los niveles de contaminación en OCP_10, que pasó de registrar niveles bajos a muy bajos. El ICOTRO no mostró variaciones significativas entre las dos temporadas evaluadas, con un promedio de 0,17 en cada una, lo que indica que las concentraciones de fósforo no se encuentran bajo la influencia de la época hidroclimática, sin embargo, se denota el detrimento en los niveles de contaminación trófica en el punto OCP_15, al pasar de un estado eutrófico a uno hipereutrófico, asociado a las disminuciones en el caudal, mas no en las presiones antrópicas detectadas para este punto.

Figura 3.2.5-29 Índice de Contaminación. Ocupaciones de cauce. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.2.3 Conclusiones

- Durante la época seca se presentó una disminución de los caudales. La disminución de caudales durante el mes de febrero pudo verse intensificada por los niveles de precipitación por debajo de lo normal que fueron registrados en la zona como consecuencia de la influencia del Fenómeno de la Niña y las perturbaciones de la escala intra-estacional, que rigieron durante este mes.
- La temperatura no registró variaciones significativas a lo largo de las temporadas evaluadas. El promedio durante la época de lluvias fue de 26,70°C y el de la época seca fue de 26,58°C. La temperatura media es estable y la amplitud de las oscilaciones entre período seco y de lluvias, no supera el 1,27°C. Esto quiere decir que las variaciones en temperatura se encuentran asociadas a las condiciones climatológicas de la zona y morfología de los sistemas hídricos evaluados que, durante los meses de muestreo, estuvieron influenciados por las condiciones climáticas y oceanográficas de La Niña, descartando impactos térmicos sobre el recurso.
- El promedio del oxígeno fue más alto durante la temporada de lluvias, 6,34 mg/L, en comparación con el de la temporada más seca, 5,95 mg/L, comportamiento que se explica a partir del principio que establece que las moléculas de agua retienen una mayor cantidad de oxígeno a temperaturas más bajas, sumado a la interrupción en los procesos de re-aireación en las fuentes hídricas como consecuencia del bajo flujo de corriente reportado en algunos de los puntos evaluados durante la época seca y que disminuyen la cantidad de oxígeno disueltos en el agua.
- La ponderación del pH en temporada de lluvias fue de 6,12 unidades y la de la temporada seca fue de 6,81 unidades, comportamiento que indica que, durante la época de precipitaciones, el recurso de estas fuentes hídricas tiende hacia la acidez y que es consecuencia directa de llegada de lixiviados de aniones a los sistemas de agua superficial, provenientes de los cultivos de palma y las actividades ganaderas registradas en esta zona.
- La conductividad fue comparativamente más alta durante la temporada seca (27,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que durante la temporada lluviosa (21,62 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Los sólidos disueltos obtuvieron ponderaciones de 4,88 mg/l en época de lluvias y de 27,3 mg/L en época seca, indicando una tendencia creciente durante esta última, ratificando una relación directa entre estos dos parámetros. La alta cantidad de sólidos disueltos durante la temporada seca obedece a la disminución de los caudales y al efecto de agentes externos que funcionan como aportantes de iones que contribuyen al alza de la conductividad, tales como la llegada de material a los cauces por la deforestación y la descarga de afluentes en estos puntos.
- Los parámetros organolépticos del Olor y el Sabor no sufrieron cambios a lo largo de las temporadas evaluadas, presentando condiciones de Sin Sabor, Inodoros y Aceptables en la totalidad de las fuentes hídricas valoradas.
- Las concentraciones de cloruros se mantuvieron bajo los límites de detección durante las dos épocas evaluadas, exceptuando el punto OCP_33 en época lluviosa, lo que indica que el uso del recurso de las cuencas destinadas para ocupaciones de cauce, en cuanto a este parámetro, no representa riesgos para el uso doméstico o consumo humano.
- Las concentraciones de sulfatos detectadas durante el tiempo seco fueron significativamente más altas que las de la época de lluvias, situación explicada por las disminuciones en los caudales que generan incremento en las concentraciones de sales en todas las corrientes hídricas esto, sumado a que las descargas de aguas residuales y escorrentías con trazas de fertilizantes y detergentes siguen cargando las corrientes que, en tiempo seco, contienen menos agua para diluirlos. Los valores registrados no superaron los límites normativos, por lo que el recurso es recomendable para su uso doméstico y consumo humano, de acuerdo con lo registrado en el Decreto 1076 del 2015.
- Los promedios de SST para las temporadas lluviosa y seca fueron de 26,37 mg/L y 5,15 mg/L, respectivamente. La turbiedad tuvo ponderados de 8,02 UJT y 0,58 UJT, respectivamente. Para los sólidos totales, el promedio para lluvias fue de 46,04 mg/L y para seca de 36,0 mg/L. La alta concentración de estos parámetros durante la primera época está relacionada con que la lluvia funciona como un factor ambiental que tiene un efecto directo sobre la concentración de sólidos

suspendidos y la turbiedad esto, debido a que, por escorrentía, la lluvia arrastra sedimentos desde los suelos cercanos y además induce la mezcla dentro de la fuente hídrica, produciendo la re-suspensión de partículas que ya se habían sedimentado.

- El promedio de DBO₅ fue más alto que durante la temporada seca. El promedio de la DQO en temporada de lluvias fue de 41,32 mg/L y durante la seca de 13,85 mg/L. El COT tuvo un promedio de 3,76 mg/L en lluvias e indetectable (<5,0 mg/L) durante la seca. Los reportes más altos de estos tres parámetros, durante la temporada de precipitaciones, se explica mediante el hecho de que las lluvias funcionan como vehículos de carga de materia orgánica que por procesos de escorrentía y de arrastre aceleran la llegada de dicho material a los cuerpos de agua.
- La primera campaña arrojó promedios de alcalinidad, acidez y bicarbonatos de 22,7 mg/L, 18,08 mg/L y 22,7 mg/L; los de la temporada seca fueron 18,61 mg/L, 14,01 mg/L y 18,61 mg/L, respectivamente. Estos registros muestran valores más bajos en la temporada seca del monitoreo. Este comportamiento puede estar relacionado con procesos exógenos a las corrientes de agua que pueden alterar estos parámetros, dentro de los que se destacan la actividad agrícola que, por procesos de descargas de agro-fertilizantes puede modificar la cantidad de sales y, en consecuencia, la alcalinidad, acidez y cantidad de bicarbonatos.
- La diferencia entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas para el cálculo de la dureza cálcica no permitió la comparación de los resultados inter-estacionales. Los promedios de dureza total, para cada temporada fueron de 0,35 mg/L (lluviosa) y 8,38 mg/L (seca), valores comparables por contar con el mismo límite de cuantificación e indican mayores durezas durante la temporada seca, comportamiento asociado con la disminución de los caudales que genera una pérdida de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos que genera un incremento en la concentración de iones presentes y, a su vez, en los niveles de dureza.
- Para el nitrógeno amoniacal y orgánico hubo registros en OCP_33 (nitrógeno amoniacal) y OCP_11 y OCP_33 (nitrógeno orgánico), durante la época de lluvias. En la segunda temporada, estos parámetros marcaron niveles indetectables en todos los puntos
- El nitrógeno amoniacal y orgánico hubo registros en OCP_33 (nitrógeno amoniacal) y OCP_11 y OCP_33 (nitrógeno orgánico), durante la época de lluvias. En la segunda temporada, estos parámetros marcaron niveles indetectables en todos los puntos. Sin embargo, la diferencia en la sensibilidad de las técnicas aplicadas durante las dos épocas, no permite la comparación directa de los resultados obtenidos. La presencia de nitrógeno en OCP_05; OCP_11; OCP_11; OCP_18; OCP_19; OCP_21; OCP_33 y OCP_34, durante la época de lluvias y en OCP_18, durante la seca, proviene de procesos endógenos como la fijación biológica, la descomposición de la materia orgánica y las pérdidas por desnitrificación. Los niveles de este elemento cambian de acuerdo a la época del año y tienen a la lluvia como uno de los factores determinantes.
- Para la época lluviosa y seca, los promedios de fósforo hidrolizable fueron 0,0041 mg/L y 0,007mg/L, respectivamente. Los del fósforo orgánico fueron de 0,0078 mg/L y 0,0052 mg/L, los del ortofosfato, 0,0021 mg/L y 0,024 mg/L y los del fósforo total fueron de 0,19 mg/l y 0,039 mg/L. La variación de estas concentraciones a lo largo del tiempo se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias y domésticas reportadas para las zonas aledañas
- El promedio de grasa y aceites fue más alto durante la época seca (0,294 mg/L) que durante la lluviosa (0,037 mg/L). Los niveles de Fenoles e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, se mantuvieron indetectables a lo largo de todo el monitoreo. En cuanto a los hidrocarburos, las concentraciones fueron más altas durante la época seca. El comportamiento de este parámetro, junto con el de grasas y aceites, puede relacionarse con que la llegada de estas sustancias no se disminuye pese a la baja de caudales propias de la época seca, lo que incrementa la concentración de estos compuestos. El recurso de estos cauces no podrá ser destinado a uso doméstico o consumo humano.

- Los pesticidas organofosforados, organoclorados y los surfactantes se caracterizaron por presentar concentraciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica empleada en todos los sistemas hídricos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.
- Las concentraciones de selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, molibdeno, níquel, cadmio, arsénico, vanadio se mantuvieron por debajo del límite de detección a lo largo de las dos temporadas de monitoreo y, por lo tanto, cumplieron los límites establecidos por el decreto normativo.
- Los puntos con mayor presencia de metales, en época lluviosa fueron OCP_16 (mercurio, plomo, boro, zinc) y OCP_31 (manganeso, plomo, zinc). Otros puntos con presencia de al menos dos metales fueron OCP_07(plata, plomo); OCP_23 (manganeso, plomo); OCP_17 (plomo, boro) y OCP_33 (zinc, manganeso). En época seca OCP_32 (plomo, cobalto, manganeso, boro); OCP_18 (plomo, aluminio, cobalto); OCP_11 (cobalto, manganeso y boro); OCP_15 (plomo, manganeso y boro); OCP-30 (plomo, cobalto y boro); OCP_22 (cobalto, manganeso); OCP_09 (plomo, boro); OCP_02 (plomo, cobalto); OCP_13 (plomo, boro). La presencia de metales pesados en el agua se encuentra relacionada con actividades mineras, combustión de combustibles fósiles, de crudo, gasoil excavaciones, las fuentes de tráfico vehicular, quema de basuras, agricultura, uso de fertilizantes, todas estas identificadas en la zona de estudio, esta situación trae como consecuencia el aumento en los niveles de contaminación de las aguas por metales pesados y el deterioro en su calidad.
- El comportamiento de BTEX no presenta variaciones significativas a lo largo de la época de monitoreo, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de influencia del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias.
- El promedio del Hierro para la temporada de lluvias fue de 0,52 mg/L, en comparación con 2,47 mg/L de la temporada seca, mostrando un incremento durante esta última, asociado a la disminución de los caudales y la constancia de las presiones antrópicas sobre los sistemas hídricos
- El promedio del color para la primera época fue de 0,38 UPC, con reporte solo en un punto, mientras que, para la segunda campaña, el color fue registrado en todos los puntos, con un promedio de 24,31 UPC. Con un evidente incremento del parámetro durante la temporada seca, lo que es indicio de la asociación con las afectaciones de origen antrópico.
- Los promedios obtenidos durante la temporada de lluvias, para el calcio, potasio, sodio y magnesio fueron de 1,53 mg/L, 0,30 mg/L, 4,01 mg/L y 0,72 mg/l, respectivamente. Estos valores, para la temporada seca fueron de 1,39 mg/L, 0,97 mg/L, 2,70 mg/L y 0,64 mg/L. El calcio y el sodio disminuyeron durante la época seca, a la vez que el potasio y el magnesio aumentaron. Estos comportamientos pueden estar relacionados con la disminución de los caudales y la llegada continua de partículas y descargas a los sistemas hídricos provenientes de las actividades antrópicas registradas en las áreas circundantes.
- No fueron detectadas variaciones en las concentraciones de Cianuro, a pesar de la diferencia en el límite de cuantificación de las técnicas empleadas en las diferentes épocas climáticas. Ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L estipulado como límite permisible máximo, por lo que el recurso cumple con la normativa y puede ser usado a nivel doméstico y para consumo humano.
- Las concentraciones de fluoruros no variaron entre temporada y temporada, por lo que el aumento o disminución del caudal no estaría interfiriendo en el comportamiento de estos compuestos.
- En la temporada de lluvias, los promedios obtenidos para los coliformes fecales y totales, fueron de 238,58 NMP/100mL y 1196,24 NMP/100mL y en temporada seca de 288,36 NMP/100mL y 2972,2 NMP/100mL. Resultados que muestran un incremento durante la última campaña, relacionado con la disminución de los caudales y las descargas de origen antrópico, en especial

en los cauces que se encuentran bajo la influencia de asentamientos humanos que son los principales generadores de descargas, de origen doméstico e industrial, ricas en compuestos orgánicos que actúan como vehículo de microorganismos alóctonos.

- El detrimento en la calidad de los cauces destinados para la ocupación de cauce se hace evidente con la comparación de los promedios de ICA, en la temporada lluviosa fue de 0,80, mientras que para la seca fue de 0,73, aunque en términos generales, las aguas califican como de Calidad Aceptable.
- El ICOMO mostró un incremento durante la temporada seca. El ICOMI se mantuvo estable en la mayoría de los puntos, exceptuando a OCP_33 que pasó de muy bajo a bajo. La contaminación por sólidos suspendidos disminuyó durante la última época de monitoreo y se estableció como muy baja para la totalidad de los puntos, lo que significó una disminución en los niveles de contaminación en OCP_10, que pasó de registrar niveles bajos a muy bajos. El ICOTRO no mostró variaciones significativas entre las dos temporadas evaluadas, con un promedio de 0,17 en cada una. Se denota el detrimento en los niveles de contaminación trófica en el punto OCP_15, al pasar de un estado eutrófico a uno hipereutrófico, asociado a las disminuciones en el caudal, mas no en las presiones antrópicas detectadas para este punto.

3.2.5.1.3 Captaciones

En este literal se presenta la caracterización fisicoquímica de todos los puntos de captación, sin embargo, se destaca que para el punto CAP_02 se desistió de solicitar el permiso de captación, debido a que la Oferta Hídrica disponible en este punto es de 0,832 L/s y el caudal ambiental es de 0,072 L/s y, por tanto, la oferta disponible no cubre la demanda requerida, de 5,04 L/s, para activar el proceso de captación. Consultar el Capítulo 4.1 Aguas Superficiales.

➤ Descripción de los puntos

Tabla 3.2.5-95 Descripción puntos de Captación

Descripción CAP_01 Caño El Caibe				
Coordenadas	E: 4958046,97		N: 2016468,70	
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Arena/Grava/Limo Arcilla/ Cantos Rodados	
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura	289 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca	
				
Código	47712		MN 347852	
Fecha	25/11/2022		16/02/2023	
Hora	07:30		10:05	
Profundidad (m)	0,96		0,74	
Descripción del punto	Canal Recto, con puente, con corriente moderada y agua levemente turbia por lluvias en la noche anterior. Se reporta presencia de macrófitas emergentes, en su mayoría de la familia Araceae. Sin olores en agua o en sedimentos.		Agua turbia color amarillo, presencia de hojas, troncos y ramas en el sistema hídrico, no se perciben olores ni películas de grasa evidentes.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuestas por pastos, hierbas, arbustos y árboles con grado muy alto de perturbación. Zona aledaña usada para pastoreo, huellas sobre la orilla del caño pueden ser evidencia de que el cuerpo de agua es usado como bebedero por el ganado. El punto tiene 5 usuarios, 2 realizan captación directa. Los restantes tienen pozo profundo y no se presentan vertimientos al recurso. Quema de residuos sólidos inorgánicos y cocción de alimentos a gas y con leña.			

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_02 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4956023,57		N: 2016765,63
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 289 m.s.n.m
Temporada Hidroclimática	Lluviosa		Seca
			
Código	47787		MN 34789
Fecha	25/11/2022		16/02/2023
Hora	10:00		13:15
Profundidad (m)	0,23		0,13
Descripción del punto	Canal Recto, con puente, con corriente moderada y nivel bajo de agua clara. Se reporta presencia de macrófitas emergentes, de las familias Cyperaceae, Poaceae y Musaceae. Sin olores en agua o en sedimentos, ni capas iridiscentes.		Cuerpo de naturaleza lótica, de bajo flujo de corriente y nivel bajo de agua clara, con presencia de excremento bovino dentro y alrededor del cauce. No se reportan olores, capas iridiscentes o macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por gramíneas, en el margen derecho y planta de las familias rubiácea y gramíneas en el margen izquierdo. Se detecta presencia de ganado dentro del cuerpo de agua y una vía de conexión entre fincas que lo atraviesa. Este punto cuenta con tres usuarios, sin que ninguno haga captaciones o vertimientos directos del Caño. Quema de residuos sólidos inorgánicos y cocción de alimentos con gas o leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_04 Caño Mayuga			
Coordenadas	E: 4958135,11		N: 2021357,95
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Cantos rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48248	MN 348902	
Fecha	12/12/2022	21/02/2023	
Hora	09:00	14:20	
Profundidad (m)	0,27	0,16	
Descripción del punto	Canal meándrico, con puente, con corriente moderada y nivel medio de agua clara. Sin olores en agua o en sedimentos. El agua presenta brillo proveniente del aceite de los tractores que pasan frecuentemente sobre el sistema hídrico	Cuerpo de naturaleza lítica, de bajo flujo de corriente y nivel bajo de agua clara, sin olores ni películas evidentes. No se reportan olores, capas iridiscentes o macrófitas.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles, con nivel alto de perturbación. Actividades agrícolas. Paso animal y vehicular sobre el cuerpo de agua. Este punto cuenta con un único usuario que hace captación directa de un caño que conecta con el Caño Mayuga.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_05/OCP_16 Caño Trapiche			
Coordenadas	E: 4948682,78		N: 2018409,39
Departamento	Cumará/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48132	MN 349660	
Fecha	06/12/2022	24/02/2023	
Hora	10:00	10:12	
Profundidad (m)	0,80	0,08	
Descripción del punto	Cuerpo de agua de baja profundidad. Sin olores en agua o en sedimentos. Tampoco se detectan espumas o películas iridiscentes	Cuerpo Lótico con bajo flujo de corriente y bajo nivel de agua clara, con presencia de materia orgánica en descomposición. No se perciben olores ofensivos ni películas aceitosas sobre el recurso.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos dominantes, hierbas, arbustos y árboles. Actividades agrícolas y ganaderas. Con vía de paso vehicular de baja frecuencia. Asentamiento humano.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_06 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4954642,00		N: 2017132,24
Departamento	Restrepo/Meta	Lecho	Arenoso/Rocoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47713		MN 348431
Fecha	28/11/2022		18/02/2023
Hora	08:30		9:20
Profundidad (m)	0,90		0,23
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua turbia por fuertes lluvias, de más de 14 horas durante el día anterior al monitoreo. No se reportan olores ofensivos o espumas. Macrófitas emergentes.		Canal meándrico con corriente moderada. Nivel medio de agua levemente turbia, sin olores o capas iridiscentes. No se reporta presencia de macrófitas.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles con un grado de perturbación extremo. Actividades agrícolas y ganaderas. Vía que atraviesa el sistema hídrico de forma transversal. Se detectan residuos sólidos y captación del recurso para fincas aledañas. Tres usuarios para este punto de los cuales uno hace captación directa del caño. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

descripción CAP_07 /OCP_07 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4950868,26		N: 2018925,29
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Cantos Rodados
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48003	MN 347291	
Fecha	03/12/2022	13/02/2023	
Hora	13:00	11:25	
Profundidad (m)	0,50	0,38	
Descripción del punto	Cuerpo de agua transparente, de baja profundidad, con corriente media. Lluvias reportadas la noche anterior. Sin olores ofensivos, espumas o iridiscencias	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia. Sin olores ofensivos en sedimentos y en agua. Presencia de macrófitas emergentes.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales, árboles, hierbas y arbustos con un muy alto grado de perturbación. Presencia de ganado. Una vía atraviesa el cuerpo de agua. Dos usuarios del punto que captan directa mente del cauce.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_08 Caño NN			
Coordenadas	E: 4950868,26		N: 2018925,29
Departamento	Restrepo/Meta	Lecho	Cantos rodados/Grava
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47723	MN 347831	
Fecha	26/11/2022	16/02/2023	
Hora	13:00	14:55	
Profundidad (m)	0,64	0,23	
Descripción del punto	Canal meándrico con corriente moderada y agua levemente turbia por lluvias la noche anterior. No se reportan olores ofensivos o espumas. Macrófitas emergentes.		Canal recto con corriente moderada, nivel medio de agua clara, sin aceites en agua o sedimento, tampoco olores ofensivos. Macrófitas emergentes
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles con un grado extremo de perturbación. Actividades ganaderas, agrícolas y residenciales. Se reporta pastoreo y captación.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_09 Caño El Caibe			
Coordenadas	E: 4951419,35		N: 2023135,05
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Grava/Cantos Rodados
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47715	MN 347294	
Fecha	28/11/2022	12/02/2023	
Hora	13:00	10:35	
Profundidad (m)	0,37	0,29	
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua turbia por lluvias la noche anterior. No se reportan olores ofensivos o espumas. Macrófitas emergentes.		Canal recto con flujo bajo de corriente y nivel medio de agua clara. No se reportan olores ofensivos o espumas.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles con un grado alto de perturbación. Descargas sobre el sistema. Paso de ganado. Punto con tres usuarios, dos de ellos hacen captación directa del sistema, el tercero lo hace a través de un pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_10 Caño Carnicerías			
Coordenadas	E: 4959419,08		N: 2023135,05
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Cantos rodados/grava/arena
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47993	MN 349147	
Fecha	05/12/2022	22/02/2023	
Hora	14:00	9:28	
Profundidad (m)	2,40	0,33	
Descripción del punto	Sistema hídrico de agua transparente y velocidad alta de la corriente. No se reportan olores ofensivos, aceites o espumas. Macrófitas emergentes.	Canal meándrico con flujo de corriente moderada y nivel medio de agua clara. Sin espumas, películas iridiscentes u olores ofensivos, se reporta materia orgánica en descomposición en algunos tramos del cauce.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por hierbas, arbustos y árboles. Captaciones, asentamientos humanos, cultivos de palma y una carretera son los principales impactos sobre la corriente. Punto con dos usuarios que realizan captación directa del cauce. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_11 Caño Curimabe			
Coordenadas	E: 4962602,13		N: 2028060,23
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Cantos rodados/grava/arena
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47909		MN 348682
Fecha	29/11/2022		20/02/2023
Hora	12:30		12:30
Profundidad (m)	0,84		0,22
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia por lluvias durante el monitoreo. No se reportan olores ofensivos, aceites o espumas. Macrófitas emergentes y flotantes		Canal recto con flujo moderado de corriente agua clara, son olores ni aceites. Presencia de macrófitas flotantes
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por hierbas, arbustos y árboles con muy alto grado de perturbación. El margen derecho presenta un deterioro importante al ser usado como sitio de recreación, por lo que reporta gran cantidad de residuos sólidos. Pastos destinados para el ganado. Pastoreo. Dos usuarios del punto, uno realiza la actividad de manera directa y el otro lo hace a través de un pozo profundo. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_12/OCP_18 Caño Carnicerías			
Coordenadas	E: 4954271,71		N: 2026753,79
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Rocoso/Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48024	MN 348500	
Fecha	02/12/2022	19/02/2023	
Hora	11:00	8:45	
Profundidad (m)	0,64	0,10	
Descripción del punto	Sistema Lótico de agua transparente y velocidad media, sin olores ofensivos, espumas o iridiscencias	Canal recto tipo charca con flujo base y nivel bajo de agua clara. No se perciben iridiscencias, olores o espumas en el agua. Presencia de macrófitas flotantes y emergentes.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por pastizales y especies arbóreas y arbustivas. Suelo destinado para actividades ganaderas y agrícolas. Carretera. Punto con cuatro usuarios y uno que realiza la captación directa del recurso. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_13 Caño Venturosa			
Coordenadas	E: 4964565,54		N: 2028420,16
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Grava/Cantos Rodados
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	48171	MN 349464	
Fecha	07/12/2022	23/02/2023	
Hora	11:00	15:10	
Profundidad (m)	0,60	0,28	
Descripción del punto	Sistema hídrico con velocidad media de agua turbia. No se reportan olores ofensivos, aceites. Presencia de espumas	Canal recto con flujo de corriente moderado y nivel media de agua clara. Macrófitas ausentes, así como también olores fuertes y aceites.	
Usos del suelo en zonas aledañas	Paso peatonal, vehicular y de ganado, en el momento del monitoreo se observan personas bañando en el caño. Vegetación riparia compuesta por pastos, hierbas, arbustos y árboles con un grado moderado de perturbación. Punto con diez usuarios que captan el recurso directamente o a través de pozos profundos. Quema de residuos inorgánicos y cocción de alimentos con gas y leña.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción CAP_14 Caño Pecuca			
Coordenadas	E: 4958693,68		N: 2031097,50
Departamento	Cumaral/Meta	Lecho	Arena/Grava/Limo Arcilla
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura
Temporada Hidroclimática	Lluviosa	Seca	
			
Código	47910	MN 348489	
Fecha	01/12/2022	19/02/2023	
Hora	08:00	12:30	
Profundidad (m)	0,60	0,20	
Descripción del punto	Canal recto con corriente moderada y nivel medio de agua levemente turbia. No se reportan olores ofensivos, aceites o espumas. Macrófitas emergentes.		Canal recto con agua levemente turbia de coloración café y estancada. No se reportan olores ofensivos, aceites o espumas. Macrófitas emergentes.
Usos del suelo en zonas aledañas	Vegetación riparia compuesta por hierbas, arbustos y árboles con alto grado de perturbación. En ambas márgenes es posible observar pastizales destinados a forraje. Paso animal, pastoreo y carretera		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Caudales**

Los resultados de los aforos de caudal para las Ocupaciones de cauce, se resumen en la **Tabla 3.2.5-96**. Los puntos CAP_05; CAP_07 y CAP_12, cumplen doble propósito, al corresponder, de manera simultánea, a puntos de ocupación de cauce, OCP_16; OCP_07 y OCP_18, respectivamente.

Tabla 3.2.5-96 Aforo de los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua de la Captaciones.

Punto	Caudal L/s	
	Lluviosa	Seca
Cap_01	7097,4	640,500
Cap_02	210,3	60,563
Cap_04	2144,6	1165,275
Cap_05/OCP_16	432,9	102,870
Cap_06	12248,3	1686,773
Cap_07/OCP_07	806,8	265,300
Cap_08	445,6	350,500
Cap_09	7021,2	281,150
Cap_10	2672,8	434,138
Cap_11	1494,7	176,150
Cap_12/OCP_18	279,4	23,275
Cap_13	2558,1	1077,800
Cap_14	1916,5	965,088

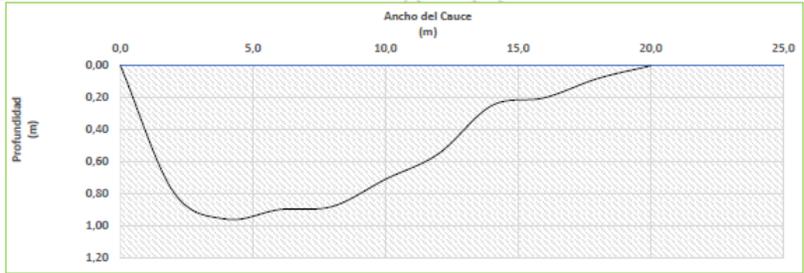
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Dentro de la cuenca del Río Guatiquía se localizaron los puntos CAP_02; CAP_04; CAP_05; CAP_06; CAP_07; CAP_08 y CAP_09; Los puntos CAP_01; CAP_10; CAP_11; CAP_12; CAP_13 y CAP_14. El monitoreo fue ejecutado a finales de noviembre y principios de diciembre. Las condiciones climáticas durante el primero de los meses de monitoreo se caracterizaron por reportar lluvias por encima de los promedios. Cumaral se ubicó dentro de la zona con lluvias por encima de lo normal, con valores entre los 300mm y 400 mm (**Figura 3.2.5-5**). Para el mes de diciembre predominaron las precipitaciones en la categoría por debajo de lo habitual en todo el territorio nacional. En Cumaral, fueron reportadas lluvias muy por debajo de lo normal, con precipitaciones entre los 0mm y 50mm (**Figura 3.2.5-6**)

✓ **Temporada Lluviosa**

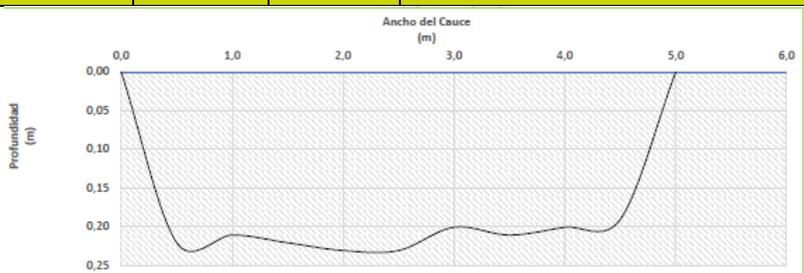
Los caudales estuvieron entre un rango de los 210,3 L/s y 12248,3 L/s. Los sistemas menos caudalosos fueron CAP_02 (210,3 L/s); CAP_12 (279,4 L/s) y CAP_08 (445,6 L/s). El primer punto reportó corriente moderada y nivel bajo de agua clara, con una profundidad de 0,23 m; CAP_12 tuvo una profundidad de 0,64 m, de agua transparente y velocidad media y CAP_08 contó con corriente moderada y agua levemente turbia y la misma profundidad del punto anterior. Los más caudalosos fueron CAP_01 (7097,4 L/s) y CAP_06 (12248,3 L/s). El primero fue descrito como un punto de agua levemente turbia, con corriente moderada y una profundidad de 0,96 m. Por su parte, CAP_06 contó con corriente moderada, una profundidad de 0,90 m y agua turbia generada por las lluvias reportadas el día anterior al monitoreo. La **Tabla 3.2.5-97** a la **Tabla 3.2.5-109** describen los aforos y presentan los perfiles batimétricos de los cauces evaluados para Captaciones

Tabla 3.2.5-97 Caracterización del Caudal de CAP_01. Temporada Lluviosa

Fecha	25/11/2022	CAP_01	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4958046,97 N 2016468,70	
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		20,0	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,56
Profundidad	Promedio (m)	0,48	CAUDAL	m³/s	7,0974
	Máxima (m)	0,96		L/s	7097,4

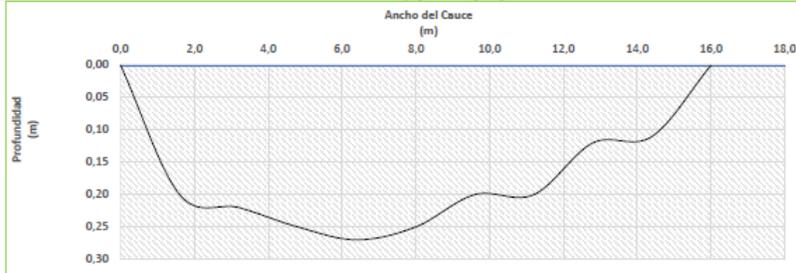
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-98 Caracterización del Caudal de CAP_02. Temporada Lluviosa

Fecha	25/11/2022	CAP_02	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4956023,57 N 2016765,63	
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		5,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,20
Profundidad	Promedio (m)	0,17	CAUDAL	m³/s	0,2103
	Máxima (m)	0,23		L/s	210,3

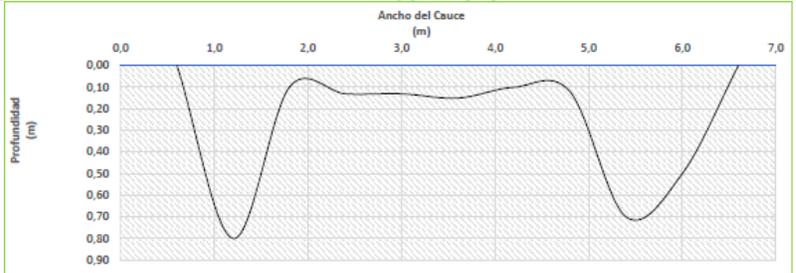
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-99 Caracterización del Caudal de CAP_04. Temporada Lluviosa

Fecha	12/12/2022	CAP_04	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4958135,11 N 2021357,95
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C	
Ancho Superficial (m)			16,0	Velocidad promedio (m/s)
Profundidad	Promedio (m)		0,17	m ³ /s
	Máxima (m)		0,27	L/s
			CAUDAL	0,67 2,1446 2144,6

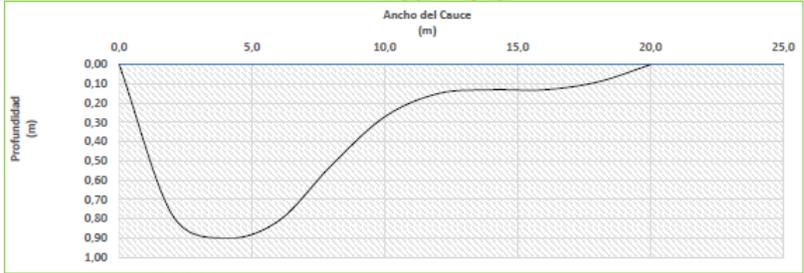
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-100 Caracterización del Caudal de CAP_05. Temporada Lluviosa

Fecha	6/12/2022	CAP_05	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4948682,78 N 2018409,39
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C	
Ancho Superficial (m)			6,50	Velocidad promedio (m/s)
Profundidad	Promedio (m)		0,25	m ³ /s
	Máxima (m)		0,80	L/s
			CAUDAL	0,30 0,4329 432,9

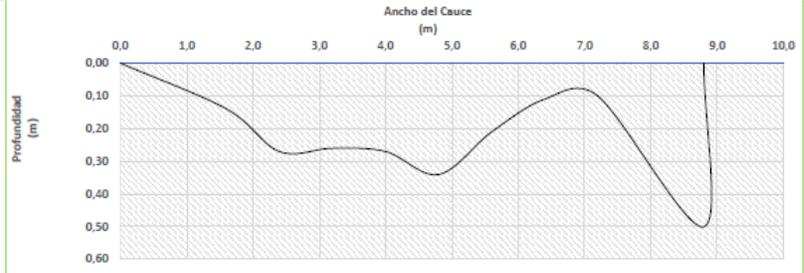
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-101 Caracterización del Caudal de CAP_06. Temporada Lluviosa

Fecha	28/11/2022	CAP_06	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954642,00 N 2017132,24	
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			20,0	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)
Profundidad	Promedio (m)		0,34	CAUDAL	m ³ /s
	Máxima (m)		0,90		L/s
					1,06
					12,248
					12248,3

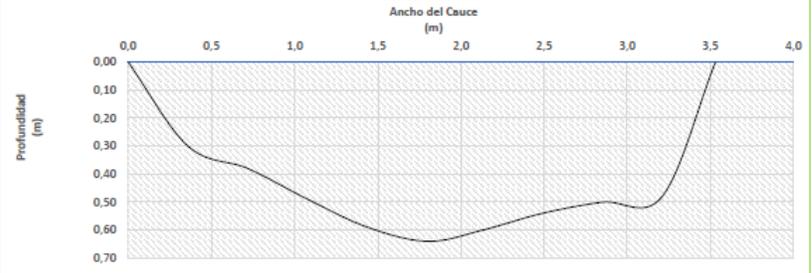
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-102 Caracterización del Caudal de CAP_07. Temporada Lluviosa

Fecha	3/12/2022	CAP_07	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950868,26 N 2018925,29	
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)			8,80	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)
Profundidad	Promedio (m)		0,20	CAUDAL	m ³ /s
	Máxima (m)		0,50		L/s
					0,40
					0,8068
					806,8

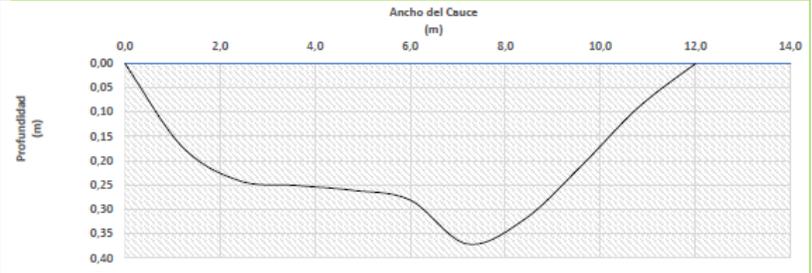
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-103 Caracterización del Caudal de CAP_08. Temporada Lluviosa

Fecha	26/11/2022	CAP_08	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4945033,82 N 2019640,06		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			3,53	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,26
Profundidad	Promedio (m)		0,41	CAUDAL	m³/s	0,4456
	Máxima (m)		0,64		L/s	445,6

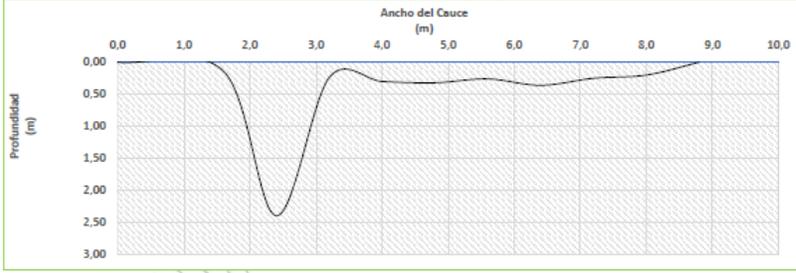
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-104 Caracterización del Caudal de CAP_09. Temporada Lluviosa

Fecha	28/11/2022	CAP_09	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4951419,35 N 2023135,05		
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinetete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			12,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	2,10
Profundidad	Promedio (m)		0,20	CAUDAL	m³/s	7,0212
	Máxima (m)		0,37		L/s	7021,2

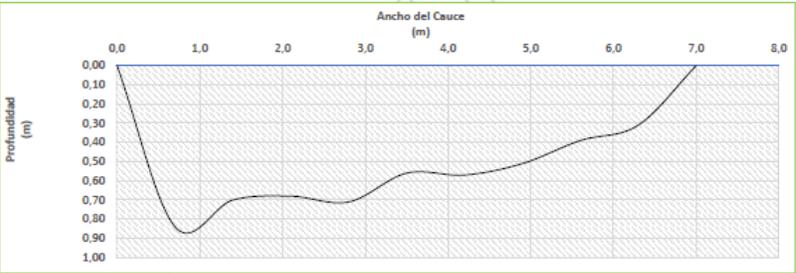
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-105 Caracterización del Caudal de CAP_10. Temporada Lluviosa

Fecha	05/12/2022	CAP_10	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4959419,08 N 2023135,05		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			8,80	Velocidad promedio (m/s)	0,72	
Profundidad	Promedio (m)		0,41	CAUDAL	m ³ /s	2,6728
	Máxima (m)		2,40		L/s	2672,8

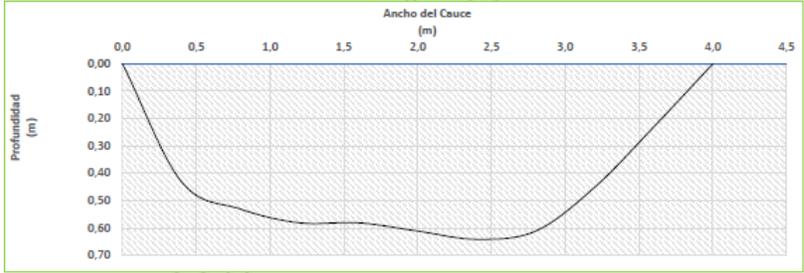
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-106 Caracterización del Caudal de CAP_11. Temporada Lluviosa

Fecha	29/11/2022	CAP_11	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4962602,13 N 2028060,23		
 						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			7,00	Velocidad promedio (m/s)	0,34	
Profundidad	Promedio (m)		0,48	CAUDAL	m ³ /s	1,4947
	Máxima (m)		0,84		L/s	1494,7

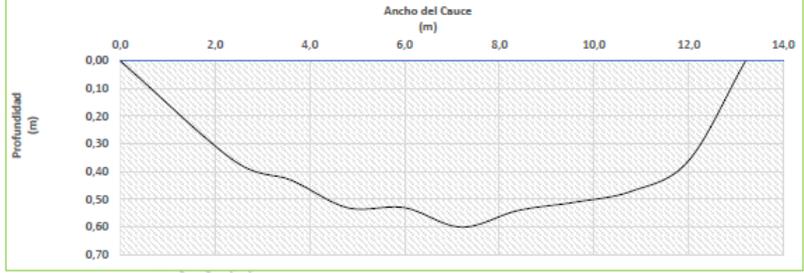
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-107 Caracterización del Caudal de CAP_12. Temporada Lluviosa

Fecha	2/12/2022	CAP_12/ OCP_18	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4954271,71 N 2026753,79	
 					INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA	
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			4,00	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,15
Profundidad	Promedio (m)		0,42	CAUDAL	m³/s	0,2794
	Máxima (m)		0,64		L/s	279,4

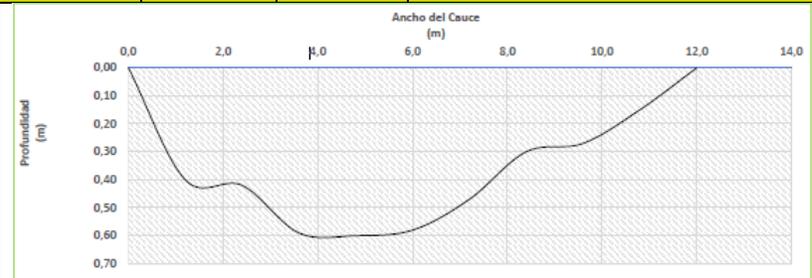
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-108 Caracterización del Caudal de CAP_13. Temporada Lluviosa

Fecha	07/12/2022	CAP_13	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4964565,54 N 2028420,16	
 					INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA	
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso	
Ancho Superficial (m)			13,20	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,43
Profundidad	Promedio (m)		0,39	CAUDAL	m³/s	2,5581
	Máxima (m)		0,60		L/s	2558,1

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-109 Caracterización del Caudal de CAP_14. Temporada Lluviosa

Fecha	01/12/2022	CAP_14	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4958693,68 N 2031097,50
 					
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA					
Método Área - Velocidad			Equipo Micromolinete 316-C		Tiempo climático Lluvioso
Ancho Superficial (m)		12,0	Velocidad	Velocidad promedio (m/s)	0,34
Profundidad	Promedio (m)	0,34	CAUDAL	m ³ /s	1,9165
	Máxima (m)	0,60		L/s	1916,5

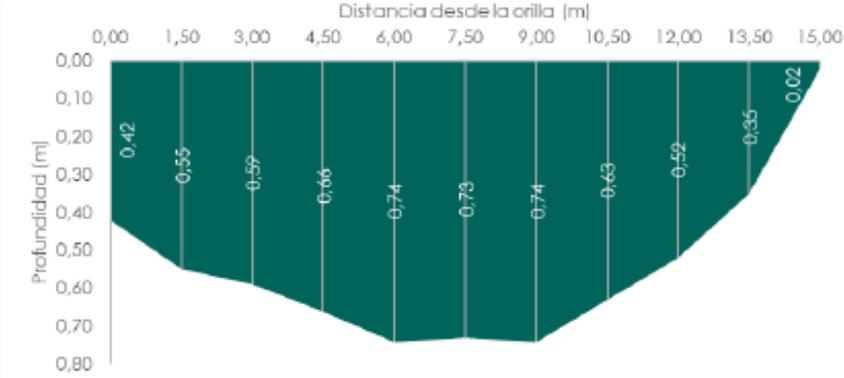
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Temporada Seca**

La época en la que se ejecutó el monitoreo se caracterizó por que las variaciones climáticas del país fueron moduladas por las perturbaciones de la escala intra-estacional y la finalización del fenómeno de la Niña. Este fenómeno inició en septiembre del 2020 y cesó brevemente durante el verano boreal del 2021 y desde ese momento, se ha venido debilitando de manera gradual. La zona de estudio se ubicó dentro del área del país que reportó lluvias *muy por debajo de lo normal*, entre el 0% y el 40%, concentrándose en las regiones del Caribe y la Orinoquía (**Figura 3.2.5-7**).

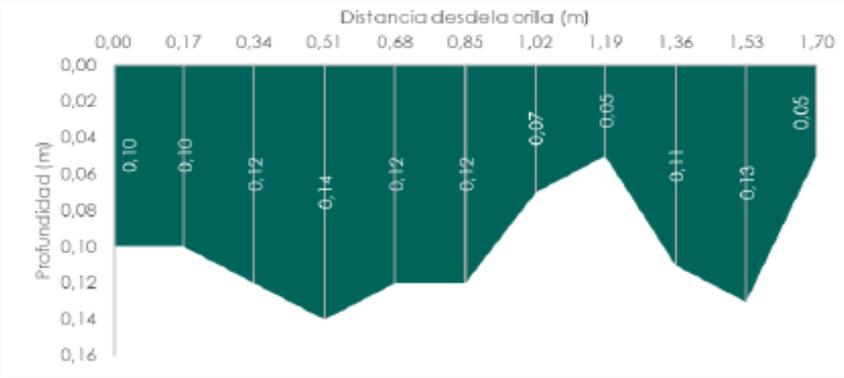
Durante la época seca no fue posible evaluar el punto CAP_03, por falta de autorización de ingreso al predio, situación también reportada en la temporada de lluvias y reportada en el numeral **1.5.3.5.1 Premisas, restricciones y limitantes del proceso de recolección de información**, del capítulo 1. Generalidades. Las **Tabla 3.2.5-110** a la **Tabla 3.2.5-122** describen los aforos y presentan los perfiles batimétricos de los cauces evaluados para Captaciones.

Tabla 3.2.5-110 Caracterización del Caudal de CAP_01. Temporada Seca

Fecha	16/02/2023	CAP_01	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4958046,97 N 2016468,70
 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		15,00	Velocidad máxima (m/s)	0,10
Profundidad máxima		0,74	CAUDAL	m ³ /s 0,641 L/s 640,500

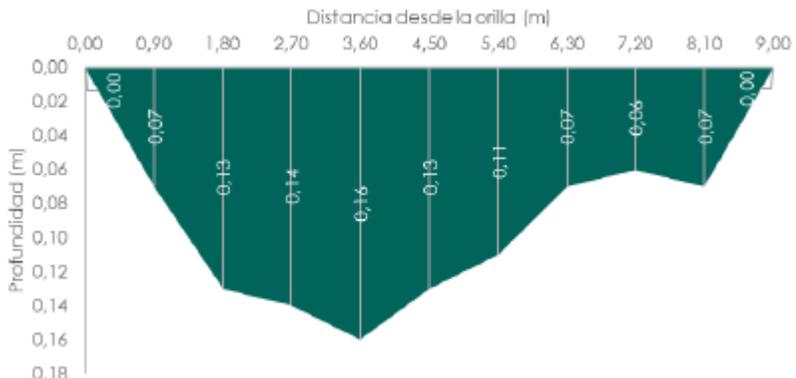
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-111 Caracterización del Caudal de CAP_02. Temporada Seca

Fecha	16/02/2023	CAP_02	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4956023,57 N 2016765,63
 				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		1,70	Velocidad máxima (m/s)	0,60
Profundidad máxima		0,14	CAUDAL	m ³ /s 0,061 L/s 60,563

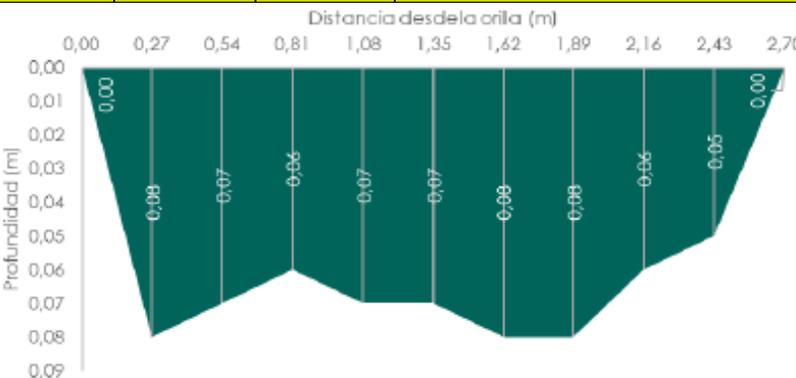
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-112 Caracterización del Caudal de CAP_04. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	CAP_04	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4958135,11 N 2021357,95
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			9,00	Velocidad máxima (m/s)
Profundidad máxima			0,16	CAUDAL
				m³/s
				L/s
				1,165
				1165,275

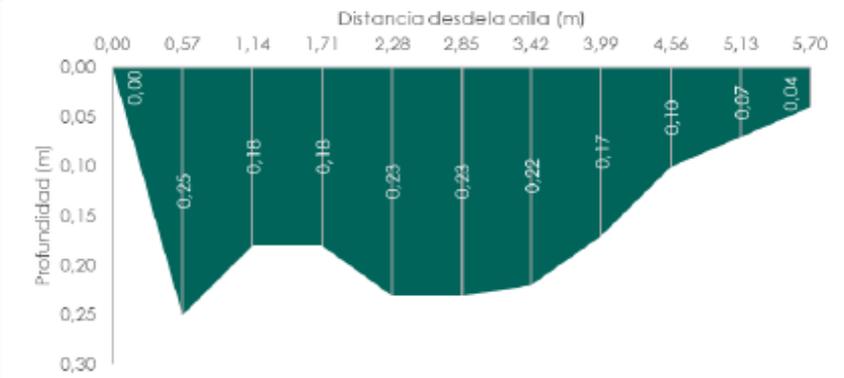
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-113 Caracterización del Caudal de CAP_05. Temporada Seca

Fecha	21/02/2023	CAP_05	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4948682,78 N 2018409,39
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			2,70	Velocidad máxima (m/s)
Profundidad máxima			0,08	CAUDAL
				m³/s
				L/s
				0,103
				102,870

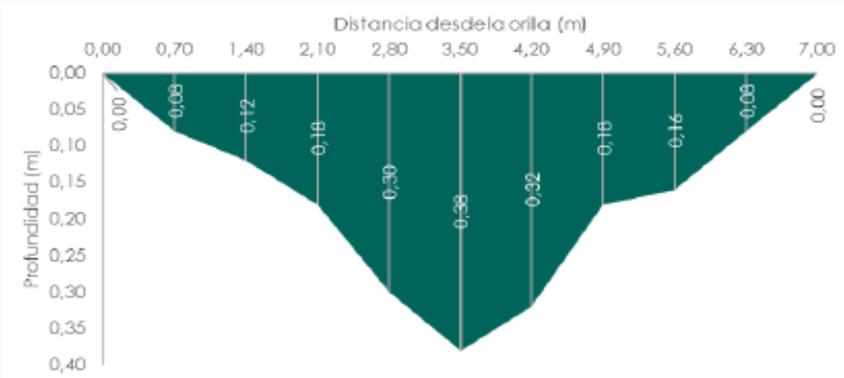
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-114 Caracterización del Caudal de CAP_06. Temporada Seca

Fecha	18/02/2023	CAP_06	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954642,00 N 2017132,24
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		4,70	Velocidad máxima (m/s)	3,00
Profundidad máxima		0,25	CAUDAL	m³/s 1,687 L/s 1686,773

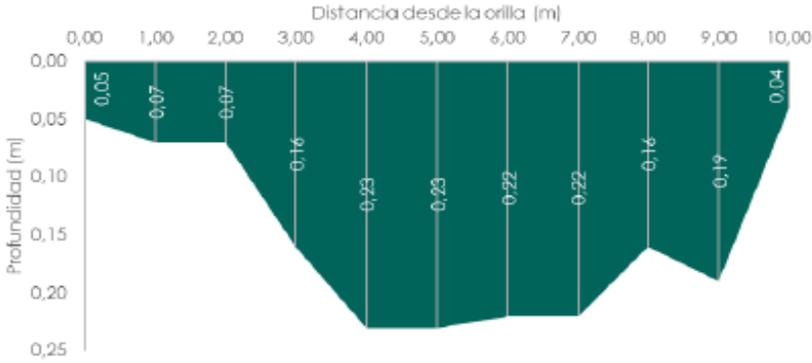
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-115 Caracterización del Caudal de CAP_07. Temporada Seca

Fecha	13/02/2023	CAP_07	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4950868,26 N 2018925,29
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		7,00	Velocidad máxima (m/s)	1,20
Profundidad máxima		0,38	CAUDAL	m³/s 0,265 L/s 265,300

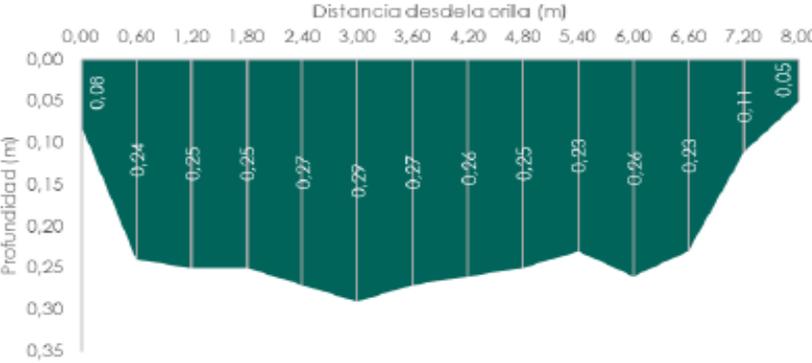
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-116 Caracterización del Caudal de CAP_08. Temporada Seca

Fecha	16/02/2023	CAP_08	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4945033,82 N 2019640,06
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			10,00	Velocidad máxima (m/s)
Profundidad máxima			0,23	CAUDAL
				m ³ /s
				L/s
				350,500

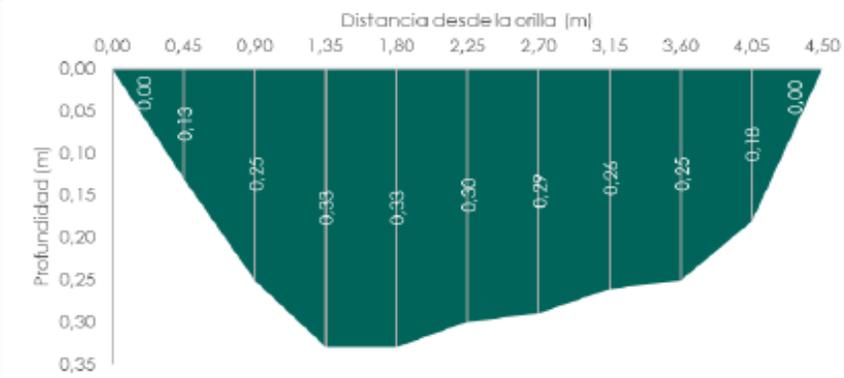
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-117 Caracterización del Caudal de CAP_09. Temporada Seca

Fecha	13/02/2023	CAP_09	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4951419,35 N 2023135,05
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)			10,00	Velocidad máxima (m/s)
Profundidad máxima			0,23	CAUDAL
				m ³ /s
				L/s
				1861,750

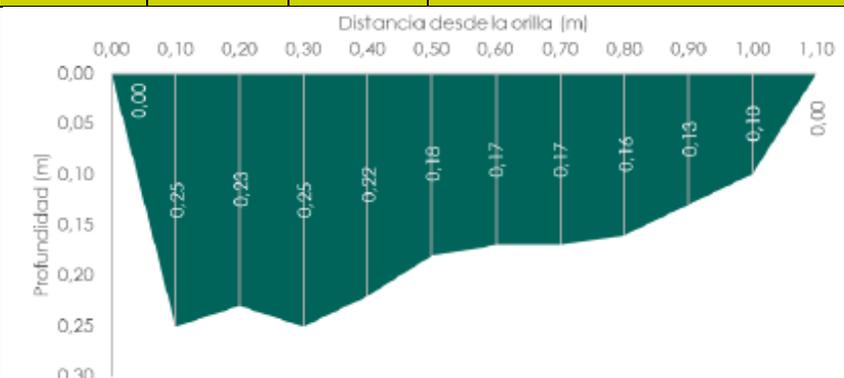
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-118 Caracterización del Caudal de CAP_10. Temporada Seca

Fecha	22/02/2023	CAP_10	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4959419,08 N 2023135,05	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad				Equipo Flujómetro FP 111		Seco
Ancho Superficial (m)			4,50		Velocidad máxima (m/s)	0,70
Profundidad máxima			0,33		CAUDAL	m³/s 0,434
						L/s 434,138

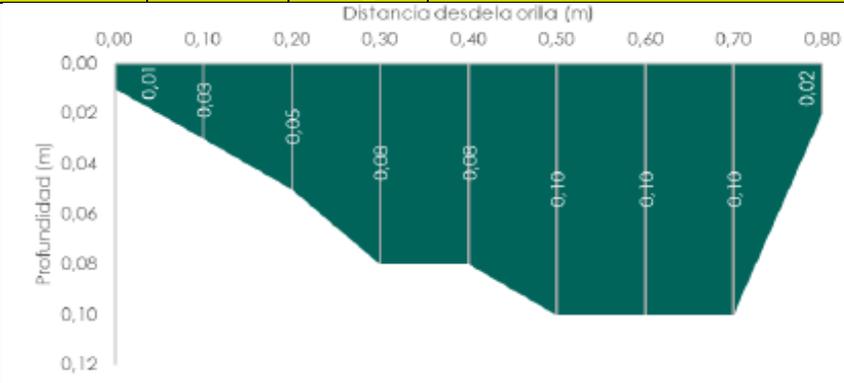
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-119 Caracterización del Caudal de CAP_11. Temporada Seca

Fecha	20/02/2023	CAP_11	Coordenadas (Origen Nacional)		E 4962602,13 N 2028060,23	
						
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA						
Método Área - Velocidad				Equipo Flujómetro FP 111		Seco
Ancho Superficial (m)			1,10		Velocidad máxima (m/s)	1,60
Profundidad máxima			0,25		CAUDAL	m³/s 0,176
						L/s 176.150

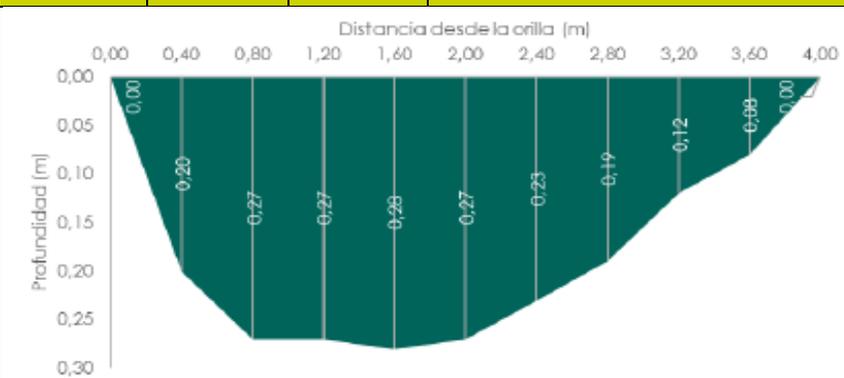
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-120 Caracterización del Caudal de CAP_12. Temporada Seca

Fecha	20/02/2023	CAP_12/ OCP_18	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4954271,71 N 2026753,79
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		0,80	Velocidad máxima (m/s)	0,60
Profundidad máxima		0,10	CAUDAL	m³/s 0,023 L/s 23,275

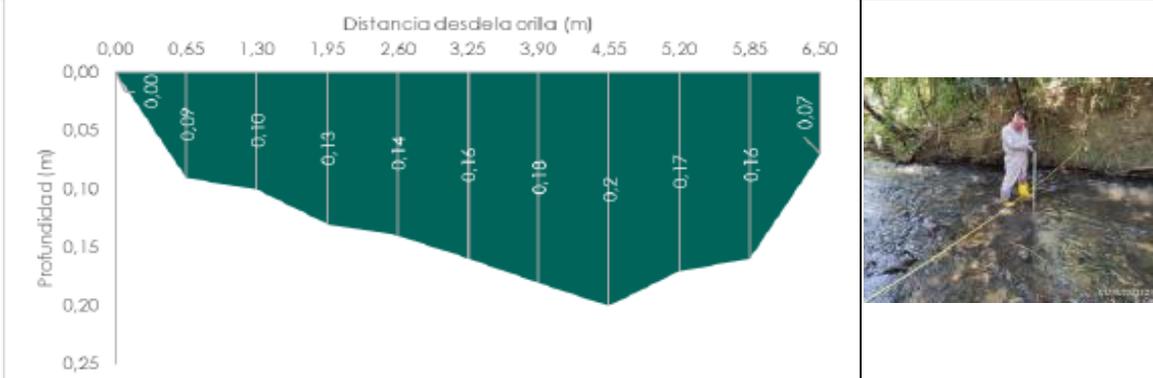
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-121 Caracterización del Caudal de CAP_13. Temporada Seca

Fecha	23/02/2023	CAP_13	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4964565,54 N 2028420,16
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		4,00	Velocidad máxima (m/s)	2,60
Profundidad máxima		0,27	CAUDAL	m³/s 1,078 L/s 1077,800

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-122 Caracterización del Caudal de CAP_14. Temporada Seca

Fecha	19/02/2023	CAP_14	Coordenadas (Origen Nacional)	E 4958693,68 N 2031097,50
				
INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN MOJADA				
Método Área - Velocidad			Equipo Flujómetro FP 111	Seco
Ancho Superficial (m)		6,50	Velocidad máxima (m/s)	1,60
Profundidad máxima		0,20	CAUDAL	
			m ³ /s	0,965
			L/s	965,088

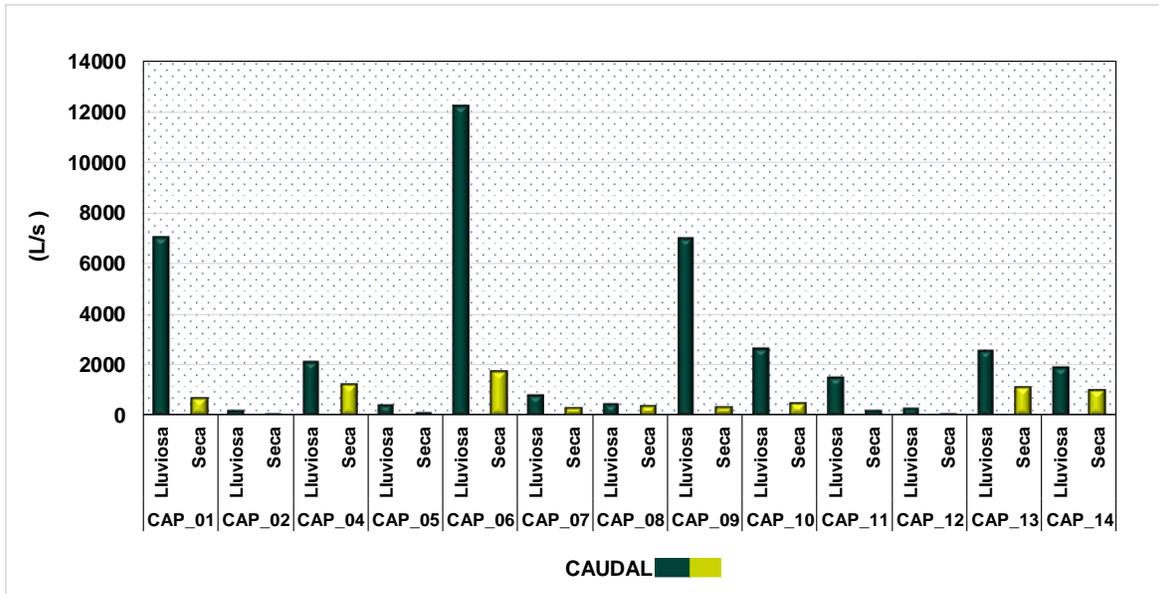
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Multitemporal**

Durante el análisis multitemporal se tuvieron en cuenta los cuerpos de agua evaluados durante las dos épocas monitoreadas. De manera general, se determinó que los caudales disminuyeron durante la última época de monitoreo (**Figura 3.2.5-30**)

Los porcentajes de disminución de caudal fueron de 21,34% en CAP_08; 45,66% en CAP_04; 49,64% en CAP_14; 57,86% en CAP_13; 67,11% en CAP_07; 71,20% en CAP_02; 76,23% CAP_05; 83,75% en CAP_10; 86,22% en CAP_06; 88,21% en CAP_11; 90,97% en CAP_01; 91,66% en CAP_12; 95,99% en CAP_09; CAP_07 y CAP_08; CAP_12, que pasó de 279,4 L/s a 23,275 L/s y CAP_09 con una variación desde los 7021,2 L/s hasta los 281,15 L/s, fueron los puntos con la disminución de caudal más alta. En contra parte, CAP_08, de 445,6 L/s a 350,500L/s y CAP_04, de 2144,6 L/s a 1165,27 L/s tuvieron las variaciones más leves en caudal durante la época seca. Como se observa en la batimetría, se generaron cambios en la geometría del perfil de la sección, tanto a lo largo de la corriente, como entre las temporadas de muestreo, modificando el comportamiento horizontal y en profundidad y por tanto la velocidad de las corrientes de los sistemas evaluados (IDEAM.gov.co). La disminución de caudales durante el mes de febrero pudo verse intensificada por los niveles de precipitación por debajo de lo normal que fueron registrados en la zona como consecuencia de la influencia del Fenómeno de la Niña y las perturbaciones de la escala intra-estacional, que rigieron durante este mes (IDEAM, 2023)

Figura 3.2.5-30 Comparación inter-temporal caudales. Captaciones



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.3.1 Descripción de Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos Captaciones

En el **Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.1 Reporte de Resultados Físicoquímicos** se presentan los resultados obtenidos para las variables físicoquímicas y microbiológicas evaluadas para los cuerpos de agua pertenecientes a las Captaciones del Estudio de Impacto Ambiental "Área de Desarrollo Llanos 141". Para este grupo fueron propuestos 14 puntos, de los cuales CAP_03 no fue monitoreado porque no se obtuvo autorización para el acceso. CAP_05, CAP_07 y CAP_12 se establecieron como puntos doble propósito, siendo equivalentes con OCP_16, OCP_07 y OCP_18, respectivamente. En los monitoreos realizados en cada una de las época hidrológicas evaluadas.

Tabla 3.2.5-123 y **Tabla 3.2.5-124** se presentan los resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en cada una de las época hidrológicas evaluadas.

Tabla 3.2.5-123 Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Captaciones. Temporada Lluviosa

Parámetro	LCM	Método	CAP-01	CAP-02	CAP-04	CAP-05	CAP-06	CAP-07
			47712	47787	48248	48132	47713	48003
Acidez	9,99	SM 2310 B	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	22,6	7,8	10,2	11,5	13,7	14
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	22,6	7,8	10,2	11,5	13,7	14
Cadmio Total	0,00050 0	SM 3030 E/SM 3113 B	0,005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,006	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	2	2,24	2,64	1,32	2,41	2,53
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	3,27	2,94	< 2	< 2	4,19	2,86
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl B	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Parámetro	LCM	Método	CAP-01	CAP-02	CAP-04	CAP-05	CAP-06	CAP-07
			47712	47787	48248	48132	47713	48003
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	< 1	20	20	75	52	< 1
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	299	1046	428	439	2142	1017
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	12,5	< 5	5,4	< 5	20,1	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	36	24	71	25	24	12
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO5	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	7,85	< 3	< 3	< 3	7,42	< 3
DQO	15,0	SM 5220 D	74,58	19,80	22	< 15	74,58	15,9
Dureza Cálctica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	< 5	< 5	11	8,5	< 5	< 5
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	0,11	0,121	0,067	< 0,05	< 0,05
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	< 0,05	0,137	0,126	0,084	0,082	0,114
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	1,78	< 0,9	< 0,9	< 0,9	1,59	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,235	0,718	0,196	0,545	0,218	0,34
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,912	1	0,669	1,27	0,778	1,01
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,08	0,145	< 0,08	< 0,08	0,08	< 0,08
Mercurio Total	0,00100	SM 3112 B	< 0,001	0,00251	< 0,001	0,00156	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	0,123	0,209	0,838	0,063	0,203	0,142
Nitrito	0,00300	SM 4500-NO ₂ B	0,004	0,004	< 0,003	0,027	0,003	< 0,003
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Olor	N.A	N.A.	Sin olor					
Ortofosfatos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	5,83	5,43	7,8	7,01	5,28	6,25
pH	0,01	SM 4500 H-B	6,97	6,03	7	6,88	6,7	5,8
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,079
Plomo	0,00100	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,001	0,00491	0,0122	0,00327	< 0,001	0,00813
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	74,35	70,25	96,6	88,2	58,02	97,58
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	0,097	< 0,05	0,453	0,684	0,135	0,077
Sabor	N.A	N.A.	Sin Sabor					
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	4,27	3,55	< 0,05	< 0,05
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	11	< 10	23	< 10	11,3	15
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Suspendedos Totales	6	SM 2540 D	18	< 6	12	< 6	25	< 6
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	33	15	43	< 7	36	17
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	6,6	< 5	< 5	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	25,7	26,39	24,65	25,32	24,32	26,48
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	2,69	1,73	2	3,79	7,54	2,4
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,03	< 0,03	0,046	0,523	< 0,03	< 0,03
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,00400	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	< 0,5	< 0,5	1,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
BTEX	0,005	EPA 5021*/EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,000176	EPA 8081 B	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,000047	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LCM	Método	CAP-08	CAP-09	CAP-10	CAP-11	CAP-12	CAP-13
			47723	47715	47993	47909	48024	48171
Acidez	9,99	SM 2310 B	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99	< 9,99
Alcalinidad	3,77	SM 2320 B	22,3	11,3	<3,77	< 3,77	5,1	< 3,77
Aluminio	2,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Antimonio total	0,200	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bario	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Berilio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bicarbonatos	3,77	SM 2320 B	22,3	11,3	< 3,77	< 3,77	5,1	< 3,77
Cadmio Total	0,00050	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Calcio Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	5,5	0,117	1,88	1,52	0,85	3,29
Carbono Orgánico Total	2,00	SM 5310 B	3,76	3,31	3,16	4,86	2,75	< 2
Cloruros	5,00	SM 4500 Cl B	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cobalto Total	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Termotolerantes	1	SM 9223 B MODIFICADO	96	20	203	120	< 1	100
Coliformes Totales	1	SM 9223 B	620	3968	265	563	19	630
Color Verdadero	5,00	SM 2120 C	< 5	42,1	< 5	< 5	< 5	< 5
Conductividad Eléctrica	0,1	SM 2510 B	55	18	9	13	11	37,2
Cromo Hexavalente	0,0100	SM 3500 Cr B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DBO5	3,00	SM 5210 B, SM 4500-O G	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	15,0	SM 5220 D	< 15	< 15	21,95	< 15	21,1	31
Dureza Cálrica	12,0	SM 3500 Ca B	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Dureza Total	5,00	SM 2340 C	22,3	< 5	< 5	< 5	< 5	18,7
Fenoles	0,0100	SM 5530 B,C	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo Hidrolizable Total	0,0500	SM 4500 P-B 2, D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Orgánico	0,0500	SM 4500 P, A	< 0,05	0,0517	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Total	0,0500	SM 4500 P B-D	0,056	0,058	0,295	< 0,05	0,084	0,194
Grasas y Aceites	0,900	SM 5520 C	1,63	2,03	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hidrocarburos	0,900	SM 5520 C, F	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Hierro Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	0,138	0,15	0,192	0,814
Magnesio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	2,07	0,296	0,513	0,33	0,271	0,679
Manganeso Total	0,0800	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Mercurio Total	0,00100	SM 3112 B	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E/SM 3111 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Níquel Total	0,100	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	0,0500	SM 4500-NO ₃ B	0,236	< 0,05	0,118	0,053	< 0,05	0,225
Nitrito	0,00300	SM 4500-NO ₂ B	< 0,003	< 0,003	0,009	0,003	0,004	< 0,003
Nitrógeno Amoniacal	0,500	SM 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrógeno Orgánico	0,500	SM 4500-N _{org} B, 4500-NH ₃ B, C	< 0,5	< 0,5	0,88	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Olor	N.A	N.A.	Sin olor					
Ortofosfatos	0,0500	SM 4500 P D	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Oxígeno Disuelto	0,01	SM 4500 O-G	6,37	10,2	8,41	6,73	6,59	7,13
pH	0,01	SM 4500 H-B	7,13	6,78	6,13	6,57	5,53	6,81
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Plomo	0,00100	SM 3030 E/SM 3113 B	0,00954	< 0,001	0,0261	0,00234	0,00516	0,00362
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,01	SM 4500 O-G	80,85	98,32	106,8	99,69	98,59	98,3
Potasio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	0,331	0,644	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,439
Sabor	N.A	N.A.	Sin sabor					
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	1,14	0,498	< 0,05	< 0,05	< 0,05	4,02
Sólidos Disueltos Totales	10	SM 2540 C	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Sedimentables	0,1	SM 2540 F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3
Sólidos Suspendedos Totales	6	SM 2540 D	< 6	12	21	< 6	< 6	78
Sólidos Totales	7	SM 2540 B	21	20	28	10	8	91
Sulfatos	5,00	SM 4500-SO ₄ E	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Surfactantes	0,100	SM 5540 C	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatura	0,1	SM 2550 B	25,85	25,04	25,93	28,32	24,43	24,4
Turbiedad	0,01	SM 2130 B	0,72	6,64	3,46	1,21	2	43,8
Vanadio	0,0200	SM 3030 E/SM 3113 B	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	0,0300	SM 3030 E/SM 3111 B	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Parámetro	LCM	Método	CAP-08	CAP-09	CAP-10	CAP-11	CAP-12	CAP-13
			47723	47715	47993	47909	48024	48171
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,00400	SM 6440 B/SM 6440 C	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Arsénico	0,001	SM 3114 C	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro	0,010	EPA 6010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,045	< 0,01	< 0,01
Cianuro	0,10	4500-CN B,C F	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruros	0,66	SM 4500-F- C	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
Nitrógeno Total	0,5	EN 12260,2003	< 0,5	< 0,5	1,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Selenio	0,005	SM 3114 C	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
BTEX	0,005	EPA 5021 ^a /EPA 8015 D	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,00017 6	EPA 8081 B	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176	< 0,000176
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,00004 7	EPA 3510C, EPA 8081 B	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047	< 0,000047

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Tabla 3.2.5-124 Resultados Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos de Captación. Temporada Seca

Parámetro	LC	Método	CAP-01	CAP-02	CAP-04	CAP-05	CAP-06	CAP-07	CAP-08
			MN347852	MN347879	MN348902	MN349660	MN348431	MN347291	MN347831
Acidez	5,00	SM 2310 B	5,71	13,4	<5,00	<5,00	5,20	<5,00	<5,00
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	12,2	9,02	15,4	8,49	10,6	16,4	14,9
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	12,2	9,02	15,4	8,49	10,6	16,4	14,9
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	1,04	2,27	4,91	0,874	1,25	2,66	4,83
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl ⁻ B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111B	<0,00100	0,00290	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	311	354	635	35,0	120	88,2	266
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	3873	3076	3255	1300	984	980	2282
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	30,0	25,0	15,7	20,0	32,1	31,4	17,1
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	26,1	24,6	93,3	67,6	65	79,3	65,8
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO ₅	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	<5,00	5,58	5,22	16,8	<5,00	29,8	5,22
Dureza Cálcica	5,0000	SM 3500 Ca B	<5,00	<5,00	14,7	<5,00	8,16	8,75	8,75
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	9,15	7,36	21,3	7,16	10,1	13,7	14,5
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B , E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	<0,0700	<0,0700	0,143	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700

Parámetro	LC	Método	CAP-01	CAP-02	CAP-04	CAP-05	CAP-06	CAP-07	CAP-08
			MN347852	MN347879	MN348902	MN349660	MN348431	MN347291	MN347831
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	<0,200	0,295	<0,200	0,358	<0,200	0,496	0,295
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	2,43	2,29	0,488	1,33	2,14	0,721	1,46
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	1,01	1,06	1,39	0,490	0,955	1,03	1,42
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	0,435	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂	0,00608	0,00608	0,00608	0,00608	0,00608	0,00608	0,00608
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptable						
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	6,78	3,75	7,66	6,95	7,21	7,49	8,26
pH	N.A	SM 4500 H+B	7,36	6,61	7,81	7,14	7,25	6,93	7,50
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,00100	0,00470	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	84,0	47,8	106,9	88,0	92,9	106,2	109,8
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	0,980	1,82	1,36	0,930	0,872	0,741	0,743
Sabor	N.A	SM 2160	Aceptable						
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	1,24	6,95	5,50	1,97	1,38	2,30	1,37
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	34,0	34,0	68,0	34,0	26,0	10,0	30,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Suspendedos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	40,0	40,0	70,0	42,0	28,0	14,0	32,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	<5,0	<5,0	15,1	<5,0	<5,0	<5,0	7,50
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	26,4	26,2	29,1	24,9	26,1	29,2	27,3
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	11	7,2	3,0	3,8	5,4	6,5	1,9
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	0,110	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

Parámetro	LC	Método	CAP-01	CAP-02	CAP-04	CAP-05	CAP-06	CAP-07	CAP-08
			MN347852	MN347879	MN348902	MN349660	MN348431	MN347291	MN347831
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados	0,0004	EPA 3535A-EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Parámetro	LC	Método	CAP_09	CAP_10	CAP_11	CAP_12	CAP_13	CAP_14
			MN347294	MN349147	MN348682	MN348500	MN349464	MN348489
Acidez	5,00	SM 2310 B	<5,00	5,98	<5,00	10,7	6,51	9,72
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B	9,02	6,89	<6,040	<6,040	8,49	<6,040
Aluminio	1,00	SM 3030 E/SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	1,50	<1,00	1,58
Antimonio total	0,500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E/SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Bicarbonatos	6,040	SM 2320 B	9,02	6,89	<6,04	<6,04	8,49	<6,04
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	0,0102	<0,0100	0,0111	<0,0100
Calcio Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	0,689	0,213	0,259	0,169	1,02	1,83
Carbono Orgánico Total	5,0	SM 5310 B	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cloruros	9,9	SM 4500 Cl B	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,0010	SM 3030 E/SM 31113B	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	0,00141	<0,0010 0	0,00103
Cobre Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0000	SM 9223 B MODIFICADO	214	510	612	181	410	109
Coliformes Totales	1,0000	SM 9223 B	1986	11120	3654	712	3076	934
Color Verdadero	5,0000	SM 2120 C	22,1	15,0	32,1	9,29	28,6	27,9
Conductividad Eléctrica	0,1000	SM 2510 B	12,63	18,11	15,03	11,23	94,0	92,4
Cromo Hexavalente	0,0400	SM 3500 Cr +6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO ₅	5,0000	SM 5210 B, ASTM D 888-12 C	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
DQO	5,0000	SM 5220 D	7,02	19,7	9,20	<5,00	5,58	<5,00
Dureza Cálctica	5,0000	SM 3500 Ca B	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	5,57	11,1
Dureza Total	5,0000	SM 2340 C	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	9,95	13,9
Fenoles	0,1000	SM 5530 B,D	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 4500 P-B, E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Fósforo Total	0,0700	SM 4500 P B-E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,121
Grasas y Aceites	0,2000	NTC 3362: 2005-06-29, Numeral 4, Método C	0,713	1,50	<0,200	0,355	0,298	0,223
Hidrocarburos	0,2000	NTC3362:2005-06-29, Numeral 7, Método F	0,370	0,563	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro Total	0,2000	SM 3030 E/SM 3111 B	1,91	0,755	2,33	3,01	1,88	2,28
Magnesio Total	0,0200	SM 3030 E/SM 3111 B	0,525	0,233	0,183	0,233	0,720	1,05
Manganeso Total	0,1000	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Mercurio Total	0,0010	SM 3112 B	<0,0010 0	<0,0010 0	0,00276	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0
Molibdeno Total	0,0050	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,0050 0	<0,0050 0	<0,0050 0	<0,0050 0	<0,0050 0	<0,0050 0
Níquel Total	0,0010	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0
Nitrato	1,0000	SM 4500NO ₃ D	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nitrito	0,0061	SM 4500 NO ₂	<0,0060 8	<0,0060 8	<0,0060 8	<0,0060 8	<0,0060 8	0,0391
Nitrógeno Amoniacal	0,0061	SM 4500-NH ₃ B, C	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00

Parámetro	LC	Método	CAP_09	CAP_10	CAP_11	CAP_12	CAP_13	CAP_14
			MN3472 94	MN3491 47	MN3486 82	MN3485 00	MN3494 64	MN3484 89
Nitrógeno Orgánico	3,0000	SM 4500-N _{org} C, 4500-NH ₃ C	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 2150B	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 P E	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	ASTM D 888-12	7,48	7,56	7,02	5,67	7,18	6,58
pH	N.A	SM 4500 H+B	9,23	5,93	6,0	7,55	6,40	7,51
Plata	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Plomo	0,0010	SM 3030 E/SM 3113 B	<0,0010 0	<0,0010 0	0,00107	0,00123	<0,0010 0	<0,0010 0
Porcentaje saturación de oxígeno en %	0,0010	ASTM D 888-09 Método C	93,3	95,8	92,5	68,3	96,0	93,5
Potasio	0,1250	SM 3030 E/SM 3111 B	0,665	7,04	0,619	0,287	1,32	1,78
Sabor	N.A	SM 2160	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e	Aceptabl e
Sodio	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	1,25	0,583	0,653	0,469	1,05	3,74
Sólidos Disueltos Totales	10,0000	SM 2540 C	10,0	26,0	18,0	12,0	40,0	42,0
Sólidos Sedimentables	0,1000	SM 2540 F	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Suspendidos Totales	10,0000	SM 2540 D	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Sólidos Totales	10,0000	SM 2540 B	16,0	30,0	20,0	14,0	44,0	44,0
Sulfatos	5,0000	SM 4500-SO ₄ E	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	7,28
Surfactantes	0,5000	SM 5540 C	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 2550 B	27	25,2	25,2	23,2	28,1	26,5
Turbiedad	1,0000	SM 2130 B	12	4,3	4,3	4,2	5,4	4,8
Vanadio	0,0100	EPA 3020A, EPA 7010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 3030 E/SM 3111 B	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,0020	EPA 3510C / EPA 8100	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,0025	EPA 7062, SM 3114C	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0
Boro	0,1000	NORMA ISO 9390:1990	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Cianuro	0,0100	ASTM D7511-12	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1000	SM 4500-F- B, C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	3,0000	Cálculo	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Selenio	0,0025	EPA 7742 1994, SM 3114C 2017	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0
BTEX	0,0020	EPA 3510C 1996/EPA 8100 1986	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados	0,0004	EPA 3535A- EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados	0,0000	EPA 3535 A, EPA 8081 B	<0,0000 4	<0,0000 4	<0,0000 4	<0,0000 4	<0,0000 4	<0,0000 4

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Temperatura y Oxígeno

✓ Temporada Lluviosa

En los puntos destinados para las Captaciones, la temperatura se movió entre los 24,32°C y 28,32°C. Las dos temperaturas más altas, 26,39°C (CAP_02) y 28,32°C (CAP_11), pueden estar asociadas a la hora de la toma de la muestra, 10:00 y 12:30, respectivamente, que corresponde al momento del día con mayor radiación solar. Durante el mes de diciembre, en esta zona de la país fueron reportadas anomalías que oscilaron dentro de la normalidad (+/- 0,5°C), esto, teniendo en cuenta que durante el mes de diciembre, las condiciones oceánicas y atmosféricas se mantuvieron dentro de los umbrales de La Niña, lo que permite establecer que durante este mes, las variaciones climáticas del país estuvieron moduladas por las perturbaciones de la escala intra-estacional y la evolución del Fenómeno de La Niña (IDEAM, 2023). La variación registrada para este parámetro, se

encuentra dentro de los rangos normales de la zona, por lo que se destaca afectación térmica en los sistemas hídricos evaluados.

Las concentraciones de oxígeno obtenidas durante la temporada de lluvias tuvieron límites de 5,28 mg/L y 10,2mg/L. CAP_02 (5,43 mg/L) y CAP_06 (5,28 mg/L) fueron los puntos con los niveles más bajos de oxígeno. Sin embargo, ninguno de estos puntos se encuentra por debajo del límite de artículo 2.2.3.3.9.10 del decreto 1076 del 2015, 4,0 mg/L, por lo que los dos sistemas cumplen con el estamento para la preservación de fauna y flora (**Figura 3.2.5-31**). El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola

✓ **Temporada Seca**

Los registros de temperatura variaron entre los 23,2°C y 29,2°C. Las temperaturas más bajas fueron reportadas en CAP_05 (24,9°C) y CAP_12 (23,2 °C). Los máximos térmicos en los sistemas destinados a la captación del recurso fueron ubicados en CAP_04 (29,1°C); CAP_07 (29,2°C). El punto CAP_04 se reportó como un sistema lótico con aguas estancadas durante el monitoreo, factor que puede contribuir al incremento de la temperatura. El pico térmico reportado en CAP_07 puede estar relacionado con la hora de la toma de la muestra, que se ejecutó a las 11:25, un horario con alta radiación solar en la zona. Durante el mes de febrero, en esta zona del país, las anomalías de la temperatura media oscilaron dentro de la normalidad (+/- 0,5°C) (IDEAM, 2023), por lo que se descarta la influencia de cualquier fenómeno climático sobre el comportamiento térmico de los puntos evaluados.

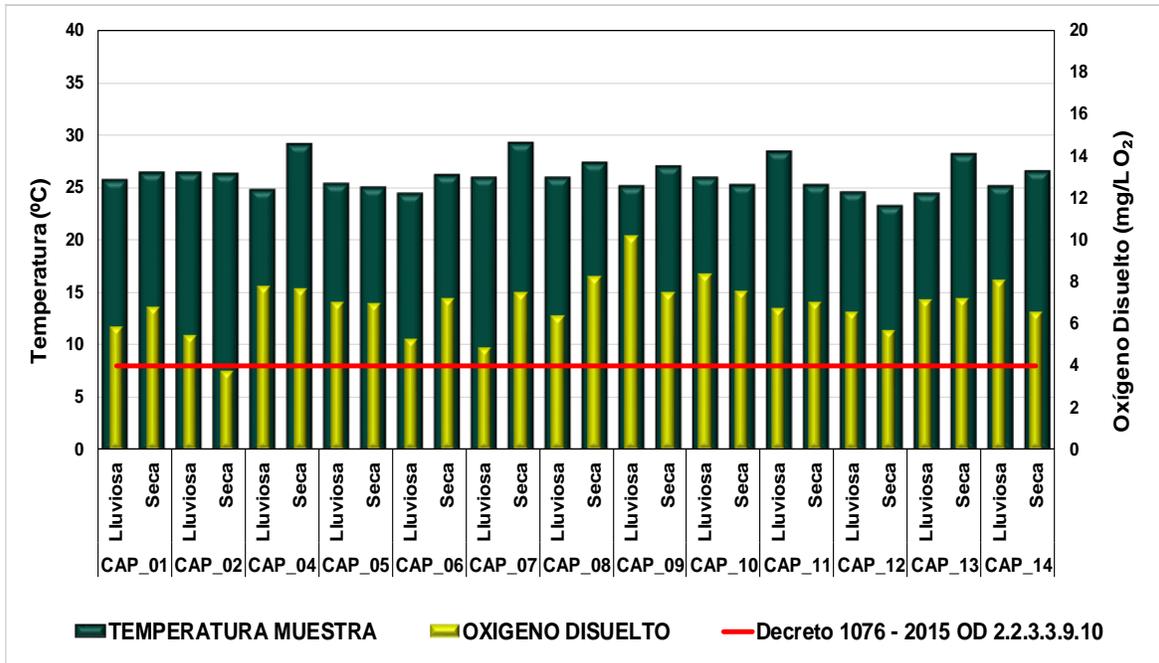
Los niveles de oxígeno se movieron entre los 3,75 mg/L y 8,26 mg/L. El registro más bajo fue reportado en CAP_02 que correspondió a un punto con lecho rocoso y arenoso que atraviesa y divide un lote dedicado a la ganadería, por lo que en algunas zonas del cauce se observan heces bovinas que, por efectos de los procesos de biodegradación, consumen el oxígeno disponible, disminuyéndolo a niveles no aptos para la conservación de la fauna y la flora, ubicándose por debajo de los 4,0 mg/L recomendados en el artículo 2.2.3.3.9.10 (**Figura 3.2.5-31**). El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Multitemporal**

La temperatura no registró variaciones significativas a lo largo de las temporadas evaluadas. El promedio durante la época de lluvias fue de 25,48°C y el de la época seca fue de 26,49°C. La amplitud para la temporada de lluvias fue de 4°C y en la seca fue de 6°C. Estos datos reflejan la influencia de las anomalías térmicas, reportadas para la zona de estudio, ya que, difieren de la homogeneidad en la temperatura reportada para los llanos del Orinoco, que según Bustamante y compañía (2013) cuenta con una amplitud de 5°C y un mínimo de 19,0°C. En términos generales se puede concluir que la temperatura media es estable y la amplitud de las oscilaciones entre período seco y de lluvias, no supera los 2°C. Esto quiere decir que las variaciones en temperatura se encuentran asociadas a las condiciones climatológicas de la zona y morfología de los sistemas hídricos evaluados que, durante los meses de muestreo, estuvieron influenciados por las condiciones climáticas y oceanográficas de La Niña, descartando impactos térmicos sobre el recurso.

Los registros de oxígeno permanecieron estables a lo largo del monitoreo, con un promedio de 6,90 mg/L en lluvias y de 6,89 en seca. Sin embargo, durante la última temporada, el mínimo registrado se ubicó por debajo de los mínimos vitales, situación que no fue registrada durante la época de lluvias. El comportamiento de este parámetro coincide con el de la temperatura, que tampoco registró oscilaciones inter-temporales significativas.

Figura 3.2.5-31 Temperatura y Oxígeno disuelto Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ pH

✓ **Temporada Lluviosa**

La medición del pH en cuerpos de agua superficial destinados a captaciones, arrojaron concentraciones de hidrogeniones comprendidas entre las 5,53 unidades y 7,22 unidades. CAP_04 (7 unidades) y CAP_08 (7,13 unidades), se consolidaron como los únicos puntos con recurso de naturaleza alcalina. Las fuentes restantes registraron valores ácidos de pH, con valores entre 5,53 unidades (CAP_12) y 6,97 unidades (CAP_01). Las variaciones observadas pueden atribuirse a procesos naturales como la composición geoquímica del suelo (Orjuela, Saldarriaga, García, & Wilches, 2010). Con respecto a los límites establecidos por la norma, se tiene que todos los registros se ubican por encima del límite mínimo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 (4,5), es decir, son aptas para ser usadas en actividades de riego y otras relacionadas con tal práctica, así como también para actividades relacionadas con la preservación de fauna y flora. Sin embargo, respecto al artículo. 2.2.3.3.9.4, se establece que el recurso hídrico de CAP_02 (6,03 unidades); CAP_07 (5,8 unidades); CAP_10 (6,13 unidades); CAP_12 (5,53 unidades) y CAP_14 (6,14 unidades) no es apto para ser destinado al consumo humano y uso doméstico, por contar con valores inferiores a las 6,5 unidades establecidas como límite mínimo en el artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 (Figura 3.2.5-32). El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Temporada Seca**

Los valores de pH, registrados en unidades, se movieron dentro del rango de los 5,93 y 9,23. Las fuentes con recurso con condición ácida fueron CAP_10 (5,93 unidades); CAP_11 (6,0 unidades); CAP_13 (6,40 unidades); CAP_02 (6,61 unidades); CAP_07 (6,93 unidades), todos estos valores

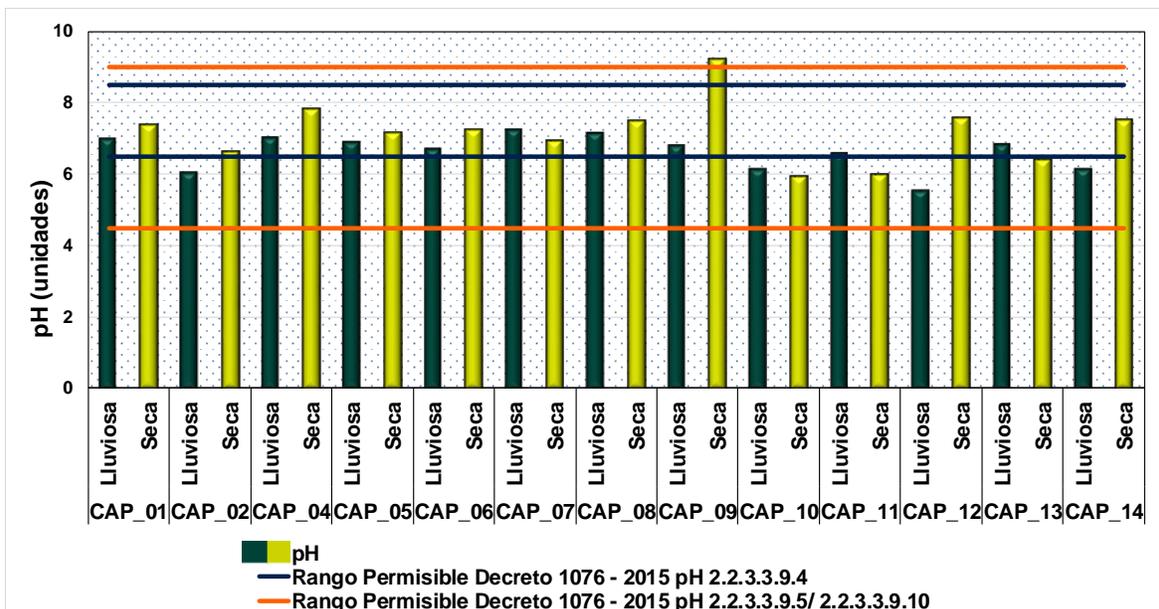
son superiores a las 4,5 unidades instauradas en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, por lo que el recurso de estos cauces podrá ser destinado a actividades agrícolas y también es apto para la preservación de la fauna y flora. Sin embargo, los puntos CAP_10; CAP_11; CAP_13 marcaron registros inferiores a las 6,5 Unidades establecidas como límite mínimo permitido para la destinación del recurso al uso doméstico y consumo humano (**Figura 3.2.5-32**). Adicionalmente, al encontrarse por fuera del límite de las 6,0 unidades propuestas por Beita y Barahona (2011), los valores de pH de estos afluentes podrían ser indicativos de procesos de contaminación activos que pueden estar interfiriendo con diferentes procesos biológicos, limitando el desarrollo y la fisiología de la hidrobiota y la biota humana. El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Multitemporal**

La ponderación del pH en temporada de lluvias fue de 6,60 unidades y la de la temporada seca fue de 7,17 unidades, comportamiento que indica que, durante la época de precipitaciones, el recurso de estas fuentes hídricas tiende hacia la acidez y que es consecuencia directa de llegada de lixiviados de aniones a los sistemas de agua superficial, provenientes de los cultivos de palma y las actividades ganaderas registradas en esta zona (**Tabla 3.2.5-95**). Las asociaciones entre cationes, como el calcio; el magnesio y el potasio, con nitratos; bicarbonatos; sulfatos y otros aniones orgánicos, generan un exceso de iones H⁺ que, por escorrentía, llegan a los sistemas hídricos superficiales y los acidifican.

En términos generales, el agua de estos cauces fue ligeramente más ácido durante la época de lluvias, con una variación inter-estacional de 0,57 unidades indicando estabilidad en el comportamiento de esta variable. En la época de lluvias CAP_02; CAP_07; CAP_10; CAP_12 y CAP_14 no fueron aptas para la destinación para el consumo humano o uso doméstico, mientras que, bajo el mismo rigor para la temporada seca, no lo fueron los puntos CAP_10; CAP_11; CAP_13 (**Figura 3.2.5-32**), puntos que reportaron pH ácido para las dos temporadas evaluadas.

Figura 3.2.5-32 pH en puntos de Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Conductividad y Sólidos Disueltos**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los registros de conductividad en estos puntos, en $\mu\text{S/cm}$, estuvieron entre 9 y 71. La variación de este parámetro se presenta en la **Figura 3.2.5-33**, los registros se catalogan como normales, al encontrarse dentro del rango estipulado para la mayoría de aguas dulces ($10 \mu\text{S/cm}$ - $350 \mu\text{S/cm}$). todos los puntos contaron con conductividades por debajo de $100 \mu\text{S/cm}$, lo que permite calificarlos como cuerpos de agua de mineralización muy débil. Las diferencias observadas pueden ser producto de las condiciones geológicas y de lavado de las zonas adyacentes a cada punto (Beita & Barahona, 2011).

Con respecto a los sólidos disueltos, las concentraciones se ubicaron entre los $<10,0 \text{ mg/L}$ y los 23 mg/L . Los puntos con registros para este parámetro fueron CAP_01 (11 mg/L); CAP_04 (23 mg/L); CAP_06 ($11,3 \text{ mg/L}$) y CAP_07 (15 mg/L). En CAP_04 se reportan actividades ganaderas y una vegetación riparia con un nivel alto de perturbación factores que incrementan la carga de sólidos sobre el sistema (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). En este punto coinciden los valores máximos para estos dos parámetros **Figura 3.2.5-33**. Estas variables no están reguladas en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Temporada Seca**

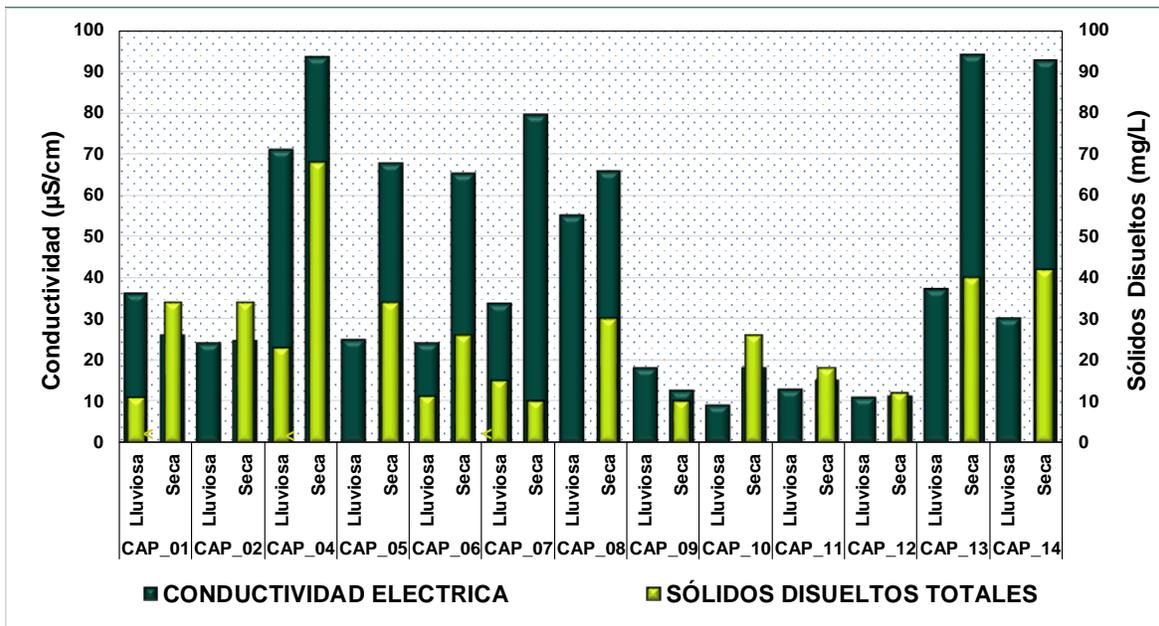
La conductividad registró valores entre $11,23 \mu\text{S/cm}$ y $94 \mu\text{S/cm}$. Las conductividades más bajas se ubicaron en CAP_12 ($11,23 \mu\text{S/cm}$) y CAP_09 ($12,63 \mu\text{S/cm}$). El máximo de la época fue del punto CAP_13, antecedido por los puntos CAP_04 ($93,3 \mu\text{S/cm}$) y CAP_14 ($92,4 \mu\text{S/cm}$). Estos valores se catalogan como normales, al encontrarse dentro del rango estipulado para la mayoría de aguas dulces ($10 \mu\text{S/cm}$ - $350 \mu\text{S/cm}$). Todos los puntos contaron con conductividades por debajo de $100 \mu\text{S/cm}$, lo que permite calificarlos como cuerpos de agua de mineralización muy débil ($< 100 \mu\text{S/cm}$), las diferencias observadas pueden ser producto de las condiciones geológicas y de lavado de las zonas adyacentes a cada punto (Beita & Barahona, 2011). Los sólidos disueltos se ubicaron dentro de un rango comprendido entre los $10,0 \text{ mg/L}$ y $68,0 \text{ mg/L}$ (**Figura 3.2.5-33**). El máximo valor, reportado en CAP_04 que durante la fase de campo se registró como un punto de aguas estancadas, con cruce permanente de semovientes y vehículos, además de estar rodeado por cultivos de palma, factores que incrementan la llegada de materiales en disolución a los cauces. Los tres valores más altos de sólidos suspendidos coinciden con los mayores para la conductividad. lo que respalda la relación entre estas dos variables indicadas en Beita & Barahona (2011) y que explica que la conductividad, al entenderse también como la capacidad del agua de conducir corriente, es altamente sensible a las oscilaciones de los sólidos disueltos. Estas variables no cuentan con límites dentro de la norma.

✓ **Multitemporal**

La conductividad fue comparativamente más alta durante la temporada seca ($51,16 \mu\text{S/cm}$) que durante la temporada lluviosa ($29,76 \mu\text{S/cm}$). Para la temporada lluviosa, CAP_04 y para la temporada seca, CAP_04; CAP_05, CAP_07; CAP_08; CAP_13 y CAP_14, fueron sistemas hídricos eutróficos o de alta producción, al contar con una conductividad superior a los $60 \mu\text{S/cm}$ (Roldán, 1992). Las diferencias anotadas entre las conductividades de las dos épocas hidroclimáticas se pueden relacionar con el comportamiento de los caudales dado que estas dos variables son inversamente proporcionales, es decir que, durante la temporada seca, al bajar los caudales se incrementa la concentración de sales en los cuerpos de agua, lo que se traduce en mayores conductividades (**Figura 3.2.5-33**).

Los sólidos disueltos obtuvieron ponderaciones de 4,63 mg/L en época de lluvias y de 29,53 mg/L en época seca, indicando una tendencia creciente durante esta última, correspondiendo al comportamiento de la conductividad y ratificando una relación directa entre estos dos parámetros. La alta cantidad de sólidos disueltos durante la temporada seca obedece a la disminución de los caudales y al efecto de agentes externos que funcionan como aportantes de iones que contribuyen al alza de la conductividad, tales como la llegada de material a los cauces por la deforestación y el tránsito de vehículos y animales en estos puntos.

Figura 3.2.5-33 Conductividad y Sólidos Disueltos Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ Olor y Sabor

El sabor es la mínima cantidad perceptible de un sabor en una muestra de agua, por medio del sentido del gusto. El sabor puede ser ácido, cuando el agua contiene ácidos orgánicos provenientes principalmente de los vegetales; dulce, detectado bajo la presencia de carbohidratos, aldehydos, cetonas y aminoácidos como la alanina, la glicina y la serina; salado, en presencia de iones solubles de sodio, potasio y otros metales alcalinos y amargo, la detección de este sabor es considerada un mecanismo evolutivo para la defensa que evita envenenamientos, las sustancias que dan este sabor son las sales inorgánicas de peso molecular alto. El olor es la mínima cantidad perceptible de olor en una muestra de agua. Los tipos de olor se clasifican en diez categorías mínimas: Fragante o floral, leñoso o resinoso, frutal (no cítrico), químico, mentolado o refrescante, dulce, quemado o ahumado, cítrico, podrido, acre o rancio. Los vertidos industriales de residuos, la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana asociada a estos procesos, así como también los desinfectantes, son algunos de los compuestos orgánicos o productos químicos inorgánicos que contribuyen al gusto u olor del agua (Salazar & Vasquez, 2016).

✓ Temporada Lluviosa

El recurso de todos los puntos evaluados fue calificado "Sin Sabor" e "inodoro". El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Temporada Seca**

El olor y el sabor calificaron como "Aceptables" en todos los puntos evaluados para la Captación. El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

✓ **Multitemporal**

Los parámetros organolépticos del Olor y el Sabor no sufrieron cambios a lo largo de las temporadas evaluadas, presentando condiciones de Sin Sabor, Inodoros y Aceptables en la totalidad de las fuentes hídricas valoradas.

➤ **Cloruros**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los niveles de estos compuestos marcaron por debajo del límite de detección, <5,0 mg/L, en la totalidad de puntos de Captación evaluados, niveles relacionados con fuentes naturales y que no superan el límite máximo de 250 mg/L, dispuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso es apto para destinarse al uso doméstico y consumo humano.

✓ **Temporada Seca**

Los niveles de cloruros reportados durante la última temporada de monitoreos se ubicaron por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos (<9,9 mg/L), concentraciones que no superan los límites de la normatividad, establecidos en 250 mg/L y permite que estas aguas se destinen para consumo humano y uso doméstico, de acuerdo al artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones de cloruros se mantuvieron bajo los límites de detección durante las dos épocas evaluadas, lo que indica que el uso del recurso de las cuencas destinadas para captación, en cuanto a este parámetro, no representa riesgos para el uso doméstico o consumo humano. La ausencia de compuestos formados a partir de este elemento permite afirmar que estos sistemas hídricos, no están siendo afectados por vertimientos de origen doméstico, especialmente los que contienen orina humana o animal, por lo que no se estarían generando disrupciones en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, en lo que respecta al mantenimiento de la presión osmótica, crecimiento y reproducción (Beita & Barahona, 2011).

➤ **Sulfatos**

✓ **Temporada Lluviosa**

Para los Sulfatos se reportaron registros por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada (<5,00 mg/L) en la mayoría de puntos, exceptuando a CAP_04, que tuvo un registro de 6,6 mg/L. Este valor corresponde a las concentraciones reportadas para aguas naturales no contaminadas, al estar dentro del rango de los 2 mg/L hasta los 80 mg/L y, además, no supera el límite de 400 mg/l impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de este sistema es apto para consumo humano y uso doméstico.

✓ **Temporada Seca**

Los registros para sulfatos fueron indetectables (<5,0 mg/L), en la mayoría de puntos, exceptuando a CAP_14 (7,28 mg/L); CAP_08 (7,50 mg/L); CAP_04 (15,1 mg/L). Los registros de estos puntos

corresponden a concentraciones reportadas para aguas naturales no contaminadas, al estar dentro del rango de los 2 mg/L hasta los 80 mg/L y, además, no superan el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de estos cauces es apto para consumo humano y uso doméstico.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones detectadas durante el tiempo seco (promedio: 2,29 mg/L) fueron significativamente más altas que las de la época de lluvias (promedio: 0,50 mg/L), situación explicada por las disminuciones en los caudales que generan incremento en las concentraciones de sales en todas las corrientes hídricas esto, sumado a que las descargas y escorrentías con trazas de fertilizantes y detergentes siguen cargando las corrientes que, en tiempo seco, contienen menos agua para diluirlos. Durante los dos tiempos evaluados, ninguno de los puntos superó el máximo normativo de 400 mg/L, por lo que el recurso es recomendable para su uso doméstico y consumo humano, de acuerdo con lo registrado en el Decreto 1076 del 2015.

➤ **Sólidos suspendidos totales (SST); Sólidos sedimentables; Sólidos suspendidos orgánicos; Turbiedad y Sólidos Totales (ST).**

✓ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones de SST estuvieron dentro de los límites indetectables (<6,00 mg/L) y 78 mg/L. Las concentraciones por debajo del límite de cuantificación se registraron en CAP_02; CAP_05, CAP_07, CAP_08; CAP_11 y CAP_12. Es importante indicar que, de acuerdo a lo establecido por Lloyd *et al* (1987), concentraciones de SST superiores a 8 mg/l reducen la producción primaria de los sistemas hídricos hasta en un 13%, situación dada en todos los puntos que marcaron registros para este parámetro. Los niveles más altos correspondieron a los puntos CAP_14 (32mg/L) y CAP_13 (78mg/L). En el punto de mayor concentración se reportó presencia de ganado, paso vehicular y peatonal y personas bañando en el río, todas estas afectaciones sobre los cauces incrementan la cantidad de sólidos sobre las corrientes (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Los valores obtenidos son indicio de cambios hidrológicos en las corrientes, relacionados con la erosión, vertimientos y con extracción de material de arrastre, situaciones reportadas en los diferentes puntos evaluados (**Tabla 3.2.5-95**).

La turbiedad se ubicó entre los 0,03 UJT y 2,30 UJT. El punto con el registro más bajo correspondió a CAP_08, mientras que las turbiedades más altas se ubicaron en CAP_09 (0,34 UJT) y CAP_13 (2,30 UJT). El punto de máxima turbiedad coincide con el de la más alta concentración de sólidos suspendidos, sin embargo, ninguno de los puntos excede el límite de 10UJT propuesto en el artículo 2.2.3.3.9.4, por lo que estas aguas son aptas para el consumo humano o uso doméstico. Los sólidos sedimentables se ubicaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,1 mg/L) en la mayoría de puntos, con excepción de CAP_13, que marcó un nivel de 0,3 mg/L. Por último, los sólidos totales, oscilaron entre los niveles indetectables (<7,0 mg/L) y los 91 mg/L. Los niveles más altos fueron reportados en CAP_14 (48 mg/L) y CAP_13 (78 mg/L) (**Figura 3.2.5-34**), coincidiendo con lo registrado para sólidos suspendidos y asociados con las actividades antrópicas reportadas para la zona.

✓ **Temporada Seca**

Los niveles de SST fueron indetectables por la técnica analítica empleada (<10,0 mg/L) en todos los puntos evaluados. Con respecto a la turbiedad, los niveles oscilaron entre 0,1 UJT y 0,63 UJT, correspondiendo a niveles bajos y relacionados con los niveles indetectables de sólidos

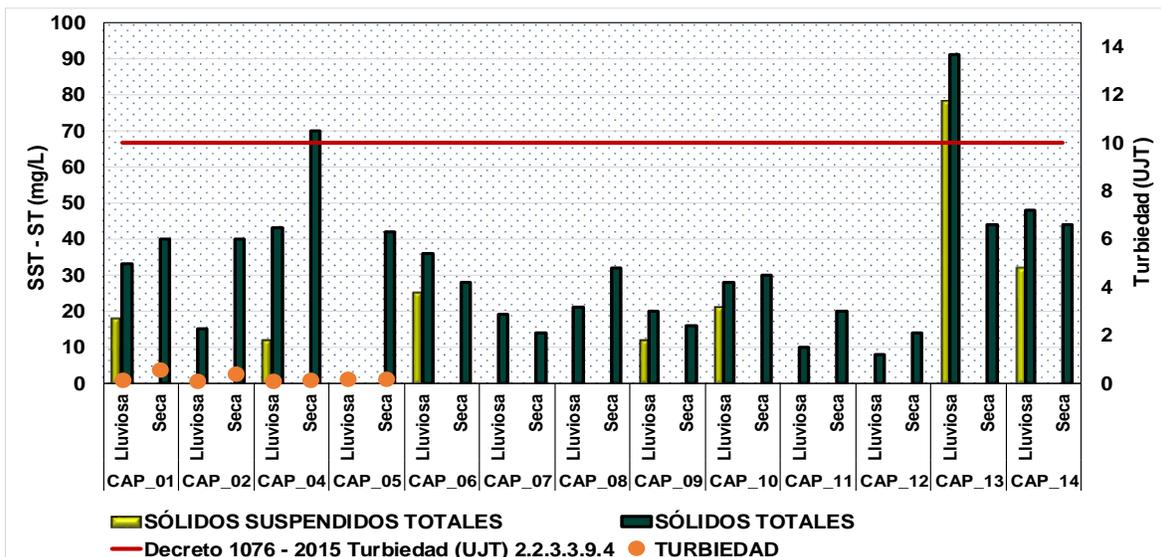
suspendidos. El espectro de la turbiedad se ubicó dentro del límite máximo establecido, por lo que no supera los 10 UJT establecidos como límite máximo en el artículo 2.2.3.3.9.4, concerniente a la destinación de las aguas para consumo humano y uso doméstico.

Los sólidos sedimentables se ubicaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,1 mg/L) en todos los puntos. En cuanto a los sólidos totales, se observó una variación entre los 14,0 mg/L y 70 mg/L. Los puntos con los niveles más altos fueron CAP_13 (44,0 mg/L) y CAP_04 (70,0 mg/L) (**Figura 3.2.5-34**). En CAP_13, Caño Venturosa, se registró una baja profundidad y paso constante de peatones, vehículos y bovinos, adicionalmente, al momento de la toma de muestras se observó presencia de personas haciendo uso recreativo del espacio. CAP_04 se reportó como un punto de bajo flujo de corriente y profundidad con paso permanente de animales y vehículos sobre el sistema hídrico. Los sólidos no cuentan con límites establecidos en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Multitemporal**

Los promedios de SST para las temporadas lluviosa y seca fueron de 15,23 mg/L e indetectables, respectivamente. La turbiedad tuvo ponderados de 0,33 UJT y 0,29 UJT, para cada época. Para los sólidos totales, el promedio para lluvias fue de 28,61 mg/L y para seca de 33,38 mg/L. El incremento leve de la concentración de SST y turbiedad, durante la primera época está relacionado con que la lluvia funciona como un factor ambiental que tiene un efecto directo sobre la concentración de sólidos suspendidos y la turbiedad esto, debido a que, por escorrentía, la lluvia arrastra sedimentos desde los suelos cercanos y además induce la mezcla dentro de la fuente hídrica, produciendo la re-suspensión de partículas que ya se habían sedimentado. Estos efectos dependen directamente de la fuerza de las lluvias y la profundidad de los cuerpos de agua. En la temporada de lluvias todos los puntos reportaban concentraciones de SST interferían con la producción primaria de los sistemas hídricos, hasta en un 13%, al superarse los 8 mg/L establecido como máximos permitidos para la continuidad, a tasas normales, de este proceso. Esta situación no se puede validar para la segunda campaña, porque el límite de cuantificación de la técnica es mayor al valor sugerido por el citado autor. Los sólidos sedimentables se mantuvieron por debajo de los niveles de detección a lo largo de todo el monitoreo.

Figura 3.2.5-34 Sólidos Suspendidos Totales, y Turbiedad Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅); Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

La Demanda Biológica de Oxígeno solo fue registrada en CAP_01 (7,85 mg/L) y CAP_06 (7,42 mg/L), en los puntos restantes, las concentraciones fueron menores a los límites de detección de la técnica. Estos valores clasifican los puntos con contaminación fuerte, según el grado de saprobiedad o presencia de contaminantes de naturaleza orgánica. El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola. La DQO se ubicó por debajo del límite de detección (15,0 mg/L) en cinco puntos y en los otros puntos fueron de 74,58 mg/L (CAP_01); 19,80 mg/L (CAP_02); 22 mg/L (CAP_04); 74,58 mg/L (CAP_06); 15,9 mg/L; 21,95 mg/L (CAP_10); 21,1 mg/L (CAP_12); 31 mg/L (CAP_13) y 18,07 mg/L (CAP_14). Si se tiene en cuenta que conforme se incrementa la DQO, mayor es la contaminación, se tiene que CAP_01 y CAP_06 son los puntos de mayor contaminación por cantidades significativas de materia orgánica resistente (Roldán & Ramírez, 2008).

El Carbono Orgánico Total tuvo registros comprendidos entre <2,0 mg/L y 5,75 mg/L. Los puntos con reportes por debajo del límite de cuantificación fueron CAP_04; CAP_05 y CAP_13; los valores más altos se reportaron en CAP_11 (4,86 mg/L) y CAP_14 (5,75 mg/L), valores que indican que en estos sistemas hídricos se reporta material orgánico a ser transformado relacionado con las actividades de recreación en CAP_11 y ganadería y agricultura en CAP_14. (**Anexo 3_Caracterización ambiental, 3.2.5_Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Temporada Seca**

Los registros obtenidos por la DBO₅ fueron indetectables (<5,0 mg/L) en todos los puntos valorados. Estos resultados permiten inferir que estos cuerpos de agua, de acuerdo al índice de saprobiedad, pueden ser sistemas hídricos sin contaminación, por presencia de contaminantes de naturaleza orgánica, de contaminación débil o de contaminación moderada. El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.09.33, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola. Con respecto a la DQO, cuatro puntos marcaron por debajo del límite de cuantificación, <5,0 mg/L, salvo los puntos CAP_04, CAP_08 (5,22 mg/L); CAP_02, CAP_13 (5,58 mg/L); CAP_09 (7,02 mg/L); CAP_11 (9,20 mg/L); CAP_05 (16,8 mg/L); CAP_10 (19,7 mg/L); CAP_07 (29,8 mg/L). En el punto de máximo registro, se reportó que el cauce es atravesado por una vía por la que transitan vehículos y maquinaria pesada de forma permanente y, adicionalmente, hay presencia permanente de ganado. Las concentraciones detectadas en los puntos de Captación dan cuenta de afectaciones por presencia de materia orgánica persistente, relacionada con las actividades antrópicas reportadas en cada uno de los cauces. El COT fue indetectable (<5,0 mg/L) en la totalidad de puntos evaluados, indicando ausencia de afectación por descargas de origen industrial y ricas en compuestos orgánicos. (**Anexo 3_Caracterización ambiental, 3.2.5_Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

✓ **Multitemporal**

Los resultados indican que, durante la época lluviosa, el promedio de DBO₅ fue más alto que durante la temporada seca, sin embargo, es importante anotar que la metodología aplicada durante la primera fue más sensible que la ejecutada en la última campaña, esto reflejado en los límites de cuantificación, establecidos en <3,0 mg/L y <5,0 mg/L, respectivamente. A pesar de esto, las concentraciones detectadas en CAP_01; CAP_06, durante la primera campaña, fueron mayores al

límite de cuantificación de la segunda campaña, lo que permite inferir que, en efecto, se cumple la primicia de que la DBO₅ de la temporada de lluvias fue ligeramente superior a la seca. El promedio de la DQO en temporada de lluvias fue de 21,77 mg/L y durante la seca de 8,00 mg/L, aunque también se presentaron diferencias en la sensibilidad de las pruebas aplicadas, ya que durante la primera campaña se manejó un límite de cuantificación de <15,0 mg/L, en comparación con los <5,0 mg/L de la época seca, diferencias que podrían incrementar el número de puntos que registraron para este parámetro durante la temporada lluviosa.

El COT tuvo un promedio de 2,61mg/L en lluvias e indetectable (<5,0 mg/L) durante la seca, se registró una diferencia en cuanto a la sensibilidad de la prueba, ya que los límites de cuantificación fueron de <2,0 mg/L y <5,0 mg/L, respectivamente, esta disparidad permitiría inferir sobre la posibilidad que se incrementara el número de registros durante la última campaña. Los reportes más altos de estos tres parámetros, durante la temporada de precipitaciones, se explica mediante el hecho de que las lluvias funcionan como vehículos de carga de materia orgánica que por procesos de escorrentía y de arrastre aceleran la llegada de dicho material a los cuerpos de agua. La época de lluvias favorece la descarga de basuras, material vegetal, desechos industriales, domésticos y animales a los afluentes, lo que disminuye las concentraciones de oxígeno por la descomposición de la materia orgánica, elevando los valores de estas variables en los sistemas fluviales.

➤ **Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos**

✓ **Temporada Lluviosa**

En los puntos de captación evaluados dentro del Estudio de Impacto Ambiental "Área de Desarrollo Llanos 141" solo fue obtenido un registro para la acidez, en el punto CAP_14, con 10,2 mg/L. La alcalinidad fue indetectable en CAP_11 y CAP_13 y en los demás puntos, este parámetro osciló entre 2,7 mg/L y 22,6 mg/L (**Figura 3.2.5-35**). Las concentraciones de bicarbonatos correspondieron a los valores replicados de la alcalinidad. La presencia de bicarbonatos en aguas naturales contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas o incrustantes (Sandi, 2008).

✓ **Temporada Seca**

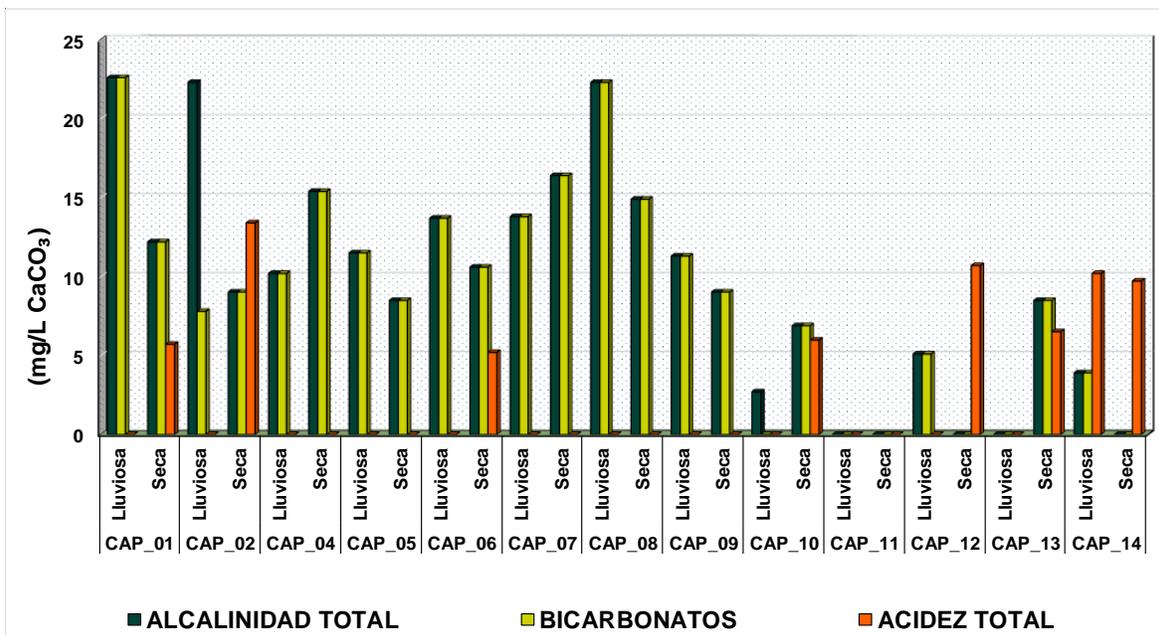
Los valores de alcalinidad oscilaron entre los valores indetectables (<6,040 mg/L) y 16,4 mg/L. Los registros detectados fueron 6,89 mg/L (CAP_10); 8,49 mg/L (CAP_05, CAP_13); 9,02 mg/L (CAP_09, CAP_02); 10,6 mg/L (CAP_06); 12,2 mg/L (CAP_01); 14,9 mg/L (CAP_08); 15,4 mg/L (CAP_04) y 16,4 mg/L (CAP_07). Estos valores se ajustan a lo indicado por Roldan (1992), que afirma que la alcalinidad de las aguas tropicales suele ser menor a 100 mg/L. Los registros obtenidos se encuentran asociados a lo obtenido durante la medición del pH y a la capacidad de dilución y homogenización que caracterizan a los sistemas acuáticos de esta subzona hidrográfica. El recurso de los puntos CAP_02; CAP_10; CAP_11 y CAP_13 cuenta con propiedades corrosivas, por contar con pH menores a 7 unidades.

La naturaleza de los compuestos químicos que determinan la alcalinidad de un cuerpo está directamente relacionada con el pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica. Sin embargo, es común que la alcalinidad se interprete en función de los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Beita & Barahona, 2011). A partir de esto, se presentan los resultados de los bicarbonatos, que corresponden en valor, a los obtenidos para la medición de la alcalinidad (**Figura 3.2.5-35**). En relación a la acidez, los puntos que marcaron fueron CAP_01 (5,71 mg/L); CAP_10 (5,98 mg/L); CAP_13 (6,51 mg/L); CAP_14 (9,72 mg/L); CAP_12 (10,7 mg/L); CAP_02 (13,4 mg/L). Los cauces restantes registraron valores inferiores al límite de detección (<5,00 mg/L). Esta tendencia se encuentra relacionada con el equilibrio CO₂/Carbonato de los sistemas.

✓ **Multitemporal**

La primera campaña arrojó promedios de alcalinidad, acidez y bicarbonatos de 9,4 mg/L, 10,2 mg/L y 9,4 mg/L; los de la temporada seca fueron 8,57 mg/L, 4,40 mg/L y 8,57 mg/L, respectivamente. Estos registros muestran valores más bajos en la temporada seca del monitoreo. Este comportamiento puede estar relacionado con procesos exógenos a las corrientes de agua que pueden alterar estos parámetros, dentro de los que se destacan la actividad agrícola que, por procesos de descargas de agro-fertilizantes puede modificar la cantidad de sales y, en consecuencia, la alcalinidad, acidez y cantidad de bicarbonatos (Galarza, Quinche, Aguilera, Garzón, & Manzano, 2016). Tanto en tiempo seco, como lluvioso, todos los sistemas hídricos evaluados, exceptuando a OCP_19 durante la época de lluvias, presentan una baja productividad por tener alcalinidades por debajo de 75 mg/L.

Figura 3.2.5-35 Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Dureza cálcica y Dureza Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

La Dureza Cálcica reportó valores por debajo del límite de cuantificación (<12 mg/L) en todos los puntos de Captaciones. Por su parte, la Dureza Total fue indetectable (<5,0 mg/L) en nueve puntos y las concentraciones de los demás, oscilaron entre 8,5 mg/L y 22,3 mg/L. Con base en estos resultados, es posible asegurar que las aguas que discurren por CAP_05 son blandas y poco productivas y las de CAP_04; CAP_08 y CAP_13 son blandas y medianamente productivas.

✓ **Temporada Seca**

La Dureza Cálcica reportó valores entre lo indetectable (<5,00 mg/L) y 14,7 mg/L. Los puntos con registro para este parámetro fueron CAP_13 (5,57 mg/L); CAP_06 (8,16 mg/L), CAP_07 (8,75 mg/L); CAP_14 (11,1 mg/L) y CAP_04 (14,07 mg/L). La dureza total reportó valores que oscilaron entre

indetectables (<5,00 mg/L) y 21,3 mg/L. La detección de dureza se dio en CAP_05 (7,16 mg/L); CAP_02 (7,36 mg/L); CAP_01 (9,15 mg/L); CAP_13 (9,95 mg/L); CAP_06 (10,1 mg/L); CAP_07 (13,7 mg/L); CAP_14 (13,9 mg/L); CAP_08 (14,5 mg/L); CAP_04 (21,3 mg/L). Todos los sistemas hídricos calificaron como de aguas blandas, CAP_05; CAP_02; CAP_01; CAP_13 son fuentes *poco productivas*, los puntos restantes clasifican como fuentes *medianamente productivas*.

✓ **Multitemporal**

El ponderado de la dureza cálcica durante la época de lluvias fue indetectable y el de la época seca fue de 4,38 mg/L. Sin embargo, es importante anotar la diferencia entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas ya que, para la primera campaña el LC fue de <12,00 mg/L, en comparación con los <5,00 mg/L de la temporada seca, lo que permite inferir una mayor cantidad de reportes de concentraciones de dureza cálcica durante la época de lluvias, por lo tanto, no es posible comparar los promedios inter-temporales entre sí. Por su parte los promedios de dureza total, para cada temporada fueron de 5,36 mg/L (lluviosa) y 8,24 mg/L (seca), valores comparables por contar con el mismo límite de cuantificación (<5,0 mg/L) e indican mayores durezas durante la temporada seca, comportamiento asociado con la disminución de los caudales que genera una pérdida de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos que genera un incremento en la concentración de iones presentes y, a su vez, en los niveles de dureza.

➤ **Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico y Nitrógeno Total**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los registros de nitratos fueron indetectables (<0,0500 mg/L) en CAP_09 y CAP_12. Los registros más altos fueron detectados en CAP_14 (0,34 mg/L) y CAP_04 (0,838 mg/L). Estos niveles de nitratos pueden estar relacionados con el paso continuo de maquinaria y la actividad agrícola sobre CAP_04, esta última puede incrementar los niveles de nitratos como consecuencia de vertimientos ricos en fertilizantes que llegan a la fuente. Ninguna de estas concentraciones supera los 10 mg/L, estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015, por lo que, en lo que respecta a este parámetro, las aguas pueden destinarse a consumo humano y uso doméstico. En CAP_14 se reportó presencia de ganado y una carretera. Los Nitritos marcaron niveles entre indetectables (<0,00300 mg/L) y los 0,027 mg/L, con los niveles más altos en CAP_05 y CAP_10. Todos los reportes dan cumplimiento al límite de 1mg/L en los artículos anteriormente mencionados, por lo que el recurso de estos sistemas hídricos puede destinarse para el consumo humano y uso doméstico. El comportamiento en conjunto, de estas dos variables, muestra una mayor concentración de Nitratos que de Nitritos, lo que es indicativo de procesos de oxidación continuos y activos.

El nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico registraron concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada, de <1,00 mg/L y <5,00 mg/L, respectivamente, salvo en CAP_10, que tuvo un nivel de 0,88 mg/L de Nitrógeno orgánico. El nitrógeno total marcó niveles por debajo del límite de cuantificación (<0,5 mg/L), en la mayoría de los puntos, sin contar a CAP_10 (1,6 mg/L) y CAP_14 (0,7 mg/L). CAP_10 reportó para nitritos y nitrógeno orgánico, los nitritos tienen su origen en procesos incompletos de oxidación del amoniacal o de reducciones de los nitratos con intervención de una acción desnitrificadora, mientras que aminoácidos, polipéptidos y proteínas (productos de procesos biológicos) son los principales aportantes de nitrógeno orgánico a las aguas superficiales.

✓ Temporada Seca

Los Nitratos marcaron concentraciones indetectables, <1,00 mg/L, en todos los puntos, por lo que se encuentran dentro de los límites estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015, por lo que, en lo que respecta a este parámetro, las aguas pueden destinarse a consumo humano y uso doméstico. Los Nitritos se ubicaron por debajo de los límites de detección en la mayoría de puntos, exceptuando el CAP_14, que reportó una concentración de 0,0391 mg/L, que se encuentra dentro del límite de 1mg/L en los artículos anteriormente mencionados, por lo que el recurso de estos sistemas hídricos puede destinarse para el consumo humano y uso doméstico. El comportamiento en conjunto, de estas dos variables, muestra una mayor concentración de Nitratos que de Nitritos, lo que es indicativo de procesos de oxidación continuos y activos.

El nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal marcaron niveles inferiores a los límites de detección de la técnica analítica empleada <3,00 mg/L y <1,00 mg/L, respectivamente, en la totalidad de puntos evaluados. lo que indica que estos sistemas hídricos no han sido, en el período reciente, objeto de descargas puntuales o directas de aguas residuales, con carga de compuestos nitrogenados, provenientes de actividades industriales. Para el nitrógeno total las concentraciones también fueron indetectables en todos los puntos monitoreados. Los niveles de nitrógeno total fueron más altos durante la época de lluvias, en comparación con los de la temporada seca, sin embargo, en términos generales, fueron muy bajos.

✓ Multitemporal

El comportamiento de los nitratos y nitritos no puede ser comparado entre temporadas como consecuencia de las diferencias en sensibilidad que presentan las técnicas empleadas en cada una de las temporadas que, para la primera temporada permitió detectar concentraciones de nitratos en algunos de los puntos, sin que ninguna superara la concentración detectada como límite de cuantificación en la segunda campaña. La situación descrita aplica también para los nitritos, con registros en primera campaña más bajas que el límite de cuantificación establecido en la última campaña. Sin embargo, ninguno de los valores detectados supera los límites permitidos por la normatividad ambiental vigente.

El nitrógeno amoniacal permaneció por debajo de los niveles de detección durante las dos temporadas de monitoreo. Sin embargo, la diferencia en la sensibilidad de las técnicas aplicadas durante las dos épocas, no permite la comparación directa de los resultados obtenidos, al ser más sensible la de la primera época, con <0,5 mg/L y <1,0 mg/L, respectivamente. El nitrógeno orgánico se mantuvo indetectable en todos los puntos en todas las temporadas, exceptuando a CAP_10 en temporada lluviosa. Los niveles de nitrógeno total fueron más altos durante la época de lluvias, en comparación con los de la temporada seca, sin embargo, en términos generales, fueron muy bajos.

➤ Fósforo orgánico, Fósforo Inorgánico (ácido hidrolizable y ortofosfatos) y Fósforo Total

✓ Temporada Lluviosa

El fósforo hidrolizable total reportó valores por debajo del límite de cuantificación (<0,0500 mg/L) en todos los puntos de monitoreo. El fósforo orgánico total, reportó valores indetectables (<0,05 mg/L) en la mayoría de puntos, exceptuando CAP_02 (0,11 mg/L); CAP_04 (0,121 mg/L); CAP_05 (0,067 mg/L) y CAP_09 (0,0517 mg/L). El fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos) reportó concentraciones por debajo del límite de cuantificación de <0,0500 mg/L, en todos los puntos evaluados. Por último, el Fósforo total, se ubicó por debajo de los límites de cuantificación (0,0500 mg/L) en CAP_01 y CAP_11, en los demás puntos, los niveles se movieron entre 0,056 mg/L y 0,295 mg/L, con máximos en CAP_13 (0,194 mg/L) y CAP_10 (0,295 mg/L). CAP_02; CAP_04; CAP_07; CAP_10 y CAP_13.

califican como sistemas altamente eutróficos por registrar valores superiores a 0,1 mg/L (Wetzel, 1981).

✓ **Temporada Seca**

El fósforo hidrolizable total registró niveles inferiores al límite de detección de la técnica (<0,0700 mg/L) en todos los puntos, comportamiento similar al del fósforo orgánico. El fósforo total marcó registros en CAP_14 (0,121 mg/L) y CAP_04 (0,143 mg/L), estas concentraciones permiten calificar estos sistemas como eutróficos al superar los 0,1 mg/L. Los ortofosfatos se ubicaron por debajo de los niveles de cuantificación en todos los puntos de captación, <0,0700 mg/L, resultados que indican que estos cauces no están siendo afectados por descargas de origen residual doméstico industrial, con alta carga de detergentes y químicos usados en el tratamiento de aguas.

✓ **Multitemporal**

El fósforo ácido hidrolizable y los ortofosfatos se mantuvieron por debajo de los niveles de detección a lo largo de las dos temporadas evaluadas. El fósforo inorgánico reportó un promedio de 0,026 mg/L para la temporada de lluvias, en comparación niveles indetectables registrados para la época de lluvias. El fósforo total tuvo un promedio de 0,10 mg/L en lluvias y uno de 0,020 mg/L en época seca. La variación de estas concentraciones a lo largo del tiempo se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias, domésticas y descargas reportadas para las zonas aledañas. Otro factor directamente implicado en el cambio en las concentraciones de fósforo es el alto proceso erosivo observado en los cuerpos de agua altamente intervenidos, dado principalmente por la eliminación de bosque nativos de las orillas de las vertientes y de la planicie aluvial, lo que conlleva al incremento en el trasporte de nutrientes hacia las diferentes fuentes hídricas.

➤ **Fenoles Totales, Compuestos fenólicos, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales**

✓ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones de grasas y aceites reportaron niveles indetectables, <0,900 mg/L, en la mayoría de los puntos, sin contar CAP_01 (1,78 mg/L); CAP_06 (1,59 mg/L); CAP_08 (1,63 mg/L) y CAP_09 (2,03 mg/L). En CAP_01 se identificaron descargas y pastoreo, en CAP_02 actividades agrícolas, en CAP_08 hay actividades ganaderas, agrícolas, residenciales y captación y en CAP_09 se reportaron descargas. Estos factores pueden ser precursores de este tipo de sustancias en el agua. El agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: *"no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana"*. El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.200933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

Los fenoles marcaron límites indetectables, < 0,0100 mg/L, en todos los puntos evaluados. Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) no fueron detectados en ninguno de los puntos destinados a la Captación del Recurso. De acuerdo con estos reportes, es posible concluir que estos compuestos no se encuentran afectando el estado actual de los cuerpos de agua agrupados en la línea base del proyecto. Los Hidrocarburos totales marcaron concentraciones indetectables por la técnica, <0,900 mg/L, en todos los puntos, por lo que, en lo que respecta a estos compuestos, el recurso de estos cauces, pueden ser destinados al uso doméstico y consumo humano.

✓ **Temporada Seca**

Los puntos CAP_14 (0,223 mg/L); CAP_02 y CAP_08 (0,295 mg/L); CAP_13 (0,298 mg/L); CAP_12 (0,355 mg/L); CAP_05 (0,358 mg/L); CAP_07 (0,496 mg/L); CAP_09 (0,713 mg/L); CAP_10 (1,50 mg/L) marcaron registros para el parámetro de Grasas y aceites. Las actividades agrícolas, de forrajeo, ganaderas y tránsito vehicular, se consideran fuentes que pueden ser emisoras de este tipo de compuestos. Por esta razón, el agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a los establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: "no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana". El punto CAP_04 cumple con el límite establecido en la resolución PS-GJ 1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede ser destinado a uso agrícola.

Los fenoles marcaron límites indetectables, < 0,100 mg/L, en todos los puntos evaluados, al igual que los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, <0,002 mg/L. De acuerdo con estos reportes, es posible concluir que estos compuestos no se encuentran afectando el estado actual de los cuerpos de agua agrupados en la línea base del proyecto. Los puntos CAP_09 (0,370 mg/L) y CAP_10 (0,563 mg/L) fueron los únicos registros obtenidos para hidrocarburos totales. En el punto CAP_09 se reportaron descargas y paso constante de ganado, en CAP_10 se reportó una carretera que cruza el caño. factores que podrían ser fuentes emisoras de este tipo de sustancias. Estas aguas no podrán destinarse al uso doméstico o consumo humano.

✓ **Multitemporal**

Omitiendo las diferencias en los límites de cuantificación de cada época, <0,9 mg/ en lluvias y <0,2 mg/L en seca, el promedio de grasa y aceites fue más bajo durante la época seca (0,34 mg/L) que durante la lluviosa (0,54 mg/L). Los niveles de Fenoles e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, se mantuvieron indetectables a lo largo de todo el monitoreo. La presencia de hidrocarburos solo fue registrada en dos puntos, durante la época seca, mientras que, en la lluviosa, no fueron detectados hidrocarburos en los sistemas hídricos destinados a la captación. El comportamiento de este parámetro, puede relacionarse con que la llegada de estas sustancias no se disminuye pese a la baja de caudales propias de la época seca, lo que incrementa la concentración de estos compuestos. El recurso de estos cauces no podrá ser destinado a uso doméstico o consumo humano.

➤ **Pesticidas organofosforados, pesticidas organoclorados y surfactantes**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,000047 mg/L y 0,000176 mg/L, respectivamente, en todos los puntos de agua superficial evaluados. Estos resultados permiten indicar que el recurso hídrico en estos puntos no está siendo afectado por este tipo de compuestos y, por lo tanto, no representan peligro para la supervivencia de la biota. En todos los puntos monitoreados, los resultados de los surfactantes se ubicaron por debajo del límite de cuantificación, <0,100 mg/L, lo que indica que a estos cauces no llegan compuestos de esta naturaleza que interfieran con la calidad del recurso.

✓ **Temporada Seca**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,00004 mg/L y 0,0004 mg/L, respectivamente, por lo que es posible afirmar que este tipo de compuestos no supone un riesgo para la supervivencia de la hidrobiota. Las concentraciones de surfactantes fueron indetectables, <0,500 mg/L, para la técnica empleada para el análisis de estas

sustancias. Los cauces no están siendo objeto de contaminación por ningún tipo de sustancias con estos compuestos.

✓ **Multitemporal**

Estos parámetros se caracterizaron por presentar concentraciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica empleada en todos los sistemas hídricos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.

➤ **Metales**

✓ **Temporada Lluviosa**

Los metales con límites establecidos en el decreto 1076 del 2015 como el aluminio, selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, cobalto, molibdeno y vanadio reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El Níquel es un metal duro, de color blanco-plateado, ampliamente usado en la industria metalúrgica. En la naturaleza es posible encontrarlo en forma de sulfuros, óxidos y silicatos. La llegada de este metal a las aguas superficiales se encuentra relacionado con proceso de meteorización de rocas, y suelos o con actividades de origen antrópico como la combustión de carbón, directamente las cenizas que quedan como producto del proceso, los residuos de la fundición del níquel, los fangos de depuradoras y residuos urbanos (Rodríguez, 2013). Para este metal se reportaron niveles de 0,1 mg/L en CAP_01 y CAP_06, en el primero se reportan descargas directas al cuerpo de agua y en CAP_06 hay ganadería, captación, tráfico vehicular y presencia de residuos sólidos (**Tabla 3.2.5-95**). En el artículo 2.2.3.3.9.5 se establece un límite de 0,2 mg/L, umbral que no es superado en ninguno de los dos puntos en los que fue detectado este meta, por lo que el recurso de todos los puntos evaluados se ajusta a los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola.

El Cadmio se puede encontrar en la naturaleza en rocas, sedimentos marinos, agua del mar, provenientes de erupciones volcánicas e incendios forestales. La acción antrópica introduce este metal a los ecosistemas a través de la contaminación de suelos agrícolas, desechos de la minería y residuos domésticos e industriales. Niveles bajos de pH, baja dureza, bajas concentraciones de material en suspensión y potencial redox de alta y baja salinidad, son características fisicoquímicas que refuerzan la movilidad del cadmio a través de los ecosistemas acuáticos, adicionalmente cuenta con propiedades de bioacumulación en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces (Rodríguez, 2013). En los puntos de captación, este metal fue detectado en CAP_01 (0,005 mg/L) y CAP_06 (0,006 mg/L), coincidiendo con lo registrado para el Níquel. Los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 establecen un límite de 0,01 mg/L y el 2.2.3.3.9.6 uno de 0,05 mg/L, por lo que el recurso de estos sistemas hídricos no supera estos límites y cumplen con los criterios de calidad para consumo humano y doméstico, indicando que para su potabilización se requiere tratamiento convencional y desinfección, también es apto para uso agrícola.

El arsénico es un metaloide que se encuentra de forma natural en el aire, suelo y el agua y también llega a los ecosistemas provenientes de diferentes actividades humanas, es altamente tóxico incluso en cantidades mínimas. Las erupciones volcánicas y erosión de rocas son las principales fuentes naturales de este elemento. Por su parte, la minería, la fundición de minerales, quema de

combustibles fósiles y el uso de pesticidas, herbicidas, desecantes y conservadores de madera, son las fuentes antrópicas del arsénico (Cabrera, Pinos, & Pulla). En los puntos evaluados solo CAP_02 reportó presencia de arsénico, con 0,004 mg/L. Los límites en la normatividad son de 0,05 mg/L en 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4; 0,10 mg/L en 2.2.3.3.9.5 y 0,20 mg/L en 2.2.3.3.9.6, por lo que la concentración en este punto se encuentra dentro del umbral y el agua es para para uso doméstico, consumo humano, uso pecuario y agrícola.

El mercurio llega a los ecosistemas proveniente de seis fuentes identificadas: la deposición atmosférica, erosión, descargas humanas, materiales agrícolas, minería y descargas industriales y de combustión, una vez en suelos o el agua, se convierte en una amenaza factible para plantas, animales y seres humanos debido a su alta persistencia, bioacumulación, su naturaleza no biodegradable y su alto potencial toxicológico (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020). Este metal fue reportado en CAP_02 (0,00251 mg/L) y CAP_05 (0,00156 mg/L). La normatividad ambiental vigente, en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 insta límites máximos de 0,002 mg/L y de 0.010 mg/L en el artículo 2.2.3.3.9.6, lo que indica que las aguas de CAP_02 no pueden ser destinadas al consumo humano y uso doméstico, sin embargo, son aptas para uso pecuario.

El manganeso fue reportado en CAP_04 (0,145 mg/L); CAP_06 (0,08 mg/L); CAP_14 (0,099 mg/L). La comparación con la norma indica que ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L instaurados en el Decreto 1076 del 2015, por lo que el agua de sus cauces puede ser destinada para uso agrícola. Este metal es uno de los más abundantes sobre la corteza terrestre y en el agua es posible encontrarlo con menos frecuencia y en cantidades inferiores a la del hierro (Valencia, 2006).

El Boro es un componente ubicuo, que puede llegar a las aguas superficiales y subterráneas a través del intemperismo de rocas que contienen boro de aguas residuales, cargadas de productos de limpieza y residuos de industrias de pintura, textiles, curtidoras, electrónicas o de escorrentías de origen agrícola. Elevadas concentraciones de boro pueden ser tóxicas para las plantas y generar problemas sanitarios en poblaciones humanas, si son consumidas (Mancilla, Bautista, Ortega, & Ramírez, 2014). En los puntos que se registró presencia de este metal fueron CAP_05 (0,01 mg/L); CAP_11 (0,045 mg/L) y CAP_14 (0,037 mg/L). Sin embargo, ninguno de los puntos supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario.

Las concentraciones para el plomo oscilaron entre las indetectables, (<0,00100 mg/L), y los 0,0261 mg/L, siendo los puntos CAP_04 (0,0122 mg/L) y CAP_10 (0,0261 mg/L), los de las concentraciones más altas. Este metal se encuentra clasificado como muy tóxico y de fácil acceso, lo que causa efectos nocivos en la salud humana, en la flora y en la fauna (Arias & Marciales, 2003). A nivel internacional se ha establecido que, en aguas potables, las concentraciones de plomo deben ser "cero", esto, porque resulta tóxico, incluso a niveles bajos de exposición por ser persistente y bioacumularse en el cuerpo a través del tiempo (EPA.gov, 2021). Ningún registro supera los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso podrá ser destinado para consumo humano o uso agrícola. Todos los puntos se encuentran por debajo de los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que pueden ser destinados para uso agrícola.

La plata fue reportada en CAP_07, con una concentración de 0,070 mg/. Los límites establecidos para este parámetro son de 0,05 mg/L en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que la concentración registrada en este punto sobrepasa el límite y el agua de estos puntos no podrá ser destinada al consumo humano o uso doméstico. Durante la salida de campo no se registraron actividades antropogénicas en la zona que generen como subproducto este metal o cuyos vertimientos puedan estar aumentando la concentración de plata en el cuerpo de agua, por lo que se infiere que la presencia de la plata en esta fuente hídrica es producto de eventos naturales de

erosión de rocas o el suelo, por acción directa de las lluvias registradas durante la época del monitoreo.

El zinc se reportó en CAP_04 (0,046 mg/L) y CAP_05 (0,523 mg/L). En la reglamentación se presentan límites de 15,0 mg/l, en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 de 2,0 mg/L en el 2.2.3.3.9.5 y de 25,0 mg/L en el 2.2.3.3.9.6, por lo que el recurso puede ser destinado para consumo humano, uso doméstico, pecuario y agrícola. La presencia de este metal en las aguas superficiales evaluadas puede estar asociada, principalmente, con material en suspensión, como consecuencia de la destrucción o intervención de la vegetación nativa riparia que amortigua la llegada de estos materiales al recurso. Otras posibles fuentes de contaminación son las descargas de aguas residuales domésticas y la quema de basuras en las zonas aledañas que, por procesos de escorrentía, propios de la época lluviosa, llevan los residuos hasta los cauces (Hernández, Paternina, & Marrugo, 2020).

La presencia de metales pesados en las fuentes hídricas del país se encuentra asociada a la industria, la actividad agrícola y a la minería. Una vez estos elementos ingresan a los ecosistemas, se inicia un proceso de transformación integral, que incluyen la modificación de suelos, agua y todos los seres vivos del entorno, lo que los convierte en estamentos altamente tóxicos (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020).

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,20 mg/L y <0,05 mg/L, respectivamente. Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

✓ **Temporada Seca**

Con respecto a los resultados de los metales que se encuentran contemplados en el Decreto 1076 de 2015 como selenio, cromo total y hexavalente, cobre, bario, vanadio, zinc, molibdeno, níquel, plata y arsénico reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El mercurio fue registrado en CAP_11, con 0,00276 mg/L, en este punto, el Caño Curimabe, se reportan actividades recreativas, disposición de residuos sólidos y pastoreo de semovientes (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**) que pueden ser vehículo de este metal hasta los sistemas hídricos superficiales y se convierte en una amenaza factible para plantas, animales y seres humanos debido a su alta persistencia, bioacumulación, su naturaleza no biodegradable y su alto potencial toxicológico (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020). La normatividad ambiental vigente, en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 insta límites máximos de 0,002 mg/L, que se superan en el punto relacionado y, por lo tanto, indica que el recurso no podrá ser destinado para el consumo humano o uso doméstico. En el artículo 2.2.3.3.9.6, el límite es de 0.010 mg/L valor que no es superado en el punto que registró presencia de este metal, por lo que la destinación del recurso para uso pecuario es factible.

El cadmio llega a los ecosistemas, entre otros, por acción antrópica que introduce este metal a los ecosistemas a través de la contaminación de suelos agrícolas, desechos de la minería y residuos domésticos e industriales. Niveles bajos de pH, baja dureza, bajas concentraciones de material en suspensión y potencial redox de alta y baja salinidad, son características fisicoquímicas que refuerzan la movilidad del cadmio a través de los ecosistemas acuáticos, adicionalmente cuenta con propiedades de bioacumulación en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces (Rodríguez, 2013).

En los puntos de captación, se reportó presencia de este metal en CAP_11 (0,0102 mg/L) y CAP_13 (0,0111 mg/L), estos puntos tienen en común el aprovechamiento recreacional que hace de sus aguas, actividad que desencadena en la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos dentro y alrededor de los cauces. Los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 establecen un límite de 0,01 mg/L y el 2.2.3.3.9.6 uno de 0,05 mg/L. las concentraciones relacionadas en estos puntos superan los límites para la destinación del recurso a uso doméstico y consumo humano. Sin embargo, son aptos para uso agrícola.

El plomo fue reportado en CAP_11, con una concentración de 0,00107 mg/L y CAP_12, 0,00123 mg/L. Los niveles detectados en los puntos de captación no superan los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 o los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5 para su destinación para consumo humano, uso doméstico y agrícola. El plomo se encuentra clasificado como muy tóxico y de fácil acceso, lo que causa efectos nocivos en la salud humana, en la flora y en la fauna (Arias & Marciales, 2003). A nivel internacional se ha establecido que, en aguas potables, las concentraciones de plomo deben ser "cero", esto, porque resulta tóxico, incluso a niveles bajos de exposición por ser persistente y bio-acumularse en el cuerpo a través del tiempo (EPA.gov, 2021)

El aluminio fue registrado en CAP_12 (1,50 mg/L) y CAP_14 (1,58 mg/L), niveles que no superan los 5,0 mg/L establecidos como límite en los artículos 2.2.3.3.9.5 (Uso agrícola) y 2.2.3.3.9.6 (Uso pecuario). El aluminio en exceso es altamente tóxico, especialmente para las plantas que ven afectado el crecimiento y la formación de las raíces laterales y secundarias, adicionalmente, puede integrarse a las redes tróficas y aumentar su potencial tóxico (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020). La presencia de este metal en CAP_12 y CAP_14 puede estar relacionado con las actividades agrícolas, ganaderas y la presencia de una carretera en las zonas aledañas a estos puntos (Tabla 3.2.5-95)

Las concentraciones de cobalto fueron de 0,00141 mg/L en CAP_12 y 0,00103 mg/L en CAP_14. Ninguno de estos puntos supera la concentración de 0,05 mg/L establecida en el artículo 2.2.3.3.9.5 del decreto 1076 del 2016 como límite para la destinación del recurso para uso agrícola. El cobalto se encuentra de forma natural en rocas y el suelo. Al agua llegan por efecto de la disolución de rocas compuestas por este metal o por procesos de escorrentía producidos por la lluvia que tiene contacto con suelos y rocas con presencia de este metal (D, Dunán, Fernández, Riverón, & Bassas, 2021). La exposición al cobalto en animales a través del agua produce alteraciones de la sangre, el hígado, los riñones, el corazón y los testículos, también se ha reportado alteraciones comportamentales.

El manganeso fue detectado en CAP_02 (0,435 mg/L), este valor supera el límite de 0,2 mg/L instaurado en el Decreto 1076 del 2015 para uso agrícola. La sobreexposición a este elemento tiene efectos neurotóxicos. La llegada a los sistemas hídricos se da a través de los pesticidas usados en la fumigación de los cultivos aledaños a cuerpos de agua (Meza, 2022).

El boro fue detectado en CAP_01, con una concentración de 0,110 mg/L, que no supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario. Es un componente ubicuo, que puede llegar a las aguas superficiales y subterráneas a través del intemperismo de rocas que contienen boro de aguas residuales, cargadas de productos de limpieza y residuos de industrias de pintura, textiles, curtidoras, electrónicas o de escorrentías de origen agrícola. Elevadas concentraciones de boro pueden ser tóxicas para las plantas y generar problemas sanitarios en poblaciones humanas, si son consumidas (Mancilla, Bautista, Ortega, & Ramírez, 2014)

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,500 mg/L y <0,0250 mg/L, respectivamente, en todos los puntos evaluados. Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

✓ **Multitemporal**

Las concentraciones de aluminio, selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, molibdeno, plata y vanadio se mantuvieron por debajo del límite de detección a lo largo de las dos temporadas de monitoreo y, por lo tanto, cumplieron los límites establecidos por el decreto normativo.

Durante la época de lluvias se reportó níquel y cadmio en CAP_01 y CAP_06; arsénico en CAP_02; mercurio en CAP_02 (supera el límite) y CAP_05; manganeso en CAP_04, CAP_06 y CAP_14; boro en CAP_05; CAP_11 y CAP_14; plomo en CAP_02, CAP_04, CAP_05, CAP_07, CAP_08, CAP_10, CAP_11, CAP_12, CAP_13 y CAP_14; plata en CAP_07; zinc se reportó en CAP_04 y CAP_05. Los puntos con mayor cantidad de metales fueron CAP_05 (Boro, mercurio, manganeso, plomo y zinc); CAP_04 (manganeso, plomo, zinc); CAP_14 (manganeso, boro, plomo); CAP_02 (arsénico, mercurio, plomo); CAP_06 (cadmio, manganeso); CAP_11 (boro, plomo) y CAP_07 (plomo, plata).

Para la época seca se registró mercurio en CAP_11 (supera los límites); cadmio en CAP_11 (supera los límites) y CAP_13 (supera los límites), plomo en CAP_11 y CAP_12; aluminio en CAP_12 y CAP_14; cobalto en CAP_12 y CAP_14; manganeso en CAP_02 (supera el límite); boro en CAP_01. Los puntos con mayor cantidad de metales presentes fueron CAP_11 (mercurio, cadmio, plomo), CAP_12 (plomo, aluminio, cobalto) y CAP_14 (aluminio, cobalto), durante esta época se reportaron más concentraciones de metales pesados por encima de los límites establecidos en la normatividad ambiental vigente, situación que puede estar relacionada con la disminución de caudales registrada en esta temporada.

La presencia de metales pesados en el agua se encuentra relacionada con actividades mineras, combustión de combustibles fósiles, de crudo, gasoil excavaciones, las fuentes de tráfico vehicular, quema de basuras, agricultura, uso de fertilizantes, todas estas identificadas en la zona de estudio, esta situación trae como consecuencia el aumento en los niveles de contaminación de las aguas por metales pesados y el deterioro en su calidad. Altas concentraciones de los metales pesados alteran la fisiología y diferentes procesos bioquímicos en animales y humanos, produciendo diferentes patologías, con efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte (Pabón, Benítez, Sarría, & Gallo, 2020).

➤ **Compuestos Orgánicos Volátiles BTEX**

Pertencen a un grupo de compuestos orgánicos volátiles de la familia de los hidrocarburos aromáticos que, a temperatura ambiente se encuentran en forma de vapor y son insolubles en agua, pero altamente solubles en otras sustancias. Este tipo de sustancias pueden tener orígenes artificiales o naturales, como incendios forestales o emisiones volcánicas. La combustión de hidrocarburos es una importante fuente de emisión de este tipo de compuestos. El humo de tabaco es la principal fuente de contaminación por benceno en los ambientes destinados para fumadores (Lacasaña, González, Rodríguez, & Daponte, 2008).

✓ **Temporada Lluviosa**

Para estos compuestos, que integran las mediciones de benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, las concentraciones se ubicaron por debajo de los 0,005 mg/L, límite de la técnica de detección empelada por el laboratorio, en la totalidad de los puntos evaluados de ocupación de cauce, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de desarrollo del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias, cuya fuente principal son las emisiones generadas a partir de la combustión de hidrocarburos.

✓ **Temporada Seca**

Las sustancias, benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, que conforman la medición de los compuestos orgánicos volátiles BTEX, reportaron concentraciones <0,0100 mg/L en la totalidad de puntos valorados. Estos resultados permiten afirmar que las fuentes agrupadas en las Captaciones no están siendo afectadas por actividades relacionadas con la combustión de hidrocarburos.

✓ **Multitemporal**

El comportamiento de este parámetro no presenta variaciones significativas a lo largo de la época de monitoreo, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de influencia del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias.

➤ **Hierro y Color**

✓ **Temporada Lluviosa**

Para el hierro se registraron concentraciones entre indetectables (<0,100 mg/L) en CAP_08 y CAP_09 y 0,814 mg/L. Los niveles más altos fueron detectados en CAP_02 (0,718 mg/L) y CAP_13 (0,814 mg/L) (**Figura 3.2.5-36**). Los niveles de hierro detectados en estas aguas superan los 0,05 mg/L recomendados para evitar problemas de gusto, color, precipitado y manchas sobre la ropa (Rodier, Análisis del Agua, 2009), sin embargo, en ningún punto se superan los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que es recurso contenido en estos cauces puede ser empleado en actividades relacionadas con la agricultura.

El color solo fue detectado en CAP_04 (5,4 UPC); CAP_01 (12,5 UPC); CAP_06 (20,1 UPC) y CAP_09 (42,1 UPC) (**Figura 3.2.5-36**). Con respecto a la normatividad, se tiene que los puntos CAP_06 y CAP_09 superan el límite de 20 UPC del artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de sus cauces no podrá ser destinado a consumo humano o uso doméstico. Ninguno de las fuentes hídricas evaluadas supera los 70 UPC instaurados como límite para la destinación del recurso a uso agrícola.

✓ **Temporada Seca**

Las concentraciones de hierro se ubicaron dentro del rango de los 0,488 mg/L y los 3,01 mg/L. Los niveles más altos fueron registrados en CAP_01 (2,43 mg/L) y CAP_12 (3,01 mg/L). En el Caño el Caibe (CAP_01), se reportó presencia de material vegetal (troncos, hojas y ramas) y vertimientos sobre el cauce, así como también pastoreo de ganado bovino (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Cadenas de Custodia y Formatos de Campo**). Salvo la concentración registrada en CAP_04 (0,488 mg/L), todos los valores superan los 0,05 mg/L recomendados por Rodier (2009), para evitar inconvenientes relacionados con el gusto, color, precipitados y manchas sobre la ropa. Con respecto a la normatividad ambiental vigente, ninguno de los niveles detectados de hierro, en el recurso hídrico de los sistemas agrupados para las captaciones, supera los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el agua de estos cauces podrá ser destinado al uso agrícola (**Figura 3.2.5-36**).

El Color osciló entre los 9,29 UPC y las 32,1 UPC, con los registros más altos en CAP_06 y CAP_11 (32,1 UPC). Estos puntos y CAP_09 (22,1 UPC); CAP_02 (25,0 UPC); CAP-14 (27,9 UPC); CAP_13 (28,6 UPC); CAP_01 (30,0 UPC); CAP_07 (31,4 UPC) superan el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (20 UPC), en lo referente a los criterios de calidad para consumo humano y uso doméstico, por lo que el recurso deberá someterse a proceso de desinfección previo a destinarlo a

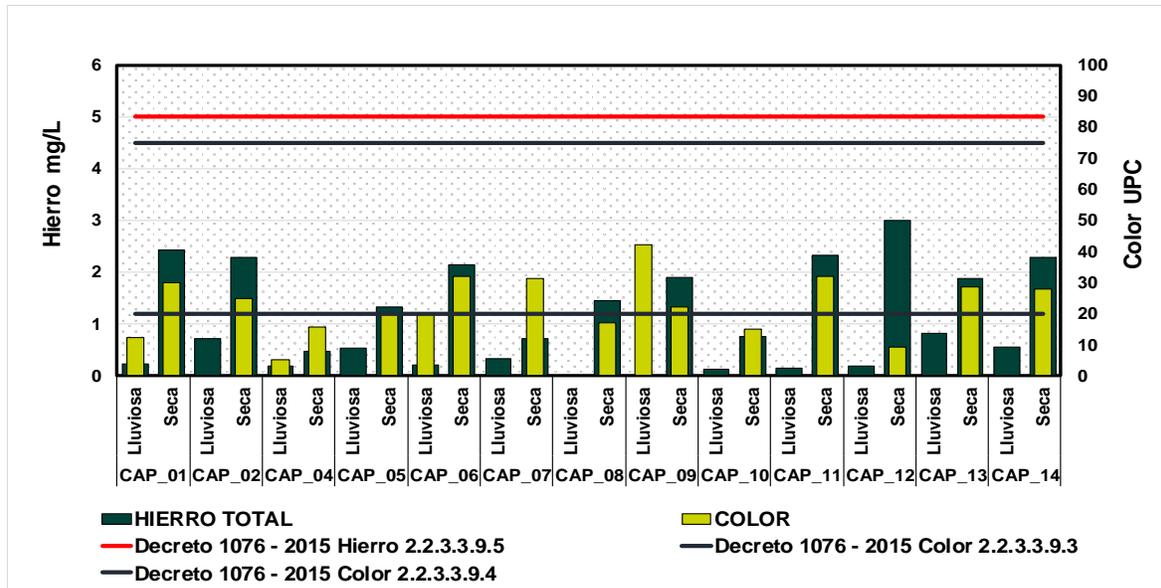
estos usos. Sin embargo, todos los puntos se encuentran por debajo de los 70 UPC dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso de los cauces de Captaciones es apto para uso agrícola (Figura 3.2.5-36).

✓ **Multitemporal**

El promedio del Hierro para la temporada de lluvias fue de 0,37 mg/L, en comparación con 1,77 mg/L de la temporada seca, mostrando un incremento durante esta última, asociado a la disminución de los caudales y la constancia de las presiones antrópicas sobre los sistemas hídricos. La presencia de este elemento puede estar asociado al lavado de las rocas por parte de las aguas que discurren por estos cauces o a las actividades antrópicas indicadas para las zonas aledañas a estos ecosistemas, como la descarga de aguas residuales, acumulación de basuras, presencia de materia orgánica en descomposición y tránsito animal y vehicular (Tabla 3.2.5-95). A pesar de que las concentraciones reportadas, no conllevan a efectos perjudiciales sobre la salud, si generan detrimento de la estética del recurso que puede provocar rechazo por parte del usuario final (Corpoguavio, 2012).

El promedio del color para la primera época fue de 6,16 UPC, con reporte solo en un punto, mientras que, para la segunda campaña, el color fue registrado en todos los puntos, con un promedio de 23,56 UPC. Con un evidente incremento del parámetro durante la temporada seca, lo que es indicio de la asociación con las afectaciones de origen antrópico, ya descritas en el párrafo anterior y que aumentan la cantidad de materia orgánica, de origen animal y vegetal, en proceso de descomposición.

Figura 3.2.5-36 Hierro y Color en Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Macronutrientes**

✓ **Temporada Lluviosa**

Las concentraciones registradas para el calcio oscilaron entre los 0,117 mg/L y 5,5 mg/L. Los mayores valores reportados fueron detectados en CAP_08 (5,5 mg/L) y CAP_13 (3,77 mg/L). Para

el potasio, los reportes oscilaron entre los indetectables (CAP_02; CAP_11; CAP_12) y los 0,684 mg/L en CAP_05, seguido por CAP_09, con 0,644 mg/L. El rango para el sodio estuvo entre los indetectables (CAP_01; CAP_02; CAP_06; CAP_07; CAP_10; CAP_12 y CAP_14) y 4,27 mg/L (CAP_04), seguido por CAP_13 (4,02 mg/L). Las concentraciones de magnesio se ubicaron dentro de los 0,271 mg/L y 2,07 mg/L, con los máximos en CAP_08 (2,07 mg/L) y CAP_05 (1,27 mg/L) (**Figura 3.2.5-37**). Las concentraciones de estos elementos en las aguas evaluadas no refieren indicios de contaminación por descargas o vertimientos, son productos de las condiciones geológicas de las zonas por las que discurren estas aguas.

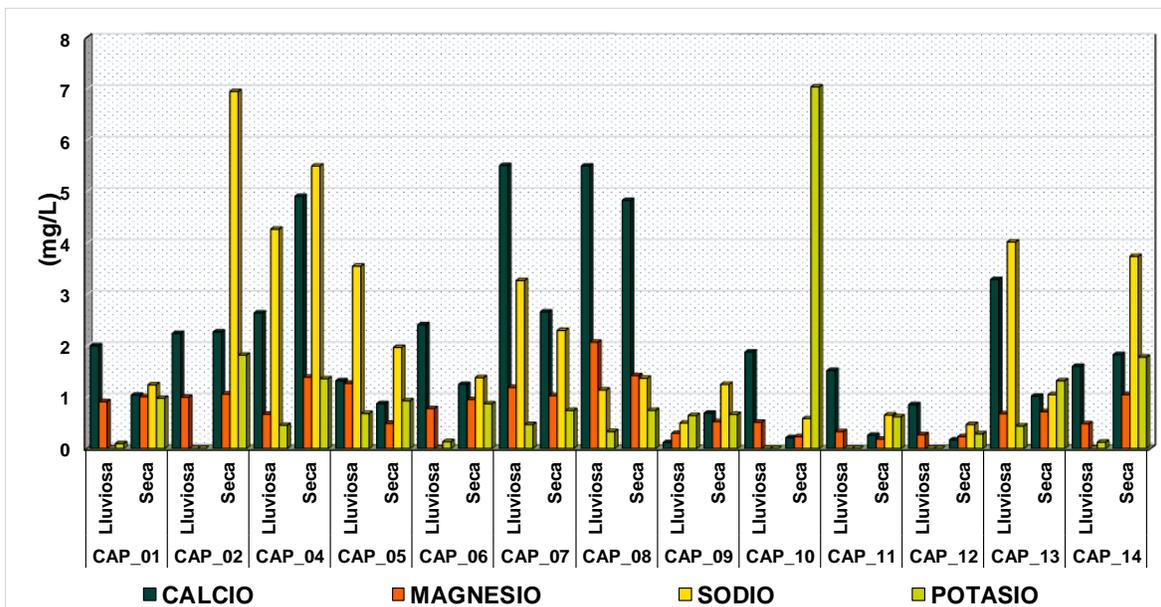
✓ **Temporada Seca**

Los niveles de calcio se movieron entre 0,169 mg/L y 4,91 mg/L, con los niveles más altos en CAP_08 (4,83 mg/L) y CAP_04 (4,91 mg/L). El potasio reportó concentraciones entre 0,287 mg/L y 7,04 mg/L, con los máximos en CAP_02 (1,82 mg/L) y CAP_10 (7,04 mg/L). Para el sodio los niveles variaron entre 0,469 mg/L y 6,95 mg/L. Los sistemas hídricos con más cantidad de sodio por litro fueron CAP_04 (5,50 mg/L) y CAP_02 (6,95 mg/L). El magnesio osciló entre los 0,183 mg/L y 1,42 mg/L, con los picos más altos en CAP_04 (1,39 mg/L) y CAP_08 (1,42 mg/L) (**Figura 3.2.5-37**). Los puntos CAP_04 y CAP_08 se consolidaron como los puntos con mayor carga de todos los nutrientes, asociado a las actividades ganaderas, agrícolas y residenciales reportadas en estos cuerpos acuáticos, caracterizados por los bajos niveles de agua registrados durante esta temporada.

✓ **Multitemporal**

Los promedios obtenidos durante la temporada de lluvias, para el calcio, potasio, sodio y magnesio fueron de 2,37 mg/L, 0,37 mg/L, 2,79 mg/L y 0,80 mg/l, respectivamente. Estos valores, para la temporada seca fueron de 1,69 mg/L, 1,43 mg/L, 2,18 mg/L y 0,79 mg/L. El comportamiento de estos elementos puede estar relacionado con la disminución de los caudales y la llegada continua de partículas y descargas a los sistemas hídricos provenientes de las actividades antrópicas registradas en las áreas circundantes.

Figura 3.2.5-37 Macronutrientes en Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Cianuro**

Es un gas incoloro o en forma de cristal, potencialmente letal. Su llegada a los cuerpos de agua superficial está asociada a procesos de lixiviación producto de actividades mineras (separación de metales) y genera perjuicios en la salud y en el ambiente (Raffo & Ruíz, 2014).

✓ **Temporada Lluviosa**

Los niveles de cianuro en los puntos de captación se ubicaron por debajo del límite de detección (<0,10 mg/L), en la totalidad de cauces evaluados.

✓ **Temporada Seca**

Las concentraciones de cianuro, reportadas para la época seca, fueron inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada (<0,0100 mg/L) en la totalidad de los puntos y, al no superar los 0,2 mg/L dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, referentes a la destinación del recurso para uso doméstico y consumo humano, el recurso de estos afluentes no representa riesgo para su uso en este tipo de actividades.

✓ **Multitemporal**

A lo largo del tiempo en el que fueron monitoreadas las aguas de las Captaciones del Área de Desarrollo Llanos 141, no fueron detectadas variaciones en las concentraciones de Cianuro, a pesar de la diferencia en el límite de cuantificación de las técnicas empleadas en las diferentes épocas climáticas. Ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L estipulado como límite permisible máximo para este parámetro, por lo que se descartan afectaciones a los ecosistemas acuáticos y se establece que, con respecto al cianuro, el recurso cumple con la normativa y puede ser usado a nivel doméstico y para consumo humano.

➤ **Fluoruros**

Los fluoruros llegan a las aguas por procesos de disolución posteriores a la percolación del agua por los suelos, las concentraciones de este ion pueden aumentar en presencia de otros elementos como el cesio, litio, color, y bromo. Este es un parámetro determinante en la calidad del agua al ser considerado como potencialmente dañino para la salud humana, puesto que la exposición a cantidades mayores a 1 ppm puede desencadenar falla renal, cáncer, afectación del desarrollo cerebral, disminución de coeficiente intelectual en escolares y fluorosis dental y esquelética (Galicia, Molina, Oropeza, Gaona, & Juárez, 2011).

✓ **Temporada Lluviosa**

Los valores detectados en los puntos de captación del área de desarrollo del proyecto, fueron <0,66 mg/L en la totalidad de cuerpos de agua evaluados, por lo que se estima que las aguas no contienen concentraciones de fluoruros que puedan ser perjudiciales para los usos del recurso detectados para la zona de estudio.

✓ **Temporada Seca**

Los fluoruros se ubicaron por debajo de los límites de detección, <0,1 mg/L, en todos los cauces evaluados para las Captaciones, por lo que se concluye que este tipo de compuestos no están causando afectaciones sobre el recurso.

A. Multitemporal

Las concentraciones de fluoruros no variaron entre temporada y temporada, por lo que el aumento o disminución del caudal no estaría interfiriendo en el comportamiento de estos compuestos. Al ser indetectables durante las dos temporadas, es posible afirmar que las aguas de estos cauces no superan el 1,00 ppm establecidas por la normativa como concentración máxima y que, por lo tanto, su uso y consumo no generarían afectaciones en la salud humana.

➤ Coliformes fecales y Coliformes totales

✓ Temporada Lluviosa

Las concentraciones detectadas para los coliformes fecales se ubicaron por debajo del límite de detección ($<1,0$ NMP/100mL) en CAP_01; CAP_07 y CAP_12, hasta los 310 NMP/100mL, con las concentraciones microbiológicas más altas en CAP_14 y CAP_10 (203 NMP/100mL). Ninguno de los dos últimos puntos supera los 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que estas aguas son aptas para uso agrícola. Tampoco sobrepasan los 2000 NMP/100mL, del artículo 2.2.3.3.9.3, por lo que el recurso de todos estos puntos puede destinarse para uso doméstico o consumo humano.

Los reportes de coliformes totales oscilaron entre los 19 NMP/mL y 3968 NMP/mL. Los valores más altos fueron detectados en CAP_06 (2142NMP/100mL); CAP_09 (3968 NMP/100mL) (**Figura 3.2.5-38**). La comparación normativa indica que los puntos CAP_07 (1017 NMP/100mL); CAP_02 (1046 NMP/100mL); CAP_06 (2142 NMP/100mL); CAP_09 (3968 NMP/mL); CAP_14 (1550 NMP/100mL) superan los límites de 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4 por lo que estas aguas no pueden destinarse a consumo humano o uso doméstico sin previa desinfección. Con referencia al artículo 2.2.3.3.9.5, ninguno de los puntos supera los 5000 NMP/100mL, por lo que cumplen con los criterios de calidad para uso agrícola. Los puntos que superan las concentraciones para uso doméstico y consumo humano reportan presencia de ganado, presencia de residuos sólidos y descargas (en el punto con niveles máximos). El punto CAP_04 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

✓ Temporada Seca

Los niveles de coliformes fecales se ubicaron dentro de un rango entre los 35,0 NMP/100mL y 635,0 NMP/100mL. Los puntos con mayor concentración de estos microorganismos fueron CAP_11 (612 NMP/100mL) y CAP_04 (635 NMP/100mL). En el primer punto relacionado se registraron actividades recreativas, disposición de residuos sólidos y presencia de ganado. En CAP_04 hubo actividades agrícolas y paso animal sobre el cauce. Todas las concentraciones reportadas se ubicaron por debajo de los 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5 y los 2000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.3, por lo que estas aguas pueden ser destinadas a consumo humano, uso doméstico y agrícola posterior a la desinfección de las aguas.

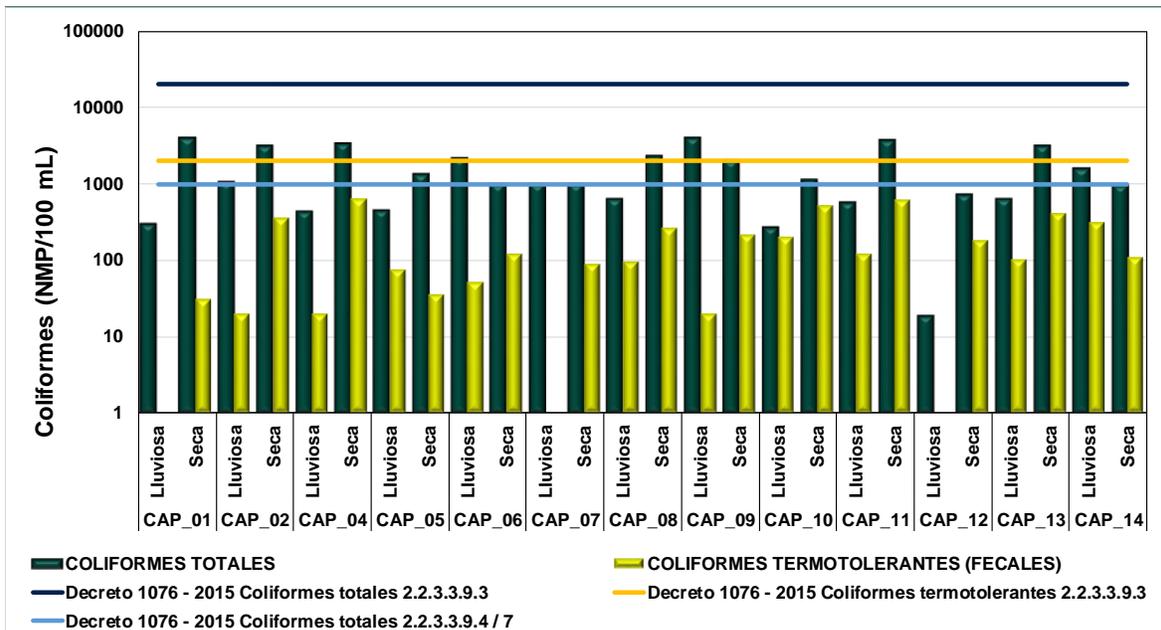
Los coliformes totales reportaron concentraciones entre los 712 NMP/100mL y los 11120 NMP/100mL, con los niveles máximos en CAP_01 (3873 NMP/100mL) y CAP_10 (11120 NMP/100mL). En CAP_10 se reportó presencia de materia orgánica en descomposición en algunos tramos del caño, asentamientos humanos y cultivos de palma. En CAP_01 se observó la presencia de hojas, troncos y ramas dentro del agua, así como también ganado bebiendo directamente de la fuente y descargas. Con excepción de los puntos CAP_06 (984 NMP/100mL); CAP_07 (980 NMP/100mL); CAP_12 (712 NMP/100mL); CAP_14 (934 NMP/100mL), los puntos restantes superan los 1000NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4, situación que impide la destinación del recurso de estos

cauces para el uso doméstico y consumo humano. Adicionalmente CAP_10 supera los 5000 NMP/100mL establecidos en el 2.2.3.3.9.5, por lo que también se restringe su uso en actividades agrícolas (**Figura 3.2.5-38**). El punto CAP_04 se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución PS-GJ1.2.6.20.0933, por lo que el recurso puede destinarse a usos agrícolas

✓ **Multitemporal**

En la temporada de lluvias, los promedios obtenidos para los coliformes fecales y totales, fueron de 101,6 NMP/100mL y 995,30 NMP/100mL y en temporada seca de 295,78NMP/100mL y 2864 NMP/100mL. Resultados que muestran un incremento durante la última campaña, relacionado con la disminución de los caudales y las descargas de origen antrópico, en especial en los cauces que se encuentran bajo la influencia de asentamientos humanos que son los principales generadores de descargas, de origen doméstico e industrial, ricas en compuestos orgánicos que actúan como vehículo de microorganismos alóctonos. Este fenómeno es consecuencia directa del manejo inadecuado de los desechos líquidos y sólidos que tienen un impacto negativo a nivel ambiental, económico y social (Ramos, Vidal, Vilardy, & Saavedra, 2008).

Figura 3.2.5-38 Coliformes fecales y totales en Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.3.2 Índices de Calidad y Contaminación puntos de Captación

✓ **Temporada Lluviosa**

En la **Tabla 3.2.5-125** se presenta la asignación de los valores del ICA para las corrientes evaluadas. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.5** Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables).

Tabla 3.2.5-125 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Captación. Temporada Lluviosa

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua
CAP_01	0,78	Aceptable
CAP_02	0,83	
CAP_04	0,88	
CAP_05	0,92	Buena
CAP_06	0,75	Aceptable
CAP_07	0,85	
CAP_08	0,90	
CAP_09	0,97	Buena
CAP_10	0,87	Aceptable
CAP_11	0,90	
CAP_12	0,81	
CAP_13	0,80	
CAP_14	0,88	

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Los puntos de captación reportaron *Calidad Buena* en CAP_05 y CAP_09 y *Calidad Aceptable* en los puntos CAP_01; CAP_02; CAP_04; CAP_06; CAP_07; CAP_08; CAP_10; CAP_11; CAP_12; CAP_13; CAP_14. En estos últimos puntos se reportaron los puntos más altos de DQO y sólidos suspendidos y más bajos de oxígeno, con pH, en su mayoría ácidos. Los impactos sobre estas corrientes fueron descargas, pastoreo, ganadería, vías, agricultura, perturbación en la vegetación riparia, captación, actividades de recreación y presencia de residuos sólidos.

✓ **Temporada Seca**

En la **Tabla 3.2.5-126** se presenta la asignación de los valores del ICA para las corrientes evaluadas. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.5** Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables).

Tabla 3.2.5-126 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Captación. Temporada Seca

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua
CAP_01	0,81	Aceptable
CAP_02	0,72	
CAP_04	0,80	
CAP_05	0,79	
CAP_06	0,80	
CAP_07	0,74	
CAP_08	0,83	Buena
CAP_09	0,99	
CAP_10	0,76	Aceptable
CAP_11	0,76	
CAP_12	0,78	
CAP_13	0,75	
CAP_14	0,77	

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

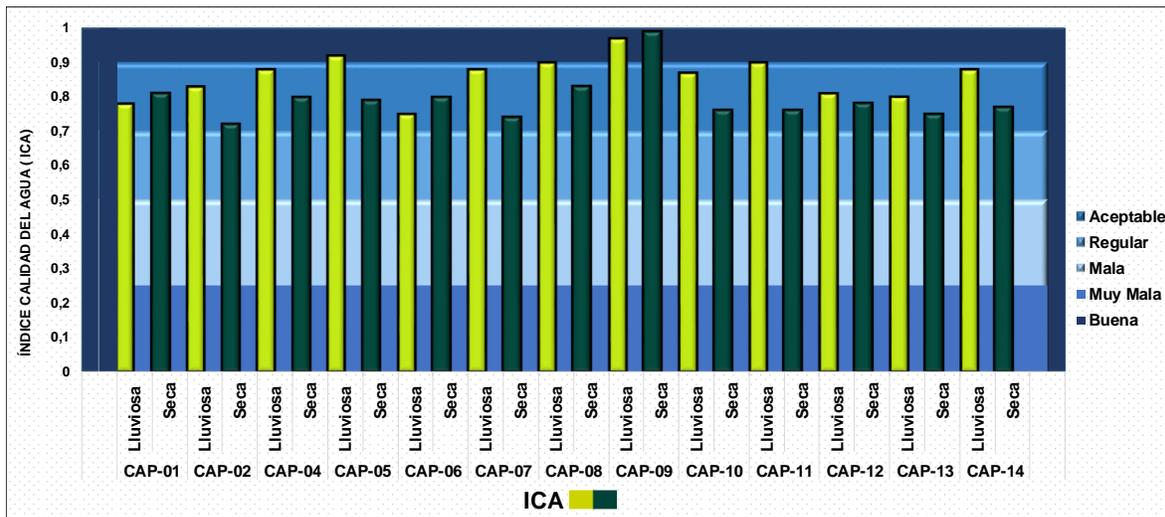
Los puntos de Captación reportaron índices de calidad *Aceptable* en la mayoría de puntos, exceptuando CAP_09 que calificó como sistema hídrico de calidad *Buena*. Estos resultados se deben a las bajas concentraciones de DQO, niveles indetectables de SST y niveles de oxígeno de 6,89

mg/L, en promedio. Adicionalmente, a pesar de que fueron reportadas pérdidas de caudal, ningún ecosistema presentó aguas sin flujo base de corriente.

✓ **Multitemporal**

La comparación entre los índices de calidad de agua obtenidos en cada una de las temporadas arrojó los siguientes resultados: CAP_09 mantuvo calidad buena; CAP_01, CAP_02, CAP_04, CAP_06, CAP_07, CAP_08, CAP_10, CAP_11, CAP_12, CAP_13 y CAP_14 reportaron estabilidad en calidad aceptable y solo CAP_05 disminuyó su calidad, al pasar de buena a aceptable, atribuido a un incremento en los niveles de DQO y, por ende una disminución en la concentración de oxígeno, aumento en el pH y en la conductividad. El detrimento en la calidad de los cauces destinados para la captación se hace evidente con la comparación de los promedios de ICA, en la temporada lluviosa fue de 0,85, mientras que para la seca fue de 0,79, aunque en términos generales, las aguas califican como de *Calidad Aceptable* (Figura 3.2.5-39).

Figura 3.2.5-39 Índice de Calidad –ICA. Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Índices de Contaminación (ICO's)**

✓ **Temporada Lluviosa**

El comportamiento de los índices de contaminación se presenta en la **Figura 3.2.5-40**. La **Tabla 3.2.5-127** indica que CAP_04; CAP_05; CAP_11; CAP_12 y CAP_13 presentaron *Contaminación muy baja* por presencia de materia orgánica. Los puntos CAP_01; CAP_02; CAP_07 y CAP_08 reportan *Contaminación baja*; CAP_06; CAP_10 y CAP_14 clasificaron como sistemas hídricos con *contaminación media*. Dentro de estos puntos, las mayores concentraciones de coliformes totales se presentaron en CAP_02, punto que también reportó el menor porcentaje de oxígeno, con 70,25% (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.1 Reporte de Resultados Fisicoquímicos**). Los porcentajes de saturación de este grupo de cursos hídricos se ubicaron por debajo del 100%, lo que indica que no cuentan con buena capacidad de aireación (Ramírez & Viña, 1998), relacionada con los impactos sobre la corriente, mencionados en la sección anterior (**Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.5 Calidad agua, Anexo 3.2.5.2 Formatos de Campo y Cadenas de Custodia**). Por último, el punto CAP_09, que, con

contaminación alta, se presenta como un punto receptor de descargas y con la mayor carga microbiológica del grupo, en cuanto a coliformes totales se refiere.

Tabla 3.2.5-127 Índice de Contaminación-ICO's. Captaciones. Temporada Lluviosa

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
CAP_01	0,28	0,02	0,03	0,05
CAP_02	0,28	0,01	0,00	0,14
CAP_04	0,10	0,06	0,02	0,13
CAP_05	0,13	0,01	0,00	0,08
CAP_06	0,44	0,01	0,05	0,08
CAP_07	0,24	0,01	0,00	0,114
CAP_08	0,20	0,04	0,00	0,06
CAP_09	0,62	0,01	0,02	0,06
CAP_10	0,43	0,00	0,04	0,30
CAP_11	0,16	0,01	0,00	0,05
CAP_12	0,15	0,00	0,00	0,08
CAP_13	0,17	0,02	0,21	0,19
CAP_14	0,54	0,02	0,08	0,09

Colores Indicativos para ICOMO, ICOMI e ICOSUS: Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Los índices de contaminación por mineralización marcaron en niveles muy bajos en todos los puntos de Captación, siendo posible indicar que los cationes y aniones que determinan la dureza, alcalinidad y conductividad de estas aguas no generan afectación a estos ecosistemas. El ICOSUS, registró niveles muy bajos de contaminación en todos los puntos, salvo en CAP_13, en el que se reportó una *Contaminación baja* por sólidos suspendidos, al ser el punto con mayor nivel para este parámetro, con ganadería, paso peatonal y vehicular y personas bañando en el sistema hídrico, como impactos identificados sobre esta corriente, actividades directamente relacionadas con el incremento de material en suspensión. El ICOTRO indica que estos sistemas se encuentran en estado eutrófico.

✓ **Temporada Seca**

El comportamiento de los índices de contaminación se presenta en la **Figura 3.2.5-40**. La **Tabla 3.2.5-128** indica que ocho puntos reportan *Contaminación baja* por presencia de materia orgánica: CAP_01 (0,38); CAP_05 (0,29); CAP_06 (0,25); CAP_09 (0,29); CAP_11 (0,37); CAP_12 (0,30); CAP_13 (0,33) y CAP_14 (0,27). Tres puntos calificaron con *contaminación media*: CAP_02 (0,49); CAP_07 (0,56) y CAP_10 (0,44). En CAP_02 se observó presencia de excrementos bovinos en la fuente hídrica; en CAP_07 se reportó ganado y en CAP_10 se presentó materia orgánica en descomposición en algunos tramos, asentamientos humanos y cultivos de palma. Dos puntos obtuvieron calificación de *contaminación alta*: CAP_04 (0,66) y CAP_08 (0,63). En CAP_04 el paso constante de animales sobre el cauce puede ser el principal aportante de materia orgánica y en CAP_08, la ganadería, la agricultura y la presencia de residencias domésticas se postulan como las fuentes emisoras de este tipo de compuestos orgánicos.

Tabla 3.2.5-128 Índice de Contaminación-ICO's. Captaciones. Temporada Seca

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
CAP_01	0,38	0,01	0,01	0,07
CAP_02	0,49	0,01	0,01	0,07
CAP_04	0,66	0,08	0,01	0,14

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
CAP_05	0,29	0,05	0,01	0,07
CAP_06	0,25	0,05	0,01	0,07
CAP_07	0,56	0,06	0,01	0,07
CAP_08	0,63	0,05	0,01	0,07
CAP_09	0,29	0,01	0,01	0,07
CAP_10	0,44	0,01	0,01	0,07
CAP_11	0,37	0,01	0,01	0,07
CAP_12	0,30	0,00	0,01	0,07
CAP_13	0,33	0,08	0,01	0,07
CAP_14	0,27	0,08	0,01	0,12

Colores Indicativos para ICOMO, ICOMI e ICOSUS: Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

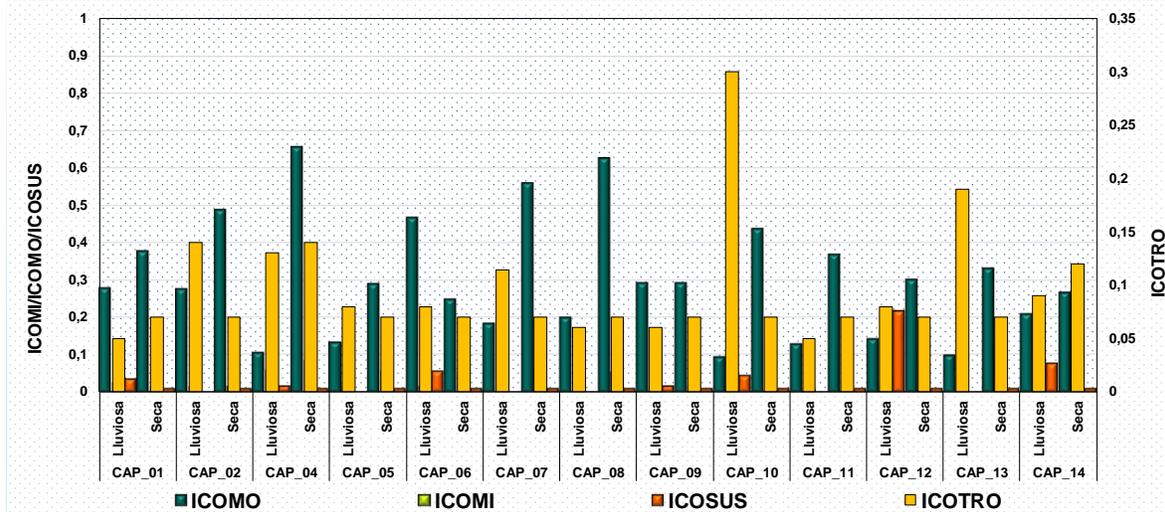
Los índices de contaminación por mineralización indicaron *contaminación muy baja*, lo que indica que los cationes y aniones que determinan la dureza, alcalinidad y conductividad de estas aguas no generan afectación a estos ecosistemas. Con relación al ICOSUS y, en respuesta a las concentraciones indetectables de este parámetro, todos los sistemas destinados a la captación registraron *contaminación muy baja* por presencia de sólidos suspendidos. El ICOTRO indicó que todos los sistemas hídricos de este grupo cuentan con condiciones de Eutrofia.

De manera general, es posible indicar que los sistemas hídricos evaluados presentan contaminación baja, en la mayoría de los puntos, sin embargo, se reportan fuentes hídricas con contaminación media y alta por presencia de materia orgánica. Todos los cauces estudiados calificaron como sistemas hídricos con contaminación muy baja por mineralización y sólidos suspendidos, así como también calificaron como cuerpos de agua eutróficos. los cationes y aniones que determinan la dureza, alcalinidad y conductividad de estas aguas no generan afectación a estos ecosistemas.

✓ **Multitemporal**

En la **Figura 3.2.5-40** se presenta la tendencia de los ICO a lo largo de las dos temporadas evaluadas. Con referencia al ICOMO se estableció que los puntos CAP_01 y CAP_10 mantuvieron sus índices de contaminación por materia orgánica en bajo y medio, respectivamente. Otros puntos reportaron una mejora en este índice, CAP_06 y CAP_14 pasaron de contaminación media a baja y CAP_09 paso de tener una contaminación alta a una baja, durante la segunda campaña evaluada. Por último, los cuerpos que reportaron un detrimento en sus niveles de contaminación fueron CAP_08, de bajo a alto; CAP_04, de muy bajo a alto; CAP_02 y CAP_07, de bajo a medio y, los que menos cambio reportaron fueron CAP_05, CAP_11, CAP_13 y CAP_13 que pasaron de muy baja a baja. El punto con la variación más remarcada fue CAP_04 asociado con un incremento en la concentración de coliformes totales (428 NMP/100mL en lluvias y 3255 NMP/100mL en seca) relacionado con la presencia de asentamientos humanos y materia orgánica en descomposición en el punto. El ICOMI se mantuvo estable en niveles muy bajos de contaminación en la totalidad de los puntos. El ICOSUS se ubicaron en niveles muy bajos a lo largo de todo el monitoreo y CAP_13 mejoró de bajo a muy bajo. El ICOTRO no mostró variaciones significativas entre las dos temporadas evaluadas, con un promedio de 0,10 en temporada lluviosa y otro de 0,079 en temporada seca, lo que indica que las concentraciones de fósforo no se encuentran bajo la influencia de la época hidroclimática.

Figura 3.2.5-40 Índice de Contaminación. Captaciones. Multitemporal



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.3.3 Conclusiones

- Durante la época seca se presentó una disminución de los caudales. La disminución de caudales durante el mes de febrero pudo verse intensificada por los niveles de precipitación por debajo de lo normal que fueron registrados en la zona como consecuencia de la influencia del Fenómeno de la Niña y las perturbaciones de la escala intra-estacional, que rigieron durante este mes.
- La temperatura no registró variaciones significativas a lo largo de las temporadas evaluadas. El promedio durante la época de lluvias fue de 25,48°C y el de la época seca fue de 26,49°C. La amplitud para la temporada de lluvias fue de 4°C y en la seca fue de 6°C. La amplitud de las oscilaciones entre período seco y de lluvias, no supera los 2°C Las variaciones en temperatura se encuentran asociadas a las condiciones climatológicas de la zona y morfología de los sistemas hídricos evaluados que, durante los meses de muestreo, estuvieron influenciados por las condiciones climáticas y oceanográficas de La Niña, descartando impactos térmicos sobre el recurso.
- Los registros de oxígeno permanecieron estables a lo largo del monitoreo, con un promedio de 6,90 mg/L en lluvias y de 6,89 en seca. Sin embargo, durante la última temporada, el mínimo registrado se ubicó por debajo de los mínimos vitales, situación que no fue registrada durante la época de lluvias. El comportamiento de este parámetro coincide con el de la temperatura, que tampoco registró oscilaciones inter-temporales significativas.
- La ponderación del pH en temporada de lluvias fue de 6,60 unidades y la de la temporada seca fue de 7,17 unidades. El agua de estos cauces fue ligeramente más ácida durante la época de lluvias, con una variación inter-estacional de 0,57 unidades indicando estabilidad en el comportamiento de esta variable.
- La conductividad fue comparativamente más alta durante la temporada seca (51,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que durante la temporada lluviosa (29,76 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Los sólidos disueltos obtuvieron ponderaciones de 4,63 mg/L en época de lluvias y de 29,53 mg/L en época seca, indicando una tendencia creciente durante esta última, correspondiendo al comportamiento de la conductividad y ratificando una relación directa entre estos dos parámetros. La alta cantidad de sólidos disueltos durante la temporada seca obedece a la disminución de los caudales y al efecto de agentes externos que funcionan como aportantes de iones que contribuyen al alza de la conductividad, tales como la llegada de material a los cauces por la deforestación y el tránsito de vehículos y animales en estos puntos

- Los parámetros organolépticos del Olor y el Sabor no sufrieron cambios a lo largo de las temporadas evaluadas, presentando condiciones de Sin Sabor, Inodoros y Aceptables en la totalidad de las fuentes hídricas valoradas.
- Las concentraciones de cloruros se mantuvieron bajo los límites de detección durante las dos épocas evaluadas, lo que indica que el uso del recurso de las cuencas destinadas para captación, en cuanto a este parámetro, no representa riesgos para el uso doméstico o consumo humano
- Las concentraciones detectadas durante el tiempo seco (promedio: 2,29 mg/L) fueron significativamente más altas que las de la época de lluvias (promedio: 0,50 mg/L), situación explicada por las disminuciones en los caudales que generan incremento en las concentraciones de sales en todas las corrientes hídricas. Los valores registrados no superaron los límites normativos, por lo que el recurso es recomendable para su uso doméstico y consumo humano, de acuerdo con lo registrado en el Decreto 1076 del 2015.
- Los promedios de SST para las temporadas lluviosa y seca fueron de 15,23 mg/L e indetectables, respectivamente. La turbiedad tuvo ponderados de 0,33 UJT y 0,29 UJT, para cada época. Para los sólidos totales, el promedio para lluvias fue de 28,61 mg/L y para seca de 33,38 mg/L. El incremento leve de la concentración de SST y turbiedad, durante la primera época está relacionado con que la lluvia funciona como un factor ambiental que tiene un efecto directo sobre la concentración de sólidos suspendidos y la turbiedad esto, debido a que, por escorrentía, la lluvia arrastra sedimentos desde los suelos cercanos y además induce la mezcla dentro de la fuente hídrica, produciendo la re-suspensión de partículas que ya se habían sedimentado.
- El promedio de DBO₅ lluvioso fue más alto que durante la temporada seca. El promedio de la DQO en temporada de lluvias fue de 21,77 mg/L y durante la seca de 8,00 mg/L, El COT tuvo un promedio de 2,61mg/L en lluvias e indetectable (<5,0 mg/L) durante la seca. A pesar de las diferencias de sensibilidad de las pruebas que se aplicaron en las diferentes temporadas, los reportes más altos de estos tres parámetros, durante la temporada de precipitaciones, se explica mediante el hecho de que las lluvias funcionan como vehículos de carga de materia orgánica que por procesos de escorrentía y de arrastre aceleran la llegada de dicho material a los cuerpos de agua.
- La primera campaña arrojó promedios de alcalinidad, acidez y bicarbonatos de 9,4 mg/L, 10,2 mg/L y 9,4 mg/L; los de la temporada seca fueron 8,57 mg/L, 4,40 mg/L y 8,57 mg/L, respectivamente. Estos registros muestran valores más bajos en la temporada seca del monitoreo. Este comportamiento puede estar relacionado con procesos exógenos a las corrientes de agua que pueden alterar estos parámetros, dentro de los que se destacan la actividad agrícola que, por procesos de descargas de agro-fertilizantes puede modificar la cantidad de sales y, en consecuencia, la alcalinidad, acidez y cantidad de bicarbonatos.
- La diferencia entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas para el cálculo de la dureza cálcica no permitió la comparación de los resultados inter-estacionales. Por su parte los promedios de dureza total, para cada temporada fueron de 5,36 mg/L (Lluviosa) y 8,24 mg/L (seca), valores comparables por contar con el mismo límite de cuantificación (<5,0 mg/L) e indican mayores durezas durante la temporada seca, comportamiento asociado con la disminución de los caudales que genera una pérdida de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos que genera un incremento en la concentración de iones presentes y, a su vez, en los niveles de dureza.
- El nitrógeno amoniacal permaneció por debajo de los niveles de detección durante las dos temporadas de monitoreo. Sin embargo, la diferencia en la sensibilidad de las técnicas aplicadas durante las dos épocas, no permite la comparación directa de los resultados obtenidos, al ser más sensible la de la primera época, con <0,5 mg/L y <1,0 mg/L, respectivamente.
- El nitrógeno orgánico se mantuvo indetectable en todos los puntos en todas las temporadas, exceptuando a CAP_10 en temporada lluviosa. Los niveles de nitrógeno total fueron más altos durante la época de lluvias, en comparación con los de la temporada seca, sin embargo, en términos generales, fueron muy bajos.

- El fósforo ácido hidrolizable y los ortofosfatos se mantuvieron por debajo de los niveles de detección a lo largo de las dos temporadas evaluadas. El fósforo inorgánico reportó un promedio de 0,026 mg/L para la temporada de lluvias, en comparación niveles indetectables registrados para la época de lluvias. El fósforo total tuvo un promedio de 0,10 mg/L en lluvias y uno de 0,020 mg/L en época seca. La variación de estas concentraciones a lo largo del tiempo se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias y domésticas reportadas para las zonas aledañas
- Omitiendo las diferencias en los límites de cuantificación de cada época, <0,9 mg/ en lluvias y <0,2 mg/L en seca, el promedio de grasa y aceites fue más bajo durante la época seca (0,34 mg/L) que durante la lluviosa (0,54 mg/L). Los niveles de Fenoles e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, se mantuvieron indetectables a lo largo de todo el monitoreo. La presencia de hidrocarburos solo fue registrada en dos puntos, durante la época seca, mientras que, en la lluviosa, no fueron detectados hidrocarburos en los sistemas hídricos destinados a la captación.
- Los pesticidas organofosforados, organoclorados y los surfactantes se caracterizaron por presentar concentraciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica empleada en todos los sistemas hídricos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.
- Las concentraciones de aluminio, selenio, cromo, cromo hexavalente, cobre, bario, molibdeno, plata y vanadio se mantuvieron por debajo del límite de detección a lo largo de las dos temporadas de monitoreo y, por lo tanto, cumplieron los límites establecidos por el decreto normativo.
- Los puntos con mayor presencia de metales, en época lluviosa fueron CAP_05 (Boro, mercurio, manganeso, plomo y zinc); CAP_04 (manganeso, plomo, zinc); CAP_14 (manganeso, boro, plomo); CAP_02 (arsénico, mercurio, plomo); CAP_06 (cadmio, manganeso); CAP_11 (boro, plomo) y CAP_07 (plomo, plata). En época seca CAP_11 (mercurio, cadmio, plomo), CAP_12 (plomo, aluminio, cobalto) y CAP_14 (aluminio, cobalto). durante esta época se reportaron más concentraciones de metales pesados por encima de los límites establecidos en la normatividad ambiental vigente, situación que puede estar relacionada con la disminución de caudales registrada en esta temporada.
- El comportamiento de BTEX no presenta variaciones significativas a lo largo de la época de monitoreo, indicando que las vertientes ubicadas dentro del área de influencia del proyecto no están siendo impactadas por este tipo de sustancias.
- El promedio del Hierro para la temporada de lluvias fue de 0,37 mg/L, en comparación con 1,77 mg/L de la temporada seca, mostrando un incremento durante esta última, asociado a la disminución de los caudales y la constancia de las presiones antrópicas sobre los sistemas hídricos.
- El promedio del Hierro para la temporada de lluvias fue de 0,37 mg/L, en comparación con 1,77 mg/L de la temporada seca, mostrando un incremento durante esta última, asociado a la disminución de los caudales y la constancia de las presiones antrópicas sobre los sistemas hídricos.
- Los promedios obtenidos durante la temporada de lluvias, para el calcio, potasio, sodio y magnesio fueron de 2,37 mg/L, 0,37 mg/L, 2,79 mg/L y 0,80 mg/l, respectivamente. Estos valores, para la temporada seca fueron de 1,69 mg/L, 1,43 mg/L, 2,18 mg/L y 0,79 mg/L. El comportamiento de estos elementos puede estar relacionado con la disminución de los caudales y la llegada continua de partículas y descargas a los sistemas hídricos provenientes de las actividades antrópicas registradas en las áreas circundantes.
- No fueron detectadas variaciones en las concentraciones de Cianuro, a pesar de la diferencia en el límite de cuantificación de las técnicas empleadas en las diferentes épocas climáticas. Ninguno de los puntos supera los 0,2 mg/L estipulado como límite permisible máximo, por lo que

el recurso cumple con la normativa y puede ser usado a nivel doméstico y para consumo humano.

- Las concentraciones de fluoruros no variaron entre temporada y temporada, por lo que el aumento o disminución del caudal no estaría interfiriendo en el comportamiento de estos compuestos.
- En la temporada de lluvias, los promedios obtenidos para los coliformes fecales y totales, fueron de 101,6 NMP/100mL y 995,30 NMP/100mL y en temporada seca de 295,78NMP/100mL y 2864 NMP/100mL. Resultados que muestran un incremento durante la última campaña, relacionado con la disminución de los caudales y las descargas de origen antrópico, en especial en los cauces que se encuentran bajo la influencia de asentamientos humanos que son los principales generadores de descargas, de origen doméstico e industrial, ricas en compuestos orgánicos que actúan como vehículo de microorganismos alóctonos.
- El detrimento en la calidad de los cauces destinados para la captación se hace evidente con la comparación de los promedios de ICA, en la temporada lluviosa fue de 0,85, mientras que para la seca fue de 0,79, aunque en términos generales, las aguas califican como de Calidad Aceptable.
- El ICOMO mostró un incremento durante la temporada seca. El ICOMI y el ICOSUS se mantuvieron en niveles muy bajos a lo largo de las temporadas evaluadas. El ICOTRO no mostró variaciones significativas entre las dos temporadas evaluadas, con un promedio de 0,10 en temporada lluviosa y otro de 0,079 en temporada seca, lo que indica que las concentraciones de fósforo no se encuentran bajo la influencia de la época hidroclimática.

3.2.5.1.4 Resultados y Discusión Sistemas Lénticos

En este literal se presenta la caracterización fisicoquímica de todos los puntos evaluados sobre sistemas lénticos, sin embargo, en los puntos Neiva 1 y La Perla no fue posible acceder al predio, por lo cual no fue posible ejecutar el levantamiento de las muestras.

➤ Descripción de los puntos

Tabla 3.2.5-129 Descripción puntos Sistemas Lénticos

Descripción Muestra 1. Laguna El Tigre-Guanabara			
Coordenadas	E: 4954758,07		N: 2030583,96
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 345 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN417882		
Fecha	04/01/2024		
Hora	10:30		
Profundidad (m)	0,20		
Descripción del punto	Cuerpo con lámina de agua menor a 0,20 m. El recurso es traslúcido, sin olores ni iridiscencias. Presencia de macrófitas enraizadas y flotantes en las zonas de alta incidencia solar. Presencia de material vegetal en descomposición, residuos de plumas y cáscara de huevos.		
Usos del suelo en zonas aledañas	Zona de monitoreo tipo potrero, con presencia de cultivos de palma y vegetación riparia tipo herbácea. Se registra la presencia de pato común, alcaraván y garza blanca.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 2. Laguna NN4			
Coordenadas	E: 4965481,9		N: 2025197,84
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 268 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN417883		
Fecha	04/01/2024		
Hora	12:27		
Profundidad (m)			
Descripción del punto	Sistema Léntico tipo Laguna ubicado en zona de potrero y delimitada por una cerca de púas. El agua es traslúcida, sin olores ni iridiscencias, con presencia de heces de origen bovino y material vegetal en descomposición		
Usos del suelo en zonas aledañas	Zona de monitoreo tipo potrero, con presencia de ganado bovina y vegetación riparia herbácea, arbustiva, dominada por pastos y macrófitas enraizadas. Se registra la presencia de alcaraván y garza blanca.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 3. Laguna 7			
Coordenadas	E: 4965481,9		N: 2025197,84
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso- Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 285 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN418114		
Fecha	05/01/2024		
Hora	9:00		
Profundidad (m)			
Descripción del punto	Sistema Léntico ubicado dentro de la Finca "La Bonanza". Agua con tonalidad verdosa, inodora y sin iridiscencias asociadas a grasas o aceites. Macrófitas sumergidas.		
Usos del suelo en zonas aledañas	Zona de monitoreo con presencia de parches boscosos, avifauna como <i>Vanellus chilensis</i> , <i>Phalacrocorax brasilianus</i> y <i>Dendrocygna viduata</i> y herpetofauna como <i>Caiman crocodilus</i> ;		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 4. La Frontera			
Coordenadas	E: 4952560,26		N: 2025278,29
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso- Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 353 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN418115		
Fecha	05/01/2024		
Hora	11:00		
Profundidad (m)			
Descripción del punto	Sistema Léntico ubicado dentro del predio "La Frontera". Agua con tonalidad amarillenta, inodora y sin iridiscencias asociadas a grasas o aceites. Macrófitas enraizadas tipo pastos		
Usos del suelo en zonas aledañas	Zona de monitoreo con presencia de un fragmento boscoso, garzas y alcaravanes. Los búfalos registrados, beben directamente de la laguna. Se observa ganado y la vivienda del predio. La vegetación riparia se encuentra compuesta por poaceas.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 5. El Diamante			
Coordenadas	E: 4960778		N: 2025442
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 334 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN418146		
Fecha	06/01/2024		
Hora	10:10		
Profundidad (m)			
Descripción del punto	Cuerpo de agua léntico asociado a un fragmento boscoso, vegetación riparia compuesta por herbáceas de la familia Poaceae. Usado como bebedero por el ganado asentado en las zonas aledañas al punto. Se registró presencia de detritos (hojas y ramas sumergidas) y material vegetal en descomposición. Agua de tonalidad café, sin olores si iridiscencias		
Usos del suelo en zonas aledañas	Punto ubicado en el predio "El Diamante", con la ganadería como actividad principal. Se observaron patos, garzas e ibis.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 6. Ronda de los Acacios			
Coordenadas	E: 4958039,83	N: 2025627,68	
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos	Altura	341 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN418147		
Fecha	06/01/2024		
Hora	10:10		
Profundidad (m)	0,1m-0,3m		
Descripción del punto	Cuerpo de agua léntico asociado a un fragmento de bosque secundario, vegetación riparia compuesta por herbáceas de la familia Poaceae. Agua café, sin iridiscencia y alta temperatura. Macrófitas sumergidas tipo pastos		
Usos del suelo en zonas aledañas	Punto ubicado en el predio "La Esperanza", con la ganadería como actividad principal. Se registra la presencia de una vivienda a 800m del punto evaluado. Avifauna presente (Garzas, Ibis y Patos)		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 7. Lagos de Samarcanda			
Coordenadas	E: 4944368,1	N: 2028978,45	
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Arcilloso-Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos	Altura	313 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN418190		
Fecha	07/01/2024		
Hora	9:30		
Profundidad (m)	0,1m-0,3m		
Descripción del punto	Cuerpo de agua léntico asociado a un fragmento de bosque secundario, vegetación riparia compuesta por herbáceas de la familia Poaceae. Bajo nivel de agua café y empozada, con olor a materia orgánica en descomposición.		
Usos del suelo en zonas aledañas	Punto ubicado en la finca turística "Lagos de Samarcanda", de acuerdo a lo informado, el lago fue drenado con el propósito de extraer todos los peces del lugar. Se observaron, garzas, ibis, patos, jacarandas y tringas		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 8. Neiva 1			
Coordenadas	E: 4953446,696	N: 2028926,731	
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos	Altura	353 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
	No se permitió el ingreso al predio		
Código			
Fecha			
Hora	11:15		
Profundidad (m)			
Descripción del punto			
Usos del suelo en zonas aledañas			

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 9. Laguna NN3			
Coordenadas	E: 4951043,92	N: 2019231,74	
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	Rocoso-Arenoso
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos	Altura	413 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
			
Código	MN418362		
Fecha	08/01/2024		
Hora	8:45		
Profundidad (m)			
Descripción del punto	Agua de tonalidad verdosa por presencia de algas, inodora y sin iridiscencias. Se registra material vegetal en descomposición.		
Usos del suelo en zonas aledañas	Punto ubicado en el predio "La Esperanza" con la ganadería como actividad principal. Bosque y palmeras dentro de los principales componentes de la vegetación riparia.		

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Descripción Muestra 8. La Perla			
Coordenadas	E: 4962043,3		N: 2027582,25
Departamento	Cumarál/Meta	Lecho	
Parámetros a evaluar	Fisicoquímicos, Microbiológicos e Hidrobiológicos		Altura 413 m.s.n.m
Registro Fotográfico	Estado del punto al momento del monitoreo		
	No se permitió el ingreso al predio		
Código			
Fecha			
Hora			
Profundidad (m)			
Descripción del punto			
Usos del suelo			

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.4.1 Descripción de Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Línea Base Sistemas Lénticos

En el **Anexo 3.2.5.1 Reporte de Resultados Fisicoquímicos** se presentan los resultados obtenidos para las variables fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas para los cuerpos de agua lénticos pertenecientes a la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental "Área de Desarrollo Llanos 141". En esta sección se explica el análisis de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros analizados, que consta de la presentación de las gráficas, que integran el comportamiento de las variables y la discusión de los registros obtenidos. Por último, se exponen los Índices de Calidad del Agua y los Índices de Contaminación. Para los sistemas lénticos, se tomaron un total de 10 puntos, teniendo en cuenta que los propietarios de los predios dentro de los cuales se encontraban los puntos

La Perla y Neiva 1, no permitieron el acceso para la toma de muestras.

Tabla 3.2.5-130 Resultados Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos evaluados en los puntos Lénticos de Línea Base. Temporada Lluviosa

Parámetro	LCM	Método	El Tigre	NN4	Laguna 7	La Frontera	El Diamante	Ronda de los Acacios	Lagos de Samarcanda	NN3
			MN417882	MN417883	MN418114	MN418115	MN41814 6	MN41814 7	MN41819 0	MN41836 2
Acidez	5,00	SM 2310 B	9,14	7,59	12,3	8,62	10,7	9,66	10,77	57
Alcalinidad	6,040	SM 2320 B Ed.23 2017	26,4	10,7	13,9	<6,040	9,09	<6,040	26,7	22,5
Aluminio	1,00	SM 3030 E, SM 3111 D	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Antimonio total	0,500	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Bario	0,500	SM 3030 E, SM 3111 D	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Berilio	0,0250	SM 3030 E, SM 3111 D	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250	<0,0250
Cadmio Total	0,0100	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Calcio Total	0,1	SM 3030 E, SM 3111 B	3,66	3,45	1,91	1,57	1,87	0,312	5,53	3,65
Carbono Orgánico Total	0,500	SM 5310B	12,7	4,34	11,1	9,48	7,33	9,3	2,04	10,7
Cloruros	9,9	SM 4500 CI-B Ed.23 2017	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9	<9,9
Cobalto Total	0,00100	SM 3030 E SM 3113 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Cobre Total	0,100	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Coliformes Termotolerantes	1,0	SM 9223 B modificado	329	284	9800	2750	327	1600	747	410
Coliformes Totales	1,0	SM 9223 B	3130	2310	72700	9340	2247	20350	3441	3990
Color Verdadero	5,0	SM 2120 C	58,9	44	32,6	24	66,7	38,3	19,7	14,1
Conductividad Eléctrica	0,100	SM 2510 B 2017	10,9	4,62	49,2	13,3	16,6	24,4	65,5	26,1
Cromo Hexavalente	0,04	SM 3500-Cr+6 B	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cromo Total	0,100	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
DBO ₅	2,00	"SM 5210 B, ASTM D 888-12	2,63	<2,00	28,8	31,9	26,6	29,3	6,59	7,45
DQO	5,00	METODO C"	35,4	27,1	57,8	62,5	48,8	55,8	12,7	14,7
Dureza Cálcica	5,00	SM 52200	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	15,8	
Dureza Total	5,00	SM 3500 Ca-8 Ed.23 2017	5,3	<5,00	10,9	<5,00	<5,00	<5,00	29,1	11,2
Fenoles	0,100	SM 2340C	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo Hidrolizable Total	0,0700	SM 5530 B,D	<0,0700	<0,0700	0,177	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,142
Fósforo Orgánico	0,0700	SM 4500 -P B,E	<0,0700	<0,0700	0,211	0,0879	<0,0700	<0,0700	<0,0700	0,174
Fósforo Total	0,0700	SM 4500-PB-E	0,128	0,085	1,2	0,143	0,156	0,1	0,145	0,397
Grasas y Aceites	0,200	SM 4500-PB-E	1,15	0,96	1,22	0,96	0,866	0,315	0,731	0,67
Hidrocarburos	0,2	"NTC 3362:2005-06-29, Numeral	0,679	0,413	0,679	0,413	0,544	<0,2	0,476	0,276
Hierro Total	0,200	4, Método c"	0,443	0,534	1,26	0,902	0,351	0,791	1,98	2,46
Magnesio Total	0,0200	"NTC 3362:2005-06-29, Numeral	1,41	1,17	1,07	0,22	1,15	0,107	1,84	1,34
Manganeso Total	0,100	7, Método F."	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,545	0,152
Mercurio Total	0,00100	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Molibdeno Total	0,00500	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Níquel Total	0,00100	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Nitrato	1,00	SM 3112 B Ed.23 2017	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrito	0,00608	SM 3030 E, SM 3113 B	<0,00608	<0,00608	0,0218	<0,00608	<0,00608	<0,00608	0,00954	<0,00608

Parámetro	LCM	Método	El Tigre	NN4	Laguna 7	La Frontera	El Diamante	Ronda de los Acacios	Lagos de Samarcanda	NN3
			MN417882	MN417883	MN418114	MN418115	MN418146	MN418147	MN418190	MN418362
Nitrógeno Amoniacal	1,00	SM 3030 E, SM 3113 B	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrógeno Orgánico	3,00	SM 4500 N03 D Ed.23 2017	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Olor	N.A	SM 4500 N02 B Ed.23 2017	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Ortofosfatos	0,0700	SM 4500 NH3 B,C	0,0723	<0,0700	0,751	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700	<0,0700
Oxígeno Disuelto	0,0500	SM 4500-Norg C y 4500-NH3 C	6,86	7,74	7,88	6,93	6,98	5,06	6,67	7,56
pH	N.A	SM 2150 B	5,03	5,3	8,35	6,01	6,12	4,88	6,18	8,76
Plata	0,0500	SM 4500-P-E 2017	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500
Plomo	0,00100	SM 4500 H+ B	0,0455	0,0198	0,00482	0,00262	0,00198	0,0325	0,00368	0,00376
Porcentaje saturación de oxígeno en %	N.A	SM 3030 E, SM 3111 B	96,4	111	103	101	97	78	90,8	98,6
Potasio	0,125	SM 3030 E, SM 3111 B	0,882	0,603	2,71	2,05	1,62	2,66	0,882	3,28
Sabor	N.A	SM 3030 E SM 3113 B	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Sodio	0,05	ASTM D 888-09 METODO C	4,8	4,42	3,84	3,04	4,21	4,23	2,39	4,56
Sólidos Disueltos Totales	10,0	SM 3030 E, SM 3111 B	44	32	58	40	58	56	70	40
Sólidos Sedimentables	0,100	SM 2160	<0,1	<0,1	0,5	2	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Sólidos Suspendedos Totales	10,0	SM 3030 E, SM 3111 B	<10,0	20	37,5	49	17	<10,0	74,5	43
Sólidos Totales	10,0	SM 2540C	48	54	96	90	76	64	148	84
Sulfatos	5,0	SM 2540 F	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	7,12	<5,0
Surfactantes	0,500	SM 25400	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Temperatura	N.A	SM 25408	30,9	32,6	30	33,1	30,3	36,2	28,7	28,7
Turbiedad	1,0	SM 4500 504 E	3,3	26	24	39	24	5,5	68	27
Vanadio	0,0100	SM 5540C	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Zinc	0,0500	SM 2550 B 2017	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,266
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	0,002	SM 21308 Ed. 23 2017	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,00250	EPA 3020A, EPA 7010	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Boro	0,100	SM 3030 E, SM 3111 B	<0,100	<0,100	0,146	0,133	<0,100	0,138	<0,100	0,169
Cianuro	0,0100	EPA 3510 C/ EPA 8100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Fluoruros	0,1	EPA 7062, SM 3114 C	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrógeno Total	0,500	Norma ISO 9390: 1990	1,32	<0,500	1,74	0,767	1,54	2	0,994	1,57
Selenio	0,00250	ASTM 07511-12	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250
Compuestos Fenólicos	0,002	SM 4500 F- B,C	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
BTEX	0,0100	DIN EN 12260	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pesticidas organofosforados en mg/L	0,0004	EPA 3535A - EPA 8141 B	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organoclorados en mg/L	0,00004	EPA 3535 A/EPA 80818	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004

LCM: Límite de Cuantificación
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

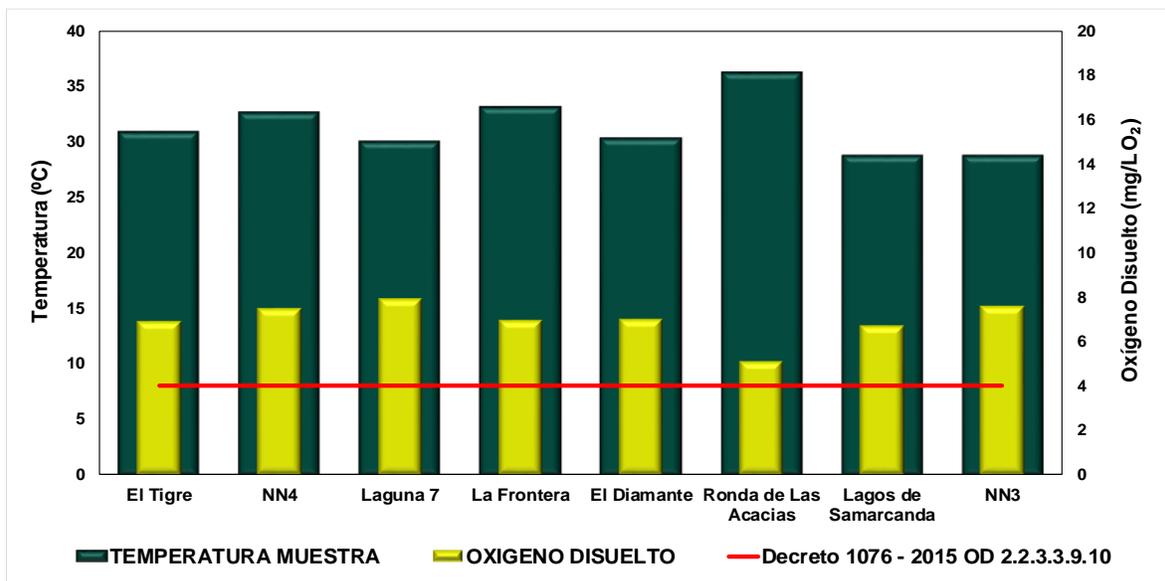
Los sistemas lénticos se caracterizan por retener un volumen de agua que no presenta un flujo unidireccional constante. Este tipo de sistemas facilitan la precipitación de sólidos suspendidos que arrastran concentraciones altas de fósforo. En condiciones ácidas, la precipitación del fósforo depende del aluminio, los sulfatos y el hierro, mientras que, en condiciones básicas, se encuentra mediada por el calcio. Compuestos orgánicos y arcillas, así como la dinámica de óxido-reducción del sistema también participan en dicho proceso, esto explica la razón por la cual, los sistemas de aguas estancadas tienden a enriquecerse con nutrientes, especialmente las aguas del fondo (Rodríguez. 2012).

➤ Temperatura y Oxígeno

Los resultados graficados indican que la variación en temperatura no fue significativa entre los puntos monitoreados, oscilando entre los 28,7°C y 36,2 °C; este comportamiento se atribuye a las condiciones climáticas de la zona y a la morfología de los cuerpos de agua, infiriendo que esta variable está directamente influenciada por factores climáticos, descartando afectaciones de naturaleza térmica. Los puntos con las temperaturas más altas fueron La Frontera (33,1°C) y Ronda de las Acacias (36,2°C), debido a que las muestras se tomaron entre las 10:00 am y 11:00 am, horas que se encuentran entre el rango de horario dentro del cual se alcanza la temperatura máxima de la zona.

El oxígeno registró concentraciones entre 5,06 mg/L O₂ (Ronda de las Acacias) y 7,88 mg/L O₂ (Laguna 7). El oxígeno disuelto y la temperatura se encuentran directamente relacionados, de forma tal que, conforme aumenta la temperatura, disminuye la solubilidad del oxígeno. Los valores de oxígeno pueden atribuirse a que el agua más caliente aumenta la actividad biológica, y también disminuye el oxígeno disuelto en la saturación (Boyd, 2008), así como también a la naturaleza léntica de los cuerpos. El alza en la demanda del gas por aumento de la tasa respiratoria en los sistemas en los que los niveles de saturación son muy bajos, conlleva a niveles de concentración de oxígeno críticos para el mantenimiento de la vida en estos sistemas hídricos, sin embargo, ningún punto se encuentra por debajo del límite de 4mg/L establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10 referente a su destinación para la preservación de flora y fauna.

Figura 3.2.5-41 Temperatura y Oxígeno disuelto en Sistemas Lénticos

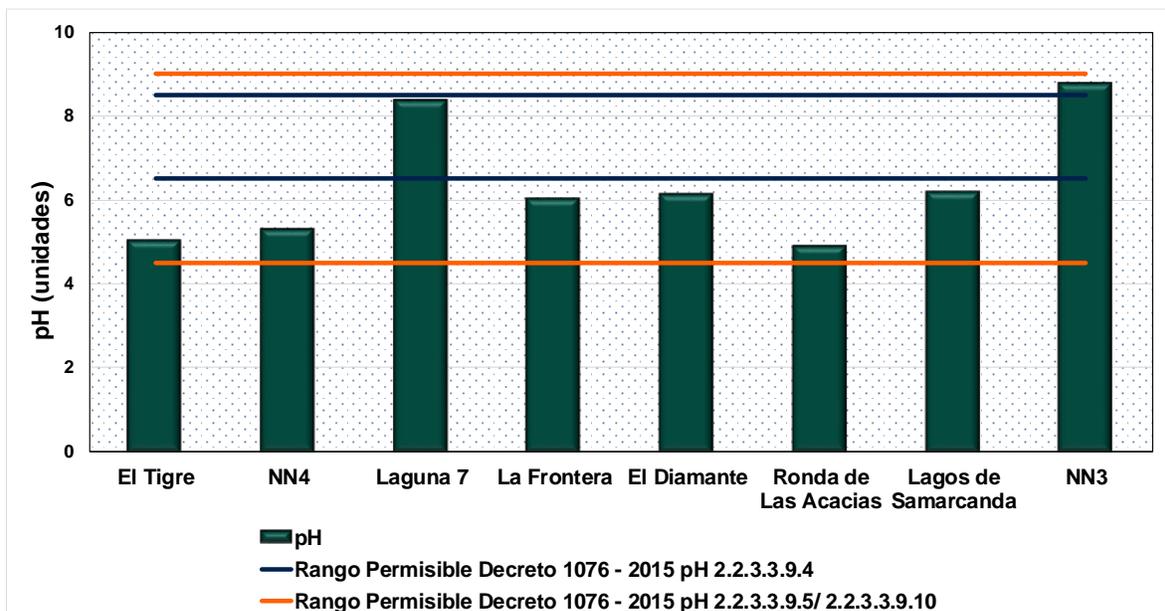


Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ pH

Los valores de pH variaron entre 4,88 Unidades y 8,76 Unidades. Los puntos Laguna 7 y NN3, se clasifican como cuerpos de agua básicos, tendencia relacionada con la composición y las características minerales de los suelos por los cuales discurren las aguas contenidas en estos cuerpos. En cuanto a los límites permisibles, los puntos ácidos, se encuentran por debajo del límite de 6,5 unidades del artículo 2.2.3.3.9.4, y NN3 su ubica por encima de las 8,5 Unidades para el mismo artículo, por lo que estas aguas deberán ser sometidas a tratamiento por desinfección antes de ser destinadas al consumo humano y uso doméstico. En lo referente a los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10, se tiene que ninguno de los puntos supera el umbral máximo dispuesto de 9 Unidades, por lo que estas aguas podrán ser destinadas para uso agrícola y son aptas para la preservación de fauna y flora. De manera general, la mayoría de sistemas lénticos tienden a la acidez, condición explicada por las temperaturas registradas, dado que cuando la temperatura aumenta, los enlaces químicos entre las moléculas tienden a disociarse, separándose en sus elementos constitutivos, Hidrógeno y Oxígeno, conforme se incrementa la temperatura, aumenta la proporción de moléculas descompuestas y a su vez, la cantidad de hidrógeno libre, es decir, el potencial de Hidrógeno.

Figura 3.2.5-42 pH en Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

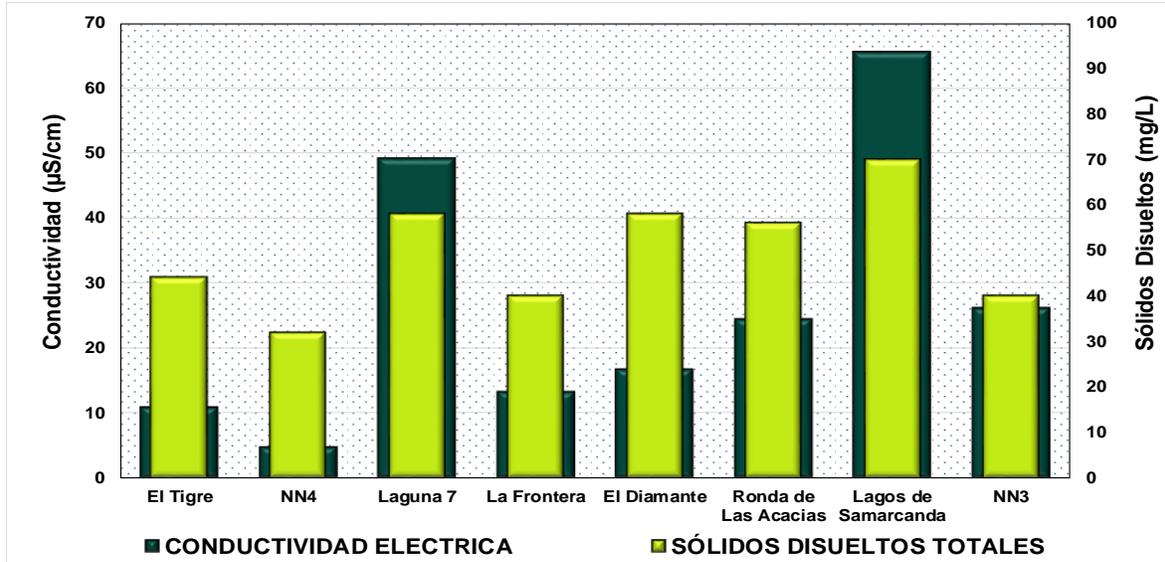
➤ Conductividad y Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Se observaron conductividades que oscilaron entre los 4,62 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 65,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$, correspondiendo a Lagos de Samarcanda al punto del mayor registro. Ningún punto reportó valores por encima de 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, es decir, que se registraron valores muy bajos, comportamiento que concuerda con el establecidos como normal para la mayoría de aguas dulces (10 $\mu\text{s}/\text{cm}$ - 350 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y califican los sistemas hídricos con recurso de mineralización muy débil. Lagos de Samarcanda, con una conductividad de 65,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ califica como un sistema eutrófico de alta producción por superar los 60,0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Roldán G. , 1989)

Los sólidos disueltos tuvieron valores entre 32 mg/L y 70 mg/L: Lagos de Samarcanda fue el punto de mayor concentración para este parámetro, coincidiendo con lo reportado para la conductividad.

A pesar de que Beita & Barahona (2011) proponen una relación directa entre estas dos variables, la figura a continuación no refleja dicha proporcionalidad esto, atribuido a las bajas profundidades registradas en los sistemas lénticos evaluados, propios de la época hidrolimática durante la cual se ejecutó el monitoreo y que genera un incremento en la concentración de las sales, adicional al aporte hecho por agentes externos que funcionan como aportantes de iones.

Figura 3.2.5-43 Conductividad y Sólidos disueltos totales en Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Olor y Sabor**

El Olor y el Sabor del recurso de todos los puntos evaluados fue calificado "Aceptable", por lo que estos parámetros no afectan la calidad organoléptica del agua de los sistemas Lénticos valorados durante esta campaña.

✓ **Cloruros**

La concentración de cloruros en los cuerpos de agua lénticos del Área de Desarrollo Llanos 141, se ubicó por debajo de los límites de detección (<9.9 mg/L) en todos los lagos y lagunas valoradas. por lo que, en lo que respecta a este parámetro, las aguas evaluadas pueden ser destinadas para consumo humano y uso doméstico, por no superar los 250 mg/L, estipulados como límite en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4. La ausencia de compuestos formados a partir de este elemento permite afirmar que estos sistemas hídricos no están siendo afectados por vertimientos de origen doméstico, especialmente los que contienen orina humana o animal, por lo que no se estarían generando interrupciones en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, en lo que respecta al mantenimiento de la presión osmótica, crecimiento y reproducción (Beita & Barahona, 2011).

✓ **Sulfatos**

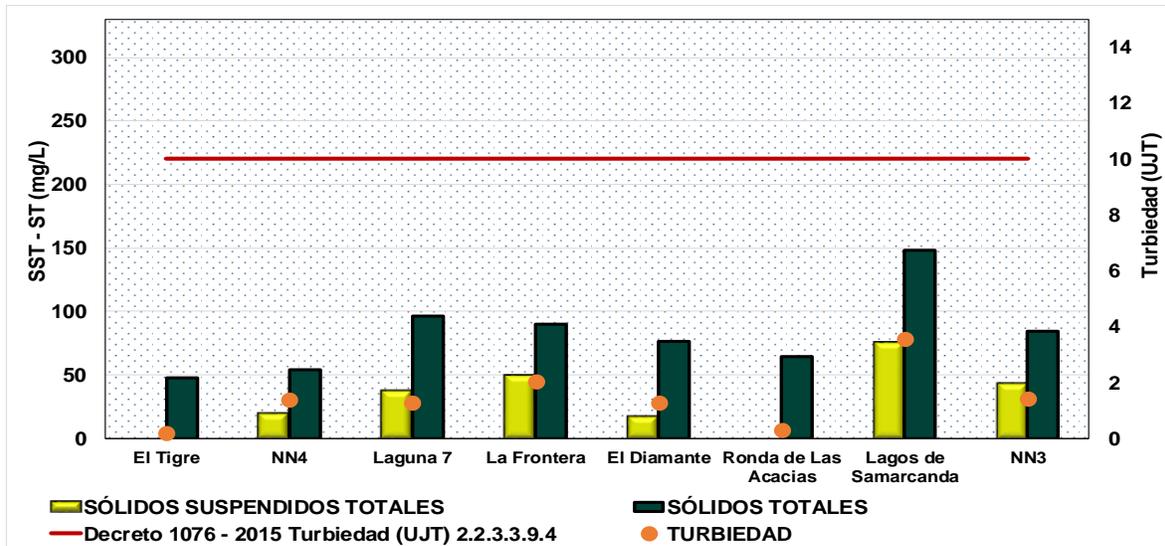
Los registros para este parámetro se reportaron como indetectables en la mayoría de los sistemas lénticos evaluados (5,0 mg/L), exceptuando los Lagos de Samarcanda que marcó una concentración de 7,12 mg/L. Estos valores corresponden a las concentraciones reportadas para aguas naturales no contaminadas, al estar dentro del rango de los 2 mg/L hasta los 80 mg/L y, además, no superan el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de

estos sistemas es apto para consumo humano y uso doméstico. El registro máximo puede ser atribuido a la intervención antrópica a la que fue sometido este sistema hídrico, ya que, al ser drenado, se incrementa la cantidad de sales presentes en el Lago.

✓ **Sólidos suspendidos totales (SST); Sólidos sedimentables; Turbiedad y Sólidos Totales (ST).**

Las concentraciones SST fluctuaron entre <10 mg/L y 74,5 mg/L. Los valores más altos se reportaron en La Frontera (49 mg/L) y Lagos de Samarcanda (47,5 mg/L). Estos registros coinciden con los máximos de la turbiedad que, para los mismos puntos registraron valores de 2,05 UJT y 3,57 UJT. La comparación de estas concentraciones con la normatividad vigente permite establecer que ningún punto supera lo estipulado como límite, que corresponde a 10 UJT como máximo permitido para la destinación del recurso al uso doméstico y consumo humano, por lo que estas aguas podrán ser destinadas a tal uso previa tratamiento convencional. Exceptuando a la Laguna El Tigre y la Ronda de los Acacias, en todos los puntos la concentración de SST supera los 8 mg/L, por lo que, de acuerdo a los estudios realizados por Lloyd *et al* (1987), estas partículas estarían interfiriendo con la producción primaria de estos sistemas, hasta en un 13%. Los ST contaron con un registro mínimo de 48 mg/L y uno máximo de 148 mg/L. Los registros altos fueron detectados en Laguna 7 (96 mg/L) y Lagos de Samarcanda (148 mg/L). Esta variable no contempla límites dentro de la normatividad vigente. Con excepción de la Laguna 7 (0,5 mg/L); La Frontera (2 mg/L) y la Laguna NN3 (0,5 mg/L), la mayoría de puntos reportaron sólidos sedimentables registraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica (<0,1 mg/L).

Figura 3.2.5-44 Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales y Turbiedad. Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Total (COT). Sistemas Lénticos**

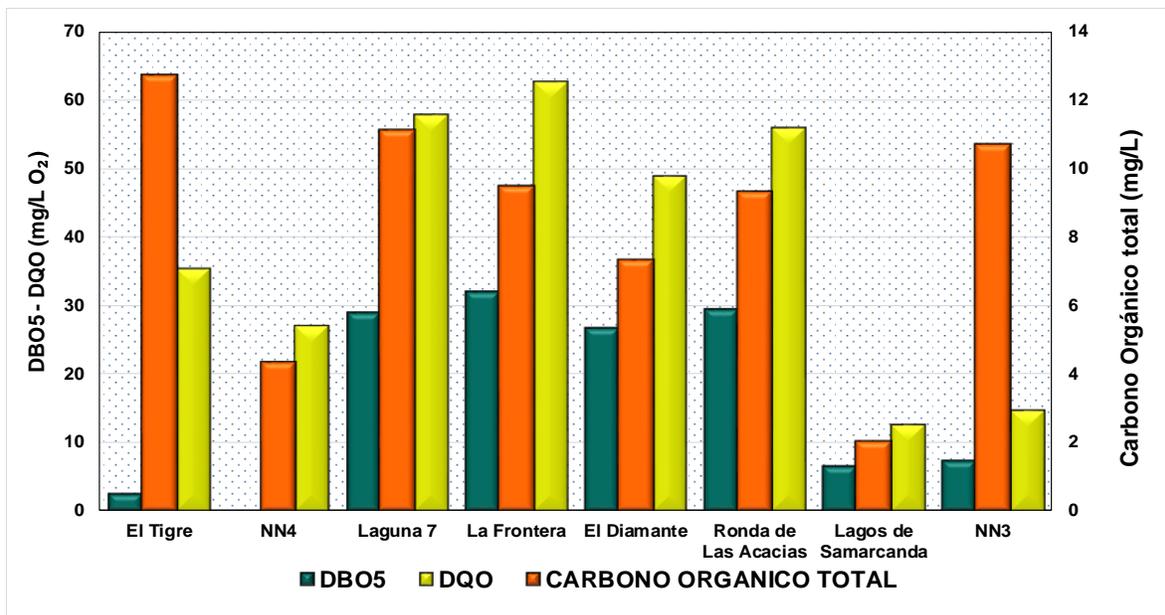
La DBO₅ arrojó valores entre indetectables (<2,0 mg/L) en Laguna NN4 hasta 31,9 mg/L en La Frontera. Exceptuando los puntos Laguna El Tigre (2,63 mg/L), Laguna NN4 (<2,0 mg/L), Lagos de Samarcanda (6,59 mg/L) y Laguna NN3 (6,45 mg/L), los valores reportados indican presencia de materia orgánica, ya que, de acuerdo a lo estipulado por Marín (2009), valores superiores a los 8

mg/L son considerados como concentraciones altas. El grado de saptobiedad permite indicar que el punto Laguna NN4 es un sistema sin contaminación; Laguna El Tigre es un punto con contaminación moderada; Lagos de Samarcanda y Laguna NN3 tienen contaminación fuerte y los puntos restantes corresponden a sistemas hídricos lénticos con contaminación muy fuerte por presencia de contaminantes de naturaleza orgánica, determinado por las cargas contaminantes que reciben estos sistemas, provenientes de las actividades ganaderas y de los asentamientos humanos identificados en las zonas aledañas.

La DQO se ubicó dentro de un rango comprendido entre los 12,7 mg/L y 62,5 mg/L, con el máximo en La Frontera y que, de manera general, se tienen como elevados, infiriendo que el mayor aporte lo hace el material proveniente de residuos vegetales, descargas y basuras, provenientes de las actividades antrópicas reportadas en las zonas adyacentes a estos sistemas hídricos. La relación DBO_5/DQO en la Laguna El Tigre y La Laguna NN4 fue menor a 0,2, lo que informaría sobre vertidos de naturaleza inorgánica, como por ejemplo aguas residuales de origen industrial, mientras que, en los puntos restantes, el factor fue igual o mayor a 0,50, de modo que se considera que estos cuerpos presentan materia orgánica medianamente biodegradable (Marín. 2009). Por su parte, el Carbono Orgánico Total, tuvo registros entre los 2,04 mg/L y 12,7 mg/L, con La Laguna El Tigre como la de mayor concentración, señalando que, junto con Laguna 7 (11,1 mg/L), son los sistemas lénticos que presentan la mayor concentración de material orgánico a ser transformado, como consecuencia del flujo limitado, la acumulación de restos vegetales y el aporte de desechos a los cuerpos de agua. Estas variables no presentan límites en la normatividad ambiental vigente.

Los valores de DBO_5 registrados indican una mayor carga bacteriana con potencial patógeno, lo que conlleva a efectos adversos en las personas que la destinen para consumo humano o agrícola (Orjuela, Saldarriaga, García, & Wilches, 2010). Ha sido posible determinar que la naturaleza de los sedimentos que llegan a los cuerpos de agua se modifica de acuerdo a la época climática, cambiando en la forma en la que se presenta, (fracciones disueltas o particuladas) y en sus características, (como si es más o menos biodegradable). Dependiendo de esta situación las descargas que reciban los cuerpos serán diferentes y por ende las demandas de oxígeno (Suarez, y otros, Sin Año).

Figura 3.2.5-45 DBO₅, DQO y COT en Sistemas Lénticos



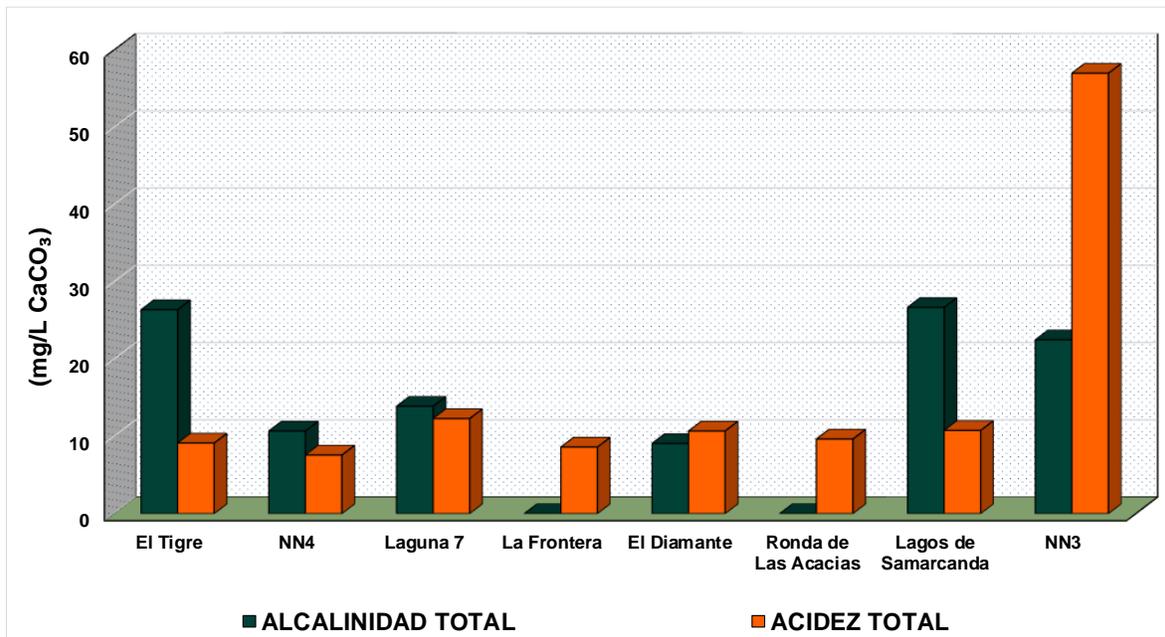
Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Alcalinidad y Acidez**

Los resultados de alcalinidad oscilaron entre indetectables (6,040 mg/L), en La Frontera y Ronda de los Acacios y 26,7 mg/L. Los registros más altos se detectaron en Lagos de Samarcanda (26,7mg/L) y Laguna El Tigre (26,4 mg/L). Estos valores son acordes con los datos de pH obtenidos y pueden estar relacionados con la capacidad de dilución y homogenización que presentan los cuerpos de agua de esta sub-zona hidrográfica, como consecuencia del tamaño y la velocidad de los caudales. Roldán (1992), indica que la alcalinidad de las aguas tropicales es baja, con valores inferiores a 100 mg/l, situación detectada en estos puntos. La acidez tuvo registros comprendidos entre 7,59 mg/L y 57 mg/L, con la Laguna NN3 como la de mayor acidez. Estos valores se encuentran relacionados con el equilibrio en el sistema CO₂/carbonato del medio.

Las concentraciones de alcalinidad de los ecosistemas acuáticos se encuentran directamente relacionadas con la productividad de los mismos, dado que brindan información sobre la cantidad de CO₂ y bicarbonatos que se tienen disponibles, como reservorios de carbono, para los procesos fotosintéticos (Galarza, Quinche, Aguilera, Garzón, & Manzano, 2016). A partir de esto, se tiene que durante la época en la que fue ejecutado el monitoreo, todos los sistemas lénticos presentan una baja productividad, por registrar alcalinidades menores a 75 mg/L.

Figura 3.2.5-46 Alcalinidad, Acidez y Bicarbonatos en Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Dureza cálcica y Dureza Total**

La Dureza Cálcica fue indetectable en la mayoría de puntos (<5,00 mg/L), menos en Lagos de Samarcanda, que tuvo un valor de 15,8 mg/L. Por su parte, la Dureza Total tuvo registros en Laguna El Tigre (5,3 mg/L); Laguna 7 (10,9 mg/L); Laguna NN3 (11,2 mg/L) y con un pico en Lagos de Samarcanda (29,1 mg/L). A partir de estos valores es posible determinar que La Laguna El Tigre es poco productiva y blanda; las lagunas 7 y NN3 son sistemas medianamente productivos de aguas blandas, mientras que Lagos de Samarcanda es un cuerpo hídrico de aguas muy productivas y blandas.

✓ **Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico y Nitrógeno Total**

Para los puntos analizados se registraron concentraciones de Nitratos indetectables (<1,0 mg/L) en todos los puntos, concentraciones que no superan los 10 mg/L estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015, por lo que, en lo que respecta a este parámetro, las aguas pueden destinarse a consumo humano y uso doméstico. Los Nitritos marcaron niveles indetectables, (0,00608 mg/L), en seis de los 8 puntos monitoreados, lo que indica que los procesos de autodepuración naturales se encuentran activos y no se reportan procesos contaminantes. En Laguna 7 (0,0218 mg/L) y Lagos de Samarcanda (0,00954 mg/L), los registros dan cumplimiento al límite de 1mg/L en los artículos anteriormente mencionados, por lo que el recurso de estos sistemas hídricos puede destinarse para el consumo humano y uso doméstico. El comportamiento en conjunto, de estas dos variables, muestra una mayor concentración de Nitratos que de Nitritos, lo que es indicativo de procesos de oxidación continuos y activos.

El nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico registraron concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada, de <1,00 mg/L y <3,00mg/L, respectivamente, lo que ratifica la ausencia de contaminación reciente por concentraciones significativas de compuestos nitrogenados de origen antrópico o descargas puntuales y directas de aguas residuales. El Nitrógeno Total reportó valores por debajo del límite de detección (0,500 mg/L), en Laguna NN4 y reportó un máximo de 2,0 mg/L en Ronda de los Acacios, valor asociado a la presencia de ganado y actividades domésticas registrados en la zona aledaña al punto.

✓ **Fósforo orgánico, Fósforo Inorgánico (ácido hidrolizable y ortofosfatos) y Fósforo Total**

El fósforo hidrolizable total, se ubicó por debajo de los límites de detección de la técnica empleada en la mayoría de los puntos (<0,0700mg/L), exceptuando a Laguna 7 (0,177 mg/L) y Laguna NN3 (0,142 mg/L). El fósforo orgánico registró valores en Laguna 7 (0,211 mg/L); La Frontera (0,0879 mg/L) y Laguna NN3 (0,174 mg/L). Los Ortofosfatos fueron registrados en Laguna El Tigre (0,0723 mg/L) y Laguna 7 (0,751 mg/L). Por último, el Fósforo Total se ubicó dentro de un rango entre los 0,085 mg/L y 1,2 mg/L, con el máximo en Laguna 7, junto con este punto, los sistemas Laguna El Tigre; La Frontera; El Diamante; Lagos de Samarcanda; y Laguna NN3 se clasifican como altamente eutróficos por registrar valores superiores a 0,1 mg/L (Wetzel, 1981). La variación en las concentraciones de estos parámetros se encuentra directamente relacionada con las actividades agrícolas, pecuarias y domésticas reportadas para las zonas aledañas. Otro factor directamente implicado en las concentraciones de fósforo es el alto proceso erosivo observado en los cuerpos de agua altamente intervenidos, dado principalmente por la eliminación de bosque nativos de las orillas de las vertientes y de la planicie aluvial, lo que conlleva al incremento en el transporte de nutrientes hacia las diferentes fuentes hídricas.

✓ **Fenoles Totales, Compuestos fenólicos, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales**

Para los fenoles totales se tuvieron registros por debajo de los límites de detección del método (<0,100mg/L) en todos los puntos. Los reportes de Grasas y Aceites se ubicaron dentro del rango de los 0,315 mg/L y 1,22 mg/L, con una concentración máxima en Laguna 7. La presencia de estos compuestos puede estar relacionada con las actividades agrícolas, de forrajeo, ganaderas y domésticas, fuentes que pueden ser emisoras de este tipo de compuestos. Por esta razón, el agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a los establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 que decretan: "*no se aceptará película visible de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana*".

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y compuestos fenólicos no fueron detectados en ninguno de los puntos de los lénticos, sus concentraciones se ubicaron por debajo del límite de cuantificación (<0,002 mg/L). Con respecto a los Hidrocarburos Totales, solo fue indetectable en Ronda de los Acacios, el máximo fue de 0,679 mg/L, las actividades ganaderas, agrícolas y domésticas reportadas en las zonas aledañas a los sistemas lénticos pueden estar relacionadas con la presencia de estos compuestos en el agua, razón por la cual, el recurso no debe ser destinado para uso doméstico o consumo humano.

✓ **Pesticidas organofosforados, pesticidas organoclorados (POC) y surfactantes**

Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los 0,00004 mg/L y 0,0004 mg/L, respectivamente, por lo que es posible afirmar que este tipo de compuestos no supone un riesgo para la supervivencia de la hidrobiota. Las concentraciones de surfactantes fueron indetectables, <0,500 mg/L, para la técnica empleada para el análisis de estas sustancias. Los Lagos y Lagunas no están siendo objeto de contaminación por ningún tipo de sustancias con estos compuestos, lo que permite inferir que, a los cuerpos de agua circundantes a las actividades agrícolas, registradas en las zonas aledañas, no están llegando lixiviados que contengan este tipo de insecticidas, por lo que la biota acuática no estaría siendo afectada por esta clase de compuestos.

✓ **Metales**

Con respecto a los resultados de los metales que se encuentran contemplados en el Decreto 1076 de 2015 como selenio, cromo total y hexavalente, cobre, bario, vanadio, cobalto, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, arsénico, aluminio y la plata reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental, por lo cual no se generan restricciones con respecto a su uso, señalando la ausencia de impactos que se encuentren afectando su calidad.

El Zinc solo fue reportado para el punto Laguna NN3, con una concentración de 0,266 mg/L. En la reglamentación se presentan límites de 15,0 mg/L, en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4; de 2,0 mg/L en el 2.2.3.3.9.5 y de 25,0 mg/L en el 2.2.3.3.9.6, por lo que ningún punto de agua superficial supera el umbral y el recurso puede ser destinados para uso doméstico, consumo humano, uso agrícola y pecuario. La presencia de este metal en este punto puede estar asociada, principalmente, con material en suspensión, como consecuencia de la destrucción o intervención de la vegetación nativa riparia que amortigua la llegada de estos materiales al recurso. Otras posibles fuentes de contaminación son las descargas de aguas residuales domésticas y la quema de basuras en las zonas aledañas que, por procesos de escorrentía, llevan los residuos hasta los cauces (Hernández, Paternina, & Marrugo, 2020)

El Manganeso marcó registros en Lagos de Samarcanda (0,545 mg/L) y Laguna NN3 (0,152 mg/L). El primero de estos valores supera los 0,2 mg/L dispuestos en el Decreto 1076 del 2015, en referencia al uso del agua con fines agrícolas, por lo que el recurso de estos puntos no podrá ser usado para el riego de frutas u hortalizas o actividades asociadas. Este metal es uno de los más abundantes sobre la corteza terrestre y en el agua es posible encontrarlo con menos frecuencia y en cantidades inferiores a la del hierro (Valencia, 2006).

El Plomo fue reportado en todos los puntos con concentraciones que oscilaron entre los 0,00198 mg/l y 0,0455 mg/L, con el máximo en la Laguna El Tigre. Este metal se encuentra clasificado como muy tóxico y de fácil acceso, lo que causa efectos nocivos en la salud humana, en la flora y en la fauna (Arias & Marciales, 2003). A nivel internacional se ha establecido que, en aguas potables, las concentraciones de plomo deben ser "cero", esto, porque resulta tóxico, incluso a niveles bajos de

exposición por ser persistente y bio-acumularse en el cuerpo a través del tiempo (EPA.gov, 2021). Los niveles detectados en los puntos lénticos no superan los límites de 0,05 mg/L de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 o los 5,0 mg/L del artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que este recurso puede ser destinado a consumo humano, uso doméstico y agrícola.

El Boro fue reportado en Laguna 7 (0,146 mg/L); La Frontera (0,133mg/L); Ronda de los Acacios (0,138 mg/L) y Laguna NN3 (0,169 mg/L). Este es un metal ubicuo que puede llegar a las aguas superficiales y subterráneas a través del intemperismo de rocas que contienen boro de aguas residuales, cargadas de productos de limpieza y residuos de industrias de pintura, textiles, curtidoras, electrónicas o de escorrentías de origen agrícola. Elevadas concentraciones de boro pueden ser tóxicas para las plantas y generar problemas sanitarios en poblaciones humanas, si son consumidas (Mancilla, Bautista, Ortega, & Ramírez, 2014). Sin embargo, ninguno de los puntos supera los 5,0 mg/L dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.6, por lo que el agua de estos cauces es apta para uso pecuario.

Otros elementos analizados fueron el antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación, <0,500 mg/L y <0,0250 mg/L, respectivamente, en todos los puntos evaluados. Estos parámetros no cuentan con límite establecido dentro de la normatividad ambiental vigente.

✓ **Compuestos Orgánicos Volátiles BTEX**

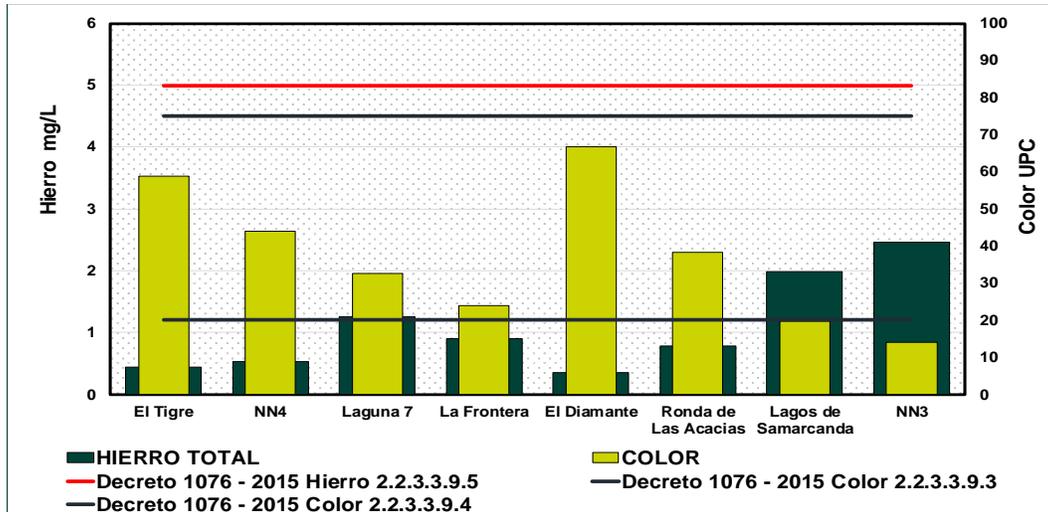
Las sustancias, benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno + m-xileno y o-xileno, que conforman la medición de los compuestos orgánicos volátiles BTEX, reportaron concentraciones <0,0100 mg/L en la totalidad de puntos valorados. Estos resultados permiten afirmar que las fuentes agrupadas en los sistemas Lénticos no están siendo afectadas por actividades relacionadas con la combustión de hidrocarburos.

✓ **Hierro y Color**

El hierro reportó concentraciones que fluctuaron entre los 0,351 mg/L y los 2,46 mg/L, con la Laguna NN3 como el punto de mayor presencia de este metal y que se encuentra bajo la influencia de actividades ganaderas. Todos los registros superan los 0,05 mg/L recomendados por Rodier (2009), para evitar inconvenientes relacionados con el gusto, color, precipitados y manchas sobre la ropa, sin embargo, en ningún punto se superan los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que es recurso contenido en estos cauces puede ser empleado en actividades relacionadas con la agricultura. La presencia de este elemento en las aguas de estos sistemas puede estar relacionada con el contacto del agua con los minerales presentes en las rocas y el suelo de sus lechos y con efectos antropogénicos y, a pesar de que las concentraciones reportadas, no conllevan a efectos perjudiciales sobre la salud, si generan detrimento de la estética del recurso que puede provocar rechazo por parte del usuario final.

El Color varió entre los 14,1 UPC y 66,7 UPC, con el valor más alto en El Diamante, seguido por la Laguna El tigre, con 58,9 UPC. El Color reportado en estos dos puntos, junto con el de la Laguna NN4 (44 UPC); Laguna 7 (32,6 UPC); La Frontera (24 UPC) y Ronda de los Acacios (38,3 UPC); supera el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (20 UPC), en lo referente a los criterios de calidad para consumo humano y uso doméstico, por lo que el recurso deberá someterse a proceso de desinfección previo a destinarlo a estos usos. Sin embargo, todos los puntos se encuentran por debajo de los 70 UPC dispuestos en el artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que el recurso de los sistemas lénticos es apto para uso agrícola.

Figura 3.2.5-47 Hierro y Color en Sistemas Lénticos

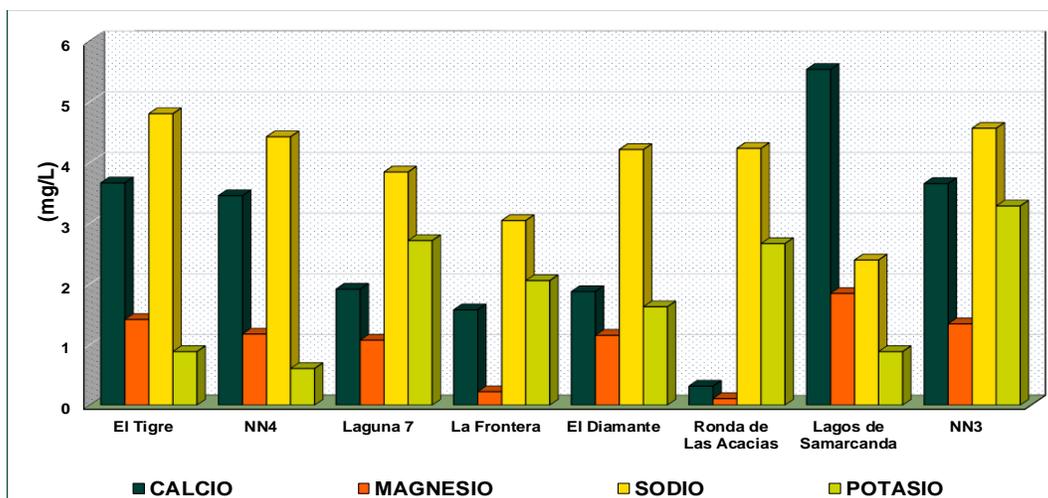


Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Macronutrientes**

Los niveles de calcio variaron entre los 0,312 mg/L (Ronda de los Acacios) y los 5,53 mg/L (Lagos de Samarcanda). La concentración de este parámetro en aguas superficiales varía de acuerdo a la proximidad a una fuente natural de calcio, principalmente a rocas tales como calcita y dolomita, presentando una variación entre 15 mg/L a 100 mg/L (Beita y Barahona, 2010), valores acordes con los obtenidos para el presente estudio. El sodio tuvo un rango entre los 2,39 mg/l (Lagos de Samarcanda) y 4,8 mg/L (Laguna El Tigre). El magnesio osciló entre los 0,107 mg/L (Ronda de los Acacios) y 1,84 mg/L (Lagos de Samarcanda). El potasio estuvo entre los 0,603 mg/L y los 3,28 mg/L (Laguna NN3). Las variaciones de estos parámetros dependen de posibles vertimientos de origen agrícola, los cuales incrementan o reducen sus concentraciones debido a la ausencia de corriente y/o tributarios, que aumenten sus valores. Las concentraciones reportadas indican la ausencia de actividades exógenas que impacten directamente la concentración de estas variables.

Figura 3.2.5-48 Macronutrientes en Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

✓ **Cianuro**

Las concentraciones de cianuro, reportadas fueron inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada (<0,0100 mg/L) en la totalidad de los puntos y, al no superar los 0,2 mg/L dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, referentes a la destinación del recurso para uso doméstico y consumo humano, el recurso de estos afluentes no representa riesgo para su uso en este tipo de actividades.

✓ **Fluoruros**

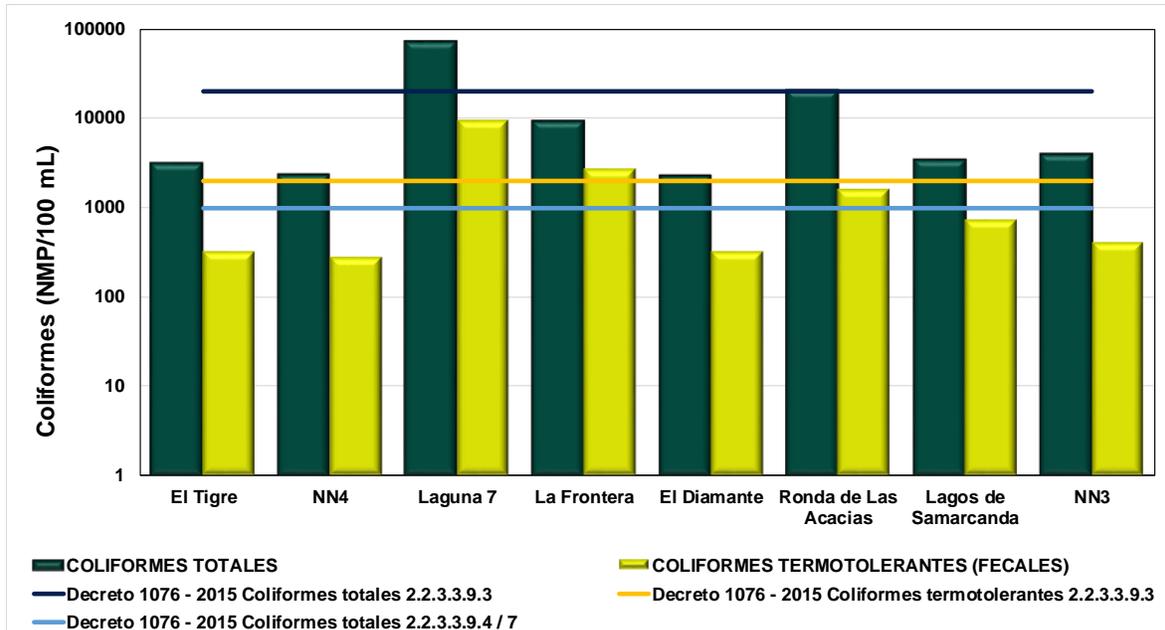
Los fluoruros se ubicaron por debajo de los límites de detección, <0,1 mg/L, en todos los sistemas lénticos evaluados, por lo que se concluye que este tipo de compuestos no están causando afectaciones sobre el recurso.

✓ **Coliformes fecales y Coliformes totales**

Los niveles de coliformes fecales oscilaron entre los 284 NMP/100mL y 9800 NMP/100mL, siendo La Frontera (2750 NMP/100mL) y Laguna 7 (9800 NMP/100mL) lo puntos con las mayores concentraciones de estos microorganismos, asociadas a la presencia de materia orgánica en estos puntos, presencia de búfalos y actividades domésticas, registradas en las zonas aledañas. Junto a estos dos puntos, las concentraciones de Ronda de los Acacios, superan los límites de 1000 NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.5 y de 2000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.3, lo que indica que el recurso no puede ser destinado a usos agrícolas, domésticos o consumo humano.

Con respecto a las concentraciones de coliformes totales, se tuvieron niveles entre los 2247 NMP/100mL y los 72700 NMP/100mL. Ronda de los Acacios (20350 NMP/100mL) y Laguna 7 (72700 NMP/100mL) fueron los puntos de más alta presencia de estos organismos. En estos puntos se reporta la presencia de animales silvestres, actividades ganaderas y domésticas. La comparación con la normativa ambiental vigente indica que las aguas de todos los sistemas lénticos superan los 1000NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4, por lo que estas aguas no podrán ser destinadas al consumo humano y uso doméstico. El límite de los 5000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.5, es superado por lo puntos de máxima concentración y La Frontera (9340 NMP/100mL), lo que impide que estas aguas puedan ser empleadas en actividades relacionadas con el riego, lavado de frutas y otras actividades relacionadas con la agricultura. Estos resultados muestran una importante presencia de estos microorganismos, especialmente en las zonas influenciadas por asentamientos humanos domésticos e industriales que son las responsables de la llegada de descargas con alto contenido de materia orgánica a los cuerpos fluviales, traducida en la adición de microorganismos autóctonos. Este fenómeno es consecuencia directa del manejo inadecuado de los desechos líquidos y sólidos que tienen un impacto negativo a nivel ambiental, económico y social (Ramos, Vidal, Vilardey, & Saavedra, 2008).

Figura 3.2.5-49 Coliformes fecales y totales en Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.4.2 Índices de Calidad y Contaminación de Aguas Sistemas Lénticos

➤ Índice de Calidad de Aguas Superficiales

En la tabla que se muestra a continuación, se presenta la asignación de los valores del ICA para los sistemas lénticos monitoreados. El índice fue calculado a partir del uso de seis variables (Ver Capítulo 1. **Tabla 1.5.3.5.5 Variables y Ponderaciones para el manejo de seis (6) variables**).

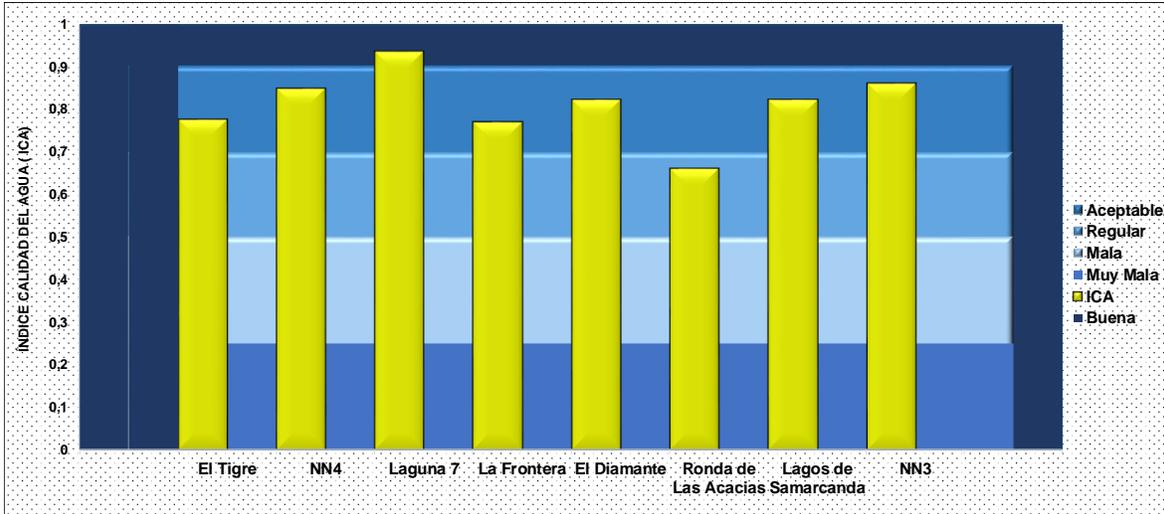
Tabla 3.2.5-131 Índice de Calidad de Aguas Superficiales-ICA. Sistemas Lénticos

Punto	ICA	Calificación de la calidad del agua
El Tigre	0,77	Aceptable
NN4	0,85	
Laguna 7	0,93	Buena
La Frontera	0,77	Aceptable
El Diamante	0,82	
Ronda de los Acacios	0,66	Regular
Lagos de Samarcanda	0,82	Aceptable
NN3	0,86	

Fuente: (Antea Colombia, 2023)

El punto Ronda de los Acacios correspondió al sistema léntico con calidad de agua *Regular*, relacionado con que fue el punto con la concentración de oxígeno más baja, un pH ácido, uno de los DQO más altos y el nitrógeno más alto del estudio. Estos parámetros se vieron directamente afectados por la cercanía con una vivienda y con la actividad ganadera que impacta este cuerpo de agua. Laguna El tigre, Laguna NN4, La Frontera El Diamante, Lagos de Samarcanda y Laguna NN3 calificaron como sistemas con calidad de agua *Aceptable*, quedando Laguna 7 como el sistema léntico de mejor calidad de agua, con una calificación de *Buena*. En este punto no se reportaron actividades antrópicas, solo la presencia de animales silvestres, condición que favorece el buen estado de esta laguna.

Figura 3.2.5-50 Índice de Calidad –ICA. Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

➤ **Índices de Contaminación (ICO's)**

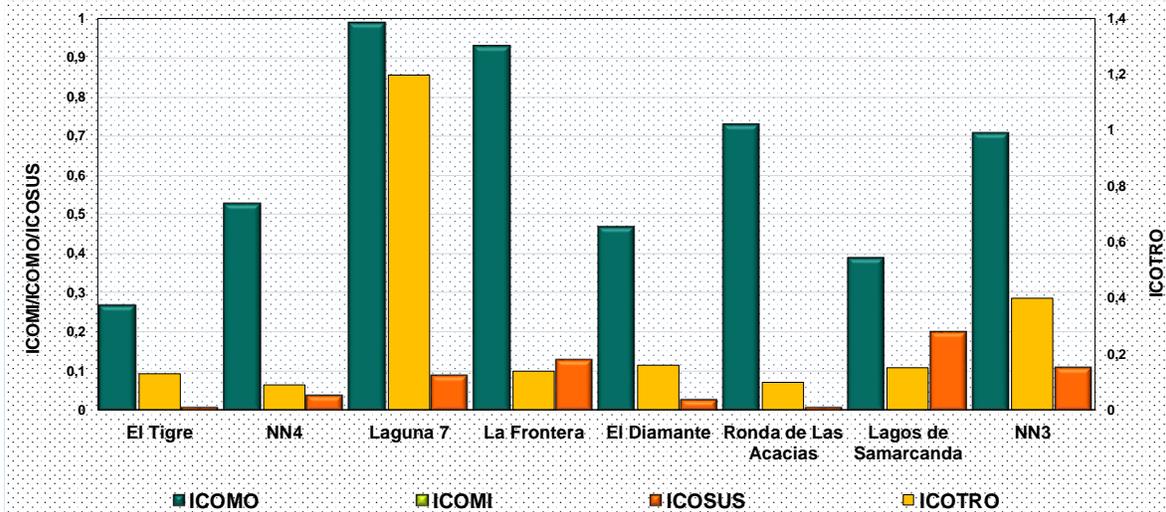
El comportamiento de los índices de contaminación se presenta en la figura siguiente. La tabla a continuación indica que los niveles de contaminación por presencia de materia orgánica son los más altos en todos los sistemas evaluados, abarcando niveles desde Bajos, en El Tigre y Lagos de Samarcanda, pasando por contaminación media, en NN4 y El Diamante y contaminación alta en Ronda de los Acacios y NN3, hasta la contaminación muy alta en Laguna 7 y La Frontera, probablemente asociada a la presencia de material vegetal en descomposición y animales silvestres. El registro de actividades ganaderas y domésticas en los terrenos evaluado es un factor determinante en el comportamiento de este índice. Por otra parte, los índices de contaminación por mineralización o presencia de sólidos suspendidos fueron muy bajos en la totalidad de los sistemas lénticos monitoreados, lo que permite descartar cualquier tipo de afectación relacionada con las variables empleadas para su cálculo. En última instancia, se describe el ICOTRO, que indica que Laguna 7 califica como un sistema hipereutrófico, por marcar un índice mayor a 1, este comportamiento se da como respuesta al bajo caudal, que provoca el enriquecimiento del sistema con fósforo orgánico e inorgánico, lo que acelera los procesos de eutrofización e hipereutrofización, como consecuencia del aumento en la actividad biológica, el consumo de oxígeno y la poca disponibilidad del mismo. Los puntos restantes califican dentro de la categoría de eutróficos.

Tabla 3.2.5-132 Índice de Contaminación-ICO's. Sistemas Lénticos

Punto	ICO's			
	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
El Tigre	0,27	0,0	0,01	0,13
NN4	0,53	0,0	0,04	0,09
Laguna 7	0,99	0,03	0,09	1,2
La Frontera	0,93	0,01	0,13	0,14
El Diamante	0,47	0,01	0,03	0,16
Ronda de los Acacios	0,73	0,01	0,01	0,1
Lagos de Samarcanda	0,39	0,05	0,20	0,15
NN3	0,71	0,01	0,11	0,4

Colores Indicativos para ICOMO, ICOMI e ICOSUS: Rojo: Contaminación muy alta, Gris: Contaminación alta; Amarillo: Contaminación media; Verde: Contaminación baja; Azul: Contaminación muy baja. Fuente: (Antea Colombia, 2023)

Figura 3.2.5-51 Índice de Contaminación. Sistemas Lénticos



Fuente: (Antea Colombia, 2023)

3.2.5.1.4.3 Conclusiones

- Los propietarios de los predios no autorizaron el acceso a los puntos Neiva 1y La Perla, por lo el monitoreo solo fue ejecutado en ocho (8) puntos.
- En los puntos evaluados se reportaron actividades ganaderas, agrícolas (cultivos de palma), domésticas y presencia de animales silvestres, especialmente aves.
- La variación en temperatura no fue significativa entre los puntos monitoreados, oscilando entre los 28,7°C y 36,2 °C. la variación reportada es consecuencia de las condiciones climáticas de la zona y a la morfología de los cuerpos de agua, por lo que se descartan afectaciones de tipo térmico.
- El oxígeno registró concentraciones entre 5,06 mg/L O₂ (Ronda de las Acacias) y 7,88 mg/L O₂ (Laguna 7). Se detectó una relación inversa con la temperatura, al aumentar este parámetro, disminuían los niveles de oxígeno. Ningún punto se encuentra por debajo del límite de 4mg/L establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10 referente a su destinación para la preservación de flora y fauna.
- Los valores de pH variaron entre 4,88 Unidades y 8,76 Unidades. Los puntos Laguna 7 y NN3, se clasifican como cuerpos de agua básicos. Exceptuando el punto Laguna 7, ningún punto cumple con los criterios para destinar el agua a consumo humano o uso doméstico, aunque si podrán usarse en actividades agrícolas y son aptas para la preservación de la fauna y flora.
- Se observaron conductividades que oscilaron entre los 4,62 µs/cm y 65,5 µs/cm, correspondiendo a Lagos de Samarcanda al punto del mayor registro, por lo que se clasifica como un sistema eutrófico de alta producción. El resto de los puntos se caracterizan por ser de mineralización débil
- Los sólidos disueltos tuvieron valores entre 32 mg/L y 70 mg/L: Lagos de Samarcanda fue el punto de mayor concentración para este parámetro.
- El olor y sabor del recurso de todos los puntos evaluados fue calificado "Aceptable", por lo que estos parámetros no afectan la calidad organoléptica del agua de los sistemas Lénticos valorados durante esta campaña.
- La concentración de cloruros en los cuerpos de agua lénticos del Área de Desarrollo Llanos 141, se ubicó por debajo de los límites de detección en todos los lagos y lagunas valoradas. Al no superarse el límite normativo, el recurso puede ser destinados para el uso doméstico y consumo humano.

- Los registros de sulfatos se reportaron como indetectables en la mayoría de los sistemas lénticos evaluados (5,0 mg/L), exceptuando los Lagos de Samarcanda que marcó una concentración de 7,12 mg/L. No se supera el límite de 400 mg/L impuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, por lo que el recurso de estos sistemas es apto para consumo humano y uso doméstico.
- Las concentraciones SST fluctuaron entre <10 mg/L y 74,5 mg/L. Los valores más altos se reportaron en La Frontera y Lagos de Samarcanda. Estos registros coinciden con los máximos de la turbiedad que, para los mismos puntos registraron valores de 2,05 UJT y 3.57 UJT. La comparación con la normatividad vigente muestra que ningún punto supera lo estipulado como límite, por lo que estas aguas podrán ser destinadas a tal uso previa tratamiento convencional. Las concentraciones de SST interfieren con la productividad primaria de estos cuerpos de agua.
- Los ST contaron con un registro mínimo de 48 mg/L y uno máximo de 148 mg/L. Los registros altos fueron detectados en Laguna 7 y Lagos de Samarcanda. A excepción de Laguna 7, La Frontera y Laguna NN3, registraron concentraciones de sólidos sedimentables por debajo del límite de cuantificación.
- La DBO₅ arrojó valores entre indetectables (<2,0 mg/L) en Laguna NN4 hasta 31,9 mg/L en La Frontera. Exceptuando los puntos Laguna El Tigre, Laguna NN4, Lagos de Samarcanda y Laguna NN3, los valores reportados indican presencia de materia orgánica. El punto Laguna NN4 es un sistema sin contaminación; Laguna El Tigre es un punto con contaminación moderada; Lagos de Samarcanda y Laguna NN3 tienen contaminación fuerte y los puntos restantes corresponden a sistemas hídricos lénticos con contaminación muy fuerte por presencia de contaminantes de naturaleza orgánica.
- La DQO se ubicó entre los 12,7 mg/L y 62,5 mg/L, con el máximo en La Frontera, valores que se tienen como elevados, el mayor aporte lo hace el material proveniente de residuos vegetales, descargas y basuras, provenientes de las actividades antrópicas reportadas en las zonas adyacentes.
- El Carbono Orgánico Total, tuvo registros entre los 2,04 mg/L y 12,7 mg/L, con La Laguna El Tigre como la de mayor concentración, señalando que, junto con Laguna 7, son los sistemas lénticos que presentan la mayor concentración de material orgánico a ser transformado
- Los resultados de alcalinidad oscilaron entre indetectables (6,040 mg/L), en La Frontera y Ronda de los Acacios y 26,7 mg/L. Los registros más altos se detectaron en Lagos de Samarcanda y Laguna El Tigre. La acidez tuvo registros comprendidos entre 7,59 mg/L y 57 mg/L, con la Laguna NN3 como la de mayor acidez. Estos valores se encuentran relacionados con el equilibrio en el sistema CO₂/carbonato del medio.
- La Dureza Cálcica osciló fue indetectable en la mayoría de puntos (<5,00 mg/L), menos en Lagos de Samarcanda, que tuvo un valor de 15,8 mg/L. Con base en los registros de Dureza total, es posible indicar que La Laguna El Tigre es poco productiva y blanda; las lagunas 7 y NN3 son sistemas medianamente productivos de aguas blandas, mientras que Lagos de Samarcanda es un cuerpo hídrico de aguas muy productivas y blandas.
- Se registraron concentraciones de Nitratos indetectables (<1,0 mg/L) en todos los puntos, se cumplen con los límites normativos y las aguas pueden usarse a consumo humano y uso doméstico. Los Nitritos marcaron niveles indetectables, en seis de los 8 puntos monitoreados, lo que indica que los procesos de autodepuración naturales se encuentran activos y no se reportan procesos contaminantes. También cumplen con la normatividad y el recurso puede destinarse para el consumo humano y uso doméstico.
- El nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico registraron concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada lo que ratifica la ausencia de contaminación reciente por concentraciones significativas de compuestos nitrogenados de origen antrópico o descargas puntuales y directas de aguas residuales. El Nitrógeno Total reportó valores por debajo del límite de detección en Laguna NN4 y reportó un máximo de 2,0 mg/L en Ronda de los Acacios, valor asociado a la presencia de ganado y actividades domésticas registrados en la zona aledaña al punto.

- El fósforo hidrolizable total, se ubicó por debajo de los límites de detección de la técnica empleada en la mayoría de los puntos, exceptuando a Laguna 7 y Laguna NN3.
- El fósforo orgánico se registró valores en Laguna 7; La Frontera y Laguna NN3. Los Ortofosfatos fueron registrados en Laguna El Tigre y Laguna 7. El Fósforo Total se ubicó entre los 0,085 mg/L y 1,2 mg/L, con el máximo en Laguna 7, junto con este punto, los sistemas Laguna El Tigre; La Frontera; El Diamante; Lagos de Samarcanda; y Laguna NN3 se clasifican como altamente eutróficos.
- Los fenoles totales tuvieron registros por debajo de los límites de detección del método en todos los puntos.
- Los reportes de Grasas y Aceites se ubicaron dentro del rango de los 0,315 mg/L y 1,22 mg/L, con una concentración máxima en Laguna 7. El agua de estos afluentes no podrá ser destinada para uso doméstico o consumo humano porque no se da cumplimiento a los establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4.
- Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y compuestos fenólicos no fueron detectados en ninguno de los puntos de los lénticos, sus concentraciones se ubicaron por debajo del límite de cuantificación.
- Los Hidrocarburos Totales, se registraron valores entre los 0,413 mg/L y 0,679 mg/L, el recurso no debe ser destinado para uso doméstico o consumo humano.
- Los Pesticidas Organoclorados y Organofosforados registraron concentraciones menores a los límites de cuantificación, por lo que se concluye que Los Lagos y Lagunas no están siendo objeto de contaminación por ningún tipo de sustancias con estos compuestos.
- El selenio, cromo total y hexavalente, cobre, bario, vanadio, cobalto, molibdeno, níquel, mercurio, cadmio, arsénico, aluminio y la plata reportaron concentraciones indetectables por medio de las técnicas empleadas para su análisis, cumpliendo en todos los casos con los límites establecidos por la normatividad ambiental
- Las concentraciones de zinc registradas cumplen con los límites de la norma, por lo que el recurso puede ser destinados para uso doméstico, consumo humano, uso agrícola y pecuario.
- La concentración de manganeso reportada en Lagos de Samarcanda supera el límite de calidad para disponer el recurso en actividades agrícolas.
- Los niveles registrados de plomo en todos los sistemas lénticos cumplen con la normativa y el agua puede ser usado en actividades agrícolas, domésticas y consumo humano.
- Las concentraciones de boro no superan los límites y el agua puede ser usada en actividades pecuarias.
- El antimonio y el berilio, que reportaron valores por debajo del límite de cuantificación.
- La medición de los compuestos orgánicos volátiles BTEX, reportó concentraciones <0,0100 mg/L en la totalidad de puntos valorados
- El hierro reportó concentraciones que fluctuaron entre los 0,351 mg/L y los 2,46 mg/L, con la Laguna NN3 como el punto de mayor presencia de este metal, ningún punto supera los 5,0 mg/L establecidos en el decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.5, por lo que es recurso contenido en estos cauces puede ser empleado en actividades relacionadas con la agricultura.
- El Color varió entre los 14,1 UPC y 66,7 UPC, con el valor más alto en El Diamante que, junto con Laguna NN4, Laguna 7, La Frontera y Ronda de los Acacios superan los 20UPC y sus aguas no pueden usarse con fines domésticos o consumo humano. Ninguno supera los 70 UPC y el recurso es apto para la agricultura.
- Los niveles de calcio variaron entre los 0,312 mg/L y los 5,53 mg/L. El sodio tuvo un rango entre los 2,39 mg/L y 4,8 mg/L. El magnesio osciló entre los 0,107 mg/L y 1,84 mg/L. El potasio estuvo entre los 0,603 mg/L y los 3,28 mg/L. Las variaciones de estos parámetros dependen de posibles vertimientos de origen agrícola, los cuales incrementan o reducen sus concentraciones debido a la ausencia de corriente y/o tributarios, que aumenten sus valores.

- Las concentraciones de cianuro, reportadas fueron inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en la totalidad de los puntos, cumpliendo la normatividad y haciendo apto el recurso para el uso doméstico y consumo humano.
- Los fluoruros se ubicaron por debajo de los límites de detección, <0,1 mg/L, en todos los sistemas lénticos evaluados, por lo que se concluye que este tipo de compuestos no están causando afectaciones sobre el recurso.
- Los niveles de coliformes fecales oscilaron entre los 284 NMP/100mL y 9800 NMP/100mL, siendo La Frontera y Laguna 7 los puntos con las mayores concentraciones de estos microorganismos, asociado a las actividades antrópicas registradas en estos puntos y la presencia de animales silvestres. Junto con Ronda de los Acacios, estos dos puntos superan los límites de la norma, por lo que no podrán destinarse al uso doméstico, consumo humano o uso agrícola.
- Las concentraciones de coliformes totales tuvieron niveles entre los 2247 NMP/100mL y los 72700 NMP/100mL. Ronda de los Acacios y Laguna 7 fueron los puntos de más alta presencia de estos organismos. Las aguas de todos los sistemas lénticos superan los 1000NMP/100mL del artículo 2.2.3.3.9.4, por lo que estas aguas no podrán ser destinadas al consumo humano y uso doméstico. El límite de los 5000 NMP/100mL del 2.2.3.3.9.5, es superado por los puntos de máxima concentración y La Frontera (9340 NMP/100mL), lo que impide que estas aguas puedan ser empleadas en actividades relacionadas con el riego, lavado de frutas y otras actividades relacionadas con la agricultura.
- El punto Ronda de los Acacios correspondió al sistema léntico con calidad de agua *Regular*. Laguna El tigre, Laguna NN4, La Frontera El Diamante, Lagos de Samarcanda y Laguna NN3 calificaron como sistemas con calidad de agua *Aceptable*. Laguna 7 fue el sistema léntico de mejor calidad de agua, con una calificación de *Buena*.
- Contaminación por presencia de materia orgánica: Baja: El Tigre y Lagos de Samarcanda; Media: NN4 y El Diamante; Alta: Ronda de los Acacios y NN3 y Muy Alta: Laguna 7 y La Frontera. La materia orgánica fue la variable que más elevó los niveles de contaminación en estos puntos, relacionado con la presencia de ganado, animales silvestres, actividades agrícolas y domésticas en los terrenos adyacentes a los sistemas lénticos evaluados.
- Los índices de contaminación por mineralización o presencia de sólidos suspendidos fueron muy bajos en la totalidad de los sistemas lénticos monitoreados, lo que permite descartar cualquier tipo de afectación relacionada con las variables empleadas para su cálculo.
- El ICOTRO indica que Laguna 7 califica como un sistema hipereutrófico, los puntos restantes califican dentro de la categoría de eutróficos.