



TGI
Grupo Energía Bogotá

AMBIENTAL

3.2.5. CALIDAD DEL AGUA

TABLA DE CONTENIDO

3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
3.2	Medio Abiótico.....	1
3.2.5	Calidad de Agua.....	1
3.2.5.1	Monitoreo de Calidad de Agua superficial.....	1
3.2.5.1.1	Localización y descripción de los puntos de monitoreo.....	2
3.2.5.1.2	Resultados Temporada de Lluvias.....	9
3.2.5.1.3	Resultados Temporada seca.....	13
3.2.5.1.4	Análisis de resultados de la temporada de lluvias y seca.....	17
3.2.5.1.4.1	Temperatura.....	17
3.2.5.1.4.2	Oxígeno Disuelto.....	19
3.2.5.1.4.3	Valor potencial de hidrógeno (pH).....	21
3.2.5.1.4.4	Conductividad.....	23
3.2.5.1.4.5	Sólidos Disueltos Totales.....	25
3.2.5.1.4.6	Cloruros.....	26
3.2.5.1.4.7	Sulfatos.....	27
3.2.5.1.4.8	Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Totales.....	28
3.2.5.1.4.9	Sólidos Sedimentables.....	30
3.2.5.1.4.10	Turbiedad.....	31
3.2.5.1.4.11	Carbono Orgánico Total - COT.....	33
3.2.5.1.4.12	Color Verdadero y Color Real.....	34
3.2.5.1.4.13	Alcalinidad Total.....	37
3.2.5.1.4.14	Acidez Total.....	39
3.2.5.1.4.15	Dureza Total.....	39
3.2.5.1.4.16	Fosforo y compuestos fosforados.....	40
3.2.5.1.4.17	Nitratos.....	42
3.2.5.1.4.18	Nitritos.....	43
3.2.5.1.4.19	Nitrógeno Amoniacal y Total.....	44
3.2.5.1.4.20	Cianuro Total.....	45
3.2.5.1.4.21	Fluoruros.....	46
3.2.5.1.4.22	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅).....	47
3.2.5.1.4.23	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO).....	47
3.2.5.1.4.24	Cationes.....	48
3.2.5.1.4.25	Metales.....	49
3.2.5.1.4.26	Grasas y Aceites.....	53
3.2.5.1.4.27	Fenoles.....	54
3.2.5.1.4.28	Tensoactivos.....	55
3.2.5.1.4.29	Pesticidas Organofosforados.....	56
3.2.5.1.4.30	Coliformes Totales y Termotolerantes.....	57
3.2.5.1.4.31	Huevos de Helminto.....	60
3.2.5.1.5	Cálculo de índices.....	61
3.2.5.1.5.1	Índices de Contaminación.....	61
3.2.5.1.5.2	Índice de Calidad de Agua (ICA).....	63
3.2.5.1.6	Análisis multitemporal de los resultados de calidad de agua.....	64
3.2.5.1.7	Conclusiones.....	72
3.2.5.2	Monitoreo de calidad del agua subterránea.....	75
3.2.5.2.1	Localización y descripción de los puntos de monitoreo.....	76
3.2.5.2.2	Resultados.....	77
3.2.5.2.2.1	Balace Iónico.....	99
3.2.5.2.3	Conclusiones.....	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	104

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	I

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1 Ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial con respecto a las unidades hidrograficas	3
Figura 3-2 Ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial con respecto al área de influencia	4
Figura 3-3 Registro de Temperatura - Temporada de Lluvias	18
Figura 3-4 Registro de Temperatura - Temporada Seca	19
Figura 3-5 Registro de Oxígeno Disuelto - Temporada de Lluvias	20
Figura 3-6 Registro de Oxígeno Disuelto - Temporada Seca	20
Figura 3-7 Registro de pH - Temporada de Lluvias	22
Figura 3-8 Registro de pH - Temporada Seca	23
Figura 3-9 Registro de Conductividad Eléctrica - Temporada de Lluvias	24
Figura 3-10 Registro de Conductividad Eléctrica - Temporada Seca	25
Figura 3-11 Registro de Turbiedad - Temporada de Lluvias	32
Figura 3-12 Registro de Turbiedad - Temporada Seca	33
Figura 3-13 Registro de Color Real - Temporada de Lluvias	35
Figura 3-14 Registro de Color Real - Temporada Seca	36
Figura 3-15 Registro de Alcalinidad Total - Temporada de Lluvias	37
Figura 3-16 Registro de Alcalinidad Total - Temporada Seca	38
Figura 3-17 Registro de Hierro Total - Temporada de Lluvias	51
Figura 3-18 Registro de Hierro Total - Temporada Seca	53
Figura 3-19 Registro de Coliformes Totales - Temporada de Lluvias	58
Figura 3-20 Registro de Coliformes Termotolerantes - Temporada de Lluvias	58
Figura 3-21 Registro de Coliformes Totales - Temporada Seca	59
Figura 3-22 Registro de Coliformes Termotolerantes - Temporada Seca	60
Figura 3-23 . Análisis Multitemporal - Temperatura	65
Figura 3-24 . Análisis Multitemporal – pH	66
Figura 3-25 . Análisis Multitemporal – Turbiedad	67
Figura 3-26 . Análisis Multitemporal – SST	68
Figura 3-27 . Análisis Multitemporal – Sólidos Disueltos Totales	69
Figura 3-28 . Análisis Multitemporal – Sólidos Totales	70
Figura 3-29 . Análisis Multitemporal – DBO ₅	71
Figura 3-30 . Análisis Multitemporal – DQO	71
Figura 3-31 . Análisis Multitemporal – Coliformes Totales	72
Figura 3-32 Ubicación de los puntos de monitoreo de agua subterránea	76

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	II

Figura 3-33 Registro de temperatura de muestra en el punto monitoreado	80
Figura 3-34 Registro de pH en el punto monitoreado	81
Figura 3-35 Registro de la conductividad eléctrica en el punto monitoreado	82
Figura 3-36 Registro del oxígeno disuelto en el punto monitoreado	83
Figura 3-37 Registro del color verdadero en el punto monitoreado.....	84
Figura 3-38 Registro de la turbiedad en el punto monitoreado.....	85
Figura 3-39 Registro del Hierro Total en el punto monitoreado	95
Figura 3-40 Registro de los Coliformes Totales en el punto monitoreado.....	97
Figura 3-41 Registro de los Coliformes Termotolerantes en el punto monitoreado	98

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1 Descripción de los puntos de monitoreo.....	5
Tabla 3-2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - Temporada de Lluvias10	
Tabla 3-3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - Temporada Seca.....	14
Tabla 3-4 Índices de contaminación (ICO's) en los puntos de monitoreo	62
Tabla 3-5 Interpretación de los Índices de Contaminación	62
Tabla 3-6 Índices de calidad (ICA) en los puntos de monitoreo	64
Tabla 3-7 Descripción del punto de monitoreo de agua subterránea	77
Tabla 3-8 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del Agua Subterránea .	78
Tabla 3-9 Balance Iónico el punto de agua subterránea evaluado.....	99

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO J. MONITOREOS

- 1 Agua Superficial
- 2 Agua Subterránea

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	III

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.2 Medio Abiótico

3.2.5 Calidad de Agua

A continuación, se presentan los resultados de los monitoreos realizados para medir la calidad de agua superficial y subterránea, como parte del análisis y caracterización del área de influencia de la Estación de Compresión de gas Palestina (ECG).

3.2.5.1 Monitoreo de Calidad de Agua superficial

Las características organolépticas y fisicoquímicas del agua reflejan las dinámicas ecosistémicas y las alteraciones causadas por impactos antrópicos. En cumplimiento a lo establecido en los términos de referencia HI-TER 1-05 se realizó la caracterización de las fuentes de agua superficial que serán objeto de intervención o afectación de las actividades constructivas y operativas del proyecto. Para ello se ubicaron estratégicamente los puntos de monitoreo con el fin de garantizar que dichos cuerpos de agua cuenten con una línea base aguas arriba y aguas abajo de la ocupación de cauce solicitada para el estudio y puntos adicionales que den información de las características fisicoquímicas del agua a lo largo de influencia del proyecto, el cual a su vez se ubica en jurisdicción del municipio de Palestina en el departamento de Caldas.

La caracterización se llevó a cabo en dos temporadas, la primera del 16 de junio de 2024 (temporada seca) y la segunda se efectuó del 8 al 10 de octubre de 2024 (temporada de lluvias) en seis (6) puntos de interés. Durante la fase de campo, se realizaron mediciones in situ de algunos parámetros y se colectaron las muestras de agua para los posteriores análisis fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos en laboratorio.

Los monitoreos fueron realizados por la empresa MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. acreditada bajo la Resolución No. 1849 del 26 de agosto de 2022 del IDEAM. Cabe aclarar que los parámetros que no se encuentran acreditados fueron subcontractados por medio del laboratorio GDCON acreditado por el IDEAM mediante Resolución 0441 de febrero 2018, Resolución 1624 diciembre de 2019.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	1
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	---

Así mismo, en el *Anexo J. MONITOREOS\1. Agua Superficial* se presentan los informes de caracterización de los cuerpos de agua superficial durante la temporada seca y de lluvias, en donde se podrá consultar el desarrollo metodológico y equipos empleados para la determinación de las concentraciones.

Para el análisis y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se realizó la comparación con los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 de 2015 en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 (consumo humano y/o doméstico, uso agrícola y uso pecuario; respectivamente), en los cuales se fijan los límites máximos permisibles vigentes para la destinación del recurso. De igual forma, se caracterizaron las comunidades hidrobiológicas presentes en los mismos sitios del muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de forma simultánea.

Según lo estipulado por dicho Decreto, el uso del agua para consumo humano y doméstico se refiere, a su utilización en actividades como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, y preparación de alimentos en general. Por su parte, el uso agrícola, se entiende como su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias. Finalmente, el uso pecuario del agua, su utilización para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como para otras actividades conexas y complementarias.

Adicionalmente, para la caracterización del agua superficial se determinaron los siguientes índices de contaminación (ICOMO, ICOMI, ICOSUS e ICOTRO) e índice de calidad del agua (ICA).

3.2.5.1.1 Localización y descripción de los puntos de monitoreo

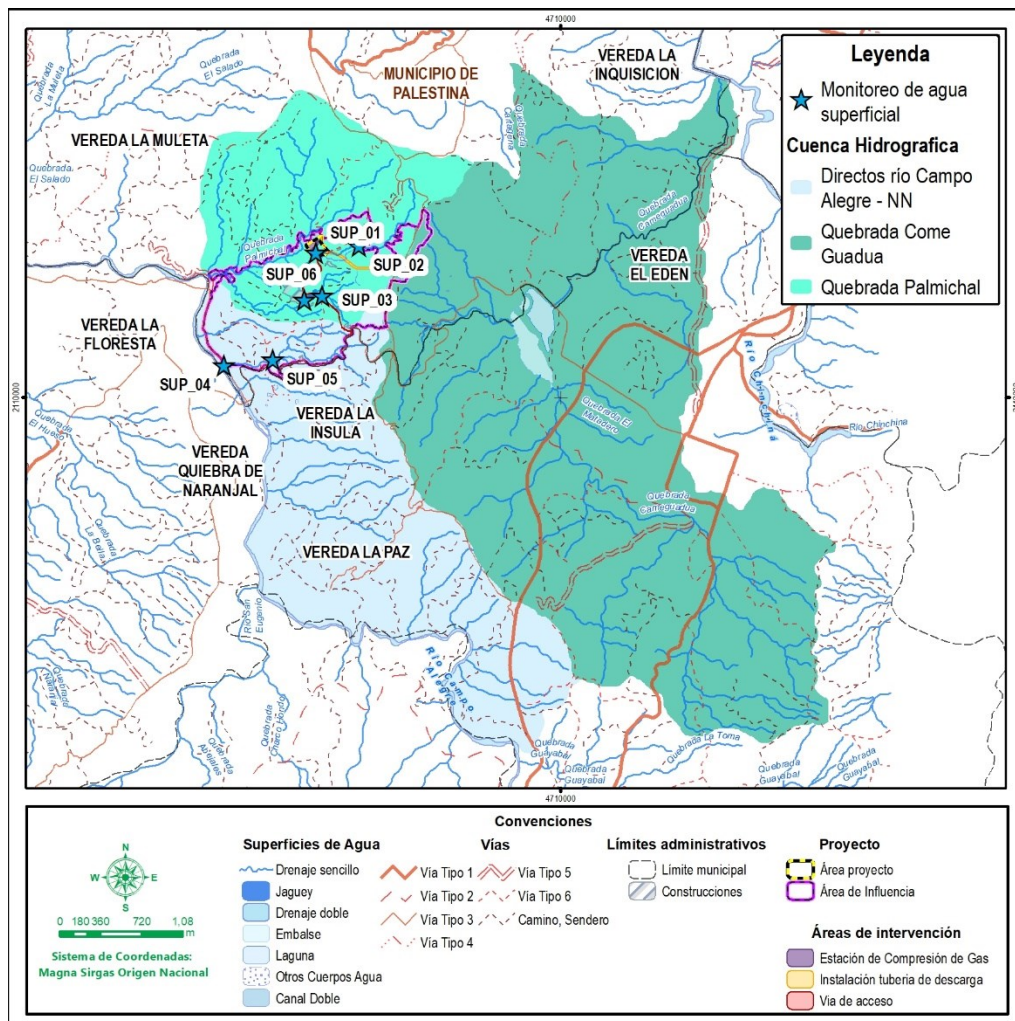
Para el área correspondiente a la modificación de la licencia para la construcción de la Estación de compresión de gas Palestina (ECG) se identificaron los cuerpos de agua susceptibles de intervención y sitios de muestreo que permitan realizar a futuro un

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	2

seguimiento sobre el estado de la calidad del medio durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

A continuación, en la Figura 3-1 se presenta la localización de los puntos de monitoreo de agua superficial con respecto a las unidades hidrográficas identificadas en el *Capítulo 03.2.4.ABIOT (HIDROL)* y en la Figura 3-2 la ubicación con respecto a el área de influencia. Además, en la Tabla 3-1 se presenta la descripción de los puntos de monitoreo.

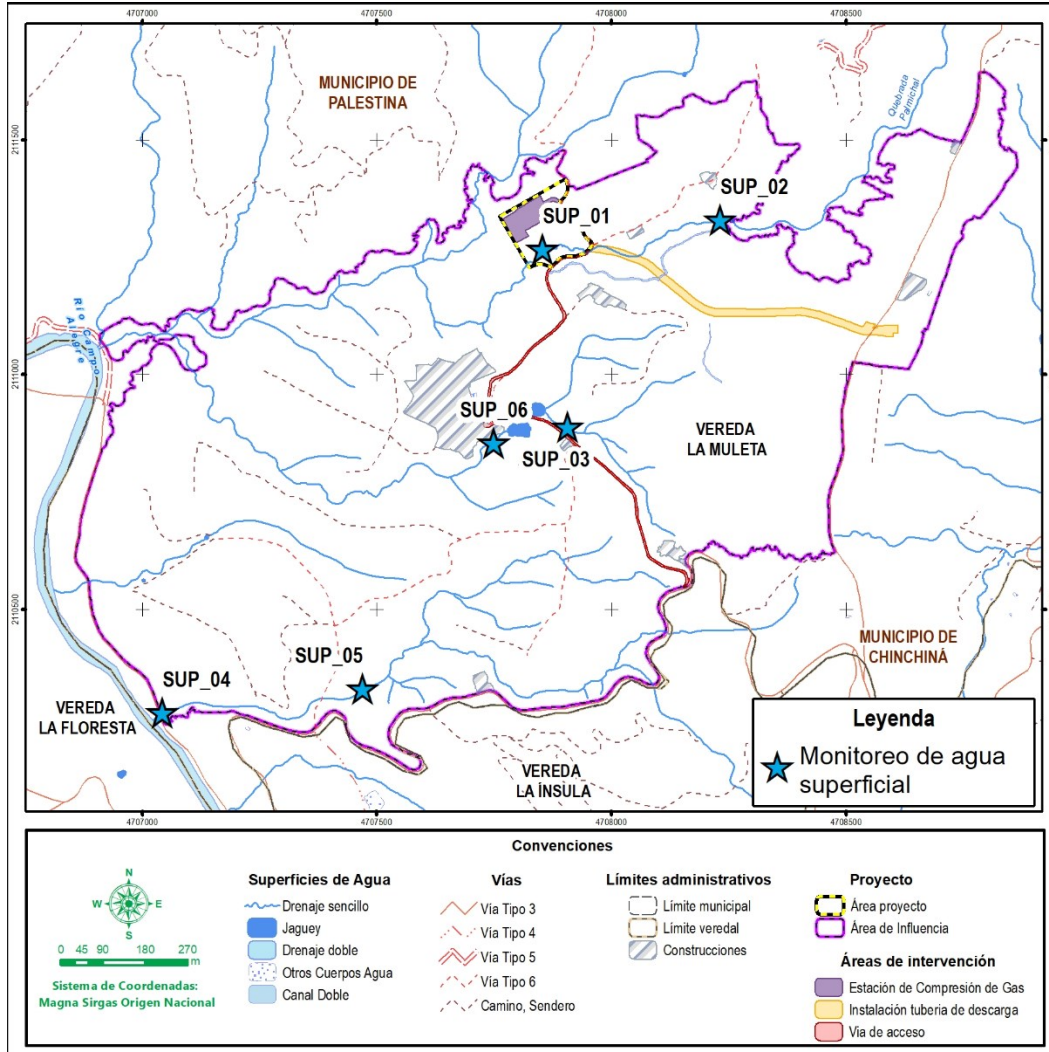
Figura 3-1 Ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial con respecto a las unidades hidrográficas



Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	3




Figura 3-2 Ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial con respecto al área de influencia









Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.




Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	4

Tabla 3-1 Descripción de los puntos de monitoreo

ID PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TEMPORADA DEL MONITOREO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE			
SUP 01	4707853	2111268	Temporada de Lluvias	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación moderado.	
			Temporada Seca	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación moderado. El punto se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.	
SUP 02	4708231	2111331	Temporada de Lluvias	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación es muy bajo.	

ID PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TEMPORADA DEL MONITOREO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE			
			Temporada Seca	<p>Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación es muy bajo.</p> <p>El punto se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.</p>	
SUP 03	4707906	2110890	Temporada de Lluvias	<p>Cuerpo de agua lóxico tipo caño, con nivel de agua flujo base y tipo de corriente interrumpida. Con un lecho estable y compuesto por arena y arcilla. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles, arbustos y hierbas, con un grado de perturbación bajo.</p>	
			Temporada Seca		

ID PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TEMPORADA DEL MONITOREO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE			
SUP 04	4707043	2110282	Temporada de Lluvias	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con nivel de agua bajo y con corriente. Lecho con deposición moderada y compuesto por grandes rocas. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles, arbustos y hierbas, con un grado de perturbación bajo.	
			Temporada Seca		
SUP 05	4707471	2110333	Temporada de Lluvias	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con nivel de agua flujo base y con corriente. Lecho con erosión moderada y compuesto por cantos rodados. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles y arbustos, con un grado de perturbación alto.	

ID PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TEMPORADA DEL MONITOREO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE			
			Temporada Seca		
SUP 06	4707749	2110856	Temporada de Lluvias	Cuerpo de agua lóxico tipo caño, con nivel de agua flujo base y con corriente interrumpida. Lecho estable y compuesto por arena. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles, arbustos y hierbas, con un grado de perturbación bajo.	
			Temporada Seca		

Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024

3.2.5.1.2 Resultados Temporada de Lluvias

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de los resultados del monitoreo realizado en época de lluvias, el informe, reportes de laboratorio, cadenas de custodia entre otros, se presentan en el *Anexo J. MONITOREOS\1.Agua Superficial\Temporada de Lluvias*.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	9
--------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	---

Tabla 3-2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - Temporada de Lluvias

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 01	SUP 02	SUP 03	SUP 04	SUP 05	SUP 06	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE				
		CÓDIGO 45855	CÓDIGO 45856	CÓDIGO 45703	CÓDIGO 45702	CÓDIGO 45700	CÓDIGO 45701	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.	*Art. 2.2.3.3.9.10.
FECHA	dd/mm/aaaa	10/10/2024		9/10/2024		8/10/2024		N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
HORA	h.	9:30	13:10	13:10	9:40	10:30	13:40	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TEMPERATURA MUESTRA	°C	25,8	25	25,2	26,5	25,1	24,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,14	7,37	6,51	4,62	6,89	6,64	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	98,4	96,7	67,6	1010	96,4	81,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	5,0	4,5	3,8	4,9	5,3	4,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4,0
OXÍGENO DISUELTO	%	72,57	64,71	54,86	71,28	75,59	62,53	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	3,7	12,5	13,3	467	5,81	27,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	UJT	0,19	0,66	0,7	24,58	0,31	1,45	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	<5	<5	309	29	7	29	75	20	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 436nm	m-1	0,978	1,1	44,73	4,67	1,78	4,67	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 525nm	m-1	0,487	0,495	22,41	2,39	0,855	2,39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 620nm	m-1	0,233	0,251	11,29	1,12	0,42	1,12	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (S37)	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1680	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg CaCO ₃ /L	<2,00	<2,00	<2,00	8,2	<2,00	2,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONATOS	mg CaCO ₃ /L	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg CaCO ₃ /L	36,6	37,0	23,8	<2,00	28,8	28,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO ₃ /L	36,6	37,0	23,8	2,00	28,8	28,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	40,4	40,2	25,7	137	37,5	31,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg Cl-/L	<4,00	<4,00	<4,00	255	6,70	<4,00	250	250	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /L	<5,00	<5,00	<5,00	82,1	6,80	6,00	400	400	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO REACTIVO TOTAL (EQUIVALENTE A ORTOFOSFATO)	mg P-PO ₄ ⁻³ /L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ACIDO-HIDROLIZABLE TOTAL (LEIDO COMO ORTOFOSFATO)	mg/L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 01	SUP 02	SUP 03	SUP 04	SUP 05	SUP 06	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE				
		CÓDIGO 45855	CÓDIGO 45856	CÓDIGO 45703	CÓDIGO 45702	CÓDIGO 45700	CÓDIGO 45701	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.	*Art. 2.2.3.3.9.10.
FÓSFORO INORGÁNICO (SN)	mg P/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO ORGÁNICO TOTAL	mg/L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	0,16	0,158	0,151	0,146	0,151	0,154	10	10	N.E.	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg N-NO ₂ /L	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	1	1	N.E.	10	10
NITRÓGENO AMONIACAL	mg NH ₃ -N /L	<1,00	<1,00	<1,00	10,5	<1,00	<1,00	1	1	N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/L	<5,00	<5,00	<5,00	15,7	<5,00	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CIANURO TOTAL	mg CN-/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
FLUOR	mg F/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	1	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,04	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<10	<10	<10	452	<10	14	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	56	55	39	584	55	47	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	64	63	48	1070	63	65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DBO ₅	mg O ₂ /L	<2	<2	<2	3050	<2	<2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O ₂ /L	<20	<20	<20	5080	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANTIMONIO TOTAL	mg Sb/L	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CALCIO TOTAL	mg Ca/L	10,3	10,2	6,69	38,8	9,55	8,02	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	2,7	2,65	1,71	10,2	2,49	2,09	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SODIO TOTAL	mg Na/L	7,68	7,54	4,46	131	8,77	8,18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
POTASIO TOTAL	mg K/L	0,698	0,686	0,446	13,2	0,807	0,817	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg As/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.
ALUMINIO TOTAL	mg Al/L	<0,500	<0,500	<0,500	4,02	<0,500	<0,500	N.E.	N.E.	5	5	N.E.
BARIO TOTAL	mg Ba/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	1	1	N.E.	N.E.	N.E.
BERILIO TOTAL	mg Be/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.
BORO	mg B/L	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	N.E.	N.E.	0,3 - 4,0	5	N.E.
CROMO TOTAL	mg Cr/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO TOTAL	mg Cd/L	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.
COBRE TOTAL	mg Cu/L	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	1	1	0,2	0,5	N.E.
COBALTO TOTAL	mg Co/L	<0,0300	<0,0300	<0,0300	<0,0300	<0,0300	<0,0300	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	0,398	0,421	0,287	9,54	0,265	0,521	N.E.	N.E.	5	N.E.	N.E.
MANGANESO TOTAL	mg Mn/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	0,721	0,0502	0,0985	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 01	SUP 02	SUP 03	SUP 04	SUP 05	SUP 06	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE				
		CÓDIGO 45855	CÓDIGO 45856	CÓDIGO 45703	CÓDIGO 45702	CÓDIGO 45700	CÓDIGO 45701	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.	*Art. 2.2.3.3.9.10.
LITIO TOTAL	mg Li/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	2,5	N.E.	N.E.
MERCURIO TOTAL	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.
MOLIBDENO TOTAL	mg Mo/L	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100			N.E.	N.E.	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg Ni/L	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400			N.E.	N.E.	N.E.
PLOMO TOTAL	mg Pb/L	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,05	0,05	5	0,1	N.E.
SELENIO TOTAL	mg Se/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.
PLATA TOTAL	mg Ag/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.
ZINC TOTAL	mg Zn/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	0,052	<0,0200	<0,0200	15	15	2	25	N.E.
VANADIO TOTAL	mg V/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg LAS/L	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	0,5	0,5	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	11,5	<1,40	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	N.E.	N.E.
HIDROCARBUROS	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ML	3840	3310	2720	3280	3790	3360	20000	1000	5000	N.E.	N.E.
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ML	410	395	216	301	309	249	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
HUEVOS DE HELMINTO (S35)	Huevos/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

N.E.: No Establecido. **S.P.V.:** Sin película visible. **Nota 2:** MCS Consultoría se hace responsable por los análisis subcontratados. **(S37):** Ensayos subcontratados con el laboratorio Grupo Diagnóstico y Control de la contaminación (GDCON) – Universidad de Antioquia acreditados por el IDEAM mediante Resolución 141 del 09 de febrero de 2024. **(S35):** Ensayos subcontratados con el laboratorio HIDROLAB Colombia LTDA. Acreditado por el IDEAM mediante Resolución 2242 de 10 de octubre de 2022. **(SN):** Parámetro no acreditado en el laboratorio de Colombia ante el IDEAM. * Para el Art. 2.2.3.3.9.10 se tomaron en cuenta los valores indicados para agua cálida dulce.

Fuente: (MCS, 2024)

3.2.5.1.3 Resultados Temporada seca.

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de los resultados del monitoreo realizado en temporada seca, haciendo hincapié en el hecho que los puntos ASUP 1 y ASUP 2 se encontraban secos al momento de realizar el monitoreo (Fecha: 16-06-2024), por lo cual no se registra ningún resultado para estos dos puntos.

El informe, reportes de laboratorio, cadenas de custodia entre otros, se presentan en el “Anexo J. MONITOREOS\1.Agua Superficial\Temporada Seca”.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	13
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

Tabla 3-3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - Temporada Seca

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 03	SUP 04	SUP 05	SUP 06	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE				
		CÓDIGO 25930	CÓDIGO 25929	CÓDIGO 25927	CÓDIGO 25928	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.	*Art. 2.2.3.3.9.10.
FECHA	dd/mm/aaaa	16/06/2024				N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
HORA	h.	13:45	11:50	08:20	10:10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TEMPERATURA MUESTRA	°C	25,0	30,6	24,8	29,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	6,52	6,78	7,34	7,00	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	88,5	113	101	91,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	4,0	4,2	5,0	4,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4,0
OXÍGENO DISUELTO	%	57,48	65,65	70,93	69,15	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	29,0	9,81	25,6	36,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	UJT	1,53	0,52	1,35	1,92	N.E.	10,0	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	35	<5	7	26	75	20	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 436nm	m-1	5,60	1,12	1,73	4,19	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 525nm	m-1	2,79	0,530	0,891	2,11	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 620nm	m-1	1,42	0,266	0,410	1,10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (S37)	mg/L	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg CaCO ₃ /L	2,80	<2,00	<2,00	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONATOS	mg CaCO ₃ /L	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg CaCO ₃ /L	30,0	40,7	35,3	27,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO ₃ /L	30,0	40,7	35,3	27,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	28,0	35,3	32,0	30,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg Cl ⁻ /L	<4,00	6,70	6,80	<4,00	250,0	250,0	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /L	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	400,0	400,0	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO REACTIVO TOTAL (EQUIVALENTE A ORTOFOSFATO)	mg P-PO ₄ ⁻³ /L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ACIDO-HIDROLIZABLE TOTAL (LEIDO COMO ORTOFOSFATO)	mg/L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FÓSFORO INORGÁNICO (SN)	mg P/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO ORGÁNICO TOTAL	mg/L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	0,992	0,994	0,155	0,345	10,0	10,0	N.E.	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg N-NO ₂ /L	0,106	0,162	<0,0100	0,0115	1,0	1,0	N.E.	10,0	N.E.
NITRÓGENO AMONIACAL	mg NH ₃ -N /L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,0	1,0	N.E.	N.E.	10
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/L	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 03	SUP 04	SUP 05	SUP 06	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE				
		CÓDIGO 25930	CÓDIGO 25929	CÓDIGO 25927	CÓDIGO 25928	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.	*Art. 2.2.3.3.9.10.
CIANURO TOTAL	mg CN-/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
FLUOR	mg F/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	1,0	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	13	<10	21	15	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	50	64	57	52	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	65	71	81	69	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DBO ₅	mg O ₂ /L	<2	<2	<2	<2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O ₂ /L	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANTIMONIO TOTAL	mg Sb/L	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CALCIO TOTAL	mg Ca/L	7,14	9,70	8,14	8,02	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	1,95	2,35	2,11	2,10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SODIO TOTAL	mg Na/L	6,00	8,52	9,50	7,12	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
POTASIO TOTAL	mg K/L	3,34	4,12	2,00	1,61	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg As/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.
ALUMINIO TOTAL	mg Al/L	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	N.E.	N.E.	5,0	5,0	N.E.
BARIO TOTAL	mg Ba/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	1,0	1,0	N.E.	N.E.	N.E.
BERILIO TOTAL	mg Be/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.
BORO	mg B/L	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	N.E.	N.E.	0,3 - 4,0	5,0	N.E.
CROMO TOTAL	mg Cr/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO TOTAL	mg Cd/L	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.
COBRE TOTAL	mg Cu/L	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	1,0	1,0	0,2	0,5	N.E.
COBALTO TOTAL	mg Co/L	<0,0300	<0,0300	<0,0300	<0,0300	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	2,53	0,300	0,423	0,610	N.E.	N.E.	5,0	N.E.	N.E.
MANGANESO TOTAL	mg Mn/L	0,0741	<0,0200	0,0574	0,0881	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.
LITIO TOTAL	mg Li/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	2,5	N.E.	N.E.
MERCURIO TOTAL	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.
MOLIBDENO TOTAL	mg Mo/L	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	N.E.	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg Ni/L	<0,0400	<0,0400	<0,0400	<0,0400	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.
PLOMO TOTAL	mg Pb/L	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,05	0,05	5,0	0,1	N.E.
SELENIO TOTAL	mg Se/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.
PLATA TOTAL	mg Ag/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.
ZINC TOTAL	mg Zn/L	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	15,0	15,0	2,0	25,0	N.E.

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 03	SUP 04	SUP 05	SUP 06	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE				
		CÓDIGO 25930	CÓDIGO 25929	CÓDIGO 25927	CÓDIGO 25928	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.	*Art. 2.2.3.3.9.10.
VANADIO TOTAL	mg V/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg LAS/L	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	0,5	0,5	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	N.E.	N.E.
HIDROCARBUROS	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS	mg/L	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ML	3380	3790	3580	3020	20000	1000	5000	N.E.	N.E.
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ML	254	330	302	211	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
HUEVOS DE HELMINTO (S35)	Huevos/L	0	0	0	0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

N.E: No Establecido. **S.P.V.:** Sin película visible. **Nota 2:** MCS Consultoría se hace responsable por los análisis subcontratados. **(S37):** Ensayos subcontratados con el laboratorio Grupo Diagnóstico y Control de la contaminación (GDCON) – Universidad de Antioquia acreditados por el IDEAM mediante Resolución 141 del 09 de febrero 2024. **(S35):** Ensayos subcontratados con el laboratorio HIDROLAB Colombia LTDA. Acreditado por el IDEAM mediante Resolución 2242 de 10 de octubre de 2022. **(SN):** Parámetro no acreditado en el laboratorio de Colombia ante el IDEAM. * Para el Art. 2.2.3.3.9.10 se tomaron en cuenta los valores indicados para agua cálida dulce.

Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

3.2.5.1.4 Análisis de resultados de la temporada de lluvias y seca.

A partir de los resultados para la temporada seca y de lluvias, en el presente capítulo se presenta el análisis comparativo, analizando los ítems de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos expuestos en las Tabla 3-2 y Tabla 3-3.

3.2.5.1.4.1 Temperatura

La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua, teniendo en cuenta que es una variable que influye, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles (Wetzel, 2000). Las variaciones de la temperatura afectan también la solubilidad de gases y sales en el agua, y están determinadas por la absorción de la radiación en las capas superiores del líquido, estando ligada a su vez con la cinética media de sus moléculas (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se presentan los resultados obtenidos para este parámetro tanto en temporada de lluvias como en temporada seca.

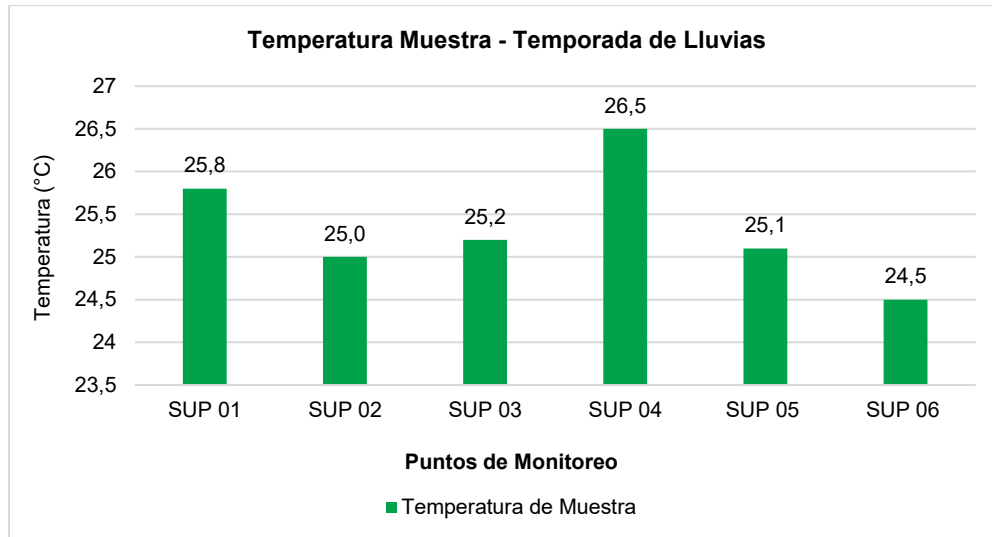
- Temporada de Lluvias

En este monitoreo, la temperatura de la muestra osciló entre 24,5°C en el punto SUP 06 y 26,5°C en el punto SUP 04, como se ilustra en la Figura 3-3. Para este monitoreo se tiene una leve variación entre los puntos monitoreados, lo cual es un comportamiento normal, dado que la temperatura del agua puede estar influenciada por las condiciones climáticas de la zona de estudio, así como por posibles acciones antrópicas [MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL (MCS, 2024)].

Este rango de temperaturas sugiere que las condiciones actuales son favorables para la supervivencia de la hidrobiota presente en los cuerpos de agua evaluados. Es importante resaltar que la normativa de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) no establece límites permisibles para esta variable, por lo que no se realiza un juicio de cumplimiento normativo (MCS, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	17

Figura 3-3 Registro de Temperatura - Temporada de Lluvias



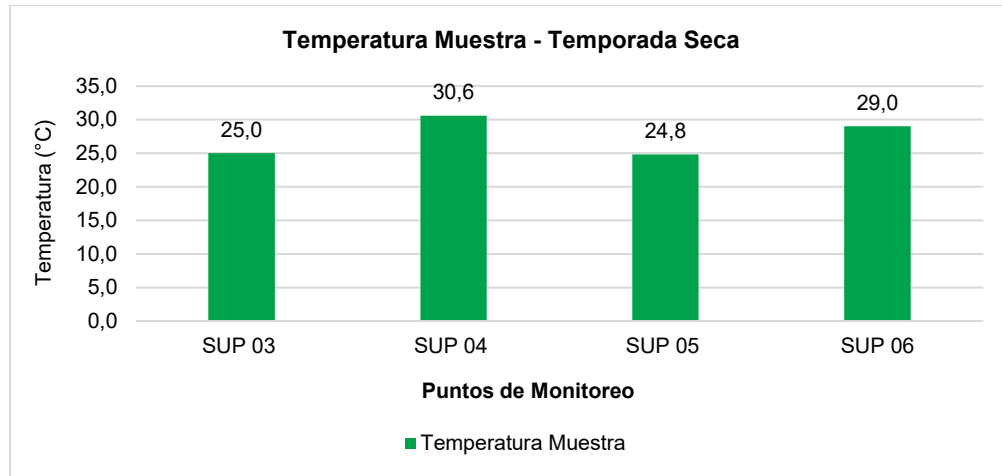
Fuente: (MCS, 2024)

- Temporada Seca

En este monitoreo la Temperatura de Muestra registró valores entre 24,8°C en el punto SUP5 y 30,6°C en el punto SUP4, como se muestra en la Figura 3-4, observando una leve variación entre los puntos de monitoreo, no obstante, es un comportamiento normal, ya que la temperatura del agua puede ser respuesta a las condiciones climáticas de la zona de estudio, sin descartar las acciones antrópicas, por lo que se puede inferir que con relación a esta variable la hidrobiota presente en los cuerpos de agua reflejan condiciones favorables para su sobrevivencia. Es importante tener en cuenta que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) no define límites permisibles para la variable en mención, por consiguiente, no se da un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	18

Figura 3-4 Registro de Temperatura - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

3.2.5.1.4.2 Oxígeno Disuelto

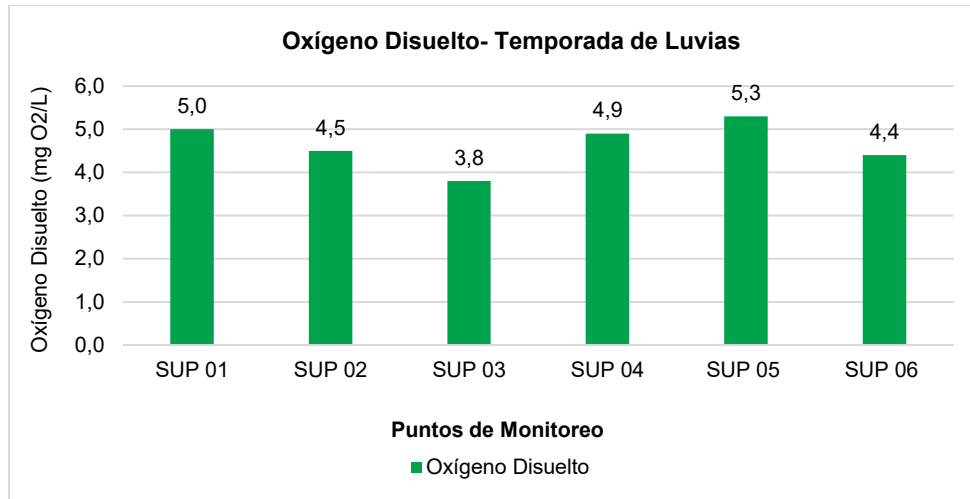
El oxígeno disuelto es importante en los procesos metabólicos de los organismos acuáticos aerobios, pues es fundamental para el mantenimiento y desarrollo de los procesos biológicos en los cuerpos de agua, siendo las principales fuentes; la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los tributarios y la agitación moderada. Este parámetro se relaciona con la temperatura del agua (a mayor temperatura menor OD), la presión atmosférica, la presión parcial del gas en contacto con el agua y los niveles de concentración de sales disueltas en el agua (a mayor salinidad menor OD), entre otros factores (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). Para este parámetro se analizan a continuación los valores obtenidos para los monitoreos realizados en temporada de lluvias y temporada seca para cada uno de los puntos establecidos.

- Temporada de Lluvias

Para este monitoreo el porcentaje de saturación oscilo entre 54,86% (SUP 03) y 75,59% (SUP 05), tal y como se observa en la Figura 3-5.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	19

Figura 3-5 Registro de Oxígeno Disuelto - Temporada de Lluvias

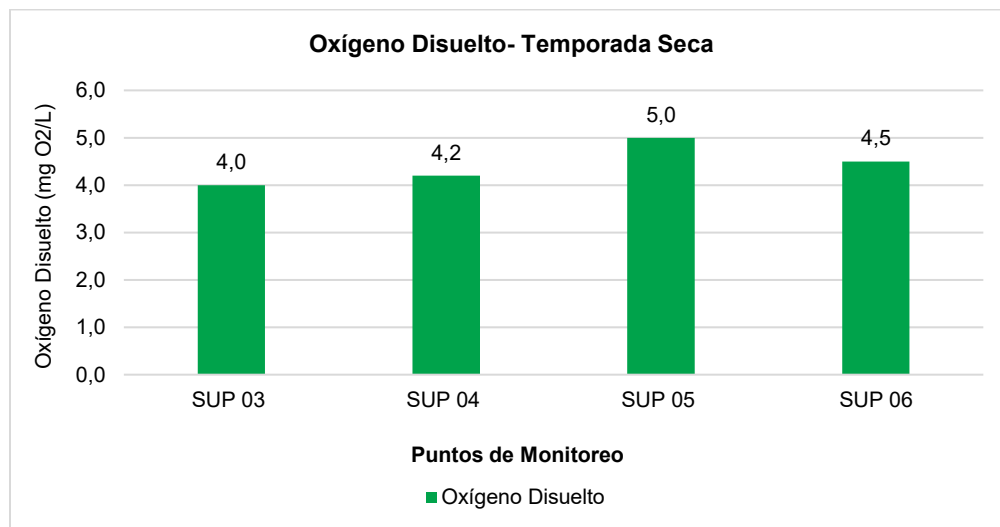


Fuente: (MCS, 2024)

- Temporada Seca

La concentración de oxígeno disuelto en el presente monitoreo registró valores entre 4,0 mg O₂/L (SUP3) y 5,0 mg O₂/L (SUP5), como se muestra en la Figura 3-6. siendo valores apropiados para el establecimiento y desarrollo de la hidrobiota en los puntos. Lo anterior es acorde con los porcentajes de Saturación de Oxígeno Disuelto, los cuales variaron entre 57,48% (SUP3 -) y 70,93% (SUP5 -), como se observa en la Tabla 3-3.

Figura 3-6 Registro de Oxígeno Disuelto - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	20

Es importante resaltar que los contenidos inferiores al 80% de la saturación pueden implicar una alteración organoléptica del agua, causada por la acumulación de materia orgánica en descomposición proveniente de la vegetación acuática o de las actividades ganaderas. A modo general, el comportamiento evidenciado para ambos monitoreos se encuentra inherente a la funcionalidad natural de los ecosistemas acuáticos; en relación con los procesos fotosintéticos, procesos de oxidación de la materia orgánica y factores como la temperatura, precipitaciones, entre otros. Es importante mencionar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se estipulan límites de referencia para el parámetro en mención (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.3 Valor potencial de hidrógeno (pH)

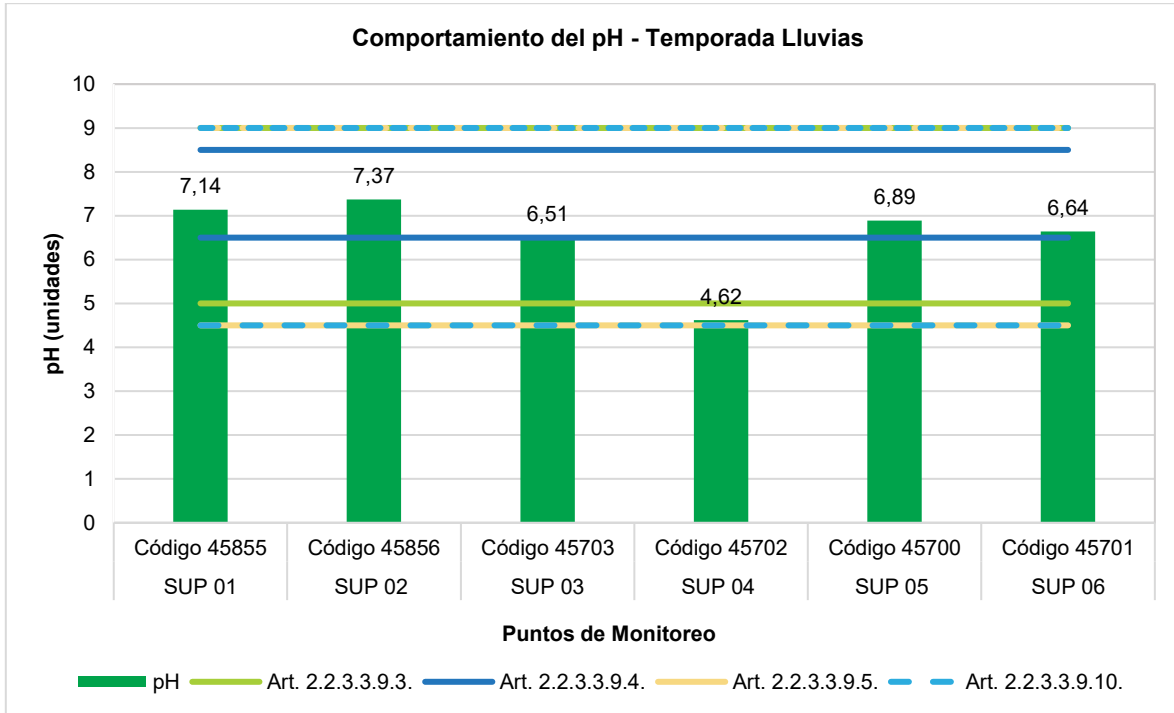
El valor del potencial de hidrógeno (**pH**) es un parámetro que es controlado por el balance entre el dióxido de carbono, los iones bicarbonato y carbonato, así como los ácidos húmicos y fúlvicos. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH en el ámbito de 6,5 unidades a 8,0 unidades y es controlado principalmente por el sistema carbonato - bicarbonato, en aguas de ríos no contaminados los valores de pH varían entre 6,0 unidades - 8,5 unidades, valores superiores o inferiores a este ámbito producen limitaciones en el desarrollo y fisiología de los organismos acuáticos en general y en la biota de los humedales en particular (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se muestran los resultados de este parámetro en temporada de lluvias, en temporada seca y su comparación con los límites permisibles dictados por la normatividad legal vigente.

- Temporada de Lluvias

Para el presente monitoreo, como se observa en la Figura 3-7, se obtuvieron valores entre 4,62 unidades para el punto SUP 04 y 7,37 unidades en el punto SUP 02.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	21

Figura 3-7 Registro de pH - Temporada de Lluvias



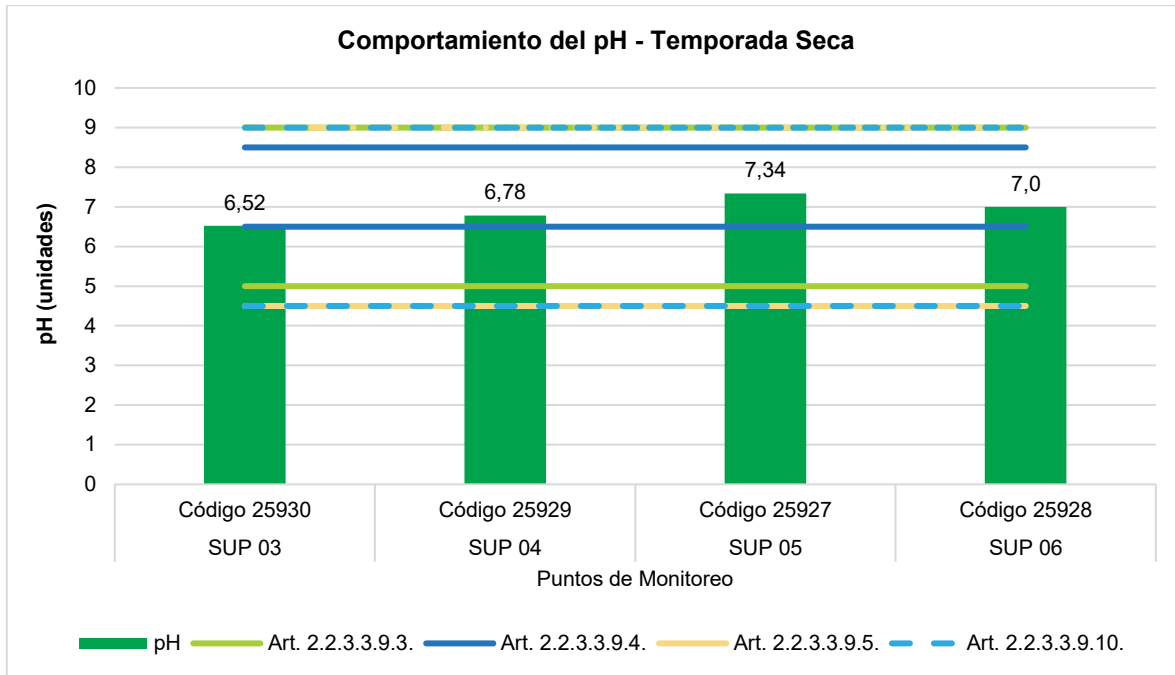
Fuente: (MCS, 2024)

- Temporada Seca

Para el presente monitoreo, como se observa en la Figura 3-8, se obtuvieron valores entre 6,52 unidades para el punto SUP 03 y 7,34 unidades en el punto SUP 05.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	22

Figura 3-8 Registro de pH - Temporada Seca



Los resultados de ambos monitoreos muestran características ácidas y alcalinas en los puntos muestreados, este comportamiento se encuentra relacionado principalmente con la composición del lecho de los cuerpos de agua, la actividad biológica y la naturaleza fisicoquímica y mineral de los suelos por donde se encuentran dichas aguas. Es de aclarar que los pH registrados se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, lo anterior con excepción del punto SUP 04 - del monitoreo realizado en temporada de lluvias (Figura 3-7) el cual se encuentra por debajo de los rangos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 (MCS, 2024).

3.2.5.1.4.4 Conductividad

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga su determinación (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A partir de lo anterior es posible analizar los

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	23

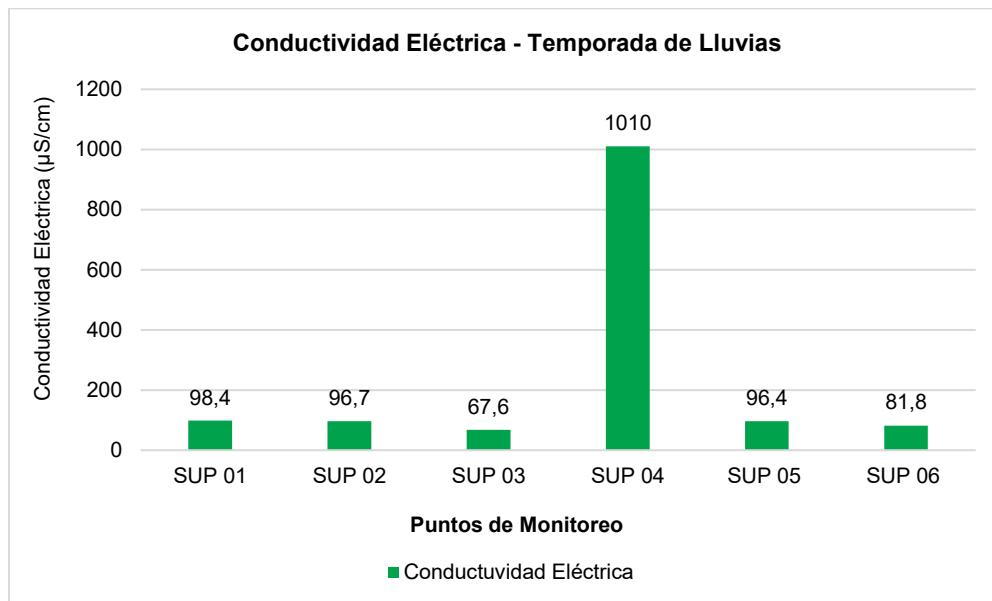
resultados obtenidos para la temporada de lluvias y la temporada seca en cada uno de los puntos establecidos, los cuales se presentan a continuación.

- Temporada de Lluvias

Durante el monitoreo realizado en temporada de lluvias, la conductividad eléctrica registró valores entre 67,6 $\mu\text{S/cm}$ en el punto SUP 03 y 1010 $\mu\text{S/cm}$ en el punto SUP 04, como se muestra en la Figura 3-9. Estos resultados evidencian conductividades que varían entre bajas y moderadas, reflejando fluctuaciones entre los puntos monitoreados (MCS, 2024).

Se infiere que las muestras de agua contienen sales electrolíticas y sólidos disueltos, lo que indica grados de mineralización que oscilan entre "muy débil" ($<100 \mu\text{S/cm}$) y "elevada" ($>1000 \mu\text{S/cm}$). Es importante destacar que no se emite un juicio de cumplimiento normativo, ya que la normativa de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) no establece límites permisibles para esta variable (MCS, 2024).

Figura 3-9 Registro de Conductividad Eléctrica - Temporada de Lluvias



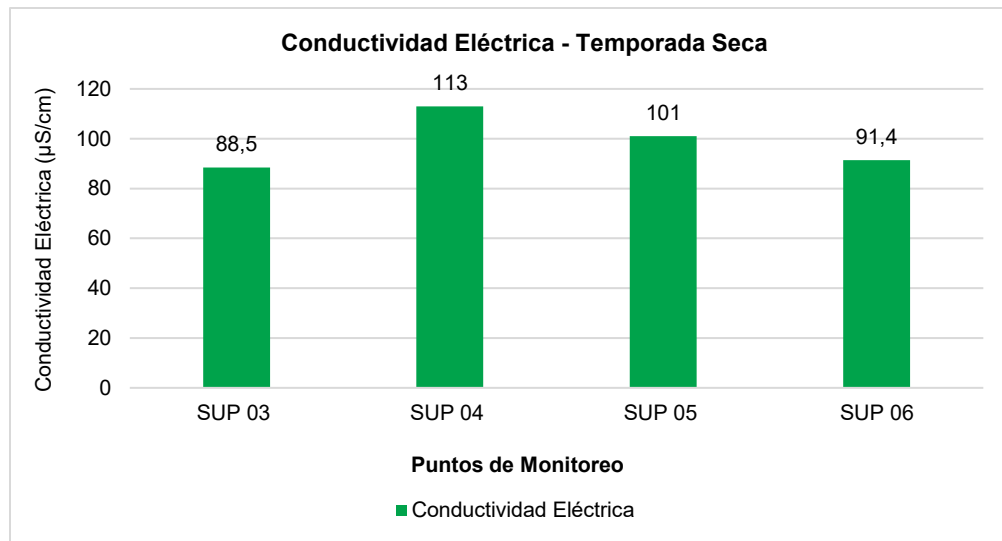
Fuente: (MCS, 2024)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	24

- Temporada Seca

En relación a la Conductividad Eléctrica, como se aprecia en la Figura 3-10, se registraron magnitudes entre 88,5 $\mu\text{S/cm}$ (SUP 03) y 113 $\mu\text{S/cm}$ (SUP 04), señalando conductividades bajas que evidencian mínimas fluctuaciones entre los puntos, lo que permite inferir que en las muestras de agua analizadas hay un bajo contenido de sales electrolíticas y sólidos disueltos; además estos resultados denotan grados de mineralización entre “muy débil” ($<100 \mu\text{S/cm}$) y “débil” ($100 \mu\text{S/cm} < 200 \mu\text{S/cm}$) en los puntos monitoreados. Cabe resaltar que no se da un juicio de cumplimiento normativo, ya que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) no contempla límites permisibles para la variable en mención (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-10 Registro de Conductividad Eléctrica - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.5 Sólidos Disueltos Totales

Los Sólidos Disueltos Totales influyen en la conductividad del agua, puesto que se asocian a sales inorgánicas (principalmente compuestos de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en los monitoreos realizados para la temporada de lluvias y para la temporada seca.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	25

- Temporada de Lluvias

Los sólidos disueltos determinados en las muestras de agua objeto de estudio, como se observa en la Tabla 3-2, presentaron concentraciones entre 39 mg/L en el punto SUP 03 y 584 mg/L SUP 04, confirmando coherencia con el comportamiento de la conductividad (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Los sólidos disueltos determinados en las muestras de agua objeto de estudio, como se observa en la Tabla 3-3, presentaron concentraciones entre 50 mg/L en el punto SUP 03 y 64 mg/L SUP 04, confirmando coherencia con el comportamiento de la conductividad (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Los resultados de ambos monitoreos concuerdan con el hecho de que la concentración de sólidos es proporcional a casi el 50% de la conductividad, lo cual permite corroborar la presencia de sales y sólidos disueltos en bajas y altas proporciones, condición dada principalmente por la disolución del sustrato rocoso y el suelo donde se encuentran dichas aguas, además de los aportes que se dan por escorrentía. En cuanto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se definen límites permisibles para este parámetro (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

3.2.5.1.4.6 Cloruros

Los Cloruros son solubles en agua, no son alterados por procesos biológicos e incrementan el contenido de sólidos disueltos en el agua. Estos se encuentran distribuidos en la naturaleza como cloruros de sodio y potasio y las mayores cantidades se encuentran en los océanos, si se encuentran en elevadas concentraciones pueden afectar de manera negativa las funciones fisiológicas normales de los organismos acuáticos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). De acuerdo con esta definición, a continuación, se realiza el análisis para los resultados obtenidos de los monitoreos realizados en la temporada de lluvia y en la temporada seca.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	26

- Temporada de Lluvias

Para el monitoreo se registraron concentraciones entre el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<4,00mg Cl-/L) en cuatro (4) de los puntos y 255 mg Cl-/L en el punto SUP 04, como se evidencia en la Tabla 3-2, comportamiento relacionado con la naturaleza geoquímica de la cuenca (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Para el presente monitoreo se registraron concentraciones entre el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<4,00 mg Cl-/L) en los puntos SUP 04 y SUP 03, y 6,80 mg Cl-/L en el punto SUP 05 como se evidencia en la Tabla 3-3, comportamiento relacionado con la naturaleza geoquímica de la cuenca. (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Las concentraciones determinadas en ambos monitoreos estuvieron por debajo del límite contemplado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, en donde se estipula como máximo permisible un valor de 250,0 mg Cl-/L, esto con excepción del punto SUP 04 el cual se encuentra por encima del límite establecido en los artículos nombrados anteriormente. Aclarando que en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6, no se contempla un límite permisible para este parámetro (MCS, 2024).

3.2.5.1.4.7 Sulfatos

Por otra parte, los Sulfatos (SO₄-2) formados por la combinación entre el azufre hexavalente y el oxígeno, son solubles en agua y sus principales fuentes incluyen volcanes, descomposición y combustión de materia orgánica y aguas residuales. Estos pueden ser usados como fuente de oxígeno por algunas bacterias en condiciones anaerobias (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos para este parámetro en los monitoreos de temporada seca y temporada de lluvias.

- Temporada de Lluvias

En las muestras de agua superficial analizadas, se registraron concentraciones entre el límite mínimo de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	27

laboratorio para su determinación ($<5,00 \text{ mg SO}_4^{-2}/\text{L}$) en tres (3) de los puntos y $82,1 \text{ mg SO}_4^{-2}/\text{L}$ en el punto SUP 04, con lo cual se da un total cumplimiento normativo frente a los límites permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 ($400,0 \text{ mg/L}$; Tabla 3-2) (MCS, 2024).

- Temporada Seca

En las muestras de agua superficial analizadas, se registraron concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($<5,00 \text{ mg SO}_4^{-2}/\text{L}$) en la totalidad de puntos monitoreados (Tabla 3-3), presentando en su totalidad cumplimiento frente a los límites permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 ($400,0 \text{ mg/L}$) (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.8 Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Totales

Se entiende como **Sólidos Suspendidos Totales** todas aquellas sustancias en estado sólido, diferentes del agua, cuyo tamaño es mayor a $0,20 \mu\text{m}$ y que se encuentran como su nombre lo indica, suspendidos en ella y no son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio, mientras que los **Sólidos Totales** son la suma de los sólidos contenidos en una muestra (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

En los puntos monitoreados se reportaron valores entre el límite mínimo de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($<10 \text{ mg/L}$) en cuatro (4) de los puntos y 452 mg/L en el punto SUP 04; comportamiento que se aprecia en la Tabla 3-2, evidenciando una influencia baja de materia orgánica e inorgánica particulada en las muestras de agua analizadas. Estos resultados permiten inferir la posible presencia de arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, sedimentos procedentes de la erosión, organismos planctónicos y microorganismos que constituyen los lechos de cada cuerpo de agua monitoreado, favorecidos por el flujo del recurso en cada sitio, así como el tipo de suelo por el cual discurren las aguas. Es importante tener en cuenta que para este

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	28

parámetro no se definen límites permisibles en el Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 (MCS, 2024).

En cuanto a los Sólidos Totales, se registraron concentraciones entre 48 mg/L en el punto SUP 03 y 1070 mg/L (SUP 04), comportamiento evidenciado en la Tabla 3-2, lo cual se encuentra acorde a lo reportado por los sólidos suspendidos y sólidos disueltos, y a su vez permite inferir que, en los puntos, la mayor influencia se da por los sólidos disueltos totales, asociado a la concentración de sustancias y la descomposición del material vegetal. Es importante mencionar que el parámetro descrito no se encuentra regulado en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Para los Sólidos Suspendidos Totales en los puntos monitoreados se reportaron valores entre el límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<10 mg/L) en el punto SUP 04 2 y 21 mg/L en el punto SUP 05 comportamiento que se aprecia en la Tabla 3-3, evidenciando una influencia baja de materia orgánica e inorgánica particulada en las muestras de agua analizadas. Además, los resultados obtenidos, permiten inferir la posible presencia de arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, sedimentos procedentes de la erosión, organismos planctónicos y microorganismos que constituyen los lechos de cada cuerpo de agua monitoreado, así como el tipo de suelo por el cual discurren las aguas. Es importante tener en cuenta que para este parámetro no se definen límites permisibles en la normativa ambiental aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

En el caso de los sólidos totales, estos registraron concentraciones entre 65 mg/L en el punto SUP 03 y 81 mg/L (SUP 05), comportamiento evidenciado en la Tabla 3-3, condiciones acordes a lo reportado por los sólidos suspendidos y sólidos disueltos, lo que a su vez permite inferir que en los puntos, la mayor influencia se da por los sólidos disueltos totales, asociado a la concentración de sustancias y la descomposición del material vegetal. Es importante mencionar que el parámetro descrito no se encuentra regulado en los

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	29

artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.9 Sólidos Sedimentables

Por su parte, los Sólidos Sedimentables, son aquellos que se sedimentan en condiciones tranquilas por acción de gravedad después de un tiempo de reposo y cuya cantidad se determina precipitándolos en un cono Imhoff. (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024), de acuerdo con lo anterior y con resultados mostrados en la Tabla 3-3, a continuación, se muestra su análisis.

- Temporada de Lluvias

Este tipo de sólidos registraron concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecida por la técnica analítica empleada en campo (<0,1 mL/L-h) en cinco (5) de los puntos y 0,6 mL/L-h en el punto SUP, tal y como se muestra en la Tabla 3-2 (MCS, 2024)

- Temporada Seca

En este caso y para todos los puntos de interés las concentraciones registraron valores inferiores al límite de cuantificación establecida por la técnica analítica empleada en campo (<0,1 mL/L-h), tal y como se muestra en la Tabla 3-3 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Los resultados obtenidos de ambos monitoreos permiten evidenciar una baja influencia de este tipo de material en los cuerpos de agua monitoreados, infiriendo a su vez que el agua posee material sólido producto de vertimientos de aguas residuales o de la escorrentía provocada por lluvias. Es de resaltar que, para dicha variable, la normativa ambiental aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) no define límites permisibles que permitan emitir un juicio de cumplimiento (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	30

3.2.5.1.4.10 Turbiedad

La Turbiedad es la capacidad que tiene la materia finamente dividida o en estado coloidal de dispersar la luz. Este parámetro se relaciona con el contenido de sólidos suspendidos que se encuentran en el agua, los cuales corresponden al material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas ($<0,2 \mu\text{m}$). La turbiedad suele tener un comportamiento proporcional a la concentración de los sólidos suspendidos encontrados, ya que esta aumenta a razón de la cantidad de partículas en suspensión en el agua (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024), de esta manera, a continuación, se analizan los resultados obtenidos para este parámetro durante los monitoreos realizados en temporada de lluvias y en temporada seca.

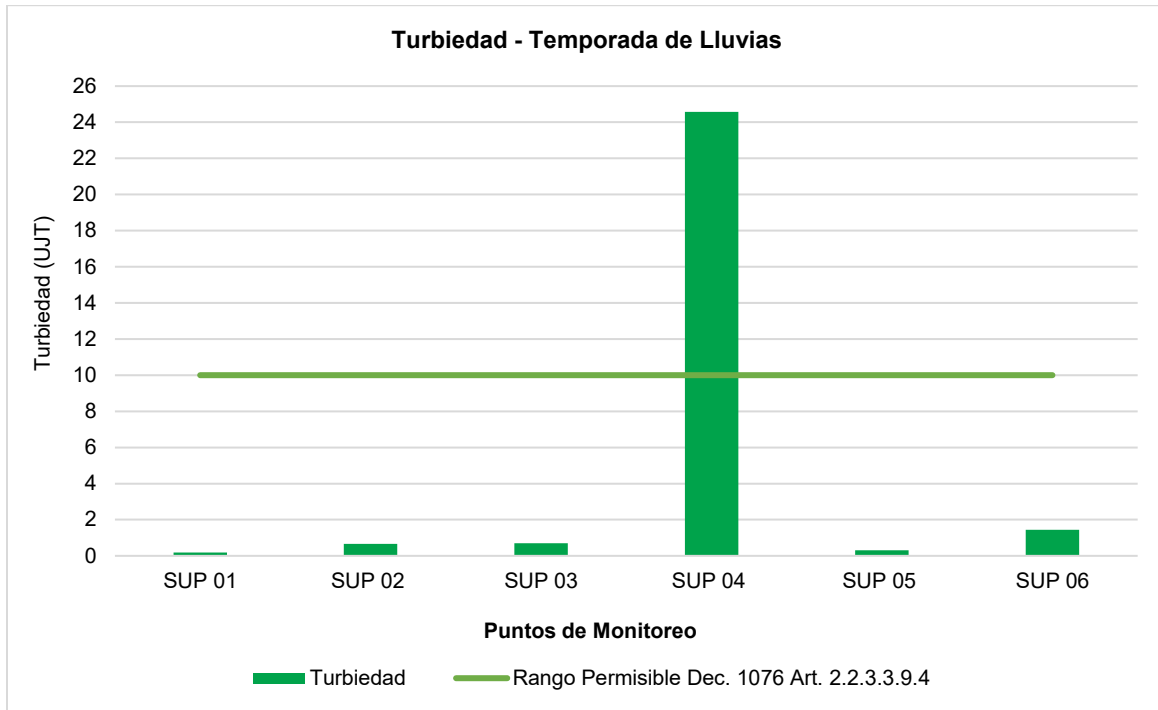
- Temporada de Lluvias

Los valores que se obtuvieron para este monitoreo se encuentran concentraciones entre 3,70 NTU (equivalente a 0,19 UJT) en el punto SUP 01 y una y de 467 NTU (equivalente a 24,58 UJT) en el punto SUP 04, como se evidencia en la Figura 3-11, los cuales se consideran como resultados bajos.

Es importante resaltar que se realiza la conversión de unidades nefelométricas de turbiedad (NTU) a unidades jackson de turbiedad (UJT), ya que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículo 2.2.3.3.9.4), establece un límite máximo de 10,0 UJT, en ese sentido, todos los puntos monitoreados, cumplen con el criterio de calidad establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 a excepción del punto SUP 04 el cual se encuentra por encima del límite estipulado en el artículo nombrado anteriormente. Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se definen límites permisibles para dicha variable (MCS, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	31

Figura 3-11 Registro de Turbiedad - Temporada de Lluvias



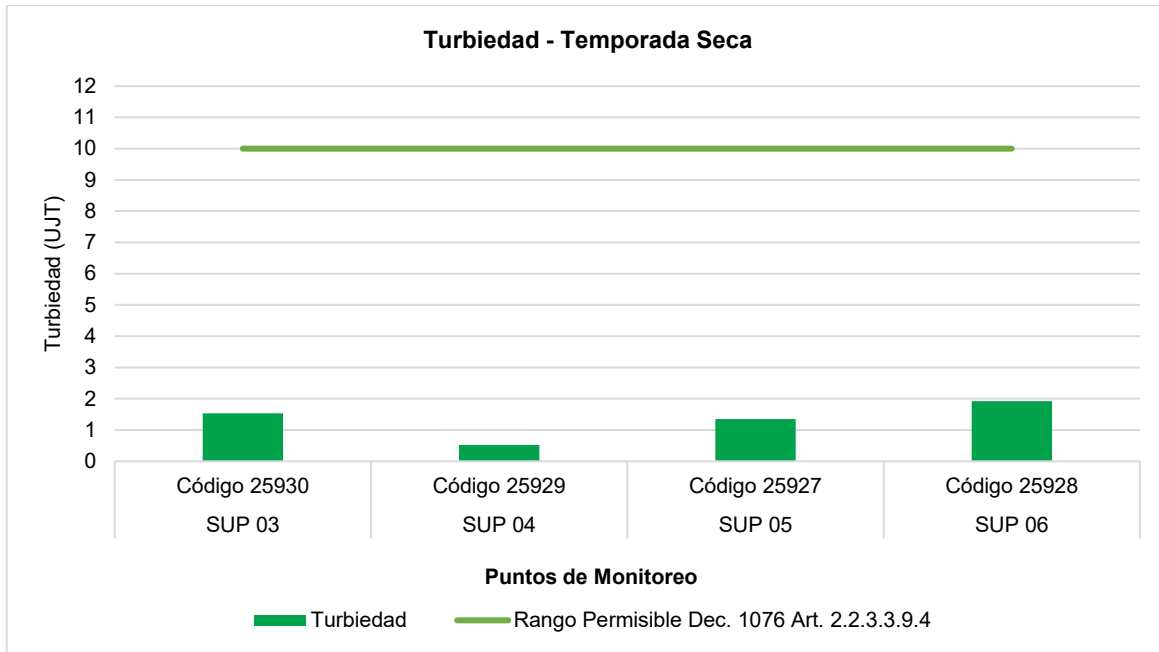
Fuente: (MCS, 2024)

- Temporada Seca

Para esta temporada, se obtuvieron valores entre 9,81 NTU (equivalente a 0,52 UJT) en el punto SUP 04 y una concentración de 36,4 NTU (equivalente a 1,92 UJT) en el punto SUP 06, como se evidencia en la Figura 3-12, siendo resultados bajos. Para los resultados obtenidos se realiza la conversión menciona anteriormente de unidades nefelométricas de turbiedad (NTU) a unidades jackson de turbiedad (UJT), con el fin de poder realizar la comparar los resultados con la normatividad vigente, que establece un límite máximo de 10,0 UJT en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, respecto a lo cual los puntos monitoreados cumplen con este criterio de calidad (Figura 3-12). Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se definen límites permisibles para dicha variable (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	32

Figura 3-12 Registro de Turbiedad - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

3.2.5.1.4.11 Carbono Orgánico Total - COT

Es un elemento que se origina de forma natural en plantas y animales como resultado de su metabolismo, excreción y descomposición. Además, es uno de los parámetros que facilita el estudio de la contaminación en las aguas por compuestos orgánicos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 3-2, para cinco (5) de los puntos monitoreados los valores de COT se reportaron por debajo del límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (< 1,00 mg/L), mientras que para el punto SUP 04 el valor reportado fue de 1680 mg/L ; evidenciando esto una baja y alta influencia de este elemento en las muestras de agua objeto de análisis, lo cual, también es corroborado con los resultados de la DBO5 y DQO. Es importante mencionar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	33

2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se definen límites restrictivos para dicha variable (MCS, 2024).

- Temporada Seca

En los puntos evaluados como se muestra en la Tabla 3 2 se reportaron valores inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($< 2,00$ mg/L); evidenciando una baja y/o nula influencia de este elemento en las muestras de agua objeto de análisis, lo cual, también es corroborado con los resultados de la DBO5 y DQO (Tabla 3-3). Es importante mencionar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se definen límites restrictivos para dicha variable (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.12 Color Verdadero y Color Real

El color en el agua es generado principalmente por efecto de las partículas coloidales cargadas negativamente; dos tipos de color se reconocen en el agua: el color real o verdadero, es decir, el color de la muestra una vez se ha removido su turbidez, y el color aparente, que incluye el color debido al material suspendido (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

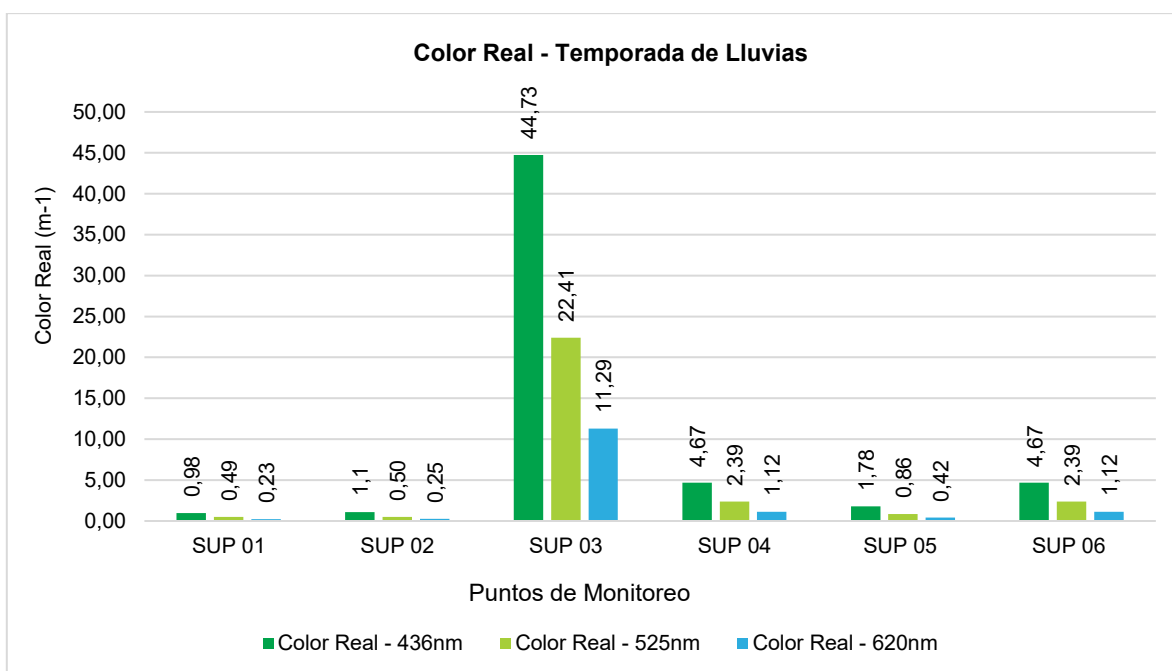
En las muestras de aguas superficiales analizadas, el Color Verdadero presentó valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<5 UPC) en dos (2) de las muestras y 309 UPC en el punto SUP 03, por lo anterior, se da cumplimiento frente a los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015. Cabe aclarar que para los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 no se establece un límite permisible para este parámetro (MCS, 2024).

Por su parte el Color Real fue evaluado en tres (3) longitudes de onda, 436 nm, 525 nm y 620 nm, las cuales reflejan el color amarillo, violeta y verde-azul, respectivamente. Las cuales para el presente monitoreo se evidenciaron valores entre 1,10 m⁻¹ (SUP 02) y 44,73 m⁻¹ (SUP 03) a una longitud de 436 nm, 0,487 m⁻¹ en el punto SUP 01 y 22,41 m⁻¹ en el

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	34

punto SUP 03 a una longitud de onda de 525 nm, y 0,233 m-1 (SUP 01) y 11,29 m-1 (SUP 03) a una longitud de onda de 620 nm. Teniendo en cuenta que los valores más altos se presentaron para la longitud de onda de 436 nm (Tabla 3-2), es posible determinar que las aguas analizadas se caracterizan por presentar una tonalidad amarilla, asociada probablemente a la presencia de moléculas orgánicas complejas derivadas de los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica. Finalmente, y con respecto a la comparación normativa, en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se establecen valores permisibles de referencia para el parámetro en mención (MCS, 2024).

Figura 3-13 Registro de Color Real - Temporada de Lluvias



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

- Temporada Seca

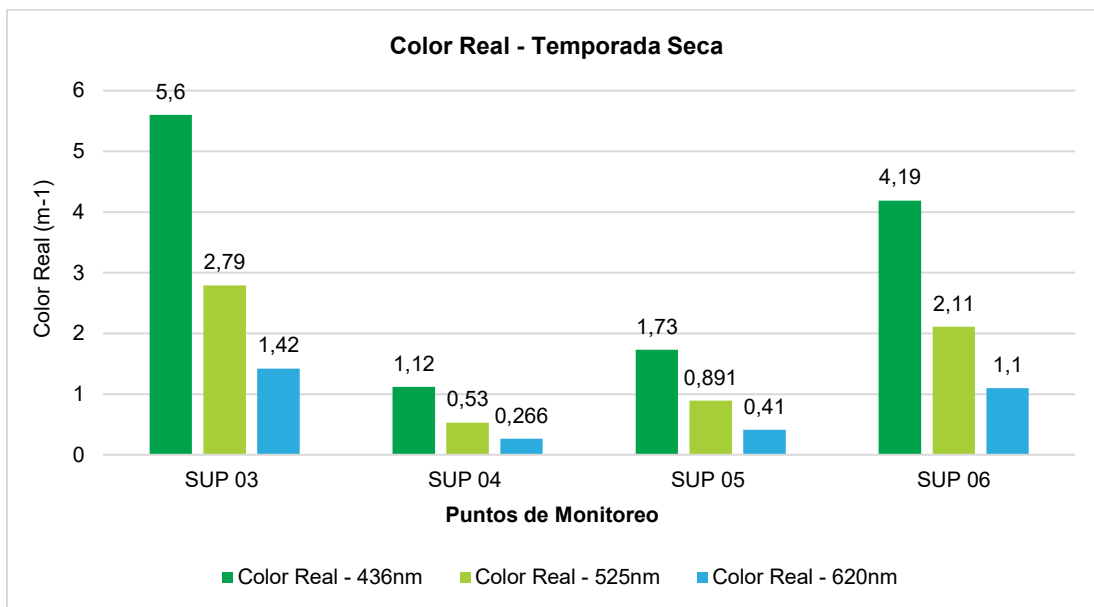
En las aguas superficiales analizadas, el Color Verdadero presentó valores menores a los límites permisibles establecidos por los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, que son de 75 upc y 20 upc respectivamente, tal y como se muestra en la Tabla 3-3. Cabe aclarar que para los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 no se establece un límite

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	35

permisible para este parámetro (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Adicional, se evaluó el Color Real a tres (3) longitudes de onda, 436 nm, 525 nm y 620 nm, las cuales reflejan el color amarillo, violeta y verde-azul, respectivamente. Para el presente monitoreo se evidenciaron valores entre 1,12 m-1 y 5,60 m-1 a una longitud de 436 nm, 0,530 m-1 y 2,79 m-1 a una longitud de onda de 525 nm, y 0,266 m-1 y 1,42 m-1 a una longitud de onda de 620 nm; presentando los valores más altos para la longitud de onda de 436 nm (Figura 3-14), por lo tanto las aguas superficiales, se caracterizan por presentar una tonalidad amarilla, asociada probablemente a la presencia de moléculas orgánicas complejas derivadas de los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica. Con respecto a la comparación normativa, en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se establecen valores permisibles de referencia para el parámetro en mención (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-14 Registro de Color Real - Temporada Seca



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	36

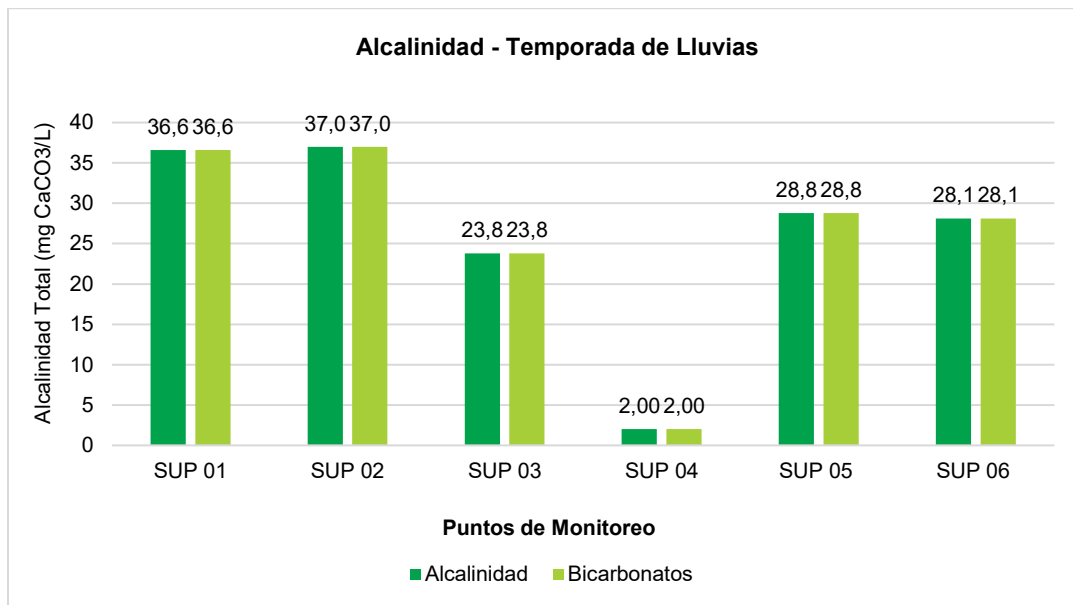
3.2.5.1.4.13 Alcalinidad Total

La alcalinidad total 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 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

Para el presentes monitoreo se registraron concentraciones entre el límite mínimo de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su respectiva determinación (<2,00 mgCaCO₃/L) (SUP 04) y 37,0 mg CaCO₃/L (SUP 02), tal y como se observa en la Tabla 3-2, dichos resultados están acordes con los valores de pH reportados en cada punto de muestreo y que obedecen a la presencia de Bicarbonatos, ya que sus valores son equivalentes (Figura 3-15) (MCS, 2024).

Figura 3-15 Registro de Alcalinidad Total - Temporada de Lluvias



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

En relación a la concentración de Carbonatos, estos se reportaron inferiores al límite mínimo de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<2,00 mg CaCO₃/L) para los seis (6) puntos monitoreados. Es de tener en

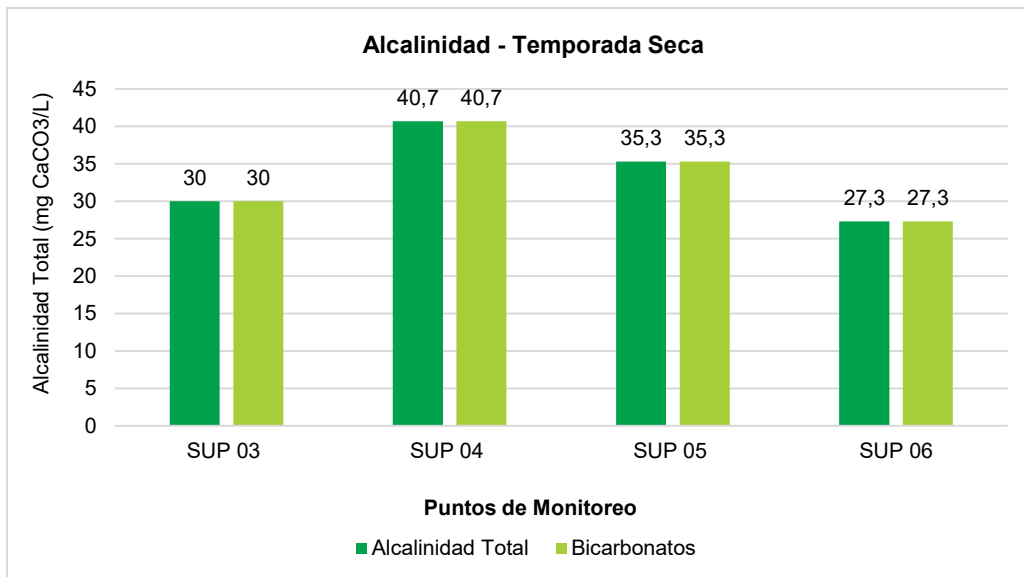
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	37

cuenta que para las variables referidas anteriormente no se definen límites de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, por lo tanto, no se emite juicio de cumplimiento normativo al respecto (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Para este parámetro se registraron concentraciones entre 27,3 mg CaCO₃/L (SUP 06 -) y 40,7 mg CaCO₃/L (SUP 04), siendo resultados acordes a los valores de pH reportados en cada punto de muestreo y que obedecen a la presencia de Bicarbonatos, ya que los valores arrojados para dicho parámetro son equivalentes a los de la alcalinidad total, tal y como se observa en la Figura 3-16. En cuanto a los Carbonatos, se reportaron concentraciones inferiores al límite mínimo de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<2,00 mg CaCO₃/L) en los cuatro (4) puntos efectivos (Tabla 3-3). Es de tener en cuenta que para las variables referidas anteriormente no se definen límites de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, por lo tanto, no se emite juicio de cumplimiento normativo al respecto (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-16 Registro de Alcalinidad Total - Temporada Seca



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	38

3.2.5.1.4.14 Acidez Total

La acidez total se relaciona estrechamente con la alcalinidad, ésta indica la capacidad cuantitativa de una sustancia de reaccionar con una base a un pH designado (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024), a continuación, se presenta el análisis de resultados correspondiente a este parámetro para los monitoreos realizados en temporada de lluvias y temporada seca.

- Temporada de Lluvias

Para la Acidez Total se reportaron en cuatro (4) de los puntos monitoreados valores inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<2,00 mg CaCO₃/L), mientras que para A SUP 04 la concentración es de 8,20 mg CaCO₃/L, indicando cantidades bajas y moderadas de aniones, principalmente a base de nitrógeno y derivados de la descomposición del material orgánico y algunos cationes con carácter ácido en los cuerpos de agua monitoreados. Finalmente es importante resaltar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites de referencia, por consiguiente, no se emite juicio de cumplimiento normativo (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Como se aprecia en la Tabla 3-3, la Acidez Total reportó en todos los puntos monitoreados valores inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<2,00 mg CaCO₃/L), exceptuando el punto SUP 03, el cual reporto un valor de 2,80 mg CaCO₃/L, indicando cantidades bajas de aniones, principalmente a base de nitrógeno y derivados de la descomposición del material orgánico y algunos cationes con carácter ácido en los cuerpos de agua monitoreados. Cabe resaltar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites de referencia, por consiguiente, no se emite juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.15 Dureza Total

Desde el punto de vista limnológico, se define por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella. Los resultados de la dureza total para los puntos de interés monitoreados

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	39
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

en temporada seca y temporada de lluvias, son analizados a continuación, aclarando que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos de referencia para esta variable (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

En cuanto a este parámetro, en este monitoreo, los valores se reportaron entre 25,7 mg CaCO₃/L en el punto SUP 03 y 137 mg CaCO₃/L en el punto SUP 04, por lo anterior, se puede inferir que las muestras de agua superficial corresponden a aguas “blandas” (<75 mg/L) y “moderadamente duras” (75-150 mg/L), de acuerdo con la clasificación dada por Romero (1996), producto de las características fisicoquímicas del lecho y el suelo en la zona donde circulan estas aguas. (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Como se evidencia en la Tabla 3-3, se reportó valores entre 28,0 mg CaCO₃/L en el punto SUP 03 y 35,3 mg CaCO₃/L en el punto SUP 04, por lo anterior, se puede inferir que las muestras de agua superficial corresponden a aguas “blandas” (<75 mg/L), de acuerdo con Romero (1996), producto de las características fisicoquímicas del lecho y el suelo en la zona donde circulan estas aguas. (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.16 Fosforo y compuestos fosforados

Los compuestos de fosfato provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales y/o detergentes y productos de limpieza. La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. Tanto los fosfatos como los sulfatos se relacionan con la conductividad, ya que se encuentran en el agua en forma de iones disueltos. Por su parte, el origen del fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y de la mineralización de la materia orgánica que retorna al medio el fósforo inorgánico por los procesos de descomposición microbiana. El fósforo es el elemento biogénico que desempeña el papel más importante en el metabolismo biológico (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	40

A continuación, se muestra el análisis de los resultados obtenidos para los monitoreos realizados en las temporadas de lluvias y seca, para los cuales es importante que dentro los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se establecen límites permisibles por lo que no se emite juicio normativo (MCS, 2024).

- Temporada de Lluvias

Como se evidencia en la Figura 3-3, el **Fósforo Reactivo Total (Equivalente a Ortofosfato)** reportó concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,150 mg/L) en todos los puntos analizados (MCS, 2024).

Con respecto al origen, el fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y de la mineralización de la materia orgánica que retorna al medio el fósforo inorgánico por los procesos de descomposición microbiana. El fósforo es el elemento biogénico que desempeña el papel más importante en el metabolismo biológico. Para el presente estudio el **Fósforo Orgánico Total**, el **Fósforo Inorgánico**, el **Fósforo Ácido-Hidrolizable Total (leído como ortofosfato)** y el **Fósforo Total** reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para la determinación de cada uno (<0,150 mg/L, <0,1 mg P/L, <0,150 mg/L y <0,150 mg P/L, respectivamente) en todos los puntos monitoreados, como se observa en la Tabla 3-2, descartando niveles tróficos en los cuerpos de agua. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el fósforo proviene de forma natural principalmente por los aportes de la cuenca debido a la erosión y el lavado de los suelos (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Como se evidencia en la Tabla 3-3, el **Fósforo Reactivo Total (Equivalente a Ortofosfato)** reportó concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,150 mg/L) en todos los puntos analizados (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Para el presente estudio el **Fósforo Orgánico Total**, el **Fósforo Inorgánico**, el **Fósforo Ácido-Hidrolizable Total (leído como ortofosfato)** y el **Fósforo Total** reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	41
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

laboratorio para la determinación de cada uno (<0,150 mg/L, <0,1 mg P/L, <0,150 mg/L y <0,150 mg P/L, respectivamente) en todos los puntos monitoreados, como se observa en la Tabla 3-3, descartando niveles tróficos en los cuerpos de agua. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el fósforo proviene de forma natural principalmente por los aportes de la cuenca debido a la erosión y el lavado de los suelos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.17 Nitratos

Son compuestos derivados de la descomposición de materiales a base de nitrógeno, que dan cuenta del proceso de transformación reciente de los detritus presentes en los cuerpos de agua. La presencia de nitrato en altas concentraciones es indicio de una etapa acelerada de la mineralización de los compuestos nitrogenados producto de la descomposición de materiales orgánicos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). Con base en lo anterior se analizan los resultados obtenidos para los distintos puntos de monitoreo en la temporada de lluvias y en la temporada seca, y se muestra a continuación.

- Temporada de Lluvias

En el caso de las muestras analizadas, se obtuvieron concentraciones desde 0,146 mg N-NO₃/L (SUP 04) hasta 0,160 mg N-NO₃/L (SUP 01), comportamiento que se aprecia en la Tabla 3-2 (MCS, 2024).

- Temporada Seca

En el caso de las muestras analizadas, se obtuvieron concentraciones de 0,155 mg N-NO₃/L (SUP 05) y 0,994 mg N-NO₃/L en el punto SUP 04, comportamiento que se aprecia en la Tabla 3-3 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Con lo anterior, para ambos monitoreos se puede inferir que los valores son bajos en todos los puntos, se descarta algún tipo de contaminación por este compuesto, ya que a menudo, la alta presencia de nitratos en el agua se relaciona con el desarrollo de actividades ganaderas y agrícolas en la zona, por los abonos y/o los excrementos que llegan a las fuentes hídricas por escorrentía. Por lo anterior, es posible afirmar que en los puntos monitoreados el parámetro cumple a cabalidad con el límite permisible (10,0 mg N-NO₃/L)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	42

contemplado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.18 Nitritos

Son un compuesto que se suele encontrar en bajas concentraciones en aguas oxigenadas, sin embargo, su determinación es importante en tanto su presencia en grandes cantidades puede ser perjudicial para la fauna acuática (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

Para este parámetro, en la totalidad de los puntos monitoreados las concentraciones se encontraron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,0100 mg N-NO₂/L), comportamiento que se muestra en la Tabla 3-2 (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Este parámetro reportó concentraciones entre el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación en todos los puntos de monitoreo excepto en el SUP 05, en el cual se reportó que su concentración se encuentra por debajo del límite de cuantificación (<0,0100 mg N-NO₂/L), dicho comportamiento se muestra en la Tabla 3-3 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Los resultados con valores bajos para ambos monitoreos, indican que los sistemas hídricos poseen las condiciones necesarias para permitir la oxidación de estos a su forma más asimilable, descartando algún tipo de contaminación por estos compuestos. Es de tener en cuenta que las aguas en contacto con algunos terrenos pueden contener nitritos, independientes de cualquier contaminación. Así mismo, los resultados se encuentran en total cumplimiento con los límites máximos permisibles contemplados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 (1,0 mg/L) y 2.2.3.3.9.6 (10,0 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 Tabla 3-3 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	43

3.2.5.1.4.19 Nitrógeno Amoniacal y Total

El Nitrógeno Amoniacal, es un elemento que representa una estimación de variedad de compuestos orgánico; mientras que el nitrógeno total está compuesto por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y este está constituido por las formas de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se presenta el análisis de resultados de los parámetros anteriormente descritos.

- Temporada de Lluvias

En cuanto al Nitrógeno Amoniacal, este presentó concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<1,00 mg/L) en todos los puntos monitoreados, a excepción del punto SUP 04 el cual reporto un valor de 10,5 mg/L, tal y como se muestra en la Tabla 3-2. En cuanto a la norma de referencia, se presenta cumplimiento del límite permisible definido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (1,0 mg /L) para la variable en mención, aclarando que para los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 no se establece límites permisibles para este parámetro (MCS, 2024).

El Nitrógeno Kjeldahl tomado como parámetro para el Nitrógeno total, mostro en la totalidad de los puntos monitoreados, una concentración inferior al límite cuantificable por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<5,00 mg N/L), a excepción del punto SUP 04 el cual reporta un valor de 15,7 mg N/L como se aprecia en la Tabla 3-2, reflejando una baja carga orgánica de origen vegetal y/o animal en los sitios analizados. Es de mencionar que, para este parámetro, no se establece un límite reglamentario en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, por consiguiente, no se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Este parámetro presentó en todos los puntos monitoreados, presento concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<1,00 mg/L), tal y como lo muestra la Tabla 3-3. En cuanto a la norma de referencia, se presenta cumplimiento del límite permisible definido en los artículos

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	44
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (1,0 mg /L), cabe aclarar que para los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 no se establece límites permisibles para este parámetro (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

El Nitrógeno Kjeldahl tomado como parámetro para el Nitrógeno total, arrojó en la totalidad de los puntos monitoreados, una concentración inferior al límite cuantificable por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<5,00 mg N/L), como se aprecia en la Tabla 3-3, reflejando una baja carga orgánica de origen vegetal y/o animal en los sitios analizados. Es de mencionar que, para este parámetro, no se establece un límite reglamentario en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, por consiguiente, no se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.20 Cianuro Total

Se refiere a todos los grupos CN- en compuestos químicos que pueden ser determinados como ion cianuro. Los cianuros son compuestos potencialmente tóxicos, puesto que ante un cambio de pH del medio puede liberar ácido cianhídrico, compuesto de máxima toxicidad para el ser humano (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). El análisis de los resultados de este parámetro para la temporada de lluvias y la temporada seca se muestran a continuación.

- Temporada de Lluvias

Para este parámetro las concentraciones reportadas se encuentran por debajo del respectivo límite de cuantificación por la técnica analítica empleada para su determinación en el laboratorio (<0,02 mg CN/L) tal y como se muestra en la Tabla 3-2 (MCS, 2024).

- Temporada Seca

El Cianuro Total reportó en los puntos analizados una concentración inferior al respectivo límite de cuantificación por la técnica analítica empleada para su determinación en el laboratorio (<0,02 mg CN/L), esto de acuerdo con lo presentado en la Tabla 3-3 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	45

Estos resultados permiten inferir que hay ausencia de dicho compuesto en las aguas superficiales monitoreadas, señalando una condición favorable para la destinación del recurso, pues corresponden a sustancias tóxicas. De acuerdo, con el criterio de calidad dispuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, se evidencia cumplimiento total (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.21 Fluoruros

Es un compuesto presente de forma natural en el medio ambiente, incluyendo los cuerpos de agua. Es un halógeno altamente reactivo y se encuentra en forma de ion fluoruro (F-) cuando se disuelve en agua. El flúor puede estar presente en los cuerpos de agua de diferentes fuentes, como la erosión de minerales, la disolución de rocas y la liberación por actividades humanas (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se presente el análisis de los resultados para este parámetro obtenidos de los monitoreos realizados en temporada seca y temporada se lluvias.

- Temporada de Lluvias

Para este monitoreo, como se muestra en la Tabla 3-2 se reportaron para la totalidad de los puntos monitoreados valores inferiores al límite cuantificable por la técnica analítica empelada en el laboratorio para su determinación (<1,00 mg F/L), con lo cual es posible descartar la presencia de este tipo de compuesto en los cuerpos de agua. Por lo mismo, se da cumplimiento frente al límite permisible definido en el artículo 2.2.3.3.9.5 (1,0 mg F/L) del Decreto 1076 de 2015 (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Se reportaron valores inferiores al límite cuantificable por la técnica analítica empelada en el laboratorio para su determinación (<1,00 mg F/L), como se aprecia en la Tabla 3-3, descartando así la presencia de este tipo de compuesto en los cuerpos de agua. Por lo mismo, se da cumplimiento frente al límite permisible definido en el artículo 2.2.3.3.9.5 (1,0 mg F/L) del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	46

3.2.5.1.4.22 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024), de lo cual, a continuación, se presentan los análisis de resultados obtenidos para los monitoreos realizados en temporada de lluvias y temporada seca

- Temporada de Lluvias

En cuanto a este parámetro se reportó en la totalidad de los puntos concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<2 mg O₂/L) a excepción del punto SUP 04 el cual reporta un valor de 3050 mg O₂/L, como se observa en la Tabla 3-2, indicando una baja y alta presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua monitoreados, originada posiblemente por la descomposición de plantas y/o animales, además de sus productos de desecho. Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos permisibles para dicha variable (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Este parámetro reportó concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<2 mg O₂/L) en todos los puntos evaluados, como se observa en la Tabla 3 2, indicando una baja y/o nula presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua monitoreados, originada posiblemente por la descomposición de plantas y/o animales, además de sus productos de desecho. Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos permisibles para dicha variable (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.23 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)

Por su parte, la DQO mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de este parámetro es una medida de la cantidad de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	47
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se muestra un análisis de los resultados con respecto a los métodos analíticos empleados y los límites permisibles de la normatividad legal vigente.

- Temporada de Lluvias

Para esta variable, se reportó para cinco (5) de los puntos concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<20 mg O₂/L), con excepción del punto A SUP 04 tiene una concentración de 5080 mg O₂/L (Tabla 3-2), señalando baja y alta presencia de materia orgánica oxidable. Con respecto a la comparación normativa, se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos permisibles para la variable en mención (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Para esta variable, se reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<20 mg O₂/L) en todos los puntos efectivos, señalando baja y/o nula presencia de materia orgánica oxidable (Tabla 3-3). Con respecto a la comparación normativa, se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos permisibles para la variable en mención (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.24 Cationes

Los cationes más frecuentes en aguas naturales corresponden al calcio (Ca⁺²) - magnesio (Mg⁺²); responsables de la dureza, y el sodio (Na), en consonancia con su amplia difusión en la naturaleza bajo la forma de cloruros, sulfatos, fosfatos, etc., los cuales varían de manera considerable dependiendo de las condiciones geológicas locales o por las descargas de aguas residuales en el área de influencia (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	48

Como se muestra en la Tabla 3-2, el Calcio Total, reportó valores entre 6,69 (ASUP 3) y 38,8 mg Ca/L (SUP 04); para el Magnesio Total se evidenció valores entre 1,71 mg Mg/L (SUP 03) y 10,2 mg Mg/L (SUP 04); en cuanto al Sodio Total se registraron valores entre 4,46 mg Na/L (SUP 03) y 131 mg Na/L (SUP 04); y por último, para el Potasio Total arrojó concentraciones entre 0,446 mg K/L en el punto SUP 03 y 13,2 mg K/L en el punto SUP 04 (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Como se muestra en la Tabla 3-3, el Calcio Total, reportó valores entre 7,14 mg Ca/L (SUP 03) y 9,70 mg Ca/L (SUP 04); para el Magnesio Total se evidenció valores entre 1,95 mg Mg/L (SUP 03) y 2,35 mg Mg/L (SUP 04); en cuanto al Sodio Total se registraron valores entre 6,00 mg Na/L (SUP 03) y 9,50 mg Na/L (SUP 05); y por último, para el Potasio Total arrojó concentraciones entre 1,61 mg K/L en el punto SUP 06 y 4,12 mg K/L en el punto (SUP 04) (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

De los resultados indicados anteriormente para los monitoreos realizados, se evidencia una mayor influencia del calcio en los cuerpos de agua analizados; siendo en todos los casos concentraciones acordes con la zona, en donde estas aguas no representan riesgo, ya que se relacionan con las aguas de escorrentía, las cuales, aportan a los cuerpos de agua minerales y compuestos de diferentes zonas. En relación a la normativa ambiental de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6), en ella no se fijan límites permisibles para los parámetros referidos anteriormente, por lo tanto, no se da un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.25 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. No obstante, varios de estos metales como los que poseen un peso molecular muy alto, cuando sus concentraciones son muy elevadas pueden resultar perjudiciales para los organismos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024), teniendo en

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	49

cuenta lo anterior se analiza la presencia y concentración de diferentes metales tales como el aluminio, el cadmio, el mercurio, el níquel, el hierro, entre otros, de los cuales a continuación de muestra el análisis de los resultados presentados en la Tabla 3-3.

- Temporada de Lluvias

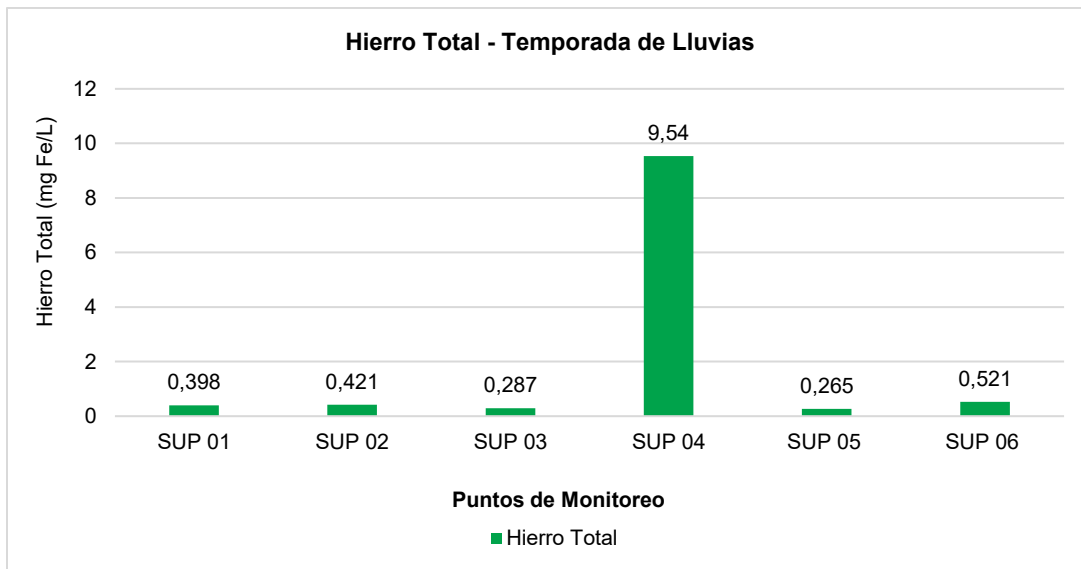
Entre los metales, metaloides y no metales evaluados como el **Antimonio Total** (<0,200 mg Sb/L), **Arsénico Total** (<0,005 mg As/L), **Boro** (<0,250 mg B/L), **Cadmio Total** (<0,0100 mg Cd/L), **Plata Total** (<0,0200 mg Ag/L), **Cobre Total** (<0,0400 mg Cu/L), **Cromo Total** (<0,100 mg Cr/L), **Mercurio Total** (<0,001 mg Hg/L), **Molibdeno Total** (<0, 0,0100 mg Mo/L), **Níquel Total** (<0,0400 mg Ni/L), **Plomo Total** (<0,0500 mg Pb/L), **Litio Total** (<0,0200 mg Li/L), **Selenio Total** (<0,005 mg Se/L), **Cobalto Total** (<0,0300 mg Co/L), **Vanadio Total** (<0,100 mg V/L), **Berilio Total** (<0,0200 mg Be/L) y **Bario Total** (<0,100 mg Ba/L) presentaron concentraciones indetectables, al reportar en todos los casos los límites de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para la determinación de cada uno, como se observa en la Tabla 3-2; condición dada para todos puntos monitoreados.

En el caso del **Aluminio Total** se reportan valores entre el límite mínimo de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,500 mg Al/L) en cinco (5) de los puntos y 4,02 (mg Al/L) en el punto SUP 04, en cuanto a el **Zinc Total** se reportan valores entre el límite mínimo de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,0200 mg Zn/L) en cinco (5) de los puntos monitoreados y 0,0520 mg Zn/L en el punto SUP 04, por su parte para el **Manganeso Total** se reportaron valores entre el límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,0200 mg Mn/L) en tres (3) de los puntos 0,721 mg Mn/L en el punto SUP 04, por lo mismo se evidencia la baja y/o ausencia de algún riesgo sobre el agua por parte de estos metales y se descarta algún tipo de contaminación generada como consecuencia de las actividades antrópicas desarrollados en el área en donde se ubican los cuerpos de agua. Según los resultados mencionados, se da cumplimiento a la normativa ambiental de referencia, puesto que no se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	50

Para el parámetro de **Hierro Total** las concentraciones oscilan entre 0,265 mg Fe/L (SUP 05) y 9,54 mg Fe/L (SUP 04); como se observa en la Figura 3-17. Estas concentraciones son bajas y altas, ya que suelen estar influenciadas por las características geológicas de los sitios en donde se encuentran los cuerpos de aguas, debido a materiales ferrosos, los cuales se encuentran de forma natural como componente mineral del lecho rocoso, su concentración puede aumentar por disolución mineral del agua, se descarta la afectación de estos ecosistemas por acción humana en la zona de estudio. En relación con la comparación normativa, los puntos monitoreados se encuentran por debajo del límite máximo permisible estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 (5,0 mg/L) con excepción del punto ASUP 04 el cual se encuentra encima de este límite. Cabe resaltar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto en mención no se establecen límites de calidad para el presente parámetro (MCS, 2024).

Figura 3-17 Registro de Hierro Total - Temporada de Lluvias



Fuente: (MCS, 2024)

- Temporada Seca

Entre los metales, metaloides y no metales evaluados como el **Antimonio Total** (<0,200 mg Sb/L), **Aluminio Total** (<0,500 mg Al/L), **Arsénico Total** (<0,005 mg As/L), **Boro** (<0,250 mg B/L), **Cadmio Total** (<0,0100 mg Cd/L), **Plata Total** (<0,0200 mg Ag/L), **Cobre Total** (<0,0400 mg Cu/L), **Cromo Total** (<0,100 mg Cr/L), **Mercurio Total** (<0,001 mg Hg/L),

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	51

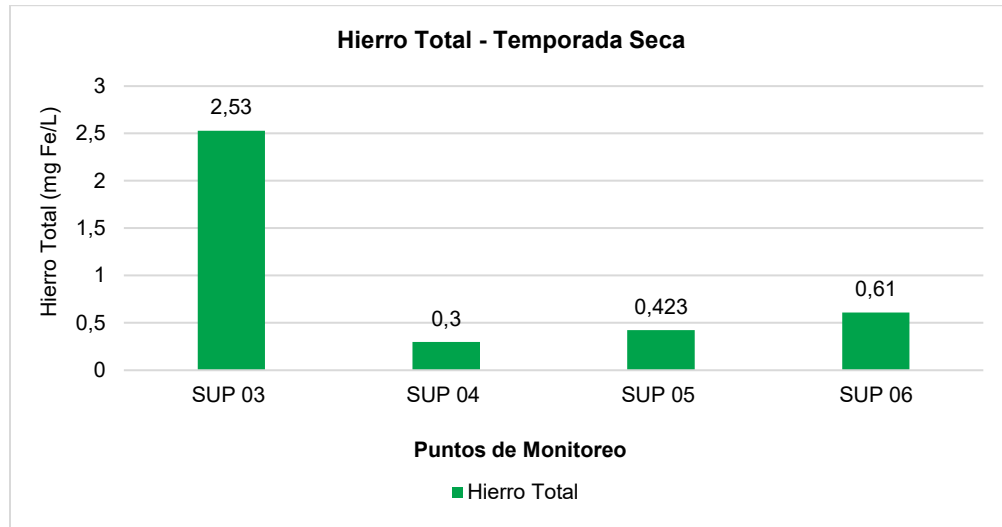
Molibdeno Total (<0, 0,0100 mg Mo/L), **Níquel Total** (<0,0400 mg Ni/L), **Plomo Total** (<0,0500 mg Pb/L), **Litio Total** (<0,0200 mg Li/L), **Selenio Total** (<0,005 mg Se/L), **Cobalto Total** (<0,0300 mg Co/L), **Zinc Total** (<0,0200 mg Zn/L), **Vanadio Total** (<0,100 mg V/L), **Berilio Total** (<0,0200 mg Be/L) y **Bario Total** (<0,100 mg Ba/L), presentaron concentraciones indetectables, al reportar en todos los casos los límites de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para la determinación de cada uno, como se observa en la Tabla 3-3; condición dada para todos puntos monitoreados.

En el caso del **Manganeso Total** se reportaron valores entre el límite de cuantificación establecido por la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,0200 mg Mn/L) en el punto SUP 04 y 0,0881 mg Mn/L en el punto SUP 06, por lo mismo se evidencia la baja y/o ausencia de algún riesgo sobre el agua por parte de estos metales y se descarta algún tipo de contaminación generada como consecuencia de las actividades antrópicas desarrollados en el área en donde se ubican los cuerpos de agua. Según los resultados mencionados, se da cumplimiento a la normativa ambiental de referencia, puesto que no se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, para aquellos que presentan criterios de calidad (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Por su parte, el **Hierro Total** presentó concentraciones entre 0,300 mg Fe/L en el punto SUP 04 y 2,53 mg Fe/L en el punto SUP 03; como se observa en la Figura 3-18. Estas concentraciones son bajas, ya que suelen estar influenciadas por las características geológicas de los sitios en donde se encuentran los cuerpos de aguas, debido a materiales ferrosos, los cuales se encuentran de forma natural como componente mineral del lecho rocoso, su concentración puede aumentar por disolución mineral del agua, se descarta la afectación de estos ecosistemas por acción humana en la zona de estudio. En relación con la comparación normativa, los puntos monitoreados se encuentran por debajo del límite máximo permisible estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 (5,0 mg/L). Cabe resaltar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto en mención no se establecen límites de calidad para el presente parámetro (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	52

Figura 3-18 Registro de Hierro Total - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.26 Grasas y Aceites

Por otra parte, compuestos tales como; las Grasas y Aceites y los Hidrocarburos, son un conjunto de sustancias tipo lipídico, pobremente solubles en agua, que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes, que dificultan el intercambio de gases entre la superficie del agua y la atmósfera. Estos pueden aparecer en las aguas por causas naturales o por la actividad antrópica, generando olores fuertes y deterioro estético de los sistemas hídricos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). El análisis de estos parámetros anteriormente descritos se presenta a continuación para los monitoreos realizados para la temporada de lluvias y la temporada seca.

- Temporada de Lluvias

En el presente monitoreo las grasas y aceites reportaron concentraciones entre los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas en el laboratorio para la determinación (<1,40 mg/L) en cinco (5) de los puntos evaluados y 11,5 mg/L en el punto SUP 04, finalmente para los hidrocarburos se presenta en la totalidad de los puntos el límite mínimo de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su respectiva determinación (<1,40 mg/L), tal y como se presenta en la Tabla 3-2 cumpliendo

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	53

satisfactoriamente con el criterio de calidad estipulado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (sin película visible) para el caso de las grasas; en tanto, para los hidrocarburos no se definen límites restrictivos en la normatividad ambiental de referencia (MCS, 2024).

- Temporada Seca

En el presente monitoreo, se registraron en la totalidad de los puntos monitoreados concentraciones inferiores a los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas en el laboratorio para la determinación de cada uno ($<1,40$ mg/L), tal y como se muestra en la Figura 3-4 cumpliendo satisfactoriamente con el criterio de calidad estipulado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (sin película visible) para el caso de las grasas y aceites; en tanto, para los hidrocarburos no se definen límites restrictivos en la normatividad ambiental de referencia (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.27 Fenoles

La contaminación de fuentes hídricas por sustancias orgánicas e inorgánicas ha sido siempre de preocupación mundial. Entre las típicas sustancias orgánicas consideradas tanto como subproductos no deseados y materia prima en numerosas industrias, están los fenoles, sus derivados y aquellos compuestos orgánicos que contienen anillos aromáticos condensados pertenecen al grupo de contaminantes más tóxicos y comunes de la industria de plásticos, tintes y papel (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

Para los Fenoles en cinco (5) de los puntos evaluados se reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($<0,002$ mg/L) mientras que para el punto SUP 04 la concentración reportada es de $0,040$ mg/L, dando cumplimiento a los límites permisibles definidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, e indicando que los cuerpos de agua no presentan afectación por parte de estos compuestos (MCS, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	54
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

- Temporada Seca

En este caso, como se muestra en la Tabla 3-3 se reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,002 mg/L) en todos los puntos monitoreados, dando cumplimiento a los límites permisibles definidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, e indicando que los cuerpos de agua no presentan afectación por parte de estos compuestos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.28 Tensoactivos

Los Tensoactivos hacen referencia a las Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) o detergentes, los cuales al ser vertidos en los cuerpos de agua naturales pueden causar efectos perjudiciales para la vida acuática (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). A continuación, se muestran los análisis de los resultados obtenidos para los monitoreos que se llevaron a cabo tanto en temporada de lluvias como en temporada seca.

- Temporada de Lluvias

Los tensoactivos (SAAM) para este monitoreo reportaron el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,200 mg LAS/L) en todos los puntos evaluados, encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (0,5 mg LAS/L; Tabla 3-2), por tanto, no presenta afectaciones por este parámetro (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Para este monitoreo, los tensoactivos (SAAM) reportaron el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación (<0,200 mg LAS/L) en todos los puntos evaluados, encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (0,5 mg LAS/L), tal y como se muestra en la Tabla 3-3, y por lo tanto, no se presentan afectaciones en los puntos monitoreados por este parámetro (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	55

3.2.5.1.4.29 Pesticidas Organofosforados

Los plaguicidas organofosforados son un grupo de sustancias orgánicas derivadas de la estructura química de los ácidos fosfóricos. Han sido utilizados como aditivos del petróleo, disolventes, barnices, aislantes eléctricos, impermeabilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas, entre otros (Guadalupe Prado Flores, Octavio, Castelán Ortega & Arturo César García Casillas, 2017). Los plaguicidas utilizados en la agricultura llegan a los cursos de aguas subterráneas y superficiales (ríos y lagos) fundamentalmente por arrastre y lixiviación, su uso indiscriminado ha provocado la contaminación del medio ambiente, actuando negativamente sobre la salud humana y el deterioro ambiental (Pedro Benitez Diaz & Leiticia Miranda Contreras, 2013), razón por la cual es importante su determinación en los monitoreos de calidad de agua. De acuerdo con lo anterior a continuación se presenta el análisis de los resultados con respecto a este parámetro para los monitoreos realizados en temporada seca y en temporada de lluvias.

- Temporada de Lluvias

En los seis (6) puntos efectivos monitoreados se reportaron concentraciones inferiores al límite cuantificable de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($<0,00020$ mg/L) como se presenta en la Tabla 3-2, con lo anterior, es posible afirmar que hay ausencia de dichos compuestos en las muestras de agua analizadas, concluyendo así que la calidad del agua de estos ecosistemas acuáticos no ha sido afectada por vertimientos de fuentes exógenas que contengan este tipo de compuestos. También es de aclarar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se establecen límites restrictivos para este parámetro, por lo tanto, no se realiza comparación normativa (MCS, 2024).

- Temporada Seca

En los cuatro (4) puntos efectivos monitoreados se reportaron concentraciones inferiores al límite cuantificable de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($<0,00001$ mg/L), como se evidencia en la Tabla 3-3, por lo anterior, es posible afirmar que hay ausencia de dichos compuestos en las muestras de agua analizadas, concluyendo así que la calidad del agua de estos ecosistemas acuáticos no ha sido afectada por vertimientos de fuentes exógenas que contengan este tipo de compuestos. También es de aclarar que

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	56

en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se establecen límites restrictivos para este parámetro, por lo tanto, no se realiza comparación normativa (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.30 Coliformes Totales y Termotolerantes

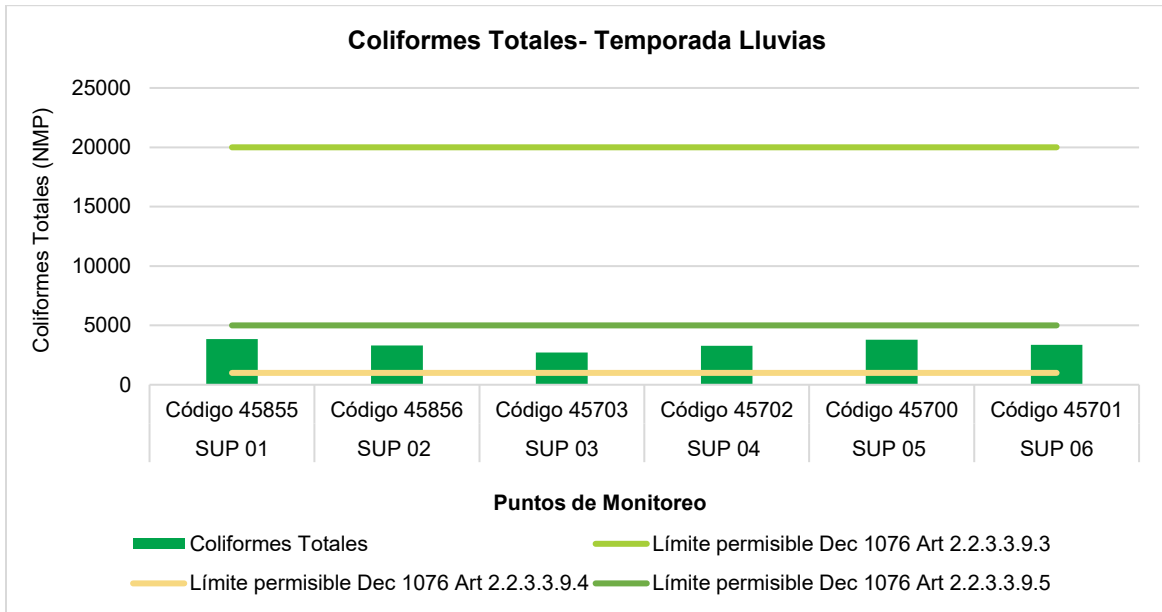
Los coliformes son un grupo de microorganismos que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en indicadores en los cuerpos de agua. Estos microorganismos habitan comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de éstas da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Temporada de Lluvias

En este monitoreo, para los Coliformes Totales se reportaron valores de 2720 NMP/100mL (SUP 03) y 3840 NMP/100mL (SUP 01), tal y como se evidencia en la Figura 3-19. Estos resultados señalan que los puntos de monitoreo cumplen con el criterio de calidad establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 (20000 NMP/100mL) y 2.2.3.3.9.5 (5000 NMP/100mL) del Decreto 1076 de 2015, no obstante, los seis (6) puntos superan el límite permisible contemplado en el artículo 2.2.3.3.9.4 (1000 NMP/100mL), por lo que se recomienda si se desea potabilizar el recurso, realizar procesos de tratamiento convencional antes de su destinación. En cuanto a las Coliformes Termotolerantes registraron concentraciones entre 216 NMP/100mL en el punto SUP 03 y 410 NMP/100MI (SUP 01), siendo en su totalidad valores inferiores a los límites máximos permisibles dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100mL) del Decreto 1076 de 2015 (Figura 3-20). La presencia de estos microorganismos en las aguas superficiales, pueden estar asociadas con el desarrollo de actividades agropecuarias cercanas a las áreas en donde se encuentran los puntos de monitoreo, que por escorrentía pueden llegar hasta los sistemas hídricos (MCS, 2024).

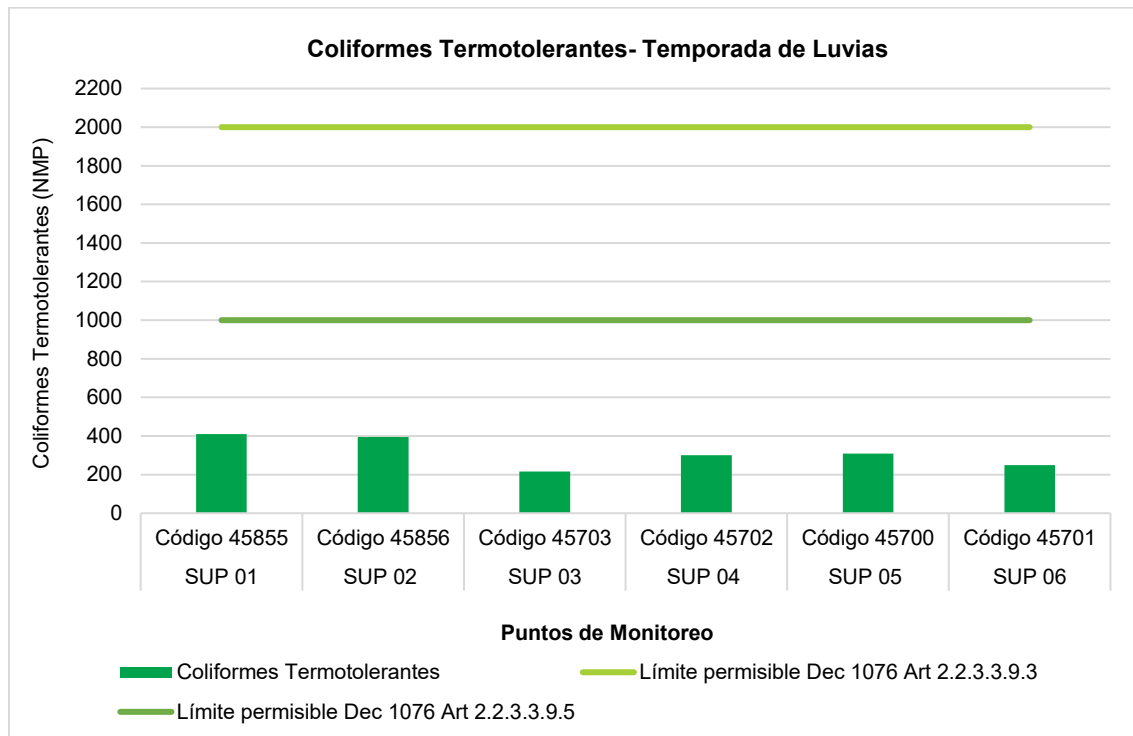
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	57

Figura 3-19 Registro de Coliformes Totales - Temporada de Lluvias



Fuente: (MCS, 2024)

Figura 3-20 Registro de Coliformes Termotolerantes - Temporada de Lluvias



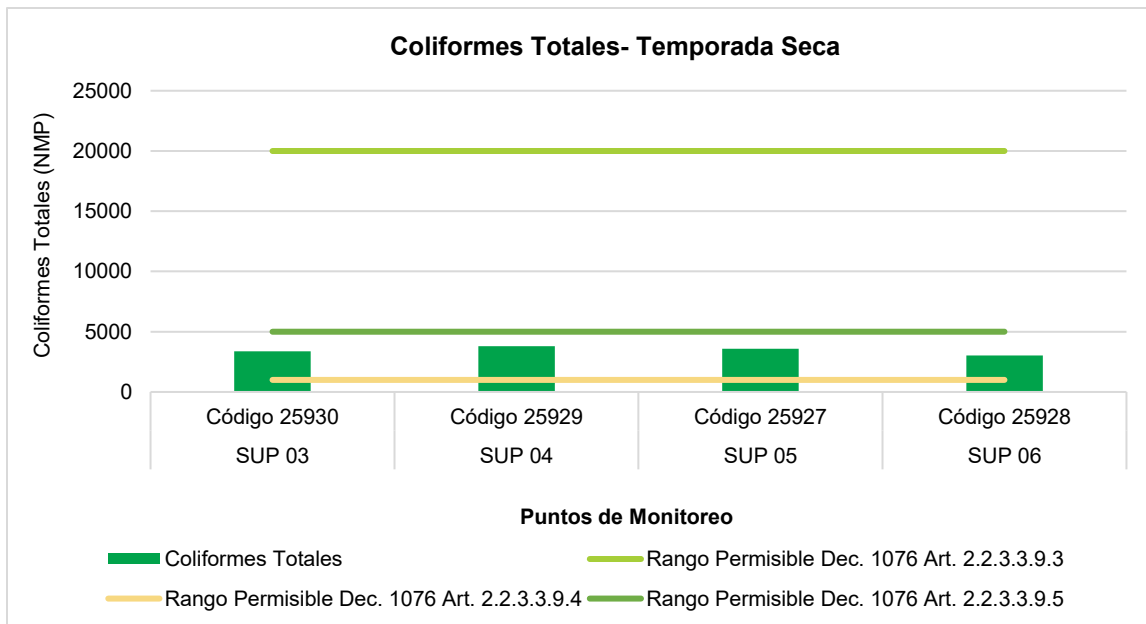
Fuente: (MCS, 2024)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	58

- Temporada Seca

Los Coliformes Totales reportaron valores de 3020 NMP/100mL (SUP 06 -) y 3790 NMP/100mL (SUP 04), como se evidencia en la Figura 3-21. Estos resultados señalan que los puntos de monitoreo cumplen con el criterio de calidad establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 (20000 NMP/100mL) y 2.2.3.3.9.5 (5000 NMP/100mL) del Decreto 1076 de 2015, no obstante, los cuatro (4) puntos superan el límite permisible contemplado en el artículo 2.2.3.3.9.4 (1000 NMP/100mL), por lo que se recomienda si se desea potabilizar el recurso realizar previos procesos de tratamiento convencional antes de su destinación. De forma paralela, las Coliformes Termotolerantes registraron concentraciones entre 211 NMP/100mL en el punto SUP 06 y 330 NMP/100mL (SUP 04), siendo en su totalidad valores inferiores a los límites máximos permisibles dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100mL) del Decreto 1076 de 2015 (Figura 3-22). La presencia de estos microorganismos en las aguas superficiales, pueden estar asociada con el desarrollo de actividades agropecuarias cercanas a las áreas en donde se encuentran los puntos de monitoreo, que por escorrentía pueden llegar hasta los sistemas hídricos (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

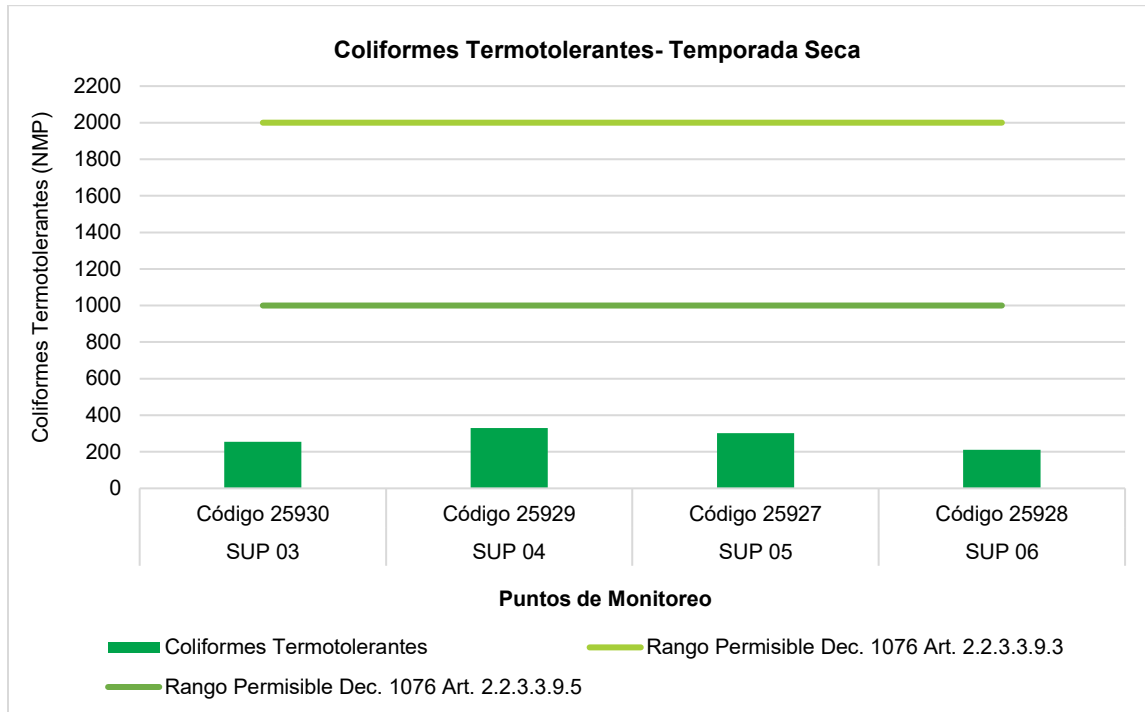
Figura 3-21 Registro de Coliformes Totales - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	59

Figura 3-22 Registro de Coliformes Termotolerantes - Temporada Seca



Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.4.31 Huevos de Helminto

Diversos autores a nivel mundial han evaluado ampliamente el uso de los Huevos de Helminto como indicadores de contaminación fecal. Estos se han detectado en diferentes matrices ambientales relacionadas con la reutilización del agua residual o con la disposición de biosólidos provenientes de las depuradoras, por lo que el contacto de los agricultores o los consumidores puede resultar en su infección con agentes patógenos; los huevos de helmintos se encuentran en el ambiente y son de gran importancia en salud pública, debido a su mínima dosis infectiva y a su alta resistencia a diversas condiciones ambientales, como la temperatura, el pH y la humedad (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024). Para los monitoreos realizados se evaluó su presencia, por lo cual a continuación se muestra el análisis de sus resultados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	60

- Temporada de Lluvias

Para el presente monitoreo se determinó una concentración del límite mínimo de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su respectiva determinación (1) Huevos/L en todos los puntos evaluados (Tabla 3-2), descartando afectaciones sobre el cuerpo de agua superficial por causa de vertimientos de origen doméstico y/o infiltraciones. Con respecto a la norma de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se disponen criterios de calidad para el parámetro en mención, por consiguiente, no se realiza comparación, ni juicio de cumplimiento normativo (MCS, 2024).

- Temporada Seca

Para este monitoreo se determinó una concentración de cero (0) Huevos/L en todos los puntos evaluados (Tabla 3-3), descartando afectaciones sobre el cuerpo de agua superficial por causa de vertimientos de origen doméstico y/o infiltraciones. Con respecto a la norma de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se disponen criterios de calidad para el parámetro en mención, por consiguiente, no se realiza comparación, ni juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.1.5 Cálculo de índices

A continuación, se describen los índices de contaminación y de calidad del agua evaluados para los monitoreos realizados.

3.2.5.1.5.1 Índices de Contaminación

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las corrientes que se encuentran en el área de interés, se estimó el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), el índice de contaminación trófico (ICOTRO) y el índice de contaminación por mineralización (ICOMI) (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	61

Para los monitoreos, no fue posible realizar el cálculo del índice de contaminación trófica (ICOTRO) debido a que el resultado de la variable necesaria para su análisis fue menor al límite cuantificable por la técnica analítica empleada en el laboratorio (Fósforo total).

En la Tabla 3-4, se detallan los resultados y la interpretación de los índices de contaminación determinados para los puntos de monitoreo evaluados durante la temporada seca y la temporada de lluvias, resaltando que para los puntos SUP 01 y SUP 02 no se realizó monitoreo para la temporada seca.

Tabla 3-4 Índices de contaminación (ICO's) en los puntos de monitoreo

INDICE PUNTO DE MONITOREO	ICOMO		ICOMI		ICOSUS		ICOTRO	
	LLUVIAS	SECA	LLUVIAS	SECA	LLUVIAS	SECA	LLUVIAS	SECA
SUP 01	0,35		0,09		0,01		-	
SUP 02	0,36		0,09		0,01		-	
SUP 03	0,41	0,39	0,05	0,07	0,01	0,02	-	-
SUP 04	0,64	0,37	0,67	0,11	1	0,01	-	-
SUP 05	0,37	0,35	0,09	0,09	0,01	0,04	-	-
SUP 06	0,4	0,34	0,07	0,08	0,02	0,03	-	-

(-): No fue posible calcular el índice debido a que la variable (Fósforo Total) arrojó un valor equivalente al límite mínimo de cuantificación.

Fuente: (MCS, 2024) Adaptado por CONSGA BIC S.A.S

Tabla 3-5 Interpretación de los Índices de Contaminación

INTERPRETACIÓN ICO's		ICOTRO
0-0,2	CONTAMINACIÓN MUY BAJA	0,01 = Oligotrófico 0,01 - 0,02 = Mesotrófico 0,02 - 1 = Eutrófico >1 = Hipereutrófico
0,21-0,4	CONTAMINACIÓN BAJA	
0,41-0,6	CONTAMINACIÓN MEDIA	
0,61-0,8	CONTAMINACIÓN ALTA	
0,81-1,0	CONTAMINACIÓN MUY ALTA	

Fuente: (MCS, 2024)

◇ Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO

Recoge los datos obtenidos por la DBO₅, coliformes y oxígeno disuelto. Como se observa en la Tabla 3-4, para la temporada se presentó una contaminación “baja” para los puntos SUP 04 a SUP 06 que son los cuatro (4) puntos en los que se realizó monitoreo, este resultado se replica para los resultados obtenidos del monitoreo en temporada de lluvias, en donde para los puntos SUP 05 y SUP 06 se mantuvo un ICOMO bajo, así como también en los puntos SUP 01 y SUP 02, mientras que para el punto SUP 03 la contaminación aumento a “Media” y en el punto ASUP 04 a “Muy Alta”, este aumento en el índice

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	62

contaminación por materia orgánica se encuentra estrechamente ligado con el arrastre de sedimentos hacia los cuerpos de agua producto de las precipitaciones.

◊ Índice de contaminación por mineralización – ICOMI

Recoge los datos obtenidos por la conductividad, dureza total y alcalinidad total. En donde para la mayoría de puntos analizados para ambas temporadas se registraron índices de contaminación “muy baja” a excepción del punto ASUP4 en la temporada de lluvias el cual presenta una contaminación “muy alta” (Tabla 3-4), lo cual se relaciona con las altas concentraciones de sólidos disueltos y sales minerales, (MCS, 2024) que tienden a aumentar por los procesos de arrastre de sedimentos y otros materiales por ocasión de las lluvias.

◊ Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS

Hace referencia a compuestos y partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión. Para los seis (6) puntos evaluados en la temporada de lluvias y los cuatro (4) puntos evaluados en la temporada seca, se registró una contaminación “muy baja” por sólidos suspendidos totales (Tabla 3-4), indicando una mínima incidencia de los sólidos suspendidos en estos cuerpos de agua, debido a la mínima presencia de sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos en los sistemas hídricos (MCS, 2024).

3.2.5.1.5.2 Índice de Calidad de Agua (ICA)

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos del monitoreo, existe el índice de calidad de agua (ICA), el cual reduce una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación. En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	63

De acuerdo con los parámetros y resultados obtenidos, la mayoría de los puntos monitoreados presentaron un índice de calidad “aceptable” tanto para la temporada de lluvias como para la temporada seca, a excepción del punto SUP 04 que tiene un índice de calidad “muy mala” comportamiento asociado al bajo y alto contenido de oxígeno, y el contenido de sólidos suspendidos totales, así como también las elevadas concentraciones de coliformes en este sitio, producidos principalmente por actividades ganadera y e ingreso de material alóctono a los cuerpos de agua por escorrentía (Tabla 3-6).

Tabla 3-6 Índices de calidad (ICA) en los puntos de monitoreo

INDICE PUNTO DE MONITOREO	INDICE ICA	
	LLUVIAS	SECA
SUP 01	0,87	
SUP 02	0,86	
SUP 03	0,8	0,8
SUP 04	0,21	0,83
SUP 05	0,85	0,86
SUP 06	0,81	0,87
RANGOS ICA		INTERPRETACIÓN
0,00 - 0,25		Muy Mala
0,26 - 0,50		Mala
0,51 - 0,70		Regular
0,71 - 0,90		Aceptable
0,91 - 1,00		Buena

Fuente: (MCS, 2024)

3.2.5.1.6 Análisis multitemporal de los resultados de calidad de agua

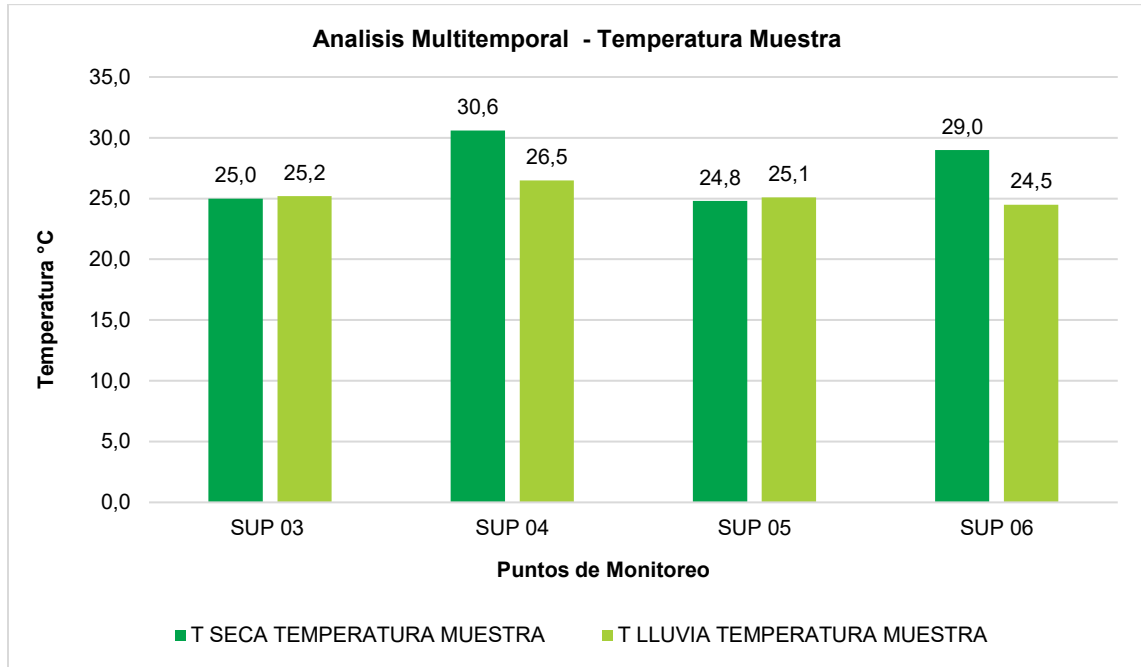
A continuación, se presentan en análisis multitemporal entre la temporada seca y la temporada de lluvias para algunos de los parámetros monitoreados, en este sentido es importante aclarar que el análisis se realiza únicamente para los puntos en los cuales se monitoreo la calidad del agua en ambas temporadas que para este caso son: SUP 03, SUP 04, SUP 05 y SUP 06, esto debido a que como se mencionó anteriormente para los puntos SUP 01 y SUP 02 no se realizó monitoreo en la temporada seca.

En cuanto a la temperatura del agua de los puntos monitoreados, en la Figura 3-23 es posible evidenciar que los puntos SUP 04 y SUP 06 la temperatura del agua es

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	64

considerablemente más alta en comparación con la temporada de lluvias, lo cual puede estar relacionado con el aumento de la temperatura ambiente que ocurre durante la temporada seca y afecta las condiciones de los cuerpos de agua, mientras que para los puntos SUP 03 y SUP 05 la temperatura del agua tiende a ser constante.

Figura 3-23 . Análisis Multitemporal - Temperatura

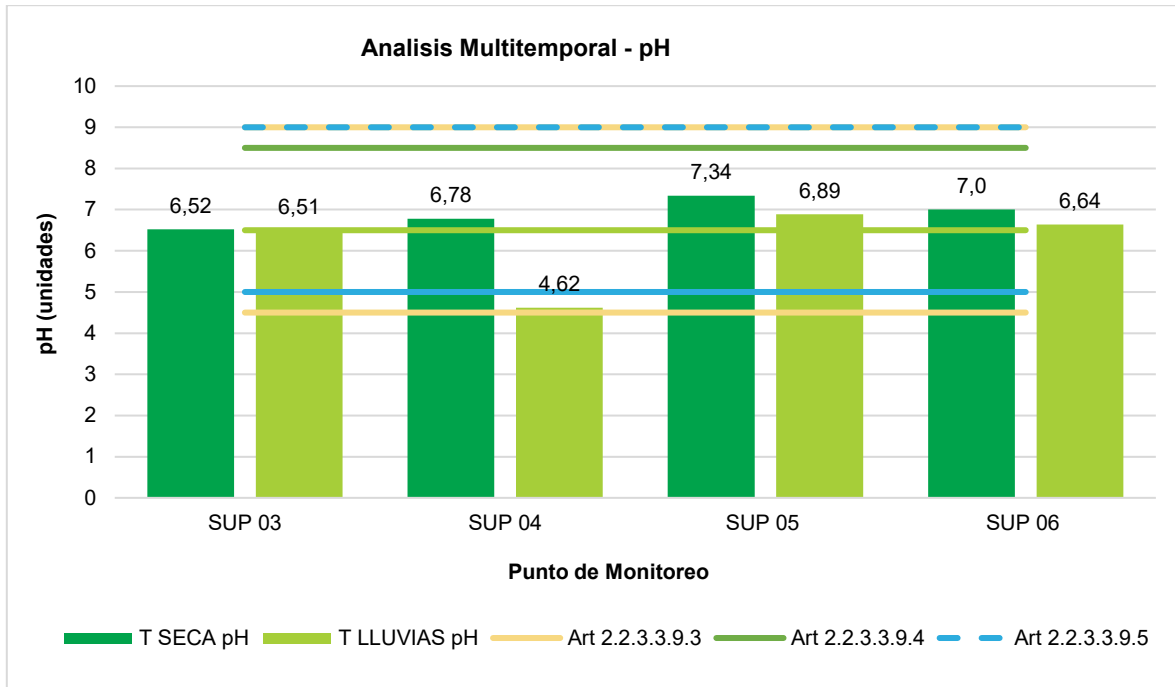


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Para las muestras de agua analizadas el pH se encontró para ambas temporadas dentro de los rangos permisibles determinados por el Decreto 1076 de 2015.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	65

Figura 3-24 . Análisis Multitemporal – pH

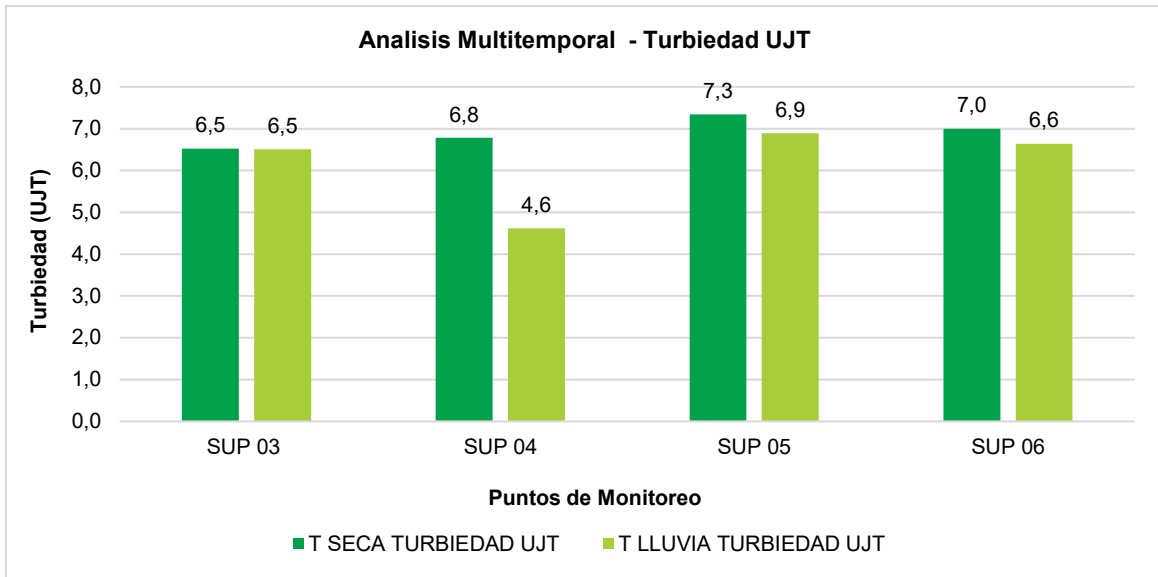


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Para la mayoría de los puntos monitoreados la turbiedad fue constante para la mayoría de los puntos con excepción del punto SUP 04, para el cual en la temporada de lluvias la turbiedad estuvo 2,2 unidades más arriba en comparación del resultado obtenido para le temporada seca, tal y como se muestra en la Figura 3-25, lo cual puede deberse a un aumento significativo de las lluvias sobre este cuerpo de agua que provocara una mayor dispersión de sólidos.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	66

Figura 3-25 . Análisis Multitemporal – Turbiedad

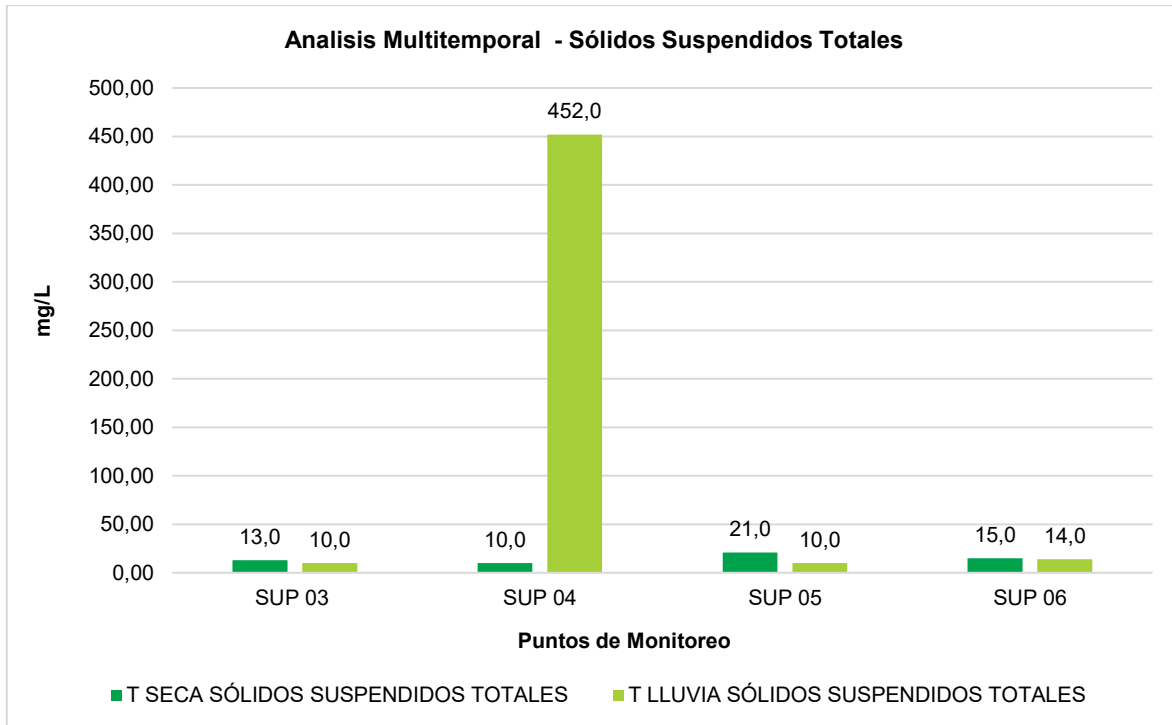


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Para el caso de los sólidos suspendido totales, la concentración tiende a mantenerse en concentraciones bajas por debajo de los 30 mg/L, sin embargo, en el punto SUP 04 estos sólidos se encontraron en una concentración más alta para la temporada de lluvias, lo cual esta influenciado por el arrastre de sedimentos y otros materiales producto de la precipitación.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	67

Figura 3-26 . Análisis Multitemporal – SST

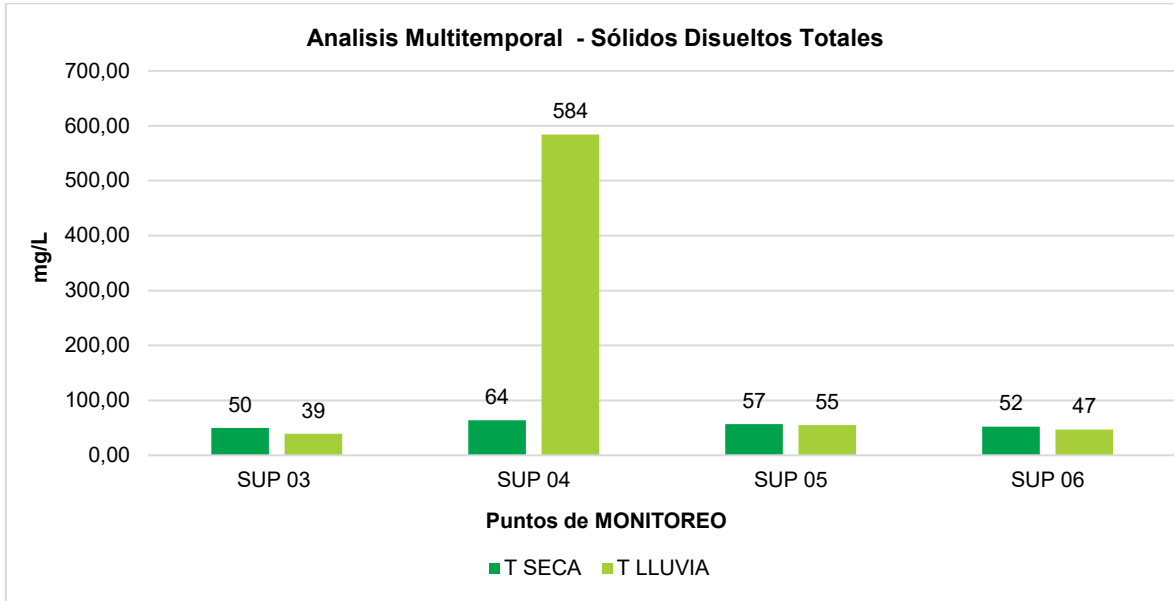


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Para los sólidos disueltos totales el comportamiento en los cuerpos de agua analizados es igual que a los suspendidos, en donde para el punto monitoreo SUP 04 la concentración de esto sólidos es mayor en la temporada de lluvia en comparación con la temporada seca lo cual puede estar relacionado con el movimiento del lecho del río con la turbulencia generada por las lluvias, caso contrario para el resto de los puntos analizados, en donde el comportamiento de este parámetro tiende a ser constante en ambas temporadas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	68

Figura 3-27 . Análisis Multitemporal – Sólidos Disueltos Totales

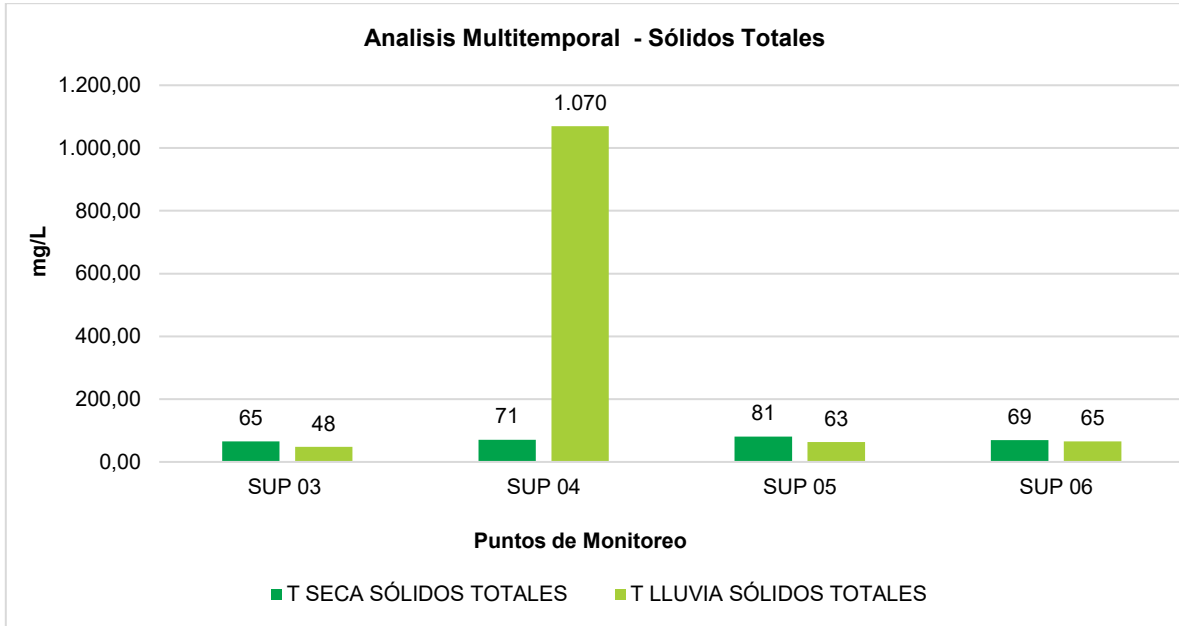


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

El comportamiento analizado anteriormente para los sólidos suspendidos y disuelto se replica en lo sólidos totales, para los cuales en el punto de monitoreos SUP 04 la concentración de sólidos en el cuerpo de agua aumento significativamente durante la temporada de lluvias en comparación con la temporada seca, lo cual como se expresó anteriormente, puede estar relacionado con la turbulencia como incidencia de las lluvias, mientras que la concentración entre ambas temporadas para el resto de los puntos monitoreados tiene comportamiento regular.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	69

Figura 3-28 . Análisis Multitemporal – Sólidos Totales

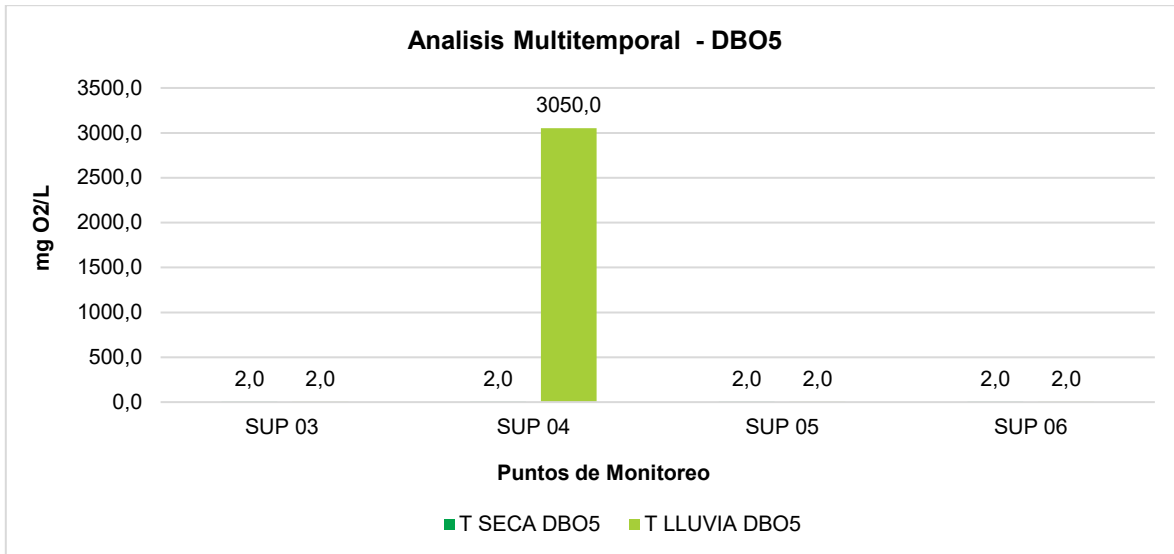


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Para las demandas biológica (DBO5) y bioquímica de oxígeno (DQO), en el punto de monitoreo SUP 04 tienden a un alza significativa durante la temporada de lluvias lo que indica que hay una alta concentración de materia orgánica, y contaminantes tanto orgánicos e inorgánicos que genera un agotamiento del oxígeno presente en el agua, lo cual se relaciona con multiplicidad de procesos de descomposición de materia orgánica producto del movimiento de las aguas a causa de las lluvias, por lo que es un proceso natural ante estos fenómenos; en cuanto al resto de los puntos de monitoreo el valor presentado para estos dos parámetros es igual en ambos monitoreos (Figura 3-29, Figura 3-30).

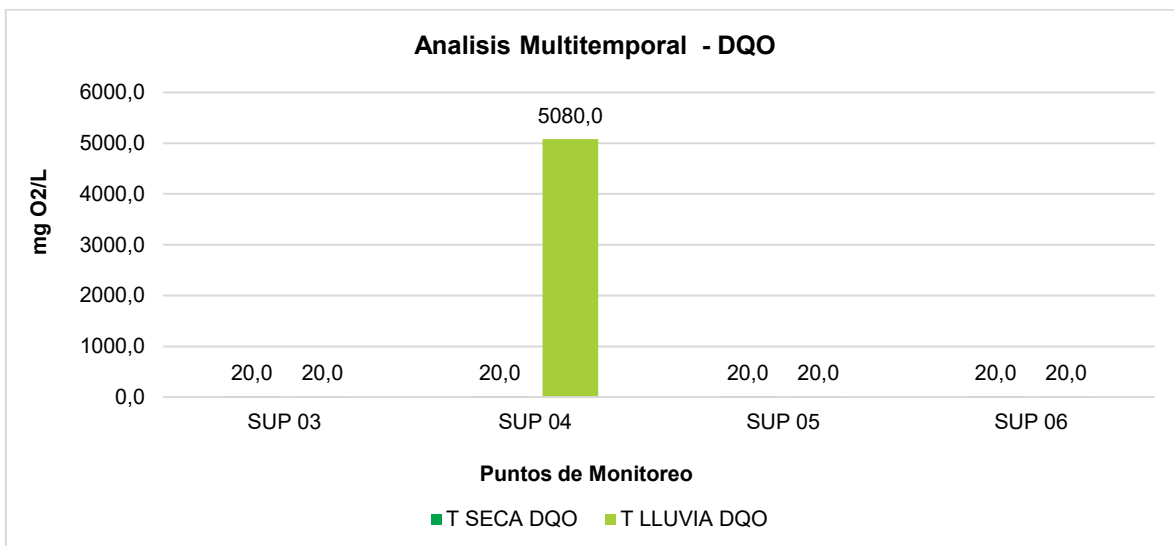
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	70

Figura 3-29 . Análisis Multitemporal – DBO₅



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Figura 3-30 . Análisis Multitemporal – DQO

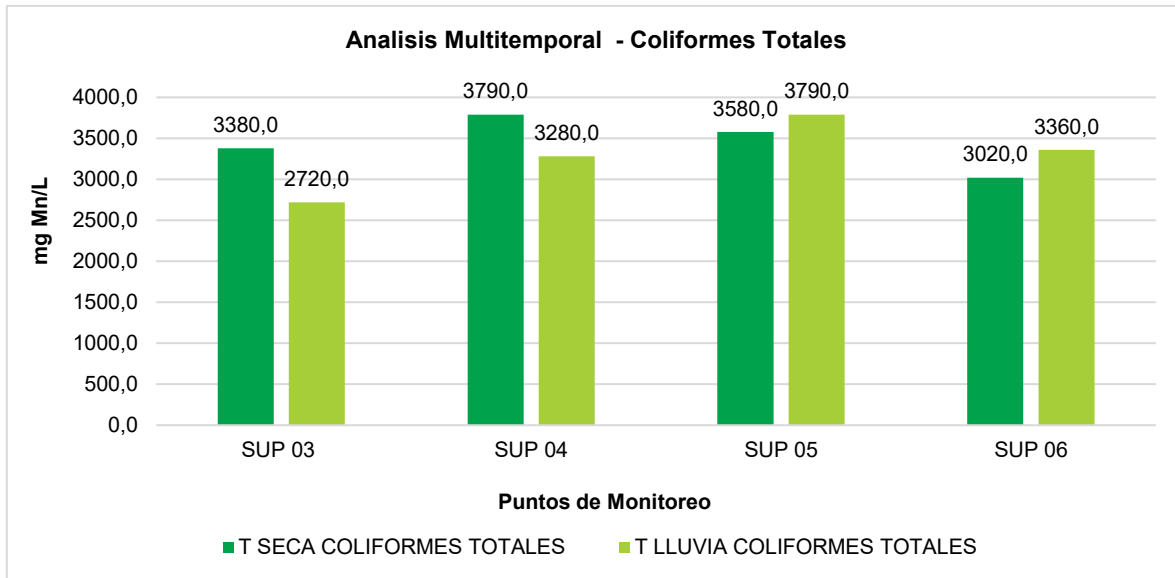


Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Finalmente, en cuanto a las Coliformes totales, el comportamiento es irregular, en tanto para los puntos de monitoreo SUP 03 y SUP 04 su concentración es mayor en la temporada seca, mientras que para las estaciones SUP 05 y SUP 06 la concentración es mayor para la temporada de lluvias, por lo tanto, su comportamiento no se puede adjudicar a variables ambientales, sino que más bien es propio del cuerpo de agua.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	71

Figura 3-31 . Análisis Multitemporal – Coliformes Totales



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

3.2.5.1.7 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del monitoreo y la caracterización fisicoquímica, microbiológica e hidrobiológica de agua superficial en la Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG), es posible concluir lo siguiente:

A nivel fisicoquímico, los cuerpos de agua en general cumplen satisfactoriamente con los límites permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 , 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015; presentando un comportamiento acorde a la composición del agua en cada punto de monitoreo, así como el lecho y suelo por donde circulan dichas aguas, lo que a su vez se encuentra asociado con las condiciones naturales y ambientales de la zona de estudio, la época climática, el tipo de sistema hídrico y las características particulares presentes en los sitios, influenciadas por actividades de ganadería y agricultura en la zona.

El pH obtenido en el punto SUP 04 en el temporada de lluvias, se encuentra por debajo del rango permisible establecido en los artículos 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	72

2015, asimismo los cuatro (4) puntos monitoreados en la temporada seca, se encuentran por debajo del rango permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 ; por lo que se sugiere que de hacer uso de este recurso para fines de consumo humano y/o doméstico se lleve a cabo un tratamiento de tipo convencional y desinfección , lo que se asocia principalmente con la composición del lecho del cuerpo de agua, la actividad biológica y la naturaleza fisicoquímica y mineral de los suelos por donde corren las aguas, los demás puntos cumplen con los rangos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 , 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5.

El grupo de metales, no metales y metaloides analizados presentaron concentraciones bajas e inferiores a los límites de cuantificación en ambas temporadas monitoreadas, por lo tanto, es posible afirmar que los cuerpos de agua analizados, no contiene trazas de estos elementos y por consiguiente hay cumplimiento satisfactorio en los límites permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 a excepción del manganeso total y el hierro Total los cuales presentan valores por encima de los límite de calidad establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.5 en el punto SUP 04 para la temporada de lluvias.

En la mayoría de los puntos de muestreo tanto para la temporada de lluvias como para la temporada seca, no se detectaron sustancias de origen industrial, como los compuestos orgánicos (fenoles, grasas y aceites e hidrocarburos), indicando que los sistemas hídricos no presentan algún impacto por las actividades industriales desarrolladas en el área de estudio, descartando la afectación de la calidad fisicoquímica de los cuerpos de agua, esto con excepción del punto SUP 04 en la temporada de lluvias el cual reporto valores detectables para los parámetros fenoles y grasas y aceites.

A nivel microbiológico, se determinó que en los cuerpos de agua hay presencia de coliformes, sin embargo, tanto para la concentración de los coliformes totales como de los coliformes termotolerantes en ambas temporadas se encuentran cumpliendo con los límites permisibles dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015; no obstante, en cuanto a los coliformes totales, en la totalidad de los puntos monitoreados hay sobrepaso del límite máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 de la normativa en referencia. La presencia de estos microorganismos puede estar asociada con

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	73

actividades ganaderas cercana al área en donde se encuentran los puntos de monitoreo, que por escorrentía pueden llegar hasta la fuente superficial, de esta manera, se descartan afectaciones al cuerpo de agua producto de las actividades industriales desarrolladas en la zona de estudio.

Los índices de contaminación (ICOMI, ICOMO y ICOSUS) arrojaron una contaminación entre “muy baja”, “media” y “muy alta” durante la temporada de lluvias, lo cual, puede ser atribuido a la dinámica natural y la geología particular de la zona, así como los niveles bajos, moderados y altos de minerales disueltos, la baja, moderada y alta presencia de desechos orgánicos y la concentración de partículas sólidas en suspensión. En cuanto a la temporada seca estos índices arrojaron valores de contaminación “muy baja” y “baja”, lo cual, puede ser atribuido a la dinámica natural y la geología particular de la zona, así como los niveles bajos de minerales disueltos, la baja presencia de desechos orgánicos y la concentración mínima de partículas sólidas en suspensión. Adicionalmente, en ambos casos influye de igual forma la dinámica natural de estos ecosistemas, como los flujos de agua, la circulación y los procesos de sedimentación, contribuye a la depuración y el mantenimiento de la calidad del agua.

En el análisis de Índice de Calidad ICA, arrojó una calidad “aceptable” para la mayoría de los puntos monitoreados tanto en la temporada seca como en la temporada de lluvias, excepto para el punto SUP 04 que presenta una calidad “muy mala” de acuerdo con este índice. Esta la contaminación es debida a las características de los cuerpos de agua, además, la carga orgánica y las concentraciones de coliformes totales provenientes de las actividades ganaderas presentes en la zona.

En general para la mayoría de los parámetros analizados, en el punto ASUP-4 hubo un alza significativa, debido probablemente a la incidencia de la lluvia sobre el cuerpo de agua, mientras que para los demás puntos el comportamiento tiende a ser constantes, adicional a ello resaltar que los aumentos en los parámetros son menos frecuentes en la temporada seca.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	74

3.2.5.2 Monitoreo de calidad del agua subterránea

En cumplimiento a lo establecido en los términos de referencia HI-TER 1-05 se realizó la caracterización de las fuentes de agua subterránea teniendo en cuenta que diversas actividades del proyecto pueden ocasionar impactos sobre estas. (ver *Capítulo 05.1 EVALUACIÓN AMBIENTAL*).

Se realizó una (1) campaña de monitoreo la cual tuvo por objetivo la caracterización del área de influencia y se llevó a el 13 de junio de 2024. En esta campaña se monito un punto de interés ubicado dentro del área de influencia de la Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG). Durante la fase de campo, se realizaron mediciones in situ de algunos parámetros y se colectaron las muestras de agua para los posteriores análisis fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio.

Así mismo, en el “Anexo J. MONITOREOS\2. Agua Subterránea” se presentan los informes emitidos por el laboratorio con respecto al monitoreo realizado; donde se podrá observar la metodología y equipos empleados para la toma de muestras y cálculos de concentración.

Para el análisis y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se realizó la comparación con los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 de 2015 en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 (consumo humano y/o doméstico, uso agrícola y uso pecuario; respectivamente), en los cuales se fijan los límites máximos permisibles vigentes para la destinación del recurso.

Según lo estipulado por dicho Decreto, el uso del agua para consumo humano y doméstico se refiere, a su utilización en actividades como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, y preparación de alimentos en general. Por su parte, el uso agrícola, se entiende como su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias. Finalmente, el uso pecuario del agua, su utilización para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como para otras actividades conexas y complementarias.

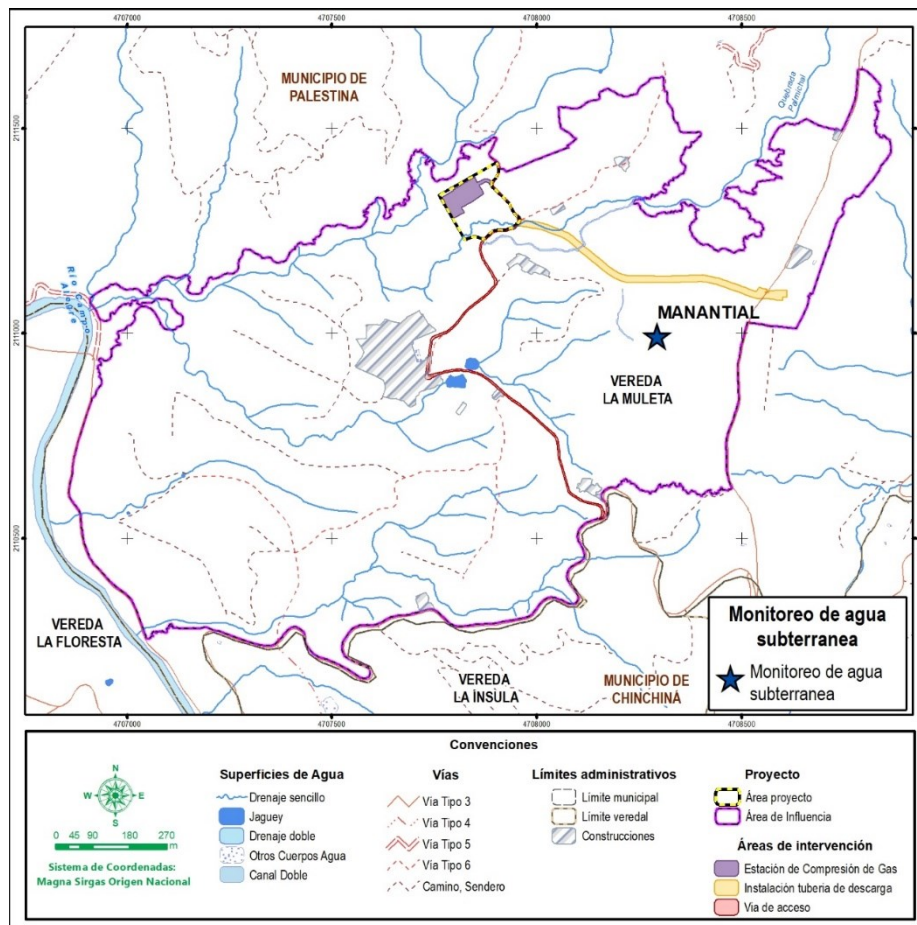
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	75
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

3.2.5.2.1 Localización y descripción de los puntos de monitoreo

El presente estudio se llevó a cabo el día 13 de junio de 2024, en el punto de interés de agua subterránea como parte del Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la Licencia para la construcción de la Estación Compresora de Gas, localizada en jurisdicción del municipio de Palestina, en el departamento de Caldas.

En la Figura 3-32 se aprecia la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de agua subterránea y en la Tabla 3-7, se muestra el registro fotográfico y se describen las principales características y condiciones climáticas evidenciadas durante el trabajo en campo.

Figura 3-32 Ubicación de los puntos de monitoreo de agua subterránea



Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	76

Tabla 3-7 Descripción del punto de monitoreo de agua subterránea

NOMBRE	MANANTIAL	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		NORTE	ESTE
		2110994	4708294
	ESTADO DEL CLIMA	Nublado	
DESCRIPCIÓN	Manantial ubicado en el predio La Merced. El agua es conducida mediante tres mangueras hacia un tanque de concreto para su posterior almacenamiento y distribución a las viviendas cercanas. El recurso es empleado para consumo humano colectivo.		
FOTOGRAFÍA			

Fuente: (MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

3.2.5.2.2 Resultados

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de los resultados del monitoreo realizado, el informe, reportes de laboratorio, cadenas de custodia entre otros, se presentan en el “Anexo J. MONITOREOS\2. Agua Subterránea”.

En la Tabla 3-8, se presentan los valores y las concentraciones obtenidas para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, incluyendo su comparación con la norma aplicable.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	77

Tabla 3-8 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del Agua Subterránea

PARÁMETROS	UNIDADES	MANANTIAL	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE			
			CÓDIGO MCS 25588	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
FECHA	dd/mm/aaaa	13/06/2024	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
HORA	h.	11:15	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TEMPERATURA MUESTRA	°C	24,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,35	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	80,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	5,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	7,70	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	UJT	0,41	N.E.	10,0	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	11	75	20	N.E.	N.E.
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (S37)	mg/L	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg CaCO ₃ /L	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONATOS	mg CaCO ₃ /L	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg CaCO ₃ /L	36,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO ₃ /L	36,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	29,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg Cl-/L	<4,00	250,0	250,0	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg SO ₄ ⁻² /L	<5,00	400,0	400,0	N.E.	N.E.
FÓSFORO REACTIVO TOTAL (EQUIVALENTE A ORTOFOSFATO)	mg P-PO ₄ ⁻³ /L	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	0,149	10,0	10,0	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg N-NO ₂ /L	<0,0100	1,0	1,0	N.E.	10,0
NITRÓGENO AMONIACAL	mg NH ₃ -N/L	<1,00	1,0	1,0	N.E.	N.E.
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/L	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CIANURO TOTAL	mg CN-/L	<0,02	0,2	0,2	N.E.	N.E.
FLUORURO	mg F/L	<1,00	N.E.	N.E.	1,0	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	46	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	51	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DBO ₅	mg O ₂ /L	<2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O ₂ /L	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANTIMONIO TOTAL	mg Sb/L	<0,200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALUMINIO TOTAL	mg Al/L	<0,500	N.E.	N.E.	5,0	5,0
ARSÉNICO TOTAL	mg As/L	<0,005	0,05	0,05	0,1	0,2
BARIO TOTAL	mg Ba/L	<0,100	1,0	1,0	N.E.	N.E.
BORO	mg B/L	<0,250	N.E.	N.E.	0,3 - 4,0	5,0
CADMIO TOTAL	mg Cd/L	<0,0100	0,01	0,01	0,01	0,05
COBRE TOTAL	mg Cu/L	<0,0400	1,0	1,0	0,2	0,5
CROMO TOTAL	mg Cr/L	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO TOTAL	mg Hg/L	<0,001	0,002	0,002	N.E.	0,01
CALCIO TOTAL	mg Ca/L	7,53	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SODIO TOTAL	mg Na/L	6,10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
POTASIO TOTAL	mg K/L	1,55	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO TOTAL	mg Se/L	<0,005	0,01	0,01	0,02	N.E.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	78

PARÁMETROS	UNIDADES	MANANTIAL	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE			
			CÓDIGO MCS 25588	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
MANGANESO TOTAL	mg Mn/L	<0,0200	N.E.	N.E.	0,2	N.E.
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	0,304	N.E.	N.E.	5,0	N.E.
PLOMO TOTAL	mg Pb/L	<0,0500	0,05	0,05	5,0	0,1
ESTRONCIO TOTAL	Mg Sr/L	<0,300	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MOLIBDENO TOTAL	mg Mo/L	<0,0100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg Ni/L	<0,0400	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ZINC TOTAL	mg Zn/L	<0,0200	15,0	15,0	2,0	25,0
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	N.E.
HIDROCARBUROS	mg/L	<1,40	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
BENCENO (BTEX)	mg/L	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TOLUENO (BTEX)	mg/L	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ETILBENCENO (BTEX)	mg/L	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
XILENO TOTAL (BTEX)	mg/L	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES - BTEX	mg/L	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ML	345	20000	1000	5000	N.E.
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ML	13,5	2000	N.E.	1000	N.E.
HUEVOS DE HELMINTO (S35)	Huevos/L	0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SALMONELLA (S35)	NMP/100mL	<1,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

N.E.: No Establecido. **S.P.V.:** Sin película visible. **Nota 2:** MCS Consultoría se hace responsable por los análisis subcontratados. **(S37):** Ensayos subcontratados con el laboratorio Grupo Diagnóstico y Control de la contaminación (GDCON) – Universidad de Antioquia acreditados por el IDEAM mediante Resolución 141 del 09 de febrero de 2024. **(S35):** Ensayos subcontratados con el laboratorio HIDROLAB Colombia LTDA. Acreditado por el IDEAM mediante Resolución 2242 de 10 de octubre de 2022. **(SN):** Parámetro no acreditado en el laboratorio de Colombia ante el IDEAM.

Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

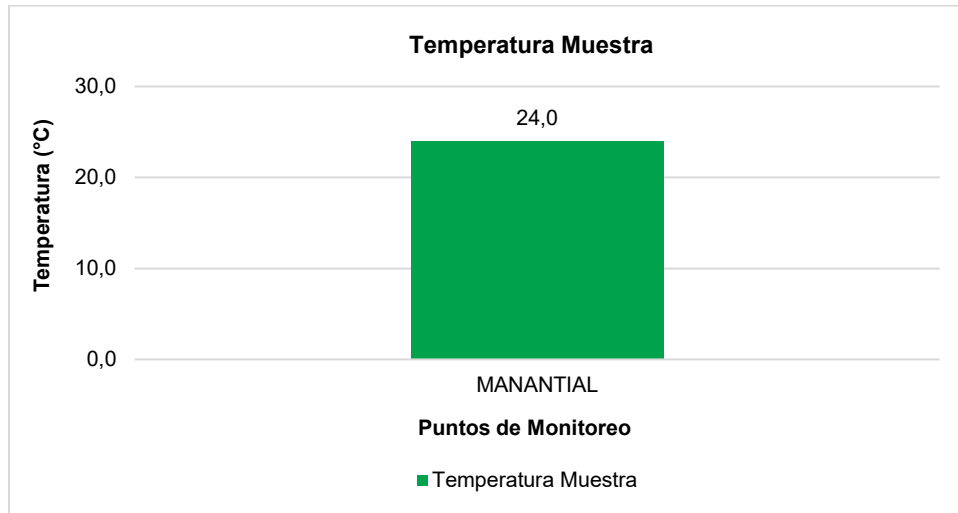
- Temperatura

La temperatura del agua subterránea es muy poco variable, la cual afecta de manera importante la solubilidad de diferentes sales en el agua, por lo que cumple un papel esencial en la composición y en el cambio en la concentración de las sustancias. Como resultado de la caracterización fisicoquímica del agua subterránea, la Temperatura de Muestra reportó un valor de 24,0 °C en el punto Manantial, como se observa en la Figura 3-33. La temperatura registrada es influenciada principalmente por las variaciones diarias o estacionales de la temperatura ambiente, siendo un valor adecuado para que se lleven a cabo las reacciones químicas y biológicas en el agua, al encontrarse dentro del rango aproximado de 25 °C a 35 °C, lo cual muestra el buen estado térmico del punto monitoreado, descartando posibles afectaciones por infiltración de aguas residuales y otras actividades antrópicas. Así mismo, no se emite juicio normativo, pues no se contemplan límites

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	79

permisibles en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, para la variable en mención (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-33 Registro de temperatura de muestra en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

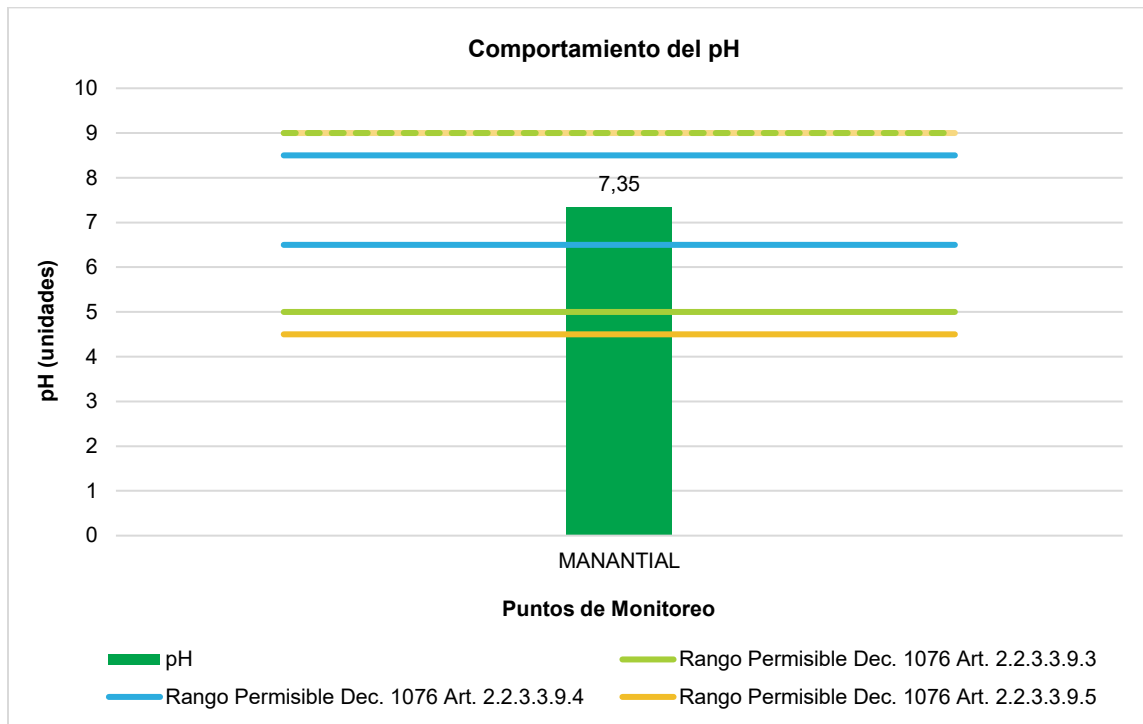
- pH

El **pH** de las aguas subterráneas está relacionado con el tipo de roca en la cual está depositada el agua. La naturaleza disolutiva de algunas rocas permite el intercambio de iones, por tanto, el potencial de hidrogeniones se ve influenciado por este intercambio. El pH juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas naturales. Para el presente monitoreo se registró un valor de 7,35 Unidades en el punto Manantial (Figura 3-34), denotando características alcalinas las cuales se encuentran asociadas a la composición de los suelos con los que tiene contacto el acuífero en procesos de mineralización y/o meteorización natural. Resulta relevante tener en cuenta que el pH de las aguas subterráneas es muy sensible a los cambios, encontrándose influenciado por factores atmosféricos como la lluvia y la temperatura, y también por las reacciones oxidativas y reductivas llevadas a cabo entre los constituyentes del suelo, el agua de infiltración y el agua que subyace (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	80

Con respecto al Decreto 1076 de 2015, el resultado presentado en el punto monitoreado cumple a cabalidad los criterios de calidad dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (5,0 unidades a 9,0 unidades), 2.2.3.3.9.4. (6,5 unidades a 8,5 unidades) y 2.2.3.3.9.5 (4,5 unidades a 9,0 unidades); resaltando que, en el artículo 2.2.3.3.9.6 no se define un rango permisible, por consiguiente, no se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-34 Registro de pH en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

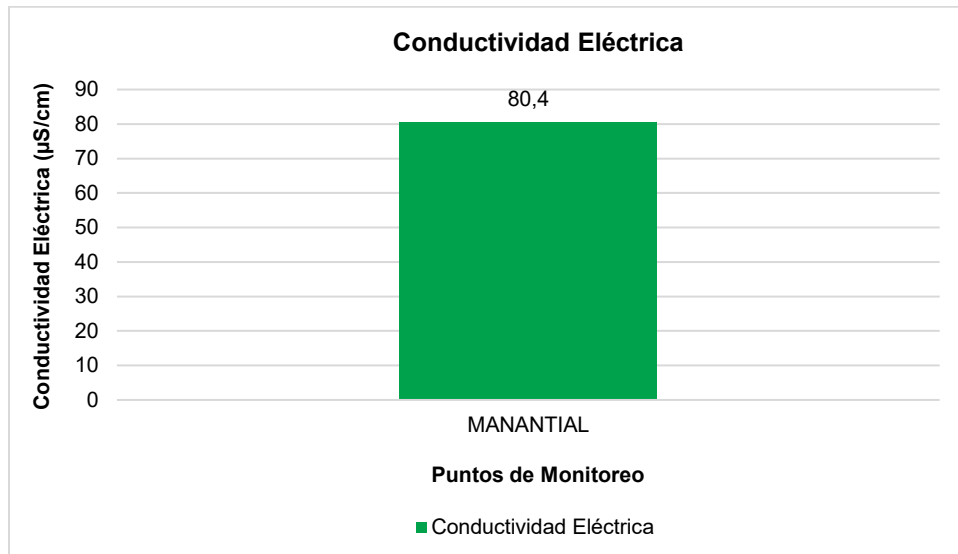
- Conductividad

La conductividad es la medida de la capacidad del agua para transmitir una corriente eléctrica y depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas (aniones y cationes) y de la temperatura a la cual se realiza la determinación. Para este estudio la magnitud de la conductividad es de 80,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto Manantial, como se observa en la Figura 3-35. De acuerdo a lo anterior, es posible determinar que el punto monitoreado expone un grado de mineralización “muy débil” (<100 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Rodier, 2009); siendo resultados que indican baja interacción entre el sustrato y el agua que discurre por el mismo,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	81

es decir, que el cuerpo presenta baja presencia de sólidos y/o sales disueltas. Es de resaltar que en la norma de referencia (artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015) no se definen límites permisibles para la conductividad, por consiguiente, no se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-35 Registro de la conductividad eléctrica en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

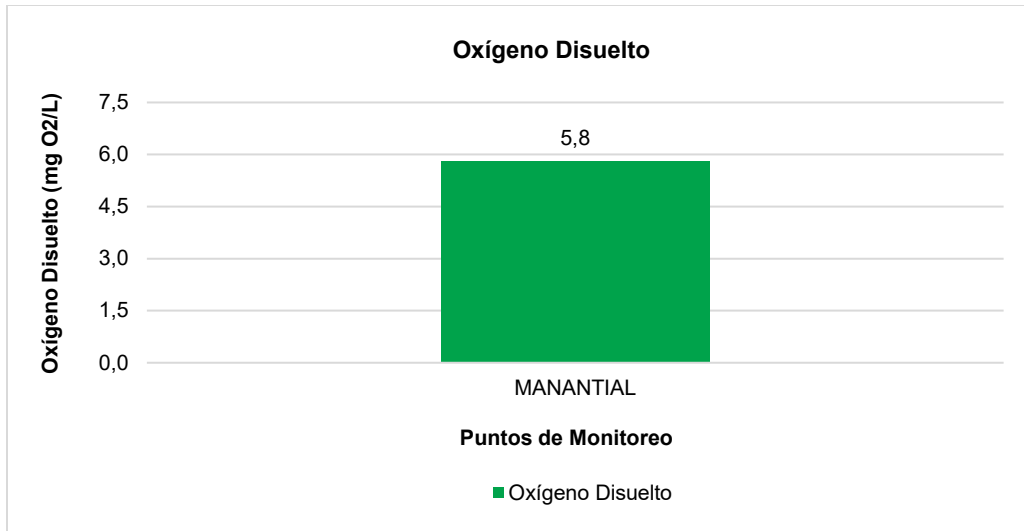
- Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD), es un factor que determina la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular, registró una concentración de 5,8 mg O₂/L en el punto Manantial, como se muestra en la Figura 3-36. Este valor se considera normal y acorde a las características del agua subterránea, puesto que con frecuencia este tipo de aguas presenta un bajo contenido de oxígeno como consecuencia de la ausencia de transferencia de oxígeno directa con la atmósfera y la posible presencia de microorganismos, debido a procesos de oxidación de materia orgánica, así mismo, por lo general las concentraciones de oxígeno disuelto en aguas subterráneas pueden encontrarse entre 0 mg/L y 5 mg/L. Es importante mencionar que en los artículos de referencia (2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) del Decreto 1076 de 2015, no se estipulan criterios de calidad admisibles para el parámetro en mención, por lo tanto, no

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	82

se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-36 Registro del oxígeno disuelto en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

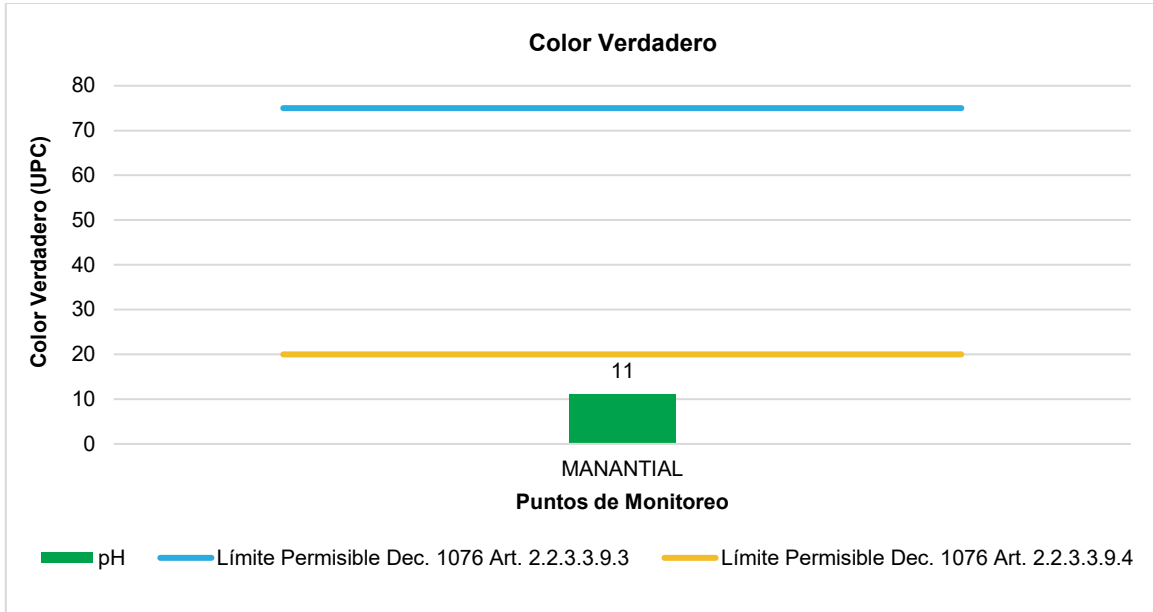
- **Color Verdadero**

El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, y el color aparente, que incluye el color de las sustancias en solución, coloidales y el color debido al material suspendido. Para el presente monitoreo, este parámetro reportó un valor de 11 UPC en el punto Manantial (Figura 3-37). El comportamiento de este parámetro puede variar debido a la dinámica en la movilidad y el flujo de las aguas de infiltración hacia el interior del acuífero, los cuales arrastran los constituyentes de los suelos, influyendo en el color del agua en el punto muestreado. Dicho valor cumple a nivel normativo frente a los límites máximos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 en los artículos 2.2.3.3.9.3 (75 UPC) y 2.2.3.3.9.4 (20 UPC) en el punto monitoreado, lo que indica la presencia de sólidos disueltos, comportamiento coherente con la turbiedad presente en el punto de monitoreo. El color del agua subterránea lo constituye la luz no absorbida, según las sustancias químicas disueltas o suspendidas existentes (proteínas, grasas, carbohidratos y sustancias derivadas como los taninos). Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	83

2015, no se contemplan límites permisibles para dicho parámetro (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-37 Registro del color verdadero en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

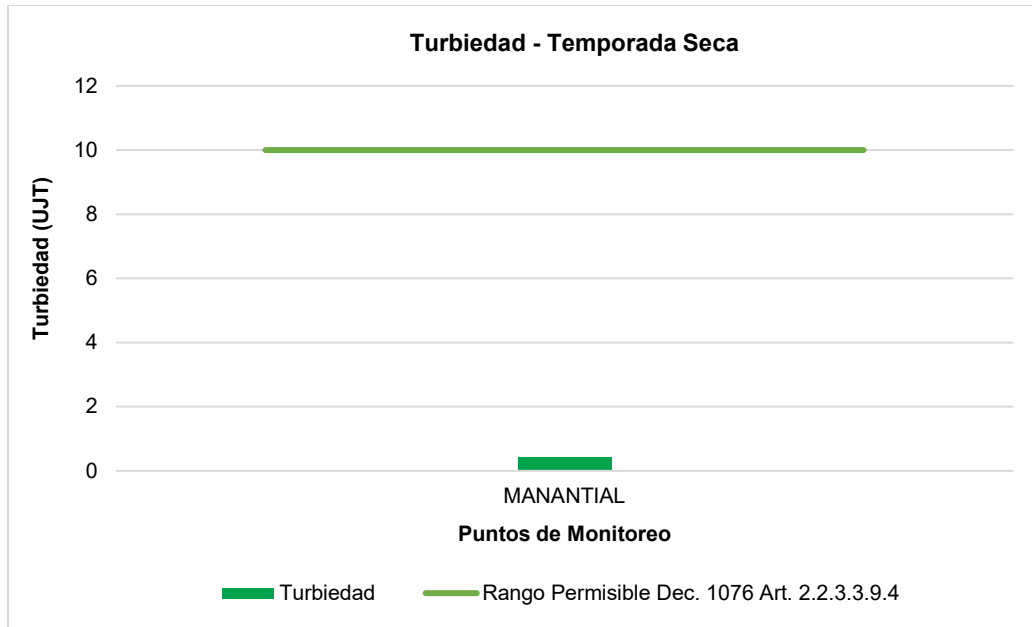
- **Turbiedad**

Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión, y es causada por la presencia de gran variedad de material en suspensión. Este parámetro presenta cierta relación con la presencia de sólidos suspendidos totales, debido a que la presencia de sustancias coloides, son en gran parte responsables en algunos casos de aumentar el valor de la turbidez. Para el presente monitoreo, se reportó un valor de 7,70 NTU (equivalente a 0,41 UJT) en el punto Manantial, como se observa en la Figura 3-38, resultado acorde al tipo de agua analizada; debido a que se relaciona con los distintos materiales en suspensión que varían de tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida y microorganismos, que llegan al acuífero a través del agua que va fluyendo desde la zona de recarga. Por lo anterior, es posible afirmar que en el punto monitoreado cumple frente al límite permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	84

Decreto 1076 de 2015 (10 UJT) (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-38 Registro de la turbiedad en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

- Alcalinidad Total

Este parámetro en las aguas mide directamente la reserva alcalina, es decir, la suma de aniones procedentes directa o indirectamente (a través de la disolución de la sal correspondiente) de un ácido débil y cuya propiedad normalmente es impartida por la presencia de bicarbonatos y carbonatos. La alcalinidad reportó un valor de 36,0 mg CaCO₃/L en el punto Manantial, como se aprecia en la Tabla 3-8; siendo un resultado acorde al valor del pH y obedeciendo únicamente a la presencia de **Bicarbonatos**, ya que la concentración registrada para dicho parámetro fue equivalente al reportado por la alcalinidad; por otro lado, la concentración reportada para los **Carbonatos** fue equivalente al límite de cuantificación de acuerdo con la técnica analítica empleada en el laboratorio (<2,00 mg CaCO₃/L) en el punto monitoreado (Tabla 3-8). Lo anterior teniendo en cuenta, que, en una gran parte, los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos determinan la concentración de alcalinidad en el agua, debido a que cuando las condiciones de acidez aumentan, la reacción entre el ácido y la base del carbonato combinado trae un aumento

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	85

en bicarbonato neutro. Es de tener en cuenta que, para los parámetros mencionados anteriormente, no se definen límites de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, por lo tanto, no se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Acidez Total

Para este parámetro registró una concentración equivalente al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<2,00 mg CaCO₃/L) en el punto Manantial (Tabla 3-8); este valor se debe posiblemente a los efectos del dióxido de carbono (CO₂), pues la presencia de este compuesto se da en algunos casos adicionalmente por disolución directa del dióxido de carbono atmosférico y también por las características del suelo en esta zona, descartando posibles afectaciones de origen antrópico sobre el punto evaluado. Con respecto en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se definen límites de referencia para dicha variable (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Dureza Total

La dureza total del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella, además indica la presencia de metales alcalinos y alcalinotérreos. Este parámetro presentó una concentración de 29,6 mg CaCO₃/L en el punto Manantial como se muestra en la Tabla 3-8. Según Romero (1996), quien propone una clasificación de dureza para el agua, en donde los valores menores a 75 mg/L indican aguas blandas, entre 75 mg/L y 150 mg/L indican aguas moderadamente duras, entre 150 mg/L y 300 mg/L indican aguas duras, y mayores de 300 mg/L indican aguas muy duras; evidenciando en el punto monitoreado características de aguas “blandas”. Con respecto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, en ellos no se definen límites de referencia para esta variable (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Cloruros y Sulfatos

Los compuestos minerales son parámetros de gran interés puesto que definen de igual forma la calidad de las aguas, dentro de estos se encuentran los cloruros y sulfatos. Los

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	86

cloruros ocupan en tercer lugar en porcentaje de los aniones presentes en el agua y se pueden encontrar en concentraciones que oscilan entre 1 mg/L y 1000 mg/L como constituyente de las aguas subterráneas. Para el presente monitoreo, los **Cloruros** registraron una concentración equivalente al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<4,00 mg Cl-/L; Tabla 3-8) en el punto Manantial, indicando una mínima incidencia de estas sales en la muestra de agua subterránea analizada. Esta concentración puede estar asociada con la naturaleza de los terrenos por donde atraviesa el agua que fluye desde la zona de recarga hasta el acuífero, lo que genera el incremento de sales por el lavado del suelo y rocas en el proceso de arrastre. A su vez, se evidencia total cumplimiento frente a los límites máximos permisibles establecidos para este parámetro en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 (250,0 mg Cl-/L) del Decreto 1076 de 2015. Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites restrictivos para la variable en mención (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Por su parte, los **Sulfatos** reportaron una concentración equivalente al límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<5,00 mg SO₄⁻²/L) en el punto Manantial, como se aprecia en la Tabla 3-8, indicando una baja presencia de dicho elemento en la muestra de agua subterránea. Indicando cumplimiento normativo en el punto monitoreado, frente a los límites permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 para dicha variable (400,0 mg SO₄⁻²/L). Es importante tener en cuenta que los sulfatos formados por la combinación entre el azufre hexavalente y el oxígeno, son solubles en agua y sus principales fuentes incluyen volcanes, descomposición y combustión de materia orgánica y aguas residuales. Cabe resaltar que en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se contemplan límites permisibles para el parámetro referido (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Fosforo Total y Reactivo Total

El fósforo es considerado como el principal nutrimento en el control del grado de eutrofización de un ecosistema acuático, ya que influye directamente en el crecimiento de las algas y, por tanto, puede afectar la actividad productiva primaria del agua. Naturalmente se encuentra como fosfatos (ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos enlazados orgánicamente). En aguas frescas no contaminadas se encuentra en bajas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	87

concentraciones. Los ortofosfatos y los fosfatos condensados provienen de la aplicación de fertilizantes en suelos para cultivos agrícolas. El **Fósforo Total** reportó una concentración inferior al límite de la técnica analítica implementada por el laboratorio ($<0,150$ mg P/L) en el punto monitoreado (Tabla 3-8); descartando cualquier tipo de afectación a la matriz analizada por parte de este parámetro. Con respecto al **Fósforo Reactivo Total (Equivalente a Ortofosfato)**, son una de las formas más asimilable por los microorganismos, cuya determinación se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fósforo. Para el presente monitoreo, se reportó una concentración inferior al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio para su determinación ($<0,150$ mg P- PO_4^{3-} /L) en el punto Manantial, tal y como se observa en la Tabla 3-8. No obstante, es importante mencionar que estas variables no cuentan con límites estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Nitratos y Nitritos

Los nitratos son una de las especies químicas del nitrógeno más comunes en las aguas subterráneas naturales, como consecuencia de procesos de nitrificación o por escorrentía de su aplicación como fertilizante aplicado al suelo. Como se muestra en la Tabla 3-8, para el presente monitoreo los **Nitratos** registraron una concentración de $0,149$ mg N- NO_3 /L (Manantial), denotando un valor bajo en la muestra de agua subterránea, que a su vez permiten descartar afectación de origen antrópico sobre el punto evaluado. Así mismo, este parámetro cumple satisfactoriamente con los límites máximos permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 ($10,0$ mg N- NO_3 /L). Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites restrictivos para la variable en mención (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

En relación a los **Nitritos** (NO^{-2}) son la especie química del nitrógeno que se produce por acción bacteriana sobre el amoníaco, en un medio aerobio; y su presencia en aguas superficiales y subterráneas es menor a $0,1$ mg/L. Para el caso del presente monitoreo, esto registraron una concentración inferior al límite de cuantificación establecido por la técnica de análisis empleada por laboratorio ($<0,0100$ mg N- NO_2 /L) en el punto monitoreado

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	88

(Tabla 3-8), valor bajo que indican que en el agua subterránea hay pocos procesos biológicos activos, por lo mismo se pueden descartar fuentes contaminantes por infiltración. Con respecto a la comparación normativa, se cumple satisfactoriamente el criterio de calidad dispuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, dado que la concentración se ubica por debajo del límite máximo permisible (1,0 mg N-NO₂/L) para los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, y 10,0 mg N-NO₂/L para el artículo 2.2.3.3.9.6). Se aclara que en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites restrictivos para la variable en mención (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Nitrógeno Amoniacal y Kjeldahl

El nitrógeno amoniacal es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que hace parte del ciclo del nitrógeno, es influido por la actividad biológica y además proviene de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Generalmente el nitrógeno amoniacal aparece sólo como trazas en aguas subterráneas naturales, aumentando su concentración cuando el medio es fuertemente reductor. Este compuesto es el producto final de la reducción de sustancias orgánicas o inorgánicas nitrogenadas que naturalmente se incorporan al agua subterránea. El Nitrógeno Amoniacal y el Nitrógeno Kjeldahl registraron en el punto Manantial concentraciones inferiores a los límites de cuantificación de las respectivas técnicas analíticas empleadas para la determinación de cada uno en laboratorio (<1,00 mg NH₃-N/L y <5,00 mg N/L, respectivamente), tal y como se muestra en la Tabla 3-8, infiriendo ausencia de estos elementos en el agua subterránea. Así mismo, los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (1,0 mg NH₃-N/L) para el caso del nitrógeno amoniacal. Cabe mencionar que los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se contempla límite restrictivo para dicho parámetro (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Fluoruros

Por otra parte, el flúor es un ion de alta electronegatividad, la fuente del flúor en el agua subterránea está dada principalmente por las rocas que conforman el acuífero, ya que este elemento es liberado al agua subterránea por el proceso de degradación o fragmentación y transformación química de las rocas ígneas intermedias y félsicas. Como se aprecia en la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	89
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

Tabla 3-8. Para este parámetro en el punto evaluado, se reportó una concentración equivalente al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en laboratorio (<1,00 mg F-/L), indicando cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, al ser un valor inferior al límite máximo permisible (1,0 mg F-/L). Es de mencionar que el Decreto 1076 de 2015 en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.6 no establece un límite permisible para esta variable (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- **Cianuro Total**

En cuanto a los compuestos cianurados, se refiere a todos los grupos CN- en compuestos químicos que pueden ser determinados como ion cianuro. Los cianuros son compuestos potencialmente tóxicos, puesto que ante un cambio de pH del medio puede liberar ácido cianhídrico, compuesto de máxima toxicidad para el ser humano. En el punto Manantial se reportó una concentración inferior al límite de cuantificación por la técnica analítica empleada para su determinación en laboratorio para su determinación (<0,02 mg CN/L), tal y como se muestra en la Tabla 3-8, este resultado permite inferir la ausencia de dicho compuesto en el agua subterránea evaluada, siendo una condición favorable para la destinación del recurso, pues corresponden a sustancias tóxicas. De acuerdo, con el criterio de calidad dispuesto en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, se evidencia cumplimiento normativo, al encontrarse por debajo del límite máximo permisible establecido (0,2 mg CN-/L) (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- **Sólidos Suspendidos totales, Disueltos Totales, Sedimentables y Sólidos Totales**

Los **Sólidos Totales**, corresponden a la materia que permanece como residuos después de evaporación y secado a 103 °C, y para su estudio se dividen en disueltos (residuo filtrable) y no disueltos (suspendidos, residuo no filtrable). Como se observa en la Tabla 3-8, para el presente monitoreo los sólidos totales, registraron en el punto Manantial una concentración de 51 mg/L, lo que permite afirmar, que en este tipo de agua el contenido de sólidos se relaciona principalmente con el arrastre de material hacia los acuíferos durante los procesos de infiltración y la presencia de sales disueltas, permitiendo establecer mayor fracción de sólidos disueltos en comparación a la fracción de sólidos suspendidos. Es de mencionar que el Decreto 1076 de 2015 en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	90
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

y 2.2.3.3.9.6 no establece un límite permisible para esta variable (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

En cuanto a los **Sólidos Disueltos Totales** , estos con una concentración de 46 mg/L de en la muestra se correlacionan de manera directa con el resultado de la conductividad eléctrica (Figura 3-35), estos sólidos tienen un tamaño menor a 0,00001 mm, relacionados con el grado de mineralización del agua, lo anterior es coherente con el tipo de agua analizada y se encuentra relacionado con el material del sustrato de tamaño micrométrico, el cual, se infiltra aportando cantidades de partículas que se integran en los procesos de arrastre e infiltración en el acuífero (Vélez et al, 2011). En cuanto a la norma de referencia los sólidos disueltos totales no presentan límites permisibles en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Por su parte, los **Sólidos Suspendidos Totales** se definen como todas aquellas sustancias en estado sólido, diferentes del agua, cuyo tamaño es mayor a 1 μm y que se encuentran como su nombre lo indica, suspendidos en ella. Como se observa en la Tabla 3-8, este parámetro registró una concentración equivalente al límite de cuantificación empleada para su determinación en el laboratorio (<10 mg/L) en el punto Manantial, este comportamiento está directamente relacionado con la estructura del acuífero; es decir, el material del sustrato de tamaño micrométrico, el cual se infiltra aportando ciertas cantidades de partículas y sólidos suspendidos al agua subterránea. Es de aclarar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se definen límites de referencia para el parámetro mencionado anteriormente (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Finalmente, los **Sólidos Sedimentables**, son aquellos que se sedimentan, en condiciones tranquilas, por acción de gravedad después de un tiempo de reposo y cuya cantidad se determina precipitándolos en un cono Imhoff. Este tipo de sólidos registraron una concentración equivalente al límite mínimo de cuantificación de la técnica analítica empleada para su determinación en campo (<0,1 mL/L-h; Tabla 3-8) en el punto Manantial, mostrando una mínima influencia de este tipo de material en la muestra de agua subterránea, lo cual, se asocia con las características del acuífero. Es de resaltar, que, para

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	91

dicha variable, la normativa ambiental aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) no contempla límites permisibles que permitan emitir un juicio de cumplimiento al respecto (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- **Carbono Orgánico Total**

El parámetro **Carbono Orgánico Total**, que es considerado como la materia orgánica natural de las sustancias húmicas provenientes del suelo y producidas en aguas naturales mediante procesos químicos y biológicos de descomposición de vegetación y otros materiales orgánicos. Para el presente monitoreo se registró una concentración inferior al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por laboratorio (<2,00 mg/L) en el punto Manantial (Tabla 3-8), descartando problemas en el recurso analizado a causa de dicho compuesto. Cabe resaltar que la normatividad ambiental de referencia no establece límites permisibles para este parámetro en los artículos (2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6) del Decreto 1076 de 2015, por lo tanto, no se emite un juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno DQO**

La **Demanda Biológica de Oxígeno o (DBO₅)**, es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos presentes en el agua para oxidar la materia orgánica biodegradable; el proceso se realiza en condiciones aeróbicas. La DBO₅ en el punto Manantial registró una concentración equivalente al límite cuantificable de la técnica analítica empleada en laboratorio (<2 mg O₂/L; Tabla 3-8), infiriendo baja presencia de materia orgánica degradable en la muestra de agua subterránea. Cabe resaltar que la normatividad ambiental de referencia no establece límites permisibles para dicho parámetro (artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015), por lo tanto, no se emite un juicio normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

De igual manera, la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** es un parámetro analítico de contaminación que mide la cantidad de material orgánico, contenido en una muestra líquida, mediante oxidación química. La DQO mostró un comportamiento similar al registrado por la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	92
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

DBO₅, ya que la concentración obtenida también fue inferior al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada para su determinación (<20 mg O₂/L) en el punto Manantial (Tabla 3-8); lo que indica un contenido mínimo de materia susceptible de ser oxidada químicamente. Con respecto a la comparación normativa este parámetro no presenta límite en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Cationes

Los cationes más frecuentes en aguas naturales corresponden al Calcio (Ca⁺²) - (Magnesio (Mg⁺²) responsables de la dureza, y el Sodio (Na) y Potasio (K), en consonancia con su amplia difusión en la naturaleza bajo la forma de cloruros, sulfatos, fosfatos, etc., los cuales varían de manera considerable dependiendo de las condiciones geológicas locales o por las descargas de aguas residuales en el área de influencia de los sistemas de agua monitoreados. Para el presente monitoreo en el punto Manantial, los cationes analizados como el **Calcio Total**, el **Magnesio Total**, el **Sodio Total** y el **Potasio Total** registraron concentraciones de 7,53 mg Ca/L, 2,00 mg Mg/L, 6,10 mg Na/L y 1,55 mg K/L, respectivamente; como se observa en la Tabla 3-8, evidenciando una mayor influencia del ion calcio en el agua subterránea. Así mismo, los resultados reportados son acordes al tipo de agua analizada, que no representan riesgo, las cuales, suelen aportar al agua minerales y compuestos propios del suelo. Con respecto a la comparación normativa, en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se establecen límites permisibles para los parámetros referidos anteriormente, por lo tanto, no es posible emitir un juicio normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- 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. No obstante, varios de estos metales como los que poseen un peso molecular muy alto, cuando sus concentraciones son muy elevadas pueden resultar perjudiciales para los organismos. Como se muestra en la Tabla 3-8, los metales, no metales y metaloides evaluados, tales como el **Bario Total**, **Boro**, **Cadmio Total**, **Cobre Total**, **Cromo Total**,

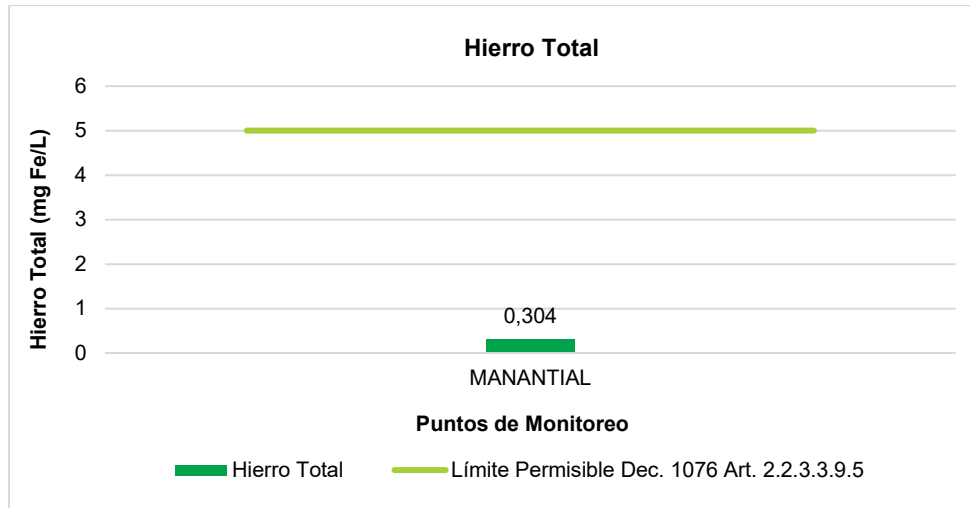
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	93
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

Mercurio Total, Selenio Total, Manganeso Total, Plomo Total, Estroncio Total, Molibdeno Total, Níquel Total y Zinc Total, registraron en el punto Manantial, concentraciones inferiores a los límites cuantificables de los métodos analíticos empleados en laboratorio para la determinación de cada uno, por lo tanto, estos resultados indican ausencia de dichos elementos en las muestras de agua subterránea y, a su vez, reflejan cumplimiento satisfactorio frente a los límites máximos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, para aquellos en los que se define un criterio de calidad (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Hierro Total

El hierro es un metal abundante en rocas y suelos, por ello, su presencia en acuíferos, principalmente subterráneos con apreciables contenidos de CO₂, no debe extrañar. Como se aprecia en la Figura 3-39, para el monitoreo realizado en el punto el Manantial, se registró una concentración de 0,304 mg Fe/L, siendo un resultado normal de acuerdo con el tipo de agua analizada, ya que es común encontrar hierro en las aguas subterráneas, por el alto contacto del acuífero con materiales ferrosos, los cuales se encuentran de forma natural como componente mineral del lecho rocoso, y su concentración puede aumentar por disolución mineral del agua. Así mismo, el valor obtenido se encuentra por debajo del límite permisible estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 (5,0 mg Fe/L). La presencia de hierro en el agua puede estar influenciada por las características geológicas de los sitios en donde se encuentran los cuerpos de agua, debido a materiales ferrosos, los cuales se encuentran de forma natural como componente mineral del lecho rocoso, su concentración puede aumentar por disolución mineral del agua. Cabe mencionar que los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se contempla límite restrictivo para dicho parámetro (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	94

Figura 3-39 Registro del Hierro Total en el punto monitoreado


Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

- Fenoles, Grasas y Aceites e Hidrocarburos

Son un conjunto de sustancias tipo lipídico, pobremente solubles en agua, que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes, que dificultan el intercambio de gases entre la superficie del agua y la atmósfera. Estos pueden aparecer en las aguas por causas naturales o por la actividad antrópica, generando olores fuertes y deterioro estético de los sistemas hídricos. En el presente monitoreo, en el punto Manantial los parámetros en mención arrojaron concentraciones que se encuentran por debajo de los límites de cuantificación de las respectivas técnicas analíticas empleadas en el laboratorio para la determinación que son de <1,40 mg/L para grasas y aceites e hidrocarburos y de <0,002 mg/L para fenoles, tal y como se muestra en la Tabla 3-8. Por lo anterior, es posible afirmar que hay ausencia de trazas de dichos compuestos en el agua subterránea analizada, descartando contaminación por fuentes exógenas, del mismo modo, los fenoles y las grasas y aceites dan cumplimiento con el límite máximo permisible definido y el criterio de calidad establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (0,002 mg/L para fenoles y sin película visible para grasas y aceites); entre tanto, para los hidrocarburos no se definen límites permisibles en la normatividad ambiental de referencia. Es de aclarar que en los artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se especifica límite permisible para dichas variables (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	95

- **Compuestos Orgánicos Volátiles BTEX**

Estos Compuestos Orgánicos Volátiles BTEX son el **Benceno**, **Tolueno**, **Etilbenceno** y **Xileno Total**, los cuales están clasificados como hidrocarburos líquidos en fase no acuosa, más ligeros que el agua y que presentan una baja solubilidad. Estos compuestos químicos se infiltran en el subsuelo y pueden alcanzar el agua subterránea, representando un gran riesgo por los efectos que causa sobre el ambiente y en la salud humana. El proceso de movilidad de estos compuestos depende de parámetros tales como la viscosidad, la solubilidad, la presión de vapor, la volatilidad y la tensión interfacial, así como también de la porosidad del suelo, la fuerza capilar, la estructura geológica de los estratos y la velocidad del agua subterránea. Los BTEX representan un mayor riesgo de contaminación para las aguas subterráneas, debido a la mayor solubilidad de los éteres y su baja adsorción a las partículas del suelo. Para el presente monitoreo los BTEX reportaron valores inferiores a los límites de cuantificación establecidos por las técnicas analíticas empleadas para cada uno (Tabla 3-8), evidenciando así que el punto de agua subterránea no presenta afectación por este tipo de compuestos químicos. Con respecto a la comparación normativa, en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se establecen límites permisibles para los parámetros referidos anteriormente, por lo tanto, no es posible emitir un juicio normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- **Coliformes totales y Termotolerantes**

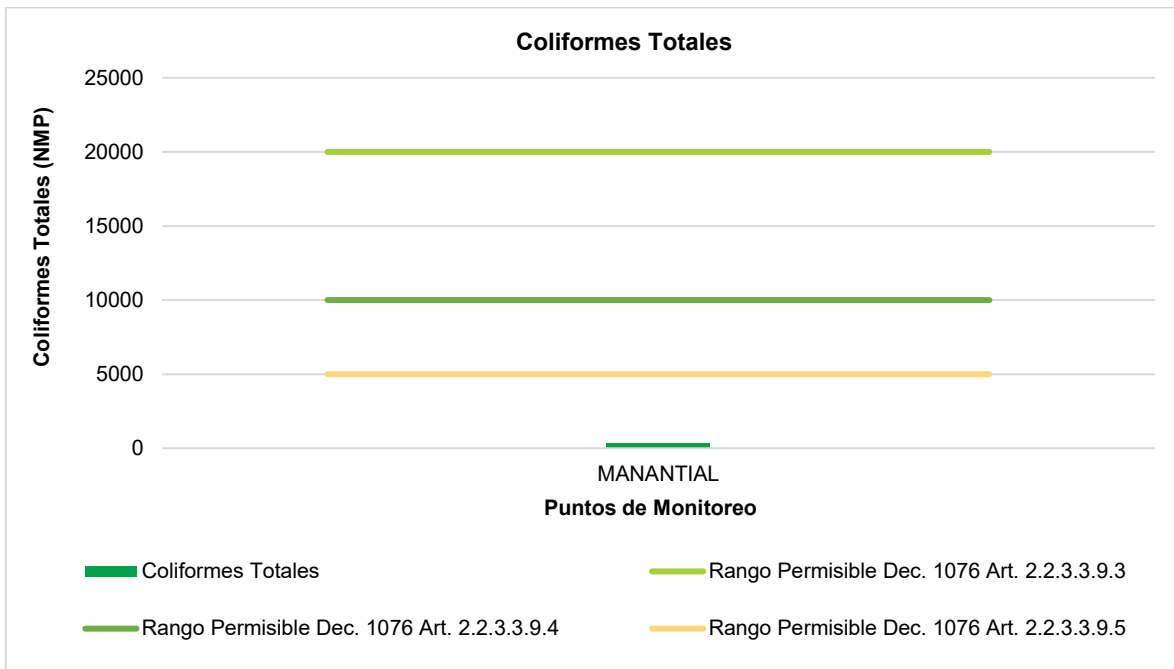
Respecto a los parámetros microbiológicos, se analizaron los coliformes, los cuales son un grupo de microorganismos que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en organismos indicadores en el agua. Estos microorganismos habitan comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de estos da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Para este caso, las **Coliformes Totales** presentaron una concentración de 345 NMP/100 mL en el punto Manantial, que al ser comparada con los límites permisibles del Decreto

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	96
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

1076 de 2015, se encontró que su concentración por debajo de los límites permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 (20000 NMP/100 mL), 2.2.3.3.9.4 (1000 NMP/100 mL) y 2.2.3.3.9.5 (5000 NMP/100 mL) del Decreto 1076 de 2015, de acuerdo con lo presentado en la Figura 3-40. Es de aclarar que en el artículo 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se especifica límite permisible para dicha variable (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Figura 3-40 Registro de los Coliformes Totales en el punto monitoreado

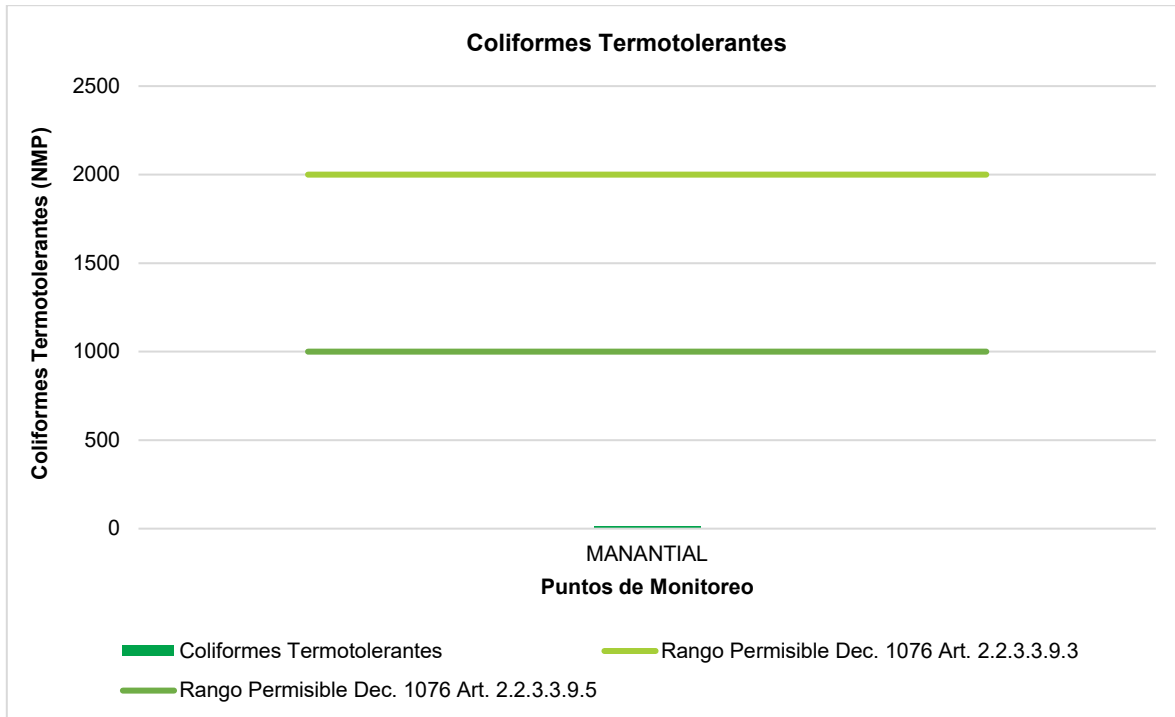


Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

Las **Coliformes Termotolerantes** reportaron una cantidad de individuos equivalente a 13,5 NMP/100 mL (Figura 3-41), mostrando pleno cumplimiento de la normativa ambiental de referencia, puesto que el valor de individuos hallados en el punto, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles definidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100 mL) y artículo 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100 mL) del Decreto 1076 de 2015; es de aclarar que en el artículo 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se especifica límite permisible para dicha variable (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	97

Figura 3-41 Registro de los Coliformes Termotolerantes en el punto monitoreado



Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

- Huevos de Helminto

Diversos autores a nivel mundial han evaluado ampliamente el uso de los **Huevos de Helminto** como indicadores de contaminación fecal. Estos se han detectado en diferentes matrices ambientales relacionadas con la reutilización del agua residual o con la disposición de biosólidos provenientes de las depuradoras, por lo que el contacto de los agricultores o los consumidores puede resultar en su infección con agentes patógenos; los huevos de helmintos se encuentran en el ambiente y son de gran importancia en salud pública, debido a su mínima dosis infectiva y a su alta resistencia a diversas condiciones ambientales, como la temperatura, el pH y la humedad. Para el presente monitoreo se determinó una concentración de cero (0) Huevos/L en el punto Manantial, dicho resultado permite descartar la presencia de estos organismos en el agua subterránea analizada y así mismo posibles afectaciones por causa de infiltraciones de origen doméstico, como se observa en la Tabla 3-8. Con respecto a la norma de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, no se disponen criterios de calidad para

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	98

el parámetro en mención, por lo tanto, no se realizan comparación, ni juicio de cumplimiento normativo (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

- Salmonella

La **Salmonella**, corresponde a un grupo de bacterias que están presentes en el intestino de personas y animales sanos, de forma que las heces son el principal foco de contaminación a los alimentos y al agua. Estas bacterias viven en el tracto intestinal de animales sanos, principalmente aves de corral, ganado vacuno y porcino, y animales domésticos (tortugas, perros, gatos, roedores) sin provocar problemas para su salud. En el medio ambiente (heces), esta bacteria sobrevive durante mucho tiempo debido a su gran resistencia a la baja actividad de agua. En el presente monitoreo se reportó una concentración inferior al límite cuantificable empleado por la técnica analítica en el laboratorio (<1,8 NMP/100mL) en el punto Manantial, como se evidencia en la Tabla 3-8, indicando la ausencia de estos microorganismos en el agua subterránea. Se aclara que para la variable relacionada no se presentan límites restrictivos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.2.2.1 Balance Iónico

A continuación, en la Tabla 3-9 se presenta el resumen del balance iónico para el punto de monitoreo tenido en cuenta para este estudio.

Tabla 3-9 Balance Iónico el punto de agua subterránea evaluado

ID ÚNICO	MANANTIAL
CÓDIGO MCS	25588
ANIONES	0,72
CATIONES	0,85
BALANCE IÓNICO	7,84

Fuente: (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024)

En las aguas subterráneas se presentan especies iónicas que se encuentran en diferentes concentraciones, aquellas que presentan concentraciones mayores 1 mg/L, lo cual se denomina como una especie iónica mayor dentro de este grupo encontramos; Cationes como Na⁺, K⁺, Ca₂⁺, Mg₂⁺ y Aniones como Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻. Sin embargo, en

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	99

las aguas subterráneas también se pueden encontrar otro tipo de compuestos como son, los componentes minoritarios entre ellos se encuentra el Fe, Mn, F y H , que puede encontrarse en condiciones naturales de acuerdo a la formación geológica o por el tipo de suelo de la zona, no obstante existen otros compuestos adicionales que se encuentran generalmente en concentraciones menores a 0,1 mg/L, aquellos constituyentes traza, estos presentan una particularidad y es que representan un grado de peligro para la salud del ser humano y para el medio ambiente, ejemplo de ello son los compuestos metálicos (Al, Pb, Cr, As, entre otros.) (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

De acuerdo con el error aceptable, los aniones y cationes se encuentran en balance en el punto monitoreado (Manantial), descartando la presencia significativa de sólidos en solución y de sales disueltas, que por infiltración puedan alterar la calidad del agua subterránea. Los resultados obtenidos son normales y obedecen a las características hidrogeoquímicas de la ubicación del proyecto (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

3.2.5.2.3 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del monitoreo y caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua subterránea para la Modificación de Licencia Ambiental en el área de influencia de la Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG), es posible concluir lo siguiente (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024):

- La temperatura del agua subterránea en el punto monitoreado es acorde a las condiciones climáticas predominantes de la zona de estudio (temperatura ambiente y radiación solar), encontrándose dentro de un rango que no evidencia influencia de fuentes de contaminación térmica.
- El potencial de hidrógeno (pH) del agua subterránea indicó características alcalinas en el punto evaluado, posiblemente asociadas a la composición de los suelos con los que tiene contacto el acuífero en procesos de mineralización y/o meteorización natural. Con respecto al Decreto 1076 de 2015, el resultado presentado cumple a

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	100

cabalidad los criterios de calidad dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (5,0 unidades a 9,0 unidades), 2.2.3.3.9.4. (6,5 unidades a 8,5 unidades) y 2.2.3.3.9.5 (4,5 unidades a 9,0 unidades).

- La conductividad eléctrica determinada en el agua subterránea presentó un grado de mineralización “muy débil” en el punto evaluado, señalando un bajo contenido de sales disueltas en el agua, lo cual también se vio reflejado a través de las concentraciones de sólidos disueltos totales, cloruros y sulfatos, mostrando cumplimiento de los criterios de calidad definidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, en el caso de los cloruros y sulfatos.
- Los compuestos nitrogenados analizados (nitrógeno amoniacal y Kjeldahl, nitritos y nitratos), registraron valores que permiten inferir que en el punto de agua subterránea monitoreado existen bajas cantidades de dichos compuestos; así mismo, se da cumplimiento con los respectivos límites establecidos en la normativa de referencia, para aquellos parámetros que presentan criterio de calidad.
- Los compuestos orgánicos analizados (fenoles, grasas y aceites e hidrocarburos) se encontraron por debajo de los límites cuantificables, descartando la afectación de las propiedades físicas y químicas del agua subterránea, por la presencia de compuestos derivados de la industria petrolera, en donde a su vez hay cumplimiento con los criterios de calidad estipulados en la normativa de referencia.
- El grupo de metales, no metales y metaloides analizados presentaron concentraciones bajas, por lo tanto, es posible afirmar que el agua subterránea analizada en el punto de interés, no contiene trazas de estos elementos y por consiguiente hay cumplimiento satisfactorio de los límites permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 Decreto 1076 de 2015.
- La turbiedad registrada presentó un valor bajo, cuya variabilidad entre zonas puede deberse a las infiltraciones, colmataciones, el sustrato rocoso y otras características específicas del acuífero en cada sitio, por lo mismo, el punto monitoreado cumple

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	101

con el límite máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (10 UJT) del Decreto 1076 de 2015.

- El color verdadero reportó un valor acorde con lo registrado por el hierro total; el cual es coherente con el tipo de agua analizada debido a la composición del sustrato en el punto, además el color verdadero presentó cumplimiento frente al criterio de calidad fijado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.
- El hierro total en el punto monitoreado se encuentra por debajo del límite máximo permisible estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.5 (5,0 mg Fe/L) del Decreto 1076 de 2015, condición derivada principalmente de la composición del sustrato y el contacto directo del acuífero con materiales ferrosos.
- La DBO5 y DQO indican que no hay presencia de material orgánico en descomposición, ya que se reportó en el punto monitoreado valores inferiores al respectivo límite mínimo establecido por la técnica analítica implementada para su determinación.
- El resto de los parámetros analizados se caracterizaron por presentar concentraciones normales y acordes a las características del agua subterránea, descartando así posibles alteraciones a la calidad del agua evaluada y presentando cumplimiento con los respectivos límites permisibles estipulados en la normativa de referencia.
- La carga microbiológica determinada en el agua subterránea denotó presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes, sin embargo, el punto monitoreado se encuentra cumpliendo frente a los criterios de calidad estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Las concentraciones de coliformes en las aguas subterráneas se deben principalmente al aporte realizado por la infiltración de los coliformes saprófitos.

En términos generales los parámetros evaluados en el agua subterránea, registraron concentraciones acordes y coherentes con el tipo de agua analizada, así como las

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	102

condiciones ambientales y características propias del sitio en donde se ubica el punto de monitoreo, incluyendo las interacciones y la dinámica entre agua y medio (MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	103
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	-----

BIBLIOGRAFÍA

- Guadalupe Prado Flores, Octavio, Castelán Ortega & Artudo César García Casillas. (2017). Plaguicidas organofosforados: un desafío entre la productividad y la salud. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*, 137-152.
- MCS. (2024). *MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E HIDROBIOLÓGICA DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS PALESTINA (ECG) - MODIFICACIÓN DE LICENCIA*. MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S.
- MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S. (2024). *MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE AGUA SUBTERRÁNEA*.
- MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S. (JUNIO de 2024). *MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E HIDROBIOLÓGICA DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS PALETINA (ECG) - MODIFICACIÓN DE LICENCIA. COLOMBIA*.
- Pedro Benitez Diaz & Leticia Miranda Contreras. (2013). *CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN* .
- Romero, J. A. (1996). *Acuiquímica*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Wetzel, R. a. (2000). *Limnological Analyses*. Nueva York: Springer Scinece+Business Media, Inc.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.5. Calidad del Agua Ver: 01	104
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	-----