
**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS, FINANCIACIÓN, GESTIÓN AMBIENTAL,
PREDIAL
Y SOCIAL, CONSTRUCCIÓN, MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN, OPERACIÓN,
MANTENIMIENTO Y REVERSIÓN DEL CORREDOR VIAL PAMPLONA-CÚCUTA**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE
CALZADA PAMPLONA-CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS**

CAPÍTULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. MEDIO ABIOTICO



CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS

CAPÍTULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. MEDIO ABIOTICO

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	7
5.1 MEDIO ABIÓTICO.....	7
5.1.6 Calidad del agua.....	7
5.1.6.1 Cuerpos de agua continentales	7
5.1.6.1.1 Caracterización fisicoquímica y Bacteriológica del agua.....	7
5.1.6.1.2 Índices de calidad ambiental del agua.....	78

CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS

CAPÍTULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. MEDIO ABIOTICO COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5.1 Características de los Puntos de Muestreo de Fuentes Superficiales	10
Tabla 5.2 Metodologías de Análisis	12
Tabla 5.3 Descripción de los puntos de monitoreo.....	13
Tabla 5.4 Criterios de calidad de agua por parámetros in Situ para diversos usos	31
Tabla 5.5 Resultados de Parámetros In Situ.....	33
Tabla 5.6 Escala de mineralización en agua de acuerdo con la conductividad	39
Tabla 5.7 escala de OD y su relación con la calidad del agua	39
Tabla 5.8 Escala de pH y su relación con la calidad del agua.....	41
Tabla 5.9 Codificación y nomenclatura de los puntos de muestreos analizados	45
Tabla 5.10 Estándares de calidad de agua para parámetros físico-químicos en laboratorio de acuerdo diversos usos del agua – Decreto 1076 de 2015.....	47
Tabla 5.11 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 1	48
Tabla 5.12 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 2.....	50
Tabla 5.13 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 3.....	51
Tabla 5.14 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 4.....	53
Tabla 5.15 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 5.....	55
Tabla 5.16 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 6.....	57
Tabla 5.17 Escala de Mineralización en Agua de acuerdo con la Alcalinidad	60
Tabla 5.18 Clasificación de la Dureza por CaCO ₃ en el Agua (OMS).....	64
Tabla 5.19 Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	66
Tabla 5.20 Escala de clasificación de calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)	66
Tabla 5.21 Criterios de calidad de agua por coliformes para diversos usos	73
Tabla 5.22 Resultados de parámetros microbiológicos	73
Tabla 5.23 Clasificación del Agua según el Índice de Langelier.....	79
Tabla 5.24 Índice de Saturación o de Langelier – ISL en los cuerpos de agua monitoreados	80
Tabla 5.25 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados	82
Tabla 5.26 Ponderación asignada a las variables físicoquímicas.....	84
Tabla 5.27 Calificación de la Calidad del Agua según los valores que tome el ICA	84
Tabla 5.28 Resultados – índice de calidad del agua	85
Tabla 5.29 Categorías y Rangos del IACAL.....	87
Tabla 5.30 Índice de Calidad del Agua en los cuerpos de agua monitoreados	89

Tabla 5.31 Clasificación de índices de contaminación	90
Tabla 5.32 Clasificación ICOTRO	94

CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS

CAPÍTULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. MEDIO ABIÓTICO COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5.1 Ubicación cartográfica de los puntos de monitoreo de calidad del agua	9
Figura 5.2 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales – Parte 1	36
Figura 5.3 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales – Parte 2.....	37
Figura 5.4 Valores de oxígeno disuelto – parte 1	39
Figura 5.5 Valores de oxígeno disuelto - parte 2.....	40
Figura 5.6 Valores de pH – Parte 1	41
Figura 5.7 Valores de pH – Parte 2.....	42
Figura 5.8 Valores de sólidos sedimentables – parte 1	43
Figura 5.9 Valores de sólidos sedimentables – Parte 2.....	43
Figura 5.10 Valores de temperatura – Parte 1	44
Figura 5.11 Valores de temperatura – Parte 2	45
Figura 5.12 Valores de turbiedad y sólidos suspendidos totales – Parte 1	59
Figura 5.13 Valores de turbiedad y sólidos suspendidos totales – parte 2	59
Figura 5.14 Valores de acidez y alcalinidad – parte 1	61
Figura 5.15 Valores de acidez y alcalinidad – parte 2	61
Figura 5.16 Valores de color – Parte 1	63
Figura 5.17 Valores de color – parte 2	63
Figura 5.18 Valores de dureza – parte 1	64
Figura 5.19 Valores de dureza – parte 2	65
Figura 5.20 Valores de DBO y DQO – parte 1	67
Figura 5.21 Valores de DBO y DQO – parte 2	67
Figura 5.22 Valores de Fósforo Total – parte 1	68
Figura 5.23 Valores de Fósforo Total – parte 2.....	68
Figura 5.24 Valores de nitrógeno Total – parte 1	69
Figura 5.25 Valores de nitrógeno Total – parte 2	70
Figura 5.26 Valores de grasa y aceites.....	71
Figura 5.27 Valores de grasa y aceites – parte 2.....	71
Figura 5.28 Valores coliformes totales y coliformes fecales – parte 1	76
Figura 5.29 Valores coliformes totales y coliformes fecales – parte 2	77
Figura 5.30 Resultados – Índice de Calidad del Agua.....	87
Figura 5.31 Esquema para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes.....	88
Figura 5.32 Ubicación cartográfica del IACAL para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia de la UF 3-4-5, año medio y año seco.....	90
Figura 5.33 Clasificación ICOMI – Índice de contaminación por mineralización	92
Figura 5.34 Clasificación ICOSUS Índice de contaminación por sólidos suspendidos	93

Figura 5.35 Clasificación ICOMO- Índice de contaminación por materia orgánica 94

Figura 5.36 Clasificación ICOpH..... 95

CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS

CAPÍTULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. MEDIO ABIÓTICO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

Pág.

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

En el presente capítulo se presenta información de tipo cualitativo y cuantitativo que permite conocer las características del ambiente en el área de influencia del proyecto de construcción de la doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF 3-4-5 sector Pamplonita – Los Acacios. A continuación, se desarrollará la caracterización del componente de calidad del agua.

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.6 Calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua (físicoquímica y bacteriológica) que se presenta a continuación se realizó con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales sobre la responsabilidad de conservar y proteger el recurso hídrico, y como herramienta fundamental para establecer una línea base ambiental del proyecto.

5.1.6.1 Cuerpos de agua continentales

Como consideración principal para realizar la caracterización físicoquímica y bacteriológica de las corrientes, se tuvo en cuenta las fuentes hídricas que de acuerdo con los términos de referencia M-M-INA-02 versión No. 2 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015 fueran “...susceptibles de intervención por el proyecto (concesión o vertimiento)”

Por tal motivo se establecieron seis (6) puntos de monitoreo sobre las quebradas Iscalá, La Colonia y sobre el río Pamplonita, debido a que sobre estas se solicitará permiso de captación. Asimismo, se han realizado monitoreos en un punto sobre la quebrada NN-116, fuente en la que se prevé el vertimiento.

Con el objetivo de establecer las condiciones de calidad ambiental de otras fuentes hídricas interceptadas por la Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF 3-4-5 Sector Pamplonita – Los Acacios, se establecieron 60 puntos de monitoreo adicionales, de los cuales fueron monitoreados 27, los 33 restantes se encontraron secos durante la campaña de monitoreo.

5.1.6.1.1 Caracterización físicoquímica y Bacteriológica del agua

Para la caracterización físicoquímica y bacteriológica de las corrientes hídricas que serán interceptadas por la Doble Calzada Pamplona-Cúcuta, UF 3-4-5 Sector Pamplonita-Los Acacios, se realizó una campaña de monitoreo del 07 de diciembre de 2017 al 5 de enero de 2018.

Adicionalmente y con el fin de dar cumplimiento a los términos de referencia se realizó la estimación de la calidad del agua de las corrientes antes mencionadas, para la época climática diferente a la correspondiente del monitoreo.

Las campañas fue ejecutadas por los laboratorio con acreditación IDEAM, siguientes:

- Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA que cuenta con acreditación del IDEAM mediante la Resolución No. 3698 del 28 de diciembre de 2011 y cuya renovación se dio por medio de la Resolución No. 2085 del 1 de octubre de 2015
- Campaña 2019: Consultoría y Servicios Ambientales CIAN Ltda, acredita mediante Resolución 2050 del 12 de septiembre de 2019. (Anexo 5. CARACTERIZACION\5.1 MEDIO ABIOTICO\5.1.6. Calidad de agua).

La Ubicación cartográfica de las corrientes hídricas analizadas se presenta en la Figura 5.1 y las características generales de los puntos de agua se presentan en la Tabla 5.1.

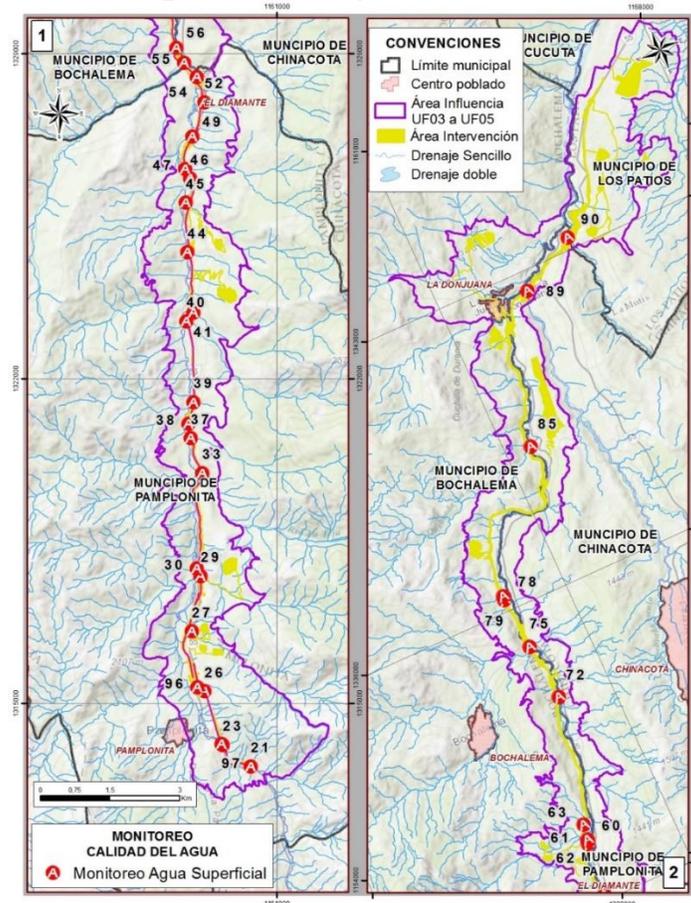
• Metodología de Análisis

Las muestras para cada uno de los puntos fueron preservadas, rotuladas y transportadas hasta las instalaciones del laboratorio bajo una cadena de custodia que garantizó su debida manipulación y la no contaminación de las muestras. Las técnicas analíticas empleadas para determinar el valor de cada uno de los parámetros se presentan a continuación y de forma específica en los informes de laboratorio expedidos por el laboratorio (Ver Anexo 5. CARACTERIZACION\5.1 MEDIO ABIOTICO\5.1.6. Calidad de agua).

En las actividades de campo se realizó la medición de aquellos parámetros que son desde el punto de vista de análisis, dependientes de las condiciones del entorno y modificables al momento de realizar la toma de una muestra. Estos parámetros son: Temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto.

Las muestras puntuales para el análisis de los demás parámetros fueron tomadas en envases sin ningún tipo de residuo y acondicionadas para la preservación de las muestras según los requerimientos de las técnicas analíticas implementadas para la detección y cuantificación de los agentes o compuestos en laboratorio (ver Tabla 5.2). Estas fueron selladas y posteriormente refrigeradas hasta su llegada al laboratorio. Finalmente, el análisis de las muestras para cada uno de los parámetros se llevó a cabo por medio de procedimientos analíticos en laboratorio, teniendo como referencia los American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, utilizadas por APHA & AWWA (2005) y técnicas adaptada de literatura.

Figura 5.1 Ubicación cartográfica de los puntos de monitoreo de calidad del agua



Fuente: Aecom – Concol, 2018 / Ajustado UVRP - SACYR, 2019

Tabla 5.1 Características de los Puntos de Muestreo de Fuentes Superficiales

ID_Punto_M	Vereda	Municipio	Descripción del punto de monitoreo	Nombre de la corriente de agua	Área hidrográfica	Zona Hidrográfica	Nombre nivel subsiguiente	Cota m.s.n.m	Coordenadas Magna Sirgas Colombia Origen Bogotá	
									Este	Norte
21	La Hojanca	Pamplonita	P21	Rio Pamplonita	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1736	1160437,17	1313646,72
23	El Colorado		P23	NN-111	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1676	1159876,78	1314742,42
26	San Rafael		P26	Le_001	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1648	1159444,18	1315266,02
27	San Antonio		UF3_4_5 PUNTO 27	Quebrada Santa Helena	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1568	1159170,05	1316555,78
29			P29	Quebrada La Cucalina	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1479	1159365,52	1317745,68
30			P30	NN-121	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1467	1159276,03	1317914,40
33	Buenos Aires		P33	Quebrada la Teja	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1369	1159398,13	1319961,43
37			P37	Quebrada Tulantá (Carpintero)	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1325	1159156,43	1320716,59
38	La Palmita		P38	C-1	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1315	1159103,27	1321026,79
39			P39	NN-127	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1298	1159212,14	1321494,25
40			P40	Quebrada de Jiménez	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1248	1159056,15	1323233,06
41			P41	Quebrada La Regada	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1255	1159211,96	1323414,88
44	Matajira		P44	Quebrada La Estrella	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1179	1159078,84	1324723,55
45			P45	Quebrada de Medio Lado	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1164	1159038,53	1325786,68
46			P46	Quebrada el Trébol	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1135	1159141,07	1326309,43
47			P47	Quebrada Santa Ana	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1131	1159029,99	1326514,96
49	El Volcán		P49	NN-133	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1095	1159184,08	1327213,04
52	El Volcán		P52	NN-135	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1114	1159445,36	1327948,36
54	Tescua		P54	Rio Pamplonita	Caribe	Catatumbo	El Naranjo	1062	1159281,03	1328494,81
55	Tescua		P55	La Colonia (Tescua)	Caribe	Catatumbo	La Tescua	1046	1159007,10	1328801,21

ID_Punto_M	Vereda	Municipio	Descripción del punto de monitoreo	Nombre de la corriente de agua	Área hidrográfica	Zona Hidrográfica	Nombre nivel subsiguiente	Cota m.s.n.m	Coordenadas Magna Sirgas Colombia Origen Bogotá	
									Este	Norte
56	Zarcuta	Bochalema	P56	Río Pamplonita	Caribe	Catatumbo		1047	1158840,44	1329126,39
60	Zarcuta		P60	NN-74	Caribe	Catatumbo	El Laurel	1026	1158983,60	1330340,71
61	Zarcuta		P61	NN74-1	Caribe	Catatumbo	El Laurel	1026	1159007,90	1330408,40
62	Zarcuta		P62	Quebrada el Laurel	Caribe	Catatumbo	El Laurel	1026	1159013,93	1330442,22
63	Zarcuta		UF3_4_5 Punto 63 Lago Coordillera Country Club	Le_006	Caribe	Catatumbo	El Laurel	1019	1159067,96	1330792,73
72	Peñaviva		P72	Le_007	Caribe	Catatumbo	El Laurel	950	1159772,68	1333702,16
75	Peñaviva		UF3_4_5 Punto 75 Quebrada Chiracoque	Quebrada Chiracoca	Caribe	Catatumbo	Chiracoca	917	1159645,58	1335032,36
78	Calaluna		UF3_4_5 PUNTO 78	Le_008	Caribe	Catatumbo	Suarez	912	1159567,87	1336264,39
79	Calaluna		UF3_4_5 PUNTO 79	Quebrada Llano Bonito-1	Caribe	Catatumbo	Suarez	901	1159582,92	1336347,41
85	Naranjales		UF3_4_5 Punto 85 Quebrada Suarez	Quebrada La Suarez	Caribe	Catatumbo	Suarez	819	1161593,58	1339233,66
89	Nueva Donjuana	Chinácota	UF3_4_5 Punto 89 Quebrada Iscalá	Quebrada Iscalá	Caribe	Catatumbo	Iscalá	705	1163013,97	1342523,65
90	Corozal		UF3_4_5 Punto 90 Quebrada La Honda	Quebrada La Honda	Caribe	Catatumbo	La Honda	689	1164369,46	1343262,82
96	La Hojanca		Pto Vertimiento 1 túnel 2	Río Pamplonita	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1679	1159290,54	1315351,56
97	La Hojanca		Punto Vertimiento 2 túnel 2	NN116	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1624	1159815,99	1314124,07

Nota: Los puntos 24, 25, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 42, 43, 48, 50, 51, 53, 57, 64, 67, 68, 73, 74, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 94, no se muestra en la tabla pues se reportaron como secos por el laboratorio, por tanto, no se les realizó monitoreo.

Fuente: Aecom, ConCol, 2018

Tabla 5.2 Metodologías de Análisis

Parámetro	Método
Físicos	
Conductividad	SM 2510 B
Temperatura Muestra	SM 2550 B
pH	SM 4500 O C
Químicos	
Acidez	SM 2310 B
Alcalinidad total	S.M 2320 B
Arsénico total	SM 3030K - EPA 200-8- ICM/MS
Bario total	SM 3030 E 3111 D
Cadmio total	SM 4040 E, 3111 B
Capacidad buffer	TITULOMETRICO
Cobre total	SM 303 E, 3111 B
Cobalto total	SM 3030 E, 3111 B
Color real	SM 2120 C
Cromo total	SM 3030 E, 3111 B
DBO ₅ (demanda bioquímica de oxígeno)	SM 5210 B, ASTM D-888-12 Método C
DQO (demanda química de oxígeno)	SM 5220 C
Dureza cálcica	SM 3500-Ca B
Dureza total	SM 2340 C
Fenoles totales	S.M. 5530 B-S.M. 5530 D
Fósforo total	S.M 4500 - P B, E
Grasas y aceites	NTC 3362: 2011-12-09, Numeral 4, Método C
Mercurio orgánico	SM 3112 B
Mercurio total	SM 3030 K - EPA 200.8 - ICP/MS
Nitrógeno orgánico	SM 4500 - Norg C - 4500 NH3 C
Nitrógeno total Kjeldhal	SM 4500 - Norg C - 4500 NH3 B, C
Níquel total	SM 3030 E, 3111 B
Plata total	SM 3030 E. 3111 B
Plomo total	SM 3030 E, 3111 B
Selenio total	SM 3030 K - EPA 200.8 - ICP/MS
Sólidos suspendidos inorgánicos	SM 2540 D
Sólidos suspendidos totales	SM 2540 D
Turbiedad	SM 2130 B
Zinc total	SM 3030 E, 3111 B
Sólidos disueltos aprox.	SM 2540 C
Sólidos sedimentables	SM 2540 F
Oxígeno disuelto	SM 4500 C
Bacteriológicos	
Coliformes fecales termotolerantes	SM 9223 B Modificado
Coliformes totales	SM 9223 B

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente -CIMA, 2017)

• **Resultados**

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas obtenidos por el laboratorio en la campaña de monitoreo se analizaron según la variación en cada punto y se compararon con el (Decreto 1076 de 2015, 2015) en el cual se establecen los criterios de calidad que debe tener el agua superficial para destinación de uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario y con los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita dictados mediante la (Resolución 0118 de 2007) de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR-. Los Análisis hidrobiológicos se presentan en el numeral de Ecosistemas Acuáticos.

Como complemento al análisis se incluye la comparación entre los resultados de los monitoreos en época de lluvia con los resultados de la simulación en época seca, dicha comparación se realiza para los parámetros de Oxígeno disuelto, Fósforo total, Sólidos suspendidos totales, Sólidos sedimentables, Coliformes totales y Coliformes fecales (Ver anexo 5. CARACTERIZACION\5.1 MEDIO ABIOTICO\5.1.6. Calidad de agua).

A continuación, se presenta una descripción puntual de las condiciones climáticas y generales de cada punto donde se realizó la toma de muestra y posteriormente se analizan cada una de las variables estudiadas.

Tabla 5.3 Descripción de los puntos de monitoreo

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
21-P21	E	1160437,17	COLOR: Café Claro, turbias.	
	N	1313646,72	OLOR: Ninguno	
	Altura	1737	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas.				
23-P23	E	1159876,78	COLOR: Sin color aparente, turbias.	
	N	1314108,6	OLOR: Ninguno	
	Altura	1686	SABOR: Ninguno	

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es artificial en concreto aguas arriba y aguas abajo el lecho es roca				
24-P24	E	1159365,53	COLOR: No registra. OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1314742,43		
	Altura	1612		
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
25-P25	E	1159433,55	COLOR: No registra. OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1314765,08		
	Altura	1642		
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
26-P26	E	1159444,18	COLOR: Sin color aparente. OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1315266,02		
	Altura	1648		
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es arenoso con presencia de rocas. En las cercanías se encuentran lagunas artificiales para cría de peces				
27-P27	E	1159170,05	COLOR: Sin color aparente. OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1316555,78		

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
	Altura	1568		
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas.				
28-P28	E	1159104,93	COLOR: No registra.	
	N	1316773,75	OLOR: Ninguno	
	Altura	1550	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
29-P29	E	1159365,52	COLOR: Sin color aparente.	
	N	1317745,68	OLOR: Ninguno	
	Altura	1479	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es arena con rocas con presencia de vegetación a lado y lado.				
30-P30	E	1159276,03	COLOR: Sin color aparente.	
	N	1317914,40	OLOR: Ninguno	
	Altura	1467	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es artificial paso por debajo de la vía nacional.				
31-P31	E	1159321,18	COLOR: No registra.	
	N	1318175,75	OLOR: Ninguno	
	Altura	1452	SABOR: Ninguno	

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
32-P32	E	1159335,60	COLOR: No registra.	
	N	1318455,44	OLOR: Ninguno	
	Altura	1441	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco.				
33-P33	E	1159398,13	COLOR: Sin color aparente	
	N	1319961,43	OLOR: Ninguno	
	Altura	1370	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso con vegetación en ambos costados.				
34-P34	E	1159188,39	COLOR: No registra	
	N	1320323,35	OLOR: Ninguno	
	Altura	1348	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco.				
35-P35	E	1159175,83	COLOR: No registra	
	N	1320412,43	OLOR: Ninguno	
	Altura	1343	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco.				
36-P36	E	1159200,03	COLOR: No registra OLOR: Ninguno	

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
	N	1320513,92	SABOR: Ninguno	
	Altura	1336		
OBSERVACIONES: Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco.				
37-P37	E	1159156,43	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1320716,59		
	Altura	1326		
OBSERVACIONES: No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes. El lecho del cauce es rocoso con vegetación en ambos costados.				
38-P38	E	1159103,27	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1321026,79		
	Altura	1315		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es artificial se encuentra canalizado.				
39-P39	E	1159212,14	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1321494,25		
	Altura	1299		
OBSERVACIONES Se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), no se evidencia láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es de arenas y rocas, previamente canalizado por paso de la vía.				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
40-P40	E	1159056,15	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1323233,06		
	Altura	1248		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso con presencia de vegetación en ambos costados.				
41-P41	E	1159211,96	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1323414,88		
	Altura	1255		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso con presencia de vegetación en el medio del cauce, además presenta desnivel pronunciado.				
42-P42	E	1159145,03	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1324179,84		
	Altura	1200		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
43-P43	E	1159178,24	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1324339,75		
	Altura	1206		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
44-P44	E	1159078,84	COLOR: Sin color aparente	
	N	1324723,55	OLOR: Materia orgánica en descomposición	
	Altura	1179	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso.				
45-P45	E	1159038,53	COLOR: Sin color aparente	
	N	1325786,68	OLOR: Ninguno	
	Altura	1164	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso.				
46-P46	E	1159141,07	COLOR: Sin color aparente	
	N	1326309,43	OLOR: Ninguno	
	Altura	1136	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso.				
47-P47	E	1159029,99	COLOR: Sin color aparente	
	N	1326514,96	OLOR: Ninguno	
	Altura	1131	SABOR: Ninguno	

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Tampoco se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocoso.				
48-P48	E	1159104,74	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1327096,00		
	Altura	1097		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
49-P49	E	1159184,08	COLOR: Sin color aparente OLOR: Materia orgánica en descomposición SABOR: Ninguno	
	N	1327213,04		
	Altura	1095		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas. El lecho del cauce es fango.				
50-P50	E	1159300,05	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1327382,44		
	Altura	1123		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco.				
51-P51	E	1159314,16	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1327751,25		
	Altura	1190		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
52-P52	E	1159445,36	COLOR: Sin color aparente	
	N	1327948,36	OLOR: Ninguno	
	Altura	1114	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES Se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), no se evidencia láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es roca.				
53-P53	E	1159349,35	COLOR: No registra	
	N	1328236,90	OLOR: Ninguno	
	Altura	1070	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
54-P54	E	1159281,03	COLOR: Sin color aparente	
	N	1328494,81	OLOR: Ninguno	
	Altura	1062	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas. El lecho del cauce es arena con rocas.				
55-P55	E	1159007,10	COLOR: Sin color aparente	
	N	1328801,21	OLOR: Ninguno	
	Altura	1046	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es arena con rocas				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
56-P56	E	1158840,44	COLOR: Sin color aparente	
	N	1329126,39	OLOR: Ninguno	
	Altura	1048	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es arena con rocas.				
57-P57	E	1158784,33	COLOR: No registra	
	N	1329402,78	OLOR: Ninguno	
	Altura	1041	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
60-P60	E	1158983,60	COLOR: Sin color aparente	
	N	1330340,71	OLOR: Ninguno	
	Altura	1027	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es fango.				
61-P61	E	1159007,90	COLOR: Sin color aparente	
	N	1330408,40	OLOR: Ninguno	
	Altura	1026	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es arena y rocas				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
62-P62	E	1159013,93	COLOR: Sin color aparente	
	N	1330442,22	OLOR: Ninguno	
	Altura	1027	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas. El lecho del cauce es rocas				
63-UF3-4-5 PUNTO 63	E	1159067,96	COLOR: Ligeramente verde	
	N	1330792,73	OLOR: Ninguno	
	Altura	1020	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas.				
64-P64	E	1159190,27	COLOR: No registra	
	N	1330894,54	OLOR: Ninguno	
	Altura	1020	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
67-P67	E	1159481,91	COLOR: No registra	
	N	1332631,77	OLOR: Ninguno	
	Altura	990	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
68-P68	E	1159502,33	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1332945,29		
	Altura	995		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
72-P72	E	1159772,68	COLOR: Ligeramente vere OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1333702,16		
	Altura	950		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas.				
73-P73	E	1159729,34	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1333828,01		
	Altura	956		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
74-P74	E	1159765,85	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1333911,11		
	Altura	953		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
75-UF3-4-5 PUNTO 75	E	1159645,58	COLOR: Sin color aparente	
	N	1335032,36	OLOR: Ninguno	
	Altura	918	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas.				
77-UF3-4-5 PUNTO 77	E	1159525,48	COLOR: No registra	
	N	1336104,45	OLOR: Ninguno	
	Altura	927	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
78-UF3-4-5 PUNTO 78	E	1159567,87	COLOR: Sin color aparente	
	N	1336264,39	OLOR: Ninguno	
	Altura	912	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas.				
79-UF3-4-5 PUNTO 79	E	1159582,92	COLOR: Sin color aparente	
	N	1336347,41	OLOR: Ninguno	
	Altura	902	SABOR: Ninguno	
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas.				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
80-UF3-4-5 PUNTO 80	E	1159597,01	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1336716,22		
	Altura	902		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
81-UF3-4-5 PUNTO 81	E	1159872,69	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1337703,60		
	Altura	874		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
82-UF3-4-5 PUNTO 82	E	1160012,88	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1337952,98		
	Altura	874		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
83-UF3-4-5 PUNTO 83	E	1160064,55	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1338088,37		
	Altura	881		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
84-UF3-4-5 PUNTO 84	E	1161305,86	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1338193,98		
	Altura	867		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
85-UF3-4-5 PUNTO 85	E	1161593,58	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1339233,66		
	Altura	819		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. Se observaron plantas acuáticas emergentes y sumergidas.				
86-UF3-4-5 PUNTO 86	E	1161582,84	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1339685,36		
	Altura	820		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
87-UF3-4-5 PUNTO 87	E	1161890,91	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1340144,30		
	Altura	796		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
88-UF3-4-5 PUNTO 88	E	1162023,89	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1340704,06		
	Altura	775		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
89-UF3-4-5 PUNTO 89	E	1163013,97	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1342523,65		
	Altura	706		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas.				
90-UF3-4-5 PUNTO 90	E	1164369,46	COLOR: Sin color aparente OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1343262,82		
	Altura	689		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas.				
91-UF3-4-5 PUNTO 91	E	1164623,44	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1343395,85		
	Altura	762		

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
92-UF3-4-5 PUNTO 92	E	1164907,32	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1343744,10		
	Altura	766		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
93-UF3-4-5 PUNTO 93	E	1165088,09	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1343772,39		
	Altura	800		
OBSERVACIONES Al momento de monitoreo el cuerpo de agua se encuentra seco				
94-UF3-4-5 PUNTO 94	E	1159019,88	COLOR: No registra OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1328924,17		
	Altura	1057		
OBSERVACIONES: No se pudo realizar monitoreo sobre el cuerpo de agua ya que el dueño del predio donde se encuentra ubicado no permitió el ingreso.				
96-PUNTO 1 VERTIMIENTO TUNEL 2		1159290,54	COLOR: Café claro, turbias OLOR: Ninguno SABOR: Ninguno	
	N	1315351,56		
	Altura	1625		
OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni se observan láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas.				

Nombre del punto	Coordenadas Gauss krüger, Datum Magna Sirgas - origen Bogotá		Aspectos	Registro fotográfico
97-PUNTO 2 VERTIMIENTO TUNEL 2	E	1159815,99	COLOR: Café claro, turbias	
	N	1314124,07	OLOR: Ninguno	
	Altura	1679	SABOR: Ninguno	

OBSERVACIONES No se encontró evidencia de material flotante de origen antrópico (basuras), ni se observan láminas de aceite en el cauce. No se observaron plantas acuáticas emergentes ni sumergidas.

Fuente: (CIMA, 2018)

- Resultados de análisis In Situ

En los puntos monitoreados se ejecutaron mediciones in situ de variables como oxígeno disuelto, pH, conductividad, sólidos sedimentables y temperatura, los parámetros restantes se analizaron en laboratorio y los resultados de todos ellos se compararon con los criterios de calidad permisibles del recurso hídrico de acuerdo con el uso para consumo humano y doméstico, uso agropecuario y preservación de flora y fauna, estipulado en la legislación ambiental vigente en el (Decreto 1076 de 2015) y con los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita establecidos mediante la (Resolución 0118 de 2007) por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental “CORPONOR” (Ver Anexo 5. CARACTERIZACION\5.1 MEDIO ABIOTICO\5.1.2 Hidrología\C-Usos_del_Agua).

En la Tabla 5.4 se muestran los criterios de comparación mencionados anteriormente y en la Tabla 5.5 se muestran los resultados de los parámetros in situ para los diferentes puntos de muestreo, en esta los puntos de monitoreo 24, 25, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 42, 43, 48, 50, 51, 53, 57, 64, 67, 68, 73, 74, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 94 no se muestran debido a que fueron reportados como secos por el laboratorio CIMA por lo tanto no fueron monitoreados.

Tabla 5.4 Criterios de calidad de agua por parámetros in Situ para diversos usos

Decreto / Resolución	Artículo	Descripción	Conductividad eléctrica	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l)	pH (Unidades)	Sedimentos (mg/l)	Temp. (°C)
(Decreto 1076 de 2015). Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 2.2.3.3.9.3	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	N.E.1	N.E.	5,9 - 9,0	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.4	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	N.E.	N.E.	6,5 - 8,5	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.5	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	N.E.	N.E.	4,5 - 9,0	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.6	Criterios de calidad para uso pecuario.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
(Resolución 0118 de 2007), Por la cual se establecen los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita para el quinquenio 2007-2011	Artículo Tramo 7 1:	Criterios de calidad para uso agrícola y pecuario.	N.E.	≥5	4,5 - 9	N.E.	T ambiente ±23 °C
	Artículo Tramo 8 1:	Criterios de calidad para uso agrícola y pecuario.	N.E.	≥5	4,5 - 9	N.E.	T ambiente ±23 °C
	Artículo Tramo 9 1:	Criterios de calidad para paisajismo urbano y asimilación.	N.E.	≥5	4,5 - 9	Ausentes	T ambiente ±23 °C
	Artículo Tramo 10 1:	Criterios de calidad para uso recreativo con contacto primario	N.E.	≥5	4,5 - 9	Ausentes	T ambiente ±23 °C

1 N.E: No establecido

Decreto / Resolución	Artículo	Descripción	Conductividad eléctrica	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l)	pH (Unidades)	Sedimentos (mg/l)	Temp. (°C)
	Artículo 1: Tramo 11	Criterios de calidad para uso recreativo con contacto primario	N.E.	≥5	4.5 - 9	Ausentes	T ambiente ±23 °C
	Artículo 1: Tramo 12	Criterios de calidad para uso recreativo con contacto primario	N.E.	≥5	4.5 - 9	Ausentes	T ambiente ±23 °C
	Artículo 1: Tramo 13	Criterios de calidad para uso recreativo con contacto primario	N.E.	≥5	4.5 - 9	Ausentes	T ambiente ±23 °C

Fuente: Adaptado de (CORPONOR, 2007) y (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015)

Tabla 5.5 Resultados de Parámetros In Situ

ID Punto	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l)	% Saturación de oxígeno	pH (Unidades)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Temp. (°C)
		LCM ² Nombre corriente	N/A	0,0 a 50,00	-	0,00 a 14,00	0,01	1	> 5
21	P21	Río Pamplonita	200	7,92	95,6	8,14	0,2	100	14,8
23	P23	NN-111	1130	7,5	95	7,73	0,4	565	17,2
26	P26	Le_001	109	7,45	93,7	7,83	<0,1	55	17,3
27	UF 3_4_5 Punto 27	Quebrada Santa Helena	360	6,55	111,9	8,31	<0,1	180	19,3
29	P29	Quebrada La Cucalina	267	7,68	93,7	8,55	<0,1	133	17,1
30	P30	NN-121	240	6,78	98,5	8,51	<0,1	120	21,0
33	P33	Quebrada la Teja	170	7,69	98,5	8,35	<0,1	85	19,7
37	P37	Quebrada Tulantá (Carpintero)	180	8,6	103,7	8,09	<0,1	90	17,1
38	P38	C-1	245	8,6	103,7	8	0,1	122	21,6
39	P39	NN-127	250	8,23	99,8	8,24	<0,1	125	17,5

² LCM: Límite de cuantificación del método

ID Punto	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l)	% Saturación de oxígeno	pH (Unidades)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Temp. (°C)
		LCM ² Nombre corriente	N/A	0,0 a 50,00	-	0,00 a 14,00	0,01	1	> 5
40	P40	Quebrada de Jiménez	160	9,21	107,8	8,19	<0,1	80	16,5
41	P41	Quebrada La Regada	70	8,93	108,8	7,93	<0,1	35	16,2
44	P44	Quebrada La Estrella	118	8,93	92,5	7,8	<0,1	59	18,5
45	P45	Quebrada de Medio Lado	143	7,92	92,5	8,06	<0,1	72	16,6
46	P46	Quebrada el Trébol	334	6,91	85,6	8,3	0,1	167	19,3
47	P47	Quebrada Santa Ana	170	8,3	96,9	8,08	<0,1	82	19,8
49	P49	NN-133	256	6,79	84,3	7,53	0,1	128	22,9
52	P52	NN-135	129	7,1	88,2	8,19	<0,1	65	20,11
54	P54	Río Pamplonita	194	8,42	97,6	8,2	0,1	97	18,72
55	P55	La Colonia (Tescua)	184	8,51	98,1	7,93	0,1	92	22,13
56	P56	Río Pamplonita	173	8,1	92,3	8,25	0,1	87	20,38
60	P60	NN-74	114	7,9	86,6	6,69	0,2	57	22,75

ID Punto	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l)	% Saturación de oxígeno	pH (Unidades)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Temp. (°C)
		LCM ² Nombre corriente	N/A	0,0 a 50,00	-	0,00 a 14,00	0,01	1	> 5
61	P61	NN74-1	154	6,38	82,4	7,14	<0,1	77	21,31
62	P62	Quebrada el Laurel	181	8,4	94,6	7,15	<0,1	90	19,29
63	UF 3_4_5 Punto 63 Lago Coordillera Country Club	Le_006	186	5,2	158,1	8,41	0,2	93	26,97
72	P72	Le_007	169	6,01	72,4	7,17	0,3	85	24,21
75	UF 3_4_5 Punto 75 Quebrada Chiracoque	Quebrada Chiracoca	90	6,43	88,2	7,55	0,4	45	21,43
78	UF 3_4_5 Punto 78	Le_008	34	5,61	112,1	4,74	0,1	17	23,54
79	UF 3_4_5 Punto 79	Quebrada Llano Bonito-1	41	5,17	115,5	5,59	0,3	20	26,18
85	UF 3_4_5 Punto 85 Quebrada La Suarez	Quebrada La Suarez	165	5,19	112,7	7,19	0,2	82	20,81
89	UF 3_4_5 Punto 89 Quebrada Iscalá	Quebrada Iscalá	201	5,99	106,2	8,32	0,6	101	20,75
90	UF 3_4_5 Punto 90 Quebrada La Honda	Quebrada La Honda	160	5,44	111	8,12	0,1	80	20,57
V96	Punto 1 vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	121	7,99	100,7	8,05	0,8	60	17,84
V97	Punto 2 vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	198	6,78	88,2	8	0,5	99	19,35

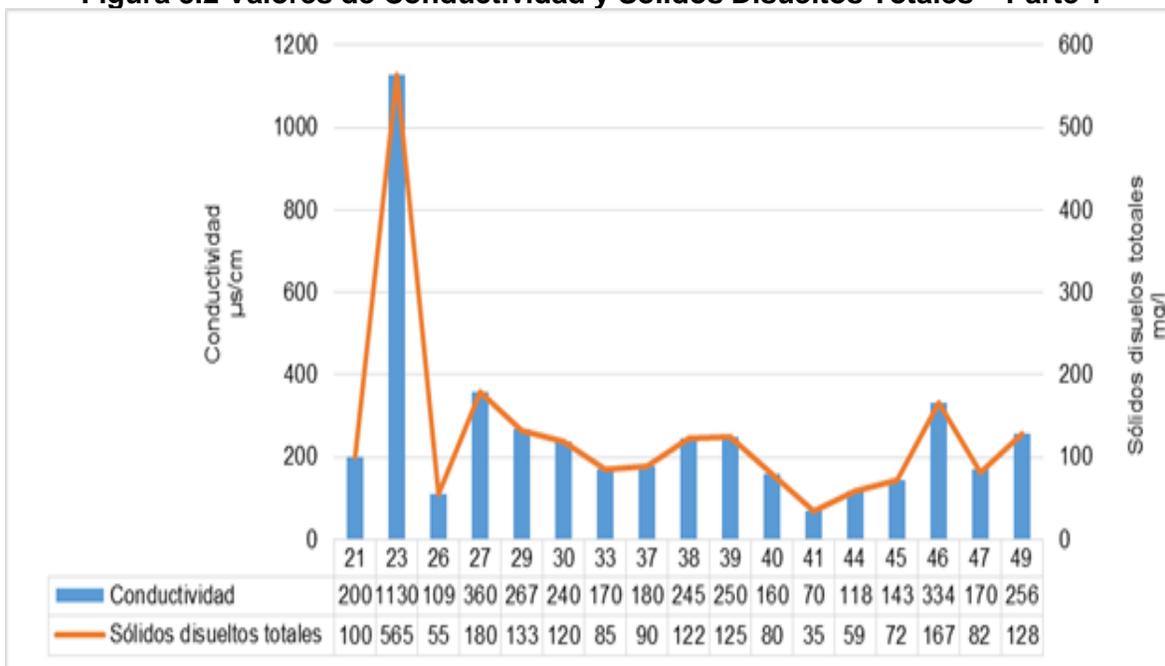
Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

- Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales

La conductividad eléctrica es la capacidad que el agua tiene de conducir la corriente eléctrica, esta tiene relación con la existencia de iones disueltos en el agua, que son partículas con cargas eléctricas. Esta es consecuencia de los electrolitos que lleva disuelto un agua y presenta, un valor muy bajo en agua pura (unas pocas centésimas de $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica del agua, la cual está influida por el terreno y la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperaturas, gases disueltos, pH y otros factores (Marín Galvín, 2003). La conductividad se relaciona con los sólidos totales disueltos que se refieren a la concentración total de minerales presentes en aguas naturales.

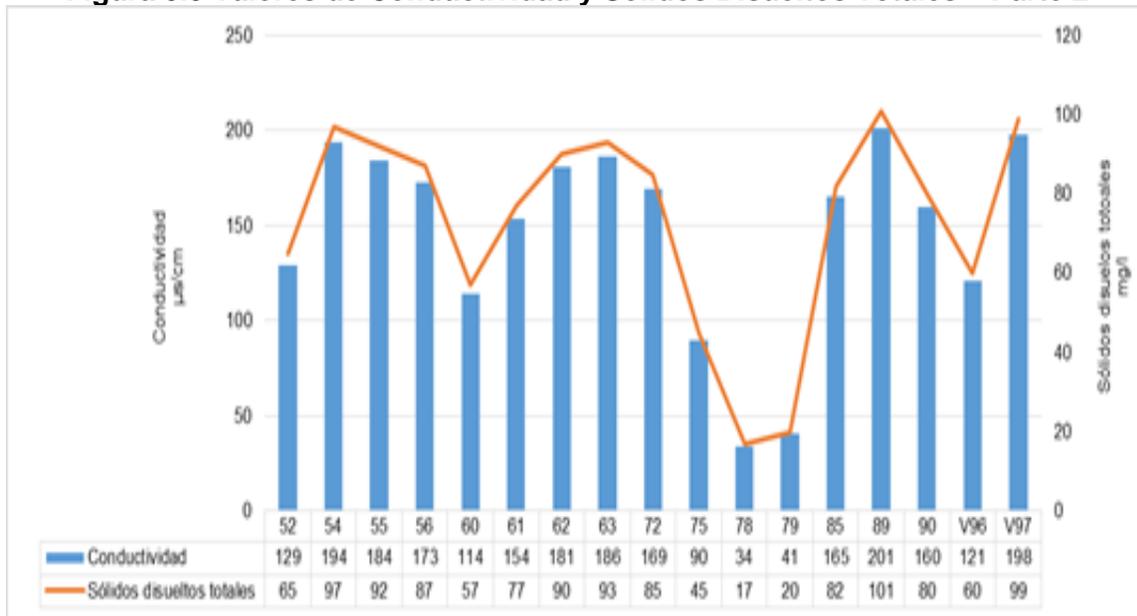
Teniendo en cuenta lo observado en la Figura 5.2 y Figura 5.3 se puede concluir que para los cuerpos de agua monitoreados los valores de conductividad fluctúan entre 34 y 1130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mientras que los de sólidos disueltos totales fluctúan entre 17 y 565 mg/l , además se evidencia que existe una relación directamente proporcional entre ambos parámetros con una tendencia que indica que la relación entre ellos es aproximadamente 2:1 siendo la conductividad el mayor valor.

Figura 5.2 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales – Parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Figura 5.3 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales – Parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Es posible establecer una relación entre la conductividad y la calidad en aguas de riego a 25 °C, donde valores <250 µS/cm se clasifican como “calidad excelente” y valores entre 250-750 µS/cm se clasifican como “calidad buena”, además se menciona que para ríos y corrientes, se ha tomado como valor aceptado para la vida de flora y fauna valores un rango de 150 a 500 µS/cm (Ramos Olmos, Rubén, & Villalobos Moreno, 2003). Teniendo en cuenta lo anterior, el punto 23 (NN-111) presenta un valor de conductividad fuera de los rangos establecidos para la vida de flora y fauna, siendo este el mayor valor obtenido dentro de las fuentes hídricas monitoreadas. Lo anterior se puede explicar debido a que la corriente recibe vertimientos de aguas residuales industriales producto de la actividad minera desarrollada en cercanías a la misma, agua que puede contener cantidades importantes de sólidos. Los demás resultados obtenidos muestran valores de conductividad menores a 400 µS/cm por lo que no se presenta restricción para la vida y por tanto se clasifican en una calidad buena.

La conductividad en los cuerpos de agua monitoreados, presentan un grado de mineralización débil y media, de acuerdo con los niveles establecidos para la relación mineralización - conductividad por Rodier (2009). El menor valor de conductividad reportado fue de 34 µS/cm en el punto 78: Le_008 y en el punto 79: Quebrada Llano Bonita-1 con 41 µS/cm indicando que estos sistemas tienen muy poca capacidad de conducir la corriente eléctrica por la escasa ionización como resultado de las bajas concentraciones de sólidos disueltos 17 y 20 mg/l respectivamente; por otro lado, el mayor valor de conductividad reportado en el punto 23: Quebrada NN-111 presenta también un grado de mineralización excesiva, esto puede deberse a que este recibe vertimientos industriales de aguas producto de la actividad minera que aunque si bien cuentan con un tratamiento primario, aportan sólidos disueltos que alteran la conductividad del agua.

Tabla 5.6 Escala de mineralización en agua de acuerdo con la conductividad

Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Mineralización
Menor de 100	Muy Débil
100 - 200	Débil
200 - 700	Media
700 - 1000	Importante
Más de 1000	Excesiva

Fuente: http://www.fcca.es/static_media/file_uploads/dureza.pdf

- Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD), como su nombre lo dice, corresponde al oxígeno que se encuentra disponible en el agua, este parámetro es uno de los indicadores más importantes de calidad de agua debido a que provee el desarrollo de vida en los cuerpos de agua. La principal fuente de oxígeno es la interacción aire-liquido, este se da por turbulencia en los cuerpos lóticos, mientras que en los cuerpos lénticos la principal fuente son los procesos de fotosíntesis. Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Ver Tabla 5.7).

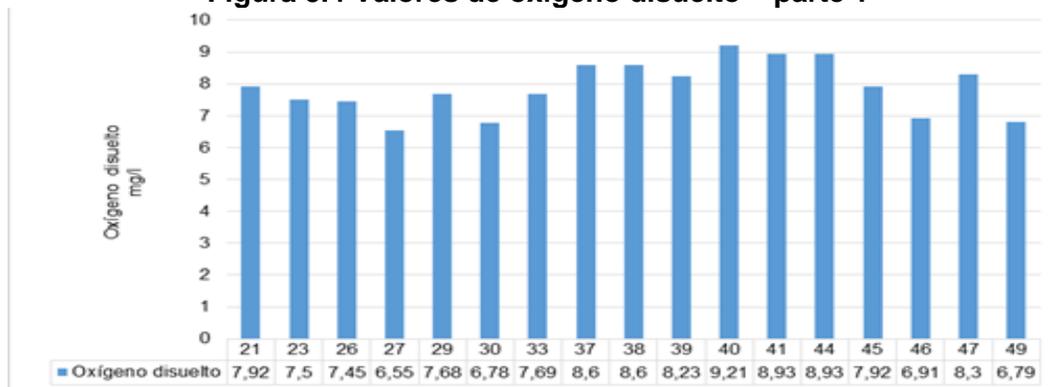
Tabla 5.7 escala de OD y su relación con la calidad del agua

Nivel de OD (mg/l)	Calidad del Agua
0,0 – 4,0	MALA: Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar
4,1 – 7,9	ACEPTABLE: Preservación de flora y fauna aguas cálidas.
8,0 – 12,0	BUENA
>12,0	El agua presenta aireación asistida (aireación artificial o en caso de no presentar, inconsistencia en el muestreo o análisis de la muestra)

Fuente: (Universidad tecnológica Oteima, 2014)

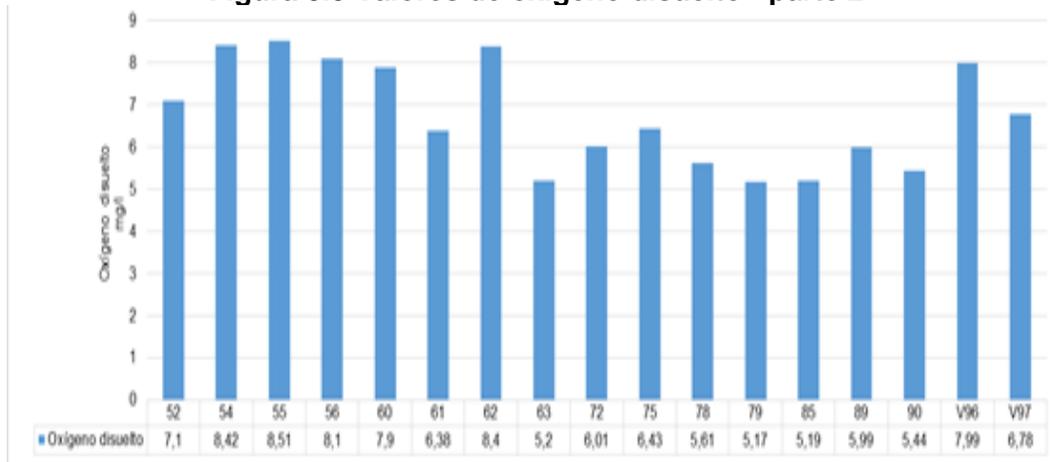
A continuación, en la se presentan los valores de OD registrados para los diferentes puntos monitoreados en el área de influencia del proyecto.

Figura 5.4 Valores de oxígeno disuelto – parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.5 Valores de oxígeno disuelto - parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Los valores de oxígeno determinados en los diferentes puntos monitoreados presentan valores que fluctúan entre 5,17 mg/l y 9,21 mg/l, los cuales no generan restricciones de uso ni indican contaminación para los cuerpos de agua estudiados, además son aceptables según los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica de río Pamplonita De acuerdo a lo establecido en la Tabla 5.7, las condiciones son óptimas para el desarrollo de la vida acuática dado que en cada uno de los sistemas monitoreados las concentraciones de oxígeno disuelto superan los 4 mg/l de concentración, obteniendo que la calidad del recurso se encuentra entre aceptable y buena.

Los mayores valores de oxígeno disuelto se concentran el punto 40: Quebrada Jiménez (9,21 mg/l y en P41: Quebrada La Regada (8,93 mg/l) al igual que en P44: Quebrada la Estrella (8,93 mg/l).

- pH

Se trata de la medida de las propiedades ácido-base de una solución, del grado de concentración del ion H⁺ o de la relación entre los iones H⁺ y OH⁻, que se da a una temperatura específica por disociación de sustancias ácidas (H⁺) o básicas (OH⁻). Los cambios en este parámetro naturalmente se dan por procesos de degradación de materia orgánica proveniente de vegetación en descomposición que promueven la generación de ácido carbónico (H₂CO₃) debido a la interacción del CO₂ con el agua, se puede dar por la presencia de minerales de calcio y de magnesio que provienen de la roca caliza o por la presencia de sales ácidas. Otras fuentes externas pueden ser la lluvia ácida o fuentes de agua con alto contenido de sustancias ácidas o alcalinas. El pH del agua potable natural debe estar entre 6,5 y 8,5. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales.

Las industrias y los vehículos con motor emiten óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre al ambiente, cuando estas emisiones se combinan con vapor de agua en la atmósfera forman ácidos. Tales ácidos se acumulan en las nubes y caen a la tierra como lluvia ácida o nieve

ácida, está daña los árboles, cosechas y edificios; además puede formar lagos y ríos tan ácidos que los peces y otros organismos acuáticos no pueden sobrevivir (Ver Tabla 5.8).

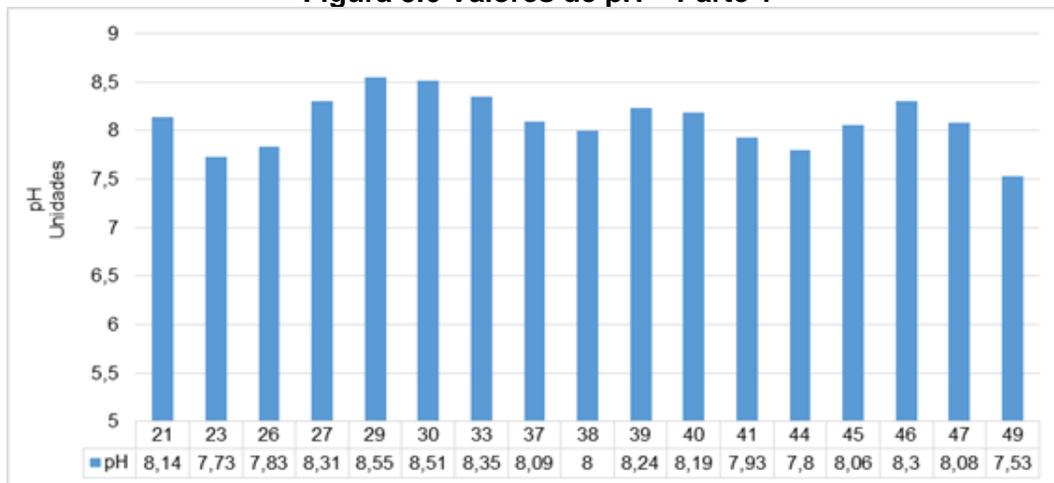
Tabla 5.8 Escala de pH y su relación con la calidad del agua

pH	Calidad de Agua
< 5,5	Mala: Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales.
5,5-5,9	Aceptable
6-6,4	Buena
6,5-7,5	Excelente
7,6-8	Buena
8,1-8,5	Aceptable
>8,6	Mala: Muy Alcalina los peces y otros organismos se ven drásticamente disminuidos

Fuente: (Universidad tecnológica Oteima, 2014)

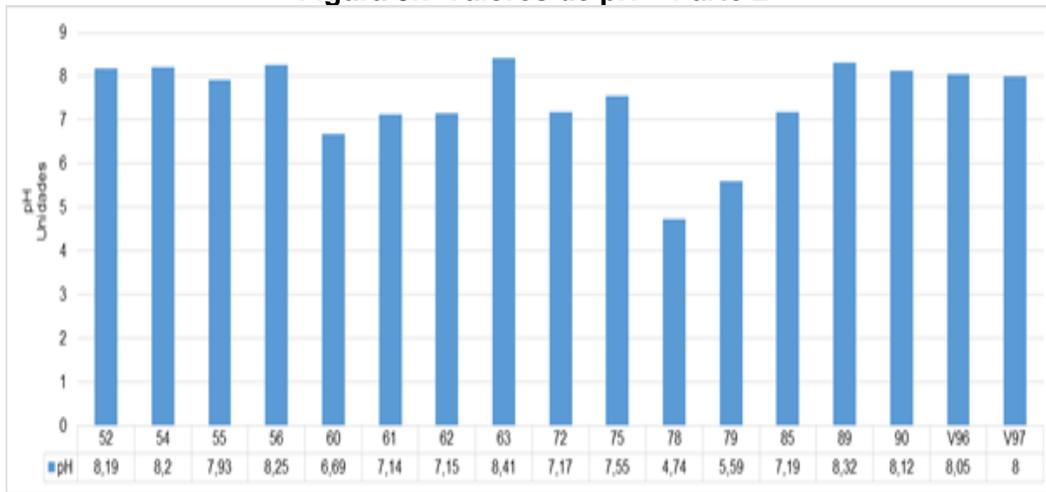
A continuación, en Figura 5.6 y Figura 5.7 se presentan los valores de pH registrados para los diferentes puntos monitoreados en el área de influencia del proyecto.

Figura 5.6 Valores de pH – Parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Figura 5.7 Valores de pH – Parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

De acuerdo con lo anterior, el comportamiento del pH para los diferente puntos monitoreados fluctúa entre 4,74 y 9,08 unidades de pH, tales valores muestran que el pH de las fuentes analizadas hace posible su uso doméstico, humano, agrícola, pecuario en la mayoría de los casos exceptuando los puntos 29 y 30. Lo anterior de acuerdo con los criterios de calidad para tales usos estipulados en el (Decreto 1076 de 2015) donde el límite inferior más bajo es de 4,5 y el límite superior más bajo es de 8,4.

Por otro lado, en comparación con los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica el río Pamplonita los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos estipulados para los usos propuestos en el mismo (4,5-9 Unidades pH), lo cual se expresa en la (Resolución 0118 de 2007) expedida por Corponor. De acuerdo con la escala de pH y su relación con la calidad de agua (Tabla 5.8) los resultados obtenidos reflejan una calidad del agua aceptable para el desarrollo de fauna y flora en todos los casos exceptuando el punto 78 que presentó un pH que lo categoriza con una mala calidad del agua que indica que este no soporta la vida vegetal ni las especies animales.

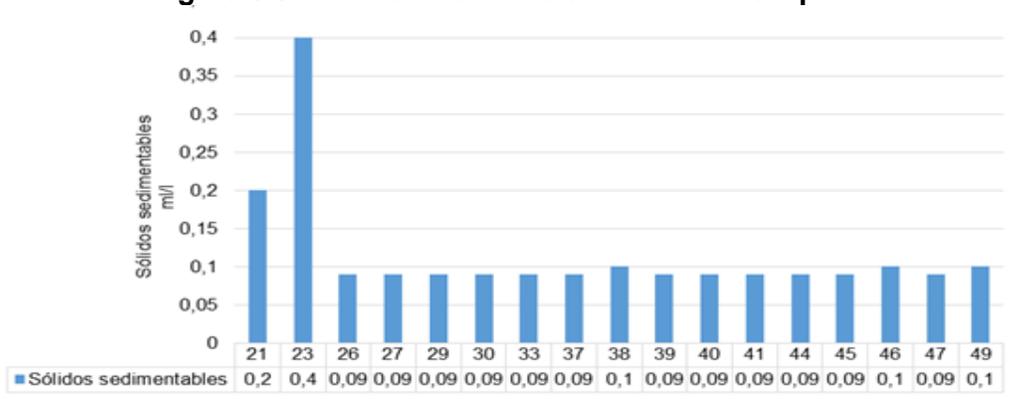
- Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables hacen referencia a las partículas, que, debido a su elevada masa, se precipitan por acción de la gravedad. Estos generalmente no son reactivos y están compuestos por material como arenas, grabas y flocs en estado estable. Se trata de los sólidos que van al fondo de un cono estandarizado (Imhoff) para un periodo de 60 minutos, para fines cuantitativos se expresa en ml/l de agua, este parámetro se evalúa con el propósito de estimar la cantidad de sedimentos que pueden acumularse en sistemas de tratamiento o determinar la necesidad de construir unidades de sedimentación en el tratamiento de aguas residuales (Ramos Olmos, Rubén, & Villalobos Moreno, 2003).

Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbidez debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua. Los valores de sólidos sedimentables

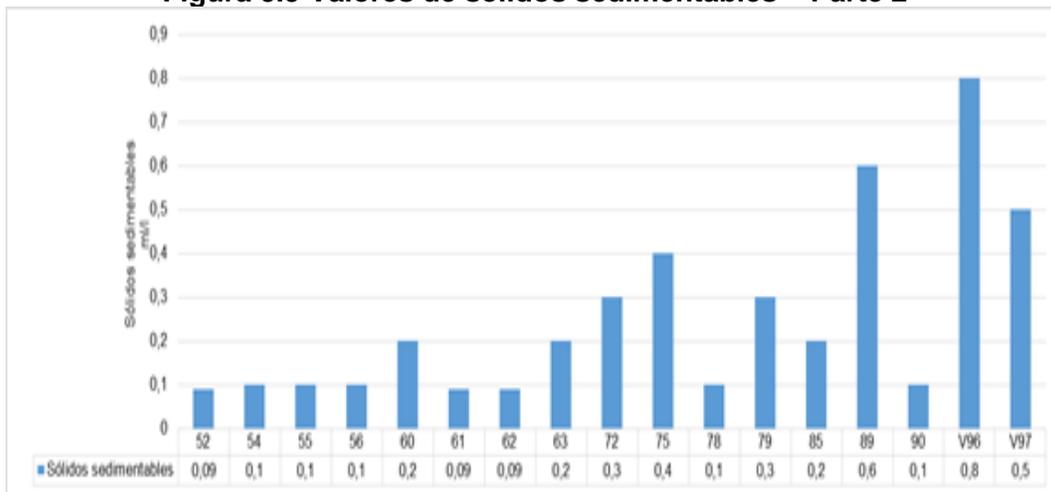
determinados en 15 de los 36 puntos evaluados presentaron valores inferiores a 0,1 ml/l. En la Figura 5.8 y Figura 5.9 se presentan los valores de sólidos sedimentables para los cuerpos de agua monitoreados, el mayor valor de sólidos sedimentables fue de 0,8 ml/l para el punto 96 (Río Pamplonita).

Figura 5.8 Valores de sólidos sedimentables – parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.9 Valores de sólidos sedimentables – Parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

- Temperatura

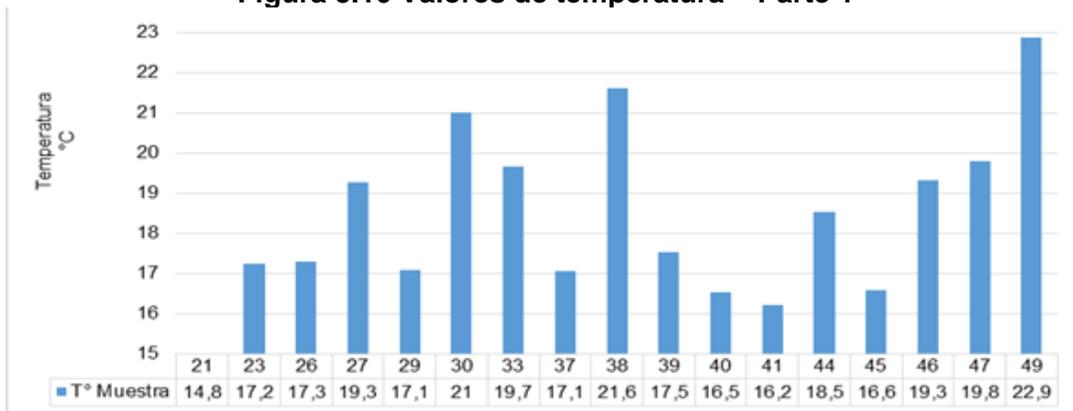
La temperatura es uno de los parámetros más importantes, ya que determina el comportamiento de los procesos en el agua, y por tanto influye en los demás parámetros de calidad, como son el pH y el oxígeno disuelto (por alteración en la absorción y por catálisis de actividades biológicas); condicionando, entre otras cosas, la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Adicionalmente, puede afectar la precipitación o la solubilidad de ciertos compuestos como las sales (Salamanca & Palacios, 2005), limitando la presencia de los sólidos disueltos o agregados en el agua.

El índice metabólico de los organismos acuáticos aumenta en el agua tibia. Puesto que el metabolismo requiere oxígeno, algunas especies podrían no sobrevivir si no hay suficiente oxígeno en el agua para satisfacer sus necesidades. Además, la temperatura del agua puede afectar los índices de reproducción de algunas especies acuáticas; algunas especies podrían dejar de reproducirse en aguas más calientes. Puesto que las bacterias y otros organismos que causan enfermedades crecen con más rapidez en agua caliente, la susceptibilidad de los organismos acuáticos a las enfermedades aumenta también en agua caliente.

Los aumentos repentinos en la temperatura pueden ser ocasionados por contaminación térmica, que es la descarga de grandes cantidades de agua caliente proveniente de plantas industriales. Los cambios repentinos en la temperatura del agua pueden causar un choque térmico en algunas especies acuáticas y ocasionar la muerte de dichas especies. La contaminación térmica, aunque sea gradual, puede perturbar el balance del ecosistema de tal modo que podría exterminar las especies que no toleran el calor en esa área.

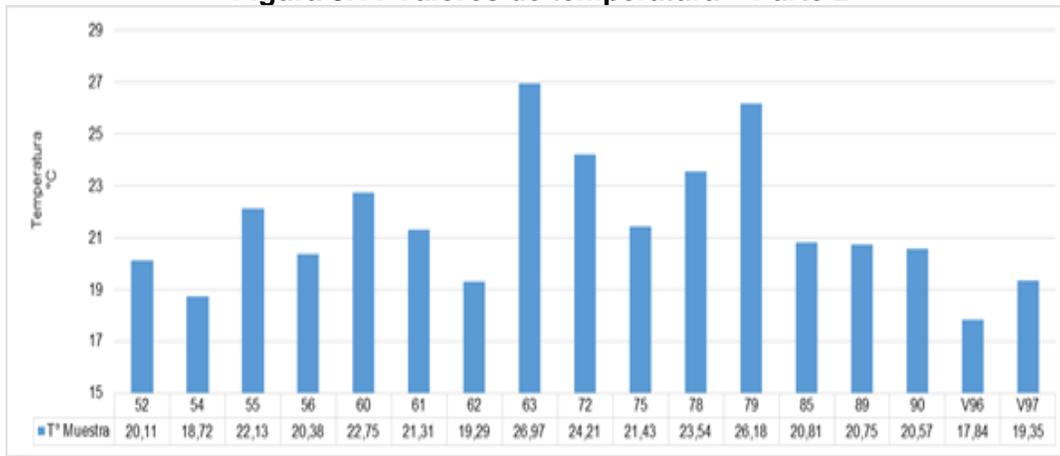
Los registros de temperatura en los puntos de agua superficiales monitoreados, no presentan variaciones significativas entre sí, los valores determinados oscilan entre 14,84°C y 27°C para los diferentes puntos monitoreados

Figura 5.10 Valores de temperatura – Parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.11 Valores de temperatura – Parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

- Resultados de análisis físico – químicos en laboratorio

Con relación a los parámetros físico-químicos analizados en laboratorio y cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.11 a la Tabla 5.95, se destacan y analizan a detalle aquellos que no cumplen con el (Decreto 1076 de 2015) o que presentaron valores muy cercanos a los permitido.

Además, en la Tabla 5.89 se muestra la relación entre los puntos de monitoreo y los códigos de muestras establecidos por CIMA para el análisis de los parámetros de laboratorio, estos códigos son usados en los reportes de resultados anexos para la presentación de los datos.

Los puntos de monitoreo 24, 25, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 42, 43, 48, 50, 51, 53, 57, 64, 67, 68, 73, 74, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 94, no se muestran en las tablas, debido a que fueron reportados como fuentes hídricas secas por el laboratorio por lo tanto no fueron monitoreados.

Tabla 5.9 Codificación y nomenclatura de los puntos de muestreos analizados

ID Punto	Descripción de la muestra (CIMA)	Código muestra laboratorio CIMA	Nombre corriente
21	P21	26488	Río Pamplonita
23	P23	26490	NN-111
26	P26	26489	Le_001
27	UF3_4_5 PUNTO 27	28471	Quebrada Santa Helena
29	P29	26491	Quebrada La Cucalina
30	P30	26492	NN-121
33	P33	26845	Quebrada la Teja
37	P37	26914	Quebrada Tulantá (Carpintero)
38	P38	26915	C-1
39	P39	26916	NN-127

ID Punto	Descripción de la muestra (CIMA)	Código muestra laboratorio CIMA	Nombre corriente
40	P40	27059	Quebrada de Jiménez
41	P41	27060	Quebrada La Regada
44	P44	27061	Quebrada La Estrella
45	P45	27062	Quebrada de Medio Lado
46	P46	27063	Quebrada el Trébol
47	P47	27064	Quebrada Santa Ana
49	P49	27458	NN-133
52	P52	27459	NN-135
54	P54	27461	Rio Pamplonita
55	P55	27460	La Colonia (Tescua)
56	P56	27462	Rio Pamplonita
60	P60	27463	NN-74
61	P61	27464	NN74-1
62	P62	27465	Quebrada el Laurel
63	UF3_4_5 PUNTO 63 Lago Cordillera Country Club	28472	Le_006
72	P72	27710	Le_007
75	UF3_4_5 PUNTO 75 Quebrada Chiracoque	28444	Quebrada Chiracoque
78	UF3_4_5 PUNTO 78	28411	Le_008
79	UF3_4_5 PUNTO 79	28410	Quebrada Llano Bonito-1
85	UF3_4_5 PUNTO 85 Quebrada Suarez	28412	Quebrada La Suarez
89	UF3_4_5 PUNTO 89 QUEBRADA ISCALÁ	28445	Quebrada Iscalá
90	UF3_4_5 PUNTO 90 QUEBRADA LA HONDA	28446	Quebrada La Honda
96	Punto 1 Vertimiento túnel 2	28206	Quebrada NN116
97	Punto 2 Vertimiento túnel 2	28207	Quebrada NN116

Fuente: Aecom – Concol, 2018 / Ajustado UVRP - SACYR, 2019

Tabla 5.10 Estándares de calidad de agua para parámetros físicos-químicos en laboratorio de acuerdo diversos usos del agua – Decreto 1076 de 2015

Parámetro	(Decreto 1076 de 2015)			
	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	Criterios de calidad para uso pecuario.
Acidez	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Alcalinidad total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Arsénico total	0,05	0,05	0,1	0,2
Bario total	1	1	N.E.	-
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,05
Cobre total	1	1	0,2	0,5
Coliformes fecales termotolerantes	2000	N.E.	N.E.	N.E.
Coliformes totales	20000	1000	N.E.	N.E.
Color real	75	20	N.E.	N.E.
Cromo total	0,05	0,05	0,1	1
DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno)	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (demanda química de oxígeno)	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza cálcica	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles totales	0,002	0,002	N.E.	N.E.
Fósforo total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mercurio total	0,002	0,002	N.E.	0,01
Nitrógeno orgánico	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno total Kjeldhal	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Níquel total	N.E.	N.E.	0,2	N.E.
Plata total	0,05	0,05	N.E.	N.E.
Plomo total	0,05	0,05	5	0,1
Selenio total	0,01	0,01	0,02	N.E.
Sólidos suspendidos totales	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Turbiedad	N.E.	19	N.E.	N.E.
Cinc total	15	15	2	25

Fuente: Adaptado de (Decreto 1076 de 2015) y (Resolución 0118 de 2007)

Tabla 5.11 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 1

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P21	P23	P26	UF3_4_5 PUNTO 27	P29	P30
		Nombre Corriente		Río Pamplonita	NN-111	Le_001	Quebrada Santa Helena	Quebrada La Cucalina	NN-121
		LDM	ID Punto LCM	21	23	26	27	29	30
Acidez	mg CaCO ₃ /l	2,993	5	18	17	<5	7	6	<5
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	NA	4	19	49	21	43,5	31	31
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	0,023	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Color real	UPC		6,3	13,71	<4,970	8,08	<4,970	<4,970	<4,970
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO ₅	mgO ₂ /l		10	14	<10	<10	<10	<10	<10
DQO	mgO ₂ /l	1	10	51	31	33	42	20	10
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /l	1	5	56	257	41	11	97	98
Dureza total	mgCaCO ₃ /l	1	5	56	377	41	36	99	99
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,37	0,05	0,04	0,15	0,05	0,28
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	2,9	<0,5	2,3	1,5	0,6	1,4
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	3	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	37	69	16	10	33	<5
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	33,1	118	9,2	4,5	27	0,7
Zinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	0,01	0,41	<0,01	<0,01	0,14	<0,01
LDM: Límite de detección del método		LCM: Límite de cuantificación del método			S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.				

  <p>Una Compañía de Sacyr Concesiones</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA PAMPLONA-CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS CAPITULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO</p>
<p>Centro: Corredor Vial Doble Calzada Pamplona - Cúcuta</p>	

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Tabla 5.12 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 2

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P33	P37	P38	P39	P40	P41
		Nombre Corriente		Quebrada la Teja	Quebrada Tulantá	C-1	NN-127	Quebrada de Jiménez	Quebrada La Regada
		LDM	ID Punto LCM	33	37	38	39	40	41
Acidez	mg CaCO ₃ /l	2,993	5	6	<5	7	6	6	<5
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	NA	4	56	29	36	38	21	10
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Color real	UPC		6,3	5,11	<4,970	11,47	8,32	<4,970	<4,970
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO ₅	mgO ₂ /l		10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
DQO	mgO ₂ /l	1	10	23	<10	<10	12	20	15
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /l	1	5	60	78	104	121	67	24
Dureza total	mgCaCO ₃ /l	1	5	63	79	106	122	67	26
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,07	0,055	0,12	0,14	0,14	0,13
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	0,5	2,8	1,5	1,3	1	<0,5
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	19	6	10	43	9	6
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	19,7	5,4	4,8	29,9	7,1	3,5
Zinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,1	<0,01	0,02

LDM: Límite de detección del método LCM: Límite de cuantificación del método S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Tabla 5.13 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 3

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P44	P45	P46	P47	P49	P52
		Nombre Corriente		Quebrada La Estrella	Quebrada de Medio Lado	Quebrada el Trébol	Quebrada Santa Ana	NN-133	NN-135
		LDM	ID Punto LCM	44	45	46	47	49	52
Acidez	mg CaCO ₃ /l	2,993	5	6	5	8	7	25	6
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	NA	4	18	21	61	26	36	22
Arsénico total	mg Metal/l	S.l.	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Color real	UPC		6,3	5,752	<4,97	<4,970	5,2	54,27	6,51
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO ₅	mgO ₂ /l		10	<10	<10	<10	<10	31	<10
DQO	mgO ₂ /l	1	10	26	12	29	11	137	<10
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /l	1	5	48	8	168	57	75	59
Dureza total	mgCaCO ₃ /l	1	5	49	63	171	58	75	60
Fenoles totales	mg/l	S.l.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.l.	0,02	0,59	0,27	0,29	0,14	0,08	0,09
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	0,9	8	1	0,7	1,5	1,6
Mercurio total	mg Metal/l	S.l.	0,0006	<0,0006	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	6	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	<2	<2	<2	7	<2
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.l.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	42	8	10	4	16	11
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	20,2	5,6	7,8	2,4	19,2	8,3
Zinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01

  <small>Una Compañía de Sacyr Concesiones</small>	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA PAMPLONA-CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS CAPITULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO	
	Centro: Corredor Vial Doble Calzada Pamplona - Cúcuta	

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P44	P45	P46	P47	P49	P52
		Nombre Corriente		Quebrada La Estrella	Quebrada de Medio Lado	Quebrada el Trébol	Quebrada Santa Ana	NN-133	NN-135
		LDM	ID Punto LCM	44	45	46	47	49	52
LDM: Límite de detección del método		LCM: Límite de cuantificación del método		S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.					

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Tabla 5.14 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 4

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P54	P55	P56	P60	P61	P62
		Nombre Corriente		Río Pamplonita	La Colonia (Tescua)	Río Pamplonita	NN-74	NN-74-1	Quebrada el Laurel
		LDM	ID Punto LCM	54	55	56	60	61	62
Acidez	mg CaCO ₃ /l	2,993	5	8	10	7	8	6	6
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	NA	4	34	32	27	24	18	17
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Color real	UPC		6,3	8,08	6,72	6,05	10,02	5,82	6,54
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO ₅	mgO ₂ /l		10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
DQO	mgO ₂ /l	1	10	17	<10	19	13	<10	<10
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /l	1	5	78	75	69	43	35	37
Dureza total	mgCaCO ₃ /l	1	5	78	76	69	44	36	38
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,25	0,32	0,23	0,25	0,1	0,12
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	1,1	1,1	1	2,2	1,1	0,7
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	<2	<2	<2	<2	2
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	12	18	9	10	<5	<5
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	4,5	8,5	4,4	2,9	0,7	1,4
Zinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LDM: Límite de detección del método	LCM: Límite de cuantificación del método	S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.							

 	<p align="center"> ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA PAMPLONA-CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS CAPITULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO </p>
<p align="center">Centro: Corredor Vial Doble Calzada Pamplona - Cúcuta</p>	

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Tabla 5.15 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 5

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		UF 3_4_5 Punto 63 Lago Coordillera Country Club	P72	UF 3_4_5 Punto 75 Quebrada Chiracoque	UF 3_4_5 Punto 78	UF 3_4_5 Punto 79	UF 3_4_5 Punto 85 Quebrada La Suarez
		Nombre Corriente		Le_006	Le_007	Quebrada Chiracoca	Le_008	Quebrada Llano Bonito-1	Quebrada La Suarez
		LDM	ID Punto LCM	63	72	75	78	79	85
Acidez	mg CaCO ₃ /l	2,993	5	12	20	7	26	19	6
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	NA	4	23	51	17	30	6,5	20
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Color real	UPC		6,3	6,34	<4,970	5,34	8,53	<4,970	<4,970
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO ₅	mgO ₂ /l		10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
DQO	mgO ₂ /l	1	10	59	<10	15	29	27	32
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /l	1	5	81	164	35	14	16	72
Dureza total	mgCaCO ₃ /l	1	5	85	507	38	19	19	74
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,15	0,12	0,12	0,04	0,04	0,05
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	2,2	1,5	2,8	1,8	1,1	239
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	0,0007	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	10	27	7	6	9	<5
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	6,3	22,1	1,9	3,4	9,9	2,5
Zinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LDM: Límite de detección del método		LCM: Límite de cuantificación del método			S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.				

  <p>Una Compañía de Sacyr Concesiones</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA PAMPLONA-CÚCUTA, UF 3 - 4 - 5 SECTOR PAMPLONITA - LOS ACACIOS CAPITULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO</p>
<p>Centro: Corredor Vial Doble Calzada Pamplona - Cúcuta</p>	

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Tabla 5.16 Resultados de parámetros físico-químicos – parte 6

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		UF 3_4_5 Punto 89	UF 3_4_5 Punto 90	Punto 1 Vertimiento	Punto 1 Vertimiento
		Nombre Corriente		Quebrada Iscalá	Quebrada La Honda	Túnel 2	Túnel 2
		LDM	ID Punto LCM	89	90	96	97
Acidez	mg CaCO ₃ /l	2,993	5	11	6	11	12
Alcalinidad total	mg/l CaCO ₃	NA	4	38	30	18	23
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	<0,015	0,023	<0,015
Color real	UPC		6,3	17,04	22,49	24,1	28,59
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO ₅	mgO ₂ /l		10	<10	<5	<10	<10
DQO	mgO ₂ /l	1	10	19	36	51	28
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /l	1	5	87	77	42	58
Dureza total	mgCaCO ₃ /l	1	5	110	85	45	77
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,2	0,07	0,385	0,0322
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	1,5	1,9	3,4	1,8
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	<2	4	3
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05Se
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	39	18	133	73
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	30	12,9	76,9	65,9
Zinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01
LDM: Límite de detección del método	LCM: Límite de cuantificación del método		S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.				

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

- Turbiedad y sólidos suspendidos totales

La Turbiedad mide el grado de dispersión de la luz generado por los sólidos en suspensión, el efecto que causa la turbiedad es la interferencia con la penetración de la luz a través del agua, por lo que afecta los procesos de fotosíntesis (Gomez, 2003). La dispersión de la luz de las partículas depende de su tamaño, su forma, el índice de refracción y su composición.

Los sólidos suspendidos, están compuestos por partículas de origen orgánico e inorgánico; así como líquidos inmiscibles (Gómez, 2003). Las principales características de estas partículas, además de estar influenciadas por la turbidez, es que generan un aspecto al agua no tan agradable a la vista, proveen un refugio para el transporte de agentes químicos que pueden ser tóxicos y agentes biológicamente activos precursores de enfermedades. Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) tiene una relación directa con la turbiedad, el agua toma una apariencia oscura debido a una alta concentración de partículas en suspensión, es decir una alta turbiedad.

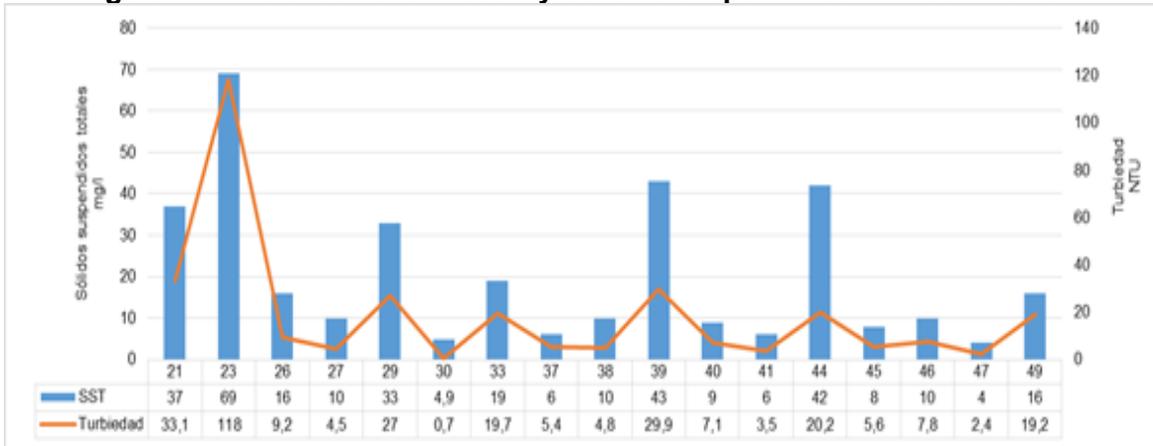
De acuerdo con los resultados presentados, los valores de turbiedad fluctúan entre 0,7 y 118 NTU, donde el mayor valor es resultado del punto 23 (NN-111) con 118 NTU, seguido por el rio Pamplonita en el punto 96 (76,9 NTU). Se evidencia la relación directa en los sólidos suspendidos totales y la turbiedad debido a que las fuentes hídricas mencionadas anteriormente por tener los valores de turbiedad más altos son las que también presentan los valores más altos de solidos suspendidos totales.

De acuerdo con los objetivos de la calidad para la cuenca hidrográfica del Rio Pamplonita en el tramo comprendidos en el área de influencia, los resultados obtenidos en cuanto a sólidos suspendidos totales en los puntos 21: Rio Pamplonita (37 mg/l), punto 23: Quebrada NN-111 (69 mg/l), punto 29: Quebrada La Cucalina (33 mg/l), punto 39: Quebrada NN-127 (43 mg/l), punto 44: Quebrada La Estrella (42 mg/l), punto 89: Quebrada Iscalá (39 mg/l), punto 96: Rio Pamplonita (133 mg/l) y punto 97: Quebrada NN116 (73 mg/l), no cumplen con los criterios definidos en la (Resolución 0118 de 2007) de Corponor.

En cuanto a la turbiedad en el artículo 2.2.3.3.9.4 del (Decreto 1076 de 2015) se establece como criterio admisible de calidad un total de 190 NTU, para lo cual todas las fuentes cumplen.

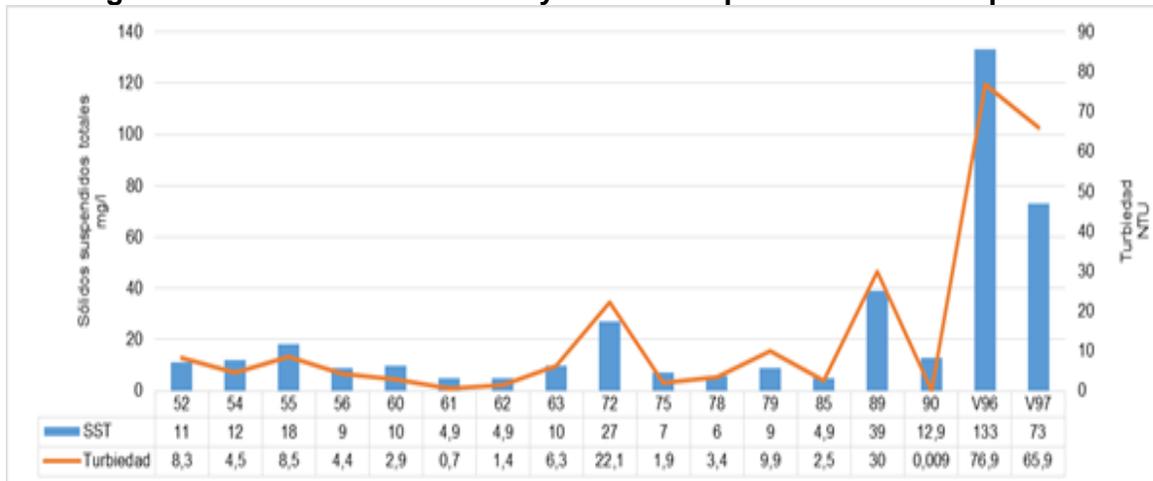
En la Figura 5.12 y Figura 5.13 se presentan los valores de SST y turbiedad y su correlación para los diferentes puntos monitoreados. Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica (≥ 5 mg/l) y que en los resultados es mostrado como <5 mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 4,9 mg/l únicamente con el fin de poder graficar, por lo tanto, esos valores son de referencia.

Figura 5.12 Valores de turbiedad y sólidos suspendidos totales – Parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.13 Valores de turbiedad y sólidos suspendidos totales – parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

- Acidez y alcalinidad

La alcalinidad es definida como la resistencia del agua para neutralizar un ácido (Henry & Heinke, 1999) (capacidad buffer), está asociada, principalmente, a aniones que neutralizan los H⁺ provenientes de las sustancias ácidas. Estos aniones generalmente se derivan de compuestos de carbón inorgánico disuelto, carbonatos (CO₃²⁻) y los bicarbonatos (HCO₃⁻), como resultado de la disolución de sustancias minerales. En el caso de los cuerpos de agua, estos se originan por la interacción del suelo con el agua junto con procesos de descomposición de la materia orgánica. Otra fuente de alcalinidad también pueden ser los hidróxidos (OH⁻). Por tanto, un grado alto de alcalinidad evita los cambios bruscos de pH, dando la capacidad de realizar procesos biológicos de forma estable. Los valores de alcalinidad en un cuerpo de agua pueden determinar si el agua es dura o blanda de acuerdo con lo establecido en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17 Escala de Mineralización en Agua de acuerdo con la Alcalinidad

Valoración	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)
Muy Baja	< 12,3
Baja	24,6 - 41
Media	41 – 98,4
Alta	98,4 – 147,6
Muy Alta	> 147,6

Fuente: (Universidad tecnológica Oteima, 2014)

A diferencia de la alcalinidad, la acidez se considera como la capacidad de neutralizar las bases (Henry & Heinke, 1999). En las aguas se debe al dióxido de carbono (CO₂), el cual puede ser incorporado con los coagulantes químicos, mediante la oxidación de materia orgánica (Henry & Heinke, 1999), por disolución del dióxido de carbono atmosférico, por la presencia de ácidos minerales procedentes de ácidos fuertes (HCl, H₂SO₄, HNO₃) y por hidrólisis de sales de ácidos fuertes y bases débiles (Climent & *et al*, 2004).

La acidez en aguas naturales es causada por la presencia de CO₂ o por ácidos minerales fuertes, donde el CO₂ es el principal causante de la acidez a pH mayores de 4,0. El CO₂ puede ingresar en agua superficial por absorción de este desde la atmósfera, solo cuando el cuerpo de agua presenta una concentración de CO₂ menor que el de la atmósfera. El CO₂ también puede ser producido por la oxidación de materia orgánica particularmente en aguas contaminadas, si, adicionalmente la actividad fotosintética es limitada, la concentración de CO₂ puede ser mayor que en la atmósfera y escapará al aire (Sawyer *et al*, 2003).

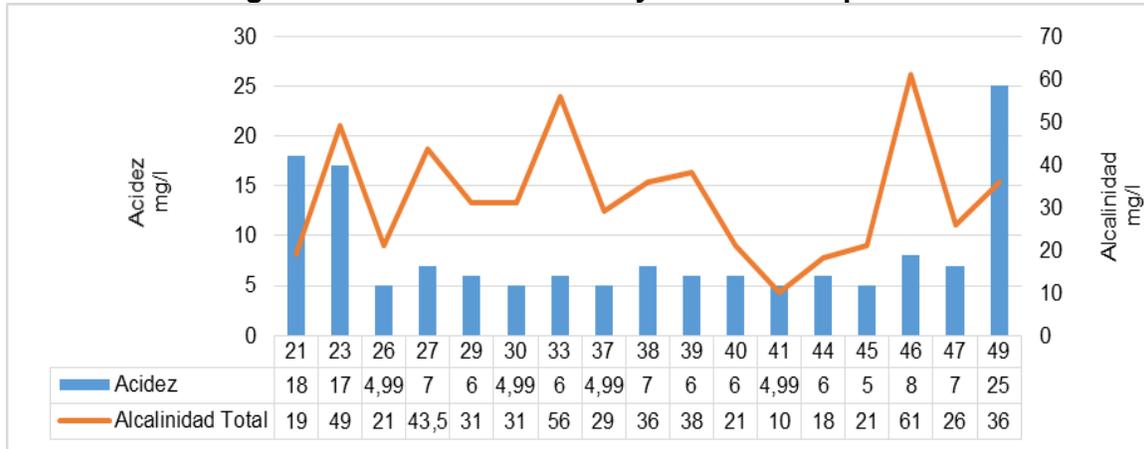
Las consecuencias que tendría un incremento en la acidez son bastante importantes pues pueden producir cambios drásticos y fatales en la mayoría de las especies vivas y disminuye la productividad primaria. Bajo condiciones ácidas, las especies vegetales disminuyen la producción de clorofila a, desaparecen la mayoría de los invertebrados acuáticos y se produce un cambio de bacterias a una población de hongos disminuyéndose la composición de celulosa y la concentración de oxígeno (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008)

Finalmente, los bicarbonatos tienen gran relevancia en la química del agua, básicamente debido a su capacidad buffer, acomplejamiento de metales y el metabolismo biológico (MWH, 2005). Los carbonatos son responsables, junto a los carbonatos, de la neutralización de los procesos de acidificación del agua. En cuerpos superficiales tiende a ser más baja su concentración con relación a las aguas subterráneas donde forma complejos con Ca, Mg, Cu, Zn y Fe.

De acuerdo a los resultados observados en la Figura 5.14 y Figura 5.15, los valores de alcalinidad para los cauces monitoreados varían entre 3,99 Y 61 mg/l CaCO₃, donde el valor más alto para este parámetro lo tiene el punto 46: Quebrada el Trébol (61 mg/l CaCO₃) seguido por el punto 33: Quebrada la Teja (56 mg/l CaCO₃), en aguas naturales estos son

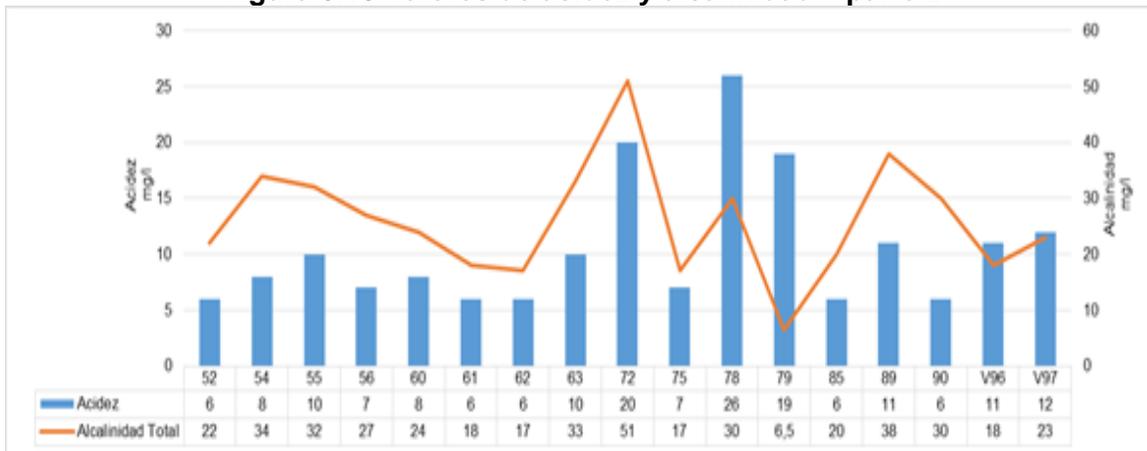
debidos a la presencia de Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos formados por la acción de CO₂ sobre materiales básicos del suelo por la disolución de rocas básicas carbonatadas.

Figura 5.14 Valores de acidez y alcalinidad – parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.15 Valores de acidez y alcalinidad – parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Normalmente, aguas superficiales tienen una alcalinidad apreciable, debido a que, si el pH oscila en la mayoría de los casos entre 6 y 8, condiciones en las cuales la especie de carbono inorgánico predominante es el ion HCO₃. Además, las aguas superficiales con algas también pueden presentar alcalinidad, debido a que toman el CO₂ que está en forma libre y lo combinan que tal forma que el pH puede aumentar.

Los valores mínimos de alcalinidad se presentan en los puntos 21, 22, 41, 44, 61, 62, 75, 79, 85 y 96, valores que se encuentran debajo de 20 mg/l CaCO₃, el cual es un límite de alcalinidad internacionalmente aceptado para mantener la vida acuática, ya que cuando el agua tiene alcalinidades menores se vuelve muy sensible a la contaminación pues no posee la capacidad oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH.

Por otro lado, la fuente que presenta una mayor acidez es la quebrada el Trébol, la principal fuente de acidez en aguas naturales es el dióxido de carbono proveniente de la atmosfera y la oxidación bacteriana de la materia orgánica. Por tanto, la acidez proviene de ácidos débiles siendo el principal el CO₂, aunque otros ácidos débiles también pueden estar presentes en el agua natural como H₂S, H₂PO₄, ácidos húmicos y fulvicos, así como los ácidos carboxílicos formados por la descomposición de la materia orgánica.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica (≥ 5 mg/l) y que en los resultados es mostrado como <5 mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 4,9 mg/l únicamente con el fin de poder graficar, por lo tanto, esos valores son de referencia.

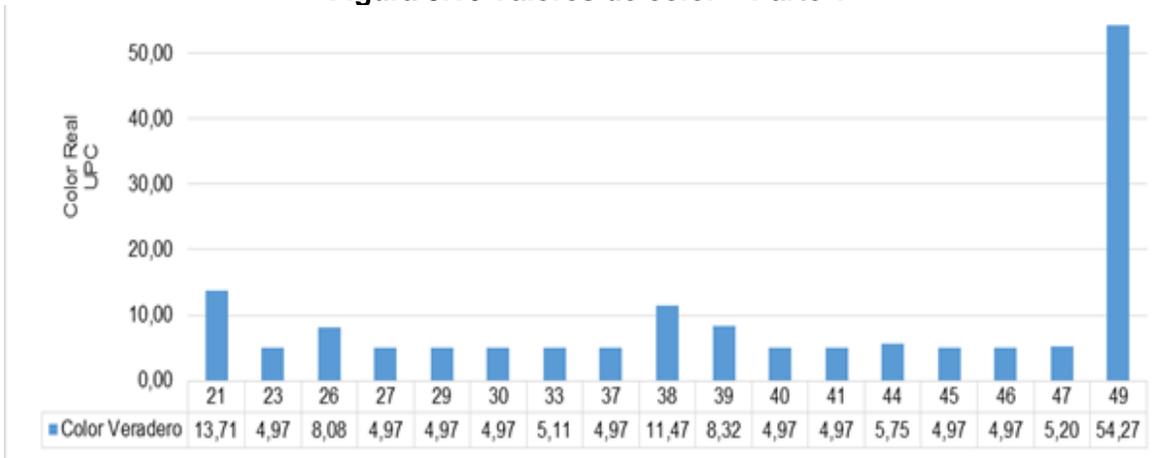
- Color

El Color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “Color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas, mientras el “aparente” es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). Para determinar el Color verdadero, sería necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas.

El agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación la de ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra Coloreada y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha Coloración. Las aguas superficiales pueden estar Coloreadas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta última causa Coloración por medio de los desechos de teñido los cuales imparten Colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados.

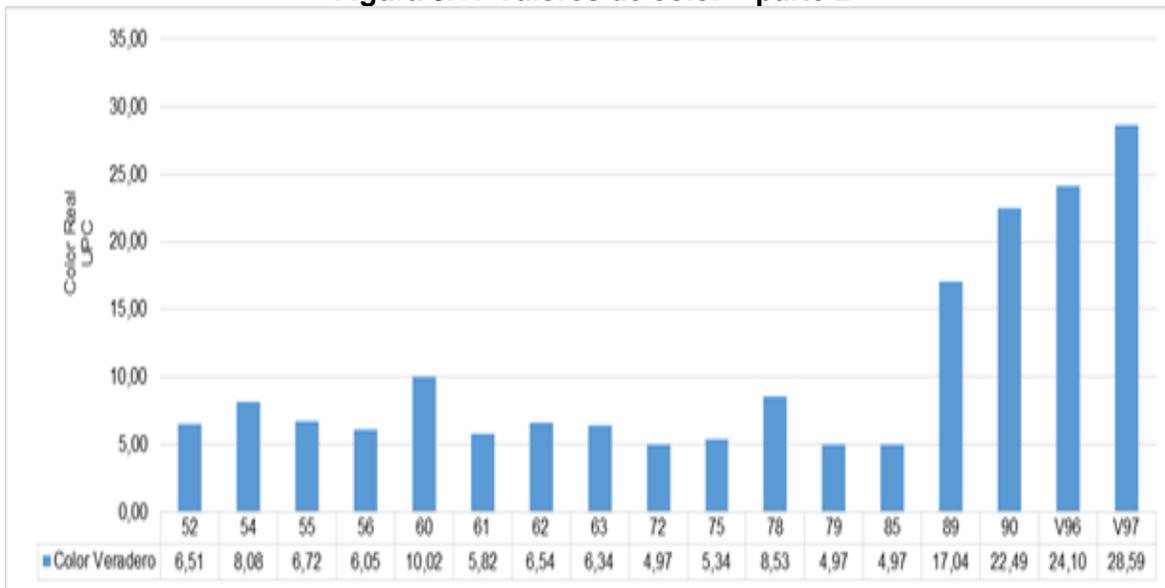
De acuerdo con los resultados de la Figura 5.16 y Figura 5.17, los valores de Color van desde 4,97 UPC a 54,27 UPC (Punto 49: NN-133), donde UPC (Unidades Platino Cobalto) representa la medida del Color que los contaminantes confieren al agua. El artículo 2.2.3.3.9.3 del (Decreto 1076 de 2015) establece como límite permisible 75 UPC para el uso humano y doméstico, el cual no es sobrepasado por ninguna fuente hídrica evaluada.

Figura 5.16 Valores de color – Parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.17 Valores de color – parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

- Dureza cálcica y dureza total

La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles.

Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/l de carbonato de calcio (CaCO₃), medianamente dura entre 61 y 120 mg/l, dura entre 121 y 180 mg/l y muy dura

aquella con valores superiores a 180 mg/l. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, y por lo tanto, se detecta en todas las aguas (ver Tabla 5.18).

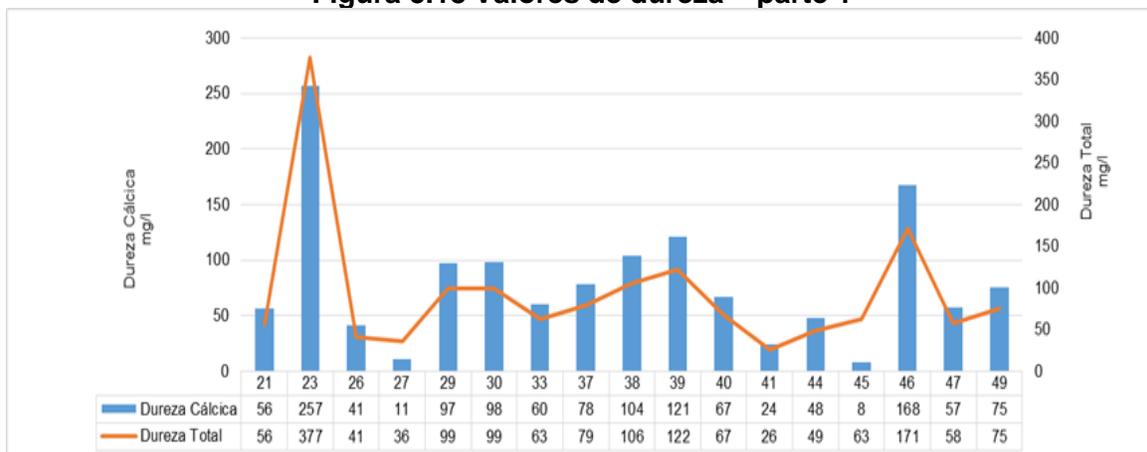
Tabla 5.18 Clasificación de la Dureza por CaCO₃ en el Agua (OMS)

Concentración de CaCO ₃ /mg/l	Tipo	Codificación
0 - 60	Blanda	Azul
61 - 120	Moderadamente Dura	Verde
121 - 180	Dura	Amarillo
>180	Muy Dura	Rojo

Fuente: (Universidad de Costa Rica, 2009)

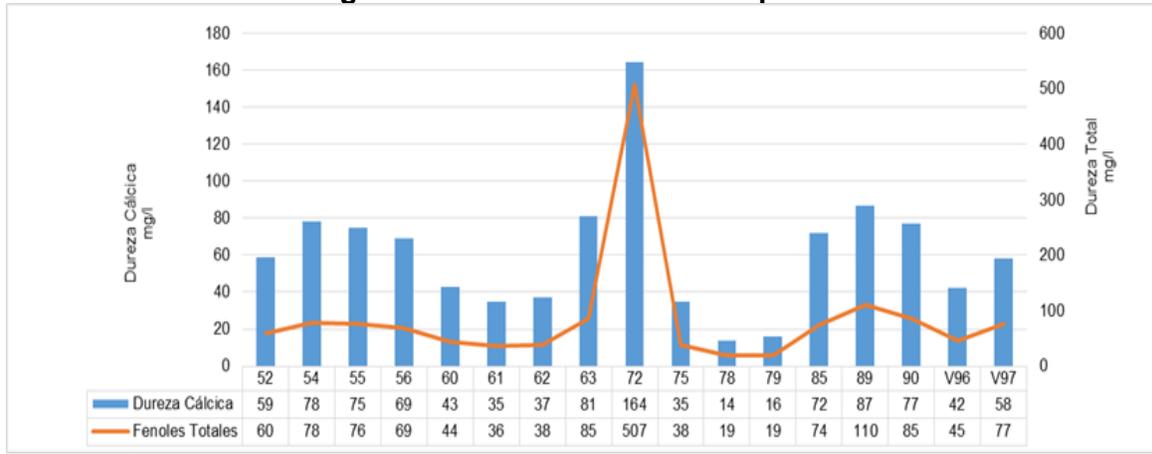
Un 41 % de las corrientes monitoreadas presentaron aguas blandas, un 47% aguas moderadamente duras, un 6 % aguas duras y un 6 % aguas muy duras. Los puntos que presentaron aguas muy duras fueron el punto 23 (NN-111) y el punto 72 (Le_007).

Figura 5.18 Valores de dureza – parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.19 Valores de dureza – parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DBO está definida como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Esta prueba sirve para cuantificar la contaminación de aguas domésticas e industriales con materia orgánica en términos de requerimiento de oxígeno. (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008) y (Sawyer Clair N, 2003). Se constituye una medida indirecta de la concentración de la materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente.

En las aguas superficiales el requerimiento de oxígeno para oxidación biológica es muy variable y depende de las fuentes contaminantes aguas arriba. En aguas residuales domésticas el requerimiento se sitúa entre 100 y 350 ppm. En aguas industriales el requerimiento alcanza varios miles de ppm (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA). La prueba de la Demanda Química de Oxígeno DQO es ampliamente usada para determinar la carga orgánica e inorgánica de aguas residuales domésticas e industriales (Sawyer Clair N, 2003)

Existe materia orgánica que se puede oxidar por procesos biológicos para la cual aplica la prueba de DBO, pero existe otra que no puede degradarse por este medio o puede demorar un tiempo muy prolongado, y por ello se pone en contacto con agentes fuertemente oxidantes como el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). El resultado es la determinación de la cantidad de desechos en términos de toda la cantidad de oxígeno requerido para oxidar estos desechos y llevarlos a dióxido de carbono y agua considerando que la mayoría de la materia orgánica se oxida por estos agentes oxidantes (Sawyer Clair N, 2003); Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2005).

El DQO o demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente la materia tanto orgánica como inorgánica. Con esta se puede determinar la cantidad total de contaminantes orgánicos en aguas residuales. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están

entre 260 y 600 ppm. Existe un índice que indica que tipo de aguas se están analizando, el cual se obtiene con la relación (DBO/DQO) si esta es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se asume como un vertido orgánico (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA).

Tabla 5.19 Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

DBO	Criterio	Descripción
≤ 3 mg/l	Excelente	No contaminada
3 – 6 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable
6 – 30 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
30 – 120 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
≥ 120 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

Tabla 5.20 Escala de clasificación de calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)

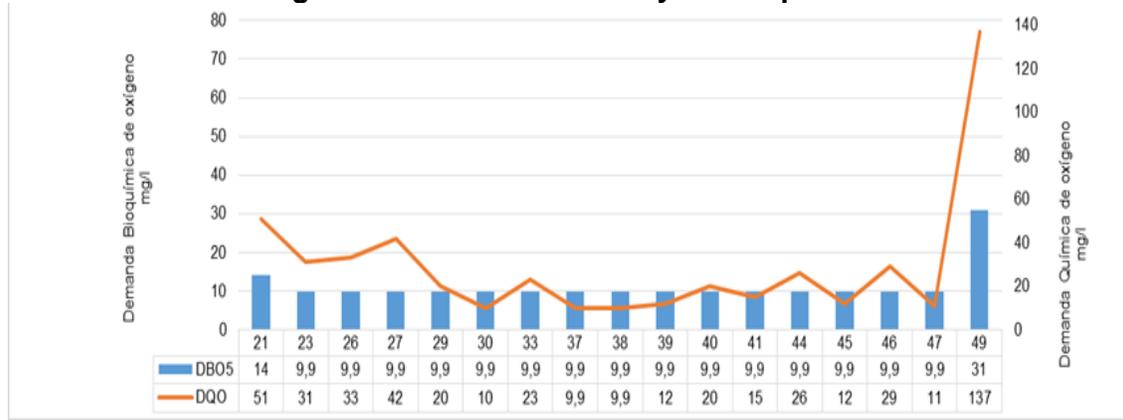
DQO	Criterio	Descripción
≤ 10 mg/l	Excelente	No contaminada
10 – 20 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánico biodegradable y no biodegradable
20 – 40 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
40 – 200 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
≥ 200 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

En la Tabla 5.19 se muestra una clasificación de la calidad de agua de acuerdo con su DBO de donde se puede concluir que un 15 % de las fuentes presentan contaminación, estas corresponden a los puntos de muestreo 27 (Quebrada Santa Helena), 21 (Río Pamplonita), 96 (Río Pamplonita), 63 (Le_006), y 49 (NN-133), en los demás puntos la calidad de agua por DQO se encuentra entre aceptable y excelente. Es importante añadir que el río Pamplonita recibe la descarga de aguas residuales domesticas de origen municipal que contribuyen al aumento en la DQO. En cuanto a la DBO, en un 94 % de las fuentes analizadas presentaron valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica (10 mg/l) por tanto su calidad se encuentra entre buena y excelente, únicamente dos puntos presentaron valores por encima del límite de cuantificación, el punto 21 con un valor de DBO de 14 mg/l y el punto 49 con un valor de 31 mg/l, estos últimos presentan una calidad aceptable y contaminada respectivamente.

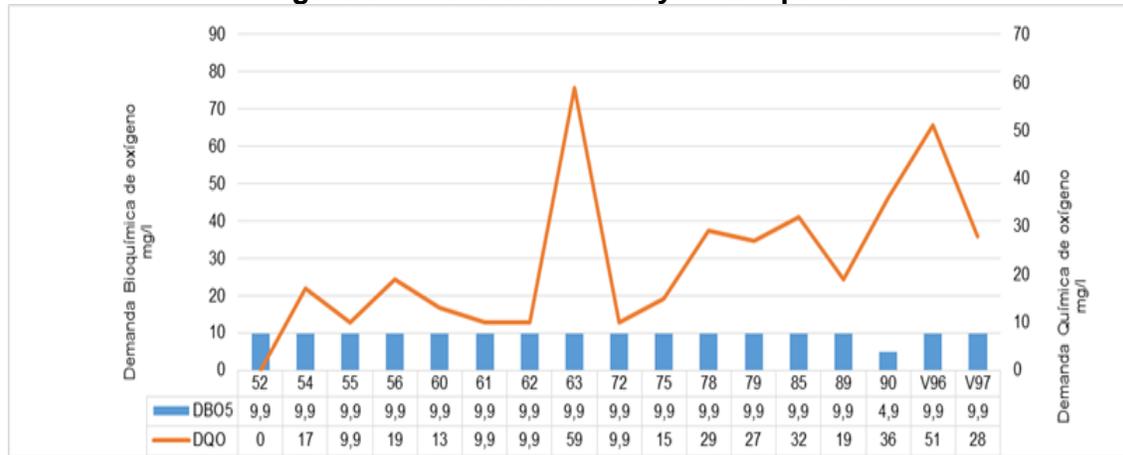
A continuación, en la Figura 5.20 y Figura 5.21 se presentan los valores de DBO₅ y DQO y su correlación para los diferentes puntos monitoreados.

Figura 5.20 Valores de DBO y DQO – parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Figura 5.21 Valores de DBO y DQO – parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2017)

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de las técnicas DBO5 y DQO (≥ 10 mg/l en ambos casos) y que en los resultados es mostrado como < 10 mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 9,9 mg/l únicamente con el fin de poder graficar, por lo tanto, esos valores son de referencia.

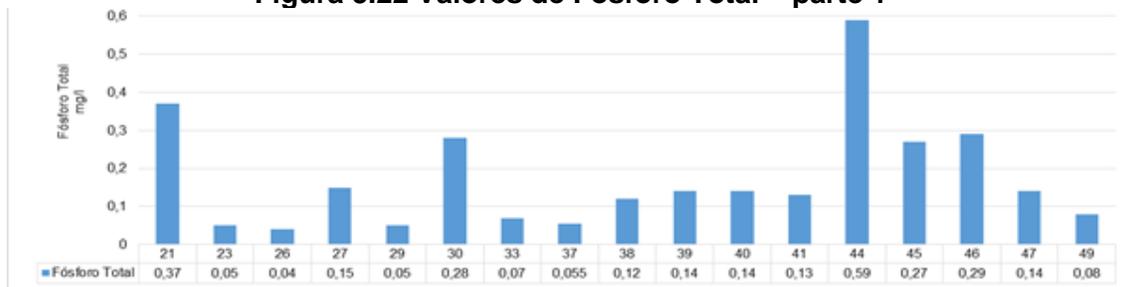
- Fósforo total

El fósforo orgánico está principalmente presente en biomasa microbiana y en materia orgánica derivada de procesos de descomposición de esta. Por lo general la fracción orgánica del fósforo tiende a mineralizarse por interacción con el entorno. La fracción inorgánica está principalmente constituida por ácidos derivados de la reacción de la fracción orgánica con agentes presentes en el medio, así como también por los cambios de pH y la

interacción de minerales a base calcio y hierro principalmente; encontrándose estos compuestos en el agua en su forma más soluble como aniones ortofosfatos de $\text{HPO}_4 =$, H_2PO_4^- , o como fosfatos de calcio, hierro y aluminio.

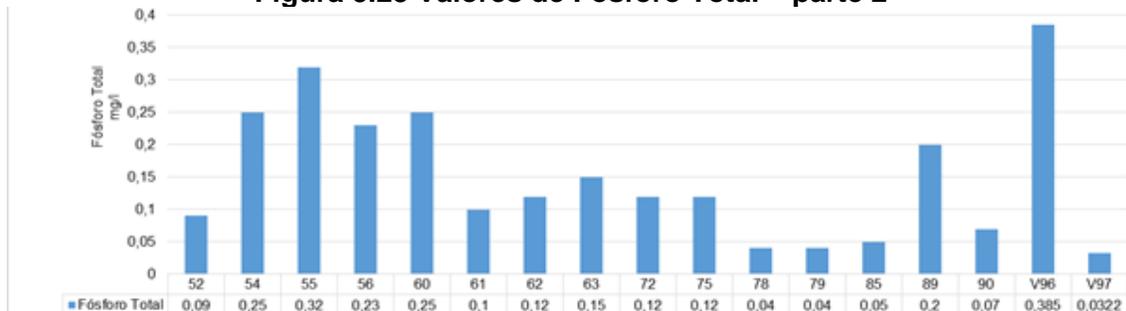
A continuación en la Figura 5.22 y Figura 5.23 se presentan los valores de fósforo total para los puntos de agua monitoreados, observando que los datos fluctúan entre 0,05 y 0,59 mg/l donde el mayor valor fue alcanzado en el punto 44 (Quebrada La Estrella), seguido por el punto 96 (Rio Pamplonita) y 21 (Rio Pamplonita), donde es importante mencionar que el rio Pamplonita recibe los vertimiento de aguas residuales domesticas de origen municipal sin tratamiento alguno.

Figura 5.22 Valores de Fósforo Total – parte 1



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

Figura 5.23 Valores de Fósforo Total – parte 2



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

- Nitrógeno total Kjeldahl

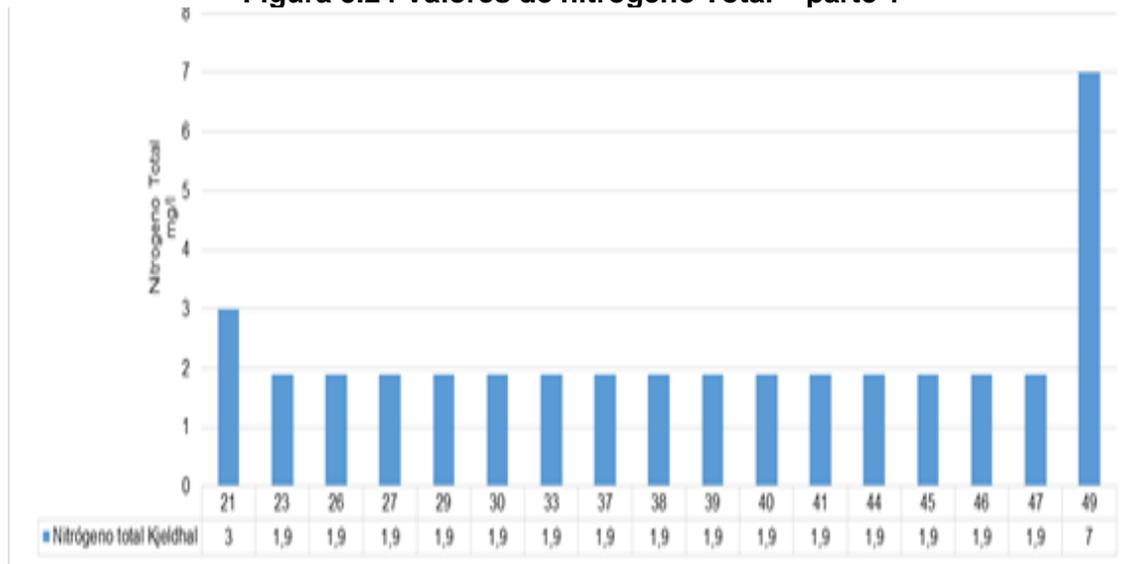
El nitrógeno es un indicador relevante de la calidad de aguas, ya que una alta concentración de nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente. Todo el nitrógeno presente en compuestos orgánicos se considera nitrógeno orgánico, su contenido en el agua incluye el nitrógeno de aminoácidos, aminos, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del nitrógeno. El nitrógeno amino y el amoníaco libre, son convertidos a amonio en presencia de H_2SO_4 , K_2SO_4 y CuSO_4 como catalizador. Durante la digestión, mientras el carbono e hidrogeno son oxidados, el sulfato es reducido a dióxido de azufre y el grupo amino es liberado como amoníaco, el cual puede escapar del medio ácido y permanece como una sal de amonio. El método Kjeldahl es el más usado para la determinación de nitrógeno total, este es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal.

El nitrógeno representa un papel muy importante en la química del agua puesto que es el responsable del crecimiento de los organismos tanto animales como vegetales en el medio acuático. En condiciones normales, los compuestos nitrogenados provienen de la degradación de materia orgánica muerta, sin embargo, en condiciones del medio alteradas, los aportes provienen de los vertimientos urbanos y del uso creciente de fertilizantes y pesticidas de la agricultura.

De acuerdo con los valores obtenidos, solo cuatro de las fuentes evaluadas superó el límite de cuantificación del método, es decir 2 mg/l, estas corresponden a los puntos 21 (Río Pamplonita), punto 49 (NN-133), punto 96 (NN-116) y punto 97 (NN-116). La situación presentada en el río Pamplonita puede deberse a la descarga de aguas residuales domesticas que generalmente contienen una concentración elevada de nutrientes.

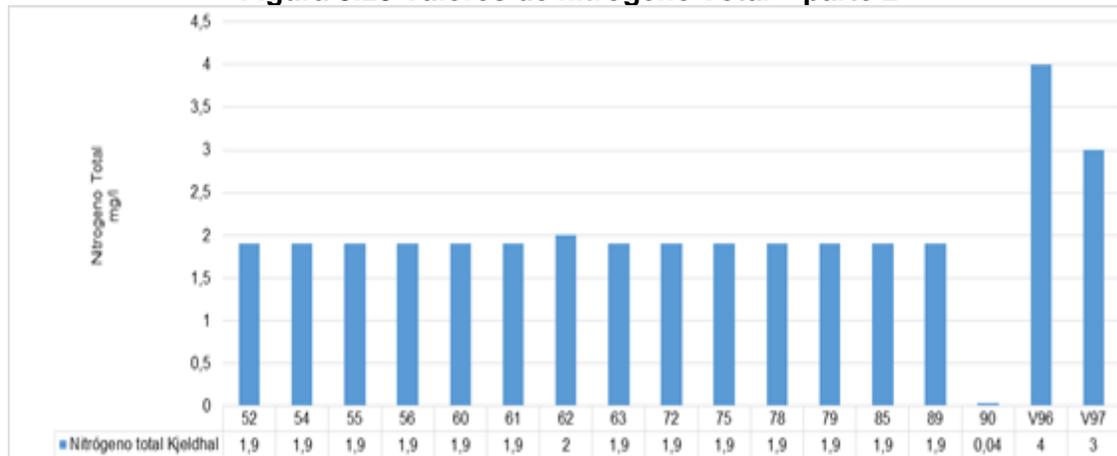
Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica (≥ 2 mg/l) y que en los resultados es mostrado como < 2 mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 1,9 mg/l únicamente con el fin de poder graficar, por lo tanto, esos valores son de referencia.

Figura 5.24 Valores de nitrógeno Total – parte 1



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

Figura 5.25 Valores de nitrógeno Total – parte 2



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

- Grasas, Aceites y Fenoles

La presencia de grasas o aceites en las aguas se da principalmente por vertimientos, tanto de origen industrial como doméstico. El principal efecto sobre la calidad del recurso se da por su presencia en forma de película sobre la superficie del agua, lo cual dificulta la interacción aire-agua, provocando problemas de difusión y concentración del oxígeno en el agua (Salamanca & Palacios, 2005). Por otro lado, los compuestos fenólicos son utilizados en diferentes actividades productivas del sector industrial, y proceden principalmente de restos de aceites, restos de disolventes, pinturas, entre otros; causando principalmente problemas en las características organolépticas del agua.

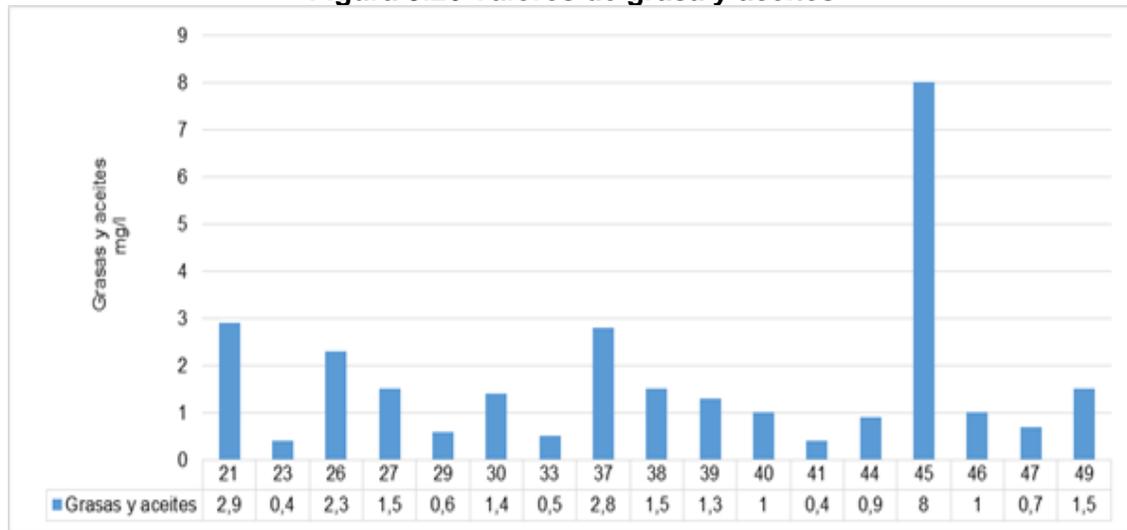
Las grasas y aceites son contaminantes del agua constituido principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua y baja o nula biodegradabilidad. Según la norma colombiana “El agua potable no debe presentar grasas y aceites”. Por ello, si la presencia de estos compuestos no es controlada se acumula en el agua formando natas en la superficie del líquido” (Universidad del Valle, 2007).

La guía canadiense para calidad de aguas recreacionales establece las grasas y aceites no deben estar presentes en concentraciones que:

- Puedan ser detectadas como capa visible, brillo o de Coloración en la superficie.
- Puedan detectarse por el olor.
- Puedan formar depósitos y sedimentos inferiores detectables por la vista y olor.

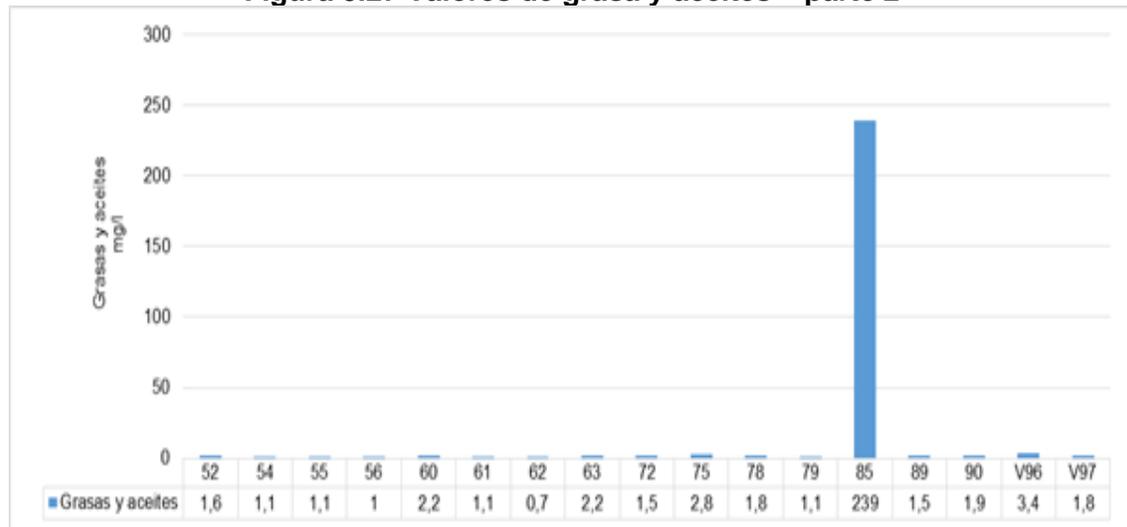
Teniendo en cuenta los resultados de los cuerpos de agua se puede observar que los valores para grasas y aceites fluctúan entre 0,4 y 239 mg/l, donde las fuentes con mayor contenido corresponden a los puntos 45 (Quebrada de Medio Lado) y punto 85 (Quebrada La Suarez).

Figura 5.26 Valores de grasa y aceites



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

Figura 5.27 Valores de grasa y aceites – parte 2



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

Los fenoles son compuestos orgánicos derivados del benceno por sustitución de átomos de hidrogeno por grupo hidroxilo, en general los fenoles no son sustancias comunes en el agua natural, salvo en las que atraviesan o fluyen por zonas de turberas y aguas ricas en materias húmicas. Su origen está ligado a efluentes industriales y procedentes de pasta de papel, explotaciones mineras, refineries de petróleo, industrias químicas y farmacéuticas, etc.

Toxicológicamente, niveles de solo 1 mg/l de fenoles en aguas naturales resultan tóxicos para los peces, mientras que concentraciones menores afectan a otros organismos

acuáticos como moluscos, algas, protozoos y bacterias. En general, los compuestos fenólicos debido a su poder bactericida y bacteriostático pueden degradarse por microorganismos presentes en aguas naturales como el grupo *Pseudomonas* (Marin, 2003).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el parámetro fenoles no fue detectado por la técnica en ningún punto, por lo que se asumen que estas fuentes presentan valores menores a 0,02 mg/l.

- Metales Pesados

La presencia de los metales en los cuerpos de agua se da principalmente por aportes del suelo y procesos de contaminación generados por el hombre, de los cuales algunos son necesarios por los humanos como son el Fe, Zn, Cu, pero otros pueden causar un efecto tóxico al bioacumularse en el cuerpo como son el Cr, Cd, Hg, Pb, As, Ba etc. La presencia de estos agentes tóxicos está básicamente relacionada con las actividades antrópicas que generan una acumulación en la cadena trófica hasta llegar al cuerpo humano por consumo de algún alimento contaminado.

En cuanto a Barrio los valores obtenidos no superaron 0,1 mg/l así que en todos los valores cumplen el límite admisible por la norma el cual es 1 mg/l. Además de lo anterior, los resultados para tales metales pesados se encuentran dentro del límite admisible establecido en el (Decreto 1076 de 2015).

Para algunos de los metales pesados evaluados se dio el caso que los resultados obtenidos en todas las fuentes hídricas no alcanzaron los límites de cuantificación de las técnicas usadas en cada caso, estos se muestran a continuación con el valor de su respectivo límite de cuantificación:

- ✓ Arsénico (<0.0045 mg/l), cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015)
- ✓ Cobre (<0,0015 mg/l), cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015)
- ✓ Cadmio (<0.005 mg/l), cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015)
- ✓ Cromo (<0,05 mg/l), cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015)
- ✓ Níquel (<0,05 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- ✓ Mercurio (<0,0006 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- ✓ Plomo (<0,05 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- ✓ Plata (<0,05 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- ✓ Selenio (<0,0055 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).

▪ Resultados de análisis microbiológicos

Con relación a los parámetros microbiológicos analizados en laboratorio y cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.22 se destacan y analizan a detalle aquellos que no cumplen con el (Decreto 1076 de 2015) o que presentaron valores muy cercanos a los permitidos, en esta tabla no se incluyen las que fueron reportadas como secas por el laboratorio, para

las cuales no se realizó análisis de calidad de agua. En la Tabla 5.21 se muestran los criterios establecidos para el uso del recurso hídrico de acuerdo con el (Decreto 1076 de 2015) y la (Resolución 0118 de 2007) que se encuentra en el anexo 5. CARACTERIZACION\5.1 MEDIO ABIOTICO\5.1.2 Hidrología\C-Usos_del_Agua.

Tabla 5.21 Criterios de calidad de agua por coliformes para diversos usos

Decreto - Resolución	Artículo	Descripción	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
(Decreto 1076 de 2015)	Artículo 2.2.3.3.9.3	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	2000	20000
	Artículo 2.2.3.3.9.4	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	N.E.	1000
	Artículo 2.2.3.3.9.5	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.6	Criterios de calidad para uso pecuario.	N.E.	N.E.
Resolución 0118 de 2007, Objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita para el quinquenio 2007-2011	Artículo 1: Tramo 7	Uso agrícola y pecuario	≤ 2000	≤ 5000
	Artículo 1: Tramo 8	Uso agrícola y pecuario	≤ 2000	≤ 5000
	Artículo 1: Tramo 9	Paisajismo Urbano y Asimilación	≤ 2000	≤ 5000
	Artículo 1: Tramo 10	Uso recreativo con contacto primario	≤ 2000	≤ 5000
	Artículo 1: Tramo 11	Uso recreativo con contacto primario	≤ 2000	≤ 5000
	Artículo 1: Tramo 12	Uso recreativo con contacto primario	≤ 2000	≤ 5000

Fuente: Adaptado de (Decreto 1076 de 2015) y (Resolución 0118 de 2007)

Tabla 5.22 Resultados de parámetros microbiológicos

ID Punto muestreo	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
		LCM Nombre corriente	10	10
21	P21	Río Pamplonita	7270	86640
23	P23	NN-111	368	22470
26	P26	Le_001	84	41060
27	UF3_4_5 PUNTO 27	Quebrada Santa Helena	47	9804
29	P29	Quebrada La Cucalina	414	51720
30	P30	NN-121	148	8360

ID Punto muestreo	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
		LCM Nombre corriente	10	10
33	P33	Quebrada la Teja	243	21430
37	P37	Quebrada Tulantá (Carpintero)	573	13140
38	P38		17329	77010
39	P39	NN-127	2755	46110
40	P40	Quebrada de Jiménez	461	4664
41	P41	Quebrada La Regada	63	12670
44	P44	Quebrada La Estrella	326	17329
45	P45	Quebrada de Medio Lado	99	15531
46	P46	Quebrada el Trébol	99	15531
47	P47	Quebrada Santa Ana	1086	4350
49	P49	NN-133	29900	47100
52	P52	NN-135	488	6488
54	P54	Río Pamplonita	284	5457
55	P55	La Colonia (Tescua)	2420	4786
56	P56	Río Pamplonita	304	759
60	P60	NN-74	6131	10462
61	P61		178	2064
62	P62	Quebrada el Laurel	921	1455
63	UF3_4_5 Punto 63 Lago Cordillera Country Club	Le_006	34	605
72	P72	Le_007	24	933
75	Uf3_4_5 Punto 75 Quebrada Chiracoque	Quebrada Chiracoca	1733	12997
78	Uf3_4_5 Punto 78	Le_008	87	3130
79	Uf3_4_5 Punto 79	Quebrada Llano Bonito-1	41	909
85	Uf3_4_5 Punto 85 Quebrada Suarez	Quebrada La Suarez	301	19863
89	Uf3_4_5 Punto 89 Quebrada Iscalá	Quebrada Iscalá	1120	10462
90	Uf3_4_5 Punto 90 Quebrada La Honda	Quebrada La Honda	1414	6867
V96	Punto 1 Vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	1067	27230

ID Punto muestreo	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
		LCM Nombre corriente	10	10
V97	Punto 2 Vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	250	7630

LCM: Límite de cuantificación del método

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

- Coliformes fecales y totales

Las bacterias Coliformes no son microorganismos patógenos, pero están asociados a microorganismos que sí lo son, estas bacterias son más resistentes que las patógenas y por esta razón su ausencia da un índice de la ausencia de microorganismos patógenos. Los coliformes fecales son un buen indicador de la contaminación por excretas de animales y del ser humano, lo que da indicios de la presencia de paracitos y agentes infecciosos.

La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada por material en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población (Ramos Ortega et al, 2008).

La Organización Mundial de la Salud OMS, ha clasificado el agua de acuerdo con el número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml, que se presenta a continuación (Roldán Pérez, 1992):

- NMP de Coliformes totales entre 0 y 50. Indica que el agua solo requiere un simple tratamiento de desinfección.
- NMP de Coliformes totales entre 50 y 5.000. Indica que el agua requiere métodos habituales de tratamiento como coagulación y filtración. Agua con un NMP máximo de 200 sirve para fines recreativos, un NMP máximo de 230 junto con un NMP para coliformes fecales de 43, sirve para fines acuícolas. Hasta un NMP de 1.000 indica que el agua es apta para actividades como remo y pesca y un NMP de 5.000 y 1.000 para coliformes fecales como máximo, permite que el agua sea usada en la agricultura.
- NMP de Coliformes totales entre 5.000 y 50.000. Indica que el agua se encuentra contaminada intensamente y requiere tratamientos más activos.
- NMP de Coliformes totales mayores a 50,000. Indica que el agua es inaceptable.

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de

contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que E. coli. Escherichia coli (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo.

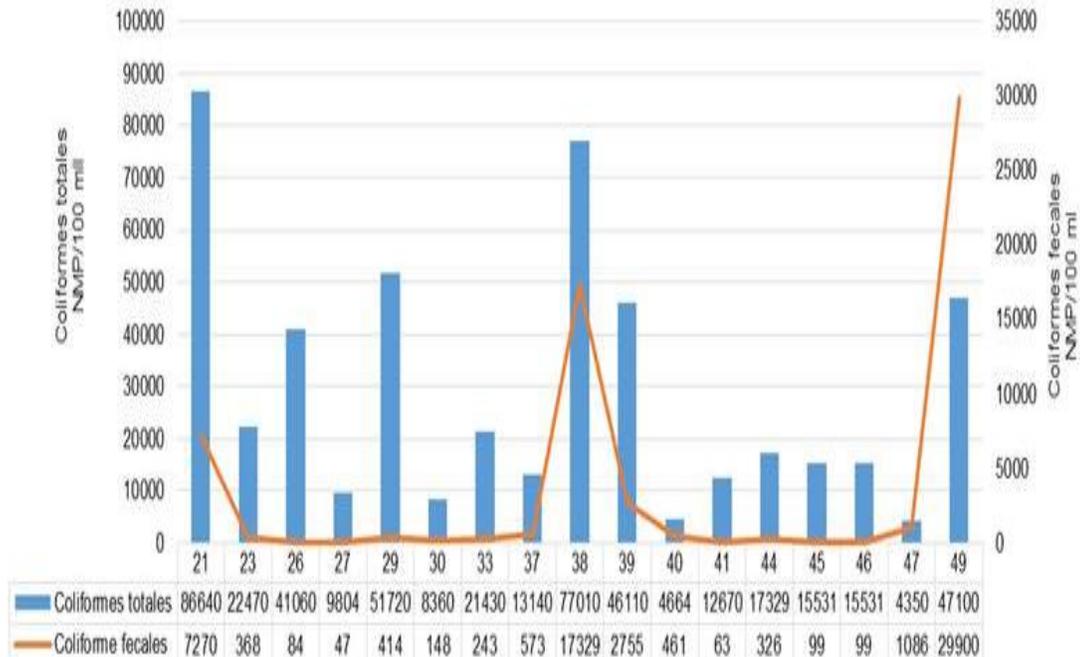
Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, E. coli es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

Hay grandes cantidades de Escherichia coli en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

El grupo de coliformes totales incluye varios géneros que en condiciones adecuadas pueden multiplicarse en presencia de material orgánico, algunas de las especies de coliformes son asociadas a desechos vegetales o pueden ser habitantes comunes del suelo o agua superficial. Por tanto, el grupo coliformes no debe ser considerado en general como un indicador de organismos de origen exclusivamente fecal, especialmente en países con altas temperaturas donde pueden abundar bacterias coliformes de origen no fecal. La medición de coliformes fecales en forma específica es un mejor indicador de la contaminación por materia de origen fecal (Organización Panamericana de la salud, 1988)

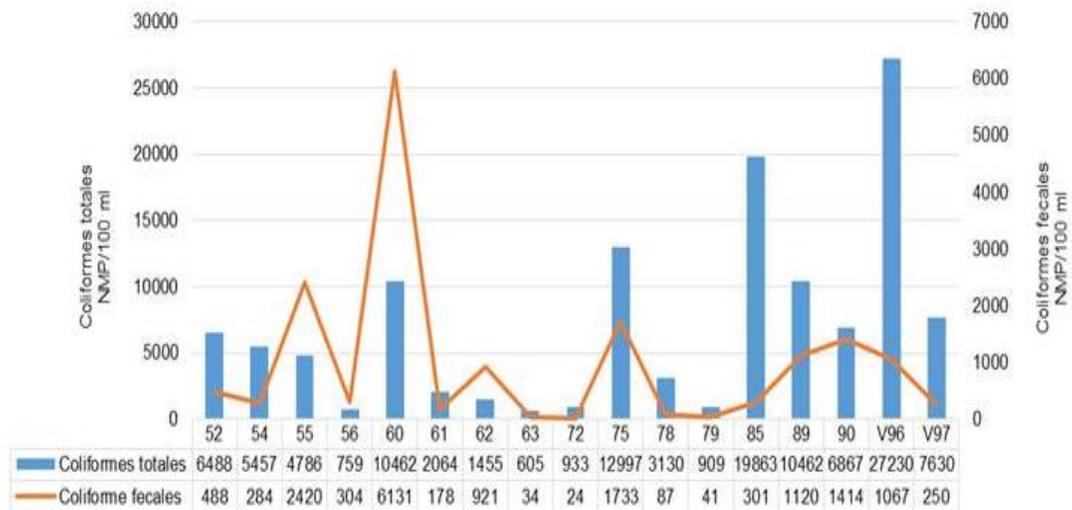
A continuación en la Figura 5.28 y Figura 5.29 se presentan los valores de coliformes totales, y su correlación para los diferentes puntos monitoreados. Para el caso de los coliformes fecales, los valores fluctúan entre 24 y 29900 NMP/100 ml, el resultado más alto se presenta en el punto 49: NN-133 (29900 NMP/100 ml). Un 18% de las fuentes no cumplen con el límite admisible (≤ 2000 NMP/100 ml) establecido en el (Decreto 1076 de 2015) para uso humano o doméstico donde para su potabilización solo se requiere tratamiento convencional, ni con los objetivos de calidad para los tramos de la cuenca hidrográfica fijados mediante la (Resolución 0118 de 2007) de CORPONOR.

Figura 5.28 Valores coliformes totales y coliformes fecales – parte 1



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Figura 5.29 Valores coliformes totales y coliformes fecales – parte 2



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

En cuanto a los coliformes totales, el valor más alto se reporta en el punto 21: río Pamplonita (86640 NMP/100 ml) seguido por el punto 38 (77010 NMP/100 ml), punto 49: Quebrada NN-133 (47100 NMP/100 ml) y punto 96: Río Pamplonita (27230 NMP/100 ml), las cuales no cumplen con el límite admisible (≤ 20000 NMP/100 ml) establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3 del (Decreto 1076 de 2015) para uso humano o doméstico donde para su potabilización solo se requiere tratamiento convencional. Además, estas no cumplen con

los objetivos de calidad para la cuenca del río Pamplonita en el tramo 6 (≤ 20000 NMP/100 ml). Por otro lado, un 71 % de las corrientes monitoreadas no cumplen el límite de calidad establecido por la resolución 0118 de 2007 del POMCA.

Además, y de acuerdo (Roldán & John, 2008), para uso agrícola el NMP de coliformes totales no debe exceder los 5000 cuando ese recurso es usado para el riego de frutas que se consuman sin quitar la cascara. En referencia a lo anterior, solo 29 % de las fuentes hídricas cumplen con este límite de calidad para aguas de riego.

- Caracterización de hidrobiológicos

La caracterización del componente hidrobiológico se presenta en el numeral 5.2.1.2. Ecosistemas Acuáticos.

5.1.6.1.2 Índices de calidad ambiental del agua

La aplicación de índices para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales, es una herramienta fundamental para establecer las presiones que éstas sufren por las acciones que desarrollan las poblaciones asentadas a su alrededor, ya que combinan ciertos parámetros que determinan susceptibilidades a tipos de contaminación y transmiten de una manera más clara y fácil de interpretar.

Teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de Referencia M-M-INA-02 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015, a continuación, se presenta el índice de Langelier, Capacidad Buffer (Tampón) y el Índice de Calidad del Agua (ICA) para las fuentes hídricas que serán interceptadas por el proyecto, y el índice de alteración de la calidad del agua de la subzona hidrográfica a la cual corresponden dichas fuentes hídricas.

- **Índice de Saturación o de Langelier**

El Índice de Langelier es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total.

Con el fin de conocer el balance químico del agua superficial, se debe calcular el Índice de Saturación o de Langelier (ISL), cuyos valores aceptables deben estar entre -0.5 y +0.5.

El LSI se define así:

$$LSI = pH - pHs$$

Donde:

pH es el valor medido del pH del Agua

pHs es el pH a saturación en calcita o carbonato de calcio definido como:

Para calcular el pHs se tiene que:

$$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

Donde:

$$A = (\text{Log}_{10} [\text{STD}] - 1) / 10$$

$$B = -13.12 \times \text{Log}_{10} (^\circ\text{C} + 273) + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10} [\text{Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3] - 0.4$$

$$D = \text{Log}_{10} [\text{alcalinidad como CaCO}_3]$$

Tabla 5.23 Clasificación del Agua según el Índice de Langelier

Índice de Saturación o de Langelier - ISL	Consideraciones
0	Agua totalmente balanceada
<0	Agua con tendencias corrosivas
>0	Agua con tendencias incrustantes

Fuente: ANASCOL S.A. 2016

En la Tabla 5.24 se presentan los resultados del índice de Langelier calculado para cada una de las fuentes hídricas monitoreadas.

Tabla 5.24 Índice de Saturación o de Langelier – ISL en los cuerpos de agua monitoreados

ID	Nombre de la fuente hídrica	Datos de monitoreo de calidad del agua						pHs				Índice		Interpretación
		pH Unidades	Sólidos Suspendedos Totales mg/l	Dureza Cálcica mg CaCO ₃ /l	Calcio mg/l	Temperatura °C	Alcalinidad mg CaCO ₃ /l	A	B	C	D	pHs	ISL	
21	Río Pamplonita	8,14	37	56	22,4	14,84	19	0,06	2,29	1,34	1,28	9,02	-0,88	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
23	NN-111	7,73	69	257	102,8	17,24	49	0,08	2,24	2,01	1,69	7,92	-0,19	
26	Le_001	7,83	16	41	16,4	17,29	21	0,02	2,24	1,20	1,32	9,03	-1,20	
27	Quebrada Santa Helena	8,31	10	11	4,4	19,26	43,5	0,00	2,20	0,60	1,64	9,26	-0,95	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante
29	Quebrada La Cucalina	8,55	33	97	38,8	17,08	31	0,05	2,24	1,58	1,49	8,52	0,03	
30	NN-121	8,51	4,9	98	39,2	21,01	31	-0,03	2,17	1,59	1,49	8,35	0,16	
33	Quebrada la Teja	8,35	19	60	24	19,65	56	0,03	2,19	1,37	1,75	8,40	-0,05	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
37	Quebrada Tulantá (Carpintero)	8,09	6	78	31,2	17,07	29	-0,02	2,24	1,49	1,46	8,57	-0,48	
38		8	10	104	41,6	21,62	36	0,00	2,15	1,61	1,56	8,28	-0,28	
39	NN-127	8,24	43	121	48,4	17,52	38	0,06	2,23	1,68	1,58	8,34	-0,10	
40	Quebrada de Jiménez	8,19	9	67	26,8	16,54	21	0,00	2,25	1,42	1,32	8,80	-0,61	
41	Quebrada La Regada	7,93	6	24	9,6	16,22	10	-0,02	2,26	0,96	1,00	9,57	-1,64	
44	Quebrada La Estrella	7,8	42	48	19,2	18,52	18	0,06	2,21	1,27	1,26	9,05	-1,25	
45	Quebrada de Medio Lado	8,06	8	8	3,2	16,58	21	-0,01	2,25	0,45	1,32	9,77	-1,71	
46	Quebrada el Trébol	8,3	10	168	67,2	19,32	61	0,00	2,20	1,82	1,79	7,89	0,41	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante
47	Quebrada Santa Ana	8,08	4	57	22,8	19,8	26	-0,04	2,19	1,35	1,41	8,68	-0,60	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
49	NN-133	7,53	16	75	30	22,88	36	0,02	2,13	1,47	1,56	8,42	-0,89	
52	NN-135	8,19	11	59	23,6	20,11	22	0,00	2,18	1,37	1,34	8,78	-0,59	
54	Río Pamplonita	8,2	12	78	31,2	18,72	34	0,01	2,21	1,49	1,53	8,50	-0,30	
55	La Colonia (Tescua)	7,93	18	75	30	22,13	32	0,03	2,14	1,47	1,51	8,49	-0,56	

ID	Nombre de la fuente hídrica	Datos de monitoreo de calidad del agua						pHs				Índice		Interpretación
		pH Unidades	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Dureza Cálcica mg CaCO3/l	Calcio mg/l	Temperatura °C	Alcalinidad mg CaCO3/l	A	B	C	D	pHs	ISL	
56	Río Pamplonita	8,25	9	69	27,6	20,38	27	0,00	2,18	1,43	1,43	8,61	-0,36	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
60	NN-74	6,69	10	43	17,2	22,75	24	0,00	2,13	1,23	1,38	8,83	-2,14	
61	NN-74-1	7,14	4,9	35	14	21,31	18	-0,03	2,16	1,13	1,26	9,04	-1,90	
62	Quebrada el Laurel	7,15	4,9	37	14,8	19,29	17	-0,03	2,20	1,16	1,23	9,08	-1,93	
63	Le_006	8,41	10	81	32,4	26,97	33	0,00	2,05	1,51	1,52	8,33	0,08	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante
72	Le_007	7,17	27	164	65,6	24,21	51	0,04	2,10	1,81	1,71	7,92	-0,75	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
75	Quebrada Chiracoca	7,55	7	35	14	21,43	17	-0,02	2,16	1,13	1,23	9,08	-1,53	
78	Le_008	4,74	6	14	5,6	23,54	30	-0,02	2,12	0,72	1,48	9,20	-4,46	
79	Quebrada Llano Bonito-1	5,59	9	16	6,4	26,18	6,5	0,00	2,07	0,78	0,81	9,77	-4,18	
85	Quebrada La Suarez	7,19	4,9	72	28,8	20,81	20	-0,03	2,17	1,45	1,30	8,68	-1,49	
89	Quebrada Iscalá	8,32	39	87	34,8	20,75	38	0,06	2,17	1,54	1,58	8,41	-0,09	
90	Quebrada La Honda	8,12	12,9	77	30,8	20,57	30	0,01	2,17	1,48	1,48	8,52	-0,40	
V96	Río Pamplonita	8,05	133	42	16,8	17,84	18	0,11	2,23	1,21	1,26	9,17	-1,12	
V97	Quebrada NN116	8	73	58	23,2	19,35	23	0,09	2,20	1,36	1,36	8,86	-0,86	

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017). (Aecom-Concol, 2017)

De acuerdo con lo anterior, se concluye que 30 corrientes presentan condiciones *corrosivas*, lo cual indica que si el agua entra en contacto con algún instrumento de transporte, tal como tuberías, puede generar efectos de desgaste y erosión de los materiales, lo cual se traduce en efectos corrosivos sobre los mismos; por otro lado también se debe tener en cuenta si estos cuerpos de agua pueden ser utilizados como fuente de consumo humano, por lo que deben estar sujetos a algún tipo de tratamiento.

- **Capacidad de Buffer o tampón**

El índice Buffer está definido como el número de moles de ácido o base requeridos para producir un cambio de pH dado por las variaciones naturales, esta capacidad en las aguas naturales se debe en gran medida a las sales ácido carbónico. La capacidad buffer se encuentra dada por la siguiente ecuación:

$$\beta = 2,303 \left[\frac{K_w}{[H^+]} + [H^+] + \frac{C K_{A1}[H^+]}{(K_{A1} + [H^+])^2} + \frac{C K_{A2}[H^+]}{(K_{A2} + [H^+])^2} \right]$$

Dónde:

B = Índice de Capacidad Buffer

K_w = Constante de Ionización del Agua (10^{-14})

H^+ = Concentración de Ión Hidrógeno

C = Concentración de Alcalinidad (Molar)

K_A = Constantes de Ionización del ácido carbónico, $K_{A1} = 4,3 * 10^{-7}$ y $K_{A2} = 4,7 * 10^{-11}$

En la Tabla 5.25 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la capacidad Buffer. La interpretación de esta característica debe hacerse a partir del concepto de capacidad Buffer, en este contexto a mayor capacidad buffer mayor es la resistencia del cuerpo de agua a cambios en su pH ante el vertimiento de un ácido o una base, de esta forma se identificó que el punto 46 (quebrada el Trébol) presenta la mayor capacidad buffer.

Tabla 5.25 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados

Nombre del punto de monitoreo	Corriente	ID Punto	Capacidad Buffer
P21	Río Pamplonita	21	0,002
P23	NN-111	23	0,006
P26	Le_001	26	0,002
UF 3_4_5 Punto 27	Quebrada Santa Helena	27	0,003
P29	Quebrada La Cucalina	29	0,004
P30	NN-121	30	0,005
P33	Quebrada la Teja	33	0,003
P37	Quebrada Tulantá (Carpintero)	37	0,004
P38	C-1	38	0,002
P39	NN-127	39	0,004
P40	Quebrada de Jiménez	40	0,002
P41	Quebrada La Regada	41	0
P44	Quebrada La Estrella	44	0,002
P45	Quebrada de Medio Lado	45	0,002

Nombre del punto de monitoreo	Corriente	ID Punto	Capacidad Buffer
P46	Quebrada el Trébol	46	0,02
P47	Quebrada Santa Ana	47	0,004
P49	NN-133	49	0,001
P52	NN-135	52	N.D.
P54	Río Pamplonita	54	0,002
P55	La Colonia (Tescua)	55	0,002
P56	Río Pamplonita	56	0,002
P60	NN-74	60	N.D.
P61	NN-74-1	61	0,001
P62	Quebrada el Laurel	62	0,001
UF 3_4_5 Punto 63 Lago Coordillera Country Club	Le_006	63	0,001
P72	Le_007	72	0,002
UF 3_4_5 Punto 75 Quebrada Chiracoque	Quebrada Chiracoca	75	0,003
UF 3_4_5 Punto 78	Le_008	78	0,008
UF 3_4_5 Punto 79	Quebrada Llano Bonito-1	79	0,003
UF 3_4_5 Punto 85 Quebrada La Suarez	Quebrada La Suarez	85	0,004
UF 3_4_5 Punto 89 Quebrada Iscalá	Quebrada Iscalá	89	0,004
UF 3_4_5 Punto 90 Quebrada La Honda	Quebrada La Honda	90	0,004
Punto 1 vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	V96	N.D.
Punto 1 vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	V97	0,002

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

• Índice de calidad de aguas superficiales – ICA

El Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) es tomado del Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (IDEAM, 2010) el cual corresponde a un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (Tabla 5.27).

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Dónde:

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t; n es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

A continuación, se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 6 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Tabla 5.26 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto OD:	% Saturación	0,17
Sólidos suspendidos totales SST	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno DQO.	mg/l	0,17
Conductividad eléctrica C.E.	µs/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15
NT/NP	-	0,17

Fuente: IDEAM. 2014

Para cada una de las variables se construye una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada grafico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Para los resultados obtenidos a partir de la definición de este índice se debe tener en cuenta que evalúa la calidad de un cuerpo de agua superficial en un tiempo determinado en términos de bienestar humano, independientemente del uso.

Los valores optativos que pueden llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, el cual califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, asociándose un Color como señal de alerta. En la Tabla 5.27 se registra la relación entre valores y calificación:

Tabla 5.27 Calificación de la Calidad del Agua según los valores que tome el ICA

Categorías de Valores que puede tomar el Indicador	Calificación de la Calidad del Agua	Señal de Alerta
0,00 – 0,25	Muy Mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90.	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: (IDEAM)

De acuerdo con lo anterior y las concentraciones obtenidas en el monitoreo realizado, se calculó el Índice de calidad del agua para las fuentes hídricas que serán interceptadas por el proyecto, tal como se presenta en la Tabla 5.28. La representación gráfica de los resultados de índice de calidad de agua se observa en la Figura 5.30, el punto 23: Quebrada NN-111 presentó condiciones que clasifican el agua con una mala calidad, esto puede ser influenciado por los vertimientos que este cuerpo de agua recibe por parte de la operación minera realizada en cercanías a la misma.

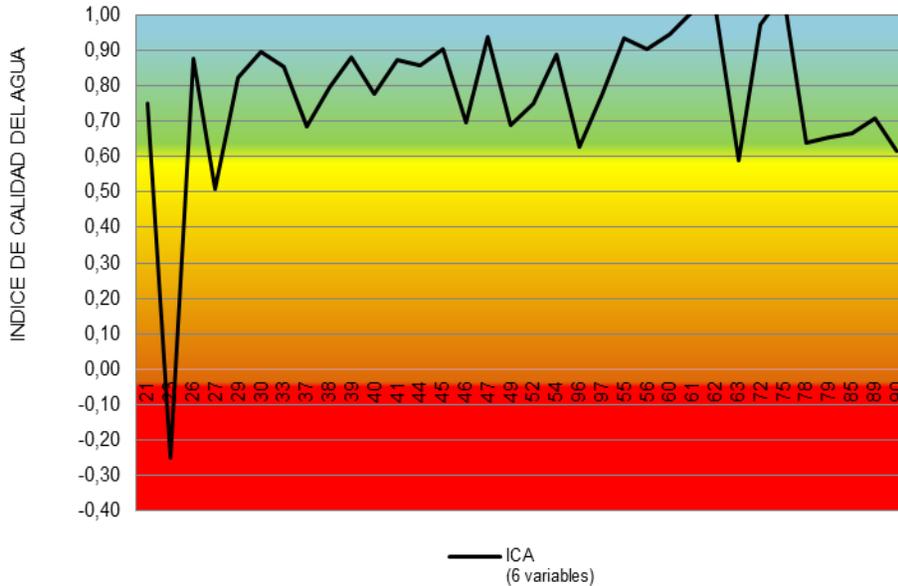
Tabla 5.28 Resultados – índice de calidad del agua

ID_Punto	SST	DQO	Oxígeno %	Cond. Eléctrica	pH	Nitrógeno Total / Fósforo	Subíndices						ICA (6 variables)	Clasificación 6 variables
							SST	DQO	%SAT. O2	C.E	pH	N/P		
21	37	51	95,6	200	8,14	8,1	0,91	0,26	1,96	0,33	0,68	0,35	0,75	Aceptable
23	69	31	95	1130	7,73	38,0	0,81	0,51	1,95	-5,78	1	0,15	-0,25	Muy Mala
26	16	33	93,7	109	7,83	47,5	0,97	0,51	1,94	0,70	1	0,15	0,88	Aceptable
27	10	42	111,9	360	8,31	12,7	0,990	0,26	0,881	-0,46	0,81	0,6	0,51	Regular
29	33	20	93,7	267	8,55	38,0	0,921	0,91	1,937	0,02	1,03	0,15	0,8	Aceptable
30	4,9	10	98,5	240	8,51	6,8	1,005	0,91	1,985	0,15	0,99	0,35	0,9	Aceptable
33	19	23	98,5	170	8,35	27,1	0,963	0,71	1,985	0,46	0,84	0,15	0,85	Aceptable
37	6	9,9	103,7	180	8,09	34,5	1,002	0,91	0,963	0,42	0,65	0,15	0,7	Regular
38	10	9,9	103,7	245	8	15,8	0,990	0,91	0,963	0,13	1	0,8	0,8	Aceptable
39	43	12	99,8	250	8,24	13,6	0,891	0,91	1,998	0,10	0,75	0,6	0,9	Aceptable
40	9	20	107,8	160	8,19	13,6	0,993	0,91	0,922	0,51	0,72	0,6	0,8	Aceptable
41	6	15	108,8	70	7,93	14,6	1,002	0,91	0,912	0,84	1	0,6	0,9	Aceptable
44	42	26	92,5	118	7,8	3,2	0,894	0,51	1,925	0,67	1	0,15	0,9	Aceptable
45	8	12	92,5	143	8,06	7,0	0,996	0,91	1,925	0,57	0,63	0,35	0,9	Buena
46	10	29	85,6	334	8,3	6,6	0,990	0,51	1,856	-0,32	0,80	0,35	0,7	Regular
47	4	11	96,9	170	8,08	13,6	1,000	0,91	1,969	0,46	0,64	0,6	0,9	Buena
49	16	137	84,3	256	7,53	87,5	0,97	0,12	1,84	0,07	1	0,15	0,69	Regular
52	11	<10	88,2	129	8,19	21,1	0,99	0,12	1,88	0,63	0,7	0,15	0,75	Aceptable
54	12	17	97,6	194	8,2	7,6	0,98	0,91	1,98	0,36	0,7	0,35	0,88	Aceptable
96	133	51	100,7	121	8,05	10,4	0,62	0,26	0,99	0,66	0,6	0,6	0,627	Regular

ID_Punto	SST	DQO	Oxígeno %	Cond. Eléctrica	pH	Nitrógeno Total / Fósforo	Subíndices						ICA (6 variables)	Clasificación 6 variables
							SST	DQO	%SAT. O2	C.E	pH	N/P		
97	73	28	88,2	198	8	93,2	0,80	0,51	1,88	0,34	1	0,15	0,777	Aceptable
55	18	9,9	98,1	184	7,93	5,9	0,97	0,91	1,98	0,40	1	0,35	0,934	Buena
56	9	19	92,3	173	8,25	8,3	0,99	0,91	1,92	0,45	0,76	0,35	0,901	Buena
60	10	13	86,6	114	6,69	7,6	0,99	0,91	1,87	0,69	0,85	0,35	0,944	Buena
61	4,9	9,9	82,4	154	7,14	19,0	1,01	0,91	1,82	0,53	1	0,8	1,012	Buena
62	4,9	9,9	94,6	181	7,15	16,7	1,01	0,91	1,95	0,42	1	0,8	1,013	Buena
63	10	59	158,1	186	8,41	12,7	0,99	0,26	0,42	0,40	0,90	0,6	0,588	Regular
72	27	9,9	72,4	169	7,17	15,8	0,94	0,91	1,72	0,47	1	0,8	0,973	Buena
75	7	15	88,2	90	7,55	15,8	1,00	0,91	1,88	0,77	1	0,8	1,062	Buena
78	6	29	112,1	34	4,74	47,5	1,00	0,51	0,88	0,94	0,31	0,15	0,638	Regular
79	9	27	115,5	41	5,59	47,5	0,99	0,51	0,85	0,92	0,48	0,15	0,653	Regular
85	4,9	32	112,7	165	7,19	38,0	1,01	0,51	0,87	0,49	1	0,15	0,664	Regular
89	39	19	106,2	201	8,32	9,5	0,90	0,91	0,94	0,33	0,82	0,35	0,706	Aceptable
90	18	36	111	160	8,12	27,1	0,97	0,51	0,89	0,51	0,67	0,15	0,614	Regular

Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

Figura 5.30 Resultados – Índice de Calidad del Agua



Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

- **Índice de Alteración de la calidad del agua (IACAL)**

El Indicador de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL) da cuenta de la presión de los contaminantes vertidos a los sistemas hídricos superficiales (materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes) que afectan las condiciones de calidad del agua (IDEAM, 2010)

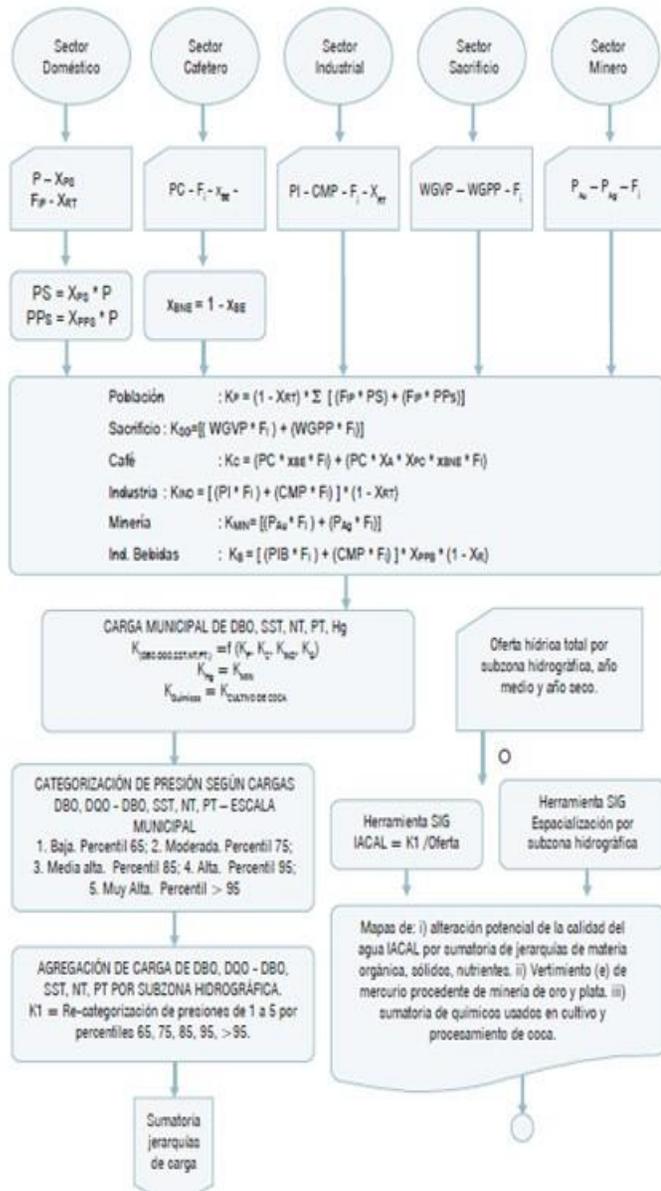
El cálculo del IACAL involucra las siguientes variables: Demanda química de oxígeno – DQO, demanda bioquímica de oxígeno – DBO, sólidos suspendidos totales – SST, nitrógeno total- NT, fosforo total – PT y la oferta hídrica. Este componente de oferta representa en forma general una señal de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos (subzonas) en condiciones hidrológicas específicas (secas y medias). En la Tabla 5.29, se presentan las categorías y rangos del IACAL.

Tabla 5.29 Categorías y Rangos del IACAL

Categoría	Rangos (Carga en toneladas - año / Millones de metros cúbicos)				
	DBO	DQO - DBO	SST	NT	PT
Muy Baja	< 0,13	< 0,13	< 0,3	< 0,02	< 0,004
Baja	0,14 a 0,39	0,14 a 0,35	0,40 a 0,70	0,03 a 0,05	0,005 a 0,0013
Media	0,40 a 1,20	0,36 a 1,16	0,80 a 1,80	0,06 a 0,13	0,014 a 0,035
Alta	1,20 a 4,85	1,17 a 6,77	1,90 a 7,60	0,14 a 0,55	0,0036 a 0,134
Muy Alta	> 4,86pH	> 6,78	> 7,70	> 0,56	> 0,135

Fuente: IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2014

Figura 5.31 Esquema para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes



P: Población municipal (número de personas)¹⁰
 XPS: Fracción de la población conectada al alcantarillado
 PS: Población conectada al alcantarillado (Nro. personas)
 PPs: Población conectada a pozo séptico (Nro. personas)
 FiP: Factor de emisión de DBO5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico (18,1 y 6,9 kg/persona-año, respectivamente)
 XRT: Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento de agua residual municipal
 PC: Producción municipal de café como número de sacos de 60 kg de café pergamino seco
 XBE: Fracción de beneficio ecológico nacional de café
 XBNE: Fracción de beneficio no ecológico nacional de café
 PI: Producción industrial como volumen (cantidad) de producción para 43 actividades económicas de interés
 CMP: Consumo de materias primas para una industria determinada
 XRT: Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector
 Fi: Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO5, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida
 WGVP: Tonelada de animal (vacuno) en pie
 WGPP: Tonelada de animal (porcino) en pie
 KP: Carga de DBO5 proveniente de la población en ton/año
 KC: Carga de DBO5 proveniente del beneficio del café en ton/año
 KIND: Carga de DBO5 proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año
 KsG: Carga de DBO5 proveniente del sacrificio de ganado en ton/año
 KMIN: Carga de mercurio vertida al agua proveniente del beneficio del oro y de la plata en ton/año
 K: Carga municipal de DBO5 en ton/año
 Kquímicos: Carga de químicos usados en la transformación de coca en toneladas y miles de litros /año

Fuente: (IDEAM, 2013)

La información que se registra a continuación corresponde a los resultados que CORPONOR presentó en el *Tomo III Caracterización y Diagnóstico del Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita en el departamento Norte de Santander en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR convenio 0036 de 2011* y a los valores obtenidos por el IDEAM para el Estudio Nacional del Agua correspondiente a los años 2010 y 2014.

Las estimaciones del indicador y el análisis de resultados para cada una de las subzonas hidrográficas fue desarrollado en el capítulo 6 - Calidad de Agua del Estudio Nacional del Agua 2014, y los resultados para la subzona hidrográfica que corresponde al área de influencia del presente estudio se muestra en Tabla 5.30.

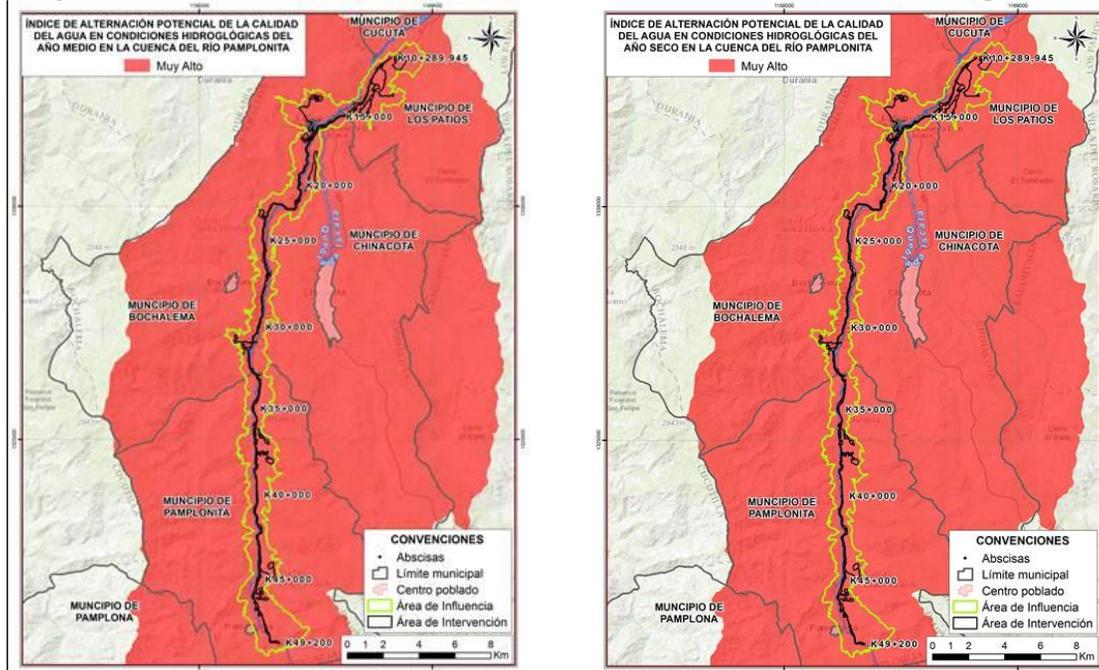
Tabla 5.30 Índice de Calidad del Agua en los cuerpos de agua monitoreados

No	Nombre punto de monitoreo	Subzona Hidrográfica	IACAL Año Medio		IACAL Año Seco	
			Valor	Categoría	Valor	Categoría
21	P21	Catatumbo	5,0	Muy Alta	5,0	Muy Alto
22	UF3_4_5 PUNTO 22					
23	P23					
26	P26					
27	UF3_4_5 PUNTO 27					
29	P29					
30	P30					
33	P33					
37	P37					
38	P38					
39	P39					
40	P40					
41	P41					
44	P44					
45	P45					
46	P46					
47	P47					
49	P49					
52	P52					
54	P54					
96	Punto 1 Vertimiento túnel 2					
97	Punto 2 Vertimiento túnel 2					
55	P55					
56	P56					
58	UF3_4_5 PUNTO 58 Lago					
60	P60					
61	P61					
62	P62					
63	UF3_4_5 PUNTO 63 Lago Coordillera Country Club					
72	P72					
75	UF3_4_5 PUNTO 75 Quebrada Chiracoque					
78	UF3_4_5 PUNTO 78					
79	UF3_4_5 PUNTO 79					
85	UF3_4_5 PUNTO 85 Quebrada Suarez					
89	UF3_4_5 PUNTO 89 QUEBRADA ISCALÁ					
90	UF3_4_5 PUNTO 90 QUEBRADA LA HONDA					

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2014. Anexo 2. Indicadores por Subzona Hidrográfica.

Sin embargo, los análisis realizados por CORPONOR y presentados en el Tomo III del documento de *Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita* (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014), las subcuencas del área de influencia registran Índice de alteración potencial de la calidad del agua Muy Alto tanto para Año Medio como para Año Seco, tal como se presenta en la Figura 5.32.

Figura 5.32 Ubicación cartográfica del IACAL para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia de la UF 3-4-5, año medio y año seco



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

• **Índices de contaminación**

Los índices de contaminación (ICO's) permiten evaluar cuantitativamente el impacto que sobre un cuerpo de agua produce una carga contaminante, empleando un código de Colores para indicar el Rango de los ICO's calculados en cada punto de muestreo, tal como se presenta a continuación:

Tabla 5.31 Clasificación de índices de contaminación

ICOMI, ICOSUS, ICOMO, ICOPH		ICOTRO	
ÍNDICE	CONTAMINACIÓN	CONCENTRACIÓN*	CONTAMINACIÓN
0 - 0.2	Muy Baja	<0.01	Oligotrofia
> 0.2 - 0.4	Baja	0.01 - 0.02	Mesotrofia
> 0.4 - 0.6	Media	0.02 - 1.00	Eutrofia
> 0.6 - 0.8	Alta	> 1.00	Hipereutrofia
> 0.8 - 1	Muy Alta	*Concentración de fósforo Total en mg/l	

Fuente: Limnología Colombiana, Ramírez y Viña 1998

Los índices que se calcularon de acuerdo con los resultados de calidad del agua presentados anteriormente son: ICOMI, ICOSUS, ICOMO, ICOTRO e ICPH.

- Índice de contaminación por mineralización – ICOMI

Agrupar la conductividad que expresa contenido de sólidos disueltos en la corriente del cuerpo de agua, dureza que se basa en la concentración de cationes de calcio y magnesio y alcalinidad que se expresa a través del contenido de los aniones de carbono y bicarbonato. Este índice (ICOMI) se define en un rango de 0 a 1 en el cual los valores cercanos a cero indican baja contaminación por mineralización, por el contrario, los valores cercanos a uno indican una alta contaminación por mineralización. se Calcula por medio de la siguiente expresión:

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{conductividad} + I_{dureza} + I_{alcalinidad})$$

Donde

$I_{conductividad}$: se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log}_{10} I_{conductividad} = -3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$I_{conductividad} = 10^{\text{Log. I. Conductividad}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$ tiene un índice de conductividad =1

I_{dureza} : se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log}_{10} I_{dureza} = -9,09 + 4,40 \text{Log}_{10} \text{dureza } (\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$$

$$I_{dureza} = 10^{\text{Log. I. Dureza}}$$

Durezas mayores a 110 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ tienen $I_{dureza}=1$

Durezas menores a 30 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ tienen $I_{dureza}=0$

$I_{alcalinidad}$: se obtiene a partir de la siguiente expresión

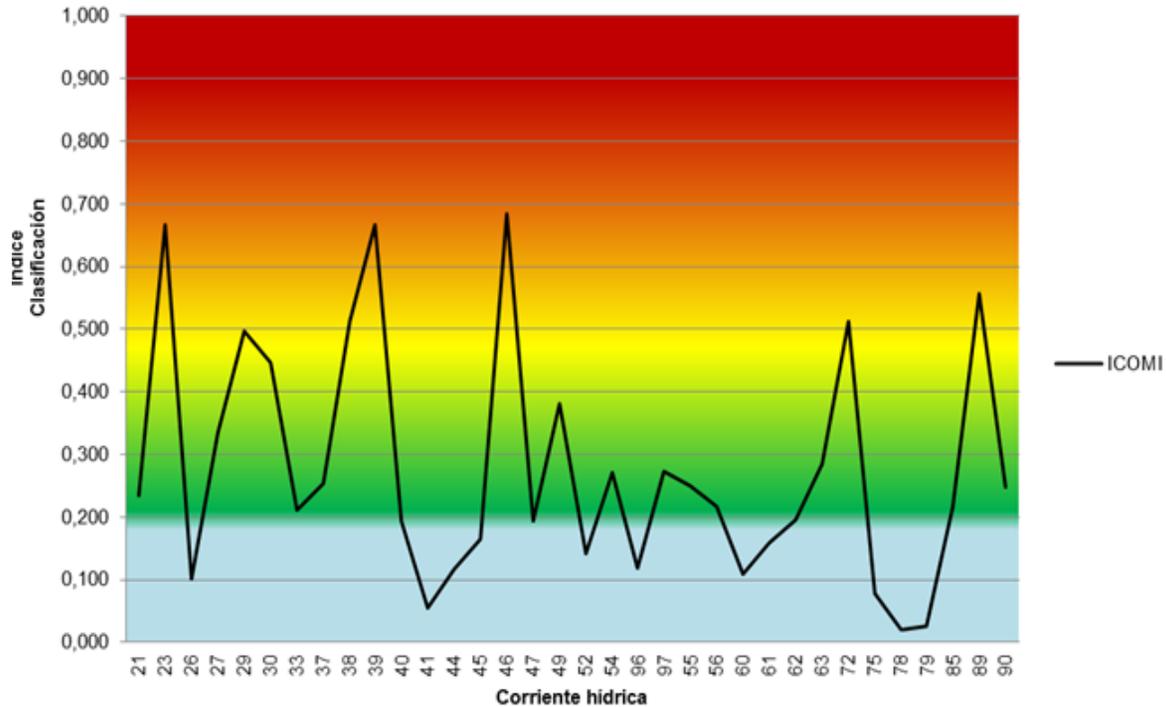
$$I_{alcalinidad} = -0,25 + 0,005 \text{alcalinidad } (\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$$

Alcalinidades mayores a 250 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ tiene $I_{alcalinidad}=1$

Alcalinidades menores a 50 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ tiene $I_{alcalinidad}=0$

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo que las fuentes hídricas Río Pamplonita, NN-127 y quebrada El Trébol, presentaron condiciones de contaminación alta por mineralización, lo anterior se ilustra en la Figura 5.33.

Figura 5.33 Clasificación ICOMI – Índice de contaminación por mineralización



Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

- Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS

Este índice de contaminación expresa la calidad del agua de acuerdo con la contaminación por sólidos suspendidos. Se determina mediante la concentración de sólidos suspendidos y se calcula por medio de la siguiente expresión:

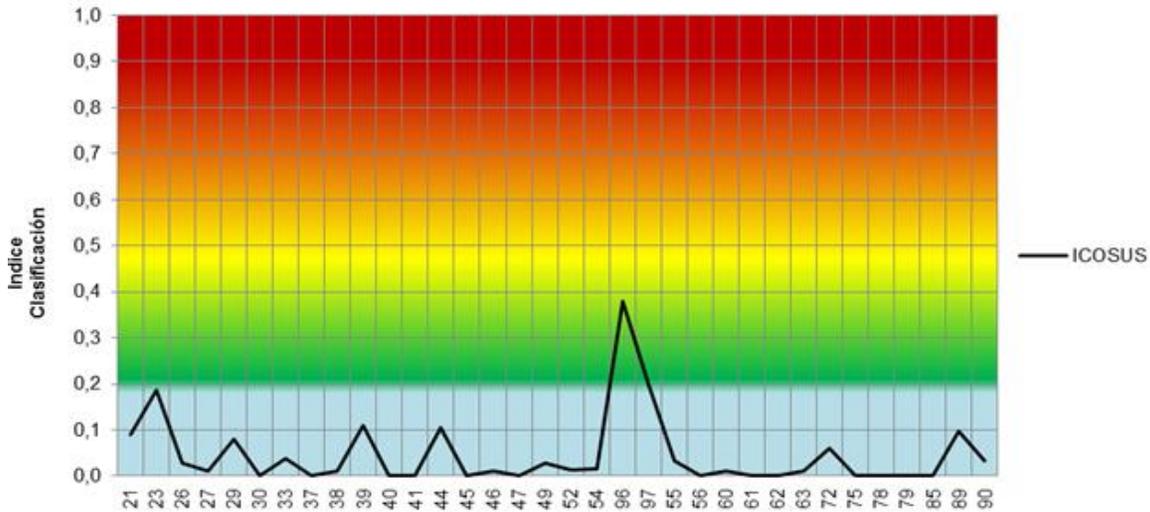
$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg/l)}$$

Cuando los Sólidos Suspendidos son mayores a 340 mg/l tienen ICOSUS de 1, mientras que los sólidos suspendidos con valores menores o iguales de 10 mg/l tienen ICOSUS de 0 y se aplica la expresión antes mencionada.

Los indicadores ICOSUS e ICOMI se encuentran entre 0 a 1, en la medida en que los valores se aproximen a la unidad se presentan problemas de contaminación por sólidos suspendidos o por mineralización, según el caso.

De acuerdo con las concentraciones de sólidos suspendidos registrados en los puntos de monitoreo a lo largo del tramo de estudio, se obtuvo tan sólo el punto 96 presentó un índice de contaminación medio, el cual corresponde al río Pamplonita, el restante de puntos analizados se ubicó en la clasificación Muy Baja, tal como se puede observar en la Figura 5.34.

Figura 5.34 Clasificación ICOSUS Índice de contaminación por sólidos suspendidos



Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

- Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO

Se expresa en variables que incluyen Demanda biológica (DBO) Coliformes Totales y Oxígeno Disuelto debido a que reflejan fuentes diferentes de contaminación orgánica; igualmente se seleccionó el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante este tipo de polución. Al igual que el ICOMI este índice es el promedio de cada una de las variables elegidas.

$$\text{ICOMO} = \frac{1}{3} (\text{IDBO} + \text{ICOLIFORMESTOTALES} + \text{IOXIGENO}\%)$$

Dónde:

$$\text{IDBO} = -0.05 + 0.70 \text{Log}_{10} [\text{DBO}(\text{g}/\text{m}^3)]$$

$$\text{DBO} > 30 (\text{mg}/\text{l}) = 1$$

$$\text{DBO} < 2(\text{mg}/\text{l}) = 0$$

$$\text{ICOLTOL} = -1.44 + 0.56 \text{Log}_{10} [\text{ColTol} (\text{NMP})]$$

$$\text{Coliformes Totales} > 20000 = 1$$

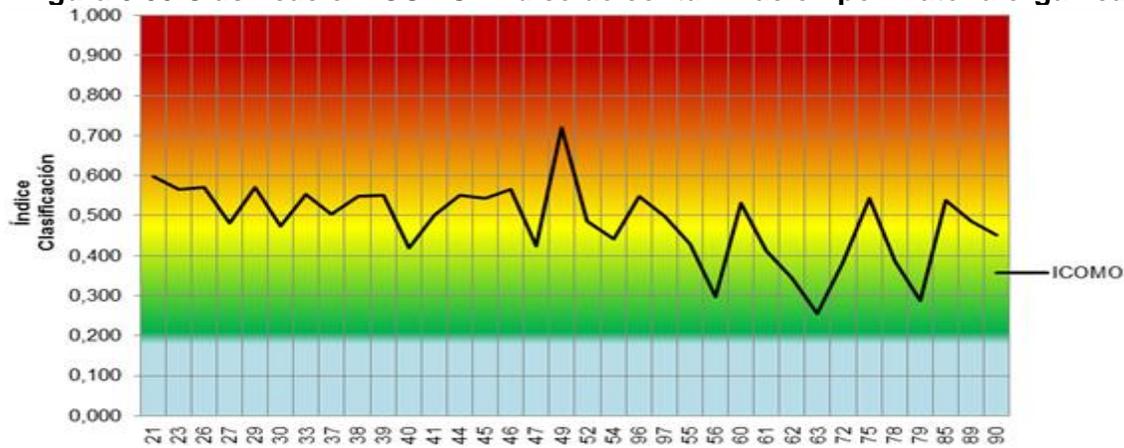
$$\text{Coliformes Totales} < 500 = 0$$

$$\text{Oxígeno}\% = 1 - 0.01 \text{Oxígeno} (\%)$$

$$\text{Oxígenos} (\%) \text{ mayores a } 100\% = 0$$

Teniendo en cuenta las concentraciones de DBO, Coliformes Totales y %Oxígeno se obtuvo la clasificación que se presenta en la Figura 5.35, la cual indica que la corriente NN-133 se clasifica con un índice Alto de contaminación por materia orgánica; además un 79,4 % de las fuentes se clasificaron contaminación media y un 17,64 en baja (Ver Figura 5.35).

Figura 5.35 Clasificación ICOMO- Índice de contaminación por materia orgánica



Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

- Índice de contaminación por Tráfico – ICOTRO

El Índice de contaminación por tráfico – ICOTRO se determina a partir de la concentración del fósforo total al cual se le otorga una calificación cualitativa que se puede observar en la Tabla 5.32. Teniendo en cuenta las concentraciones de fósforo registradas en el área de estudio, se obtuvo la clasificación que se presenta en la Tabla 5.32, la cual indica que todas las fuentes presentaron un nivel de eutrofia de acuerdo con la cantidad de fósforo obtenida.

Tabla 5.32 Clasificación ICOTRO

No.	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Fósforo Total	ICOTRO
21	P21	Rio Pamplonita	0,37	Eutrofia
23	P23	NN-111	0,05	Eutrofia
26	P26	Le_001	0,04	Eutrofia
27	UF 3_4_5 Punto 27	Quebrada Santa Helena	0,15	Eutrofia
29	P29	Quebrada La Cucalina	0,05	Eutrofia
30	P30	NN-121	0,28	Eutrofia
33	P33	Quebrada la Teja	0,07	Eutrofia
37	P37	Quebrada Tulantá (Carpintero)	0,06	Eutrofia
38	P38		0,12	Eutrofia
39	P39	NN-127	0,14	Eutrofia
40	P40	Quebrada de Jiménez	0,14	Eutrofia
41	P41	Quebrada La Regada	0,13	Eutrofia
44	P44	Quebrada La Estrella	0,59	Eutrofia
45	P45	Quebrada de Medio Lado	0,27	Eutrofia
46	P46	Quebrada el Trébol	0,29	Eutrofia
47	P47	Quebrada Santa Ana	0,14	Eutrofia
49	P49	NN-133	0,08	Eutrofia
52	P52	NN-135	0,09	Eutrofia
54	P54	Rio Pamplonita	0,25	Eutrofia
55	P55	La Colonia (Tescua)	0,32	Eutrofia
56	P56	Rio Pamplonita	0,23	Eutrofia
60	P60	NN-74	0,25	Eutrofia

No.	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Fósforo Total	ICOTRO
61	P61		0,10	Eutrofia
62	P62	Quebrada el Laurel	0,12	Eutrofia
63	UF 3_4_5 Punto 63 Lago Coordillera Country Club	Le_006	0,15	Eutrofia
72	P72	Le_007	0,12	Eutrofia
75	UF 3_4_5 Punto 75 Quebrada Chiracoque	Quebrada Chiracoca	0,12	Eutrofia
78	UF 3_4_5 Punto 78	Le_008	0,04	Eutrofia
79	UF 3_4_5 Punto 79	Quebrada Llano Bonito-1	0,04	Eutrofia
85	UF 3_4_5 Punto 85 Quebrada La Suarez	Quebrada La Suarez	0,05	Eutrofia
89	UF 3_4_5 Punto 89 Quebrada Iscalá	Quebrada Iscalá	0,20	Eutrofia
90	UF 3_4_5 Punto 90 Quebrada La Honda	Quebrada La Honda	0,07	Eutrofia
96	Punto 1 vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	0,39	Eutrofia
97	Punto 1 vertimiento túnel 2	Quebrada NN116	0,03	Eutrofia

Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

- Índice de contaminación por pH – ICOPH

Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO2 disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo.

$$ICOpH = \frac{e^{-31,08+3,45 pH}}{1 + e^{-31,08+3,45 pH}}$$

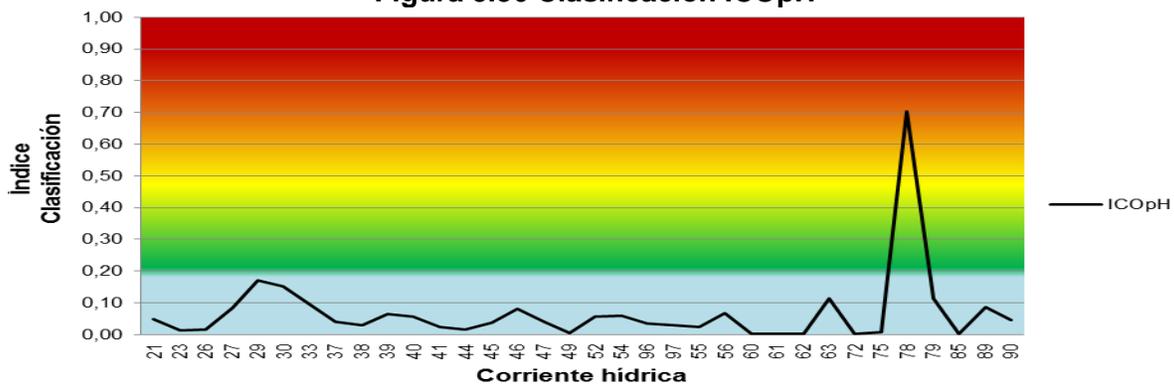
Dónde:

pH menores a 7 unidades:

pH=14-pH

De acuerdo con los niveles de pH registrados en el tramo de estudio, el único punto que presentó contaminación por pH fue el punto 78 que corresponde al cuerpo léntico 008.

Figura 5.36 Clasificación ICOpH



Fuente: (Aecom-Concol, 2018)