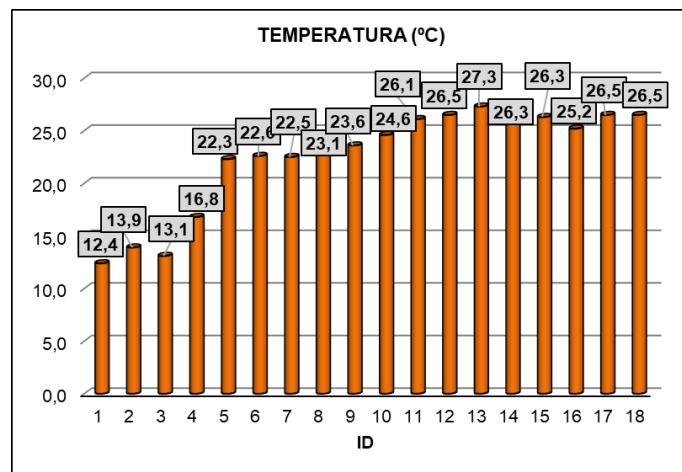
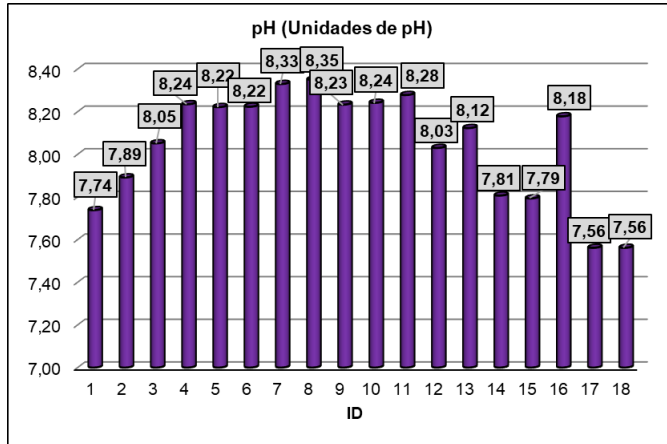


## **8 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLES**

*La cuenca hídrica del río Pamplonita objeto del presente estudio, comprende desde el municipio de Pamplona ID 1 “Bocatoma El Rosal” extendiéndose hasta el ID 18 “Puente Angosto” en el municipio de Puerto Santander. Durante el mes de Junio a Julio de 2021 se realizó la caracterización de la cuenca en mención, con el fin de estudiar su dinámica y realizar su seguimiento ante la posible alteración de su cauce por la consecuencia de las actividades antrópicas en el área de influencia.*

*A continuación, se analizan las variables de pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, turbiedad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total y fósforo total, ya que su comportamiento afecta la calificación del Índice de Calidad del Agua (ICA) de la corriente hídrica objeto del proyecto, el índice se calcula de acuerdo con el protocolo establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Así mismo, se analizan otras variables como grasas y aceites e hidrocarburos y Arsénico Total en la cuenca baja del río, que, aunque no influyen en el cálculo de la calidad del agua, sus resultados son importantes teniendo en cuenta los factores antrópicos que los generan, teniendo en cuenta que este cuerpo de agua ha sufrido impactos de gran magnitud ocasionados por derrame de crudo en el año 2007 y en el año 2011.*

## 8.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (TEMPERATURA – PH)



ID	NOMBRE	TEMPERATURA (°C)	pH (Unidades)
1	Bocatoma El Rosal-Quebrada El Rosal	12,4	7,74
2	Estación limnimétrica Acueducto de Pamplona-Quebrada Monteandentro	13,9	7,89
3	Radio FM	13,1	8,05
4	Escuela Los Naranjos	16,8	8,24
5	El Diamante	22,3	8,22
6	La Donjuana	22,6	8,22
7	Confluencia Quebrada Iscalá-Río Pamplonita	22,5	8,33
8	La Garita	23,1	8,35
9	Bocatoma Acueducto Cúcuta (El Pórtico)	23,6	8,23
10	Puente Benito Hernández (San Rafael)	24,6	8,24
11	Puente Elías M. Soto	26,1	8,28
12	Puente Jorge Gaitan Durán	26,5	8,03
13	Puente Enrique Cuadros Corredor (La Gazapa)	27,3	8,12
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	26,3	7,81
15	Río Enfermo	26,3	7,79
16	Paso de dos ríos	25,2	8,18
17	Agua Clara	26,5	7,56
18	Puente Angosto	26,5	7,56

El pH es definido como el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones ( $H^+$ ), siendo una variable que indica acidez o alcalinidad, el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática oscilan entre 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción.

La variable pH medida directamente en los dieciocho (18) ID o sitios caracterizados en el recurso hídrico del río Pamplonita, presentó valores muy cercanos a la neutralidad y

*ligeramente básicos, encontrándose dentro de un rango Aceptable para aguas naturales superficiales y para la vida acuática. Durante las jornadas de muestreo no se presentaron resultados por fuera de estos rangos que pudieran alterar el cuerpo de agua.*

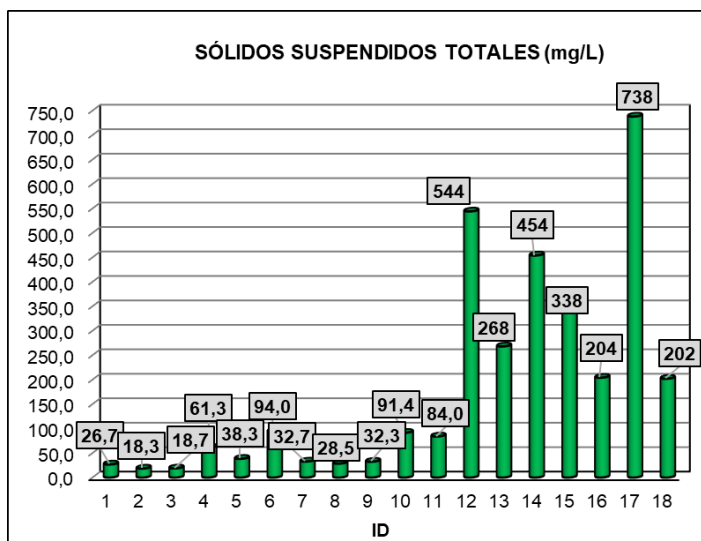
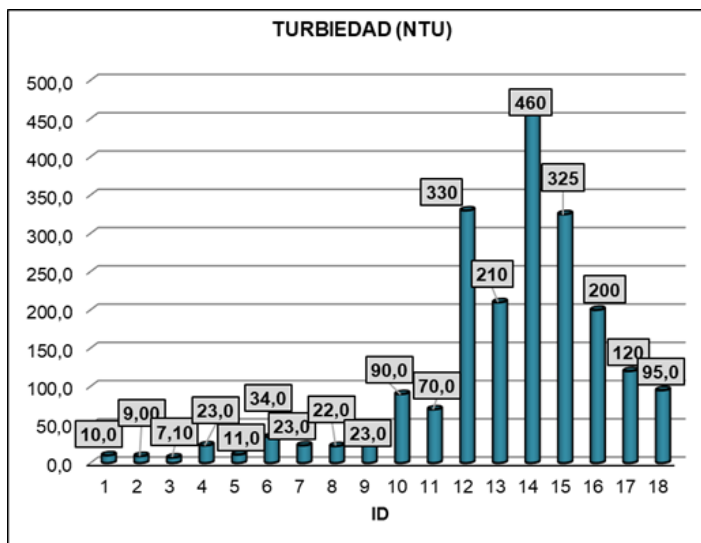
*La variación de la temperatura en el agua se da como consecuencia del clima, la topografía del terreno y de la altura sobre el nivel del mar, es una variable importante puesto que incide en los procesos fotosintéticos del agua y en la remoción de la carga orgánica, a mayor temperatura se aceleran estos procesos. Así mismo, las descargas de aguas a altas temperaturas pueden causar daños en la fauna flora afectando la calidad del cuerpo superficial.*

*De acuerdo con la medición de temperatura realizada en la caracterización del río en mención se evidenció la variación de temperatura en el agua iniciando con una temperatura de 12,4 °C en la parte alta de la cuenca (municipio de Pamplona) ID 1 ubicado a una altura de 2520 m.s.n.m, posteriormente el valor de temperatura fue aumentando a medida que disminuye la altura en todo el trayecto hasta la parte baja de la cuenca finalizando con una temperatura de 26,5 °C en el ID 18 ubicado en el municipio de Puerto Santander a una altura de 60 m.s.n.m. En las jornadas de muestreo no se presentaron valores de temperaturas atípicos que pudieran alterar el cuerpo de agua.*

*De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”, para temperatura “< 40°C” y en pH para todos los usos relacionados en el decreto en mención, se puede inferir que los resultados de las variables medidas en campo como lo son el pH y la temperatura cumplen los rangos establecidos.*

## 8.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (TURBIEDAD – SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES)

ID	NOMBRE	TURBIEDAD (NTU)	SST (mg/L)
1	Bocatoma El Rosal-Quebrada El Rosal	10,0	26,7
2	Estación limnimétrica Acueducto de Pamplona-Quebrada Monteandero	9,00	18,3
3	Radio FM	7,10	18,7
4	Escuela Los Naranjos	23,0	61,3
5	El Diamante	11,0	38,3
6	La Donjuana	34,0	94,0
7	Confluencia Quebrada Iscalá-Río Pamplonita	23,0	32,7
8	La Garita	22,0	28,5
9	Bocatoma Acueducto Cúcuta (El Pórtico)	23,0	32,3
10	Puente Benito Hernández (San Rafael)	90,0	91,4
11	Puente Elías M. Soto	70,0	84,0
12	Puente Jorge Gaitan Durán	330	544
13	Puente Enrique Cuadros Corredor (La Gazapa)	210	268
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	460	454
15	Río Enfermo	325	338
16	Paso de dos ríos	200	204
17	Agua Clara	120	738
18	Puente Angosto	95,0	202



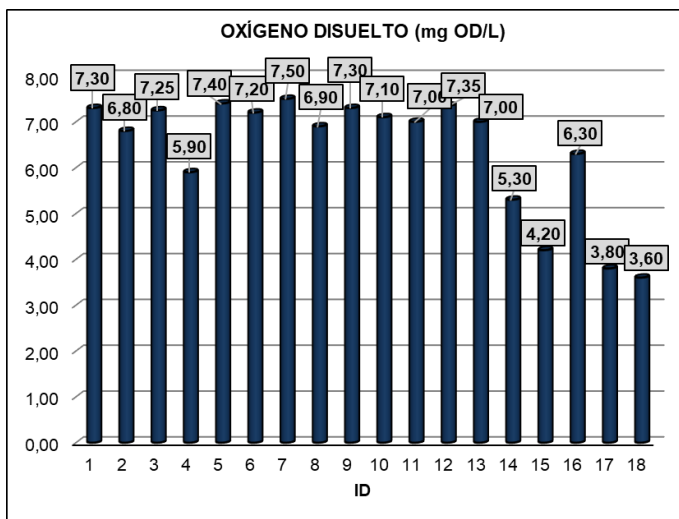
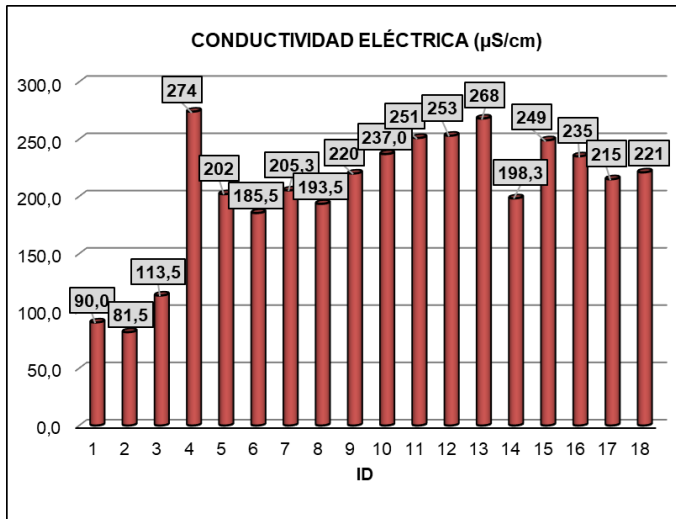
Los sólidos es una de las variables físicas que inciden en la calidad del agua, se pueden encontrar de tipo orgánico y/o inorgánico producto de las actividades antrópicas en el área de influencia. Los sólidos suspendidos son aquellos que flotan en el agua y dan lugar al aumento de turbiedad.

*De acuerdo con la gráfica, los valores de concentración más altos de sólidos suspendidos totales se presentaron en el ID 12 con 544 mg/L y en el ID 17 con 738 mg/L. También se presentaron valores de concentración significativos en los ID 13, ID 14, ID 15, ID 16 y en el ID 18, estos resultados obedecen a las descargas de aguas residuales del municipio de Cúcuta, los trabajos realizados con rocas de cantera con el objetivo de evitar la erosión de los bancos de la fuente hídrica, la extracción de materiales pétreos y las precipitaciones sobre la corriente hídrica del Táchira. Todas estas actividades alteran las condiciones normales del río e inciden en la calificación Mala para la calidad del agua en estos ID.*

*La turbiedad permite determinar la pérdida de transparencia del agua ocasionada por materiales en suspensión como arcilla, limo o materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y demás microorganismos que se mantiene en suspensión debido al arrastre de la corriente o a su naturaleza coloidal.*

*La gráfica de turbiedad muestra que el mayor valor se registró en el ID 14 con 460 NTU, sitio donde confluye el Río Táchira con el Río Pamplonita, en este punto la corriente hídrica del Río Táchira presentó alta turbiedad y alto caudal debido a las precipitaciones ocurridas en el estado Táchira, alterando aún más las condiciones del Río Pamplonita; también es importante resaltar que en los ID 12, ID 13, ID 15, ID 16, ID 17 y el ID 18 se presentaron valores altos de turbiedad, lo cual es coherente con los valores altos de concentración de sólidos suspendidos totales altos en estos mismos puntos.*

### 8.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA- OXÍGENO DISUELTO)



ID	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/cm)	OXÍGENO DISUELTO (mg OD/L)
1	Bocatoma El Rosal-Quebrada El Rosal	90,0	7,30
2	Estación limnimétrica Acueducto de Pamplona-Quebrada Monteandentro	81,5	6,80
3	Radio FM	113,5	7,25
4	Escuela Los Naranjos	274	5,90
5	El Diamante	202	7,40
6	La Donjuana	185,5	7,20
7	Confluencia Quebrada Iscalá-Río Pamplonita	205,3	7,50
8	La Garita	193,5	6,90
9	Bocatoma Acueducto Cúcuta (El Pórtico)	220	7,30
10	Puente Benito Hernández (San Rafael)	237,0	7,10
11	Puente Elías M. Soto	251	7,00
12	Puente Jorge Gaitan Durán	253	7,35
13	Puente Enrique Cuadros Corredor (La Gazapa)	268	7,00
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	198,3	5,30
15	Río Enfermo	249	4,20
16	Paso de dos ríos	235	6,30
17	Agua Clara	215	3,80
18	Puente Angosto	221	3,60

El oxígeno disuelto es una de las variables más significativas en el agua, puesto que es un indicador de contaminación y es directamente proporcional a su calidad. Los valores

*normales de oxígeno disuelto varían entre 7 mg OD/L y 8 mg OD/L, para la fauna ictiológica el oxígeno en concentraciones menores de 3 mg OD/L es letal.*

*El oxígeno se considera un compuesto ligeramente soluble en el agua y su presencia en solución está determinada por la solubilidad del gas, la presión, la temperatura y la pureza del agua. Además, la concentración del oxígeno disuelto es dependiente de factores como: Reoxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica y demanda bioquímica.*

*De acuerdo con lo resultados obtenidos en campo en el momento de la caracterización, se puede inferir que el oxígeno disuelto fue una de las variables que influyó en la calificación Mala para el Índice de Calidad del Agua (ICA) en los ID 4, ID 12 al ID 18 en los cuales se presentaron valores de concentración de oxígeno disuelto inferiores a 5,90 mg OD/L, corroborando el impacto negativo sobre la corriente hídrica generado por las actividades antrópicas anteriormente mencionadas.*

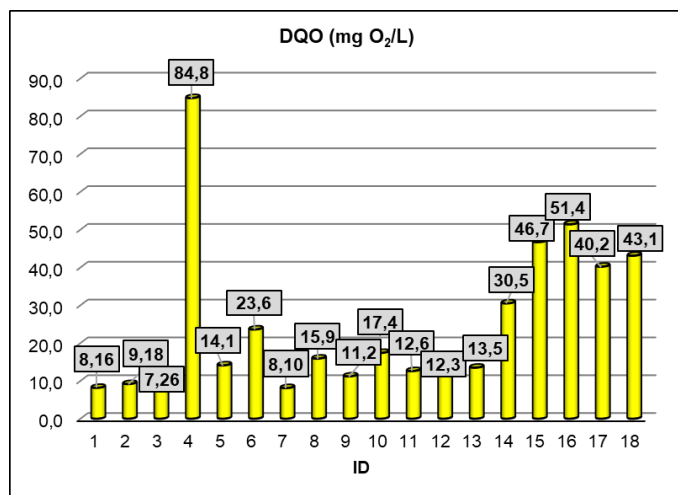
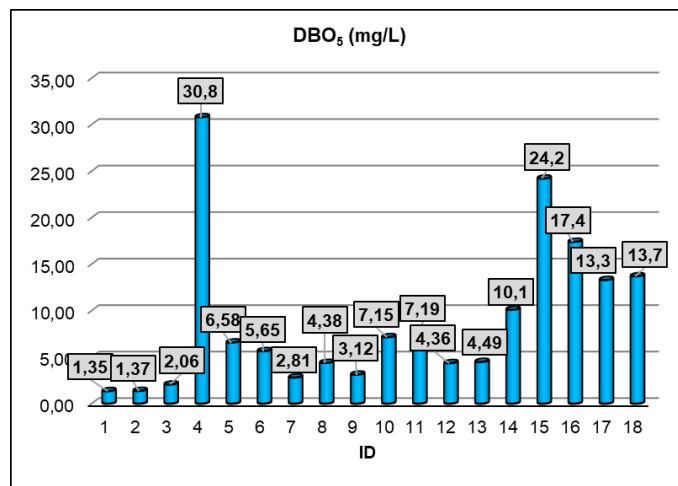
*En cuanto a la conductividad eléctrica, esta es una variable que indica la capacidad del agua para transportar la corriente eléctrica, esta capacidad depende de la concentración de sales disueltas en el agua y de la temperatura en el momento de su medición. La variabilidad de la conductividad eléctrica puede suministrar información relacionada con fuentes de contaminación, aumentando su valor principalmente por la presencia de sólidos disueltos y por la temperatura del agua, lo que influye significativamente en su calidad.*

*De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede evidenciar que el mayor valor de conductividad eléctrica se presentó en el ID 4 con 274  $\mu$ S/cm, este valor es coherente con los resultados alterados de los diferentes ensayos en este mismo punto como consecuencia de las descargas de aguas residuales domésticas del municipio de Pamplona. En los demás ID se observa un aumento en la conductividad eléctrica debido a la presencia de sustancias inorgánicas generadas por las actividades antrópicas en el área de influencia (obras de infraestructura vía 4G Pamplona-Cúcuta, adecuación rocas*

de cantera, extracción material de arrastre) y el aporte de concentraciones de sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas en el cuerpo receptor.

#### 8.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO<sub>5</sub> – DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DQO)

ID	NOMBRE	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)
1	Bocatoma El Rosal-Quebrada El Rosal	1,35	8,16
2	Estación limnimétrica Acueducto de Pamplona-Quebrada Monteandero	1,37	9,18
3	Radio FM	2,06	7,26
4	Escuela Los Naranjos	30,8	84,8
5	El Diamante	6,58	14,1
6	La Donjuana	5,65	23,6
7	Confluencia Quebrada Iscalá-Río Pamplonita	2,81	8,10
8	La Garita	4,38	15,9
9	Bocatoma Acueducto Cúcuta (El Pórtico)	3,12	11,2
10	Puente Benito Hernández (San Rafael)	7,15	17,4
11	Puente Elías M. Soto	7,19	12,6
12	Puente Jorge Gaitán Durán	4,36	12,3
13	Puente Enrique Cuadros Corredor (La Gazapa)	4,49	13,5
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	10,1	30,5
15	Río Enfermo	24,2	46,7
16	Paso de dos ríos	17,4	51,4
17	Agua Clara	13,3	40,2
18	Puente Angosto	13,7	43,1



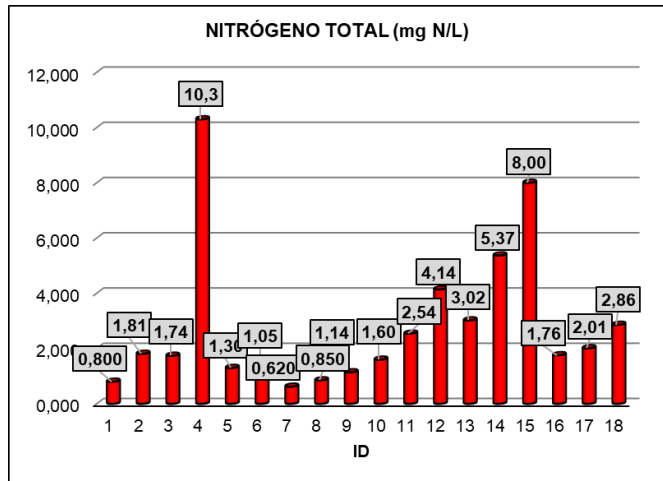
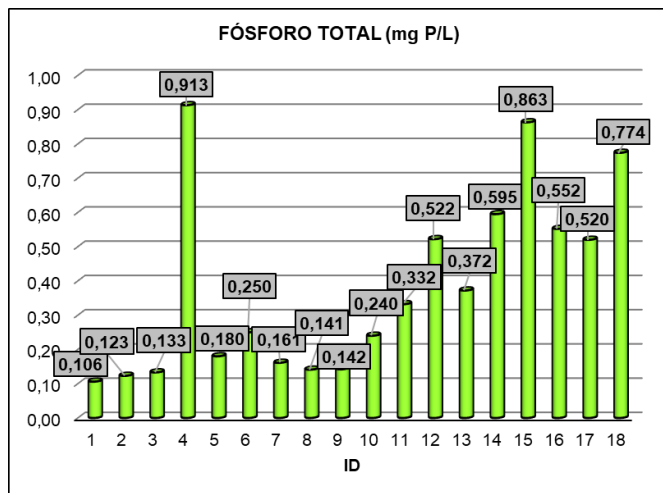
La demanda química de oxígeno – DQO, es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente el material orgánico biodegradable y no biodegradable bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. La demanda química

*de oxígeno - DQO tiene una estrecha relación con la demanda bioquímica de oxígeno - DBO debido a que ésta última está relacionada con la descomposición de la materia orgánica biodegradable.*

*De acuerdo a los análisis realizados para la variable demanda química de oxígeno -DQO en los diferentes puntos caracterizados, su mayor valor se presenta en el punto ID 4 Escuela Los Naranjos con 84,8 mg O<sub>2</sub>/L seguido del ID 16 Paso de Dos ríos con 51,4 mg O<sub>2</sub>/L, lo anterior obedece a las aguas residuales domésticas del municipio de Pamplona en el ID 4 y a las descargas de vertimientos domésticos e industriales en el municipio de Cúcuta en los ID de la parte baja de la cuenca, además de otras actividades antrópicas que se desarrollan en la zona.*

*La demanda bioquímica de oxígeno – DBO, es la capacidad de los microorganismos para degradar la materia orgánica en cinco días, por lo tanto, un valor alto de esta variable corrobora que hay un aumento de la materia orgánica en el cuerpo de agua y a su vez un agotamiento del oxígeno, lo que indica contaminación y disminución de su calidad. El valor más alto de esta variable fue de 30,8 mg/L en el ID 4, este valor es coherente con el valor alto de DQO en este mismo punto y corrobora la presencia de alta carga orgánica en este sitio.*

## 8.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (NITRÓGENO TOTAL Y FÓSFORO TOTAL)



ID	NOMBRE	NITRÓGENO TOTAL (mg N/L)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)
1	Bocatoma El Rosal-Quebrada El Rosal	0,800	0,106
2	Estación limnimétrica Acueducto de Pamplona-Quebrada Monteandero	1,81	0,123
3	Radio FM	1,74	0,133
4	Escuela Los Naranjos	10,3	0,913
5	El Diamante	1,30	0,180
6	La Donjuana	1,05	0,250
7	Confluencia Quebrada Iscalá-Río Pamplonita	0,620	0,161
8	La Garita	0,850	0,141
9	Bocatoma Acueducto Cúcuta (El Pórtico)	1,14	0,142
10	Puente Benito Hernández (San Rafael)	1,60	0,240
11	Puente Elías M. Soto	2,54	0,332
12	Puente Jorge Gaitan Durán	4,14	0,522
13	Puente Enrique Cuadros Corredor (La Gazapa)	3,02	0,372
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	5,37	0,595
15	Río Enfermo	8,00	0,863
16	Paso de dos ríos	1,76	0,552
17	Agua Clara	2,01	0,520
18	Puente Angosto	2,86	0,774

El nitrógeno al igual que la demanda bioquímica de oxígeno y el fósforo indican la presencia de materia orgánica en el agua.

El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere de un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de

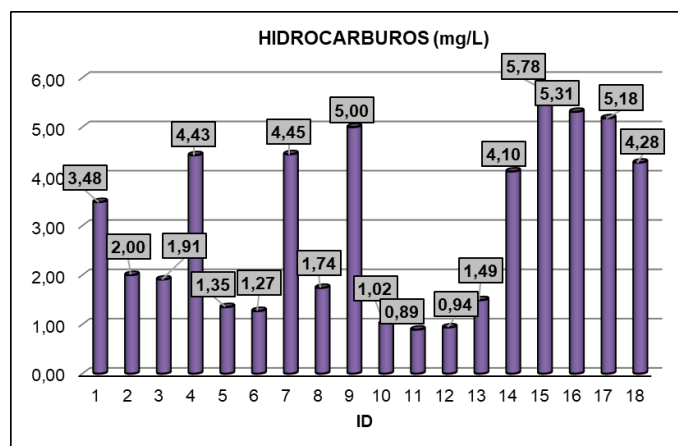
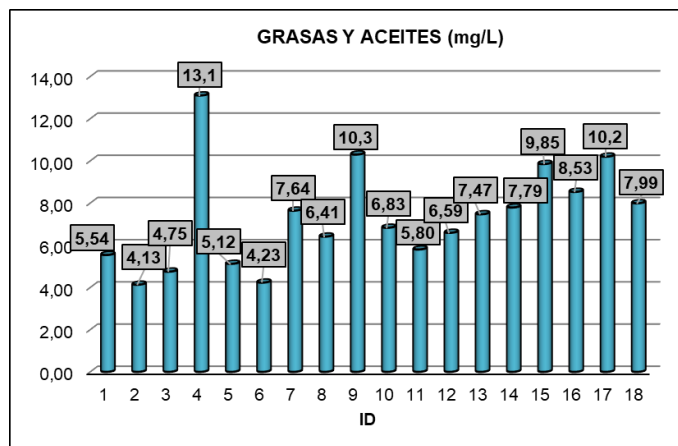
*generar procesos de eutrofización y consecuentemente el crecimiento de fitoplancton, lo que genera la disminución del oxígeno perturbando la vida acuática presente en la fuente hídrica.*

*El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los organismos vivos y por lo general se encuentra en aguas superficiales y subterráneas como amoníaco, nitratos y nitritos, este proceso de nitrificación se lleva a cabo dependiendo del valor del pH, de la temperatura y del oxígeno disuelto del agua.*

*Las gráficas de nitrógeno y fósforo permiten muestran que los valores más significativos se encontraron en el ID 4. Escuela Los Naranjos y en el ID 15. Río Enfermo con resultados de 10,3 mg N/L para nitrógeno, 0,913 mg P/L para fósforo total y 8,00 mg N/L para nitrógeno, 0,863 mg P/L para fósforo total respectivamente, estos resultados se encuentran asociados con la presencia de materia orgánica en el recurso hídrico provocado por los vertimientos de aguas residuales domésticas y a las actividades agrícolas realizadas en el margen del río utilizando fertilizantes que por lixiviación llegan al cuerpo de agua.*

## 8.6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (GRASAS Y ACEITES – HIDROCARBUROS)

ID	NOMBRE	GRASAS Y ACEITES (mg/L)	HIDROCARBUROS (mg/L)
1	Bocatoma El Rosal-Quebrada El Rosal	5,54	3,48
2	Estación limnimétrica Acueducto de Pamplona-Quebrada Monteandentro	4,13	2,00
3	Radio FM	4,75	1,91
4	Escuela Los Naranjos	13,1	4,43
5	El Diamante	5,12	1,35
6	La Donjuana	4,23	1,27
7	Confluencia Quebrada Iscalá-Río Pamplonita	7,64	4,45
8	La Garita	6,41	1,74
9	Bocatoma Acueducto Cúcuta (El Pórtico)	10,3	5,00
10	Puente Benito Hernández (San Rafael)	6,83	1,02
11	Puente Elías M. Soto	5,80	0,89
12	Puente Jorge Gaitan Durán	6,59	0,94
13	Puente Enrique Cuadros Corredor (La Gazapa)	7,47	1,49
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	7,79	4,10
15	Río Enfermo	9,85	5,78
16	Paso de dos ríos	8,53	5,31
17	Agua Clara	10,2	5,18
18	Puente Angosto	7,99	4,28



Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad, flotan formando natas, películas y capas iridiscentes, altas concentraciones interfieren con los procesos de intercambio de gases entre el agua y la atmósfera afectando así el desarrollo de la vida acuática.

*En la gráfica para la variable grasas y aceites se evidencia que la mayor concentración se presentó en el ID 4 encontrándose asociado a las grasas provenientes de los vertimientos de aguas residuales domésticas que convergen en este sitio de muestreo alcanzando valores de 13,1 mg/L, seguido de este valor se encuentra el ID 9 con valor de 10,3 mg/L.*

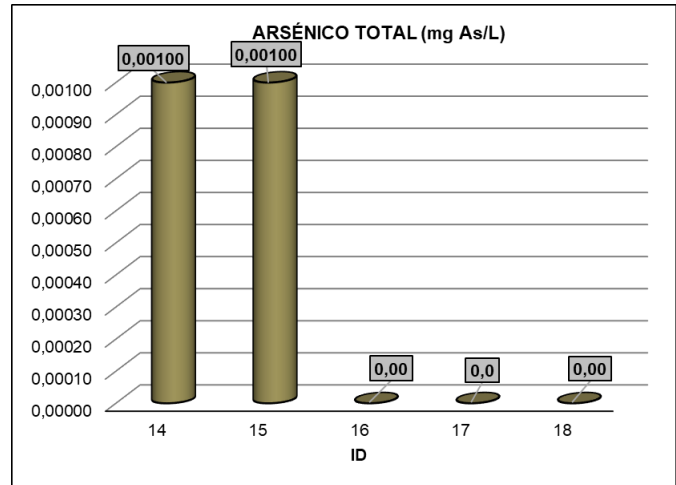
*En cuanto a los hidrocarburos, existen varios tipos como combustibles ligeros, crudo, aceites lubricantes, diesel, keroseno, entre otros, su presencia en el lecho hídrico puede presentarse debido a actividades antrópicas en el cauce del río o por eventos fortuitos con derrame puntual.*

*Para el presente estudio de caracterización de la cuenca del Río Pamplonita se llevaron a cabo ensayos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) y además se realizaron mediciones de la concentración de grasas y aceites e hidrocarburos utilizando la técnica analítica de espectroscopía infrarroja con el objetivo de realizar el seguimiento al cuerpo de agua que ha sido objeto de dos eventos de derrame de crudo de gran magnitud generando un impacto negativo en el mismo.*

*De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencian concentraciones de hidrocarburos superiores a 5 mg/L en los ID 15, ID16 y en el ID 17, lo anterior obedece a la fuerte intervención en la corriente hídrica con maquinarias para extracción de materiales pétreos, paso contante de vehículos, uso de motobombas para captación del líquido, además de la problemática en esta zona de frontera relacionada con el paso de combustibles a través del río. Es importante mencionar que en el ID 9 se presentó concentración de 5mg/L, siendo un resultado preocupante toda vez que en este sector se encuentra el acueducto que abastece al municipio de Cúcuta y su área metropolitana.*

### 8.7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS POR VARIABLE (ARSÉNICO TOTAL)

ID	NOMBRE	ARSÉNICO TOTAL
14	Confluencia Ríos Táchira-Pamplonita	0,00100
15	Río Enfermo	0,00100
16	Paso dos ríos	< 0,001
17	Agua Clara	< 0,001
18	Puente Angosto	< 0,001



Los metales pesados como el arsénico (As) en aguas y sedimentos se caracterizan por ser extremadamente tóxicos, altamente persistentes y de rápida acumulación por los organismos.

Adicional a los ensayos realizados para el seguimiento de la cuenca hídrica en estudio, se realizaron ensayos de Arsénico total en la parte baja de la cuenca del ID 14 al ID 18 por la fuerte intervención antrópica en esa zona (actividades agrícolas y vertimientos), obteniéndose resultados bajos de 0,001 mg As/L en los ID 14 y 15, y los ID restantes registraron valores por debajo del límite de cuantificación < 0,001 mg As/L.

Si se compara con el Decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.3.3.9.5 criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola en 0,1 mg/L, cumple para este uso específico, sin embargo, se deben realizar más estudios para evaluar su comportamiento.