



**INFORMACIÓN PREVIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA META DE  
CARGA GLOBAL CONTAMINANTE PARA EL PRIMER QUINQUENIO DE LA  
CUENCA DEL RÍO CARARE MINERO**

**Proyecto: DEFINICIÓN OBJETIVOS DE CALIDAD A CORTO, MEDIANO Y LARGO  
PLAZO**

**Informe Final  
(Noviembre de 2021)**

<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>
Camila Naranjo Nicolas Mojica Alejandra Buitrago Daniel Gómez Buitrago Edixon Combariza	Carlos Alfonso Alfonso Amanda Medina Bermúdez	Amanda Medina Bermúdez



Corpoboyacá

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS .....	14
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4. MARCO REFERENCIAL .....	15
4.1. MARCO GEOGRÁFICO .....	15
4.2. MARCO LEGAL .....	15
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	19
4.3.1. Definición de tasa retributiva .....	19
4.3.2. Tasa como instrumento económico.....	19
4.3.3. Características y ventajas de los instrumentos. ....	19
4.3.4. Impactos de contaminación con materia orgánica y sólidos en suspensión.....	20
4.3.5. Usos del agua según el Decreto 1076 de 2015.....	21
4.3.6. Aspectos socioeconómicos de la cuenca del Río Minero.....	22
5. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA CUENCA .....	24
5.1. TRAMOS DEFINIDOS PARA LA CUENCA.....	29
5.1.1. Tramo 1 Cuenca Río Minero.....	31
5.1.2. Tramo 2 Cuenca Río Minero.....	31
5.2. HIDROLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MINERO .....	31
5.2.1. Perfil Longitudinal De La Corriente Principal Del Río Minero.....	31
5.2.2. Topología De La Corriente Del Río Minero .....	33
5.3. CLIMATOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MINERO .....	35
5.3.1. Precipitación.....	35
5.3.2. Temperatura .....	36
6. CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO .....	37
6.1. METODOLOGÍA .....	37
6.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL .....	38
6.3. MONITOREO DE CALIDAD.....	41
6.4. RESULTADOS DE CALIDAD.....	45
6.4.1. Primera Campaña de Monitoreo-Época Seca.....	45
6.4.1.1. Análisis microbiológico .....	45
6.4.1.2. Turbiedad, Material Flotante, Olor e Iridiscencia .....	50
6.4.1.3. pH y Temperatura.....	51
6.4.1.4. Oxígeno Disuelto y Demanda Química de Oxígeno .....	53



6.4.1.5.	Acidez, Alcalinidad y Conductividad.....	57
6.4.1.6.	Especies nitrogenadas.....	60
6.4.1.7.	Fósforo .....	63
6.4.1.8.	Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica.....	65
6.4.1.9.	Sólidos.....	67
6.4.1.10.	Grasas y Aceites y % de Grasas y Aceites en base seca.....	69
6.4.1.11.	Surfactantes .....	70
6.4.1.12.	Metales y Metaloides.....	70
6.4.1.13.	Fenoles y compuestos fenólicos .....	70
6.4.1.14.	Otros parámetros .....	71
6.4.2.	Primera Campaña de Monitoreo - Época Húmeda.....	71
6.4.2.1.	Análisis Microbiológico .....	71
6.4.2.2.	Turbiedad, Material Flotante, Olor e Iridiscencia .....	75
6.4.2.3.	pH y Temperatura.....	77
6.4.2.4.	Oxígeno Disuelto y Demanda Química de Oxígeno .....	78
6.4.2.5.	Acidez, Alcalinidad y Conductividad.....	82
6.4.2.6.	Especies nitrogenadas.....	85
6.4.2.7.	Fósforo .....	88
6.4.2.8.	Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica.....	91
6.4.2.9.	Sólidos.....	92
6.4.2.10.	Grasas y Aceites y % de Grasas y aceites en base seca.....	94
6.4.2.11.	Surfactantes .....	95
6.4.2.12.	Metales y metaloides .....	96
6.4.2.13.	Fenoles y Compuestos Fenólicos .....	96
6.4.2.14.	Otros parámetros .....	97
7.	ÍNDICES DE CALIDAD E ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA –RÍO MINERO .	98
7.1.	DISEÑO DE LOS INDICES.....	98
7.2.	INDICE DE CALIDAD DE AGUA .....	99
7.2.1.	Cálculo de valor del ICA para cada variable.....	100
7.2.1.1.	Oxígeno disuelto (OD) .....	100
7.2.1.2.	Sólidos Suspendidos Totales (SST) .....	100
7.2.1.3.	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	101
7.2.1.4.	Conductividad Eléctrica (C.E.) .....	101
7.2.1.5.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	101
7.2.1.6.	Nitrógeno Total / Fósforo) Total (NT/PT): .....	101
7.2.2.	Resultados para el Índice de Calidad del Agua (ICA) .....	102

7.3.	INDICES DE CONTAMINACIÓN (ICOS).....	105
7.3.1.	Cálculo de valor del ICA para cada variable.....	105
7.3.1.1.	Cálculo Del Valor ICOMI o parámetro de mineralización .....	105
7.3.1.2.	Cálculo Del Valor ICOSUS o parámetro de contaminación por solidos suspendidos. 106	
7.3.1.3.	Cálculo Del Valor ICOTRO o índice de contaminación trófica. ....	106
7.3.1.4.	Cálculo Del Valor ICOpH o índice de contaminación por pH.....	107
7.3.2.	Resultados para los índices de contaminación del agua.....	107
7.3.2.1.	ICOMI o parámetro de mineralización.....	107
7.3.2.2.	ICOSUS o parámetro de contaminación por solidos suspendidos .....	109
7.3.2.3.	ICOTRO o índice de contaminación trófica.....	110
7.3.2.4.	ICOpH o índice de contaminación por pH.....	111
7.3.2.5.	Índice ICOMO.....	112
7.4.	COMPARACIÓN ICOS .....	112
8.	USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO .....	113
8.1.	USOS DEL AGUA DE ACUERDO CON LA REVISIÓN DE BASES DE DATOS .....	113
8.1.1.	Revisión de bases de datos asociadas a Concesiones.....	113
8.1.2.	Revisión de las bases de datos asociadas a Vertimientos.....	115
8.1.3.	Revisión de bases de datos asociadas a Licencias Ambientales.....	117
8.2.	USOS DEL AGUA DE ACUERTO AL DECRETO 1076 DE 2015 .....	119
8.2.1.	Uso Del Agua De Acuerdo Al Cumplimiento De Los Valores De Referencia Y El Decreto 1076 De 2015.....	135
8.3.	USOS DEL AGUA DE ACUERDO AL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).....	143
8.4.	SOCIALIZACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DE LOS USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO .....	147
8.4.1.	Talleres De Socialización Y Presentación De Escenarios.....	147
8.4.1.1.	Proceso de divulgación.....	147
8.4.1.2.	Taller de socialización con usuarios de la cuenca .....	149
8.4.1.3.	Cartografía social y definición de usos por parte de la comunidad.....	152
8.4.2.	Usos Que Se Definieron En La Cartografía Social .....	154
8.5.	USOS ACTUALES PREDOMINANTES EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO .....	155
9.	ESTADO DE LEGALIDAD DE LOS USUARIOS. USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO .....	157
10.	LINEA BASE DE CARGA CONTAMINANTE (SST Y DBO5) DURANTE EL AÑO 2020..	159
11.	DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN DE CALIDAD.....	161
11.1.	MODELO QUAL2K.....	161
11.2.	MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS.....	162
11.3.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MONITOREO.....	163



Corpoboyacá

11.4.	METODOLOGÍA .....	164
11.5.	DATOS DE ENTRADA .....	164
11.6.	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES PUNTUALES Y DIFUSAS .....	165
11.7.	ESCENARIO DE SIMULACIÓN .....	166
11.7.1.	Escenario base .....	166
11.7.2.	Resultados y análisis de resultados .....	167
11.7.3.	Características de la cabecera de la corriente. ....	167
11.7.4.	Hoja Reach o Tramos .....	168
11.7.5.	Hoja de cálculo para puntos fijos. ....	168
11.7.6.	Hojas de registro de datos meteorológicos .....	169
11.7.7.	Hojas de salida del modelo.....	169
11.8.	CALIBRACIÓN.....	170
11.8.1.	Metodología. ....	170
11.9.	ANALISIS DE RESULTADOS DEL MODELO CALIBRADO .....	171
11.9.1.	Caudal .....	172
11.9.2.	Temperatura. ....	173
11.9.3.	Conductividad .....	173
11.9.4.	Sólidos Suspendidos Inorgánicos.....	174
11.9.5.	Oxígeno Disuelto.....	175
11.9.6.	DBO rápida .....	176
11.9.7.	Nitrógeno Orgánico.....	177
11.9.8.	Coliformes Totales .....	178
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	180



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Municipios que conforman la cuenca del río Minero</i> .....	24
<b>Tabla 2.</b> <i>Zonificación Hidrográfica</i> .....	25
<b>Tabla 3.</b> <i>Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del Río Minero</i> .....	25
<b>Tabla 4.</b> <i>Descripción de las estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del Río Minero</i> . 26	
<b>Tabla 5.</b> <i>División de los municipios de la cuenca del Río Minero en los tramos establecidos</i> . .....	30
<b>Tabla 6</b> <i>Descripción tramo 1 Cuenca Río Minero</i> .....	31
<b>Tabla 7.</b> <i>Estaciones y Puntos de monitoreo del Tramo 1</i> .....	31
<b>Tabla 8.</b> <i>Descripción Tramo 2 - Cuenca Río Minero</i> . .....	31
<b>Tabla 9.</b> <i>Estaciones y Puntos de monitoreo del Tramo 2</i> . .....	31
<b>Tabla 10</b> <i>Equipos para medición de parámetros In-situ</i> .....	37
<b>Tabla 11</b> <i>Resultados obtenidos de Caudal para el Río Minero en Época de Sequía y Húmeda</i> .....	39
<b>Tabla 12.</b> <i>Caudal de estaciones de monitoreo en las diferentes épocas de medición</i> .....	40
<b>Tabla 13.</b> <i>Caudal de puntos de monitoreo en las diferentes épocas de medición</i> .....	41
<b>Tabla 14</b> <i>Sección transversal de las estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Minero</i> .....	41
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados Coliformes Totales</i> .....	46
<b>Tabla 16.</b> <i>Resultados Coliformes Termotolerantes</i> .....	47
<b>Tabla 17.</b> <i>Resultados Coliformes E. Coli</i> .....	48
<b>Tabla 18.</b> <i>Controles de calidad coliformes</i> .....	49
<b>Tabla 19.</b> <i>Resultados Turbiedad</i> .....	50
<b>Tabla 20.</b> <i>Resultados pH y Temperatura</i> .....	52
<b>Tabla 21.</b> <i>Resultados DQO</i> .....	54
<b>Tabla 22.</b> <i>Resultados DBO</i> .....	55
<b>Tabla 23.</b> <i>Resultados Oxígeno y Porcentaje de Saturación de Oxígeno</i> .....	56
<b>Tabla 24</b> <i>Resultados Acidez</i> .....	57
<b>Tabla 25.</b> <i>Resultados Alcalinidad</i> .....	58
<b>Tabla 26.</b> <i>Resultados Conductividad</i> .....	60
<b>Tabla 27.</b> <i>Resultados Nitratos y Nitritos</i> .....	61
<b>Tabla 28.</b> <i>Resultados Nitrógeno Amoniacal</i> .....	62
<b>Tabla 29.</b> <i>Resultados Fósforo Total, Fósforo Reactivo total y Fósforo Soluble</i> .....	64
<b>Tabla 30</b> <i>Resultados Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica</i> .....	66
<b>Tabla 31</b> <i>Resultados Sólidos Disueltos Totales, Suspendidos Sedimentables, Suspendidos Volátiles y Totales</i> .....	68
<b>Tabla 32</b> <i>Resultados Grasas y Aceite y % Grasas y Aceites</i> .....	69
<b>Tabla 33.</b> <i>Resultados Surfactantes</i> .....	70
<b>Tabla 34.</b> <i>Resultados Metales y Metaloides</i> .....	70
<b>Tabla 35.</b> <i>Fenoles y compuestos Fenólicos</i> .....	71
<b>Tabla 36.</b> <i>Resultados Coliformes Totales</i> .....	72
<b>Tabla 37.</b> <i>Resultados Coliformes Termotolerantes</i> .....	73





Corpoboyacá

<b>Tabla 38.</b> <i>Resultados Coliformes E-Coli</i> .....	74
<b>Tabla 39.</b> <i>Controles de calidad coliformes</i> .....	75
<b>Tabla 40.</b> <i>Resultados Turbiedad</i> .....	75
<b>Tabla 41.</b> <i>Resultados pH</i> .....	77
<b>Tabla 43.</b> <i>Resultados DQO</i> .....	79
<b>Tabla 44.</b> <i>Resultados DBO</i> .....	80
<b>Tabla 45.</b> <i>Resultados Oxígeno y Porcentaje de Saturación de Oxígeno</i> .....	81
<b>Tabla 46.</b> <i>Resultados Acidez</i> .....	82
<b>Tabla 47.</b> <i>Resultados Alcalinidad</i> .....	83
<b>Tabla 48.</b> <i>Resultados Conductividad</i> .....	85
<b>Tabla 49.</b> <i>Resultados Nitratos y Nitritos</i> .....	86
<b>Tabla 50.</b> <i>Resultados Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Kjeldhal y Nitrógeno Total</i> .....	87
<b>Tabla 51.</b> <i>Resultados Fósforo Total, Fósforo Reactivo total y Fósforo Soluble</i> .....	89
<b>Tabla 52.</b> <i>Resultados Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica</i> .....	91
<b>Tabla 53.</b> <i>Resultados Sólidos Disueltos Totales, Suspendidos Sedimentables, Suspendidos Volátiles y Totales</i> .....	93
<b>Tabla 54.</b> <i>Resultados Grasas y Aceite y % Grasas y Aceites</i> .....	94
<b>Tabla 55.</b> <i>Resultados Surfactantes</i> .....	95
<b>Tabla 56.</b> <i>Resultados Metales y Metaloides</i> .....	96
<b>Tabla 57.</b> <i>Fenoles y compuestos Fenólicos</i> .....	96
<b>Tabla 58.</b> <i>Valores para el Índice de Calidad del Agua para SST.</i> .....	100
<b>Tabla 59.</b> <i>Valores para el Índice de Calidad del Agua para DQO.</i> .....	101
<b>Tabla 60.</b> <i>Valores para el Índice de Calidad del Agua para pH.</i> .....	101
<b>Tabla 61.</b> <i>Valores para el Índice de Calidad del Agua para Nitrógeno Total/Fósforo total.</i> 101	
<b>Tabla 62.</b> <i>Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables.</i> .....	102
<b>Tabla 63.</b> <i>Calificación de la calidad del agua según el valor que puede tomar el indicador ICA.</i> .....	102
<b>Tabla 64</b> <i>Datos para el cálculo del ICA - Época Seca (1° campaña)</i> .....	103
<b>Tabla 65.</b> <i>Datos para el cálculo del ICA - Época húmeda (2° campaña)</i> .....	103
<b>Tabla 66.</b> <i>Resultados de ICA en las diferentes campañas de monitoreo</i> .....	104
<b>Tabla 67.</b> <i>Calificación del ICA según los resultados.</i> .....	107
<b>Tabla 68</b> <i>Resultado de Índice de Contaminación por Mineralización</i> .....	107
<b>Tabla 69</b> <i>Resultados del índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos</i> .....	109
<b>Tabla 70</b> <i>Resultados del Índice de Contaminación Trófica</i> .....	110
<b>Tabla 71</b> <i>Resultados del índice de Contaminación por pH</i> .....	111
<b>Tabla 72.</b> <i>Comparación de Indicadores de Contaminación</i> .....	112
<b>Tabla 73.</b> <i>Concesiones de agua en la cuenca del río Minero.</i> .....	113
<b>Tabla 74.</b> <i>Uso del agua de acuerdo a los usuarios del tramo 1 de la cuenca del Río Minero.</i> .....	115
<b>Tabla 75.</b> <i>Uso del agua de acuerdo a los usuarios del tramo 2 de la cuenca del Río Minero.</i> .....	115
<b>Tabla 76.</b> <i>Vertimientos presentes en la cuenca del río Minero - 2021</i> .....	116





Corpoboyacá

**Tabla 77.** Expedientes de Licencias Ambientales presentes en la cuenca del río Minero – 2021 ..... 117

**Tabla 78.** Criterios de calidad para diferentes usos del agua según el Decreto 1076 de 2015. .... 120

**Tabla 79.** Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 1 para la Época seca ..... 122

**Tabla 80.** Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 2 para la Época seca. .... 125

**Tabla 81.** Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 1 para la Época húmeda. .... 128

**Tabla 82.** Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 2 para la Época húmeda. .... 131

**Tabla 83** Referencia de tablas 81-82 ..... 134

**Tabla 84.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 1 para la Época seca..... 135

**Tabla 85.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 2 para la Época seca..... 137

**Tabla 86.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 1 en Época húmeda. .... 139

**Tabla 87.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 2 en Época húmeda. .... 141

**Tabla 88.** Comparación de usos del agua según el cumplimiento de los valores de referencia. .... 143

**Tabla 89.** Resultado final de los Usos del agua teniendo en cuenta los valores de referencia. .... 143

**Tabla 90.** Principales usos del agua de acuerdo a la clasificación ICA del agua. .... 145

**Tabla 91.** Usos del agua de acuerdo a los resultados del ICA. .... 146

**Tabla 92.** Comparación usos del agua de acuerdo a los resultados del ICA..... 147

**Tabla 93.** Resultado final de los Usos del agua teniendo en cuenta el ICA..... 147

**Tabla 94.** Participantes que asistieron a los talleres ..... 150

**Tabla 95.** Usos del Agua propuestos por los Usuarios en la Cartografía Social ..... 154

**Tabla 96.** Resultados obtenidos para el uso del agua en cada uno de los tramos de la cuenca del Río Minero. .... 156

**Tabla 97.** Análisis de los Usos Finales..... 156

**Tabla 98.** Plan de acción de los PSMVS ajustados o actualizados del río Minero..... 157

**Tabla 99.** Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2020 para el tramo 1. .... 159

**Tabla 100.** Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2020 para el tramo 2. .... 159

**Tabla 101.** Estaciones y puntos de monitoreo de la corriente principal del Río Minero..... 164

**Tabla 102.** Criterios a modelar en el Escenario base de la corriente principal..... 167





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Mapa político de la cuenca del Río Minero</i> .....	24
<b>Figura 2.</b> <i>Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del Río Minero</i> .....	26
<b>Figura 3.</b> <i>Mapa división de tramos</i> .....	30
<b>Figura 4.</b> <i>Perfil longitudinal de la cuenca del Río Minero</i> .....	33
<b>Figura 5.</b> <i>Topología Cuenca del Río Minero – Tramo 1.</i> .....	34
<b>Figura 6.</b> <i>Topología Cuenca del Río Minero – Tramo 2.</i> .....	34
<b>Figura 7.</b> <i>Precipitación media anual año 2017.</i> .....	35
<b>Figura 8.</b> <i>Temperatura media anual año 2012 - Cuenca Río Minero.</i> .....	36
<b>Figura 9.</b> <i>Comportamiento Caudal del Río Minero (Estaciones de Monitoreo)</i> .....	40
<b>Figura 10.</b> <i>Comportamiento Caudal de afluentes al Río Minero (Puntos de monitoreo)</i> .....	40
<b>Figura 11.</b> <i>Comportamiento Coliformes Totales</i> .....	47
<b>Figura 12.</b> <i>Comportamiento Coliformes Termotolerantes</i> .....	48
<b>Figura 13.</b> <i>Comportamiento E. Coli</i> .....	49
<b>Figura 14.</b> <i>Comportamiento Turbiedad</i> .....	51
<b>Figura 15.</b> <i>Comportamiento pH</i> .....	52
<b>Figura 16.</b> <i>Comportamiento Temperatura</i> .....	53
<b>Figura 17.</b> <i>Comportamiento DQO</i> .....	54
<b>Figura 18.</b> <i>Comportamiento DBO</i> .....	55
<b>Figura 19.</b> <i>Comportamiento Oxígeno Disuelto</i> .....	57
<b>Figura 20.</b> <i>Comportamiento Acidez</i> .....	58
<b>Figura 21.</b> <i>Comportamiento Alcalinidad</i> .....	59
<b>Figura 22.</b> <i>Comportamiento Conductividad</i> .....	60
<b>Figura 23.</b> <i>Comportamiento Nitritos</i> .....	61
<b>Figura 24.</b> <i>Comportamiento de Nitrógeno Amoniacal</i> .....	62
<b>Figura 25.</b> <i>Comportamiento Nitrógeno Total</i> .....	62
<b>Figura 26.</b> <i>Comportamiento Fósforo Total</i> .....	64
<b>Figura 27.</b> <i>Comportamiento Fósforo Reactivo Total (Leído como Ortofosfatos)</i> .....	65
<b>Figura 28.</b> <i>Comportamiento Fósforo Soluble</i> .....	65
<b>Figura 29.</b> <i>Comportamiento Dureza</i> .....	66
<b>Figura 30.</b> <i>Comportamiento Sólidos Sedimentables, Solidos Disueltos Totales y Solidos Suspendidos Totales</i> .....	68
<b>Figura 31.</b> <i>Comportamiento Sólidos Totales</i> .....	69
<b>Figura 32.</b> <i>Comportamiento Coliformes Totales</i> .....	72
<b>Figura 33.</b> <i>Comportamiento Coliformes Termotolerantes</i> .....	73
<b>Figura 34.</b> <i>Comportamiento E. Coli</i> .....	74
<b>Figura 35.</b> <i>Comportamiento Turbiedad</i> .....	76
<b>Figura 36.</b> <i>Comportamiento pH</i> .....	77
<b>Figura 37.</b> <i>Comportamiento Temperatura</i> .....	78
<b>Figura 38.</b> <i>Comportamiento DQO</i> .....	79
<b>Figura 39.</b> <i>Comportamiento DBO</i> .....	80
<b>Figura 40.</b> <i>Comportamiento Oxígeno Disuelto</i> .....	81



Corpoboyacá

<b>Figura 41.</b> <i>Comportamiento Acidez</i> .....	83
<b>Figura 42.</b> <i>Comportamiento Alcalinidad</i> .....	84
<b>Figura 43.</b> <i>Comportamiento Conductividad</i> .....	85
<b>Figura 44.</b> <i>Comportamiento Nitritos</i> .....	86
<b>Figura 45.</b> <i>Comportamiento Nitratos</i> .....	87
<b>Figura 46.</b> <i>Comportamiento de Nitrógeno Amoniacal</i> .....	88
<b>Figura 47.</b> <i>Comportamiento Nitrógeno Total</i> .....	88
<b>Figura 48.</b> <i>Comportamiento Fósforo Total</i> .....	90
<b>Figura 49.</b> <i>Comportamiento Fósforo Reactivo Total (Leído como Ortofosfatos)</i> .....	90
<b>Figura 50.</b> <i>Comportamiento Fósforo Soluble</i> .....	91
<b>Figura 51.</b> <i>Comportamiento Dureza</i> .....	92
<b>Figura 52.</b> <i>Comportamiento Sólidos Sedimentables, Solidos Disueltos Totales y Solidos Suspendidos Totales</i> .....	93
<b>Figura 53.</b> <i>Comportamiento Sólidos Totales</i> .....	94
<b>Figura 54.</b> <i>Comportamiento Surfactantes</i> .....	95
<b>Figura 55.</b> <i>ICA para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero</i> .....	104
<b>Figura 56.</b> <i>ICOMI para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero</i> .....	108
<b>Figura 57.</b> <i>. ICOSUS para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero</i> ....	109
<b>Figura 58.</b> <i>. ICOTRO para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero</i> ...	110
<b>Figura 59.</b> <i>. ICOpH para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero</i> .....	111
<b>Figura 60.</b> <i>Puntos de captación del agua en la cuenca del río Minero 2015 - 2020.</i> .....	114
<b>Figura 61.</b> <i>Puntos de vertimientos en la cuenca del río Minero - 2020.</i> .....	117
<b>Figura 62.</b> <i>Licencias ambientales en la cuenca del río Minero – 2021.</i> .....	119
<b>Figura 63.</b> <i>Divulgación del proceso en la Página web de Corpoboyacá</i> .....	148
<b>Figura 64.</b> <i>Divulgación del proceso en las redes sociales de Corpoboyacá</i> .....	149
<b>Figura 65.</b> <i>Evidencias del taller por tramos del Río Minero 21 de septiembre de 2021</i> .....	151
<b>Figura 66.</b> <i>Evidencias ejercicio cartográfico tramo uno del Río Minero 21 de septiembre de 2021</i> .....	153
<b>Figura 67.</b> <i>Evidencias ejercicio cartográfico tramo dos del Río Minero 21 de septiembre de 2021</i> .....	153
<b>Figura 68.</b> <i>Evidencias ejercicio cartográfico tramo dos del Río Minero 21 de septiembre de 2021</i> .....	154
<b>Figura 69.</b> <i>Balance de masas</i> .....	163
<b>Figura 70.</b> <i>Factores que intervienen en la transformación de energía.</i> .....	163
<b>Figura 71.</b> <i>Proceso De Modelación De Calidad Del Agua De La Corriente Del Río Minero</i> .....	164
<b>Figura 72.</b> <i>Hoja Headwater del programa Qual2k.</i> .....	168
<b>Figura 73.</b> <i>Hoja Reach programa Qual2k.</i> .....	168
<b>Figura 74.</b> <i>Hoja Point Source.</i> .....	169
<b>Figura 75.</b> <i>Hojas meteorológicas.</i> .....	169
<b>Figura 76.</b> <i>Hoja de resumen programa Qual2K.</i> .....	170
<b>Figura 77.</b> <i>Metodología de calibración del programa Qual2K.</i> .....	171
<b>Figura 78.</b> <i>Rangos de calibración para el modelo</i> .....	171





Corpoboyacá

República de Colombia  
**Corporación Autónoma Regional de Boyacá**  
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

<b>Figura 79.</b> <i>Caudal corriente principal río Minero.</i> .....	172
<b>Figura 80.</b> <i>Temperatura de la corriente principal río Minero.</i> .....	173
<b>Figura 81.</b> <i>Conductividad de la corriente principal río Minero.</i> .....	174
<b>Figura 82.</b> <i>Sólidos Suspendidos Inorgánicos de la corriente principal río Minero.</i> .....	175
<b>Figura 83.</b> <i>Oxígeno Disuelto de la corriente principal río Minero.</i> .....	176
<b>Figura 84.</b> <i>DBO de la corriente principal río Minero.</i> .....	177
<b>Figura 85.</b> <i>Nitrógeno Orgánico de la corriente principal río Minero.</i> .....	178
<b>Figura 86.</b> <i>Coliformes Totales de la corriente principal río Minero.</i> .....	178



## 1. INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá, y en uso de sus facultades considera la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) como base para el diagnóstico, formulación e implementación de los diferentes instrumentos de planificación, económicos, informativos y reguladores.

Para la implementación de la política, CORPOBOYACÁ se ha puesto en la tarea de articular la línea base para la formulación de los objetivos de calidad de la fuente principal del Río Minero, con la calidad, la oferta, la demanda, el riesgo, el ordenamiento y el uso de racional del recurso hídrico de la fuente en estudio.

Los objetivos de calidad propuestos son la base para el establecimiento de las metas de carga contaminante para la definición del primer quinquenio de la corriente principal de la cuenca del río Minero. En consecuencia, se desarrolló un estudio que permitió realizar un diagnóstico de la calidad hídrica, definir las características propias de la cuenca, establecer los diferentes usos actuales del recurso hídrico de acuerdo a los tramos definidos, identificar los usuarios que realizan vertimientos en cada cuerpo de agua de la cuenca respectiva, determinar la legalidad de los mismos haciendo uso de la información recolectada en campo de años anteriores e información existente. A su vez, se contemplaron estudios de monitoreo realizados por las diferentes firmas consultoras contratadas por CORPOBOYACÁ, y los documentos de planificación, como los planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) de los municipios que hacen parte de la Subcuenca que se encuentran vigentes y sus respectivas actualizaciones.

Lo dispuesto en el presente documento forma parte de lo requerido dentro del Artículo 11 del Decreto 2667 de 2012 del MADS, compilado en el artículo 2.2.9.7.3.4 del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible respecto a la información previa al establecimiento de las metas de carga contaminante.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La importancia de definir objetivos de calidad a las fuentes hídricas radica en las distintas actividades que las autoridades ambientales implementan dentro de sus políticas de calidad y reducción de la contaminación mancomunado con la fijación de metas de reducción de carga contaminante y acciones de monitoreo de la calidad del recurso hídrico que tiene como fin garantizar la calidad para los diferentes usos a todos aquellos usuarios que lo requieran.

La meta de carga contaminante es establecida por la autoridad ambiental competente cada cinco años para cada cuerpo de agua o tramo del mismo de conformidad con el procedimiento establecido en el Decreto 2667 de 2012 compilado en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual será igual a la suma de las metas quinquenales individuales y grupales.

La meta global según la norma, será definida para cada uno de los elementos, sustancias o parámetros, objeto del cobro de la tasa y se expresará como la carga total contaminante a ser vertida al final del quinquenio, expresada en términos de kilogramos/año.

La autoridad ambiental establece la meta global que conduzca a los usuarios al cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por dichas autoridades, los objetivos de calidad se consideran como un conjunto de variables, parámetros o elementos con su valor numérico que se utiliza para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso, por lo que, para los entes reguladores y administradores de los recursos naturales es importante formular proyectos en pro de la conservación, protección y monitoreo de las fuentes hídricas superficiales, subterráneas y marítimas, mediante instrumentos de regulación como las concesiones, permisos o autorizaciones para el uso y aprovechamientos de los recursos naturales renovables y demás regulaciones para el control de la contaminación.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la Línea Base de calidad hídrica de la cuenca del Río Minero para definir los objetivos de calidad de la fuente hídrica en estudio en jurisdicción de CORPOBOYACA.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Actualizar y revisar los usos reales y potenciales del recurso hídrico en la zona de estudio, basado en visitas de identificación de sujetos pasivos y revisión de expedientes y las normas nacionales.
- Determinar el perfil de calidad de la corriente principal de la cuenca del río Minero.
- Diagnosticar el estado actual de la calidad del recurso hídrico a través del cálculo de índices de calidad – ICA.
- Establecer un diagnóstico de la situación de calidad actual en la cuenca del río Minero mediante una modelación en QUAL2KW de calidad hídrica.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. MARCO GEOGRÁFICO

El río Minero es uno de los cuerpos de agua más relevantes dentro del departamento de Boyacá, ya que, hace parte de la cuenca del Carare minero, dicha cuenca se compone de tres departamentos, Cundinamarca, Boyacá y Santander, en la jurisdicción de Corpoboyacá nace a partir de la confluencia del río Guaquimay con el Río Negro formando el Río Minero, a la altura del municipio de Quípama; durante su recorrido por el departamento de Boyacá, el río Minero atraviesa los municipios de Quípama, Muzo, Maripí, San Pablo de Borbur, Pauna y Otanche, luego el Río Minero confluye en el departamento de Santander y finalmente formar parte de la corriente principal del río Magdalena. (CAR, Corpoboyacá, MinAmbiente, 2016)

Los afluentes de mayor relevancia del río Minero durante su paso por el departamento de Boyacá son: la Quebrada el Batán, Río Guazo o Palenque, Quebrada La Caco, Río Ibacapí, Quebrada Buri Buri, Quebrada Piache y la Quebrada Tambrías. La cuenca del río Minero, en el límite de Quípama y Yacopí (Cundinamarca) se encuentra sobre los 623 msnm y posee una pendiente media de 8.6%.

### 4.2. MARCO LEGAL

De acuerdo con el **Decreto 2811 de 1974 del MADS**, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En el Artículo 18 del Título III establece que la utilización directa o indirecta de los recursos naturales para el desecho de sustancias y/o residuos nocivos los cuales sean resultado de actividades lucrativas, está sujeto al pago de tasas retributivas.

En lo establecido al **Decreto 1594 de 1984 del MADS** respecto a Usos del agua y residuos líquidos En el Artículo 142 del Capítulo XII la utilización directa o indirecta del recurso hídrico para la introducción de actividades nocivas con fines lucrativos, se sujetará al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación de tales actividades. Dichas tasas serán pagadas semestralmente en los términos del presente decreto.

En lo que compete a las CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES la **Ley 99 de 1993**, determina como entes corporativos de carácter público, integrados por las entidades territoriales, encargados por ley de administrar -dentro del área de su jurisdicción- el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por el desarrollo sostenible del país.

Respecto TITULO VII de las Rentas de las Corporaciones Autónomas Regionales en el Artículo 42 (Tasas Retributivas y Compensatorias) instauro el recaudo de tasas retributivas por las consecuencias nocivas de arrojo de desechos industriales, aguas negras, humos vapores por actividades antrópicas ya sean de carácter lucrativo o no.

El **Decreto 901 de 1997 de MADS** tiene por objeto reglamentar las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales. Este establece la tarifa mínima y su ajuste regional, de igual manera especifica los sujetos pasivos de la tasa, los mecanismos de recaudo, fiscalización y control, y el procedimiento de reclamación. Posteriormente se mencionan los artículos de mayor relevancia respecto al Decreto 901.

**Artículo 4.** *Tarifa mínima de la Tasa (Tm).* Anualmente el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible define el valor de Tm de la tasa retributiva basado en costos directos de remoción.

**Artículo 5.** *Meta de reducción de carga contaminante.* La autoridad ambiental competente establece cada cinco años la meta de reducción de carga contaminante para cada cuerpo de agua, dicha meta se define de acuerdo a las sustancias objeto del cobro de la tasa, esta se expresa como la carga total de contaminante durante un semestre, vertida por las fuentes presentes y futuras.

**Artículo 6.** Procedimiento para el establecimiento de la meta de reducción.

- La autoridad ambiental identifica las fuentes que realizan vertimientos (sujetas al pago de la tasa).
- Se calcula la carga total contaminante de cada sustancia vertida al cuerpo de agua de cada contaminante.
- Presentación de la información anterior por parte del Director General al Consejo Directivo, con el fin de que este determine la meta de reducción de carga contaminante.

- El consejo tendrá 90 días calendario, a partir del momento de preservación de la información, para definir las metas; en caso de incumplimiento el director procederá dentro de los quince (15) días siguientes al vencimiento del plazo anterior, a establecer la meta.

**Artículo 14.** Sujeto pasivo de la Tasa. Están obligados al pago de la Tasa todos los usuarios que realicen vertimientos puntuales o a la entidad que preste el servicio de alcantarillado.

**Artículo 15.** Competencia para el recaudo. Las Corporaciones Autónomas Regionales son competentes para recaudar la Tasa.

**Artículo 16.** Información para el cálculo del monto a cobrar. El sujeto pasivo de la tasa retributiva presentara semestralmente a la autoridad ambiental, una declaración sustentada con una caracterización representativa de sus vertimientos, de conformidad con un formato expedida por ella.

**Artículo 20.** Forma de cobro. La autoridad ambiental cobrara las tasas retributivas mensualmente mediante factura de cobro.

En la **Resolución 081 de 2001** se adopta el formulario de información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos

**Artículo 1.** Se adopta el formato "Formulario de información relacionado con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos" y el respectivo instructivo para su diligenciamiento

**Artículo 2.** El formulario diligenciado es remitido por las autoridades ambientales competentes al Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible cada seis (6) meses

**Artículo 3.** El Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible evaluará y posteriormente divulgará la información sobre las tasas retributivas.

**Ley 812 de 2002** del Plan Nacional de Desarrollo, indica el Artículo 90. Destinación de los recaudos de la tasa retributiva por vertimientos. Los recaudos de la tasa retributiva por vertimientos serán destinados a proyectos de inversión de descontaminación hídrica y monitoreo de la calidad de agua.

**El Decreto 3100 de 2003 del MADS** reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales, de igual manera contempla lo relacionado respecto al establecimiento de la tarifa mínima y su ajuste regional, de igual manera establece los sujetos pasivos de la tasa, los mecanismos de recaudo, fiscalización y control, y el procedimiento de reclamación.

**Decreto 3440 de 2004 del MADS** por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 3100 de 2003, se adoptan otras disposiciones, relacionadas al cobro de la tasa retributiva, proyectos de inversión en descontaminación hídrica, metas de reducción, sujeto pasivo de la tasa, forma de cobro, presentación de reclamos y aclaraciones, reporte de actividades, disposición transitoria y vigencia.

**Ley 1450 de 2011** “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014, el Artículo 211 en lo que conlleva a la modificación de los siguientes párrafos al artículo 42 de la Ley 99 de 1993:

**Parágrafo 1º.** Las tasas retributivas son aplicadas a la contaminación causada por encima de los límites permisibles. El cobro de esta tasa NO implica la legalización del pertinente vertimiento.

**Parágrafo 2º.** Los recaudos de las tasas retributivas serán destinados a proyectos de inversión en descontaminación y monitoreo del recurso. Para cubrir los gastos de implementación y seguimiento de la tasa, la autoridad ambiental competente podrá utilizar hasta el 10% de los recursos recaudados.

**Parágrafo 3º.** Los recursos provenientes del recaudo de las tasas compensatorias se destinarán a la protección y renovación del recurso natural respectivo, teniendo en cuenta las directrices del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, o quien haga sus veces. Para cubrir gastos de implementación y seguimiento de la tasa, la autoridad ambiental podrá utilizar hasta el diez por ciento (10%) de los recaudos”.

**Decreto 2667 de 2012 del MADS** “por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras



determinaciones” tal decreto aplica a las Corporaciones Autónomas Regionales y a usuarios que realizan vertimientos sobre el recurso hídrico.

### **4.3. MARCO CONCEPTUAL**

CORPOBOYACÁ siendo la autoridad ambiental en este caso, tiene el deber de cumplir la normatividad presentada anteriormente respecto a la implementación de la Tasa Retributiva como herramienta económica y legal para la minimización del costo ambiental de acuerdo a la disminución de las cargas de DBO Y SST (Las cuales son aportadas al recurso hídrico por actividades antrópicas) a través de metas de descontaminación.

#### **4.3.1. Definición de tasa retributiva**

Consiste en un instrumento económico que es cobrado por la autoridad ambiental competente a los usuarios que incurran en la utilización del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales directos o indirectos, esta tasa se cobra por la totalidad de la carga contaminante descargada por el usuario al recurso hídrico.

#### **4.3.2. Tasa como instrumento económico**

La tasa retributiva se plantea principalmente para la disminución del costo respecto a los niveles específicos de calidad ambiental establecidos en la instrumentación de Comando y Control, permitiendo un mayor crecimiento económico

#### **4.3.3. Características y ventajas de los instrumentos.**

Los instrumentos de regulación directa o bien de Comando y Control se fundamentan en la divulgación y obligatoriedad de normas en lo que concierne al medio ambiente (calidad ambiental, manejo y conservación de recursos naturales renovables). El estado constituye formas de intervención directa, para ejercer control normativo respecto a tales ámbitos.

Dichos instrumentos son los encargados de sensibilizar a las personas y/o empresas (públicas o privadas) que afectan el recurso hídrico de tal manera que enmienden las decisiones tomadas a partir de la reducción de contaminación, buscando la reducción de sus costos hasta que el costo de control interno sea igual a pagar la tasa.

Respecto a la tasa por kilogramo de contaminante vertido debe ser equitativa para los productores, por tal razón las empresas realizan cierta comparación de costos de descontaminación con el pago de tasas, reevaluando con el comité de cuenca regional la meta de contaminación cada cinco años. Y así tomen las decisiones económicas más acertadas cumpliendo con el programa de descontaminación hídrica.

Otra ventaja de la implementación de la tasa retributiva es la nueva generación de empleo y mercado, a partir de esta se adaptan modelos económicos ambientales implementando sistemas de tratamiento de aguas residuales, procesos de reconversión industrial hacia tecnologías más limpias y productivas, cambio y reciclaje de insumos, reutilización de aguas servidas, sistemas de monitoreo y medición de la calidad del recurso hídrico, investigaciones y consultorías en medio ambiente, maquinaria, equipos y software especializado en aspectos relacionados, generando un amplia demanda de servicios profesionales.

Al incentivar la adopción de tecnologías más limpias, las empresas o sectores regulados buscaran nuevas alternativas que permitan reducir su contaminación en forma costo – efectiva. De esta forma el contaminador puede estimar el valor presente de pagar el flujo de cinco años de tasas sobre su contaminación actual y compararlo con un portafolio de opciones de inversión en tecnologías y métodos de reducción de contaminación, y seleccionar las opciones que minimizar su costo total.

#### **4.3.4. Impactos de contaminación con materia orgánica y sólidos en suspensión**

Teniendo en cuenta que la demanda biológica de oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno extraído del agua, el material orgánico contenido se degrada y se descompone; junto con los sólidos suspendidos (SST) restringen el uso del agua y crean la necesidad de un tratamiento adecuado. Las aguas residuales industriales y domésticas por lo general son descargadas en extensiones de agua cercanas afectando el recurso hídrico en general, ya que, el oxígeno disminuye debido a la descomposición de materia orgánica, siendo este de vital importancia para el equilibrio eco sistémico y para la vida acuática.

#### 4.3.5. Usos del agua según el Decreto 1076 de 2015 del MADS

Respecto al Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Destinación Genérica De Las Aguas Superficiales, Subterráneas Y Marinas se establece el siguiente artículo relacionado a los usos del agua:

**ARTÍCULO 2.2.3.3.2.1. Usos del agua.** Para los efectos del presente decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua:

- **Consumo humano y doméstico.** Considerada como bebida directa, preparación de alimentos para consumo inmediato, de igual manera implementada en la higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- **Preservación de flora y fauna.** Destinadas para conservar la vida natural de los ecosistemas, sin causar alteraciones sensibles en ellos.
- **Agrícola.** Utilizada principalmente para la para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias.
- **Pecuario.** El consumo es netamente para el consumo de animales (ganado y diferentes especies), así como para otras actividades conexas y complementarias.
- **Recreativo.** Se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce:
  - Contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales.
  - Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.
- **Industrial.** Se entiende por uso industrial del agua, su utilización en actividades tales como: procesos manufactureros de transformación, generación de energía, minería, hidrocarburos, fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares y elaboración de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.

- **Estético.** Es aplicado este concepto para el uso estético el uso del agua, armonización y embellecimiento del paisaje.
- **Pesca, Maricultura y Acuicultura.** Se entiende por uso para pesca, maricultura y acuicultura su utilización en actividades de reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, sin causar alteraciones en los ecosistemas en los que se desarrollan estas actividades.
- **Navegación y Transporte Acuático.** Se entiende por uso del agua para transporte su utilización para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales por contacto directo.

#### 4.3.6. Aspectos socioeconómicos de la cuenca del Río Minero

Con relación a las actividades productivas identificadas en los municipios pertenecientes a la cuenca del río Minero, según información recopilada en los Planes de Desarrollo Municipales vigencia 2020 – 2023, las principales actividades socioeconómicas en la provincia de occidente se concentran en producción agrícola, pecuaria e industrial.

El municipio de La Victoria la mayor parte de su producción agrícola se sustenta en el café, la caña de azúcar, el cacao, el plátano, la yuca, el aguacate, además de la producción ganadera que proporciona una fuente adicional de ingresos; si bien el municipio hace parte del área esmeraldera del occidente de Boyacá, la explotación ha sido incipiente y no se reconoce como actividad económica. El turismo en La Victoria es principalmente de tipo ecológico. (Alcaldía de La Victoria,2020)

En el municipio de Coper se desarrollan cultivos de café, cacao, caña de azúcar, plátano hartón chontaduro y frutales. Se identifican asociaciones de productores de los cultivos anteriormente mencionados. Así mismo, este municipio se reconoce como uno de los principales productores de ganado vacuno, equino y porcino en la provincia de occidente. Actualmente se considera que la explotación de minerales puede ser una alternativa viable para optimizar ingresos de sus habitantes. (Alcaldía de Coper,2020)

Para el municipio de Quípama su economía local principalmente en el escenario rural se concentra en cultivos de café, frutales, caña, yuca, plátano, frijol, tomate y maíz, se desarrollan otras actividades como la piscicultura y ganadería de especies menores. Sin embargo, el sector agropecuario no ha contado con suficiente apoyo y esto disminuido las opciones laborales y de ingreso para los habitantes.(Alcaldía de Quípama,2020)

El municipio de Muzo en la actualidad ofrece cultivos permanentes de cacao, caña, café y frutales, de esta producción se encuentran consolidadas siete asociaciones agrícolas, como cultivos transitorios se encuentra el frijol, maíz y maní. En la producción pecuaria se destaca el ganado bovino en el municipio, de igual manera, se realiza producción de ganado porcino, avícola y piscícola. Como actividad económica en el municipio se destaca la minería, siendo así considerado como el principal centro esmeraldero del departamento y del país. Esta riqueza mineral ha atraído inversionistas en la zona, sin embargo, no se ha logrado disminuir algunos indicadores de pobreza. (Alcaldía de Muzo, 2020)

En el municipio de Pauna se destaca la producción de maíz, yuca, café, cacao, cítricos, plátano, guayaba, maní y hortalizas. Así mismo, algunas veredas de este municipio se han especializado en la producción doble propósito de ganado, aplicando sistemas silvopastoriles. En el municipio de Briceño se identifica actividad agrícola y pecuaria. En el municipio de Tununguá según información oficial se estima que el 85% de la población se dedica a la agricultura y el 15% a la producción pecuaria de ganado bovino y porcino. El municipio de San Pablo de Borbur desarrolla actividades como la ganadería, la agricultura, la silvicultura y la minería. Finalmente, el municipio de Otanche muestra actividad agrícola, ganadera y forestal a pequeña escala. (CAR,Corpoboyacá,MinAmbiente, 2016)



## 5. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA CUENCA

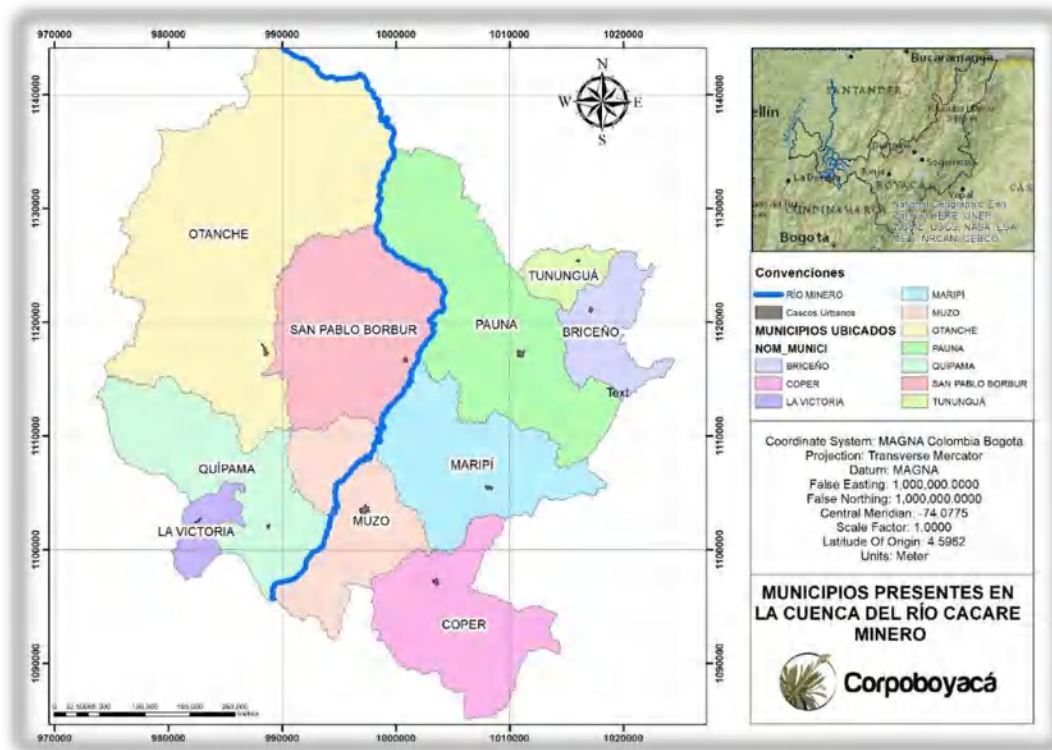
El área de estudio comprende un total de diez (10) municipios, entre los cuales se encuentran: Quípama, La Victoria, Muzo, Coper, Maripí, Pauna, Tununguá, Briceño, San Pablo de Borbur y Otanche. Por otra parte, El área total de la cuenca en la jurisdicción de CORPOBOYACÁ es de aproximadamente 1531,19 Km<sup>2</sup>, en la cual el Río Minero va desde el municipio de Quípama hasta el municipio de Otanche, con una longitud aproximada del cauce principal de 58.2 Km y una variación altitudinal que va desde los 617 hasta los 331 m.s.n.m.

**Tabla 1.** *Municipios que conforman la cuenca del río Minero*

MUNICIPIOS DE LA CUENCA	
Quípama	Pauna
La Victoria	Tununguá
Muzo	Briceño
Coper	San Pablo de Borbur
Maripí	Otanche

Fuente: Corpoboyacá

**Figura 1.** *Mapa político de la cuenca del Río Minero*



Fuente: Corpoboyacá.

Según la zonificación hidrográfica establecida por el IDEAM y con el soporte del sistema de información geográfica del Instituto Geográfico Corpoboyacá, se definió la siguiente codificación de cuencas para el río Minero en la jurisdicción de la Corporación.

**Tabla 2. Zonificación Hidrográfica**

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUBZONA HIDROGRÁFICA
MAGDALENA - CAUCA 2	MEDIO MAGDALENA 23	RÍO CARARE (MINERO) SZH 2312

Fuente: IDEAM.

Para realizar el diagnóstico de la calidad de la fuente hídrica, de las características físicas y usos actuales del Río Minero en jurisdicción de Corpoboyacá, se definieron 11 sitios para realizar campañas de monitoreo en la corriente principal (Estaciones de monitoreo) y afluentes (Puntos de monitoreo). Estas estaciones y puntos se establecieron de acuerdo a los lugares en la cuenca del Río Minero donde las pendientes eran aptas y también que dichos puntos sean lo más accesibles para la toma de monitoreos como lo son puentes o zonas donde la vía se encuentra con el río. Además, se definieron teniendo en cuenta los principales aportes de cargas contaminantes y usuarios que existen en la corriente principal del Río Minero.

En la siguiente tabla se representa la ubicación georreferenciada de los puntos y estaciones monitoreadas en el mes de julio del año 2021:

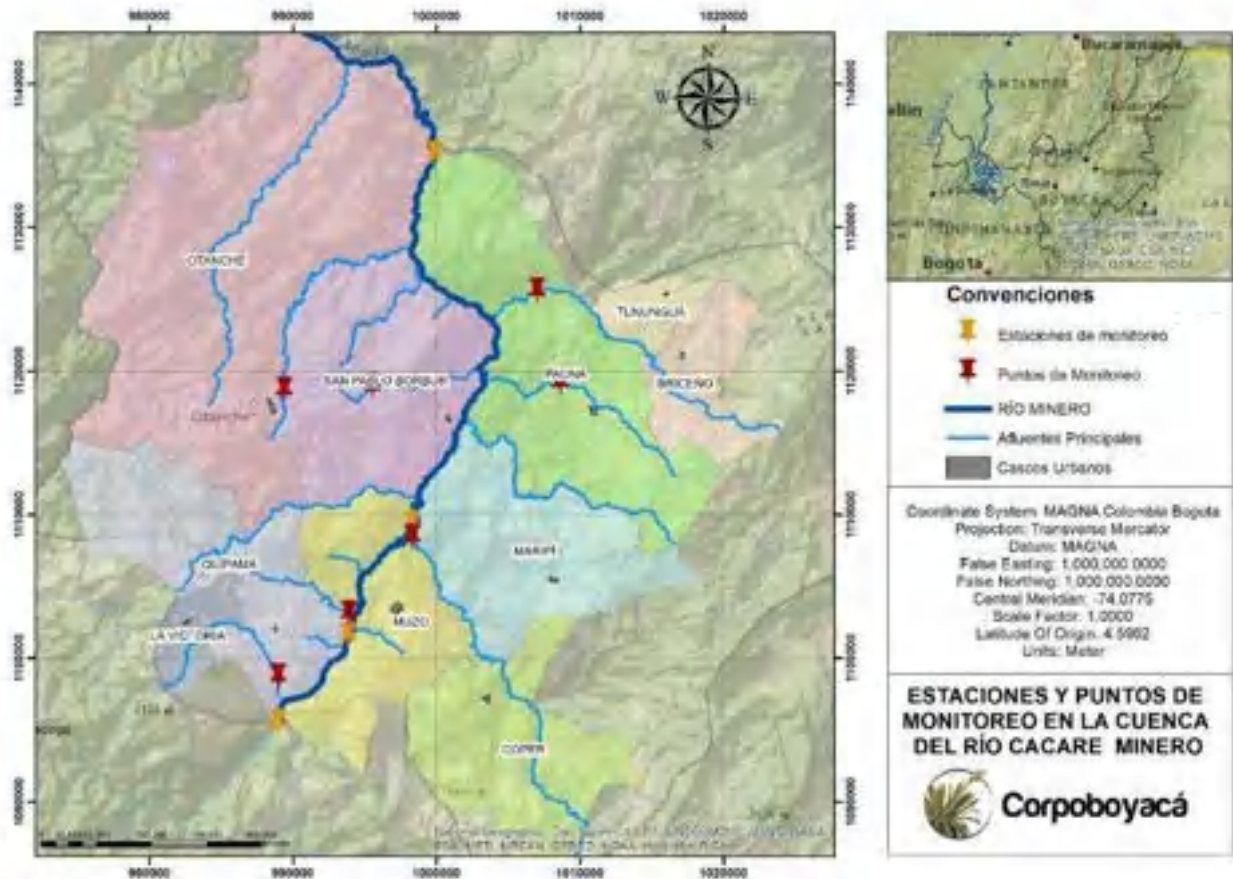
**Tabla 3. Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del Río Minero.**

ID	NOMBRE DEL PUNTO	PUNTO/ ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD
1	Río Minero - Estación de inicio	Estación	5°27'35.07" N	74°10'35.89" W
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	Punto	5°29'18.94" N	74°10'36.13" W
3	Río Minero – Puente vía a Muzo	Estación	5°30'53.03" N	74°7'57.14" W
4	Quebrada Itoco - El mango Puerto Arturo	Punto	5°31'42.48" N	74°7'56.65" W
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	Punto	5°34'35.40" N	74°5'31.88" W
6	Río Minero - Mina Polveros	Estación	5°35'5.85" N	74°5'37.85" W
7	Quebrada Paunera después de Manotera	Punto	5°40'26.9" N	73°59'58.1" W
8	Quebrada Buri Buri - CP San Martín	Punto	5°40'17.26" N	74°7'2.70" W
9	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	Punto	5°43'53.14" N	74°0'49.47" W
10	Quebrada Tambrías - Otanche	Punto	5°40'9.20" N	74°10'22.23" W
11	Río Minero - Estación final Otro mundo	Estación	5°49'3.90" N	74°4'43.55" W

Fuente: Corpoboyacá.

En la siguiente figura se presenta la distribución espacial de los sitios de monitoreo


**Figura 2.** Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del Río Minero



Fuente: Corpoboyacá.

A continuación, se presentará una descripción de cada uno de las estaciones y puntos de monitoreo sobre el Río Minero y sus principales afluentes.

**Tabla 4.** Descripción de las estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del Río Minero.

PUNTO 1. RÍO MINERO - ESTACIÓN DE INICIO	
	<p>El punto más accesible en la zona es cerca al puente del Río Guaquimay, antes de la confluencia con el río negro y posterior nacimiento del Río Minero. Se encuentra en la frontera del departamento de Boyacá con Cundinamarca.</p>



**PUNTO 2. QUEBRADA EL BATÁN - QUÍPAMA Y LA VICTORIA**



La Quebrada El Batán se encuentra al sur de la cuenca del Río Minero. Lleva los vertimientos de los municipios de Quípama y La Victoria. El acceso a la Quebrada se encuentra ubicado cerca del Puente a mano izquierda sobre la vía de Quípama hacia Paime en el departamento de Cundinamarca.

**PUNTO 3. RÍO MINERO – PUENTE VÍA A MUZO**



Este punto de acceso se encuentra en el primer puente que se encuentra entre la vía de Muzo que dirige a Quípama; es el único puente sobre el Río minero sobre esa vía. En este punto se encuentra un pequeño caserío, una piscina y una tienda.

**PUNTO 4. QUEBRADA ITOCO – EL MANGO PUERTO ARTURO**



Este punto se encuentra en la vía Muzo – Quípama. Hay dos rutas de acceso a este punto. La primera es necesario ingresar a la propiedad privada de la Mina Puerto Arturo hasta llegar al corregimiento Mata de Café y posteriormente llegar directamente a la quebrada Itoco en la Vereda El Mango. La segunda ruta de ingreso es por la vía de Quípama que dirige a Muzo antes de llegar al puente del Río Minero, donde se realiza un desvío a mano izquierda para bajar al río, esta última es la más recomendada, ya que, la vía es de dominio público y es de fácil acceso a la quebrada.

Esta quebrada es afluente al río minero, sin embargo, posee características particulares en cuanto a su calidad debido a la actividad de explotación de esmeralda que impacta directamente a la quebrada aguas arriba de la confluencia con el río Minero.

**PUNTO 5. RÍO GUAZO O PALENQUE – COPER Y MARIPI**



El punto se encuentra ubicado por la vía de Muzo a Pauna por el aeropuerto que conduce al Centro poblado de Zulia. El río Guazo es uno de los aportantes más importantes de la cuenca en términos de cantidad. Este río lleva consigo los vertimientos de Coper y Maripí.

**PUNTO 6. RÍO MINERO – MINA POLVEROS**



Ubicado sobre la vía que de Muzo sale hacia Pauna por la vía del aeropuerto la cual conduce al centro poblado de Zulia. Este punto queda unos metros más adelante del punto del río Guazo/Palenque ubicado en la Vereda Polveros. Queda junto al casino de la Mina Polveros, una mina de explotación de esmeraldas. Es uno de los puntos más accesibles al río Minero. En este punto las condiciones batimétricas cambian y aumenta el caudal, debido a la corriente principal.

**PUNTO 7. QUEBRADA PAUNERA DESPUÉS DE MANOTERA**



Este punto se encuentra en la vía Pauna - San Pablo de Borbur tomando un desvío a mano derecha después de las Piscinas del Hotel Las Reliquias. Cuando se acaba la vía, se tiene que caminar desde una vivienda que posee actividades agrícolas hasta el lugar de monitoreo aproximadamente 20 minutos. Este punto es de gran importancia ya que, en esta parte se une la quebrada Paunera con la quebrada Manotera. La quebrada Paunera recoge los vertimientos de Pauna y la Quebrada Manotera la cual lleva los vertimientos de las diferentes actividades económicas de Pauna.

**PUNTO 8. QUEBRADA BURI BURI – CP SAN MARTÍN**



Este punto se encuentra ingresando al centro poblado San Martín del municipio de San Pablo de Borbur, el cual se encuentra aproximadamente en el kilómetro 17 de la vía de San Pablo de Borbur a Otanche, se desvía a mano derecha para llegar a San Martín, este punto es de fácil acceso. El punto se encuentra en el primer puente sobre la Quebrada Buri Buri que lleva la vía ingresando por el centro poblado a 2 km sobre la vía principal. Este puente no es muy alto y la vía se encuentra en buenas condiciones. Dicha quebrada recoge los vertimientos del Centro poblado de San Martín, que luego aguas abajo llega al río minero.



**PUNTO 9. RÍO IBACAPÍ - TUNUNGUÁ Y BRICEÑO**



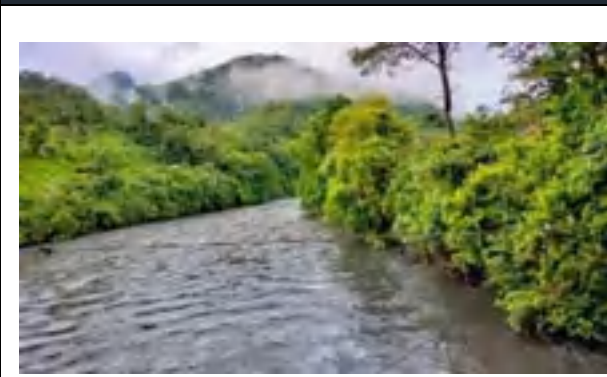
Este punto se encuentra en el único puente que se encuentra en la vía que sale de Pauna hacia la vereda Ibacapí bajo. El acceso al río se toma antes del puente a mano derecha, la toma de las muestras se debe hacer a 100 metros aproximadamente aguas arriba de la confluencia. Este río recoge los vertimientos de Tununguá y Briceño

**PUNTO 10. QUEBRADA TAMBRÍAS - OTANCHE**



Este punto se encuentra en el municipio de Otanche. El acceso a esta quebrada es sencillo, se caminan 300 mts desde la escuela (evidencia en Google Earth) hasta llegar al puente de carga liviana, los vertimientos que recoge esta quebrada son los del municipio Otanche. En este punto se ve que se realizan paseos de olla.

**PUNTO 11. RÍO MINERO – ESTACIÓN FINAL OTRO MUNDO**



Este es el punto más alejado en cuanto a distancia y tiempo. El acceso se realiza desviando a mano derecha sobre la vía Otanche – Puerto Boyacá, luego se desvía en el caserío de San José de Nazareth finalmente se llega a otro mundo, en límites de los departamentos de Boyacá y Santander a través de un puente peatonal. Este es el último punto de fácil acceso al río Minero donde el río puede alcanzar entre 80 a 100 mts de ancho, unos metros aguas abajo del puente peatonal se encuentra un afluente llamado quebrada La Guaz proveniente del municipio de Florián, Santander.

Fuente: Corpoboyacá.

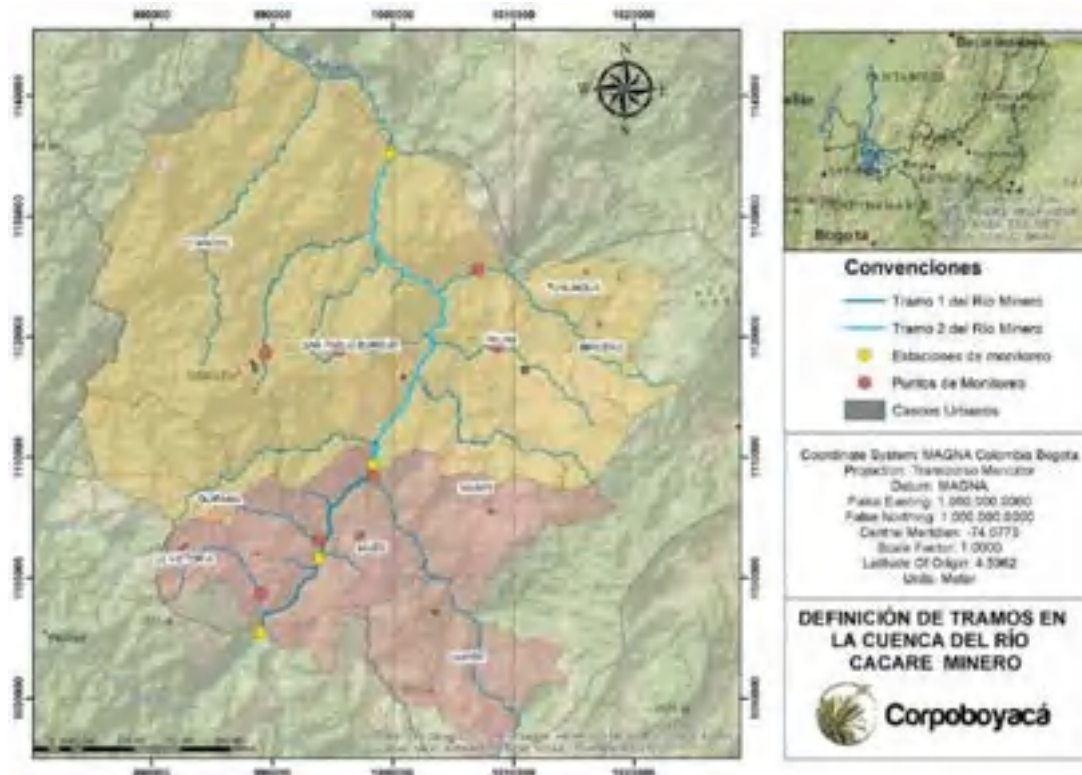
**5.1. TRAMOS DEFINIDOS PARA LA CUENCA**

La división de los tramos se realizó a partir de información topográfica, esta determina hacia donde fluye el agua, teniendo en cuenta que las subcuencas son el área en la que un drenaje-afluente fluye directamente al río principal de una cuenca, en este caso al Río Minero que este a su vez desemboca en la cuenca del río Magdalena y las microcuencas son los flujos principales que llegan directamente al río, por ende, las fuentes hídricas bajan a cierto afluente

por pendiente. Es por eso que la división de tramos se realiza de acuerdo al orden de drenaje de las microcuencas.

La división se hace en la estación de Mina polveros, ya que, las condiciones hidrológicas cambian en su morfología. Por otra parte, la configuración litológica puede determinar la existencia de rupturas de pendientes o estrechamientos de lechos que hacen aumentar la velocidad de agua lo cual se refleja en la reducción de la pendiente y aumenta la profundidad; en algunos tramos en las que las condiciones no varían, ello implica la existencia de un recubrimiento aluvial del lecho que constituye una reserva permanente y no modificable de elementos desigualmente móviles.

**Figura 3. Mapa división de tramos**



Fuente: Corpoboyacá.

**Tabla 5. División de los municipios de la cuenca del Río Minero en los tramos establecidos.**

MUNICIPIOS - TRAMO 1	MUNICIPIOS - TRAMO 2
Quípama	Quípama
La Victoria	Maripí
Coper	San Pablo de Borbur
Maripí	Pauna
Muzo	Briceño
	Tununguá
	Otanche

Fuente: Corpoboyacá.

### 5.1.1. Tramo 1 Cuenca Río Minero

**Tabla 6 Descripción tramo 1 Cuenca Río Minero**

TRAMO 1			
<b>Desde</b>	Río Minero - Estación de inicio	5°27'35.07" N	74°10'35.89" W
<b>Hasta</b>	Río Minero - Mina Polveros	5°35'5.85" N	74°5'37.85" W

Fuente: Corpoboyacá

**Tabla 7. Estaciones y Puntos de monitoreo del Tramo 1**

No	NOMBRE ESTACIONES - TRAMO 1
E1	Río Minero - Estación de inicio
P1	Q. El Batán - Quípama y La Victoria
E2	Río Minero - Puente vía a Muzo
P2	Q. Itoco - El mango Pto Arturo
P3	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí
E3	Río Minero - Mina Polveros

Fuente: Corpoboyacá

### 5.1.2. Tramo 2 Cuenca Río Minero

**Tabla 8. Descripción Tramo 2 - Cuenca Río Minero.**

TRAMO 2			
<b>Desde</b>	Río Minero - Mina Polveros	5°35'5.85" N	74°5'37.85" W
<b>Hasta</b>	Río Minero - Estación final Otro mundo	5°49'3.90" N	74°4'43.55" W

Fuente: Corpoboyacá

**Tabla 9. Estaciones y Puntos de monitoreo del Tramo 2.**

No	NOMBRE ESTACIONES - TRAMO 1
P4	Quebrada Paunera después de Manotera
P5	Quebrada Buri Buri - CP San Martín
P6	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño
P7	Quebrada Tambrías - Otanche
E4	Río Minero - Estación final Otro mundo

Fuente: Corpoboyacá

## 5.2. HIDROLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MINERO

### 5.2.1. Perfil Longitudinal De La Corriente Principal Del Río Minero

La corriente principal del río Minero tiene una longitud aproximada de 75 km (75.000 m), el kilómetro ±0.00 se encuentra localizado en las coordenadas 5°27'40.58"N - 74°10'27.62"O a una altura de 620 m.s.n.m, entre la jurisdicción de Quípama y Muzo, el kilómetro ±75.00 se encuentra localizado en las coordenadas 5°54'39.99"N - 74°10'49.09"O a una altura de 264 m.s.n.m.

Se presenta una diferencia de altura de 356m, desde el nacimiento del río minero, hasta la unión con la quebrada los mártires, además, el río presenta un pendiente promedio calculada de la siguiente manera:

Donde:

S: Pendiente  
CM: Cota Mayor  
Cm: Cota Menor  
L: Longitud

$$S (\%) = \frac{CM - Cm}{L} \times 100$$

$$S (\%) = \frac{620 m - 264m}{75000m} \times 100$$

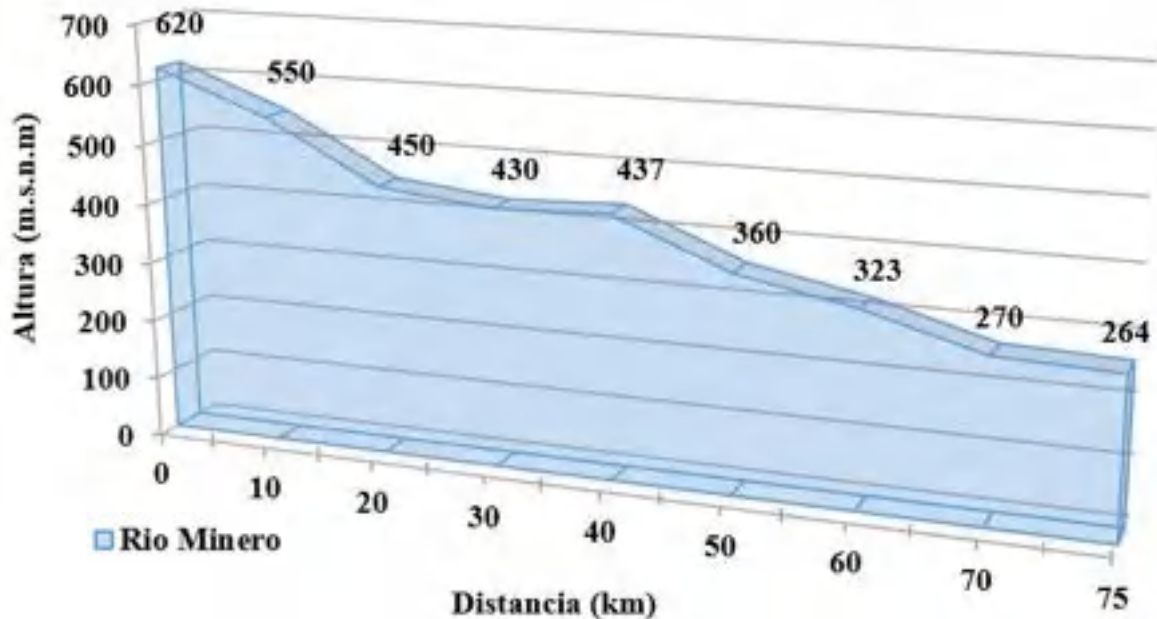
$$S = 0.47 \% \text{ o } 0.0047 \frac{m}{m}$$

El río minero presenta a lo largo del curso, varias zonas, segmentos o regiones, atendiendo a la variación espacial de ciertas características como son: pendiente, velocidad de corriente, temperatura del agua y otros factores fisicoquímicos y microbiológicos, entre estos segmentos podemos establecer tres (3) los cuales son Cusco alto, Curso medio y Curso bajo.

- **Curso alto:** Está comprendido entre el tramo inicial  $\pm 0.00$  km hasta  $\pm 10.50$  km donde se une con el afluente, quebrada desaguadero. En este tramo podemos denotar flujos turbulentos, partículas del fondo con tamaños gruesos y temperatura del agua baja.
- **Curso medio:** Está comprendido entre el tramo  $\pm 10.50$  km hasta  $\pm 30.50$  km donde se encuentra el cruce montañoso y de relieve conocido como fura y tena. En este tramo tanto en el curso bajo, se presenta un flujo laminar, partículas de fino tamaño y temperatura del agua más alta.
- **Curso bajo:** Está comprendido entre el tramo  $\pm 30.50$  km hasta  $\pm 75.00$  km.



**Figura 4.** Perfil longitudinal de la cuenca del Río Minero.



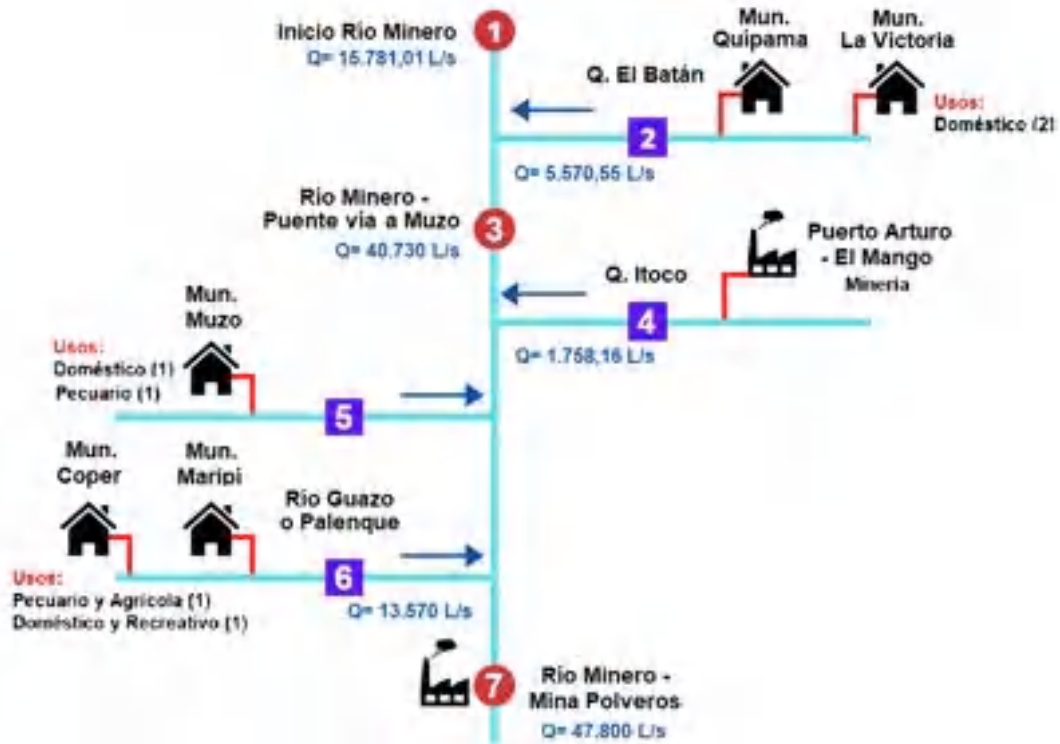
Fuente: Corpoboyacá.

### 5.2.2. Topología De La Corriente Del Río Minero

La topología del Río Minero relaciona la distribución espacial de los diferentes puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca. El Río Minero posee unas condiciones únicas en las cuales las condiciones topográficas, hidromorfológicas y de la ubicación de los municipios a lo largo de la cuenca hace que la mayoría de puntos de monitoreo se realicen en sus afluentes teniendo en cuenta los principales aportes de cargas contaminantes y usuarios que existen.

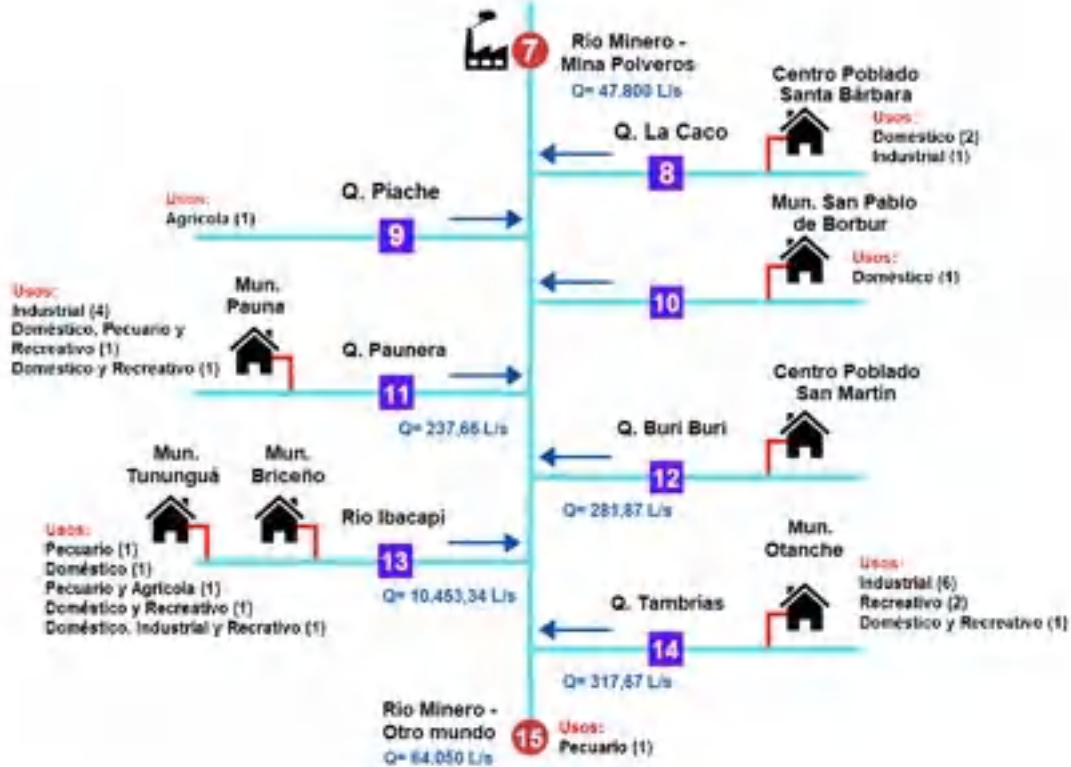
De los 11 puntos de monitoreo establecidas por CORPOBOYACÁ para realizar levantamientos hidrométricos, 4 se encuentran sobre la corriente principal en la parte alta del río Minero y se conectan a este los otros 7 puntos de monitoreo de afluentes los cuales depositan sus aguas en la corriente principal, de los cuales 5 afluentes reciben los vertimientos de los municipio de Quípama, La Victoria, Maripí, Coper, Pauna, Tununguá, Briceño y Otanche, junto a los vertimientos que se producen por la actividad minera en Puerto Arturo en el municipio de Muzo.

Figura 5. Topología Cuenca del Río Minero – Tramo 1.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 6. Topología Cuenca del Río Minero – Tramo 2.



Fuente: Corpoboyacá.

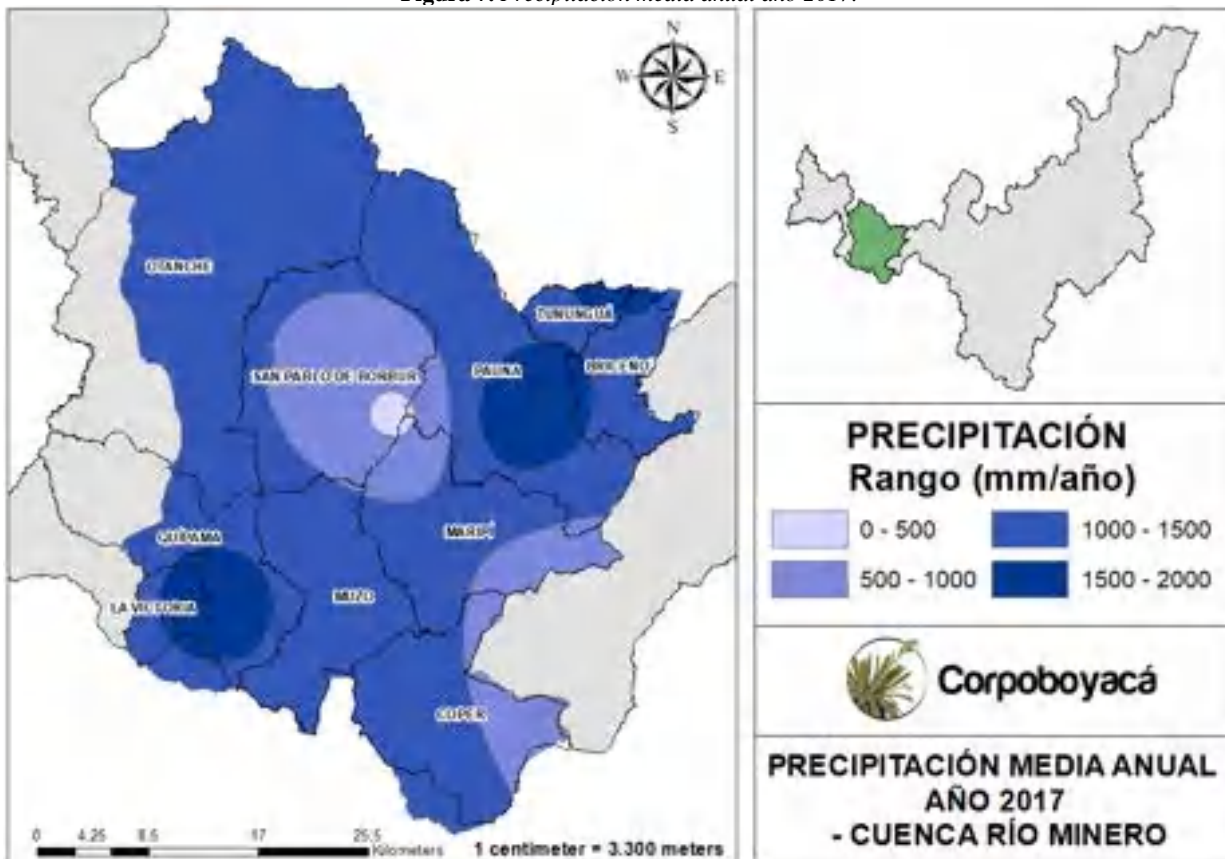


### 5.3. CLIMATOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO MINERO

Los siguientes datos y valores de temperatura y precipitación media para la realización de los mapas, fueron tomados del IDEAM de los años 2012 y 2017 respectivamente.

#### 5.3.1. Precipitación

**Figura 7.** Precipitación media anual año 2017.

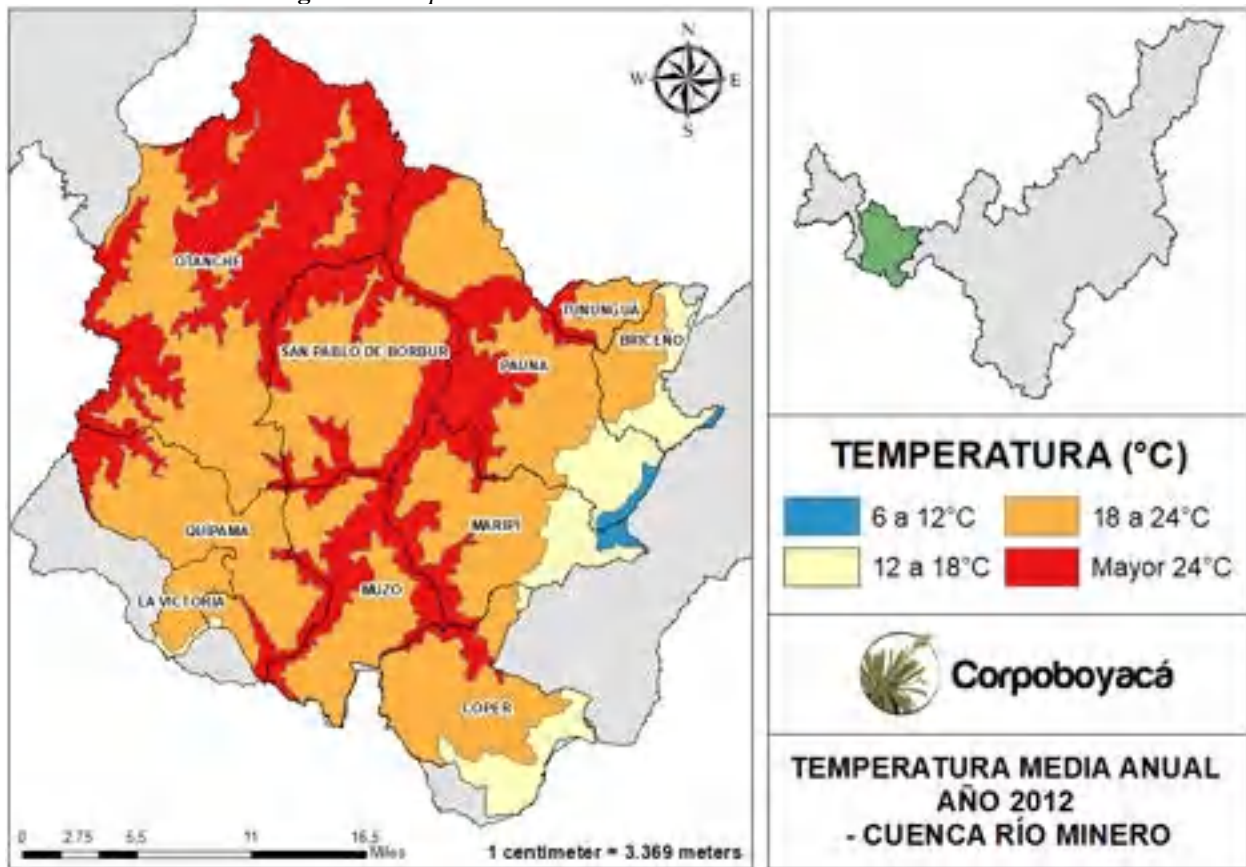


Fuente: Corpoboyacá.

De acuerdo a la gráfica anterior, la cuenca del Río Minero presenta una buena cantidad de en general posee una precipitación media en un rango entre los 1000 a 1500 mm por año. En la cuenca del Río Minero predomina una forma concéntrica, las precipitaciones más bajas se encuentran cerca del casco urbano de San Pablo de Borbur mientras que las mayores precipitaciones de entre 1500 y 2000 mm se presentan entre los municipios de Quípama y La Victoria junto al municipio de Pauna en su casco urbano.

### 5.3.2. Temperatura

**Figura 8.** Temperatura media anual año 2012 - Cuenca Río Minero.



Fuente: Corpoboyacá.







La temperatura en la cuenca del Río Minero presenta un gradiente positivo cerca de sus corrientes principales. Según la gráfica, el rango de temperatura media que predomina en la cuenca es la de los 18 a 24°C con una clasificación de “templado”. La cuenca posee en general cuatro tipos de temperatura que van desde los 6°C hasta temperaturas mayores de los 24°C. Los mayores valores registrados por encima de los 24°C se encuentran cerca de la ronda del Río Minero, Río Guazo, Río Ibacapí, Quebrada Tambrías y la Serranía de las Quinchas mientras que las temperaturas más frías se presentan en la zona oriental de la cuenca en las montañas, en las partes altas de los municipios de Coper Maripí, Pauna y Briceño.

## 6. CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

### 6.1. METODOLOGÍA

La empresa UNIÓN TEMPORAL PROALQUIM LTDA realizó monitoreos y caracterizaciones a los diferentes cuerpos de agua del Río Minero. Para lo cual, se establecieron Once (11) estaciones y puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca. Se determinaron parámetros *in situ* como caudal, pH, temperatura ambiente y de la muestra, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y sólidos sedimentables. Para esto utilizaron los siguientes equipos:

**Tabla 10** Equipos para medición de parámetros In-situ

EQUIPO	MARCA	PARÁMETRO A MEDIR
ADCP 	RiverSurveyor de SonTek	Caudal
CORRENTÓMETRO O MOLINETE 	Contador OTT Z400 + Molinete	Caudal
PHMETRO 	Medidor de pH Ohaus	pH
CONDUCTÍMETRO 	Medidor de conductividad Ohaus	Conductividad
OXÍMETRO y TERMÓMETRO 	Oxímetro handylab OX12 de SCHOTT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno disuelto</li> <li>• % de saturación de oxígeno</li> <li>• Temperatura</li> </ul>
CONOS DE IMHOFF 	Kartell	Sólidos sedimentables

Fuente: Unión temporal Proalquim Ltda. 2021

## 6.2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

Teniendo en cuenta que el caudal se considera como la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal...) por unidad de tiempo (Según la RAE). Para la determinación de caudales en el Río Minero se utilizaron los siguientes métodos: Método acústico doppler y el aforo con correntómetro o molinete.

Matemáticamente el caudal se expresa de la siguiente manera. Igualmente se puede determinar a través de la ecuación de continuidad de flujo. Así:

$$Q = A * V$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3\text{/s)}$$

$$A = \text{Área transversal (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Velocidad (m/s)}$$

De acuerdo a la profundidad del cuerpo de agua se implementó el respectivo método; para las corrientes de agua bajas determinaron el caudal a partir del aforo con molinete por vadeo, para el método de vadeo generalmente se emplea el correntómetro o molinete, este es un sistema de hélice que presenta mayor precisión y versatilidad para las diferentes condiciones de flujo; la turbulencia y la presencia de sedimentos en el agua esto afectan en menor grado al molinete de hélice (Torres Ramos, 2018). Este método se utiliza cuando la profundidad es menor a un (1) metro y la velocidad de la corriente no supera un metro por segundo ( $1_{m/s}$ ). En dichas condiciones los técnicos y equipos respectivos ingresan al cauce con seguridad, garantizando que la medición se realice con comodidad y sin riesgo. (INVEMAR, IDEAM, MINAMBIENTE, 2017)

Luego para corrientes medias y altas con profundidades mayores a un (1) metro se utilizó el método acústico doppler. El cual, se caracteriza por tener la capacidad de medir caudales en un campo en 3D adquiriendo de esta manera información que no es posible obtener por otros métodos convencionales como lo son por ejemplo los molinetes. (Flores Nieto, 2016) .

El ADCP a través del programa SonTek RiverSurveyor Live4 mide simultáneamente la profundidad y velocidad del cauce, el instrumento determina el caudal parcial a medida que la embarcación atraviesa el río esto equivale a una travesía. Por ende, para obtener un valor más exacto



del caudal promedio es necesario hacer mínimo seis travesías (de izquierda a derecha o viceversa). (INVEMAR, IDEAM, MINAMBIENTE, 2017)

Esta tecnología se basa en el efecto Doppler, el cual consiste en el cambio de frecuencia que produce una partícula transportada por un flujo ante el rebote acústico; este equipamiento acústico transmite pulsos sonoros con una frecuencia fija y se escucha el eco que rebota de las partículas suspendidas pueden ser sedimentos o plancton. (Muniz Gamaro, 2012)

A continuación, se presentan los datos de caudal obtenidos por el laboratorio UNIÓN TEMPORAL PROALQUIM LTDA, en el cual se enuncian las estaciones y puntos de muestreo, la georreferenciación y el caudal en unidades de L/s.

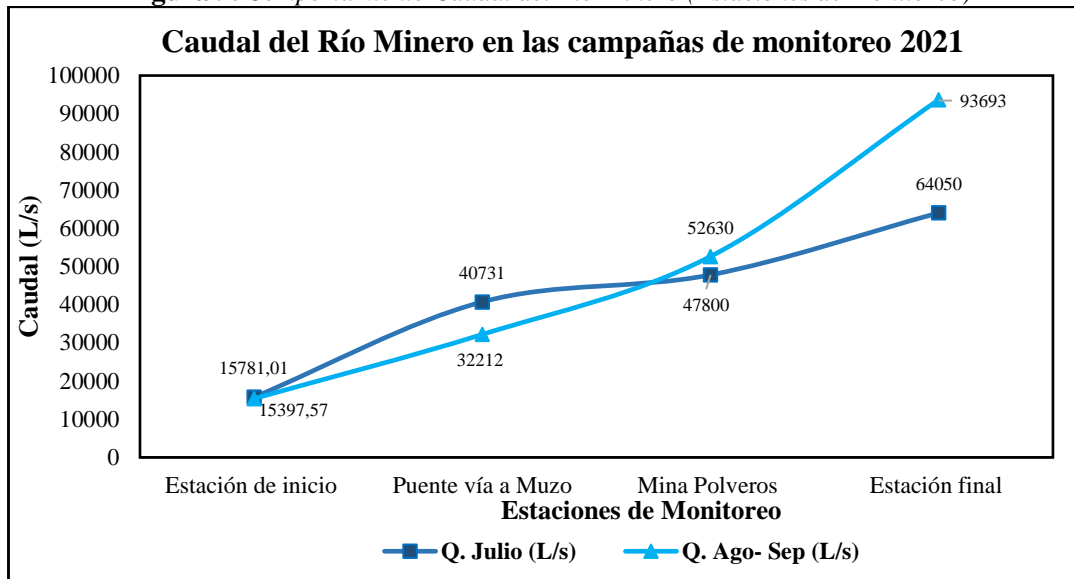
**Tabla 11** Resultados obtenidos de Caudal para el Río Minero en Época de Sequía y Húmeda

No	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS		CAUDAL (L/s)	CAUDAL (L/s)
		N	W		
1	Río Minero - Estación de inicio	5°27'35.07"	74°10'35.89"	15.781,01	15.397,57
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	5°29'18.94"	74°10'36.13"	5.570,55	4.031,67
3	Río Minero - Puente vía a Muzo	5°30'53.03"	74°7'57.14"	40.730	32.212
4	Quebrada Itoco - El mango Pto Arturo	5°31'42.48"	74°7'56.65"	1.758,16	2.542
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	5°34'35.40"	74°5'31.88"	13.570	17.648
6	Río Minero - Mina Polveros	5°35'5.85"	74°5'37.85"	47.800	52.630
7	Quebrada Paunera después de Manotera	5°40'26.52"	73°59'56.73"	237,66	198,54
8	Quebrada Buri Buri - CP San Martín	5°40'17.26"	74°7'2.70"	281,87	299,74
9	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	5°43'53.14"	74°0'49.47"	10.453,34	18.818,31
10	Quebrada Tambrías - Otanche	5°40'9.20"	74°10'22.23"	317,67	312,58
11	Río Minero - Estación final Otro mundo	5°49'3.90"	74°4'43.55"	64.050	93.693

Fuente: Unión temporal Proalquim Ltda. 2021

Los caudales de las fuentes analizadas se pueden distribuir en dos grupos marcados, los primeros son aquellos correspondientes al cauce del Río Minero (puntos 1, 3, 6 y 11), lo cuales a su vez exhiben los mayores valores de caudal y los caudales correspondientes a los tributarios del río Minero, los cuales presentan valores más bajos de caudal:

**Figura 9. Comportamiento Caudal del Río Minero (Estaciones de Monitoreo)**



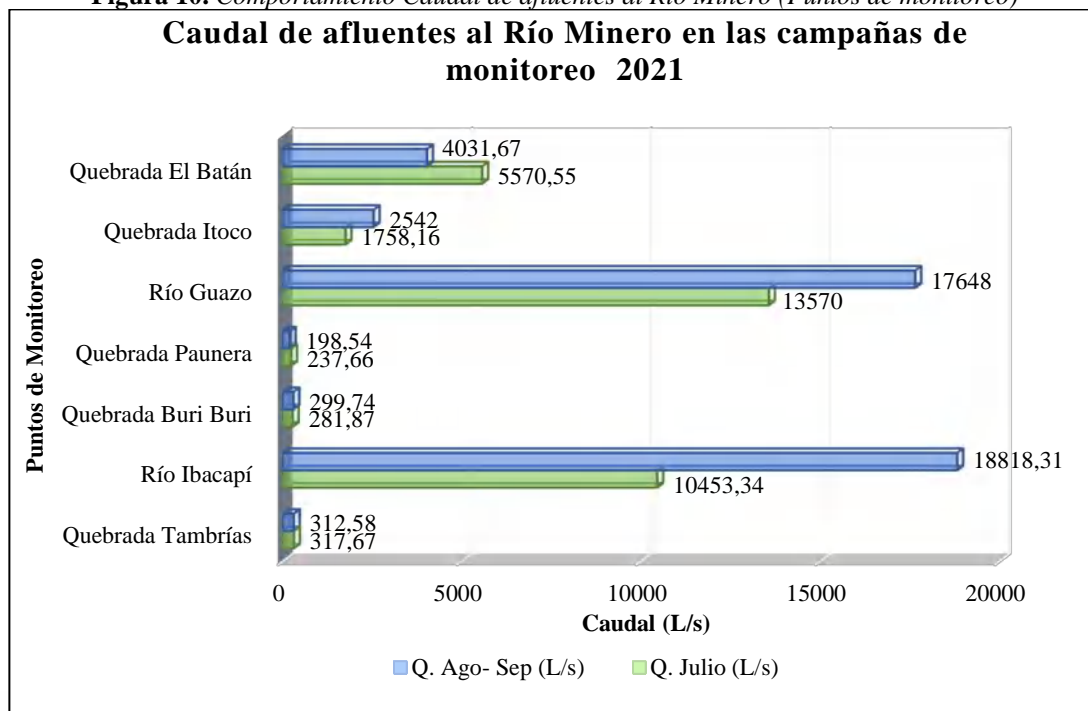
Fuente: Unión temporal Proalquim Ltda. 2021

**Tabla 12. Caudal de estaciones de monitoreo en las diferentes épocas de medición**

Estaciones/ Campaña Monitoreo	Estación de inicio	Puente vía a Muzo	Mina Polveros	Estación final
Q. Julio	15.781,01	40.730	47.800	64.050
Q Ago-Sep	15.397,57	32.212	52.630	93.693

Fuente: Corpoboyacá

**Figura 10. Comportamiento Caudal de afluentes al Río Minero (Puntos de monitoreo)**



Fuente: Unión temporal Proalquim Ltda. 2021



**Tabla 13. Caudal de puntos de monitoreo en las diferentes épocas de medición**

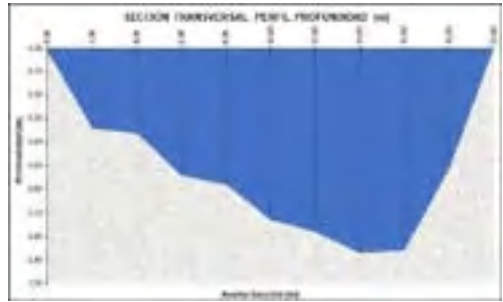

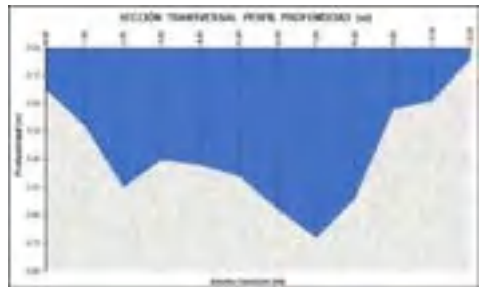

Puntos / Campaña Monitoreo	Q. El Batán	Q. Itoco	Río Guazo	Q. Paunera	Q. Buri Buri	Río Ibacapí	Q. Tambrías
Q. Julio	5.570,55	1.758,16	13.570	237.66	281.87	10.45334	317.67
Q Ago-Sep	4.031,67	2,542	17.648	198.54	299.74	18.818,31	312.58

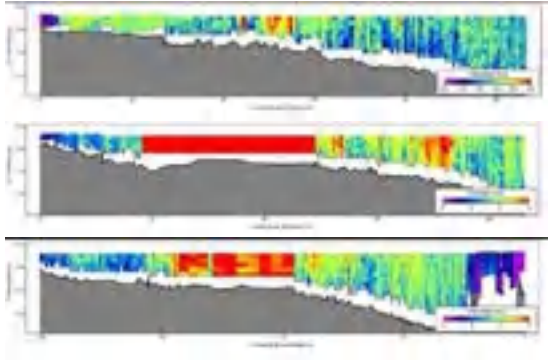

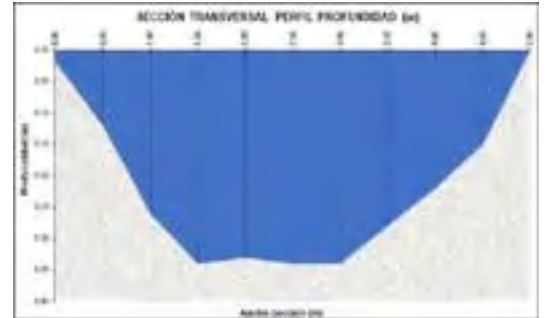

Fuente: Corpoboyacá

### 6.3. MONITOREO DE CALIDAD

Los monitoreos de calidad Hídrica fueron desarrollados en dos comisiones; La primera comisión se realizó del 1 al 9 de julio para época de sequía y la segunda comisión fue realizada del 26 de agosto al 5 de septiembre en época de lluvia. En los monitoreos de calidad se midieron parámetros como el caudal, conductividad, PH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, se tomaron muestras sencillas y compuestas para posterior análisis de laboratorio. En la siguiente tabla se presenta la descripción de las condiciones de las estaciones y puntos de monitoreo de la cuenca del río Minero, que corresponden a Once (11) puntos.

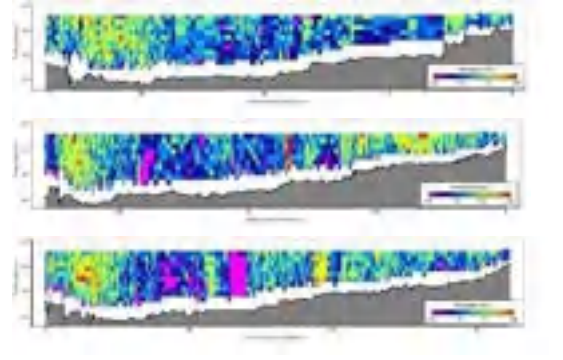

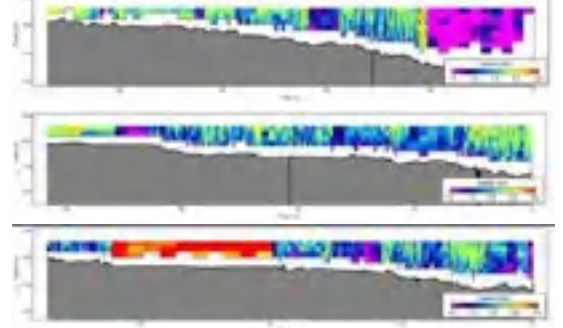

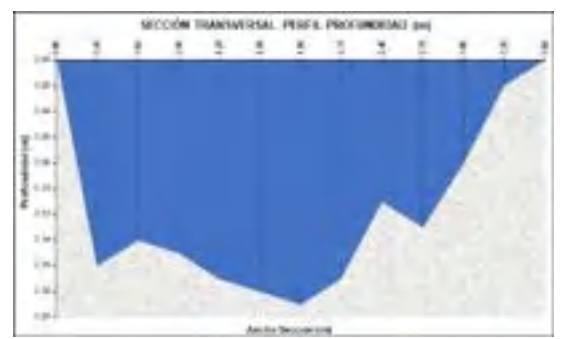

**Tabla 14 Sección transversal de las estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Minero**

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
1		
<p><b>OBSEVACIONES ESTACIÓN 1:</b> Río Minero - Estación de inicio.  <b>Descripción:</b> El Punto de monitoreo se realizó junto al puente del Río Guaquimay metros antes de la frontera con el departamento de Boyacá donde ya toma el nombre de Río Minero. El cuerpo de agua presenta un color característico entre gris y negro, posee un ancho de 20 metros con una profundidad máxima de 0,87 metros. El cauce es de caudal continuo y constante, sin presencia de espumas, vectores o iridiscencias; así mismo el lecho del cauce es rocoso y con arenas gruesas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable</p>		
2		
<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 1:</b> Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria.  <b>Descripción:</b> El agua a analizar proviene de la quebrada El Batán, el cual lleva los vertimientos de los municipios de Quípama y La Victoria. El cuerpo de agua presenta un color característico entre gris y negro</p>		

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
	<p>y posee un ancho de 10,50 metros y profundidades que varían entre 0,50 y 0,68 m. El cauce es de caudal continuo y constante, sin presencia de espumas, vectores o iridiscencias. El lecho del cauce es rocoso y con arenas finas. Aguas arriba se presenta un derrumbe y junto al punto de monitoreo se realiza una actividad de extracción artesanal de arenas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable</p>	
3		
	<p><b>OBSEVACIONES ESTACIÓN 2: Río Minero - Puente vía a Muzo.</b>  <b>Descripción:</b> El punto de monitoreo se localiza aguas arriba del puente que conduce del municipio de Muzo a Quípama. El cuerpo de agua presenta un color característico entre gris y negro y posee un ancho de 21,26 metros y una profundidad máxima medida de 2,27 metros. El cauce es de caudal continuo y constante, sin presencia de espumas, vectores o iridiscencias. El lecho del cauce es rocoso y con arenas gruesas. Cerca al punto de monitoreo se realizan actividades recreativas junto a extracción artesanal de piedras y arena para tamizado y búsqueda de esmeraldas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable</p>	
4		
	<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 2: Quebrada Itoco - El mango Pto Arturo.</b>  <b>Descripción:</b> El punto de monitoreo se localiza aguas debajo de la empresa minera Puerto Arturo en la zona conocida como El Mango donde se realiza la explotación minera de esmeraldas. El cuerpo de agua presenta un color característico entre gris y negro y posee un ancho de 21,26 metros y una profundidad máxima medida de 2,27 metros. El cauce es de caudal continuo y constante, sin presencia de espumas, vectores o iridiscencias. El cauce se ve que ha sido transformado para facilitar la labor de la explotación minera artesanal. El lecho del cauce es rocoso y con arenas gruesas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable</p>	



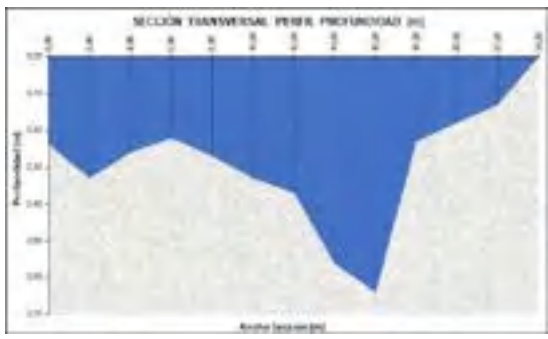

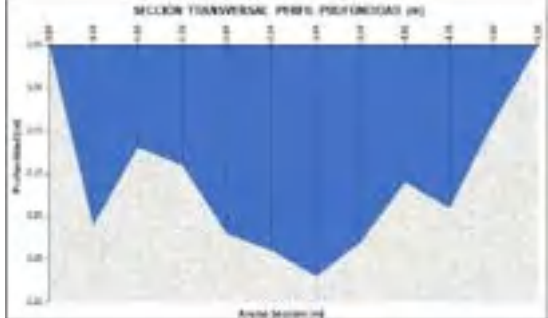



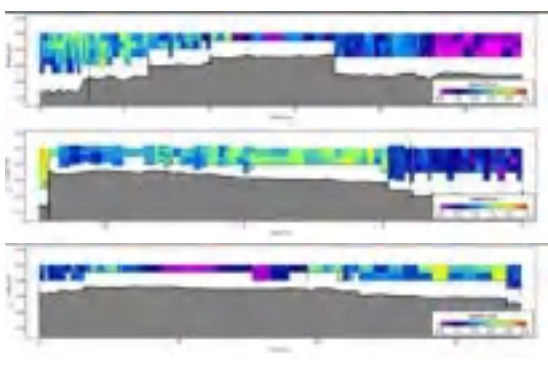

Corpoboyacá

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
5		
<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 3:</b> Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí.  <b>Descripción:</b> El punto de monitoreo se localiza cerca que la desembocadura del Río Guazo o Palenque al Río Minero. Este Río lleva los vertimientos de los municipios de Coper y de Maripí. El cuerpo de agua presenta un color característico gris y posee un ancho de 16,07 metros y una profundidad máxima medida de 1.48 metros. El cauce es de caudal continuo y constante, sin presencia de espumas, vectores o iridiscencias. El lecho del cauce es rocoso y con arenas finas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable</p>		
6		
<p><b>OBSEVACIONES ESTACIÓN 3:</b> Río Minero - Mina Polveros.  <b>Descripción:</b> El punto de toma de muestra se encuentra ubicado en el municipio de Maripí. El cuerpo de agua tiene un ancho de 44.35 metros y profundidad de 0,10 m, con una velocidad máxima media de 1.86 m/s; el cauce tiene un lecho rocoso con playa a los costados. En el punto se encuentran especies vegetales de tipos arbustivas y arbóreas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable.</p>		
7		
<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 4:</b> Quebrada Paunera después de Manotera.  <b>Descripción:</b> El agua a analizar proviene de la quebrada Paunera. El cuerpo de agua tiene un ancho de 3,60 metros y profundidad máxima de 0,19 m. El cuerpo de agua es cristalino con tonalidad azul verdoso. El cauce es de caudal continuo y constante, con residuos flotantes en las orillas como hojas secas y especies arbóreas donde quedan atascados; así mismo el lecho del cauce es rocoso y con vegetación arbustiva y</p>		





PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
8		
<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 5:</b> Quebrada Buri Buri - CP San Martín.</p> <p><b>Descripción:</b> El agua a analizar proviene de la quebrada Buri Buri, proveniente del municipio de San Pablo de Borbur, al cual vierten sus aguas del centro poblado San Martín. El cuerpo de agua es traslúcido con tonalidad amarillenta; con olor característico a Aguas Residuales. El cauce es de caudal continuo y constante, con residuos flotantes en las orillas y especies arbóreas donde quedan atascados; así mismo el lecho del cauce es rocoso y con arenas finas.</p>		
9		
<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 6:</b> Río Ibacapí - Tununguá y Briceño.</p> <p><b>Descripción:</b> El agua a analizar proviene del Río Ibacapí, en el municipio de Pauna. El cuerpo de agua es traslúcido con tonalidad oscura. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable. El cauce es de caudal continuo; así mismo el lecho del cauce es rocoso y con arenas finas, el margen del otro lado es rocoso tipo ladera.</p>		
10		
<p><b>OBSEVACIONES PUNTO 7:</b> Quebrada Tambrías - Otanche.</p> <p><b>Descripción:</b> El agua a analizar proviene de la quebrada Tambrías. El cuerpo de agua es cristalino; con olor característico a Aguas Residuales. Debido a que vierten las aguas residuales del casco Urbano de Otanche a dicha quebrada. El cauce es de caudal continuo y constante, con residuos flotantes en las orillas y especies arbóreas donde quedan atascados; así mismo el lecho del cauce es rocoso.</p>		

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
11		
<p><b>OBSEVACIONES ESTACIÓN 4:</b> Río Minero - Estación final Otro mundo.  <b>Descripción:</b> El punto de toma de muestra se encuentra ubicado en el municipio de Otanche. El cuerpo de agua tiene un ancho de 90 metros y profundidades que varían entre 100 cm y 0,40 cm. En el punto se encuentran especies vegetales de tipos arbustivas y arbóreas. El agua de la muestra es de apariencia turbia, con presencia de material sedimentable. El cauce es de caudal continuo con flujo turbulento.</p>		

*Fuente:* Corpoboyacá

## 6.4. RESULTADOS DE CALIDAD

A continuación, se presenta el análisis y comparación de los resultados de laboratorio obtenidos en los muestreos en campo del año 2021. Los valores obtenidos se compararon con los parámetros y valores máximos permisibles de los diferentes objetivos de calidad definidos para el uso de consumo humano y doméstico ya sea mediante un tratamiento convencional o mediante potabilización o uso industrial establecidos por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – CORPOBOYACÁ en el artículo primero de la Resolución 1315 de 2020 en la cual se definen diferentes valores máximos permisibles en función para cada uno de los usos estipulados, de esta manera, avanzando desde el punto Río Minero - Estación de Inicio en el extremo sur del municipio de Muzo hasta el punto Río Minero - Estación final de otro mundo en el extremo nororiental del municipio de Otanche, pasando por los municipios de Quípama, Maripí, San Pablo de Borbur y Pauna se tiene el área de caracterización del Río Minero

### 6.4.1. Primera Campaña de Monitoreo-Época Seca

#### 6.4.1.1. Análisis microbiológico

Los ensayos microbiológicos determinados en las muestras monitoreadas fueron Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes, comparadas bajo la Resolución 1315 de 2020 dentro de los usos consumo humano y doméstico e industrial, sin embargo, los artículos de la resolución en mención expresan las concentraciones en número más probable cada 100 mL (NMP/100

mL), sin embargo, requerimientos del contrato las mediciones de estos parámetros se hicieron en unidades formadoras de colonias cada 100 mL (UFC/100 mL), dichas unidades corresponden a procedimientos de medición diferentes y por tal motivo no son directamente relacionables por un factor de conversión, por tal motivo, no se realizan comparaciones normativas para los parámetros microbiológicos.

Los coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C, el grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas. (OMS, 2006)

Las concentraciones de Coliformes Totales pueden ser de origen ambiental y de acuerdo con las observaciones realizadas en campo podrían ser el resultado de procesos de degradación de material vegetal alóctono y otros procesos no asociados a contaminación por vertimientos u otras fuentes antrópicas.

Las concentraciones de Coliformes Totales pueden ser de origen ambiental y de acuerdo con las observaciones realizadas en campo podrían ser el resultado de procesos de degradación de material vegetal alóctono y otros procesos no asociados a contaminación por vertimientos u otras fuentes antrópicas. Los límites normativos definidos para Coliformes en la Resolución 1315 de 2020 tienen unidades de NMP (Número más probable), mientras que las unidades requeridas para el análisis de coliformes corresponden a UFC (Unidades Formadoras de Colonias) y al no existir una conversión directa por efecto de la diferencia procedimental del análisis, no se considera procedente una comparación normativa para dichos parámetros.

**Tabla 15. Resultados Coliformes Totales**

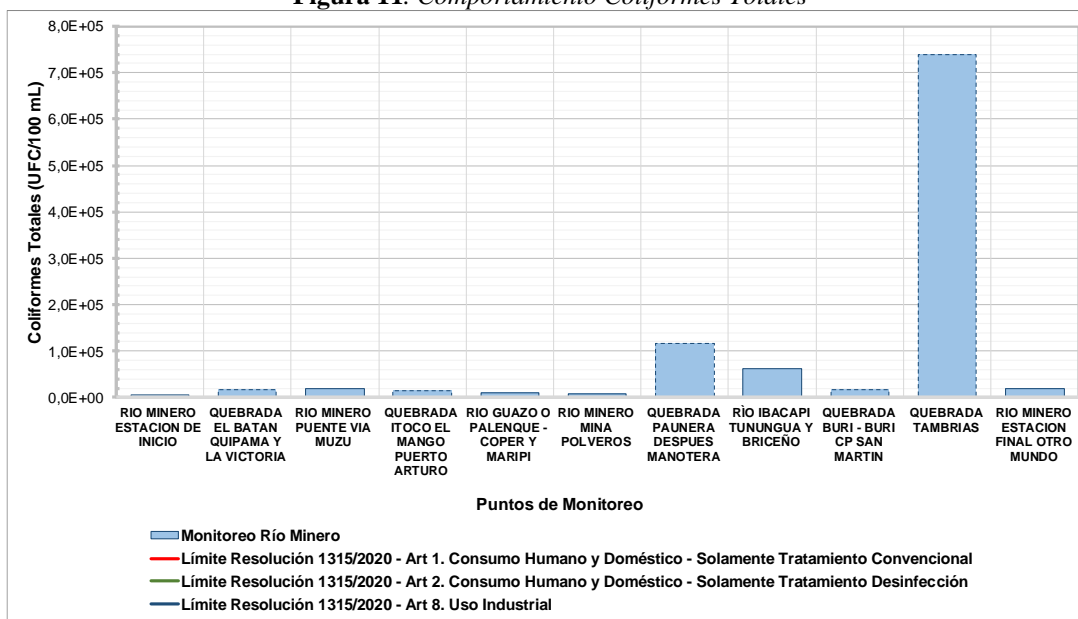
Punto	Nombre	Coliformes Totales
		UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	6.000
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	16.000
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	20.000
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	14.000



Punto	Nombre	Coliformes Totales
		UFC/100 mL
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	10.900
6	Río Minero - Mina Polveros	8.200
7	Quebrada Paunera Después Manotera	117.000
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	63.000
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	16.600
10	Quebrada Tambrías	740.000
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	18.000

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 11. Comportamiento Coliformes Totales



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Los resultados para las muestras microbiológicas recolectadas en las estaciones de monitoreo del área de influencia del Río Minero, indican una concentración excepcionalmente alta para el punto Quebrada Tambrías, lo anterior se presume es causado por la vocación ganadera presentada a lo largo del cauce de la quebrada, a diferencia de los otros puntos de monitoreo, sobre los cuales existe un uso de bosque natural no destinado a una actividad económica definida. Con la presencia de Coliformes Termotolerantes y *E. Coli* se presume vertimiento de tipo domésticos o presencia de ganado en los últimos puntos monitoreados, en estos parámetros sobresale la Estación Río Minero - Puente Vía Muzú.

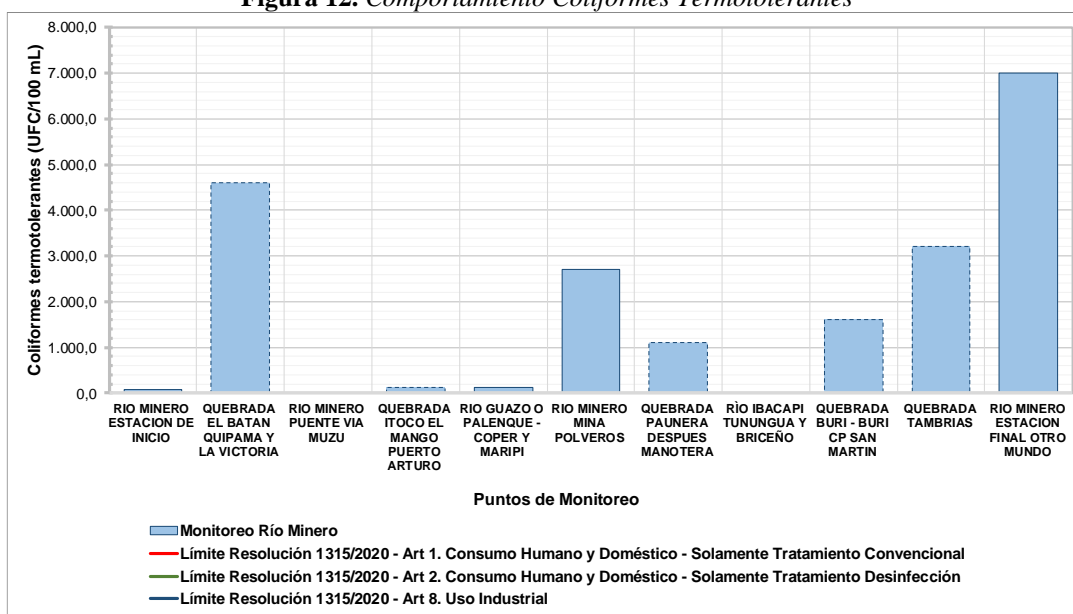
Tabla 16. Resultados Coliformes Termotolerantes-

Punto	Parámetro	Coliformes Termotolerantes
		UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	200
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	80

Punto	Parámetro	Coliformes Termotolerantes
		UFC/100 mL
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	4.600
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	130
6	Río Minero - Mina Polveros	120
7	Quebrada Paunera Después Manotera	2.700
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	1.100
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0
10	Quebrada Tambrías	1.600
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	3.200

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 12. Comportamiento Coliformes Termotolerantes**



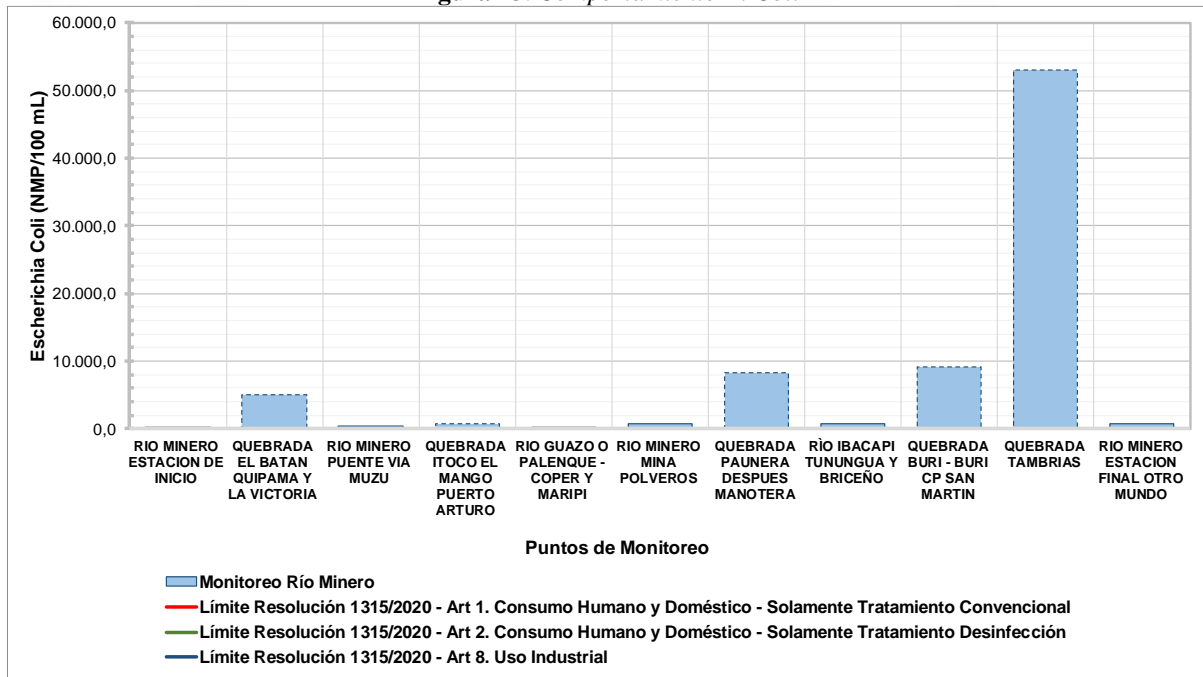
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 17. Resultados Coliformes E. Coli**

Punto	Parámetro	E. Coli
		UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	35
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	5.100
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	370
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	770
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	30
6	Río Minero - Mina Polveros	750
7	Quebrada Paunera Después Manotera	8.300
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	820
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	9.200
10	Quebrada Tambrías	53.000
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	680

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 13. Comportamiento *E. Coli***



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Como se observa en los resultados anteriormente presentados, existe una discrepancia respecto a los valores obtenidos para coliformes termotolerantes y *E. Coli*, la concentración de coliformes termotolerantes debe contener a la de *E. Coli*, sin embargo, el laboratorio subcontratado encargado de realizar el análisis acreditado de Coliformes Termotolerantes en UFC/100 mL, reportó valores no coincidentes con la concentración de *E. Coli* medidos en ANALQUIM LTDA ni con los controles establecidos en el laboratorio para la validación de la información, por tal motivo, en pro del principio de precaución la UNIÓN TEMPORAL PROALQUIM LTDA presenta los resultados del control de calidad para el análisis de Coliformes, con el ánimo de presentar valores no sólo que permitan hacer una relación apropiada entre dichos parámetros, sino que además establezcan una concentración de referencia que permita una estimación apropiada del estado microbiológico del agua.

**Tabla 18. Controles de calidad coliformes**

Punto	Parámetro	Coliformes Totales	Coliformes termotolerantes	Escherichia Coli
		UFC/100 mL	UFC/100 mL	UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	6.000	83	35
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	16.000	5.700	5.100
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	20.000	590	370
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	14.000	930	770
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	10.900	126	30
6	Río Minero - Mina Polveros	8.200	3.100	750

Punto	Parámetro	Coliformes Totales	Coliformes termotolerantes	Escherichia Coli
		UFC/100 mL	UFC/100 mL	UFC/100 mL
7	Quebrada Paunera Después Manotera	117.000	11.600	8.300
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	63.000	910	820
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	16.600	12.000	9.200
10	Quebrada Tambrías	740.000	380.000	53.000
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	18.000	7.600	680

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.2. Turbiedad, Material Flotante, Olor e Iridiscencia

La Turbiedad encontrada en los puntos monitoreados en los cuerpos hídricos del Río Minero, está determinada por varios factores y puede afectarse adversamente a la eficiencia de la desinfección. Una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades o a materiales en suspensión desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, respecto al artículo 1 de la resolución 1315/2020 este no presenta un valor normativo para este parámetro, sin embargo, el artículo 2 de la resolución 1315/2020, ostenta un valor límite de 10 UJT (190 UNT), el cual se ve sobrepasado por 8 de las 11 muestras monitoreadas, las 3 muestras que presentan un cumplimiento normativo corresponden los puntos de monitoreo Quebrada Paunera Después Manotera, Quebrada Buri - Buri CP San Martín y Quebrada Tambrías, la primera quebrada mencionada es procedente del municipio de Pauna, mientras que las otras dos corresponden al municipio de San Pablo de Borbur.

Se cumple con los límites establecidos para uso de consumo humano y doméstico con tratamiento de solo desinfección en los puntos evaluados, mientras que para uso industrial no se tiene un valor de referencia para este parámetro.

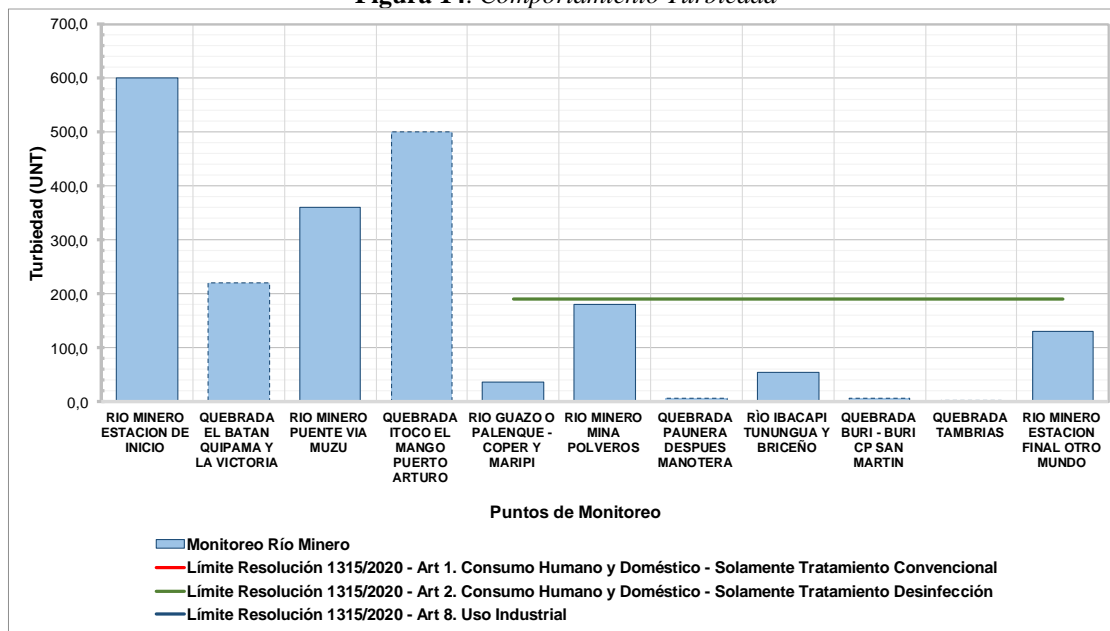
Tabla 19. Resultados Turbiedad

Punto	Parámetro	Turbiedad
		UNT
1	Río Minero - Estación de Inicio	600
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	220
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	360
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	500
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	36
6	Río Minero - Mina Polveros	180
7	Quebrada Paunera Después Manotera	5,9
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	55
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5,8
10	Quebrada Tambrías	2,4
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	130

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Es importante notar el efecto positivo en la calidad del río Minero por efecto de la reducción de la turbiedad en sus tributarios a medida que se desciende por el cauce del río, lo cual se evidencia al comparar los resultados de turbiedad para los puntos 1 y 11 *Río Minero - Estación de Inicio* y *Río Minero - Estación final de otro mundo* respectivamente, los cuales como se mencionó anteriormente representan los extremos del cauce medido del río Minero y que a su vez muestran una reducción en su turbiedad del 78%, atribuible a la falta del efecto de la actividad minera luego de la Quebrada Itoco.

**Figura 14. Comportamiento Turbiedad**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

El parámetro de iridiscencia (ausente) no presentó condiciones atípicas en todos los puntos monitoreados, junto a ello, el parámetro de material flotante solo estuvo presente en los puntos extremos del río Minero, situación que se atribuye al efecto de arrastre del río tanto dentro del área de estudio como aquella que la precede (departamento de Cundinamarca). El parámetro olor solo registro presencia en el punto denominado Quebrada Tambrías, con un olor a materia en proceso de descomposición, atribuible a la alta carga orgánica en dicho punto, además del bajo nivel de caudal del mismo.

#### 6.4.1.3. pH y Temperatura

El pH para las diferentes estaciones presenta un comportamiento similar, encontrándose en un intervalo de pH de 6,92 a 8,50 unidades; siendo pH ligeramente neutro a básico, respecto al



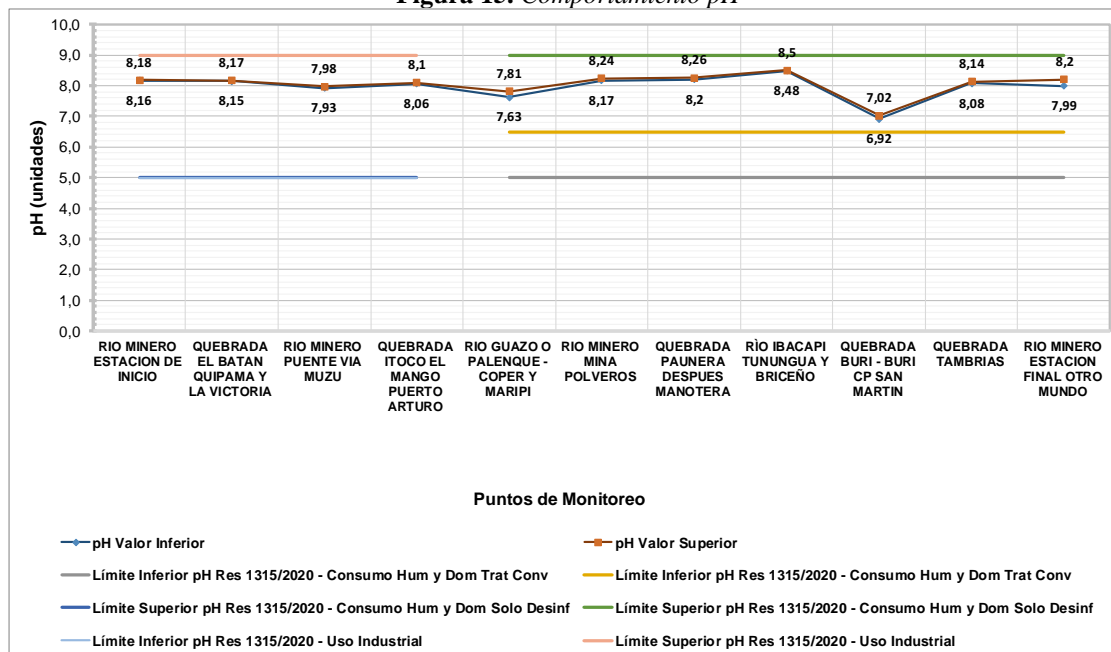
cumplimiento normativo, todos los valores de pH obtenidos presentan un cumplimiento normativo para los artículos evaluados de la resolución 1315/2020, al ser inferiores a 9 unidades de pH y superiores a las 6.5 unidades, como caso atípico se observa el punto 9 Quebrada Buri - Buri CP San Martín, en el municipio de Otanche, el cual presenta valores muy cercanos a las 7 unidades en todas las mediciones, lo cual es un indicativo de la buena calidad del cuerpo hídrico para esta zona.

**Tabla 20. Resultados pH y Temperatura**

Punto	Parámetro	pH	Temperatura
		Unidades de pH	°C
1	Río Minero - Estación de Inicio	8,16 - 8,18	22,8 - 22,9
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	8,15 - 8,17	22,3 - 22,6
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	7,93 - 7,98	24,0 - 24,4
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	8,06 - 8,10	25,2 - 25,3
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	7,63 - 7,81	25,5 - 25,6
6	Río Minero - Mina Polveros	8,17 - 8,24	24,5 - 25,0
7	Quebrada Paunera Después Manotera	8,20 - 8,26	22,5 - 22,6
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	8,48 - 8,50	24,0 - 24,1
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	6,92 - 7,02	23,1 - 23,3
10	Quebrada Tambrías	8,08 - 8,14	24,5 - 24,6
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	7,99 - 8,20	24,4 - 24,9

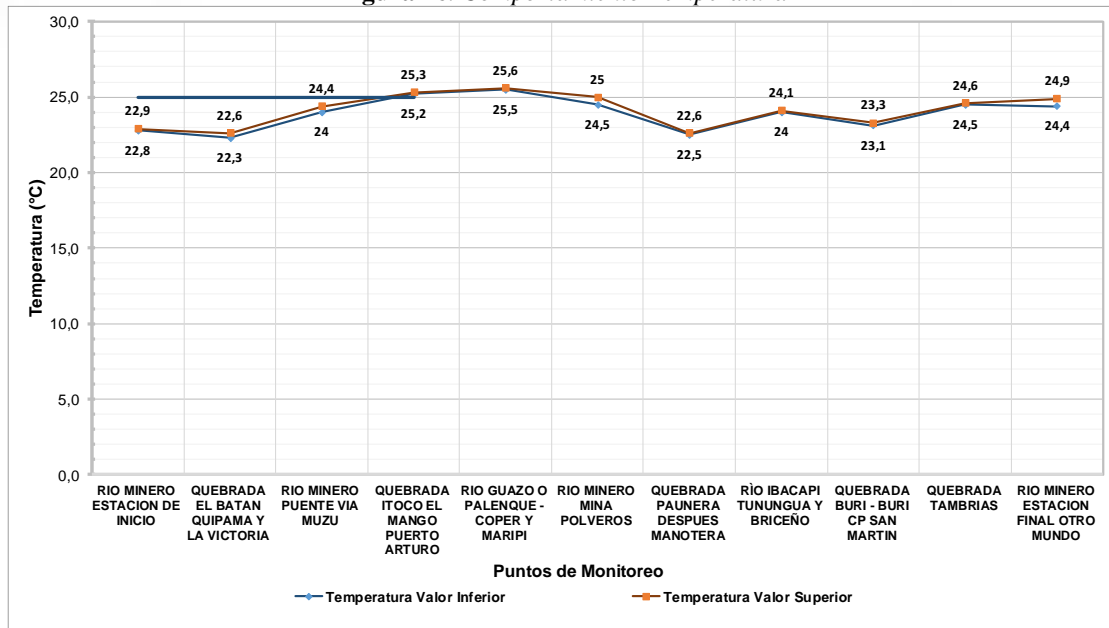
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 15. Comportamiento pH**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 16. Comportamiento Temperatura**



**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Por su parte la temperatura registra valores entre 22,3 y 25,6 °C, lo cual evidencia un intervalo de 3°C entre el mínimo y el máximo registro obtenido, podría atribuirse a las diferentes horas, fechas y condiciones meteorológicas en las cuales se tomaron las distintas muestras. No se tiene comparación normativa para consumo humano y doméstico, mientras que para uso industrial el límite establecido es de 25°C, el cual satisfacen todos los puntos de monitoreo comparados con este uso, a excepción de la Quebrada Itocho el cual supera dicho límite por 0,3 °C.

#### 6.4.1.4. Oxígeno Disuelto y Demanda Química de Oxígeno

Junto a los coliformes estos parámetros son los más interesantes en cuanto a las condiciones aeróbicas del medio y la concentración de materia química y biológicamente oxidable, para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en comparación con los artículos 1 y 2 para Uso de Consumo Humano con Tratamiento Convencional y Solamente con desinfección de la resolución 1315 de 2020, con límites normativos de 30 mg O<sub>2</sub>/L y 5 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, ninguno de los puntos de monitoreo comparados con consumo humano y doméstico presentan concentraciones mayores al límite establecido en el artículo 1.

Para el artículo 2 de la Quebrada Paunera - Después Manotera y Quebrada Buri - Buri CP San Martín son las únicas que podrían llegar a tener concentraciones menores al límite de cuantificación (5 mg O<sub>2</sub>/L), los demás puntos exceden el límite del artículo 2 de la resolución

1315 de 2020 para este parámetro (<4mg/L). El artículo 8 de la resolución mencionada no presenta límite para este parámetro.

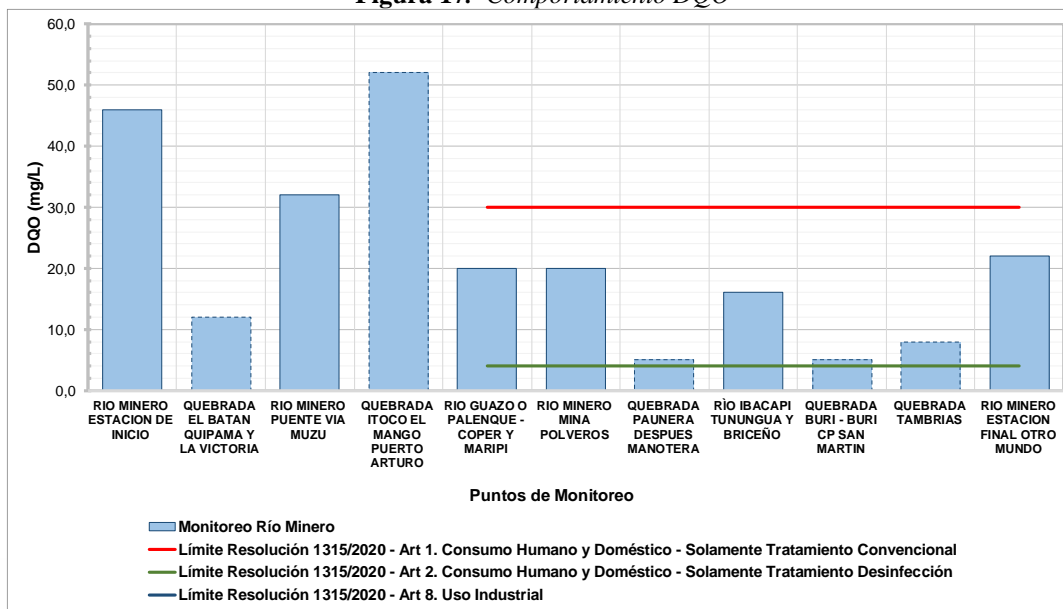
**Tabla 21. Resultados DQO**

Punto	Parámetro	DQO
		mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	46
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	12
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	32
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	52
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	20
6	Río Minero - Mina Polveros	20
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<5
8	Río Ibacapí - Tunungúa y Briceño	16
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<5
10	Quebrada Tambrías	8
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	22

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

En tanto a los valores obtenidos es importante notar que el punto que presenta mayor valor de DQO (*Quebrada Itoco*) representa un vertimiento promedio del municipio de Quípama, junto a las actividades mineras de la zona, muy similar a la condición que se presenta en el punto *Río Minero – Puente Vía Muzo*, lo anterior indica que es alrededor de este tramo de río hasta donde los vertimientos asociados a una actividad minera son importantes, ya que a partir de esto se observan valores menores en la demanda de los tributarios del río Minero y en consecuencia en el río Minero como tal, lo cual es coincidente con las comparaciones efectuadas.

**Figura 17. Comportamiento DQO**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

Para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO<sub>5</sub> el punto de monitoreo Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí presenta concentraciones superiores a 5 mg O<sub>2</sub>/L y 2 mg O<sub>2</sub>/L, los cuales son los límites normativos de los artículos 1 y 2 de la resolución 1532/2020 respectivamente, alcanzando un valor de 12 mg O<sub>2</sub>/L. Por su parte los puntos comparados con un uso industrial cumplen con los límites establecido (30 mg O<sub>2</sub>/L), en donde no se cumple para las Estaciones Rio Minero - Puente Vía Muzo, Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo, Rio Guazo O Palenque - Coper Y Maripi.

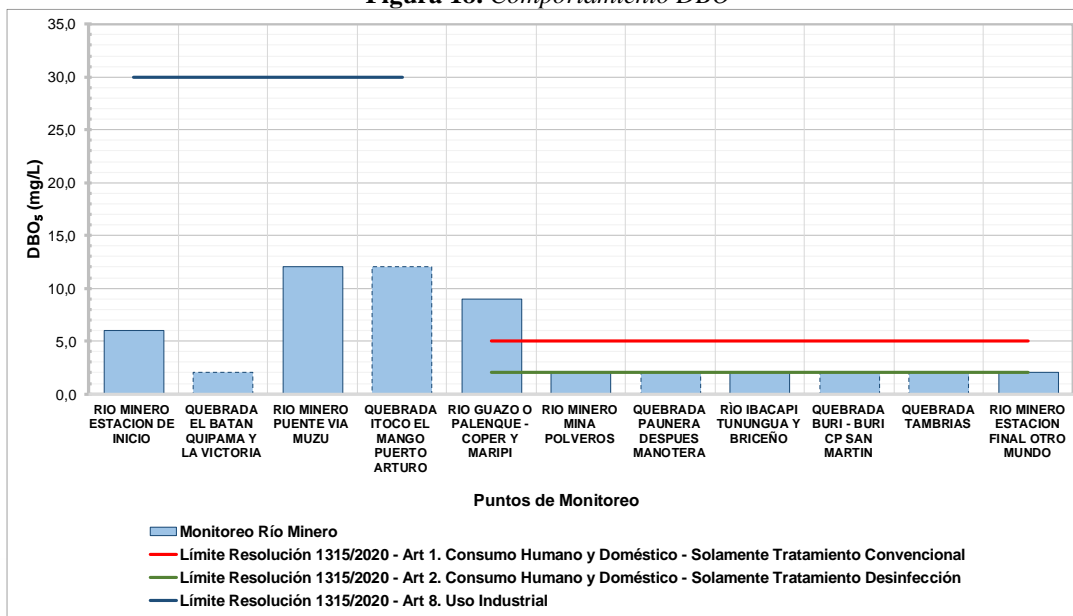
**Tabla 22. Resultados DBO**

Punto	Parámetro	DBO
		mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	6
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<2
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	12
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	12
5	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	9
6	Rio Minero - Mina Polveros	2
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<2
8	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	<2
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<2
10	Quebrada Tambrías	<2
11	Rio Minero - Estación Final Otro Mundo	2

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Al relacionar la DBO<sub>5</sub> y DQO se encuentra que la DBO<sub>5</sub> representan valores menores a 45% indicando una mayor prevalencia de sustancias químicamente oxidables.

**Figura 18. Comportamiento DBO**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021



El oxígeno disuelto presenta un comportamiento contrario a lo esperado, al no evidenciar tendencias inversas a las demandas obtenidas, lo que indica que de las fuentes monitoreadas su contenido de oxígeno no está estrechamente ligado a las sustancias disueltas en ellas susceptibles de ser biológica o químicamente oxidables sino de los procesos de aireación y fotosíntesis de las plantas acuáticas, además es importante notar que la saturación de oxígeno del agua siempre fue superior al 70%.

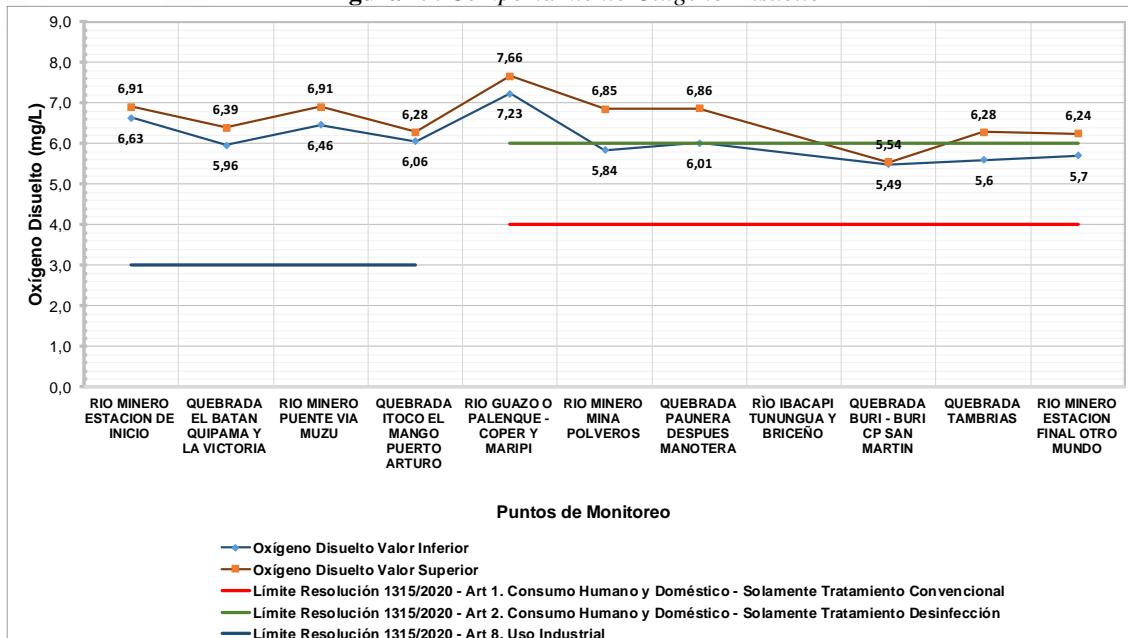
En cuanto al cumplimiento normativo, todas las muestras presentan concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 4 mg O<sub>2</sub>/L, por lo cual, todas las muestras tienen un cumplimiento normativo para Consumo Humano y Doméstico con Tratamiento Convencional y Uso Industrial. Al comparar con el artículo 2 (>6 mg/L), no cumplen la estación Quebrada Tambrías y los puntos Río Minero -Estación Final Otro Mundo y Río Minero - Mina Polveros. Como se indicó anteriormente, se presenta un alto porcentaje de Saturación de Oxígeno para todos los puntos de monitoreo, sin embargo, dicho parámetro no presenta valores normativos en ninguno de los 3 artículos de la resolución 1315/2020 relacionados.

**Tabla 23. Resultados Oxígeno y Porcentaje de Saturación de Oxígeno**

Punto	Parámetro	Oxígeno Disuelto	Porcentaje de Saturación de Oxígeno
		mg/L	%
1	Río Minero - Estación de Inicio	6,63 - 6,91	82,5 - 93,3
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	5,96 - 6,39	70,0 - 77,5
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	6,46 - 6,91	83,0 - 89,0
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	6,06 - 6,28	79,5 - 90,9
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	7,23 - 7,66	92,5 - 98,4
6	Río Minero - Mina Polveros	5,84 - 6,85	74,6 - 85,1
7	Quebrada Paunera Después Manotera	6,01 - 6,86	75,7 - 84,5
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	6,10 - 6,91	77,1 - 87,4
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5,49 - 5,54	69,8 - 71,4
10	Quebrada Tambrías	5,60 - 6,28	72,4 - 79,8
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	5,70 - 6,24	71,6 - 77,7

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 19. Comportamiento Oxígeno Disuelto**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.5. Acidez, Alcalinidad y Conductividad

La acidez y la alcalinidad son indicativo de la cantidad de sales disueltas en el cuerpo hídrico y de su capacidad para reaccionar con una base o un ácido fuerte respectivamente, al ser la alcalinidad considerablemente mayor a la acidez para todos los puntos de monitoreo (acidez menor al límite de cuantificación para los 9 primeros puntos e igual al límite para los 2 restantes, mientras que el menor valor de alcalinidad medido fue de 23 mg CaCO<sub>3</sub>/L), sobresale el punto Quebrada Paunera Después Manotera con 137 mg CaCO<sub>3</sub>/L. En comparación con las demandas obtenidas se observa que los puntos de mayor alcalinidad no son coincidentes con los mayores de las demandas de oxígeno, lo anterior confirma la hipótesis anteriormente planteada respecto a la capacidad de los cuerpos hídricos para captar oxígeno, además que da indicios de que la sustancias que generan los valores de conductividad corresponden a especies en su mayoría completamente oxidadas.

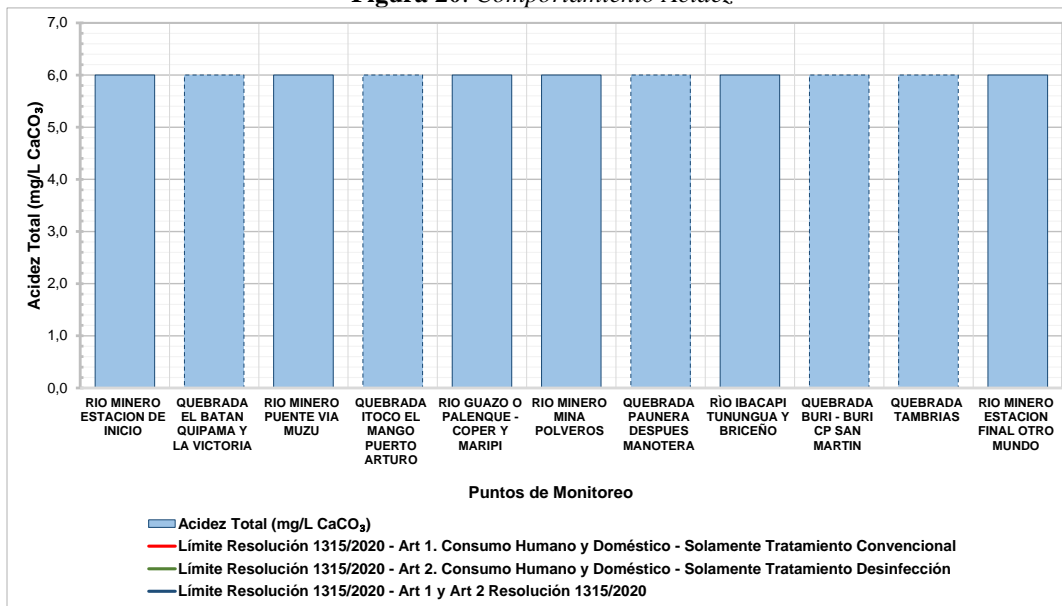
**Tabla 24 Resultados Acidez**

Punto	Parámetro	Acidez
		mg/LCaCO <sub>3</sub>
1	Río Minero - Estación de Inicio	<6
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<6
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<6
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	<6
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<6
6	Río Minero - Mina Polveros	<6

Punto	Parámetro	Acidez
		mg/LCaCO <sub>3</sub>
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<6
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	<6
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<6
10	Quebrada Tambrías	6,00
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	6,00

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 20. Comportamiento Acidez



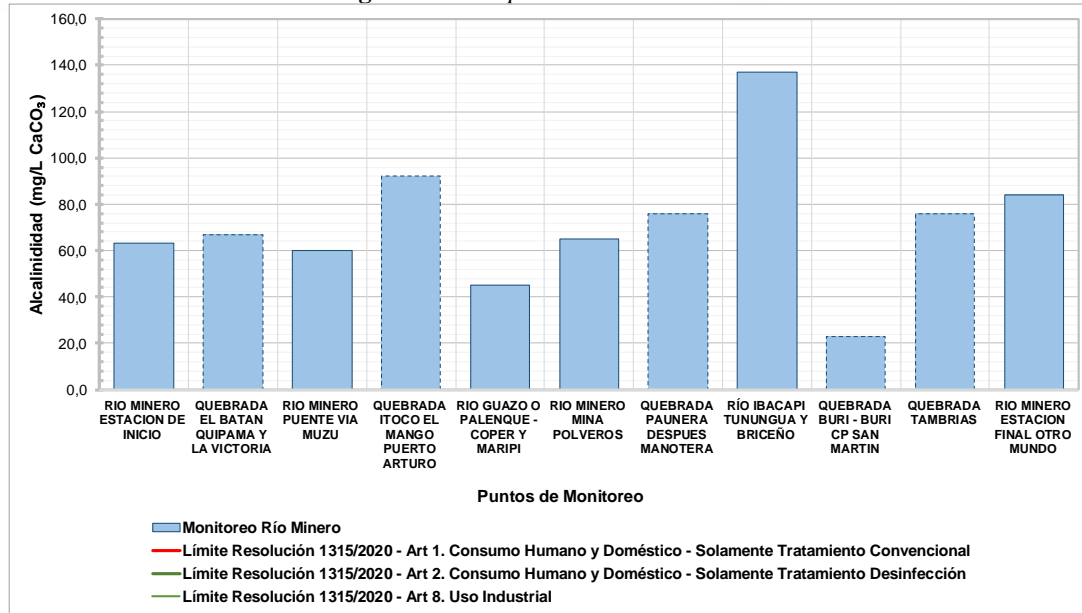
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Tabla 25. Resultados Alcalinidad

Punto	Parámetro	Alcalinidad
		mg/LCaCO <sub>3</sub>
1	Río Minero - Estación de Inicio	63
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	67
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	60
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	92
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	45
6	Río Minero - Mina Polveros	65
7	Quebrada Paunera Después Manotera	76
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	137
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	23
10	Quebrada Tambrías	76
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	84

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 21. Comportamiento Alcalinidad**

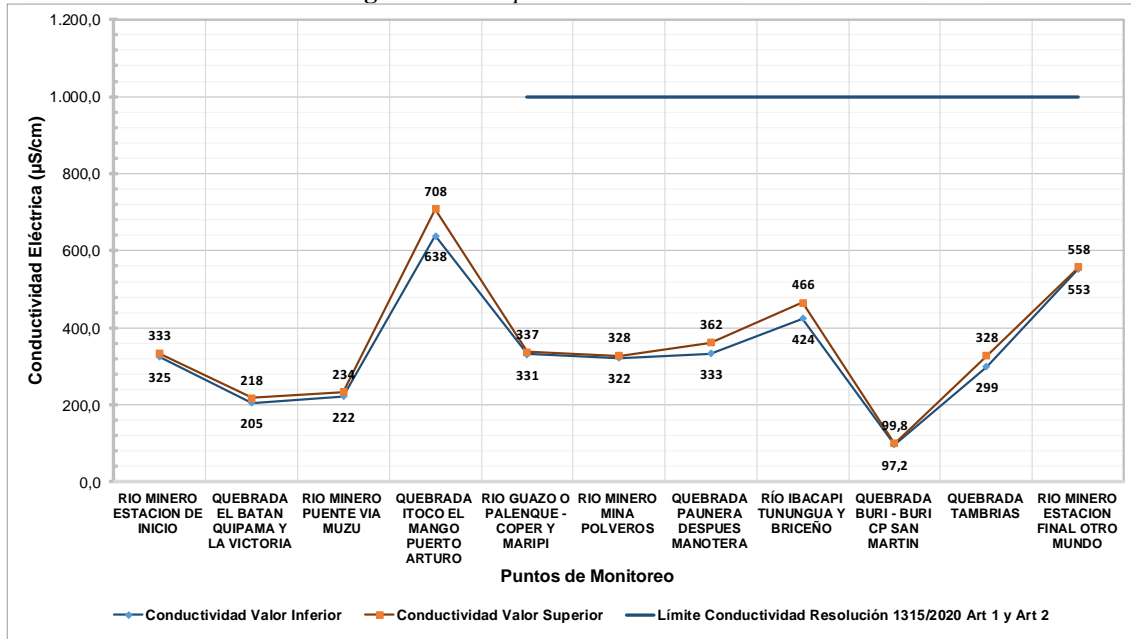


**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Por su parte la conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición, por lo cual, esta propiedad está influenciada tanto por la acidez como por la alcalinidad, presentando valores entre 97,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Quebrada Buri - Buri CP San Martín) hasta 708  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Quebrada Itoco El Mango Puerto Arturo), lo cual evidencia un cumplimiento normativo para todas las muestras comparadas con consumo humano y doméstico al reportar valores inferiores a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo este el valor máximo establecido en tanto en el artículo 1 como en el artículo 2 de la resolución 1315 de 2020. Para el uso industrial no se presenta un valor límite para este parámetro. Los valores presentados son coherentes con la concentración de Sólidos Disueltos reportada.



**Figura 22. Comportamiento Conductividad**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 26. Resultados Conductividad**

Punto	Parámetro	Conductividad µS/cm
1	Río Minero - Estación de Inicio	325 - 333
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	205 - 218
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	222 - 234
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	638 - 708
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	331 - 337
6	Río Minero - Mina Polveros	322 - 328
7	Quebrada Paunera Después Manotera	333 - 362
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	424 - 466
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	97,2 - 99,8
10	Quebrada Tambrías	299 - 328
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	553 - 558

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.6. Especies nitrogenadas

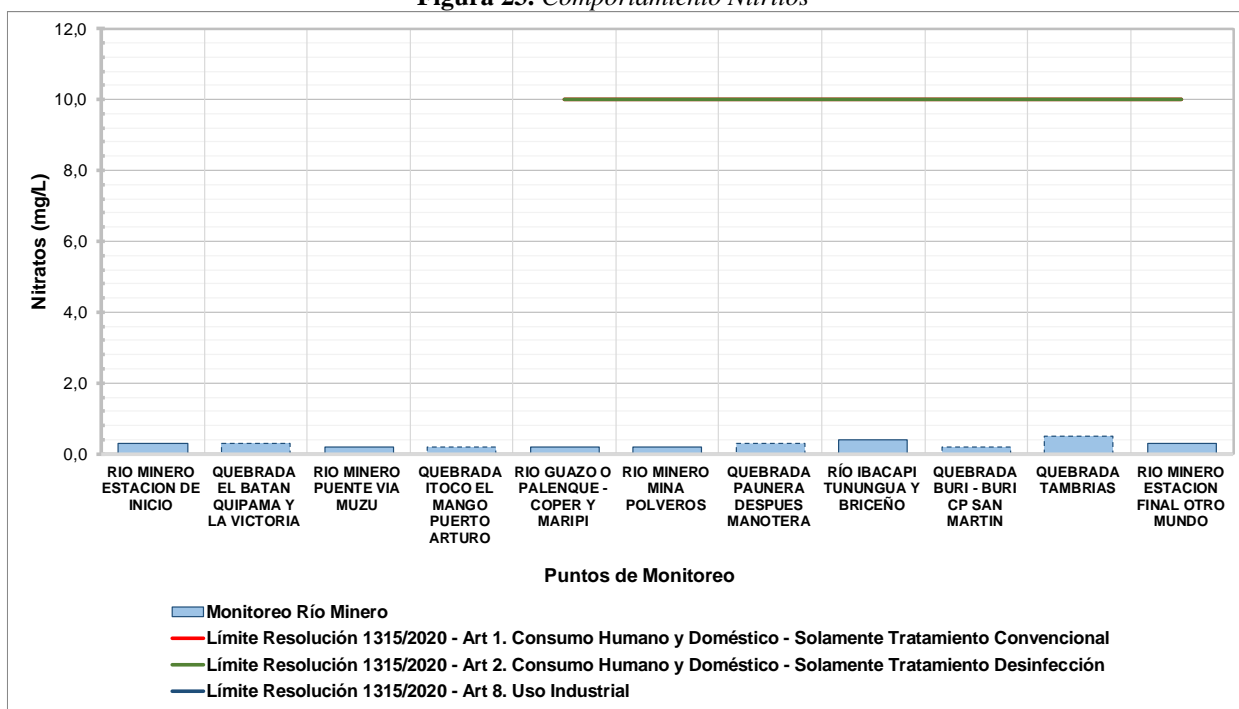
Los puntos de monitoreo del área de influencia del río Minero, presentan bajas concentraciones para todas las especies nitrogenadas analizadas, menores a 0,5 mg/L para nitratos y menores a 0,049 mg/L para nitritos. Cumplen con todos los Usos Evaluados tanto para Nitratos como Nitritos en la Resolución 1315 de 2020.

**Tabla 27. Resultados Nitratos y Nitritos**

Punto	Parámetro	Nitratos	Nitritos
		mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,3	<0,007
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,3	<0,007
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,2	<0,007
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,2	0,007
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,2	<0,007
6	Río Minero - Mina Polveros	0,2	<0,007
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,3	0,021
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,4	<0,007
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,2	0,007
10	Quebrada Tambrías	0,5	0,049
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,3	<0,007

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 23. Comportamiento Nitritos**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

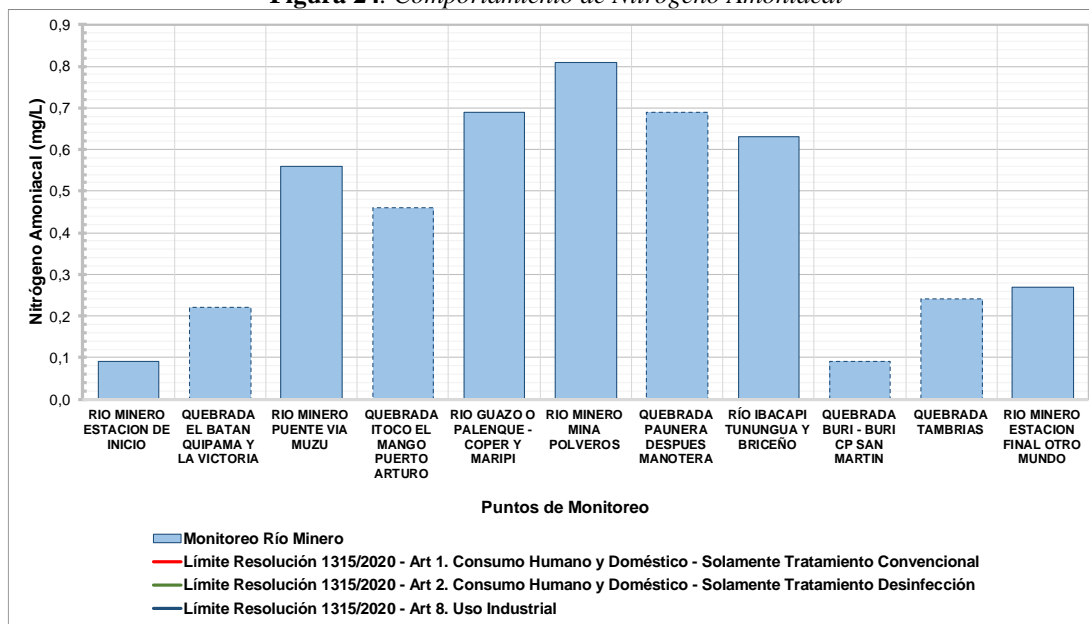
Por su parte, el nitrógeno amoniacal es el mayor aportante de nitrógeno entre las especies medidas, el nitrógeno Kjeldahl presenta valores inferiores al límite de cuantificación para todas las muestras, estas especies son características de aportantes de tipo orgánico de nitrógeno, esta situación genera que las variaciones del nitrógeno total sean coincidentes con la variación del nitrógeno amoniacal, a excepción del punto denominado Quebrada Tambrías, el cual evidencia un mayor proceso de nitrificación, al ostentar los mayores valores de nitratos y nitritos medidos.

**Tabla 28. Resultados Nitrógeno Amoniacal**

Punto	Parámetro	Nitrógeno Amoniacal	Nitrógeno Kjeldahl	Nitrógeno Total
		mg/L	mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,09	<3,3	0,6
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,22	<3,3	0,9
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,56	<3,3	1
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,46	<3,3	1
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,69	<3,3	1,3
6	Río Minero - Mina Polveros	0,81	<3,3	1,3
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,69	<3,3	1,4
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,63	<3,3	1,2
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,09	<3,3	0,5
10	Quebrada Tambrías	0,24	<3,3	1,1
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,27	<3,3	0,9

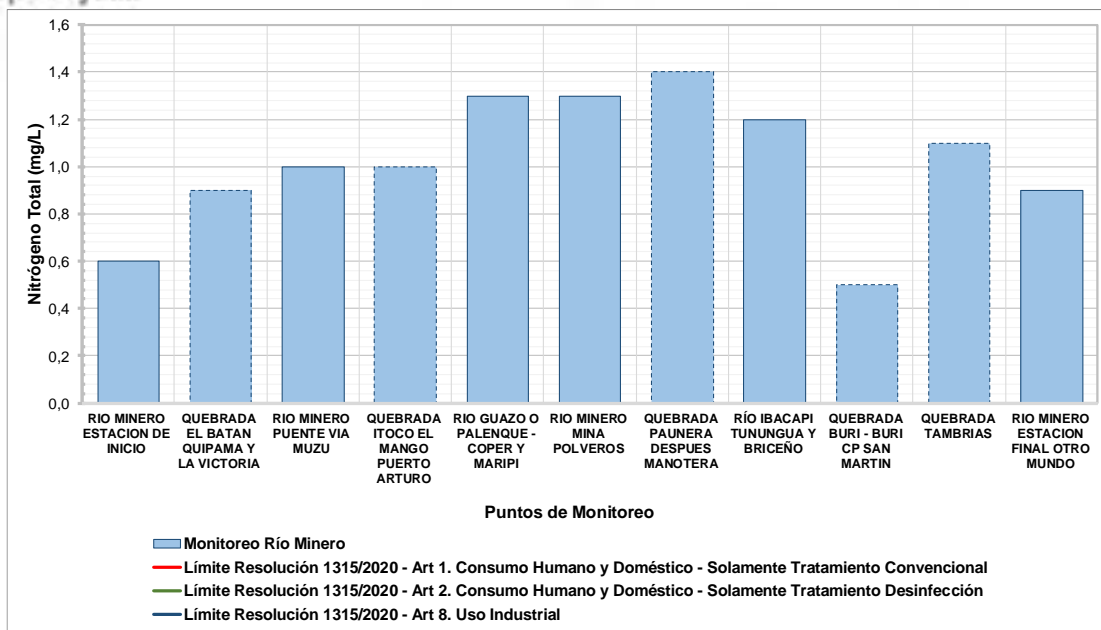
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 24. Comportamiento de Nitrógeno Amoniacal**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 25. Comportamiento Nitrógeno Total**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.7. Fósforo

El fósforo al igual que el nitrógeno es un elemento esencial para la producción de algas, a menudo estos se encuentran relacionados y aquel que se encuentre en menor proporción se considera como el factor limitante para el crecimiento de plantas acuáticas, en los 11 puntos evaluados, ninguno de ellos presentó relaciones Nitrógeno/Fósforo inferiores a la unidad pero si alcanzó relaciones Nitrógeno/Fósforo hasta de 12,73 (*Quebrada Paunera - Después Manotera*, la cual pasa a lo largo del municipio de Pauna), en general se espera que estas relaciones sean superiores a la unidad y que mayores valores en esta relación promuevan la no eutrofización de los cuerpos de agua, sin embargo, en todos los puntos de medición se presentó una característica de *Eutrofización* como se observa en el índice ICOTRO calculado, lo cual es coincidente con la comparación normativa para el fósforo total, para el cual se presentan excedencias normativas a los límites establecidos para consumo humano y doméstico en la Resolución 1315 de 2020 (0,05 - 0,1 mg/L), los puntos que se encuentran dentro del intervalo normativo corresponden a *Quebrada Buri - Buri CP San Martín* y *Quebrada Tambrías*.

El fósforo soluble presenta concentraciones bajas por debajo de 0,04 mg/L, igual sucede con los Fosfatos con concentraciones inferiores a 0,08 mg/L. Ninguna de estas especies fosforadas tiene límite normativo en los límites evaluados.

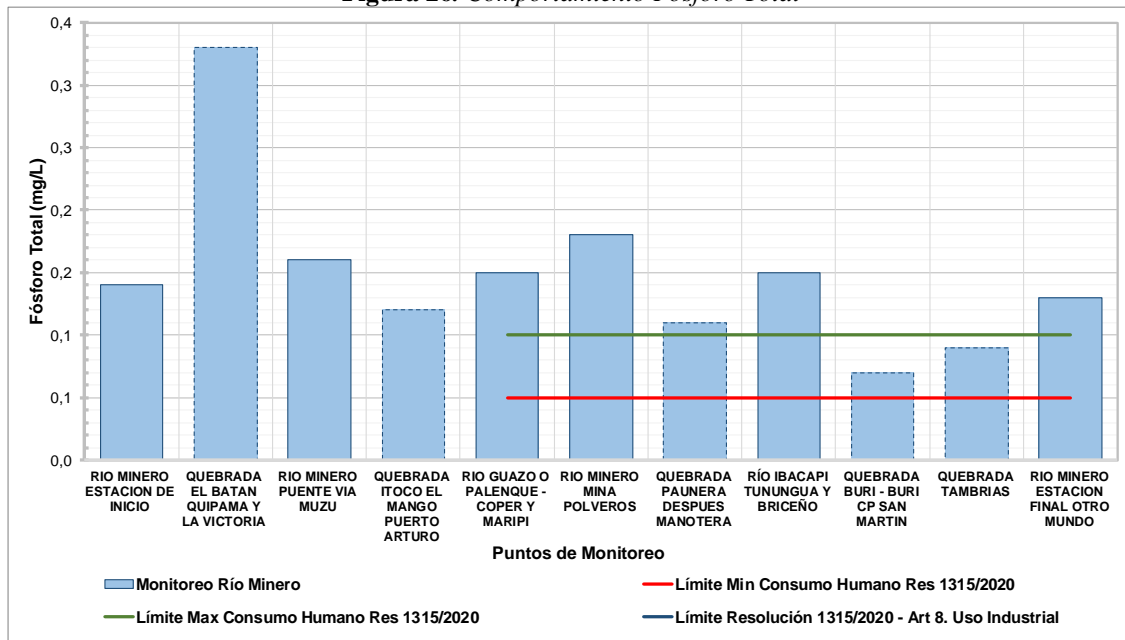


**Tabla 29. Resultados Fósforo Total, Fósforo Reactivo total y Fósforo Soluble**

Punto	Parámetro	Fósforo Total	Fósforo Reactivo Total	Fósforo Soluble
		mg/L	mg/L P-PO <sub>4</sub>	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,14	0,04	<0,03
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	0,33	0,03	0,03
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,16	0,05	<0,03
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,12	0,07	<0,03
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,15	0,05	<0,03
6	Río Minero - Mina Polveros	0,18	0,03	<0,03
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,11	0,06	<0,03
8	Río Ibacapí - Tunungá y Briceño	0,15	0,03	<0,03
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,07	0,03	<0,03
10	Quebrada Tambrías	0,09	0,04	0,04
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,13	0,04	0,03

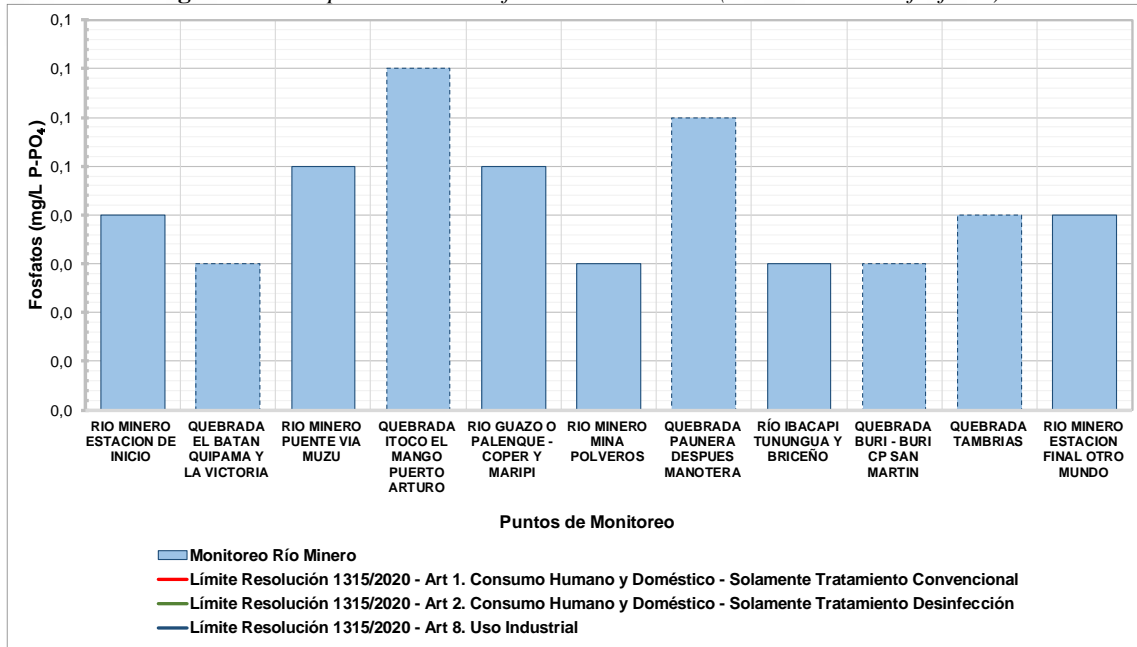
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 26. Comportamiento Fósforo Total**



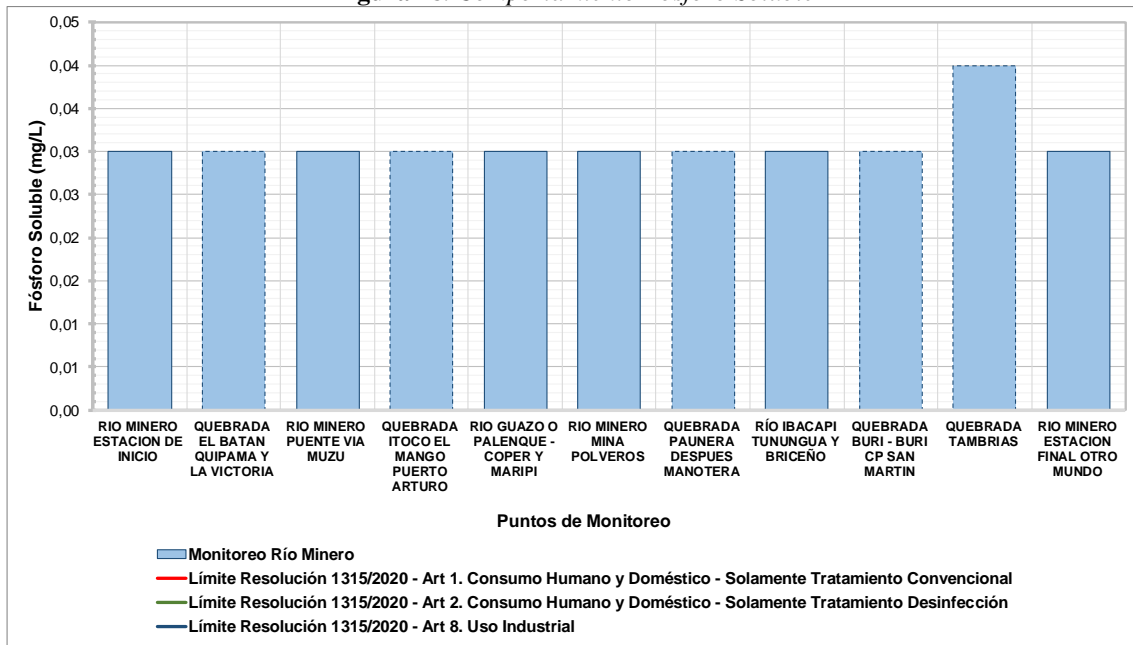
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 27. Comportamiento Fósforo Reactivo Total (Leído como Ortofosfatos)**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 28. Comportamiento Fósforo Soluble**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.8. Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcaica

La dureza del agua se deriva en gran medida de su contacto con el suelo y las formaciones rocosas. El agua lluvia al caer sobre la tierra no es suficiente para disolver las excesivas cantidades de sólidos que existen en los cuerpos superficiales de agua. Por lo que se determina

que las aguas duras se originan en áreas donde la capa superior del suelo es gruesa y contiene formaciones de piedra caliza. Las aguas blandas se originan donde la capa superior del suelo es delgada y las formaciones de piedra caliza están dispersas o ausentes.

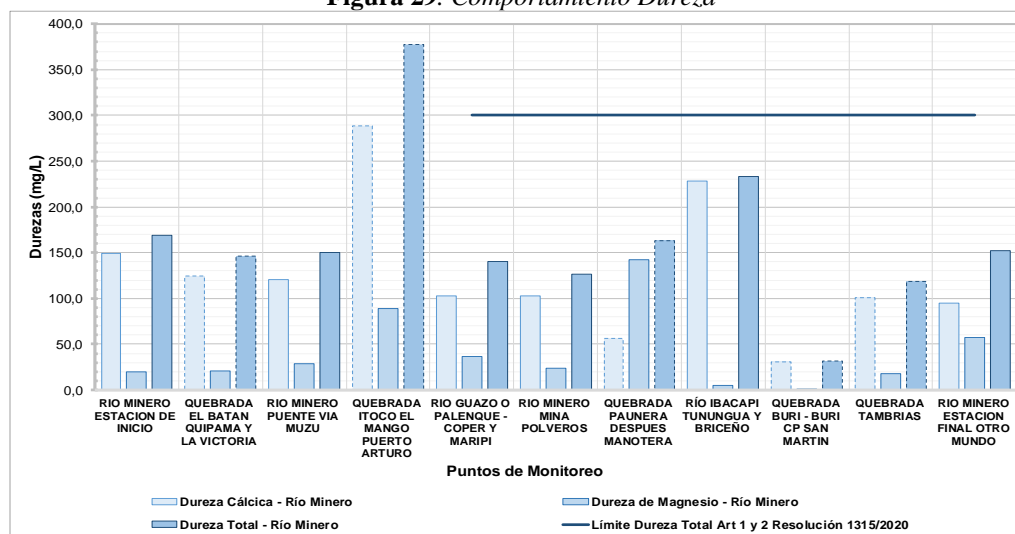
Para las muestras analizadas se observa que la mayor contribución a la dureza total corresponde a la dureza cálcica, lo cual indica que los suelos dentro del área de estudio son ricos en calcio (como se comentó en el análisis de sodio vs alcalinidad), ninguna de las muestras susceptibles a comparación normativa sobrepasa el límite normativo establecido en los artículos 1 y 2 de la resolución 1315 de 2020 corresponde a el punto *Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo*, este hecho unido al contenido de sulfatos medidos para este mismo punto indican un arrastre de sulfato de calcio (mineral abundante en la naturaleza) para este cuerpo hídrico.

**Tabla 30 Resultados Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica**

Punto	Parámetro	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza de Magnesio
		mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>
1	Río Minero - Estación de Inicio	169	149	20
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	146	125	21
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	150	121	29
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	378	289	89
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	140	103	37
6	Río Minero - Mina Polveros	127	103	24
7	Quebrada Paunera Después Manotera	163	56,6	142
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	233	228	5
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	32	31	1
10	Quebrada Tambrías	119	101	18
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	152	95	57

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 29. Comportamiento Dureza**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.9. Sólidos

En corrientes de agua, los sólidos disueltos consisten en calcio, cloruros, nitrato, fósforo, hierro, azufre y otras partículas de iones que pasan a través de un filtro con tamaño de poro de aproximadamente 2 micrones de tamaño. Los sólidos suspendidos incluyen partículas de limo y arcilla, plancton, algas, desechos orgánicos finos y otras partículas. Estas son partículas que no pasarán por un filtro de 2 micrones. Los sólidos sedimentables son aquellos que tiene un tamaño de 10  $\mu\text{m}$  y que se desprenden de la suspensión en un tiempo determinado y están constituidos por partículas más densas que el agua (EPA, 2010).

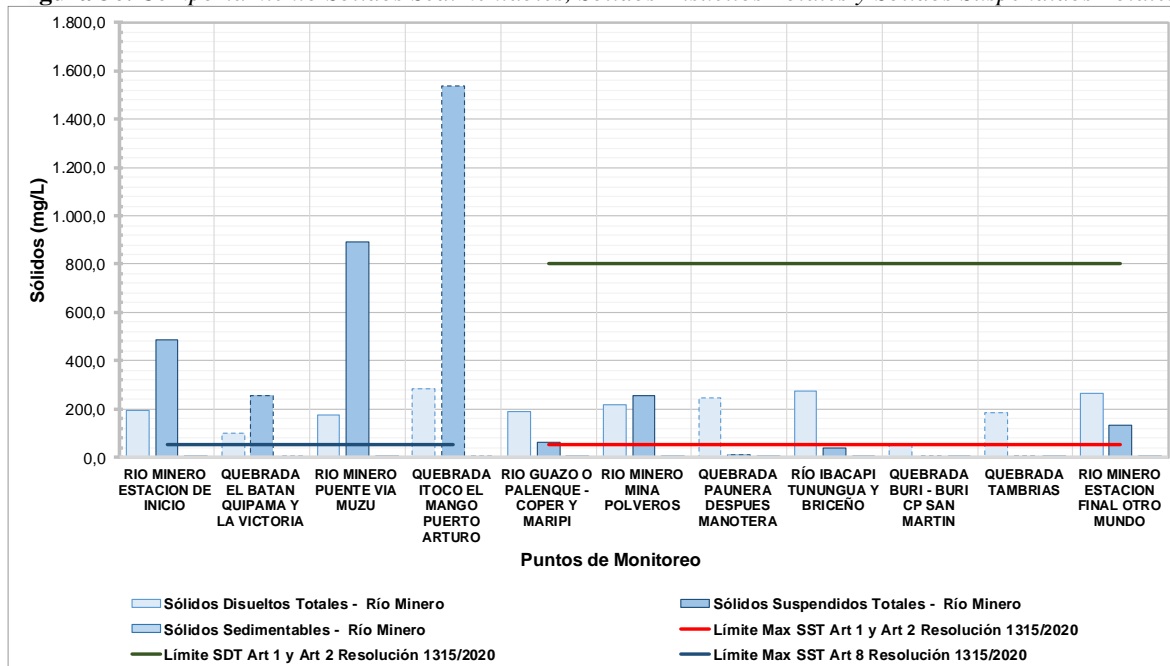
En las muestras analizadas la concentración de sólidos sedimentables es baja en comparación a los demás cortes de sólidos, los sólidos disueltos son un indicativo más de las sales disueltas en las corrientes analizadas, lo cual se evidencia al mostrar que los puntos que mayor cantidad de sólidos disueltos exhiben son coincidentes con los mayores valores de conductividad y alcalinidad, de igual manera, es posible relacionar los altos valores de sólidos suspendidos totales con un aporte de material orgánico y/o resuspensión de partículas de suelo, como se presenta al inicio del Río Minero y en el punto *Quebrada Itoco El Mango Puerto Arturo*, lo cual se relaciona con los altos valores de turbiedad y dureza obtenidos para estos puntos, no se presume que exista una marcada actividad de algas u otras plantas acuáticas debido a los bajos valores de clorofila obtenidos.

Respecto al cumplimiento normativo, tanto el consumo humano y doméstico como para un uso industrial se observa un valor máximo 55 mg/L de sólidos suspendidos totales, en época seca, sólo los puntos *Río Minero - Mina Polveros* y *Río Minero - Estación Final de Otro Mundo* exceden este valor para un consumo humano y doméstico, mientras que todos los puntos evaluados para un uso industrial superan ese valor.

Se cumplen los valores normativos para Sólidos Disueltos Totales incluidos en la normatividad 1315 de 2020 para los usos planteados. Los Sólidos Suspendidos Volátiles están directamente relacionados con la presencia de materia orgánica, con excepción de la Estación del Punto de Inicio, los valores se encuentran por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada.



**Figura 30.** Comportamiento Sólidos Sedimentables, Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Suspendedos Totales



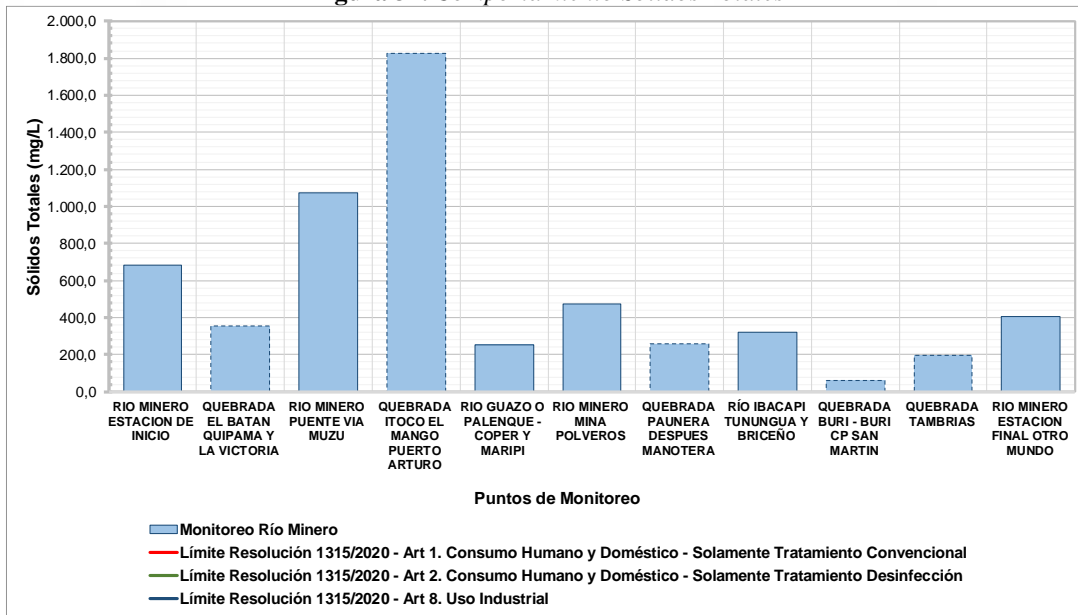
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 31** Resultados Sólidos Disueltos Totales, Suspendedos Sedimentables, Suspendedos Volátiles y Totales

Punto	Parámetro	Sólidos Disueltos Totales	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendedos Totales	Sólidos Suspendedos Volátiles	Sólidos Totales
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	194	4	486	22	680
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	101	0,3	257	<11,6	352
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	176	0,4	893	<11,6	1072
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	282	3	1538	<11,6	1826
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	188	0,1	61	<11,6	252
6	Río Minero - Mina Polveros	219	<0,1	258	<11,6	474
7	Quebrada Paunera Después Manotera	246	<0,1	9	<11,6	256
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	274	0,1	41	<11,6	318
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	51	<0,1	8	<11,6	59
10	Quebrada Tambrías	186	<0,1	8	<11,6	194
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	266	0,1	134	<11,6	404

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 31. Comportamiento Sólidos Totales**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**6.4.1.10. Grasas y Aceites y % de Grasas y Aceites en base seca**

Las grasas y aceites no parecen tener un gran impacto dentro de la zona analizada al no presentar concentraciones superiores al límite de cuantificación analítico (0,2 mg/L) para ninguna de las muestras analizadas a excepción del punto Quebrada Tambrías, siendo este un valor alto para este parámetro (0,393 mg/L) y que excede los límites establecidos para los usos evaluados en la Resolución 1315 de 2020. Al relacionar con los sólidos los valores de % de Grasas y Aceites es <0,6% para todas las muestras analizadas.

**Tabla 32 Resultados Grasas y Aceite y % Grasas y Aceites**

Punto	Parámetro	Grasas y Aceites	% Sól seco Grasas y Aceites
		mg/L	
1	Río Minero - Estación de Inicio	<0,200	<0,6
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<0,200	<0,6
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,200	<0,6
4	Quebrada Itoco -El Mango Puerto Arturo	<0,200	<0,6
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,200	<0,6
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,200	<0,6
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<0,200	<0,6
8	Río Ibacapí -Tununguá y Briceño	<0,200	<0,6
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,200	<0,6
10	Quebrada Tambrías	0,393	<0,6
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	<0,200	<0,6

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.11. *Surfactantes*

El comportamiento para este parámetro es similar al mostrado para la clorofila, al no presentar valores superiores al límite de cuantificación de la técnica analítica, lo cual sugiere la poca o nula presencia de detergentes u otros productos de limpieza dentro de los cuerpos hídrico analizado

**Tabla 33. Resultados Surfactantes**

Punto	Parámetro	Surfactantes
		mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	<0,07
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<0,07
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,07
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	<0,07
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,07
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,07
7	Quebrada Paunera - Después Manotera	<0,07
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	<0,07
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,07
10	Quebrada Tambrías	<0,07
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	<0,07

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

#### 6.4.1.12. *Metales y Metaloides*

Las concentraciones de metales registran valores por debajo de los límites de detección con excepción del hierro y el zinc, los dos metales están relacionados con las condiciones del suelo, mientras que el zinc también se encuentra presente en sustancias acondicionadores de suelo y/o vertimientos de tipo doméstico.

**Tabla 34. Resultados Metales y Metaloides**

Punto	Parámetro	Cadmio	Cromo Total	Hierro	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	<0,003	<0,04	2,92	<0,001	<0,05	<0,01	0,26
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<0,003	<0,04	3,20	<0,001	<0,05	<0,01	0,23
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,003	<0,04	2,75	<0,001	<0,05	<0,01	0,12
4	Quebrada Itoco- El Mango Puerto Arturo	<0,003	<0,04	4,54	<0,001	<0,05	<0,01	0,24
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,003	<0,04	0,79	<0,001	<0,05	<0,01	0,12
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,003	<0,04	1,74	<0,001	<0,05	<0,01	0,15
7	Quebrada Paunera - Después Manotera	<0,003	<0,04	0,83	<0,001	<0,05	<0,01	0,08
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	<0,003	<0,04	0,92	<0,001	<0,05	<0,01	0,10
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,003	<0,04	0,75	<0,001	<0,05	<0,05	0,07
10	Quebrada Tambrías	<0,003	<0,04	<0,10	<0,001	<0,05	<0,01	<0,02
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	<0,003	<0,05	1,46	<0,001	<0,05	<0,01	0,17

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

#### 6.4.1.13. *Fenoles y compuestos fenólicos*

Las concentraciones de Fenoles se encuentran por debajo de 0,002 mg/L, sobresale el punto Río Minero Estación Final Otro Mundo, estos contaminantes pueden estar relacionados con el uso

de elementos de limpieza principalmente, por lo tanto, puede estar asociado a vertimientos de tipo doméstico. Para todos los otros puntos evaluados los Compuestos Fenólicos reportaron concentraciones por debajo de los límites de detección de las técnicas utilizadas.

**Tabla 35. Fenoles y compuestos Fenólicos**

Punto	Parámetro	Fenoles	Compuestos Fenólicos
		mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,002	<0,002
2	Quebrada El Batán Quípama y La Victoria	<0,002	<0,002
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,002	<0,002
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	<0,002	<0,002
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,002	<0,002
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,002	<0,002
7	Quebrada Paunera - Después Manotera	<0,002	<0,002
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	<0,002	<0,002
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,002	<0,002
10	Quebrada Tambrías	<0,002	<0,002
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	0,002	<0,002

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.1.14. Otros parámetros

Los Pesticidas Organoclorados (POC) y Pesticidas Organofosforados (POF) los puntos y Estaciones evaluados reportaron concentraciones menores de <0,00025mg/L

### 6.4.2. Primera Campaña de Monitoreo - Época Húmeda

#### 6.4.2.1. Análisis Microbiológico

Los ensayos microbiológicos determinados en las muestras monitoreadas fueron Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes, comparadas bajo la Resolución 1315 de 2000 dentro de los usos consumo humano e industrial,

Las concentraciones de Coliformes Totales pueden ser de origen ambiental y de acuerdo con las observaciones realizadas en campo podrían ser el resultado de procesos de degradación de material vegetal alóctono y otros procesos no asociados a contaminación por vertimientos u otras fuentes antrópicas. Los límites normativos definidos para Coliformes en la Resolución 1315 de 2020 tienen unidades de NMP (Número más probable), mientras que las unidades requeridas para el análisis de coliformes corresponden a UFC (Unidades Formadoras de Colonias) y al no existir una conversión directa por efecto de la diferencia procedimental del análisis, no se considera procedente una comparación normativa para dichos parámetros.

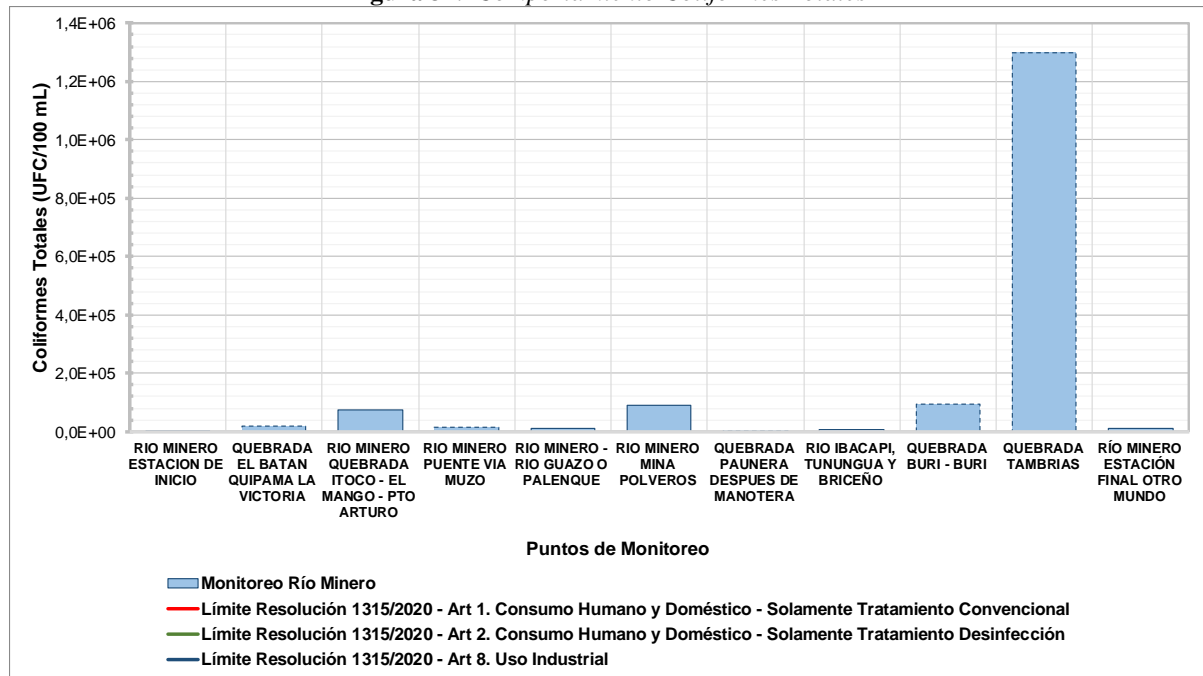


**Tabla 36. Resultados Coliformes Totales**

Punto	Nombre	Coliformes Totales UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	1.260
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	19.400
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	75.000
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	15.800
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	10.100
6	Río Minero - Mina Polveros	90.000
7	Quebrada Paunera Después Manotera	1.400
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	7.300
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	95.000
10	Quebrada Tambrías	1.300.000
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	11.000

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 32. Comportamiento Coliformes Totales**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

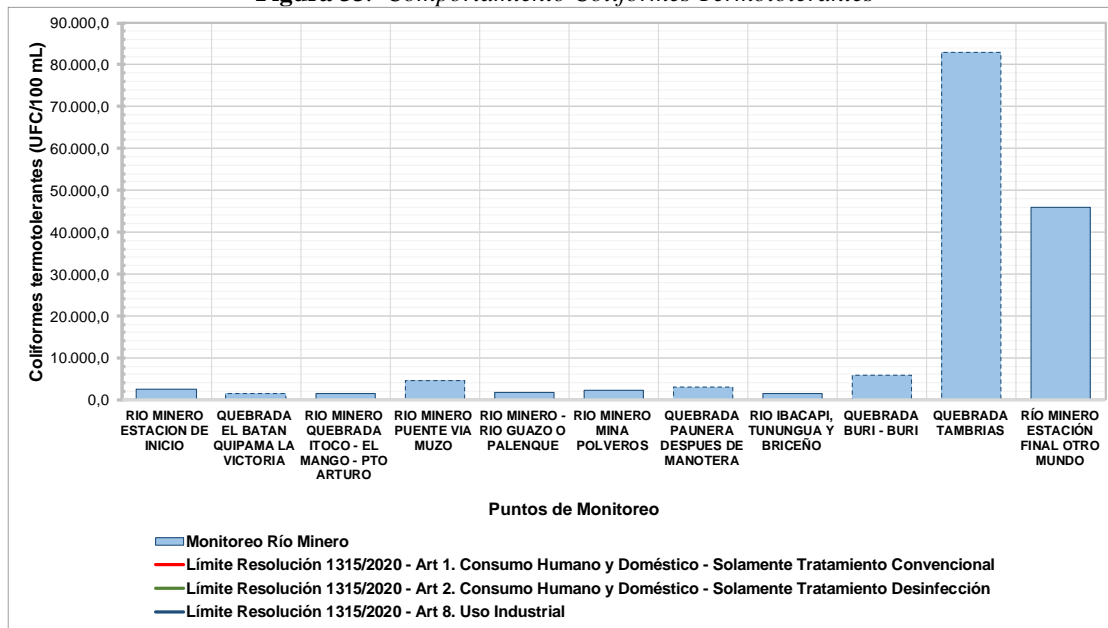
Los resultados para las muestras microbiológicas recolectadas en las estaciones de monitoreo del área de influencia del Río Minero, indican una concentración excepcionalmente alta para el punto Quebrada Tambrías, lo anterior se presume es causado por la vocación ganadera presentada a lo largo del cauce de la quebrada, a diferencia de los otros puntos de monitoreo, sobre los cuales existe un uso de bosque natural no destinado a una actividad económica definida. Con la presencia de Coliformes Termotolerantes y *E-coli* se presume vertimiento de tipo doméstico o presencia de ganado en los últimos puntos monitoreados, en estos parámetros sobresale además la Estación Río Minero – Estación Final Otro Mundo.

**Tabla 37. Resultados Coliformes Termotolerantes**

Punto	Parámetro	Coliformes Termotolerantes
		UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	2.400
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	1.500
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	1.400
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	4.500
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	1.800
6	Río Minero - Mina Polveros	2.200
7	Quebrada Paunera Después Manotera	3.000
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	1.540
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5.900
10	Quebrada Tambrías	83.000
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	46.000

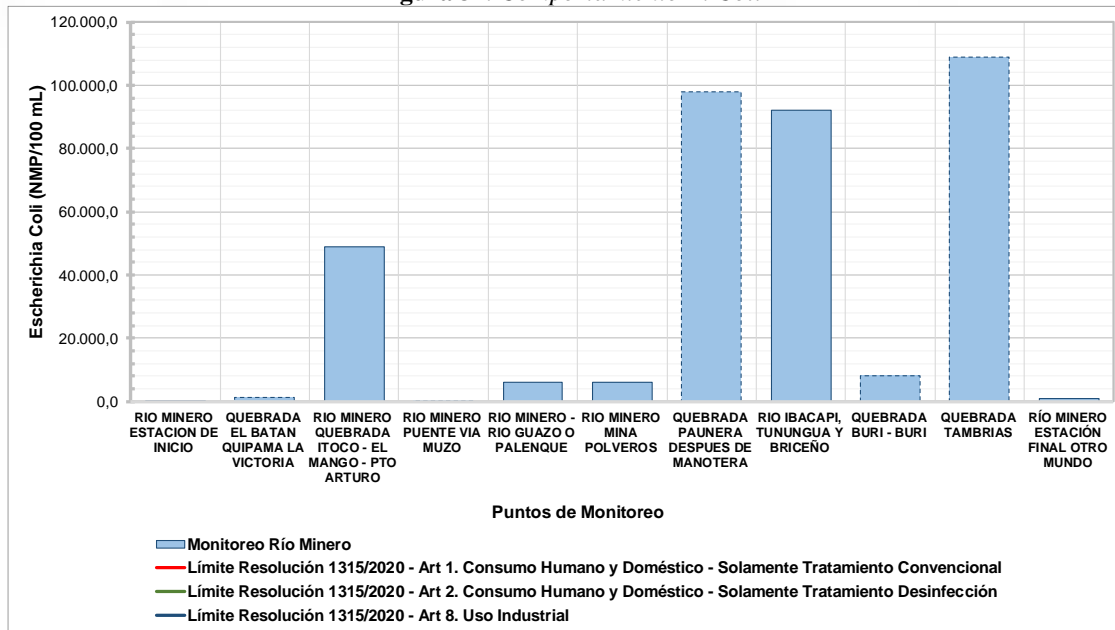
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 33. Comportamiento Coliformes Termotolerantes**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 34. Comportamiento E. Coli**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 38. Resultados Coliformes E-Coli.**

Punto	Parámetro	E-Coli UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	112
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	1.250
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	49.000
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	68,3
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	6.100
6	Río Minero - Mina Polveros	5.900
7	Quebrada Paunera Después Manotera	98.000
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	92.000
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	8.000
10	Quebrada Tambrías	109.000
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	830

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Como se observa en los resultados anteriormente presentados, existe una discrepancia respecto a los valores obtenidos para coliformes termotolerantes y E. Coli, la concentración de coliformes termotolerantes debe contener a la de E. Coli, sin embargo, el laboratorio subcontratado encargado de realizar el análisis acreditado de Coliformes Termotolerantes en UFC/100 mL, reportó valores no coincidentes con la concentración de E. Coli medidos en Analquim Ltda ni con los controles establecidos en el laboratorio para la validación de la información, por tal motivo, en pro del principio de precaución la Unión Temporal Proalquim

Ltda presenta los resultados del control de calidad para el análisis de Coliformes, con el ánimo de presentar valores no sólo que permitan hacer una relación apropiada entre dichos parámetros, sino que además establezcan una concentración de referencia que permita una estimación apropiada del estado microbiológico de la corriente de agua.

**Tabla 39. Controles de calidad coliformes**

Punto	Parámetro	Coliformes Totales	Coliformes termotolerantes	Escherichia Coli
		UFC/100 mL	UFC/100 mL	UFC/100 mL
1	Río Minero - Estación de Inicio	1.260	1.210	112
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	19.400	1.620	1.250
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	75.000	15.000	49.000
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	15.800	3.900	68,3
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	10.100	7.800	6.100
6	Río Minero - Mina Polveros	90.000	28.000	5.900
7	Quebrada Paunera Después Manotera	1.400	4.200	98.000
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	7.300	15.900	92.000
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	95.000	62.000	8.000
10	Quebrada Tambrías	1.300.000	890.000	109.000
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	11.000	4.100	830

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.2. Turbiedad, Material Flotante, Olor e Iridiscencia

La Turbiedad encontrada en los puntos monitoreados en los cuerpos hídricos del río Minero, está determinada por varios factores y puede afectarse adversamente a la eficiencia de la desinfección. Una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades o a materiales en suspensión desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, respecto al artículo 1 de la resolución 1315/2020 este no presenta un valor normativo para este parámetro, sin embargo, el artículo 2 de la resolución 1315/2020, ostenta un valor límite de 10 UJT (190 UNT), el cual se ve sobrepasado por 3 de las 7 muestras monitoreadas, las 4 muestras que presentan un cumplimiento normativo corresponden los puntos de monitoreo Río Guazo, Quebrada Paunera, Quebrada Buri Buri y Quebrada Tambrías, la primera quebrada mencionada es procedente del municipio de Pauna, mientras que las otras dos corresponden al municipio de San Pablo de Borbur.

**Tabla 40. Resultados Turbiedad**

Punto	Parámetro	Turbiedad
		UNT
1	Río Minero - Estación de Inicio	400
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	190
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	2800
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	220

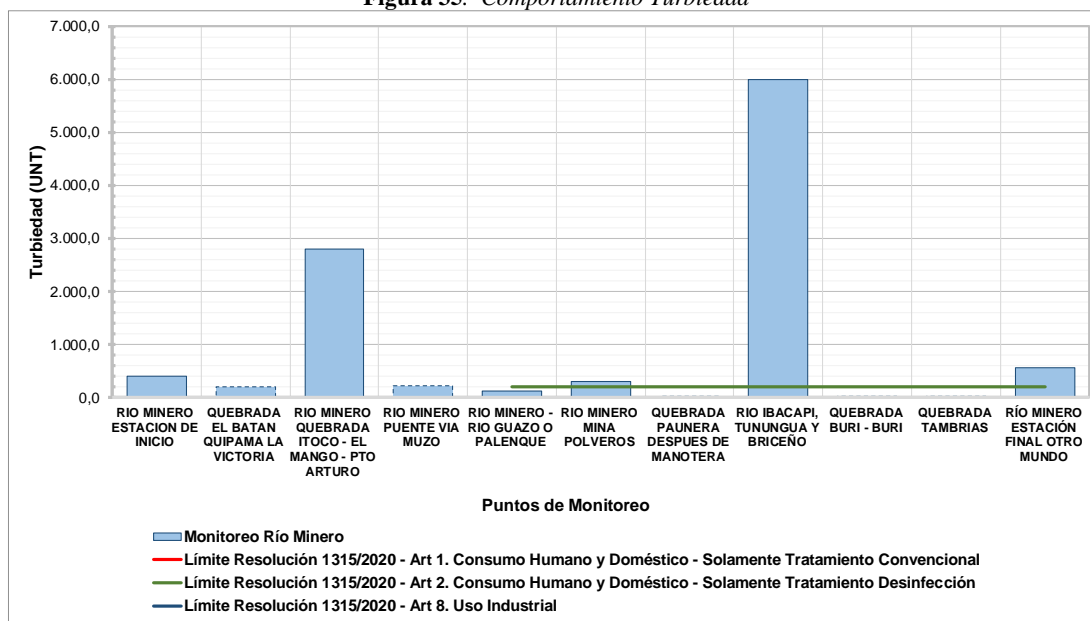


Punto	Parámetro	Turbiedad
		UNT
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	120
6	Río Minero - Mina Polveros	300
7	Quebrada Paunera Después Manotera	7,3
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	6000
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5,9
10	Quebrada Tambrías	18
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	550

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Es importante notar que no hay un efecto claro en la calidad del río Minero por efecto de la reducción de la turbiedad en sus tributarios a medida que se desciende por el cauce del río, lo cual se evidencia al observar un valor de 6000 UNT en el río Ibacapí, además que el punto Río Minero Estación Final Otro Mundo ostenta un mayor valor de turbiedad que en la estación de inicio.

Figura 35. Comportamiento Turbiedad



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

El parámetro de iridiscencia (ausente) no presentó condiciones atípicas en todos los puntos monitoreados, junto a ello, el parámetro de material flotante solo estuvo presente en los puntos extremos del río Minero, situación que se atribuye al efecto de arrastre del río tanto dentro del área de estudio como aquella que la precede (departamento de Cundinamarca). El parámetro olor solo registro presencia en el punto denominado Quebrada Tambrías, con un olor a materia en proceso de descomposición, atribuible a la alta carga orgánica en dicho punto, además del bajo nivel de caudal del mismo.

### 6.4.2.3. pH y Temperatura

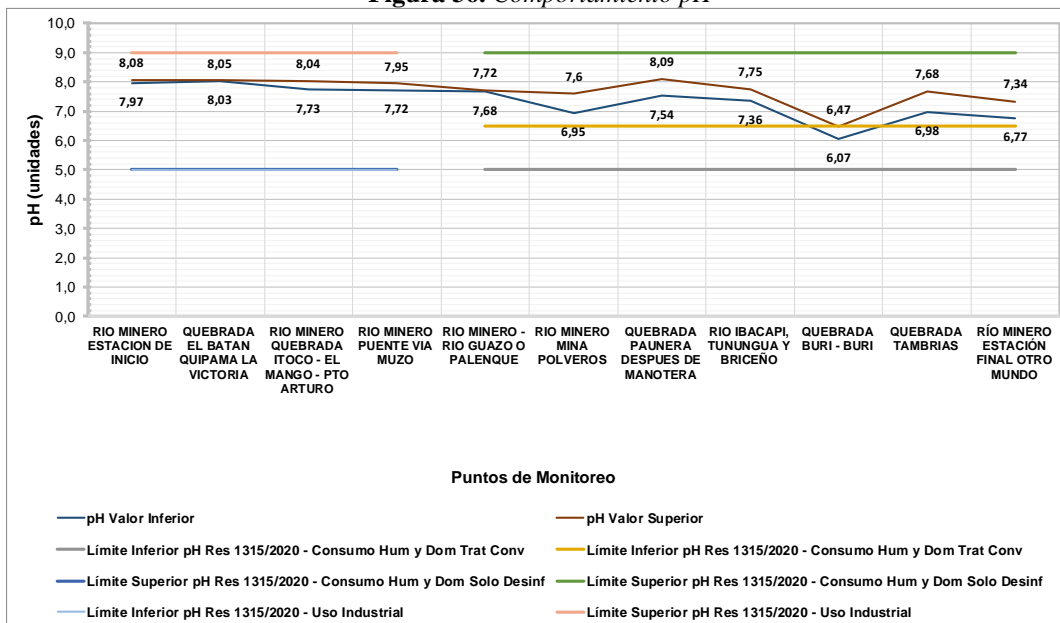
El pH para las diferentes estaciones presenta un comportamiento similar, encontrándose en un intervalo de pH de 6,07 a 8,09 unidades; siendo pH ligeramente neutro a básico, respecto al cumplimiento normativo, todos los valores de pH obtenidos presentan un cumplimiento normativo para los artículos evaluados de la resolución 1315/2020, al ser inferiores a 9 unidades de pH y superiores a las 6.5 unidades, como caso atípico se observa excepción del punto 9 Quebrada Buri - Buri CP San Martín, en el municipio de Otanche, el cual presenta los valores de pH más bajo de todas las mediciones, lo cual es un indicativo del bajo nivel de caudal en este punto y la alta susceptibilidad del mismo al entorno.

**Tabla 41. Resultados pH**

Punto	Parámetro	pH	Temperatura
		Unidades de pH	°C
1	Río Minero - Estación de Inicio	7,97 - 8,08	23,6 - 23,8
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	8,03 - 8,05	23,8 - 24,1
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	7,73 - 8,04	25,1 - 25,7
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	7,72 - 7,95	25,1 - 25,2
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	7,68 - 7,72	24,7 - 25,0
6	Río Minero - Mina Polveros	6,95 - 7,60	25,4 - 26,0
7	Quebrada Paunera Después Manotera	7,54 - 8,09	24,6 - 24,8
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	7,36 - 7,75	23,3 - 23,8
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	6,07 - 6,47	24,1 - 24,5
10	Quebrada Tambrías	6,98 - 7,68	24,9 - 25,2
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	6,77 - 7,34	25,0 - 25,3

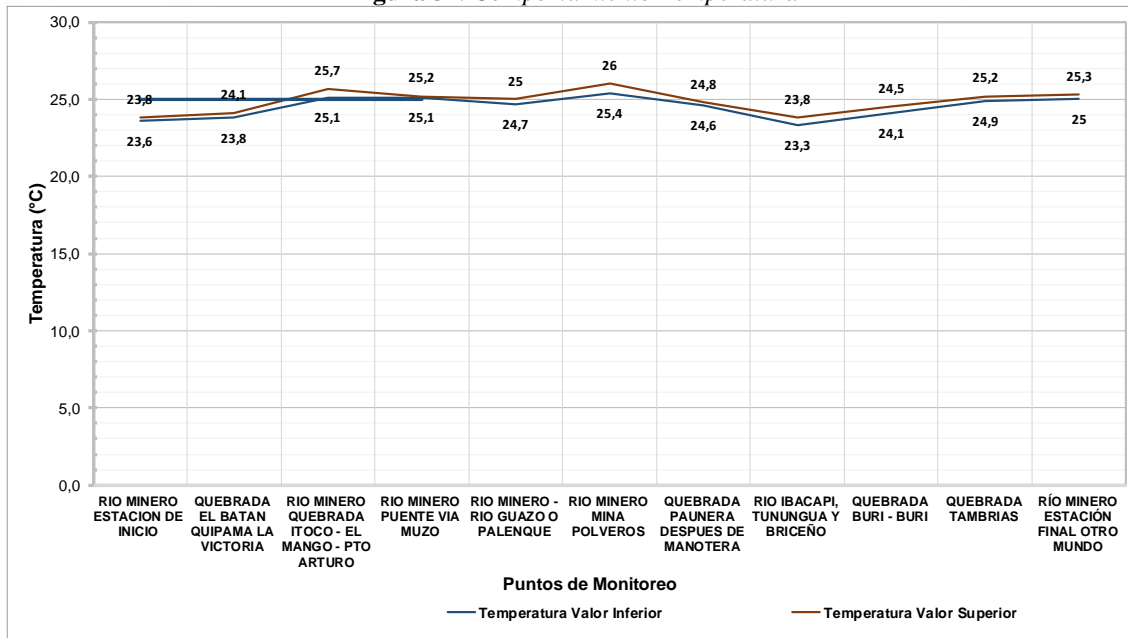
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 36. Comportamiento pH**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 37. Comportamiento Temperatura**



**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Por su parte la temperatura registra valores entre 23,3 y 26,0 °C, lo cual evidencia un intervalo de 3,3 °C entre el mínimo y el máximo registro obtenido, esto podría atribuirse a las diferentes horas, fechas y condiciones meteorológicas en las cuales se tomaron las distintas muestras. No se tiene comparación normativa para consumo humano y doméstico, mientras que para un uso industrial el límite establecido es de 25°C, los puntos Quebrada Itoco y Puente Vía Muzo, no cumplen con este límite.

#### 6.4.2.4. Oxígeno Disuelto y Demanda Química de Oxígeno

Junto a los coliformes estos parámetros son los más interesantes en cuanto a las condiciones aeróbicas del medio y la concentración de materia química y biológicamente oxidable, para la Demanda Química de Oxígeno-DQO en comparación con los artículos 1 y 2 para Uso de Consumo Humano con Tratamiento Convencional y Solamente con desinfección de la resolución 1315 de 2020, con límites normativos de 30 mg O<sub>2</sub>/L y 5 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, 2 de 7 los puntos de monitoreo comparados con consumo humano y doméstico presentan concentraciones mayores al límite establecido en el artículo 1, mientras que los puntos comparados con uso industrial el Río Minero Puente Vía Muzo presenta una excedencia a los 30 mg O<sub>2</sub>/L establecidos como límite máximo en el artículo mencionado.

Para el artículo 2 de la Quebrada Paunera Después Manotera, Quebrada Buri - Buri CP San Martín y Quebrada Tambrías son las únicas que podrían llegar a tener concentraciones menores al límite de cuantificación (5 mg O<sub>2</sub>/L), los demás puntos exceden el límite del artículo 2 de la resolución 1315 de

2020 para este parámetro (<4mg/L). El artículo 8 de la resolución mencionada no presenta límite para este parámetro.

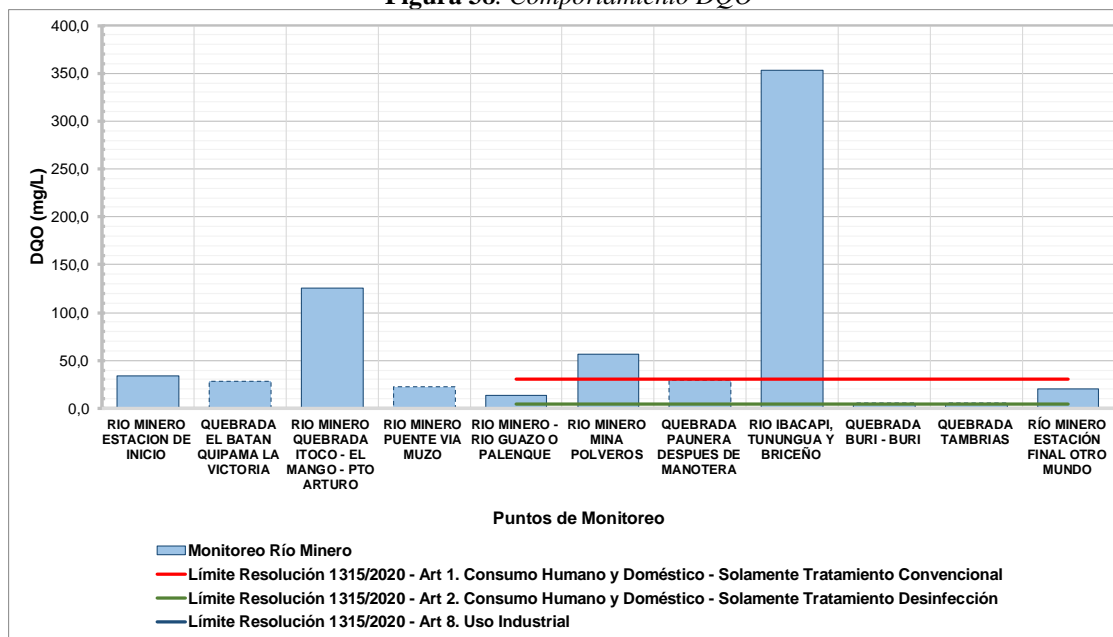
**Tabla 42. Resultados DQO**

Punto	Parámetro	DQO
		mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	34
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	28
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	126
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	22
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	13
6	Río Minero - Mina Polveros	57
7	Quebrada Paunera Después Manotera	29
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	353
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<5
10	Quebrada Tambriás	5
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	20

**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

En tanto a los valores obtenidos es importante notar que el punto que presenta mayor valor de DQO (*Quebrada Itoco*) representa un vertimiento promedio del municipio de Quípama, junto a las actividades mineras de la zona, lo anterior indica que es alrededor de este tramo de río hasta donde los vertimientos asociados a una actividad minera son importantes, ya que, a partir de esto se observan valores menores en la demanda de los tributarios del río Minero y en consecuencia en el río Minero como tal, lo cual es coincidente con las comparaciones efectuadas.

**Figura 38. Comportamiento DQO**



**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

Para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO<sub>5</sub> los puntos de monitoreo Río Ibacapí y Río Minero Estación Final presentan concentraciones superiores a 5 mg O<sub>2</sub>/L y 2 mg O<sub>2</sub>/L, los cuales son los límites normativos de los artículos 1 y 2 de la resolución 1532/2020 respectivamente, alcanzando un valor de 12 mg O<sub>2</sub>/L. Por su parte los puntos comparados con un uso industrial cumplen con el límite establecido (30 mg O<sub>2</sub>/mL) a excepción de la Estación Río Minero Puente Vía Muzo.

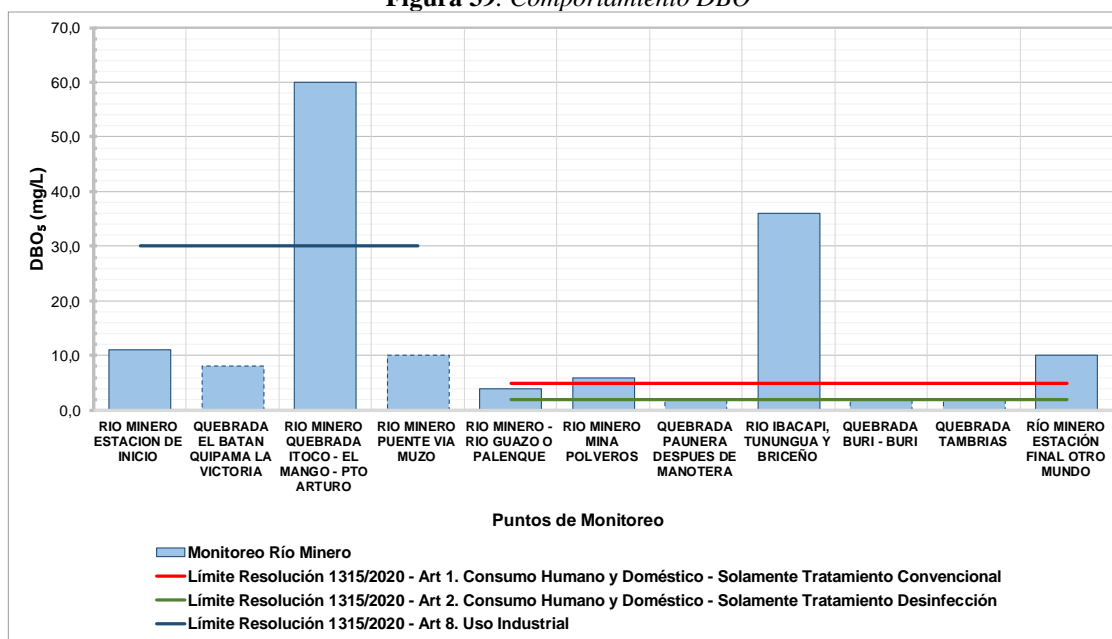
**Tabla 43. Resultados DBO**

Punto	Parámetro	DBO
		mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	11
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	8
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	60
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	10
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	4
6	Río Minero - Mina Polveros	6
7	Quebrada Paunera Después Manotera	2
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	36
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<2
10	Quebrada Tambrías	<2
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	10

**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021

Al relacionar la DBO<sub>5</sub> y DQO se encuentra que la DBO<sub>5</sub> representan valores menores a 48% indicando una mayor prevalencia de sustancias químicamente oxidables.

**Figura 39. Comportamiento DBO**



**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda.,2021



El oxígeno disuelto presenta un comportamiento contrario a lo esperado, al no evidenciar tendencias inversas a las demandas obtenidas, lo que indica que de las fuentes monitoreadas su contenido de oxígeno no está estrechamente ligado a las sustancias disueltas en ellas susceptibles de ser biológica o químicamente oxidables sino de los procesos de aireación y fotosíntesis de las plantas acuáticas, además es importante notar que la saturación de oxígeno del agua siempre fue superior al 70%.

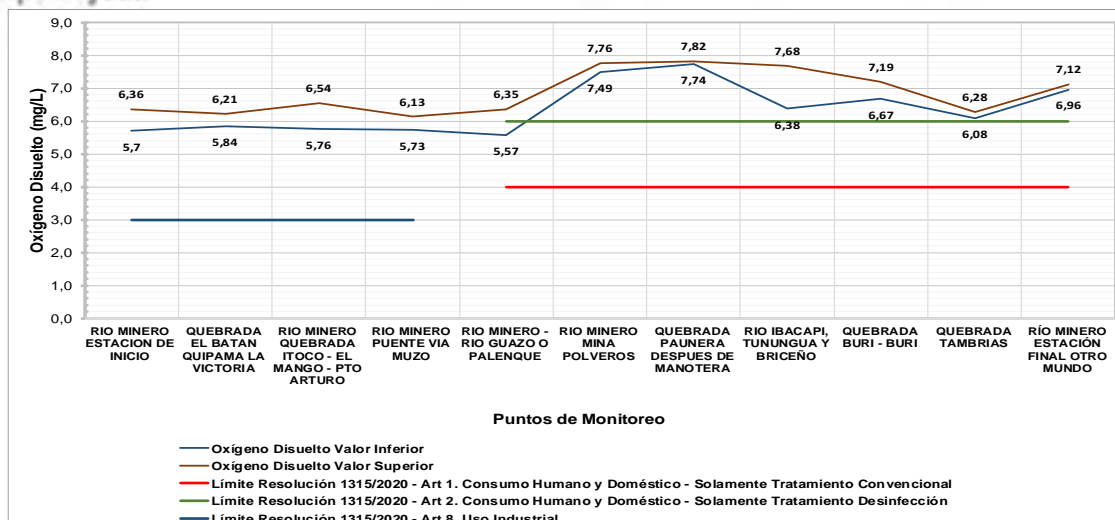
En cuanto al cumplimiento normativo, todas las muestras presentan concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 4 mg O<sub>2</sub>/L, por lo cual, todas las muestras tienen un cumplimiento normativo para Consumo Humano y Doméstico con Tratamiento Convencional y Uso Industrial. Al comparar con el artículo 2 (>6 mg/L), no cumplen la estación Río Guazo o Palenque. Como se indicó anteriormente, se presenta un alto porcentaje de Saturación de Oxígeno para todos los puntos de monitoreo, sin embargo, dicho parámetro no presenta valores normativos en ninguno de los 3 artículos de la resolución 1315/2020 relacionados.

**Tabla 44. Resultados Oxígeno y Porcentaje de Saturación de Oxígeno**

Punto	Parámetro	Oxígeno Disuelto	Porcentaje de Saturación de Oxígeno
		mg/L	%
1	Río Minero - Estación de Inicio	6,63 - 6,91	82,5 - 93,3
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	5,96 - 6,39	70,0 - 77,5
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	6,46 - 6,91	83,0 - 89,0
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	6,06 - 6,28	79,5 - 90,9
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	7,23 - 7,66	92,5 - 98,4
6	Río Minero - Mina Polveros	5,84 - 6,85	74,6 - 85,1
7	Quebrada Paunera Después Manotera	6,01 - 6,86	75,7 - 84,5
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	6,10 - 6,91	77,1 - 87,4
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5,49 - 5,54	69,8 - 71,4
10	Quebrada Tambrías	5,60 - 6,28	72,4 - 79,8
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	5,70 - 6,24	71,6 - 77,7

**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 40. Comportamiento Oxígeno Disuelto**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.5. Acidez, Alcalinidad y Conductividad

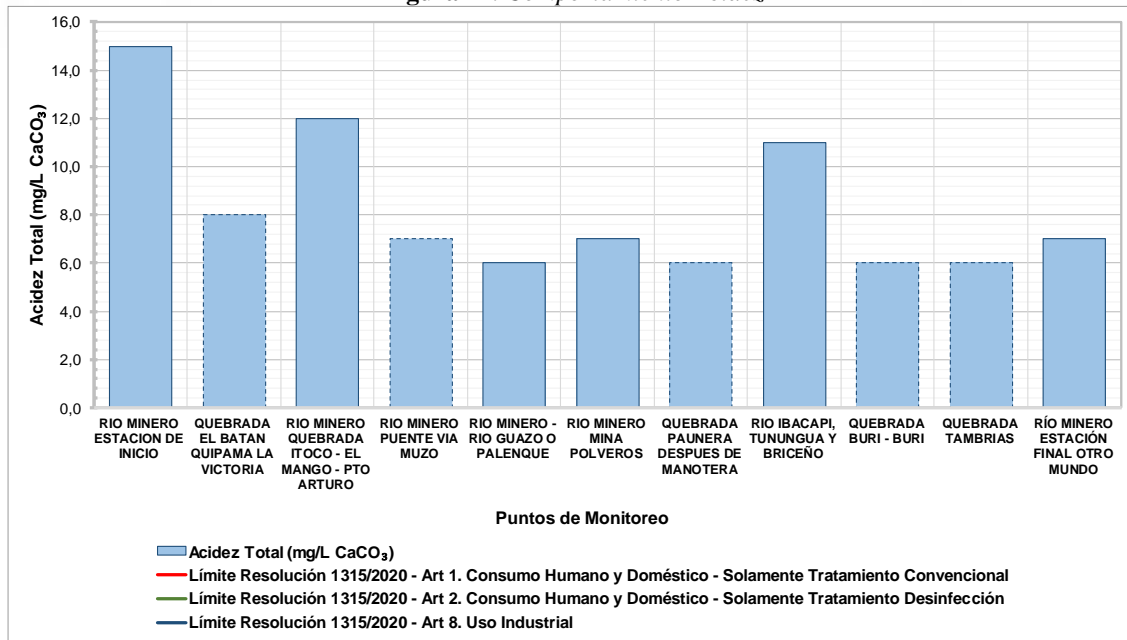
La acidez y la alcalinidad son indicativo de la cantidad de sales disueltas en el cuerpo hídrico y de su capacidad para reaccionar con una base o un ácido fuerte respectivamente, al ser la alcalinidad considerablemente mayor a la acidez para todos los puntos de monitoreo (mayor valor de acidez de 15 mg CaCO<sub>3</sub>/L, mientras que el menor valor de alcalinidad medido fue de 19 mg CaCO<sub>3</sub>/L), sobresale la estación Río Ibacapí con 99 mg CaCO<sub>3</sub>/L. En comparación con las demandas obtenidas se observa que los puntos de mayor alcalinidad no son coincidentes con los mayores de las demandas de oxígeno, lo anterior confirma la hipótesis anteriormente planteada respecto a la capacidad de los cuerpos hídricos para captar oxígeno, además que da indicios de que la sustancias que generan los valores de conductividad corresponden a especies en su mayoría completamente oxidadas.

Tabla 45. Resultados Acidez

Punto	Parámetro	Acidez
		mg/LCaCO <sub>3</sub>
1	Río Minero - Estación de Inicio	15
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	8
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	12
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	7
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	6
6	Río Minero - Mina Polveros	7
7	Quebrada Paunera Después Manotera	6
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	11
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<6
10	Quebrada Tambrías	<6
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	7

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 41. Comportamiento Acidez**



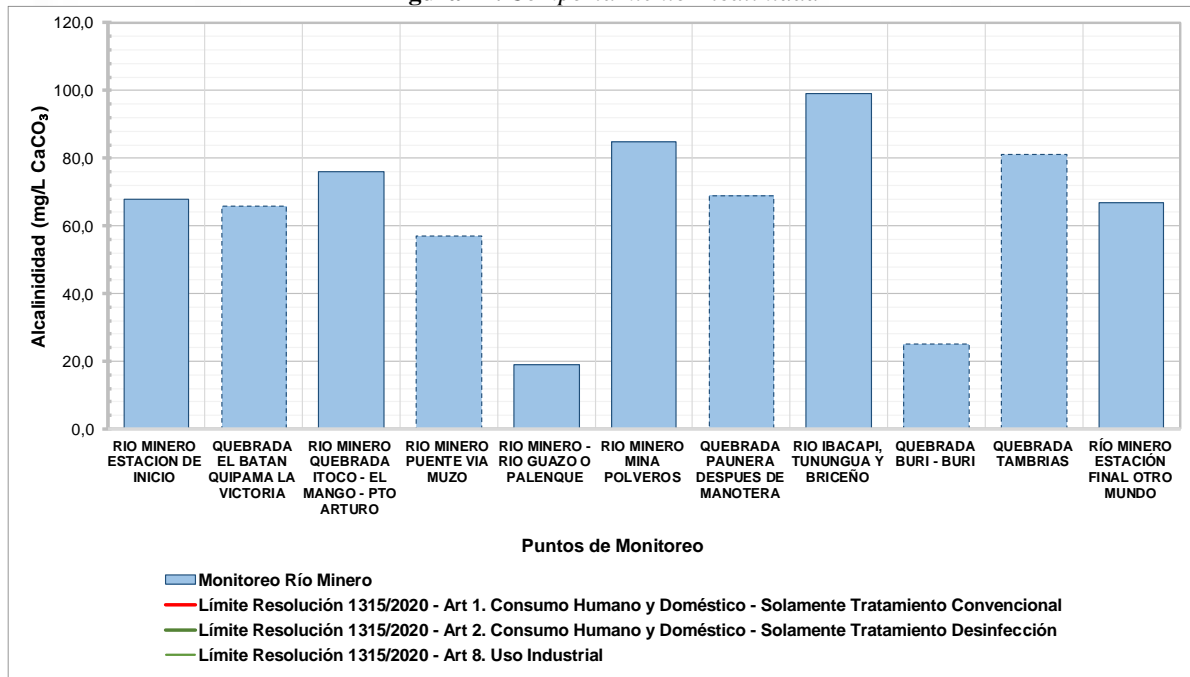
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 46. Resultados Alcalinidad**

Punto	Parámetro	Alcalinidad
		mg/LCaCO <sub>3</sub>
1	Río Minero - Estación de Inicio	68
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	66
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	76
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	57
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	19
6	Río Minero - Mina Polveros	85
7	Quebrada Paunera Después Manotera	69
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	99
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	25
10	Quebrada Tambrías	81
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	67

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

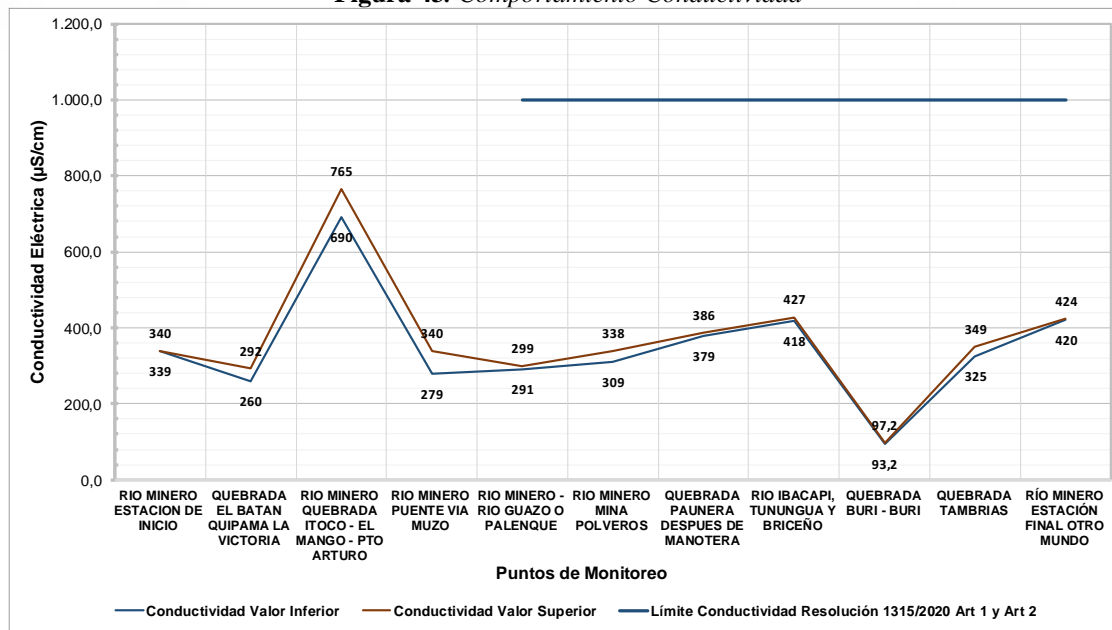
**Figura 42. Comportamiento Alcalinidad**



**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Por su parte la conductividad esta propiedad está influenciada tanto por la acidez como por la alcalinidad, presentando valores entre 93,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Quebrada Buri - Buri CP San Martín) hasta 765  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Quebrada Itoco El Mango Puerto Arturo), lo cual evidencia un cumplimiento normativo para todas las muestras comparadas con consumo humano y doméstico al reportar valores inferiores a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo este el valor máximo establecido en tanto en el artículo 1 como en el artículo 2 de la resolución 1315 de 2020. Para el uso industrial no se presenta un valor límite para este parámetro. Los valores presentados son coherentes con la concentración de Sólidos Disueltos reportada.

**Figura 43. Comportamiento Conductividad**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 47. Resultados Conductividad**

Punto	Parámetro	Conductividad
		µS/cm
1	Río Minero - Estación de Inicio	339 - 340
2	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	260 - 297
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	690 - 765
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	279 - 340
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	291 - 299
6	Río Minero - Mina Polveros	309 - 338
7	Quebrada Paunera Después Manotera	379 - 386
8	Río Ibacapí - Tunungá y Briceño	418 - 427
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	93,2 - 97,2
10	Quebrada Tambrías	325 - 349
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	420 - 424

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.6. Especies nitrogenadas

Los puntos de monitoreo del área de influencia del río Minero, presentan bajas concentraciones para todas las especies nitrogenadas analizadas, menores a 0,5 mg/L para nitratos y menores a 0,049 mg/L para nitritos. Cumplen con todos los Usos Evaluados tanto para Nitratos como Nitritos en la Resolución 1315 de 2020.

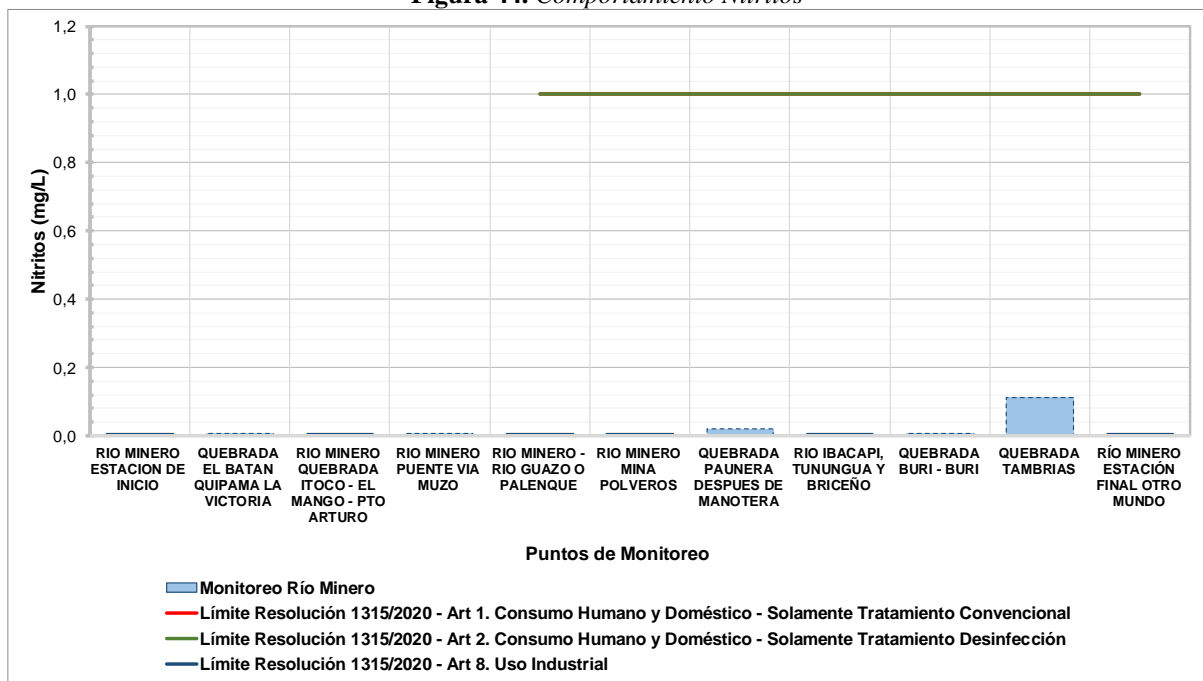


**Tabla 48. Resultados Nitratos y Nitritos**

Punto	Parámetro	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,2	<0,007
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,2	<0,007
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,1	<0,007
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	<0,1	<0,007
5	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,1	<0,007
6	Rio Minero - Mina Polveros	0,1	<0,007
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,8	0,02
8	Rio Ibacapí - Tunungúa y Briceño	<0,1	<0,007
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,1	<0,007
10	Quebrada Tambrías	0,4	0,113
11	Rio Minero Estación Final Otro Mundo	<0,1	<0,007

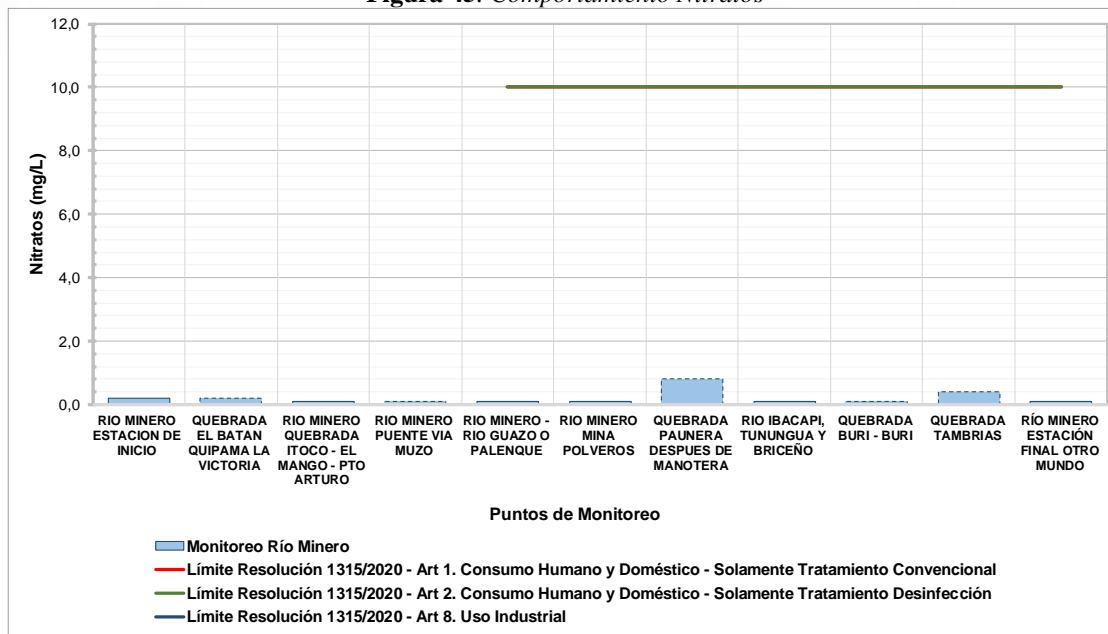
*Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021*

**Figura 44. Comportamiento Nitritos**



*Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021*

**Figura 45. Comportamiento Nitratos**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

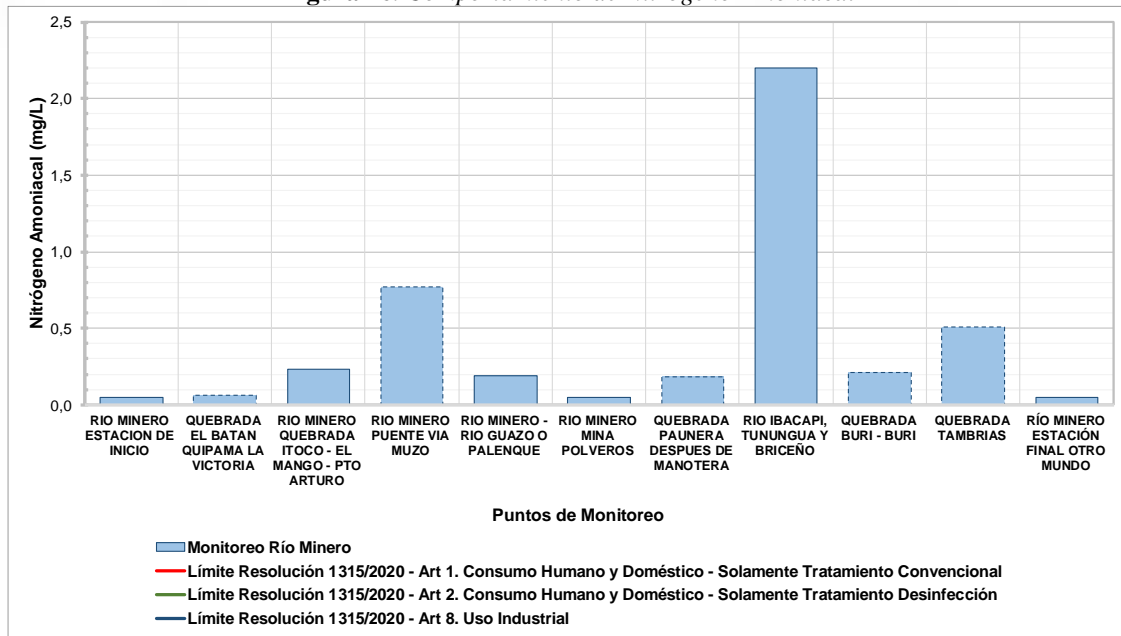
Por su parte, el nitrógeno amoniacal es el mayor aportante de nitrógeno entre las especies medidas, el nitrógeno Kjeldahl presenta valores inferiores al límite de cuantificación para todas las muestras, a excepción de la estación Río Ibacapí, estas especies son características de aportantes de tipo orgánico de nitrógeno, esta situación genera que las variaciones del nitrógeno total sean coincidentes con la variación del nitrógeno amoniacal, a excepción del punto denominado Quebrada Tambrías, el cual evidencia un mayor proceso de nitrificación, al ostentar los mayores valores de nitratos y nitritos medidos.

**Tabla 49. Resultados Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Kjeldahl y Nitrógeno Total**

Punto	Parámetro	Nitrógeno Amoniacal	Nitrógeno Kjeldahl	Nitrógeno Total
		mg/L	mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	<0,05	<3,3	0,5
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,06	<3,3	0,5
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,23	<3,3	0,6
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,77	<3,3	1,1
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,19	<3,3	0,3
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,05	<3,3	0,4
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,18	<3,3	1,4
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	2,2	3,1	3,1
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,21	<3,3	0,6
10	Quebrada Tambrías	0,51	<3,3	1,4
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	<0,05	<3,3	0,3

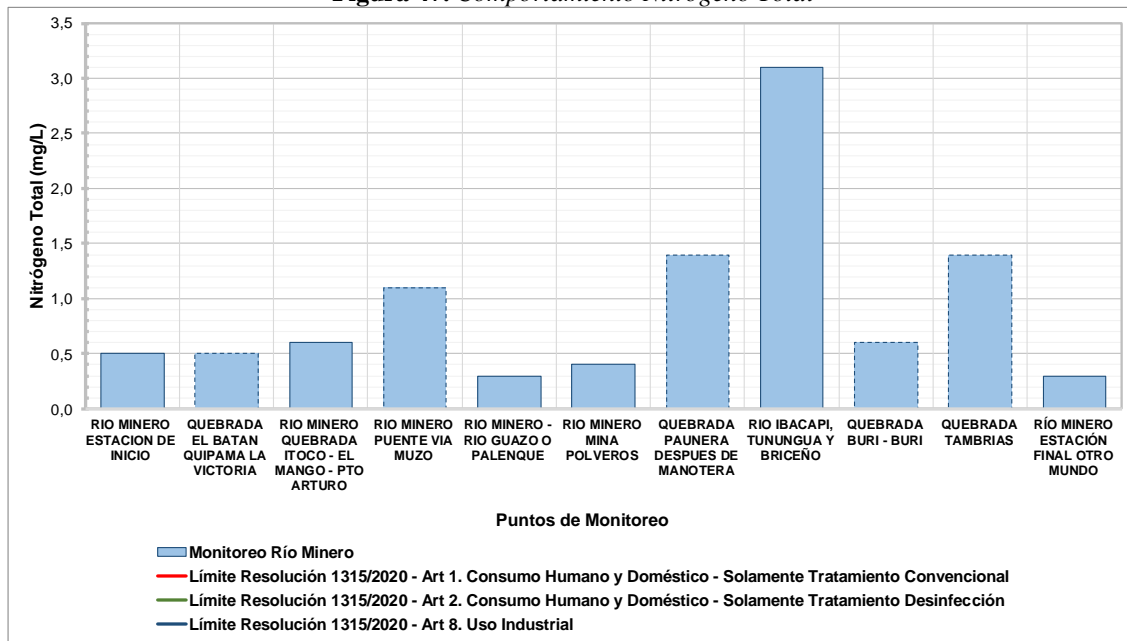
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 46. Comportamiento de Nitrógeno Amoniaca**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 47. Comportamiento Nitrógeno Total**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.7. Fósforo

El fósforo al igual que el nitrógeno es un elemento esencial para la producción de algas, a menudo estos se encuentran relacionados, en los 11 puntos evaluados, ninguno de ellos presentó relaciones Nitrógeno/Fósforo inferiores a la unidad pero si alcanzó relaciones

Nitrógeno/Fósforo hasta de 6,67 (*Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí*), en general se espera que estas relaciones sean superiores a la unidad y que mayores valores en esta relación promuevan la no eutrofización de los cuerpos de agua, sin embargo, en todos los puntos de medición se presentó una característica de *Eutrofización* como se observa en el índice ICOTRO calculado, lo cual es coincidente con la comparación normativa para el fósforo total, para el cual se presentan excedencias normativas a los límites establecidos para consumo humano y doméstico en la Resolución 1315 de 2020 (0,05 - 0,1 mg/L), los puntos que se encuentran dentro del intervalo normativo corresponden a *Río Guazo, Río Ibacapí y Mina Polveros*,

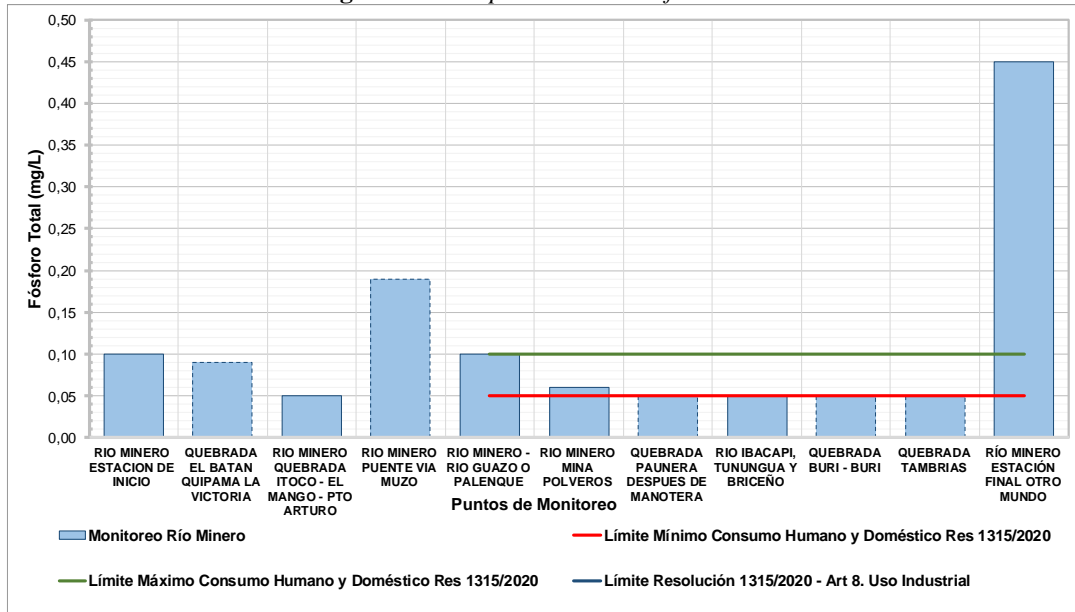
El fósforo soluble presenta concentraciones importantes al reportar en la mayoría de las mediciones valores superiores al límite de cuantificación y a menudo superior a los valores de Fosfatos obtenidos, lo cual se atribuye al efecto de las lluvias en la época de la toma de muestras. Ninguna de estas especies fosforadas tiene límite normativo en los límites evaluados.

**Tabla 50. Resultados Fósforo Total, Fósforo Reactivo total y Fósforo Soluble**

Punto	Parámetro	Fósforo Total	Fósforo Reactivo Total	Fósforo Soluble
		mg/L	mg/L P-PO <sub>4</sub>	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,1	0,03	0,09
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,09	<0,03	0,08
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,05	<0,03	0,08
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,19	0,15	<0,03
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,1	0,05	0,09
6	Río Minero - Mina Polveros	0,06	0,04	0,03
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<0,05	<0,03	0,03
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,05	0,04	0,17
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,05	<0,03	<0,03
10	Quebrada Tambrías	<0,05	<0,03	0,06
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,45	0,34	<0,03

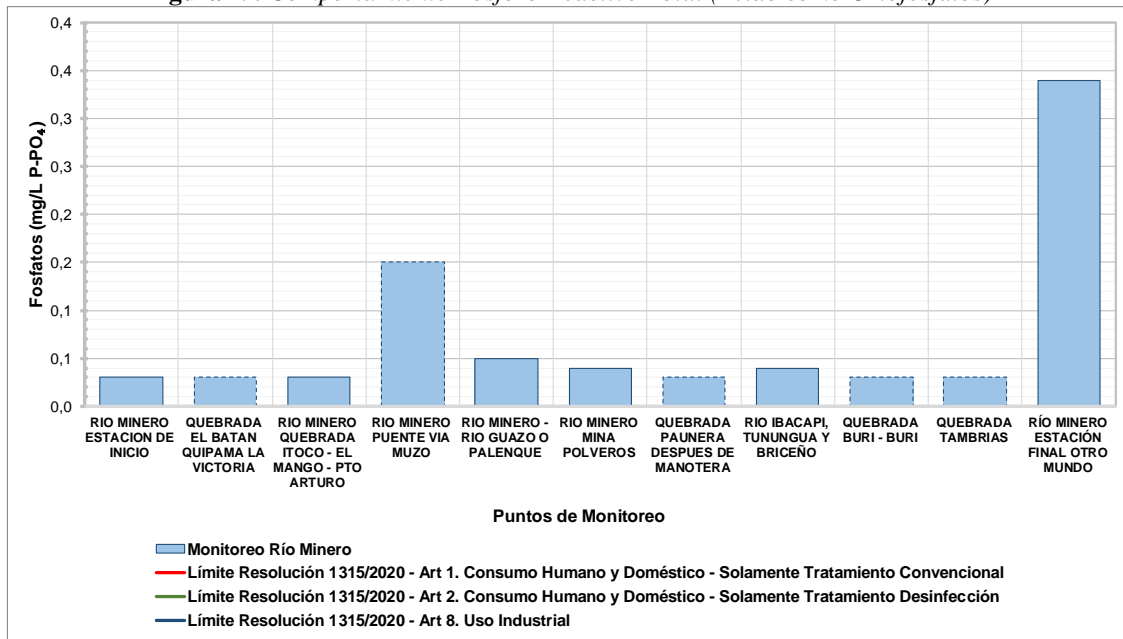
**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 48. Comportamiento Fósforo Total**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

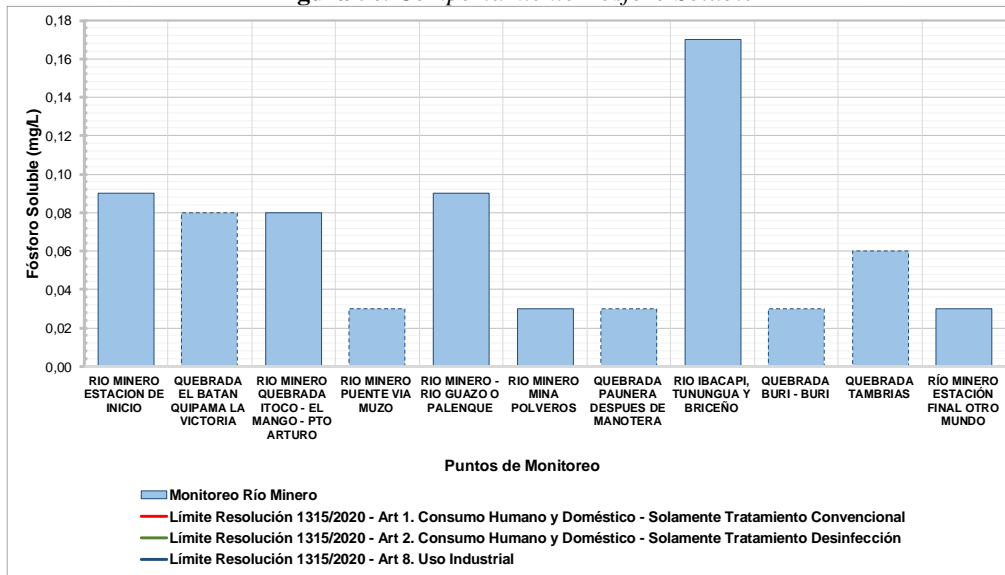
**Figura 49. Comportamiento Fósforo Reactivo Total (Leído como Ortofosfatos)**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021



**Figura 50. Comportamiento Fósforo Soluble**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**6.4.2.8. Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica.**

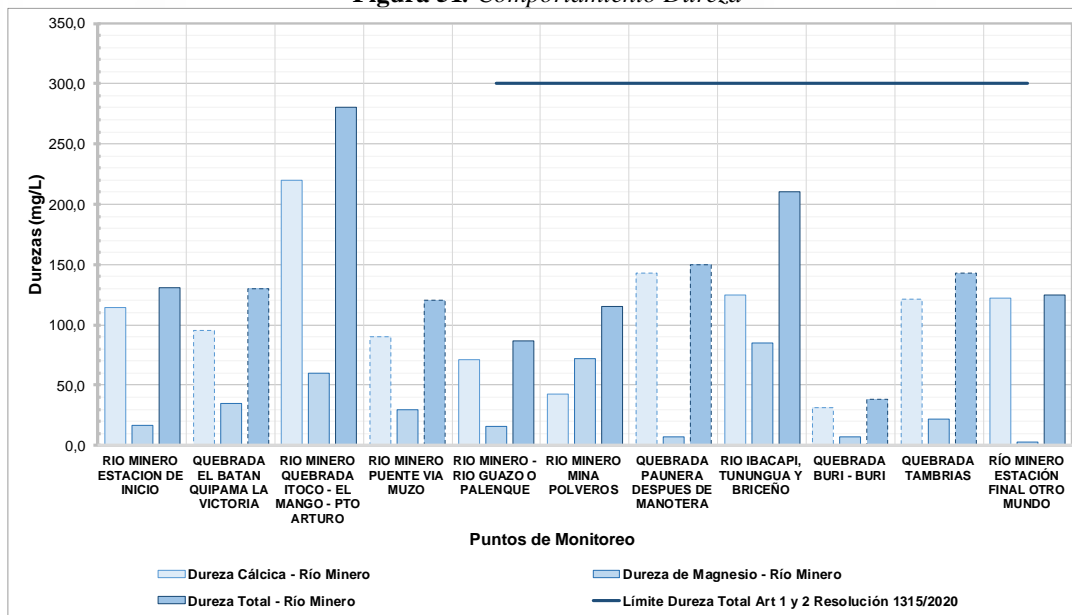
Para las muestras analizadas se observa que la mayor contribución a la dureza total corresponde a la dureza cálcica, lo cual indica que los suelos dentro del área de estudio son ricos en calcio (como se comentó en el análisis de sodio vs alcalinidad), ninguna de las muestras susceptibles a comparación normativa sobrepasa el límite normativo establecido en los artículos 1 y 2 de la resolución 1315 de 2020 corresponde a el punto *Quebrada Itoco El Mango Puerto Arturo*, este hecho unido al contenido de sulfatos medidos para este mismo punto indican un arrastre de sulfato de calcio (mineral abundante en la naturaleza) para este cuerpo hídrico.

**Tabla 51. Resultados Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica**

Punto	Parámetro	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza de Magnesio
		mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>
1	Río Minero - Estación de Inicio	169	149	20
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	146	125	21
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	150	121	29
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	378	289	89
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	140	103	37
6	Río Minero - Mina Polveros	127	103	24
7	Quebrada Paunera Después Manotera	163	56,6	142
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	233	228	5
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	32	31	1
10	Quebrada Tambrías	119	101	18
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	152	95	57

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 51. Comportamiento Dureza**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.9. Sólidos

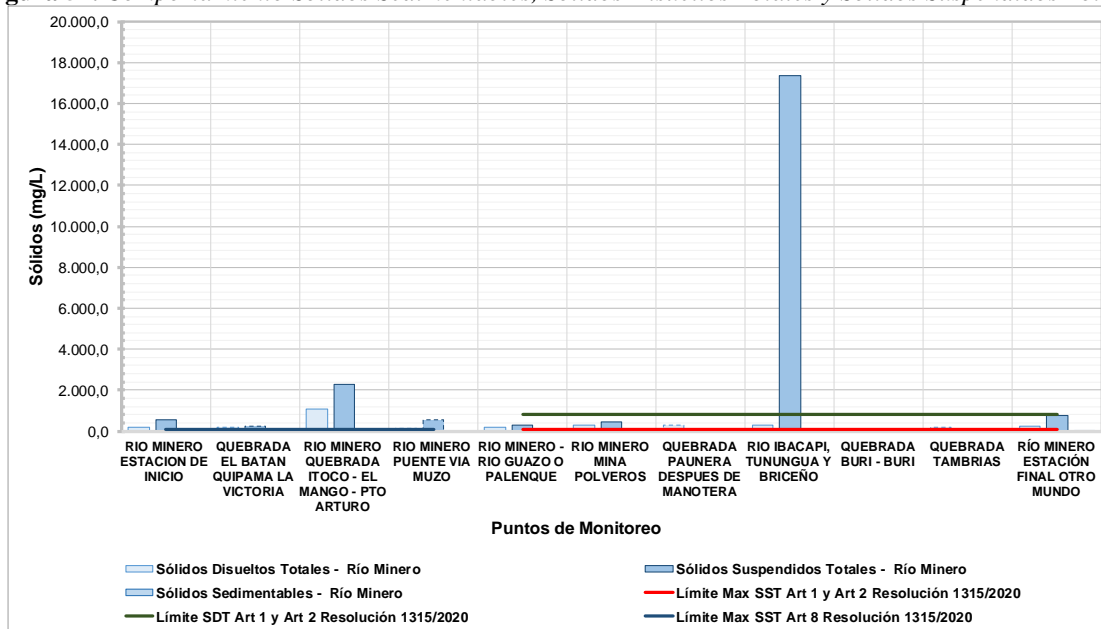
En las muestras analizadas la concentración de sólidos sedimentables es baja en comparación a los demás cortes de sólidos, los sólidos disueltos son un indicativo más de las sales disueltas en las corrientes analizadas, lo cual se evidencia al mostrar que los puntos que mayor cantidad de sólidos disueltos exhiben son coincidentes con los mayores valores de conductividad y alcalinidad, de igual manera, es posible relacionar los altos valores de sólidos suspendidos totales con un aporte de material orgánico y/o resuspensión de partículas de suelo, como se presenta en el río Ibacapí lo cual se relaciona con los altos valores de turbiedad y dureza obtenidos para estos puntos, no se presume que exista una marcada actividad de algas u otras plantas acuáticas debido a los bajos valores de clorofila obtenidos.

Respecto al cumplimiento normativo, tanto el consumo humano y doméstico como para un uso industrial se observa un valor máximo 10 mg/L de sólidos suspendidos totales, en época húmeda, todos los cuerpos de agua monitoreados exceden este valor para un consumo humano y doméstico, así como para uso industrial.

Se cumplen los valores normativos para Sólidos Disueltos Totales incluidos en la normatividad 1315 de 2020 para los usos planteados. Los Sólidos Suspendidos Volátiles están directamente relacionados con la presencia de materia orgánica, con excepción de la Estación del Punto de

Inicio, los valores se encuentran por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada.

**Figura 52.** Comportamiento Sólidos Sedimentables, Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Suspendedos Totales



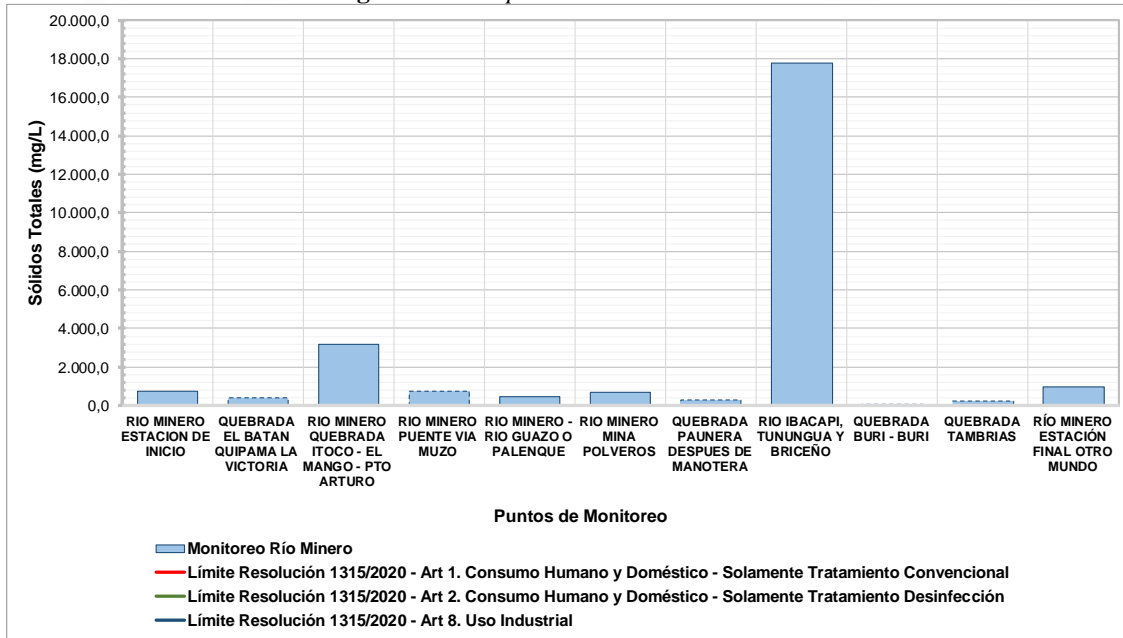
Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Tabla 52.** Resultados Sólidos Disueltos Totales, Suspendedos Sedimentables, Suspendedos Volátiles y Totales

Punto	Parámetro	Sólidos Disueltos Totales	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendedos Totales	Sólidos Suspendedos Volátiles	Sólidos Totales
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	800	N.E.	10-55	N.E.	N.E.
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	190	1,2	527	50	720
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	160	0,1	242	22	407
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	1070	15	2275	155	3170
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	155	0,3	576	12	735
6	Río Minero - Mina Polveros	160	0,5	291	<11,6	455
7	Quebrada Paunera Después Manotera	270	1,6	420	24	695
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	295	<0,1	13	<11,6	312
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	265	34	17375	<11,6	17800
10	Quebrada Tambrías	54	<0,1	15	<11,6	74
11	Río Minero Estación Final Otro Mundo	193	<0,1	40	<11,6	238

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 53. Comportamiento Sólidos Totales**



Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.10. **Grasas y Aceites y % de Grasas y aceites en base seca**

Las grasas y aceites parecen tener un gran impacto dentro de la zona analizada al presentar concentraciones superiores al límite de cuantificación analítico (0,2 mg/L) en 5 de las 11 muestras analizadas donde se destaca el punto Río Ibacapí, presentando el valor más alto para este parámetro (0,784 mg/L) sin exceder los límites establecidos para los usos evaluados en la Resolución 1315 de 2020. Al relacionar con los sólidos los valores de % de Grasas y Aceites es <0,6% para todas las muestras analizadas

**Tabla 53. Resultados Grasas y Aceite y % Grasas y Aceites**

Punto	Parámetro	Grasas y Aceites	% Sól seco Grasas y Aceites
		mg/L	
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,262	<0,6
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,259	<0,6
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,200	<0,6
4	Quebrada Itocho El Mango Puerto Arturo	0,227	<0,6
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,200	<0,6
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,200	<0,6
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<0,200	<0,6
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,784	<0,6
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,200	<0,6
10	Quebrada Tambrías	0,247	<0,6
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	<0,200	<0,6

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

### 6.4.2.11. *Surfactantes*

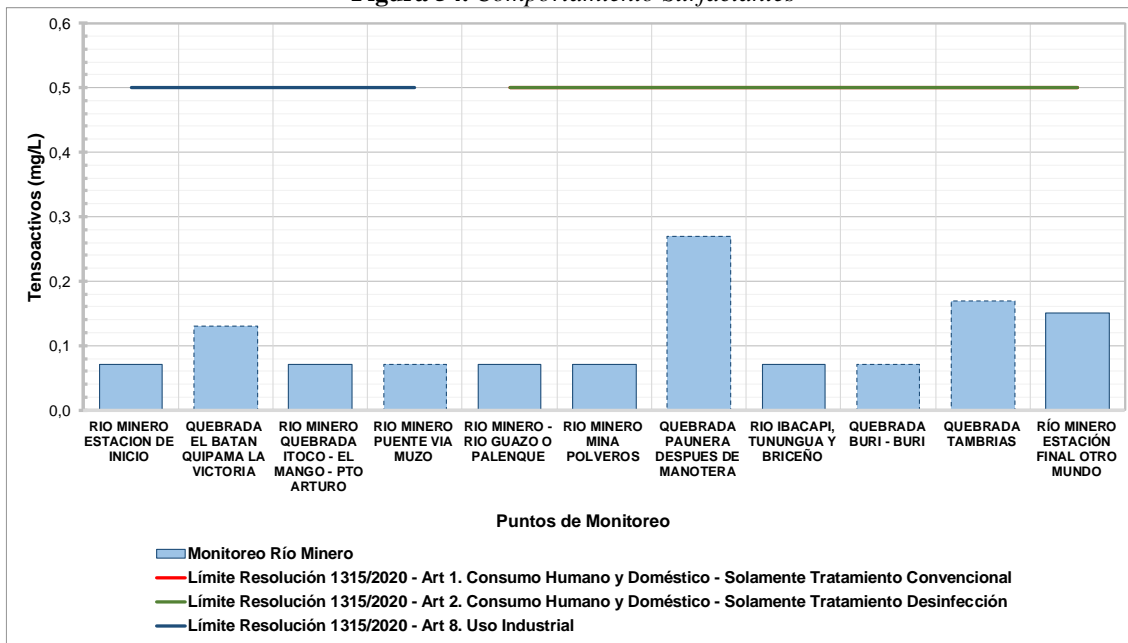
El comportamiento para este parámetro es similar al mostrado para la clorofila, al presentar valores puntuales superiores al límite de cuantificación de la técnica analítica, lo cual sugiere la poca presencia de detergentes u otros productos de limpieza dentro de los cuerpos hídrico analizados, por lo cual, no se superan los límites normativos para los usos comparados.

**Tabla 54. Resultados Surfactantes**

Punto	Parámetro	Surfactantes
		mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,5
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<0,07
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,13
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	<0,07
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,07
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,07
7	Quebrada Paunera Después Manotera	<0,07
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,27
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,07
10	Quebrada Tambrías	<0,07
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	0,17

**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 54. Comportamiento Surfactantes**



**Fuente:** Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021



#### 6.4.2.12. Metales y metaloides

Las concentraciones de metales registran en su mayoría valores por debajo de los límites de detección con excepción del hierro y el zinc, los dos metales están relacionados con las condiciones del suelo, mientras que el zinc también se encuentra presente en sustancias acondicionadores de suelo y/o vertimientos de tipo doméstico. Por otra parte se evidencia un aporte de metales pesados en los puntos Quebrada Paunera (Cadmio) y Río Ibacapí (Mercurio), por lo cual, se presume que hay minas no identificadas en dicha zona.

**Tabla 55. Resultados Metales y Metaloides**

Punto	Parámetro	Cadmio	Cromo Total	Hierro	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	<0,003	<0,04	1,32	<0,001	<0,05	<0,01	0,13
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<0,003	<0,04	1,18	<0,001	<0,05	<0,01	0,12
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,003	<0,04	11,68	<0,001	<0,05	<0,01	0,32
4	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	<0,003	<0,04	1	<0,001	<0,05	<0,01	0,09
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	<0,003	<0,04	0,9	<0,001	<0,05	<0,01	0,1
6	Río Minero - Mina Polveros	<0,003	<0,04	10,09	<0,001	<0,05	<0,01	0,23
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,005	<0,04	0,74	<0,001	<0,05	<0,01	0,29
8	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	<0,003	<0,04	79,9	0,033	0,23	<0,01	1,5
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<0,003	<0,04	1	<0,001	<0,05	<0,01	0,07
10	Quebrada Tambriás	<0,003	<0,04	0,56	<0,001	<0,05	<0,01	0,05
11	Río Minero - Estación Final Otro Mundo	<0,003	<0,04	10,75	<0,001	<0,05	<0,01	0,32

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

#### 6.4.2.13. Fenoles y Compuestos Fenólicos

Las concentraciones de Fenoles reportaron en su mayoría concentraciones inferiores a 0,002 mg/L, pero en el cual sobresale el punto Quebrada Buri - Buri CP San Martín, junto a otros 3 puntos de monitoreo, estos contaminantes pueden estar relacionados con el uso de elementos de limpieza y actividades mineras en la zona, por lo tanto, puede estar asociado a vertimientos de tipo doméstico e industrial. Para todos los otros puntos evaluados los Compuestos Fenólicos reportaron concentraciones por debajo de los límites de detección de las técnicas utilizadas.

**Tabla 56. Fenoles y compuestos Fenólicos**

Punto	Parámetro	Fenoles	Compuestos Fenólicos
		mg/L	mg/L
1	Río Minero - Estación de Inicio	<0,002	<0,002
2	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<0,002	<0,002
3	Río Minero - Puente Vía Muzo	<0,002	<0,002
4	Quebrada Itoco El Mango Puerto Arturo	<0,002	<0,002
5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,005	<0,002
6	Río Minero - Mina Polveros	0,01	<0,002
7	Quebrada Paunera Después Manotera	0,013	<0,002

Punto	Parámetro	Fenoles	Compuestos Fenólicos
		mg/L	mg/L
8	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	<0,07	<0,002
9	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,014	<0,002
10	Quebrada Tambrías	0,007	<0,002
11	Rio Minero - Estación Final Otro Mundo	0,016	<0,002

**Fuente:** *Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021*

#### 6.4.2.14. *Otros parámetros*

Los Pesticidas Organoclorados (POC) y Pesticidas Organofosforados (POF) los puntos y Estaciones evaluados reportando concentraciones menores de <0,00025mg/L,

## 7. ÍNDICES DE CALIDAD E ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA –RÍO MINERO

### 7.1. DISEÑO DE LOS INDICES

Los ICA e ICO, consisten básicamente en una expresión matemática simple, de la combinación de un número de parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos, los cuales sirven como medida de la calidad del agua para diferentes usos (Fernández & Solano, 2005). Finalmente, el valor numérico obtenido, que oscilan entre 0 a 100 y 0 a 1, se clasifica en diferentes rangos a los cuales se le asigna una descripción cualitativa del grado de contaminación del agua, con los cuales puede valorarse el recurso (Samboni, et al, 2007), estos son presentados en forma de número, rango, descripción verbal, símbolo o color.

Para Ball y Church (1980), el cálculo de los Índices tanto ICA e ICO se basan en tres pasos consecutivos, que son:

**1. Selección de parámetros o variables:** Se puede considerar entre dos o n-parámetros. La elección depende en gran medida del criterio de un experto, como también de la información existente, los criterios de tiempo, localización y su importancia como estándar de calidad; estas también se pueden definir teniendo en cuenta el tipo de uso de la fuente, por ejemplo, agua para consumo, recreación, riego, industria, etc. Por lo que es importante definir un grado de jerarquía.

**2. Determinación del subíndice para cada parámetro:** Tiene como propósito la transformación de las variables de una escala dimensional a una adimensional para permitir su agregación. Según Fernández y Solano (2005), se pueden utilizar varios métodos:

- Valor nominal o numérico, previa comparación del valor del parámetro con un estándar o criterio.
- Parámetro en número decimal, diagramas o tablas de calibración: En este caso se debe desarrollar para cada parámetro su propio diagrama, en el que se indique la correlación entre el parámetro y su valor en escala de calidad. Ésta escala generalmente es entre 0 y 100, aunque también se acostumbra escalarlos entre 0 y 1.

**3. Determinación del Índice por agregación de los subíndices:** Una vez se tiene la información homogeneizada de todos los parámetros seleccionados, hay que mirar la manera

de unificar la información final; la integración de los subíndices determina el Índice de calidad de agua, que puede darse por medio de fórmulas de agregación matemática que comúnmente corresponden a una función promedio.

## 7.2. INDICE DE CALIDAD DE AGUA

El Índice de calidad del agua es el 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  $t$ .

El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

La fórmula de cálculo del indicador es:

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

Donde:

- $ICA_{njt}$ : 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, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.
- El Índice de calidad del agua es el 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

### 7.2.1. Cálculo de valor del ICA para cada variable

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia para el cálculo del valor del ICA para cada variable.

#### 7.2.1.1. Oxígeno disuelto (OD)

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto  $PS_{OD}$ :

$$PS_{OD} = \frac{Ox \cdot 100}{C_p}$$

donde:

- Ox: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.
- $C_p$ : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor  $I_{OD}$  se calcula con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0.01 * PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (0.01 * PS_{OD} - 1)$$

#### 7.2.1.2. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

$$I_{SST} = 1 - (-0.02 + 0.003 * SST)$$

**Tabla 57. Valores para el Índice de Calidad del Agua para SST.**

VALOR	$I_{SST}$
$SST \leq 4.5$	1
$SST \geq 320$	0



### 7.2.1.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Catalunya se calcula con la fórmula:

**Tabla 58. Valores para el Índice de Calidad del Agua para DQO.**

VALOR	I <sub>DQO</sub>
$DQO \leq 20$	0.91
$20 < DQO \leq 25$	0.71
$25 < DQO \leq 40$	0.51
$40 < DQO \leq 80$	0.26
$DQO > 80$	0.125

### 7.2.1.4. Conductividad Eléctrica (C.E.).

Se calcula como sigue:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3.26 + 1.34 \log_{10} C.E.)}$$

Cuando  $I_{C.E.} < 0$ , entonces  $I_{C.E.} = 0$

### 7.2.1.5. Potencial de Hidrógeno (pH)

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

**Tabla 59. Valores para el Índice de Calidad del Agua para pH.**

VALOR	I <sub>pH</sub>
$pH < 4$	0.1
$4 \leq pH \leq 7$	$0.02628419 * e^{(pH * 0.520025)}$
$7 < pH \leq 8$	1
$8 < pH \leq 11$	$1 * e^{[(pH - 8) * -0.5187742]}$
$pH > 11$	0.1

### 7.2.1.6. Nitrógeno Total / Fósforo) Total (NT/PT):

La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:

**Tabla 60. Valores para el Índice de Calidad del Agua para Nitrógeno Total/Fósforo total.**

VALOR	I <sub>NT/PT</sub>
$15 \leq NT/PT \leq 20$	0.8
$10 < NT/PT < 15$	0.6
$5 < NT/PT \leq 10$	0.35
$NT/PT \leq 5$ , ó $NT/PT > 20$	0.15

En la siguiente tabla se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para el caso en el que se emplean 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 61. Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables.**

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PONDERACIÓN
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0,17
SST	mg/L	0,17
DQO	mg/L	0,17
NT/PT	-	0,17
Conductividad	μs/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

Fuente: IDEAM

**Tabla 62. Calificación de la calidad del agua según el valor que puede tomar el indicador 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

### 7.2.2. Resultados para el Índice de Calidad del Agua (ICA)

El cálculo del índice de calidad se realizó para los puntos de monitoreo que tenían información disponible sobre: Porcentaje de saturación de oxígeno [%O<sub>sat</sub>], Sólidos Suspendidos Totales [SST], Conductividad Eléctrica [CE], Potencial de Hidrogeno [pH], Demanda Química de Oxígeno [DQO], Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total.

El índice de calidad de agua (ICA) en la cuenca del Río Minero se calculó para cada uno de los puntos de monitoreo, en los cuales se basa en las campañas de monitoreo realizadas por la UNIÓN TEMPORAL PROALQUIM LTDA. Esta red consta de 11 puntos de monitoreo, de los cuales 4 son puntos que se encuentran sobre la corriente principal y los otros 7 puntos sobre afluentes directos al Río Minero.

A continuación, se encuentran los datos de laboratorio de las diferentes variables para el cálculo del ICA e ICOS que se obtuvieron en el año 2021 para las estaciones del Río Minero en ambas épocas hidrológicas del año.

**Tabla 63 Datos para el cálculo del ICA - Época Seca (1° campaña)**

No	Estación	OD (%sat)	DBO	SST	Coliformes totales	DQO	Conductividad Eléctrica	pH	Nitrógeno Total	Fósforo Total	NT/PT
E1	Río Minero - Estación de inicio	82,5	6	486	6000	46	333	8,18	0,6	0,14	4
E2	Q. El Batán - Quípama y La Victoria	70	2	257	16000	12	218	8,17	0,9	0,33	3
E3	Río Minero - Puente vía a Muzo	83	12	893	20000	32	234	7,93	1	0,16	6
E4	Q. Itoco - El mango Pto Arturo	79,5	12	1538	14000	52	708	8,1	1	0,12	8
E5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	92,5	9	61	10900	20	337	7,63	1,3	0,15	9
E6	Río Minero - Mina Polveros	74,6	2	258	8200	20	328	8,24	1,3	0,18	7
E7	Q. Paunera después de Manotera	75,7	2	9	117000	5	362	8,26	1,4	0,11	13
E8	Q. Buri Buri - CP San Martín	69,8	2	8	16600	5	100	6,92	0,5	0,07	7
E9	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	77,1	2	41	63000	16	466	8,5	1,2	0,15	8
E10	Q. Tambrías - Otanche	72,4	2	8	740000	8	328	8,14	1,1	0,09	12
E11	Río Minero - Estación final Otro mundo	71,6	2	134	18000	22	558	8,2	0,9	0,13	7

Fuente: Corpoboyacá.

**Tabla 64. Datos para el cálculo del ICA - Época húmeda (2° campaña)**

No	Estación	OD (%sat)	DBO	SST	Coliformes totales	DQO	Conductividad Eléctrica	pH	Nitrógeno Total	Fósforo Total	NT/PT
E1	Río Minero - Estación de inicio	73,7	11	527	1260	34	340	8,1	0,5	0,1	5
E2	Q. El Batán - Quípama y La Victoria	75,3	8	242	19400	28	292	8,1	0,5	0,09	6
E3	Río Minero - Puente vía a Muzo	73,1	10	576	15800	22	340	8	1,1	0,19	6
E4	Q. Itoco - El mango Pto Arturo	73,3	60	2275	75000	126	765	8	0,6	0,05	12
E5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	69,7	4	291	10100	13	299	7,7	0,3	0,1	3
E6	Río Minero - Mina Polveros	96,5	6	420	90000	57	338	7,6	0,4	0,06	7
E7	Q. Paunera después de Manotera	100,1	2	13	1400	29	386	8,1	1,4	0,05	28
E8	Q. Buri Buri - CP San Martín	91,4	2	15	95000	5	97	6,5	0,6	0,05	12
E9	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	85,7	36	17375	7300	353	427	7,8	3,1	0,05	62
E10	Q. Tambrías - Otanche	83,5	2	40	1300000	5	349	7,7	1,4	0,05	28
E11	Río Minero - Estación final Otro mundo	79,8	10	743	10000	20	424	7,3	0,3	0,45	1

Fuente: Corpoboyacá.

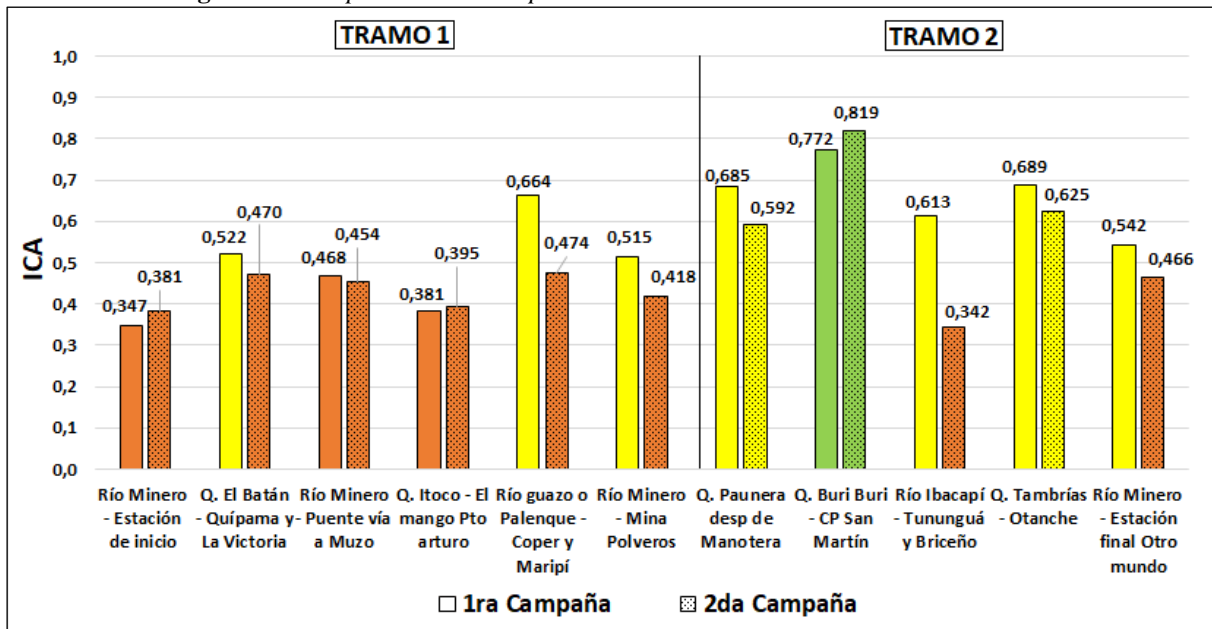
Aplicando la metodología anteriormente mencionada en el numeral 7.2 se presentan los resultados obtenidos de ICA para el Río Minero del año 2021 tanto para Época Seca (ES) como para Época Húmeda (EH).

**Tabla 65. Resultados de ICA en las diferentes campañas de monitoreo**

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICA	ICA	VALOR ICA	ICA
E1	RIO MINERO ESTACION DE INICIO	0,347	Mala.	0,381	Mala.
P1	QUEBRADA EL BATAN QUIPAMA Y LA VICTORIA	0,522	Regular	0,470	Mala.
E2	RIO MINERO PUENTE VIA MUZO	0,468	Mala.	0,454	Mala.
P2	QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	0,381	Mala.	0,395	Mala.
P3	RIO GUAZO O PALENQUE - COPER Y MARIPI	0,664	Regular	0,474	Mala.
E3	RIO MINERO MINA POLVEROS	0,515	Regular	0,418	Mala.
P4	QUEBRADA PAUNERA DESPUES MANOTERA	0,685	Regular	0,592	Regular
P5	QUEBRADA BURI - BURI CP SAN MARTIN	0,772	Aceptable	0,819	Aceptable
P6	RIO IBACAPI TUNUNGUA Y BRICEÑO	0,613	Regular	0,342	Mala.
P7	QUEBRADA TAMBRIAS	0,689	Regular	0,625	Regular
E4	RIO MINERO ESTACION FINAL OTRO MUNDO	0,542	Regular	0,466	Mala.

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 55. ICA para las dos campañas de monitoreo de la cuenca del Río Minero**



Fuente: Corpoboyacá.

Los resultados de los índices para el ICA tienen preponderancia para la *Calidad Mala* en el tramo 1 donde registra los menores resultados debido principalmente a concentraciones altas de Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y la Demanda Química de Oxígeno por la aglomeración de viviendas y actividades económicas como explotación minera cerca de la ronda

del río en las estaciones de *Río Minero – Estación de inicio* y *Quebrada Itoco – El mango Puerto Arturo*. Para el *Tramo 2* mejoran las condiciones y los afluentes que descargan sus aguas en el Río Minero poseen mejor calidad y es por esto que los resultados del ICA suben hasta un promedio para la *Calidad Aceptable*. Como casos atípicos en el *Tramo 2* se tienen el punto *Quebrada Buri - Buri CP San Martín* el cual presenta una *Calidad Buena* y en general las menores concentraciones en todos los parámetros medidos. Por otro lado, el punto *Río Ibacapí – Tununguá y Briceño* para la segunda campaña de monitoreo baja su calidad a “*Mala*” debido a una creciente en los resultados de Coliformes Totales y Sólidos suspendidos totales.

### 7.3. INDICES DE CONTAMINACIÓN (ICOS)

Esta técnica estadística fue aplicada en extensos programas de monitoreo, implementados por la industria del petróleo sobre diferentes regiones de Colombia y gracias a ellos se identificaron correlaciones frecuentes y reiteradas entre múltiples variables físicas y químicas. permiten realizar una rápida interpretación del estado de la calidad del cuerpo de agua evaluado. estas variables desempeñan un papel fundamental en la caracterización de las aguas naturales. Los índices como el ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO e ICOpH, permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos. Conjugan las propiedades más fundamentales de las aguas, y por esto son variables que regularmente se determinan en cualquier estudio limnológico o ambiental, muy a pesar de que la mayoría de ellas no están siquiera contempladas en la legislación nacional, razón por la cual cobran especial interés.

(Ramírez, Restrepo, R, & Cardeñosa, M.,1999)

#### 7.3.1. Cálculo de valor del ICA para cada variable

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia para el cálculo del valor de los ICOS para cada punto y estación de monitoreo en la cuenca del Río minero:

##### 7.3.1.1. Cálculo Del Valor ICOMI o parámetro de mineralización

Este factor integra las mediciones de conductividad la cual expresa el contenido de sólidos disueltos en la corriente del cuerpo hídrico, dureza basada en la concentración de cationes de magnesio y calcio, y la alcalinidad expresada mediante el contenido de aniones de carbono. Este



índice se define en un rango de 0 que indica baja contaminación a 1 que indica alta contaminación por mineralización (Universidad de Pamplona, s.f.).

Integra Conductividad, Dureza y Alcalinidad

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Donde:

$$I_{\text{Conductividad}} = \text{Log}_{10} \cdot I_{\text{Conductividad}} = 3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} \cdot \text{Conductividad} (\mu\text{S} / \text{cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Conductividad}}}$$

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

$$I_{\text{Dureza}} = \text{Log}_{10} \cdot I_{\text{Dureza}} = -9.09 + 4.40 \text{Log}_{10} \cdot \text{Dureza} (\text{mg} / \text{lt})$$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{\text{Log} \cdot I_{\text{Dureza}}}$$

Durezas mayores a 110 mg/L tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/L tienen un índice = 0

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{Alcalinidad} (\text{mg} / \text{lt})$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un índice = 1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un índice = 0

### 7.3.1.2. Cálculo Del Valor ICOSUS o parámetro de contaminación por solidos suspendidos.

Se integra del cálculo de los sólidos suspendidos o partículas de carácter orgánico e inorgánico que se mantienen suspendidos en concentraciones acuosas. Este índice se define mediante un rango de 0 a 1 que permite determinar la contaminación por solidos suspendidos (Cañas, (s,f) de la siguiente manera:

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \text{Sólidos Suspendidos} (\text{mg} / \text{L})$$

Solidos suspendidos > a 340 mg/L tiene un ICOSUS = 1

Solidos suspendidos < 10 mg/L tiene un ICOSUS = 0

### 7.3.1.3. Cálculo Del Valor ICOTRO o índice de contaminación trófica.

Se integra de la concentración de fosforo total, así como el nitrógeno y el fosforo en exceso de agua provoca eutrofización que puede afectar la vida acuática. Su determinación por análisis químico establece la determinación de contaminación (Cañas, Juan., s.f.) de la siguiente manera:

*Oligotrofia:* < 0.01  
*Mesotrofia:* 0.01 – 0.02  
*Eutrofia:* 0.02 – 1.00  
*Hipereutrofia:* > 1.00

### 7.3.1.4. Cálculo Del Valor ICOpH o índice de contaminación por pH.

$$ICOpH = \frac{e^{-31.08 + 3.45 pH}}{1 + e^{-31.08 - 3.45 pH}}$$

(Centro de Investigaciones en Hidroinformática, 2007)

La calificación de la calidad del agua según los resultados arrojados de los índices de contaminación se establece en la siguiente según corresponde.

**Tabla 66.** Calificación del ICA según los resultados.

CATEGORÍAS DE VALORES QUE PUEDEN TOMAR EL INDICADOR	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	SEÑAL DE ALERTA
0.0 - 0.2	Ninguno	Azul
0.2 - 0.4	Bajo	Verde
0.4 - 0.6	Medio	Amarillo
0.6 - 0.8	Alto	Naranja
0.8 - 1.0	Muy alto	Rojo

Adaptado de: (Fernández, Ramos, & Solano, 2005)

### 7.3.2. Resultados para los índices de contaminación del agua

Aplicando las metodologías de cálculos de los ICOMI, ICOSUS, ICOTRO y ICOpH se presentan los resultados obtenidos para la cuenca del Río Minero para el año 2021 tanto para época seca (ES) como para época húmeda (EH).

#### 7.3.2.1. ICOMI o parámetro de mineralización

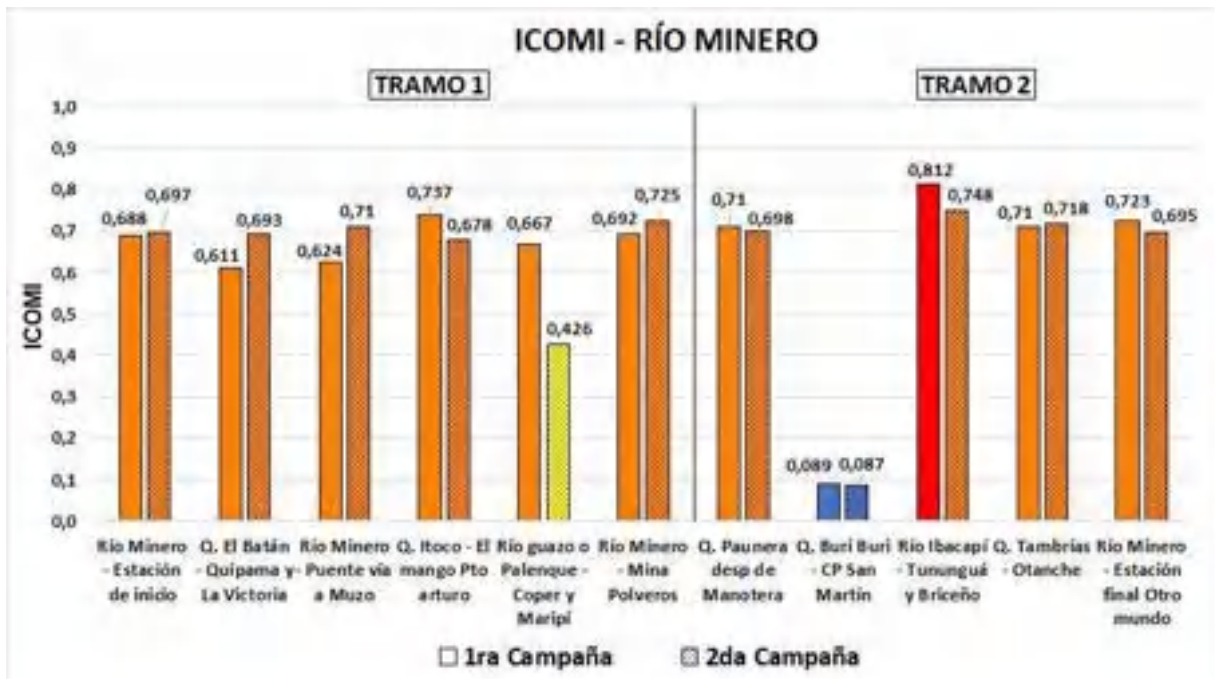
**Tabla 67** Resultado de Índice de Contaminación por Mineralización

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOMI	ICOMI	VALOR ICOMI	ICOMI
E1	RIO MINERO ESTACION DE INICIO	0,688	Alto	0,697	Alto
P1	QUEBRADA EL BATAN QUÍPAMA Y LA VICTORIA	0,611	Alto	0,693	Alto
E2	RIO MINERO PUENTE VIA MUZO	0,624	Alto	0,710	Alto
P2	QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	0,737	Alto	0,678	Alto
P3	RIO GUAZO O PALENQUE - COPER Y MARIPI	0,667	Alto	0,426	Medio
E3	RIO MINERO MINA POLVEROS	0,692	Alto	0,725	Alto
P4	QUEBRADA PAUNERA DESPUES MANOTERA	0,710	Alto	0,698	Alto
P5	QUEBRADA BURI - BURI CP SAN MARTIN	0,089	Ninguno	0,087	Ninguno

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOMI	ICOMI	VALOR ICOMI	ICOMI
P6	RÍO IBACAPÍ TUNUNGUÁ Y BRICEÑO	0,812	Muy Alto	0,748	Alto
P7	QUEBRADA TAMBRÍAS	0,710	Alto	0,718	Alto
E4	RIO MINERO ESTACION FINAL OTRO MUNDO	0,723	Alto	0,695	Alto

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 56. ICOMI para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero



Fuente: Corpoboyacá.

El índice de contaminación por mineralización (ICOMI) presenta valores homogéneos a lo largo de los puntos de medición, representado un riesgo alto de mineralización para los puntos analizados, de igual manera se presenta un comportamiento antagónico para dos puntos consecutivos, el Río Ibacapí presenta índice de contaminación por mineralización *Muy Alto*, mientras que la Quebrada Buri Buri no presenta riesgo por mineralización. El riesgo presentado para el Río Ibacapí, como se mencionó anteriormente se presume es causado por el efecto combinado de los vertimientos de los municipios de Pauna, Tununguá y Briceño, estos dos últimos con una vocación agrícola mayor que los otros municipios donde se tomaron muestras.

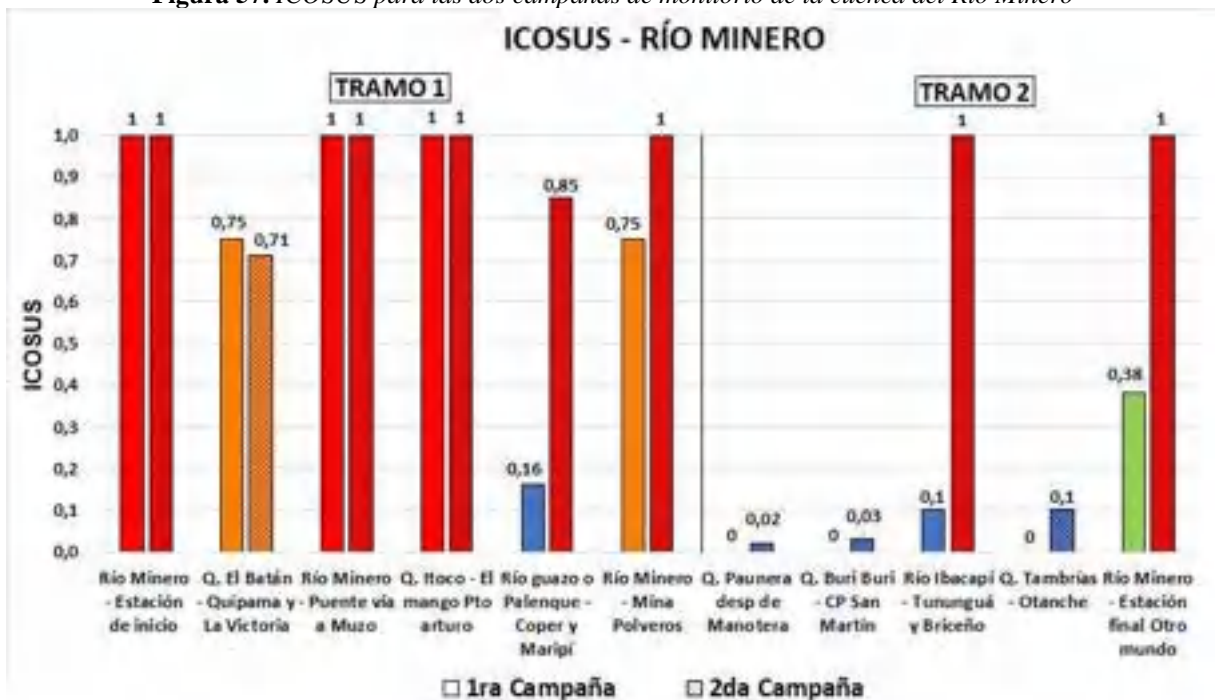
7.3.2.2. **ICOSUS** o parámetro de contaminación por sólidos suspendidos

Tabla 68 Resultados del índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOSUS	ICOSUS	VALOR ICOSUS	ICOSUS
E1	RIO MINERO ESTACION DE INICIO	1	Muy Alto	1	Muy Alto
P1	QUEBRADA EL BATAN QUIPAMA Y LA VICTORIA	0,75	Alto	0,71	Alto
E2	RIO MINERO PUENTE VIA MUZO	1	Muy Alto	1	Muy Alto
P2	QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	1	Muy Alto	1	Muy Alto
P3	RIO GUAZO O PALENQUE - COPER Y MARIPÍ	0,16	Ninguno	0,85	Muy Alto
E3	RIO MINERO MINA POLVEROS	0,75	Alto	1	Muy Alto
P4	QUEBRADA PAUNERA DESPUES MANOTERA	0	Ninguno	0,02	Ninguno
P5	QUEBRADA BURI - BURI CP SAN MARTIN	0	Ninguno	0,03	Ninguno
P6	RIO IBACAPÍ TUNUNGUÁ Y BRICEÑO	0,1	Ninguno	1	Muy alto
P7	QUEBRADA TAMBRÍAS	0	Ninguno	0,10	Ninguno
E4	RIO MINERO ESTACION FINAL OTRO MUNDO	0,38	Bajo	1	Muy Alto

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 57. ICOSUS para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero



Fuente: Corpoboyacá.

Este índice trabaja con la concentración de sólidos suspendidos que se definen como partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución, este índice muestra dos zonas muy marcadas, la primera correspondiente a los puntos ubicados sobre los municipios de Quípama y Muzo en los cuales se presenta un alto riesgo por concentración de sólidos suspendidos atribuible a la actividad minera en los municipios mencionados y los puntos



de monitoreo en los municipios de San Pablo de Borbur, Otanche y Pauna, los cuales presentan un riesgo nulo por sólidos suspendidos y cuyo efecto sobre el río Minero, es evidente al pasar de un riesgo muy alto por sólidos en su estación de inicio a un riesgo bajo a su estación final, a excepción de la estación en mina Polveros, atribuible a la actividad minera nuevamente.

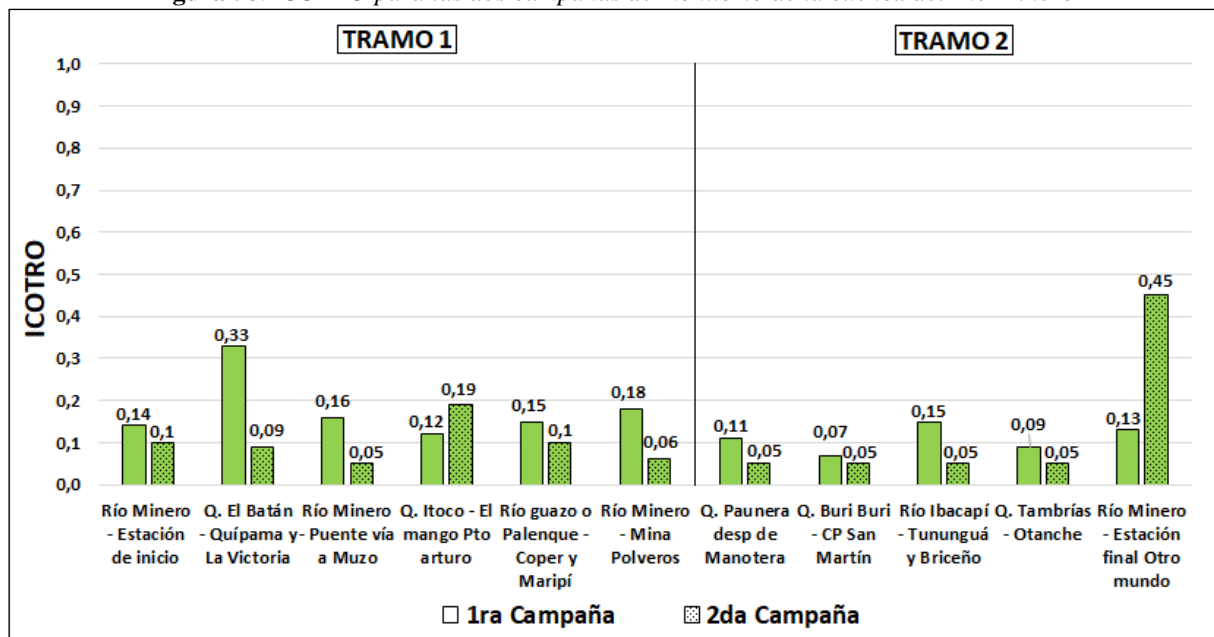
### 7.3.2.3. ICOTRO o índice de contaminación trófica

Tabla 69. Resultados del Índice de Contaminación Trófica

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOTRO	ICOTRO	VALOR ICOTRO	ICOTRO
E1	RIO MINERO ESTACION DE INICIO	0,14	Eutrofia	0,10	Eutrofia
P1	QUEBRADA EL BATAN QUIPAMA Y LA VICTORIA	0,33	Eutrofia	0,09	Eutrofia
E2	RIO MINERO PUENTE VIA MUZO	0,16	Eutrofia	0,05	Eutrofia
P2	QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	0,12	Eutrofia	0,19	Eutrofia
P3	RIO GUAZO O PALENQUE - COPER Y MARIPI	0,15	Eutrofia	0,10	Eutrofia
E3	RIO MINERO MINA POLVEROS	0,18	Eutrofia	0,06	Eutrofia
P4	QUEBRADA PAUNERA DESPUES MANOTERA	0,11	Eutrofia	0,05	Eutrofia
P5	QUEBRADA BURI - BURI CP SAN MARTIN	0,07	Eutrofia	0,05	Eutrofia
P6	RIO IBACAPI TUNUNGUÁ Y BRICEÑO	0,15	Eutrofia	0,05	Eutrofia
P7	QUEBRADA TAMBRÍAS	0,09	Eutrofia	0,05	Eutrofia
E4	RIO MINERO ESTACION FINAL OTRO MUNDO	0,13	Eutrofia	0,45	Eutrofia

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 58. ICOTRO para las dos campañas de monitoreo de la cuenca del Río Minero



Fuente: Corpoboyacá.

Este índice se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo Total. El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización, en



general los cuerpos de agua presentan contenidos normales de nutrientes, en todos los puntos de monitoreo todos reportan Eutrofia, es decir, no hay riesgo por eutrofización.

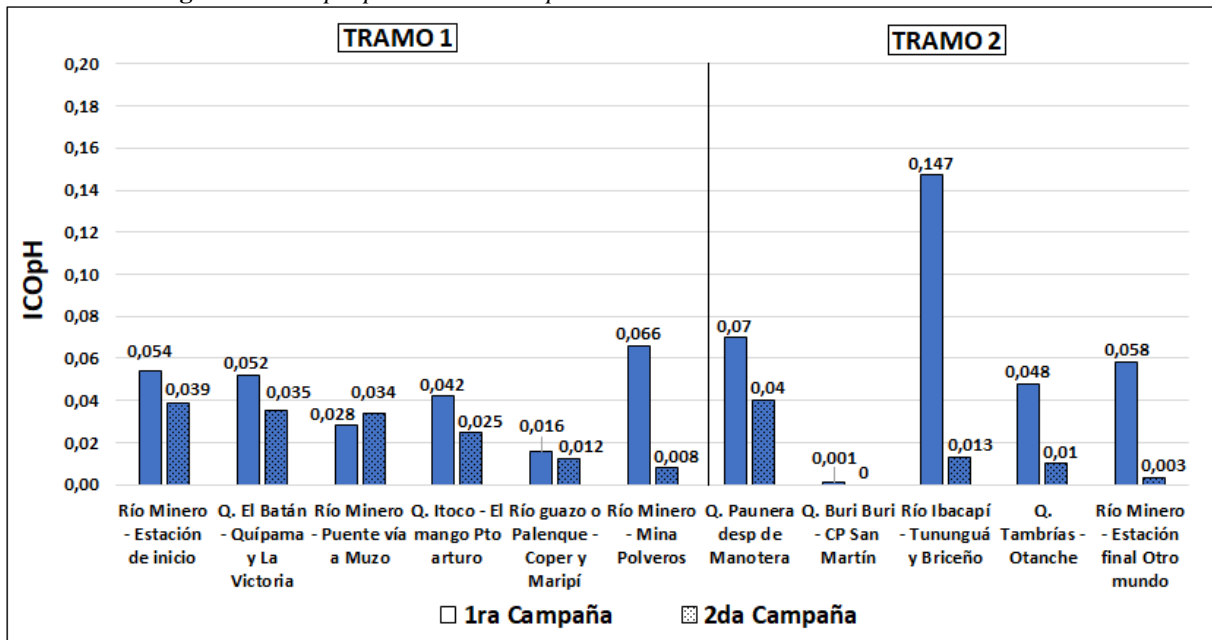
### 7.3.2.4. ICOpH o índice de contaminación por pH

**Tabla 70** Resultados del índice de Contaminación por pH.

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA HÚMEDA		ÉPOCA SECA	
		VALOR ICOpH	ICOpH	VALOR ICOpH	ICOpH
E1	RIO MINERO ESTACION DE INICIO	0,054	Ninguno	0,039	Ninguno
P1	QUEBRADA EL BATAN QUIPAMA Y LA VICTORIA	0,052	Ninguno	0,035	Ninguno
E2	RIO MINERO PUENTE VIA MUZO	0,028	Ninguno	0,034	Ninguno
P2	QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	0,042	Ninguno	0,025	Ninguno
P3	RIO GUAZO O PALENQUE - COPER Y MARIPI	0,016	Ninguno	0,012	Ninguno
E3	RIO MINERO MINA POLVEROS	0,066	Ninguno	0,008	Ninguno
P4	QUEBRADA PAUNERA DESPUES MANOTERA	0,070	Ninguno	0,040	Ninguno
P5	QUEBRADA BURI - BURI CP SAN MARTIN	0,001	Ninguno	0,000	Ninguno
P6	RIO IBACAPI TUNUNGUÁ Y BRICEÑO	0,147	Ninguno	0,013	Ninguno
P7	QUEBRADA TAMBRÍAS	0,048	Ninguno	0,010	Ninguno
E4	RIO MINERO ESTACION FINAL OTRO MUNDO	0,058	Ninguno	0,003	Ninguno

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

**Figura 59.** ICOpH para las dos campañas de monitorio de la cuenca del Río Minero



Fuente: Corpoboyacá.

Los valores de pH para los cuerpos hídricos del río Minero se encuentran en un rango de 6,92 – 8,50 unidades de pH. Los resultados para la clasificación del índice ICOpH no permiten una segmentación de las estaciones en cuanto a su calidad, ya que ninguna presenta algún grado de contaminación de acuerdo con los valores obtenidos para el pH.

### 7.3.2.5. Índice ICOMO

El ICOMO se obtiene a través de la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, sin embargo, el cálculo exige que las unidades de medición para coliformes totales sean NMP en vez de UFC, por lo cual no fue posible calcular de forma apropiada este índice

### 7.4. COMPARACIÓN ICOS

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los resultados de los diferentes ICOS para la cuenca del Río Minero tanto en época seca – E.S (1° campaña de monitoreo) como en época húmeda – E.H (2° campaña de monitoreo).

**Tabla 71. Comparación de Indicadores de Contaminación**

ESTACIÓN DE MONITOREO	ICOSUS E.S	ICOSUS E.H	ICOMI E.S	ICOMI E.H	ICOTRO E.S	ICOTRO E.H	ICOpH E.S	ICOpH E.H
RÍO MINERO - ESTACION DE INICIO	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
QUEBRADA EL BATAN - QUIPAMA Y LA VICTORIA	Alto	Alto	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
RÍO MINERO PUENTE VIA MUZO	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
RÍO GUAZO O PALENQUE - COPER Y MARIPI	Ninguno	Muy Alto	Alto	Medio	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
RÍO MINERO - MINA POLVEROS	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
QUEBRADA PAUNERA DESPUÉS MANOTERA	Ninguno	Ninguno	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
QUEBRADA BURIBURI - CP SAN MARTIN	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
RÍO IBACAPI TUNUNGUA Y BRICEÑO	Ninguno	Muy alto	Muy alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
QUEBRADA TAMBRÍAS	Ninguno	Ninguno	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno
RÍO MINERO - ESTACION FINAL OTRO MUNDO	Bajo	Muy Alto	Alto	Alto	Eutrofia	Eutrofia	Ninguno	Ninguno

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

## 8. USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO

El uso del agua se relaciona con las condiciones del clima, costumbres, sistema productivo y en especial, por la economía de la población, por tanto, se hace necesario determinar el gasto del recurso, mediante un diagnóstico a la comunidad objeto de estudio y la calidad de las fuentes. De acuerdo con el diagnóstico de la política nacional de gestión del recurso hídrico, la demanda para el desarrollo de las actividades socioeconómicas del país, está dada para los siguientes usos: agrícola, doméstico, industrial, pecuario y servicios. En el caso del departamento de Boyacá, el uso agrícola representa la mayor demanda, donde requiere de manera adicional a la precipitación.

### 8.1. USOS DEL AGUA DE ACUERDO CON LA REVISIÓN DE BASES DE DATOS

#### 8.1.1. Revisión de bases de datos asociadas a Concesiones

Una vez identificados los municipios en la cuenca del río Minero, se identificaron los diferentes usuarios que captan recurso hídrico, en este caso se ponderó el estudio por aquellos identificados del año 2011 a la actualidad, esto debido a que es la fecha de la resolución vigente de objetivos de calidad, lo que nos decanta en una situación actual del uso del agua en la cuenca del río Minero, basados en los usuarios de captación, el uso del agua se encuentra distribuido de la siguiente forma:

**Tabla 72. Concesiones de agua en la cuenca del río Minero.**

No.	MUNICIPIO	EXPEDIENTE	USO	COORDENADAS	
				N	W
1	Briceño	OOCA-00050-19	Doméstico, Industrial y Recreativo	5°41'35,11"	73°53'15,78"
				5°41'32,26"	73°53'15,66"
2	Briceño	OOCA-00057-17	Doméstico - Recreativo	5°38'29,07"	74°5'43,84"
				5°38'27,55"	73°1'52,15"
				5°37'58,95"	73°56'29,97"
3	Coper	OOCA-00142-19	Doméstico - Recreativo	5°28'9,86"	74°3'20,42"
4	La victoria	OOCA-00168-15	Doméstico	5°30'10,5"	74°13'3,15"
5	Maripí	OOCA-00130-17	Pecuario - Agrícola	5°32'48,64"	73°59'58,65"
6	Muzo	OOCA-00038-14	Doméstico	5°30'22,64"	74°6'44,32"
				5°30'24,60"	74°6'42,13"
				5°30'36,61"	74°6'21,30"
				5°30'27,63"	74°5'33,24"
				5°31'43,86"	74°5'37,55"
7	Muzo	OOCA-00145-19	Pecuario	5°32'36,58"	74°6'21,84"
8	Otanche	OOCA-00065-17	Industrial	5°39'29"	74°10'39"
9	Otanche	OOCA-00055-17	Industrial	5°39'23,59"	74°10'37,91"
10	Otanche	OOCA-00056-17	Industrial	5°39'47,8"	74°11'15,2"

No.	MUNICIPIO	EXPEDIENTE	USO	COORDENADAS	
				N	W
11	Otanche	OOCA-00066-14	Industrial	5°40'20,46"	74°11'34,18"
12	Otanche	OOCA-00056-18	Recreativo	5°39'36,89"	74°11'3,92"
13	Otanche	OOCA-00060-18	Recreativo	5°39'36,89"	74°11'3,92"
14	Otanche	OOLA-00030-12	Doméstico	5°38'4,3"	74°10'45,9"
	San pablo de Borbur			5°38'47,6"	74°9'36,8"
15	Pauna	OOCA-00080-19	Agrícola	5°34'43,09"	73°55'55,58"
16	Pauna	CAPV-00001-11	Industrial	5°38'47,6"	74°9'36,8"
				5°38'4,3"	74°10'45,9"
17	Pauna	OOCA-00195-16	Industrial	5°38'27,55"	74°1'52,15"
				5°37'58,95"	73°56'29,97"
	San Pablo de Borbur			5°38'29,07"	74°05'43,84"
18	Pauna	OOCA-00061-18	Pecuario	5°38'38,58"	73°57'55,46"
19	Pauna	OOCA-00199-17	Doméstico - Recreativo	5°39'42,5"	73°57'41,9"
20	Pauna	CAPV-00007-10	Industrial	5°39'31,21"	73°58'18,32"
21	Pauna	OOCA-00064-17	Recreativo, Pecuario y Domestico	5°39'17,4"	73°59'9,64"
22	Pauna	OOCA-00088-20	Pecuario-Agrícola	5°41'43,66"	74°1'20,36"
23	Pauna	OOCA-00066-16	Pecuario	5°44'54,77"	74°2'32,45"
24	Pauna	OOCA-00032-15	Pecuario	5°47'0,67"	74°3'41,73"
25	Quípama	OOCA-00133-18	Doméstico	5°30'59,78"	74°9'53,78"
				5°29'55,06"	74°12'11,07"
				5°32'17,25"	74°11'43,72"
26	Quípama	OOCA-00204-16	Doméstico	5°32'47,6"	74°3'29,05"
27	San Pablo de Borbur	OOCA-00102-16	Industrial	5°39'8,49"	74°4'9,31"
28	San Pablo de Borbur	OOCA-00017-16	Doméstico y Recreativo	5°39'89,04"	74°10'13,38"
29	San Pablo de Borbur	OOCA-00135-19	Industrial	5°39'8,79"	74°10'13,3"
30	Tununguá	OOCA-00148-16	Doméstico	5°43'24,37"	73°55'2,2"

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 60. Puntos de captación del agua en la cuenca del río Minero 2015 - 2020.

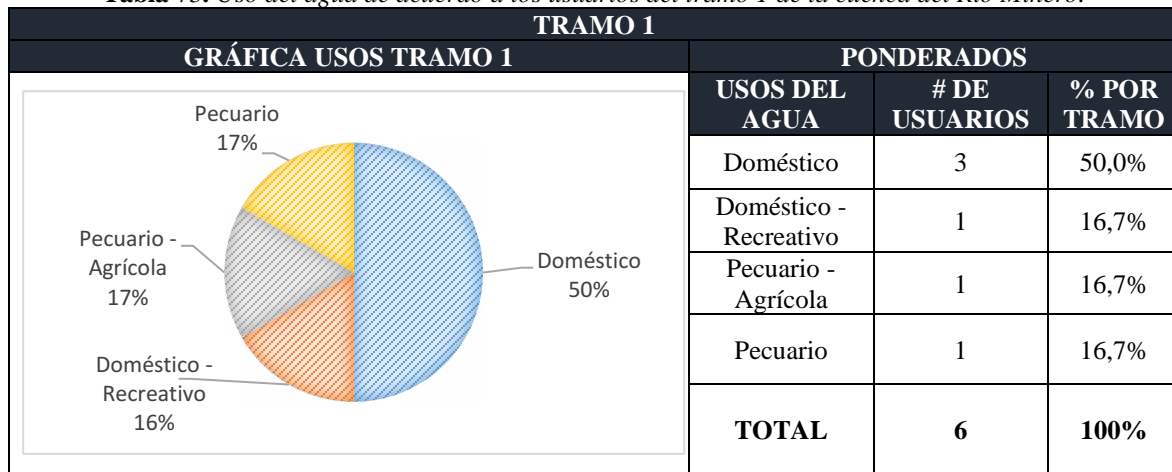


Fuente: Corpoboyacá.



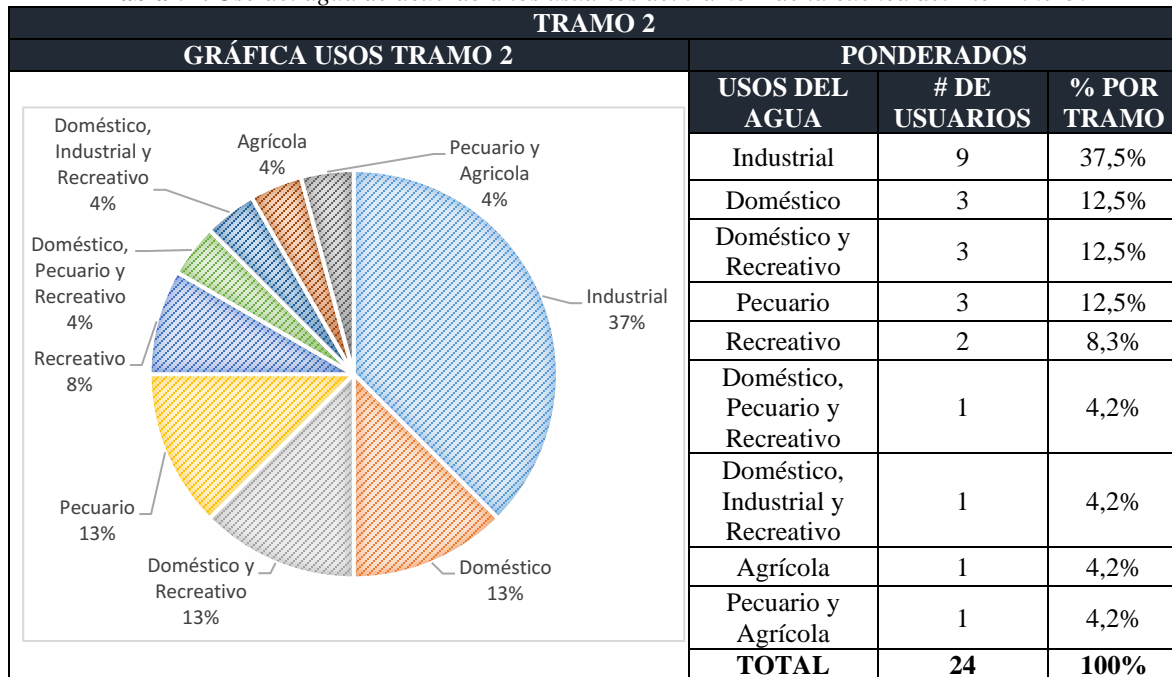
Una vez identificado el uso de los usuarios distribuidos a lo largo de los diferentes tramos de la cuenca del río Minero, los usos se distribuyen porcentualmente de la siguiente manera:

**Tabla 73.** *Uso del agua de acuerdo a los usuarios del tramo 1 de la cuenca del Río Minero.*



Fuente: Corpoboyacá.

**Tabla 74.** *Uso del agua de acuerdo a los usuarios del tramo 2 de la cuenca del Río Minero.*



Fuente: Corpoboyacá.

### 8.1.2. Revisión de las bases de datos asociadas a Vertimientos

También encontramos el estado actual del recurso en cuanto a los vertimientos presentes cuenca del río Minero por aquellos expedientes identificados del año 2013 a la actualidad.

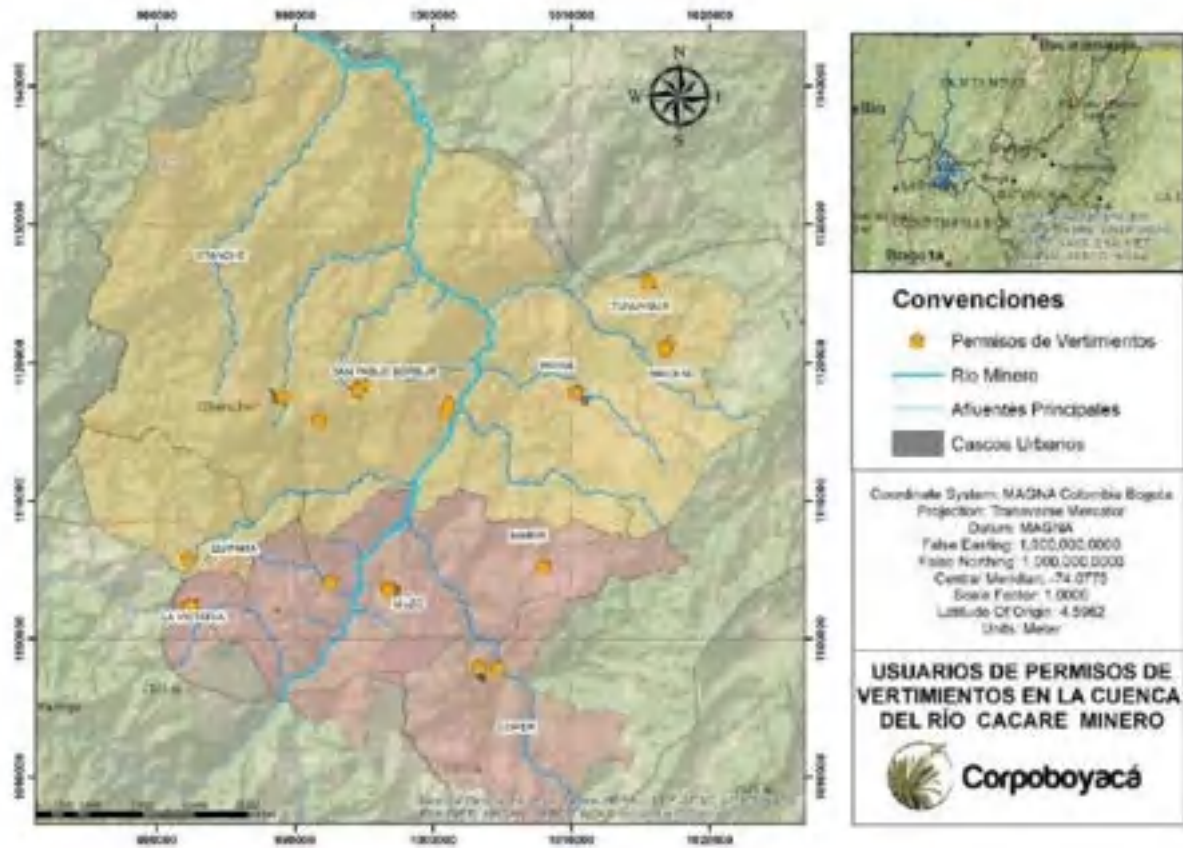


**Tabla 75. Vertimientos presentes en la cuenca del río Minero - 2021.**

N°	MUNICIPIO	EXPEDIENTE	ACTIVIDAD ECONÓMICA	COORDENADAS	
				N	W
1	Briceño	OOPV-00007-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°41'37.28"	73°55'25.80"
				5°41'24.36"	73°55'33.18"
2	Coper	OOPV-00005-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	05°28'54.70"	74°02'49,90"
3			Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	05°28'53.0"	74°02'05.48"
4	La Victoria	OOPV-00002-07	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°31'18.37"	74°14'13.15"
5			Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	5°31'21.10"	74°14'8.00"
6	Maripí	OOPV-00009-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°33'08.47"	74°0'19.66"
7	Maripí	OOPV-00030-19	Cría de ganado porcino	5°32'55.33"	73°59'03.30"
				5°32'4,27"	74°6'24,39"
8	Muzo	OOPV-00006-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°31'55,42"	74°6'22,45"
				5°31'53,55"	74°6'21,34"
				5°31'50,45"	74°6'19,04"
				5°31'53,24"	74°6'14,95"
				5°31'55,04"	74°6'12,42"
9	Muzo	OOLA-00019-04	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°32'15,2"	74°08'39,9"
10	Muzo	OOLA-00039-03	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°32'15,2"	74°08'39,9"
11	Otanche	OOPV-00013-18	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°39'33.19"	74°10'31.00"
12	Otanche	OOPV-00016-04	Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	5°39'33.19"	74°10'31.00"
13	Pauna	OOPV-00013-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°39'43.95"	73°59'3.82"
14	Quípama	OOPV-00015-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°29'39,05"	73°29'24.2"
15	San Pablo de Borbur	OOLA-00030-12	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°38'35,57"	74°9'1,76"
16	San Pablo de Borbur	OOPV-00010-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°38'56.01"	74°4'07.06"
				5°39'14.48"	74°4'2.02"
17	San Pablo de Borbur - CP San Martín	OOPV-00013-13	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°40'1.35"	74°7'24.99"
				5°39'47.64"	74°7'35.61"
18	San Pablo de Borbur - CP Santa Bárbara	OOPV-00014-13	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°39'17.70"	74°9'28.08"
				5°38'53.22"	74°9'33.15"
				5°38'53.35"	74°9'32.79"
				5°39'14.14"	74°9'37.42"
19	Tununguá	OOPV-00011-16	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°43'50.15"	73°56'7.56"

Fuente: Corpoboyacá.

**Figura 61.** Puntos de vertimientos en la cuenca del río Minero - 2020.



Fuente: Corpoboyacá.

### 8.1.3. Revisión de bases de datos asociadas a Licencias Ambientales

También encontramos los expedientes en cuanto a licencias ambientales y sus actividades presentes en la cuenca del río Minero.

**Tabla 76.** Expedientes de Licencias Ambientales presentes en la cuenca del río Minero – 2021

No	MUNICIPIO	EXPEDIENTE	USO	COORDENADAS	
				N	W
1	Briceño	OOLA-00079-03	Explotación de esmeraldas	5°43'1.71"	73°53'4.13"
2	Briceño	OOLA-00046-11	Explotación de minerales hierro	5°38'40.37"	73°52'41.14"
3	Briceño	OOLA-00055-11	Explotación de carbón	5°40'39.7"	73°54'46"
4	Briceño/Tununguá	OOLA-00087-07	Explotación de carbón	5°42'1.26"	73°54'44.17"
5	Coper	OOLA-00024-05	Extracción de materiales de arrastre	05°29'46.329"	74°27.408"
6	La Victoria	OOLA-00191-02	Explotación de esmeraldas	5°32'1.02"	74°12'40.99"
7	Maripí	OOLA-00055-08	Explotación de esmeraldas	5°31'10.71"	74°3'17.22"
8	Maripí	OOLA-00079-00	Explotación de esmeraldas	5°35'10.412"	74°5'18.671"
9	Maripí	OOLA-00141-98	Explotación de esmeraldas	5°36'13.730"	74°5'18.671"
11	Maripí	OOLA-00051-00	Explotación de esmeraldas	5°35'50.52"	74°4'31.83"
12	Maripí	OOLA-00051-00-M1	Explotación de esmeraldas	5°35'42.09"	74°5'14.09"
13	Maripí	OOLA-00094-00	Explotación de esmeraldas	5° 35' 3.56"	74°5'38.56"

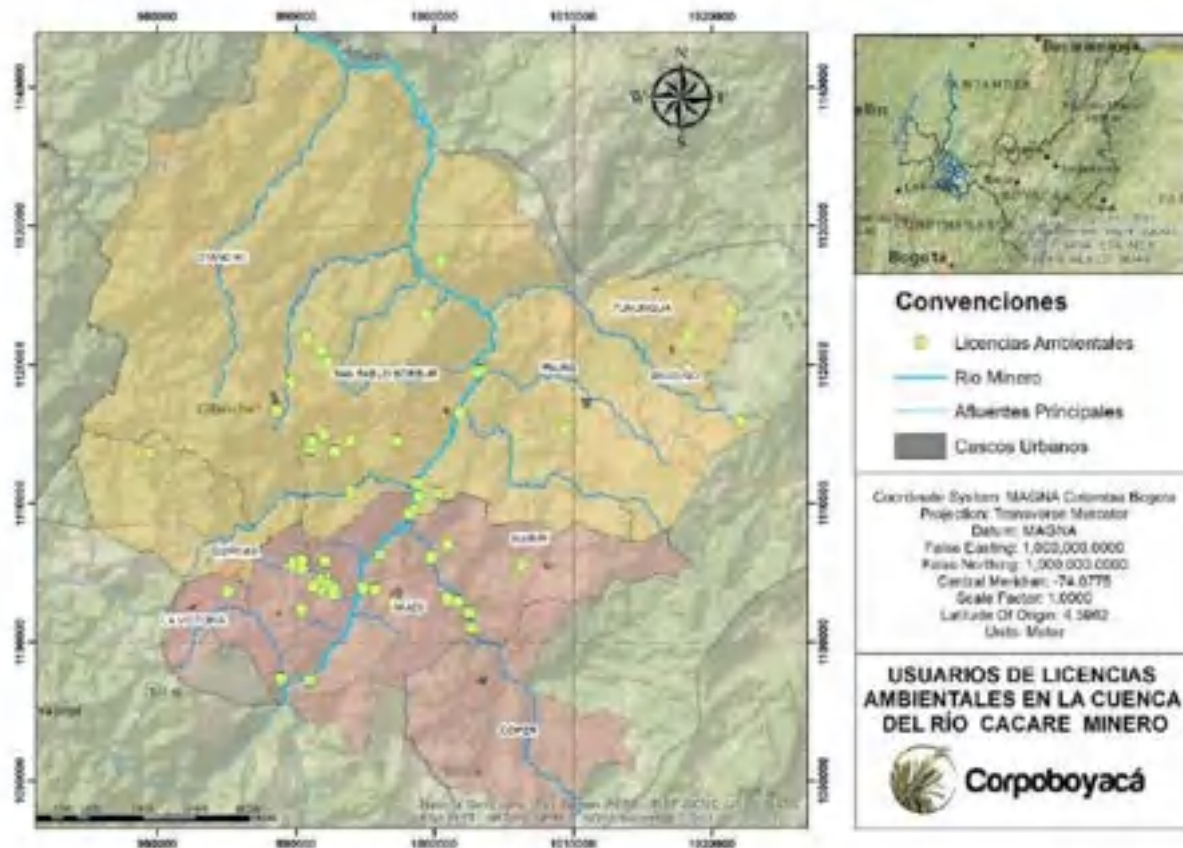
No	MUNICIPIO	EXPEDIENTE	USO	COORDENADAS	
				N	W
14	Maripí	OOLA-00003-13	Explotación de esmeraldas	5°33'51.370"	74°4'8.097"
15	Maripí	OOLA-00036-04	Explotación de esmeraldas	5°33'3.864"	74°1'12.745"
17	Maripí	OOLA-00052-03	Explotación de esmeraldas	05°36'35.899"	74°4'37.273"
18	Maripi	OOLA-00026-06	Explotación de esmeraldas	5°33'21.24"	74°4'44.67"
19	Muzo	OOLA-00039-03	Explotación de esmeraldas	5°32'30"	74°8'54"
20	Muzo	OOLA-00039-03-M1	Explotación de esmeraldas	5°32'30.04"	74°8'53.58"
21	Muzo	OOLA-00004-14	Explotación de esmeraldas	5°28'31.635"	74°9'31.733"
22	Muzo	OOLA-00007-18	Explotación de esmeraldas	5° 31' 36,43"	74°3'44,16"
23	Muzo	OOLA-00019-04	Explotación de esmeraldas	5°32'7.676"	74°7'25.714"
24	Muzo	OOLA-00017-19	Explotación de esmeraldas	5°33'10,96"	74°8'55,24"
25	Muzo	OOLA-00031-03	Explotación de esmeraldas	5°30'34.350"	74°3'10.985"
26	Muzo	OOLA-00032-03	Explotación de esmeraldas	5°28'31.635"	74°9'31.733"
27	Muzo	OOLA-00034-03	Explotación de esmeraldas	5°31'33.273"	74°6'12.923"
28	Muzo	OOLA-00030-03	Explotación de esmeraldas	5°32'3.872"	74°6'57.110"
29	Muzo	OOLA-00033-03	Explotación de esmeraldas	5°33'25.45"	74°6'45.90"
30	Muzo	OOLA-00002-08	Explotación de esmeraldas	5°31'43.84"	74°4'8.70"
31	Otanche	OOLA-00038-01	Explotación de esmeraldas	5°38'4.642"	76°57'25.92"
32	Otanche	OOLA-00009-07	Explotación de esmeraldas	5°39'3,36"	74°10'47,52"
33	Otanche/San Pablo De Borbur	OOLA-00025-14	Explotación de esmeraldas	5°41'54.9"	74°9'38.1"
34	Quípama	OOLA-00004-15	Explotación de esmeraldas	5°35'47,29"	74°14'40,88"
33	Otanche/San Pablo De Borbur	OOLA-00025-14	Explotación de esmeraldas	5°35'36,68"	74°14'33,24"
35	Pauna	OOLA-00012-04	Explotación de esmeraldas	5°35'10.412"	74°5'27.118"
36	Pauna	OOLA-00036-06	Explotación de esmeraldas	5°44'57.59"	74°4'22.06"
37	Pauna	OOLA-00043-12	Explotación de esmeraldas	5°28'35.825"	74°10'37.19"
38	Pauna	OOLA-00052-10	Explotación de esmeraldas	5°37'54.288"	74°7'55.410"
39	Pauna	OOLA-00007-04	Explotación materiales de construcción	5°38'23.45"	73°59'32.10"
40	Pauna/San Pablo De Borbur	OOLA-00003-15	Explotación de esmeraldas	5°40'38.60"	74°02'48.57"
41	Quípama	OOLA-00182-02	Explotación de esmeraldas	5°33'1.16"	74°10'13.66"
42	Quípama	OOLA-00080-07	Explotación de esmeraldas	5°33'8.42"	74°10'8.14"
43	Quípama	OOLA-00031-10	Explotación de esmeraldas	5°28'35.825"	74°10'37.19"
44	Quípama	OOLA-00020-08	Explotación de esmeraldas	5° 32' 19"	74° 8' 46"
45	Quípama	OOLA-00001-10	Explotación de esmeraldas	5°37'25.080"	74°15'47.11"
47	Quípama	OOLA-00027-11	Explotación de esmeraldas	5°32'11,27"	74°9'21,67"
48	Quípama	OOLA-00047-05	Explotación de esmeraldas	5°32'3.5"	74°09'5"
50	Quípama	OOLA-00002-21	Explotación de esmeraldas	5°31'54,02"	74°8'30,46"
51	Quípama	OOLA-00033-13	Explotación de esmeraldas	5°32'25.118"	74°9'5.058"
52	Quípama	OOLA-00030-16	Explotación de esmeraldas	5°32'54.66"	74°09'49.21"
53	Quípama/Muzo	OOLA-00010-17	Explotación de esmeraldas	5°33'12.17"	74°9'49.55"
54	Quípama/Muzo	OOLA-00013-19	Explotación de esmeraldas	5°32'15.70"	74°8'48.46"
55	Quípama/Muzo	OOLA-00014-19	Explotación de esmeraldas	5°32'5.491"	74°8'36.204"
56	San Pablo De Borbur	OOLA-00083-03	Explotación de esmeraldas	5°40'34,6"	74°2'58,9"
57	San Pablo De Borbur	OOLA-00114-00	Explotación de esmeraldas	5°37' 54,288"	74°7'55,410"
58	San Pablo De Borbur	OOLA-00041-06	Explotación de esmeraldas	5°40'56.6"	74°08'48.5"
59	San Pablo De Borbur	OOLA-00020-04	Explotación de esmeraldas	5°38'8.34"	74°8'56.52"
60	San Pablo De Borbur	OOLA-00030-12	Explotación de esmeraldas	5°37'53.24"	74°9'25.32"
61	San Pablo De Borbur	OOLA-00029-14	Explotación de esmeraldas	5°42'49.26"	74' 4'58.52"
62	San Pablo De Borbur	OOLA-00040-06	Explotación de esmeraldas	5°41'26.5"	74°09'03.9"
63	San Pablo De Borbur	OOLA-00021-04	Explotación de esmeraldas	5°37'35.86"	74°9'29.38"



No	MUNICIPIO	EXPEDIENTE	USO	COORDENADAS	
				N	W
64	San Pablo De Borbur	OOLA-00032-06	Explotación de esmeraldas	5°38'58.290"	74°3'38.586"
65	San Pablo De Borbur	OOLA-00012-06	Explotación de esmeraldas	5°40'10.82"	74°10'12.39"
66	San Pablo De Borbur	OOLA-00093-09	Explotación de esmeraldas	5°37'53.08"	74°6'6.51"
67	San Pablo De Borbur	OOLA-00025-13	Explotación de esmeraldas	5°35'53.60"	74°7'54.53"
68	San Pablo De Borbur	OOLA-00031-13	Explotación de esmeraldas	5°37'28,8"	74°8'32,5"
69	Briceño	OOLA-00079-03	Explotación de esmeraldas	5°43'1.71"	73°53'4.13"
70	Briceño	OOLA-00046-11	Explotación de minerales hierro	5°38'40.37"	73°52'41.14"
71	Briceño	OOLA-00055-11	Explotación de carbón	5°40'39.7"	73°54'46"

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 62. Licencias ambientales en la cuenca del río Minero – 2021.



Fuente: Corpoboyacá.

## 8.2. USOS DEL AGUA DE ACUERTO AL DECRETO 1076 DE 2015

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante el Decreto 1076 de 2016 “Por medio de la cual se expide el Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” establece como régimen de transición los usos del agua, criterios de calidad para cada uso, las normas de vertimiento a los cuerpos de agua, aguas marinas, alcantarillados públicos, y al suelo y el protocolo de monitoreo de los vertimientos de aguas superficiales, subterráneas; mientras el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expide las regulaciones para los aspectos referenciados.

En ese contexto, los usos y criterios para cada uso del agua considerados en el presente informe, serán los contemplados en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015 dado que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible no ha expedido la regulación que fije los usos del agua y los criterios de calidad para cada uso.

**Tabla 77. Criterios de calidad para diferentes usos del agua según el Decreto 1076 de 2015.**

REFERENCIA	USOS DEL AGUA SEGÚN EL DECRETO 1076 DE 2015								
	Consumo humano y doméstico (tratamiento convencional)	Consumo humano y doméstico (desinfección)	Agrícola	Pecuario	Recreativo contacto primario	Recreativo contacto secundario	Estético	Preservación de flora y fauna	Industrial
Aluminio	-	-	5	5	-	-	-	-	-
Amoniaco	1	1	-	-	-	-	-	0,1	-
Arsénico	0,05	0,05	0,1	0,2	-	-	-	0,1	-
Bario	1	1	-	-	-	-	-	0,1	-
Berilio	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1	-
Boro	-	-	0,3 - 4	5	-	-	-	-	-
Cadmio	0,01	0,01	0,01	0,05	-	-	-	0,01	-
Cianuro	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,05	-
Cinc	15	15	2	25	-	-	-	0,01	-
Clorofenoles	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
Cloruros	250	250	-	-	-	-	-	-	-
Cloro total residual	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
Cobalto	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Cobre	1	1	0,2	0,5	-	-	-	0,1	-
Coliformes Totales	20000	1000	5000	-	1000	5000	-	-	-
Coliformes Fecales	2000	-	1000	-	200	-	-	-	-
Color	75	20	-	-	-	-	-	Ausencia	-
Compuestos Fenólicos	0,002	0,002	-	-	0,002	-	-	-	-
Contenido de sales	-	-	-	3000	-	-	-	-	-
Cromo	0,05	0,02	0,1	1	-	-	-	0,01	-
Difenil Policlorados	No detectable	No detectable	-	-	-	-	-	0,0001	-
Fenoles monohídricos	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Flúor	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Grasas y aceites	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-
Hierro	-	-	5	-	-	-	-	0,1	-
Litio	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-
Manganeso	-	-	0,2	-	-	-	-	0,1	-
Mercurio	0,002	0,002	-	0,01	-	-	-	0,01	-
Molibdeno	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	0,2	-	-	-	-	0,01	-
Nitratos	10	10	-	-	-	-	-	-	-
Nitratos + Nitritos	-	-	-	100	-	-	-	-	-
Nitritos	1	1	-	10	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto	-	-	-	-	70%	70%	-	5	-
pH	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	-	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0	-	5,5 - 9,0	5,0 - 9,0
Plaguicidas Organoclorados	-	-	-	-	-	-	-	0,001	-
Plaguicidas organofosforados	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-
Plata	0,05	0,05	-	-	-	-	-	0,01	-
Plomo	0,05	0,05	5	0,1	-	-	-	0,01	-
Selenio	0,01	0,01	0,02	-	-	-	-	0,01	-
Sulfatos	400	400	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuro de hidrógeno ionizado	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	-
Tensoactivos	0,5	0,5	-	-	0,5	0,5	-	0,143	-
Turbiedad	-	190	-	-	-	-	-	Ausencia	-
Vanadio	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-



REFERENCIA	USOS DEL AGUA SEGÚN EL DECRETO 1076 DE 2015								
	Consumo humano y doméstico (tratamiento convencional)	Consumo humano y doméstico (desinfección)	Agrícola	Pecuario	Recreativo contacto primario	Recreativo contacto secundario	Estético	Preservación de flora y fauna	Industrial
Película visible de grasas y aceites flotantes	Ausencia	Ausencia	-	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-
Materiales flotantes	Ausencia	Ausencia	-	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-
Radioisótopos	Ausencia	Ausencia	-	-	-	-	-	-	-
Sustancias que produzcan olor	-	-	-	-	-	-	Ausencia	-	-

Fuente: Decreto 1076 de 2015.

En las tablas 79, 80, 81 y 82 llamadas *Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el Río Minero*, se presentan los resultados en las estaciones de monitoreo donde se midieron los diferentes parámetros objeto de seguimiento por parte de la Corporación en la campaña de monitoreo del año 2021. Del mismo modo, se muestra la clasificación de los usos del agua aplicando los criterios de calidad del agua, mencionados en la Tabla 78. Criterios de calidad para diferentes usos del agua según el Decreto 1076 de 2015. Como uso predominante se selecciona el que más parámetros cumplen a nivel general con respecto a los valores referentes dados por la literatura y la misma normatividad nacional.

Tabla 78. Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 1 para la Época seca

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Río Minero – Estación de inicio	Q. El Batán – Quipama y La Victoria	Río Minero – Puente Vía a Muzo	Q. Itoco – El Mango Pto Arturo	Río Guazao o Palenque – Coper y Maripí	Río Minero – Mina Polveros
% Grasas y aceites	%			0,01								0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
% Saturación de oxígeno	%			80				70	70	70	60	82.5-93.3	70-77.5	83-89	79.5-90.9	92.5-98.4	74.6-85.1
Acidez Total	mg CaCO3/L											<6	<6	<6	<6	<6	<6
Alcalinidad	mg CaCO3/L											63	37	60	92	45	65
Aluminio	mg/l					5	5	5									
Amoniaco	mg/l	1	1	0,1													
Arsénico	mg/l	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2										
Bario	mg/l	1	1	0,1													
Berilio	mg/l			0,1	0,1	0,1											
Boro	mg/l				0,3-4	0,3-4	5										
Cadmio	mg cd/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,005 <sup>20</sup>	0,002 <sup>19</sup>			0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Caudal	l/s											15781,01	5570,55	40730	1758,16	13570	47800
Cianuro	mg/l	0,2	0,2	0,05			0,2 <sup>18</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>							
Cinc	mg Zn/L	15	15	0,01	2	2	25	1,5 <sup>22</sup>	1,5 <sup>22</sup>	1 <sup>24</sup>		0,26	0,23	0,12	0,24	0,12	0,15
Cloro total residual	mg/l			0,1													
Clorofenoles	mg/m3 Clorofila			0,5								<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clorofila	mg/l											<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cloruros	mg Cl-/l	250	250	230 <sup>10</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>17</sup>					5,5	2	6,5	17,5	29	14,8
Cobalto	mg/l				0,05	0,05											
Cobre	mg/l	1	1	0,1	0,2	0,2	0,5	1,5 <sup>19</sup>	0,007 <sup>19</sup>	0,5 <sup>24</sup>							
Coliformes fecales	UFC/100 mL	2000* 630*	50* 630**	1000* <sup>9</sup>	1000*	1000*	100** 17	200* ≤126**	1000* ≤630**	200* 700*		35	5100	370	770	30	750
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1000	1000	2000	1000 <sup>12</sup>	1000 <sup>12</sup>	1000					80	4600	0	130	120	2700
Coliformes totales	UFC/100 mL	20000	1000	5000 <sup>9</sup>	5000	5000	5000 <sup>17</sup>	1000	5000	1000		6000	16000	20000	14000	109000	82000
Color		20	20														
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	0,002					0,002		0,002							
Conductividad eléctrica	µS/cm a 25°C	1000 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>	1500 <sup>5</sup>	700 <sup>11</sup>	2000 <sup>11</sup>	750 <sup>17</sup>	1500 <sup>19</sup>	1500 <sup>19</sup>			325-333	205-218	222-234	638-708	331-337	322-328
Contenido de sales							3000										
Cromo	mg Cr/L	0,05	0,05	0,01	0,1	0,1	1	0,05 <sup>19</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,011 <sup>24</sup>		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Río Minero – Estación de inicio	Q. El Batán – Quípama y La Victoria	Río Minero – Puente Vía a Muzo	Q. Itoco – El Mango Pto Arturo	Río Guazo o Palenque – Coper y Maripí	Río Minero – Mina Polveros
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	5 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	8 <sup>9</sup>	5 <sup>12</sup>	5 <sup>12</sup>	15 <sup>17</sup>	5 <sup>20</sup>	5 <sup>20</sup>	30	30	6	2	12	12	9	2
Definil	mg/l			0,0001													
Definil Policlorados	mg/l	No detectable	No detectable														
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	<4 <sup>2</sup>	<4 <sup>2</sup>	40 <sup>7</sup>								46	12	32	52	20	20
Dureza cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /L											149	125	121	289	103	103
Dureza de magnesio	mg CaCO <sub>3</sub> /L											20	21	29	89	37	24
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	300 <sup>1</sup>	300 <sup>1</sup>									169	146	150	379	140	127
Fenoles monohidricos Fenol	mg POH/L	0,002	0,002	1			0,001 <sup>17</sup>	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Flúor					1	1											
Fosfatos	mg P/L				2 <sup>11</sup>	2 <sup>11</sup>						0,04	0,03	0,05	0,07	0,05	0,03
Fosforo soluble	mg P/L											0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Fosforo total	mg P/L	0,05 -0,1 <sup>4</sup>	0,05 -0,1 <sup>4</sup>	0,05 <sup>12</sup>	0,05 <sup>12</sup>			0,05 <sup>20</sup>	0,05 <sup>20</sup>		0,05 <sup>25</sup>	0,14	0,33	0,16	0,12	0,15	0,18
Grasas y aceites	mg/l	0,1 <sup>1</sup>	0,01 <sup>1</sup>	0,01			5 <sup>17</sup>	2 <sup>19</sup>	2 <sup>19</sup>	10 <sup>24</sup>		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hierro	mg Fe/l			0,1	5	5						2,93	3,2	2,75	4,54	0,79	1,74
Iridiscencia	mg/l										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Litio	mg/l				2,5	2,5											
Material flotante										Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Mercurio	mg Hg/L	0,002	0,002	0,01	0,001 <sup>14</sup>	0,001 <sup>14</sup>	0,01	0,001 <sup>19</sup>	0,000012 <sup>19</sup>	0,0002 <sup>24</sup>		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Manganeso	mg/l			0,1	0,2	0,2											
Molibdeno	mg/l				0,01	0,01											
Níquel	mg Ni/L			0,01	0,2	0,2						0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Nitratos	mg N/L	10	10	13 <sup>7</sup>	<5 <sup>11</sup>	>30 <sup>11</sup>	0,1	4 <sup>20</sup>	4 <sup>20</sup>		4 <sup>25</sup>	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Nitritos	mg N/L	1	1	0,06 <sup>7</sup>	0,5 <sup>13</sup>	0,5 <sup>13</sup>	10	1 <sup>21</sup>				0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Nitrógeno amoniacal	mg N/L			15 <sup>9</sup>	5 <sup>11</sup>	5 <sup>11</sup>						0,09	0,22	0,56	0,46	0,69	0,81
Nitrógeno kjeldahl	mg N/L											3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Nitrógeno total	mg N/L											0,6	0,9	1	1	1,3	1,3
Olor											Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Oxígeno disuelto	mg/L O <sub>2</sub>	>4 <sup>1</sup>	>6 <sup>1</sup>	5	>3 <sup>13</sup>	>3 <sup>13</sup>	7,5-9 <sup>17</sup>	5	5			6.63-6.91	5.96-6.39	6.45-6.91	6.06-6.28	7.23-7.66	5.84-6.85
pH	Unidades de pH	5-9	6,5-8,5	6,5-9	4,5-9	4,5-9	6-9 <sup>16</sup>	5-9	5-9	5-9	6,5 - 9 <sup>25</sup>	8.16-8.18	8.15-8.17	7.93-7.98	8.06-8.1	7.63-7.81	8.17-8.24

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Río Minero – Estación de inicio	Q. El Batán – Quípama y La Victoria	Río Minero – Puente Vía a Muzo	Q. Itoco – El Mango Pto Arturo	Río Guazo o Palenque – Coper y Maripí	Río Minero – Mina Polveros
Plaguicidas organoclorados	mg/l			0,001								<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025
Plaguicidas organofosforados	mg/l			0,05								<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Plata	mg/l	0,05	0,05	0,01													
Plomo	mg Pb/L	0,05	0,05	0,01	5	5	0,1	0,01 <sup>19</sup>	0,01 <sup>19</sup>	0,05 <sup>24</sup>		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Selenio	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02											
Sodio	mg Na/L											6,9	3,8	7,4	17,2	18,9	14,3
Sólidos disueltos totales	mg/l											194	101	176	282	188	219
Sólidos sedimentables	ml/l											4	0,3	0,4	3	0,1	<0,1
Sólidos suspendidos totales	mg/l	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 50 <sup>8</sup>			150 <sup>17</sup>					486	257	893	1538	61	258
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l											22	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
Sólidos totales	mg/l											680	352	1072	1826	252	474
Sulfatos	mg/L SO4	400	400		250 <sup>12</sup>	250 <sup>12</sup>	400 <sup>17</sup>	400 <sup>19</sup>				61,8	47,8	54,6	184,2	57,8	61,8
Sulfatos hidrogeno ionizado	mg/l			0,0002													
Temperatura	°C			32,2 <sup>6</sup>	30	30		30		25 <sup>23</sup>		22,8-22,9	22,3-22,6	24-24,4	25,2-25,3	25,5-25,6	24,5-25
Tensoactivos	mg/L SAAM	0,5	0,5	0,143			0,1 <sup>17</sup>	0,5	0,5	0,5		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Turbiedad	NTU		190		100 <sup>12</sup>	100 <sup>12</sup>						600	220	360	500	36	180
Vanadio	mg/l				0,1	0,1											

\*Coliformes Fecales NMP/100 mL \*\* E. Coli NMP/100 mL

**Tabla 79. Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 2 para la Época seca.**

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Q. Paunera después de Manotera	Q. Buri Buri – CP San Martín	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	Q. Tambriás - Otanche	Río Minero - Estación final Otro mundo
% Grasas y aceites	%			0,01								0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
% Saturación de oxígeno	%			80				70	70	70	60	75.7-84.5	77.1-87.4	69.8-71.4	72.4-79.8	71.6-77.7
Acidez Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L											<6	<6	<6	<6	<6
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L											76	137	23	76	84
Aluminio	mg/l				5	5	5									
Amoniaco	mg/l	1	1	0,1												
Arsénico	mg/l	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2									
Bario	mg/l	1	1	0,1												
Berilio	mg/l			0,1	0,1	0,1										
Boro	mg/l				0,3-4	0,3-4	5									
Cadmio	mg cd/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,005 <sup>20</sup>	0,002 <sup>19</sup>			0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Caudal	l/s											237,66	10453,34	281,87	317,67	64050
Cianuro	mg/l	0,2	0,2	0,05			0,2 <sup>18</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>						
Cinc	mg Zn/L	15	15	0,01	2	2	25	1,5 <sup>22</sup>	1,5 <sup>22</sup>	1 <sup>24</sup>		0,08	0,1	0,07	0,02	0,17
Cloro total residual	mg/l			0,1												
Clorofenoles	mg/m <sup>3</sup> Clorofila			0,5								<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clorofila	mg/l											<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cloruros	mg Cl-/l	250	250	230 <sup>10</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>17</sup>					5	20	2	3,3	56,1
Cobalto	mg/l				0,05	0,05										
Cobre	mg/l	1	1	0,1	0,2	0,2	0,5	1,5 <sup>19</sup>	0,007 <sup>19</sup>	0,5 <sup>24</sup>						
Coliformes fecales	UFC/100 mL	2000* 630*	50* 630**	1000* <sup>9</sup>	1000*	1000*	100** 17	200* ≤126**	1000* ≤630**	200*		8300	820	9200	53000	680
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1000	1000	2000	1000 <sup>12</sup>	1000 <sup>12</sup>	1000					1100	0	1600	3200	7000
Coliformes totales	UFC/100 mL	20000	1000	5000 <sup>9</sup>	5000	5000	5000 <sup>17</sup>	1000	5000	1000		117000	63000	16600	740000	18000
Color		20	20													
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	0,002					0,002		0,002						
Conductividad eléctrica	µS/cm a 25°C	1000 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>	1500 <sup>5</sup>	700 <sup>11</sup>	2000 <sup>11</sup>	750 <sup>17</sup>	1500 <sup>19</sup>	1500 <sup>19</sup>			33-362	424-466	97.2-99.8	299-328	553-558
Contenido de sales							3000									
Cromo	mg Cr/L	0,05	0,05	0,01	0,1	0,1	1	0,05 <sup>19</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,011 <sup>24</sup>		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	5 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	8 <sup>9</sup>	5 <sup>12</sup>	5 <sup>12</sup>	15 <sup>17</sup>	5 <sup>20</sup>	5 <sup>20</sup>	30	30	2	2	2	2	2



Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Q. Paunera después de Manotera	Q. Buri Buri – CP San Martín	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	Q. Tambrías - Otanche	Río Minero - Estación final Otro mundo
<b>Definil</b>	mg/l			0,0001												
<b>Definil Policlorados</b>	mg/l	No detectable	No detectable													
<b>DQO</b>	mg O2/L	<4 <sup>2</sup>	<4 <sup>2</sup>	40 <sup>7</sup>								5	16	5	8	22
<b>Dureza cálcica</b>	mg CaCO3/L											56,6	228	31	101	95
<b>Dureza de magnesio</b>	mg CaCO3/L											142	5	1	18	57
<b>Dureza total</b>	mg CaCO3/L	300 <sup>1</sup>	300 <sup>1</sup>									163	233	32	119	152
<b>Fenoles monohidricos Fenol</b>	mg POH/L	0,002	0,002	1			0,001 <sup>17</sup>	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
<b>Flúor</b>					1	1										
<b>Fosfatos</b>	mg P/L				2 <sup>11</sup>	2 <sup>11</sup>						0,06	0,03	0,03	0,04	0,03
<b>Fosforo soluble</b>	mg P/L											0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
<b>Fosforo total</b>	mg P/L	0,05 -0,1 <sup>4</sup>	0,05 -0,1 <sup>4</sup>		0,05 <sup>12</sup>	0,05 <sup>12</sup>		0,05 <sup>20</sup>	0,05 <sup>20</sup>		0,05 <sup>25</sup>	0,11	0,15	0,07	0,09	0,13
<b>Grasas y aceites</b>	mg/l	0,1 <sup>1</sup>	0,01 <sup>1</sup>	0,01			5 <sup>17</sup>	2 <sup>19</sup>	2 <sup>19</sup>	10 <sup>24</sup>		0,2	0,2	0,2	0,393	0,2
<b>Hierro</b>	mg Fe/l			0,1	5	5						0,83	0,91	0,75	0,1	1,46
<b>Iridiscencia</b>	mg/l										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Litio</b>	mg/l				2,5	2,5										
<b>Material flotante</b>										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
<b>Mercurio</b>	mg Hg/L	0,002	0,002	0,01	0,001 <sup>14</sup>	0,001 <sup>14</sup>	0,01	0,001 <sup>19</sup>	0,000012 <sup>19</sup>	0,0002 <sup>24</sup>		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Manganeso</b>	mg/l			0,1	0,2	0,2										
<b>Molibdeno</b>	mg/l				0,01	0,01										
<b>Níquel</b>	mg Ni/L			0,01	0,2	0,2						0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Nitratos</b>	mg N/L	10	10	13 <sup>7</sup>	<5 <sup>11</sup>	>30 <sup>11</sup>	0,1	4 <sup>20</sup>	4 <sup>20</sup>		4 <sup>25</sup>	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3
<b>Nitritos</b>	mg N/L	1	1	0,06 <sup>7</sup>	0,5 <sup>13</sup>	0,5 <sup>13</sup>	10	1 <sup>21</sup>				0,021	0,007	0,007	0,049	0,007
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg N/L			15 <sup>9</sup>	5 <sup>11</sup>	5 <sup>11</sup>						0,69	0,63	0,09	0,24	0,27
<b>Nitrógeno kjeldahl</b>	mg N/L											3,3	3,3	3,3	3,3	1
<b>Nitrógeno total</b>	mg N/L											1,4	1,2	0,5	1,1	0,9
<b>Olor</b>											Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L O2	>4 <sup>1</sup>	>6 <sup>1</sup>	5	>3 <sup>13</sup>	>3 <sup>13</sup>	7,5-9 <sup>17</sup>	5	5			6,01-6,86	6,1-6,91	5,49-5,54	5,60-6,28	5,70-6,24
<b>pH</b>	Unidades de pH	5-9	6,5-8,5	6,5-9	4,5-9	4,5-9	6-9 <sup>16</sup>	5-9	5-9	5-9	6,5 - 9 <sup>25</sup>	8,2-8,26	8,48-8,5	6,92-7,02	8,08-8,14	7,99-8,2
<b>Plaguicidas organoclorados</b>	mg/l			0,001								<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Q. Paunera después de Manotera	Q. Buri Buri – CP San Martín	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	Q. Tambrías - Otanche	Río Minero - Estación final Otro mundo
<b>Plaguicidas organofosforados</b>	mg/l			0,05								<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Plata	mg/l	0,05	0,05	0,01												
Plomo	mg Pb/L	0,05	0,05	0,01	5	5	0,1	0,01 <sup>19</sup>	0,01 <sup>19</sup>	0,05 <sup>24</sup>		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Selenio	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02										
Sodio	mg Na/L											3,1	16,4	0,9	5,2	33
Solidos disueltos totales	mg/l											246	274	51	186	266
Solidos sedimentables	ml/l											<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1
Solidos suspendidos totales	mg/l	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 50 <sup>8</sup>			150 <sup>17</sup>					9	41	8	8	1334
Solidos suspendidos volátiles	mg/l											11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
Solidos totales	mg/l											256	318	59	194	404
Sulfatos	mg/L SO4	400	400		250 <sup>12</sup>	250 <sup>12</sup>	400 <sup>17</sup>	400 <sup>19</sup>				75,7	17,8	64	60	91,9
Sulfatos hidrogeno ionizado	mg/l			0,0002												
Temperatura	°C			32,2 <sup>6</sup>	30	30		30		25 <sup>23</sup>		22,5-22,6	24-24,1	23,1-23,3	24,5-24,6	24,4-24,9
Tensoactivos	mg/L SAAM	0,5	0,5	0,143			0,1 <sup>17</sup>	0,5	0,5	0,5		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Turbiedad	NTU		190		100 <sup>12</sup>	100 <sup>12</sup>						5,9	55	5,8	2,4	130
Vanadio	mg/l				0,1	0,1										

\*Coliformes Fecales NMP/100 mL \*\* E. Coli NMP/100 mL

**Tabla 80.** Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 1 para la Época húmeda.

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Río Minero – Estación de inicio	Q. El Batán – Quípama y La Victoria	Río Minero – Puente Vía a Muzo	Q. Itoco – El Mango Pto Arturo	Río Guazao o Palenque – Coper y Maripí	Río Minero – Mina Polveros
% Grasas y aceites	%			0,01								0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
% Saturación de oxígeno	%			80				70	70	70	60	73.7 - 80	75.3-80.8	73.2-79.2	73.3-78.8	69.7-77.6	96.5-97.7
Acidez Total	mg CaCO3/L											15	8	7	12	6	7
Alcalinidad	mg CaCO3/L											68	66	57	76	19	85
Aluminio	mg/l				5	5	5										
Amoniaco	mg/l	1	1	0,1													
Arsénico	mg/l	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2										
Bario	mg/l	1	1	0,1													
Berilio	mg/l			0,1	0,1	0,1											
Boro	mg/l				0,3-4	0,3-4	5										
Cadmio	mg cd/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,005 <sup>20</sup>	0,002 <sup>19</sup>			<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,003	0,003
Caudal	l/s											15397,57	28900,16	32212	2542	17648	52630
Cianuro	mg/l	0,2	0,2	0,05			0,2 <sup>18</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>							
Cinc	mg Zn/L	15	15	0,01	2	2	25	1,5 <sup>22</sup>	1,5 <sup>22</sup>	1 <sup>24</sup>		0,13	0,12	0,09	0,32	0,10	0,23
Cloro total residual	mg/l			0,1													
Clorofenoles	mg/m3 Clorofila			0,5								<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clorofila	mg/l											<0,0002	<0,0002	0,0002	<0,0003	<0,0007	<0,0002
Cloruros	mg Cl-/l	250	250	230 <sup>10</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>17</sup>					17,3	5,3	1,5	22,5	22,5	16,0
Cobalto	mg/l				0,05	0,05											
Cobre	mg/l	1	1	0,1	0,2	0,2	0,5	1,5 <sup>19</sup>	0,007 <sup>19</sup>	0,5 <sup>24</sup>							
Coliformes fecales	UFC/100 mL	2000* 630*	50* 630**	1000* <sup>9</sup>	1000*	1000*	100** 17	200*	1000*	200*		112	1250	68.3	49000	6100	5900
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1000	1000	2000	1000 <sup>12</sup>	1000 <sup>12</sup>	1000					2400	1500	4500	1400	1800	2200
Coliformes totales	UFC/100 mL	20000	1000	5000 <sup>9</sup>	5000	5000	5000 <sup>17</sup>	1000	5000	1000		1260	19400	15800	75000	10100	90000
Color		20	20														
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	0,002					0,002		0,002							
Conductividad eléctrica	µS/cm a 25°C	1000 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>	1500 <sup>5</sup>	700 <sup>11</sup>	2000 <sup>11</sup>	750 <sup>17</sup>	1500 <sup>19</sup>	1500 <sup>19</sup>			339-340	260-292	279-340	690-765	291-299	309-338
Contenido de sales							3000										

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y domestico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Río Minero – Estación de inicio	Q. El Batán – Quípama y La Victoria	Río Minero – Puente Vía a Muzo	Q. Itoco – El Mango Pto Arturo	Río Guazao o Palenque – Coper y Maripí	Río Minero – Mina Polveros
<b>Cromo</b>	mg Cr/L	0,05	0,05	0,01	0,1	0,1	1	0,05 <sup>19</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,011 <sup>24</sup>		0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /L	5 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	8 <sup>9</sup>	5 <sup>12</sup>	5 <sup>12</sup>	15 <sup>17</sup>	5 <sup>20</sup>	5 <sup>20</sup>	30	30	11	8	10	60	4	6
<b>Definil</b>	mg/l			0,0001													
<b>Definil Policlorados</b>	mg/l	No detectable	No detectable														
<b>DQO</b>	mg O <sub>2</sub> /L	<4 <sup>2</sup>	<4 <sup>2</sup>	40 <sup>7</sup>								34	28	22	126	13	57
<b>Dureza cálcica</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L											114	95	90	220	71	43
<b>Dureza de magnesio</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L											17	35	30	60	16	72
<b>Dureza total</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	300 <sup>1</sup>	300 <sup>1</sup>									131	130	120	280	87	115
<b>Fenoles monohídricos Fenol</b>	mg POH/L	0,002	0,002	1			0,001 <sup>17</sup>	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,010
<b>Flúor</b>					1	1											
<b>Fosfatos</b>	mg P/L				2 <sup>11</sup>	2 <sup>11</sup>						0,03	0,03	0,15	0,03	0,05	0,04
<b>Fosforo soluble</b>	mg P/L											0,09	0,08	0,03	0,03	0,09	0,03
<b>Fosforo total</b>	mg P/L	0,05 -0,1 <sup>4</sup>	0,05 -0,1 <sup>4</sup>		0,05 <sup>12</sup>	0,05 <sup>12</sup>		0,05 <sup>20</sup>	0,05 <sup>20</sup>		0,05 <sup>25</sup>	0,10	0,09	0,19	0,08	0,10	0,06
<b>Grasas y aceites</b>	mg/l	0,1 <sup>1</sup>	0,01 <sup>1</sup>	0,01			5 <sup>17</sup>	2 <sup>19</sup>	2 <sup>19</sup>	10 <sup>24</sup>		0,262	0,259	0,227	0,200	0,200	0,200
<b>Hierro</b>	mg Fe/l			0,1	5	5						1,32	1,18	1,00	11,68	0,90	10,09
<b>Iridiscencia</b>	mg/l										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Litio</b>	mg/l				2,5	2,5											
<b>Material flotante</b>										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Mercurio</b>	mg Hg/L	0,002	0,002	0,01	0,001 <sup>14</sup>	0,001 <sup>14</sup>	0,01	0,001 <sup>19</sup>	0,000012 <sup>19</sup>	0,0002 <sup>24</sup>		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Manganeso</b>	mg/l			0,1	0,2	0,2											
<b>Molibdeno</b>	mg/l				0,01	0,01											
<b>Níquel</b>	mg Ni/L			0,01	0,2	0,2						0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Nitratos</b>	mg N/L	10	10	13 <sup>7</sup>	<5 <sup>11</sup>	>30 <sup>11</sup>	0,1	4 <sup>20</sup>	4 <sup>20</sup>		4 <sup>25</sup>	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Nitritos</b>	mg N/L	1	1	0,06 <sup>7</sup>	0,5 <sup>13</sup>	0,5 <sup>13</sup>	10	1 <sup>21</sup>				0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg N/L			15 <sup>9</sup>	5 <sup>11</sup>	5 <sup>11</sup>						0,05	0,06	0,77	0,23	0,19	0,05
<b>Nitrógeno kjeldahl</b>	mg N/L											3,3	3,3	3,3	<1,0	<1,0	<1,0
<b>Nitrógeno total</b>	mg N/L											0,5	0,5	1,1	0,6	0,3	0,4
<b>Olor</b>											Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Río Minero – Estación de inicio	Q. El Batán – Quípama y La Victoria	Río Minero – Puente Vía a Muzo	Q. Itoco – El Mango Pto Arturo	Río Guazao o Palenque – Coper y Maripí	Río Minero – Mina Polveros
Oxígeno disuelto	mg/L O2	>4 <sup>1</sup>	>6 <sup>1</sup>	5	>3 <sup>13</sup>	>3 <sup>13</sup>	7,5-9 <sup>17</sup>	5	5			5.70-6.36	5.84-6.21	5.73-6.13	5.76-6.54	5.57-6.35	7.49-7.76
pH	Unidades de pH	5-9	6,5-8,5	6,5-9	4,5-9	4,5-9	6-9 <sup>16</sup>	5-9	5-9	5-9	6,5 - 9 <sup>25</sup>	7.97-8.08	8.03-8.05	7.72-7.95	7.73-8.04	7.63-7.81	6.95-7.60
Plaguicidas organoclorados	mg/l			0,001								<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025
Plaguicidas organofosforados	mg/l			0,05								<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Plata	mg/l	0,05	0,05	0,01													
Plomo	mg Pb/L	0,05	0,05	0,01	5	5	0,1	0,01 <sup>19</sup>	0,01 <sup>19</sup>	0,05 <sup>24</sup>		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Selenio	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02											
Sodio	mg Na/L											9	3,6	8,2	18,6	13,5	16,0
Sólidos disueltos totales	mg/l											190	160	155	1070	160	270
Sólidos sedimentables	ml/l											1,2	0,1	0,3	15	0,5	1,6
Sólidos suspendidos totales	mg/l	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 50 <sup>8</sup>			150 <sup>17</sup>					527	242	576	2275	291	420
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l											50	22	12	155	11,6	24
Sólidos totales	mg/l											720	242	735	3171	455	695
Sulfatos	mg/L SO4	400	400		250 <sup>12</sup>	250 <sup>12</sup>	400 <sup>17</sup>	400 <sup>19</sup>				78,9	58,8	58,4	127,9	43,9	61,6
Sulfatos hidrogeno ionizado	mg/l			0,0002													
Temperatura	°C			32,2 <sup>6</sup>	30	30		30		25 <sup>23</sup>		23.6-23.8	23.8-24.1	25.1-25.2	25.1-25.7	24.7-25.0	25.4-26
Tensoactivos	mg/L SAAM	0,5	0,5	0,143			0,1 <sup>17</sup>	0,5	0,5	0,5		0,07	0,13	0,07	0,07	0,07	0,07
Turbiedad	NTU		190		100 <sup>12</sup>	100 <sup>12</sup>						400	190	220	2800	120	300
Vanadio	mg/l				0,1	0,1											

\*Coliformes Fecales NMP/100 mL \*\* E. Coli NMP/100 mL



**Tabla 81.** Características fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el río Minero en el Tramo 2 para la Época húmeda.

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Q. Paunera después de Manotera	Q. Buri Buri – CP San Martín	Río Ibacapi - Tununguá y Briceño	Q. Tambrías - Otanche	Río Minero - Estación final Otro mundo
% Grasas y aceites	%			0,01								0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
% Saturación de oxígeno	%			80				70	70	70	60	100,1-100,8	91,4-100,3	85,7-96,9	83,5-84,6	79,8-97,2
Acidez Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L											6	6	11	6	7
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L											69	25	99	81	67
Aluminio	mg/l				5	5	5									
Amoniaco	mg/l	1	1	0,1												
Arsénico	mg/l	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2									
Bario	mg/l	1	1	0,1												
Berilio	mg/l			0,1	0,1	0,1										
Boro	mg/l				0,3-4	0,3-4	5									
Cadmio	mg cd/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,005 <sup>20</sup>	0,002 <sup>19</sup>			0,005	0,003	0,003	0,003	0,003
Caudal	l/s											198,54	299,74	18818,31	312,58	93693
Cianuro	mg/l	0,2	0,2	0,05			0,2 <sup>18</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>	0,005 <sup>19</sup>						
Cinc	mg Zn/L	15	15	0,01	2	2	25	1,5 <sup>22</sup>	1,5 <sup>22</sup>	1 <sup>24</sup>		0,29	0,07	1,50	0,05	0,32
Cloro total residual	mg/l			0,1												
Clorofenoles	mg/m <sup>3</sup> Clorofila			0,5								<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clorofila	mg/l											<0,0002	<0,0002	<0,0003	<0,0002	<0,0006
Cloruros	mg Cl-/l	250	250	230 <sup>10</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>15</sup>	100 <sup>17</sup>					6,4	2,1	14,9	4,1	43,5
Cobalto	mg/l				0,05	0,05										
Cobre	mg/l	1	1	0,1	0,2	0,2	0,5	1,5 <sup>19</sup>	0,007 <sup>19</sup>	0,5 <sup>24</sup>						
Coliformes fecales	UFC/100 mL	2000* 630*	50* 630**	1000* <sup>9</sup>	1000*	1000*	100** <sup>17</sup>	200* ≤126**	1000* ≤630**	200* 700*		98000	8000	92000	109000	830
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1000	1000	2000	1000 <sup>12</sup>	1000 <sup>12</sup>	1000					3000	5900	1540	83000	46000
Coliformes totales	UFC/100 mL	20000	1000	5000 <sup>9</sup>	5000	5000	5000 <sup>17</sup>	1000	5000	1000		14000	95000	7300	1300000	11000
Color		20	20													
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	0,002					0,002		0,002						
Conductividad eléctrica	µS/cm a 25°C	1000 <sup>1</sup>	1000 <sup>1</sup>	1500 <sup>5</sup>	700 <sup>11</sup>	2000 <sup>11</sup>	750 <sup>17</sup>	1500 <sup>19</sup>	1500 <sup>19</sup>			379 - 386	93,2-97,2	418-427	325-349	420-424
Contenido de sales							3000									
Cromo	mg Cr/L	0,05	0,05	0,01	0,1	0,1	1	0,05 <sup>19</sup>	0,05 <sup>19</sup>	0,011 <sup>24</sup>		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Q. Paunera después de Manotera	Q. Buri Buri – CP San Martín	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	Q. Tambrías - Otanche	Río Minero - Estación final Otro mundo
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	5 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	8 <sup>9</sup>	5 <sup>12</sup>	5 <sup>12</sup>	15 <sup>17</sup>	5 <sup>20</sup>	5 <sup>20</sup>	30	30	2	2	36	2	10
Definil	mg/l			0,0001												
Definil Policlorados	mg/l	No detectable	No detectable													
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	<4 <sup>2</sup>	<4 <sup>2</sup>	40 <sup>7</sup>								29	5	353	5	20
Dureza cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /L											143	31	125	121	122
Dureza de magnesio	mg CaCO <sub>3</sub> /L											7	7	85	22	3
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	300 <sup>1</sup>	300 <sup>1</sup>									150	38	210	143	125
Fenoles monohidricos Fenol	mg POH/L	0,002	0,002	1			0,001 <sup>17</sup>	0,002	0,002	0,002	0,001	0,013	0,014	0,007	0,007	0,016
Flúor					1	1										
Fosfatos	mg P/L				2 <sup>11</sup>	2 <sup>11</sup>						0,03	0,03	0,04	0,03	0,34
Fosforo soluble	mg P/L											0,03	0,03	0,17	0,06	0,03
Fosforo total	mg P/L	0,05 -0,1 <sup>4</sup>	0,05 -0,1 <sup>4</sup>		0,05 <sup>12</sup>	0,05 <sup>12</sup>		0,05 <sup>20</sup>	0,05 <sup>20</sup>		0,05 <sup>25</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,45
Grasas y aceites	mg/l	0,1 <sup>1</sup>	0,01 <sup>1</sup>	0,01			5 <sup>17</sup>	2 <sup>19</sup>	2 <sup>19</sup>	10 <sup>24</sup>		0,200	0,200	0,784	0,247	0,200
Hierro	mg Fe/l			0,1	5	5						0,74	1,00	79,90	0,56	10,75
Iridiscencia	mg/l										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Litio	mg/l				2,5	2,5										
Material flotante										Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente
Mercurio	mg Hg/L	0,002	0,002	0,01	0,001 <sup>14</sup>	0,001 <sup>14</sup>	0,01	0,001 <sup>19</sup>	0,000012 <sup>19</sup>	0,0002 <sup>24</sup>		0,001	0,001	0,033	0,001	0,001
Manganeso	mg/l			0,1	0,2	0,2										
Molibdeno	mg/l				0,01	0,01										
Níquel	mg Ni/L			0,01	0,2	0,2						0,05	0,05	0,23	0,05	0,05
Nitratos	mg N/L	10	10	13 <sup>7</sup>	<5 <sup>11</sup>	>30 <sup>11</sup>	0,1	4 <sup>20</sup>	4 <sup>20</sup>		4 <sup>25</sup>	0,8	0,1	0,1	0,4	0,1
Nitritos	mg N/L	1	1	0,06 <sup>7</sup>	0,5 <sup>13</sup>	0,5 <sup>13</sup>	10	1 <sup>21</sup>				0,020	0,007	0,007	0,113	0,007
Nitrógeno amoniacal	mg N/L			15 <sup>9</sup>	5 <sup>11</sup>	5 <sup>11</sup>						0,18	0,21	2,2	0,51	0,05
Nitrógeno kjeldahl	mg N/L											1,0	3,3	3,1	3,3	3,3
Nitrógeno total	mg N/L											1,4	0,6	3,1	1,4	0,3
Olor											Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
Oxígeno disuelto	mg/L O <sub>2</sub>	>4 <sup>1</sup>	>6 <sup>1</sup>	5	>3 <sup>13</sup>	>3 <sup>13</sup>	7,5-9 <sup>17</sup>	5	5			7,74-7,82	6,67-7,19	6,38-7,68	6,08-6,28	6,96-7,12

Parámetro	Unidades	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Q. Paunera después de Manotera	Q. Buri Buri – CP San Martín	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	Q. Tambrías - Otanche	Río Minero - Estación final Otro mundo
pH	Unidades de pH	5-9	6,5-8,5	6,5-9	4,5-9	4,5-9	6-9 <sup>16</sup>	5-9	5-9	5-9	6,5 - 9 <sup>25</sup>	7,54-8,09	6.07-6.47	7.36-7.75	6.98-7.68	6.77-7.34
Plaguicidas organoclorados	mg/l			0,001								<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025	<0,00025
Plaguicidas organofosforados	mg/l			0,05								<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Plata	mg/l	0,05	0,05	0,01												
Plomo	mg Pb/L	0,05	0,05	0,01	5	5	0,1	0,01 <sup>19</sup>	0,01 <sup>19</sup>	0,05 <sup>24</sup>		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Selenio	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02										
Sodio	mg Na/L											6,9	6,5	7,4	5,7	100,3
Sólidos disueltos totales	mg/l											295	54	265	193	240
Sólidos sedimentables	ml/l											<0,1	0,1	34	<0,1	4,0
Sólidos suspendidos totales	mg/l	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 55 <sup>3</sup>	10 - 50 <sup>8</sup>			150 <sup>17</sup>					13	15	17375	40	743
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l											11,6	11,6	11,6	11,6	24
Sólidos totales	mg/l											312	74	17800	238	987
Sulfatos	mg/L SO4	400	400		250 <sup>12</sup>	250 <sup>12</sup>	400 <sup>17</sup>	400 <sup>19</sup>				105,8	18,9	42,9	64,4	73,7
Sulfatos hidrogeno ionizado	mg/l			0,0002												
Temperatura	°C			32,2 <sup>6</sup>	30	30		30		25 <sup>23</sup>		24,6-24,8	24,1-25,5	23,3-23,8	24,9-25,2	25,0-25,3
Tensoactivos	mg/L SAAM	0,5	0,5	0,143			0,1 <sup>17</sup>	0,5	0,5	0,5		0,27	0,07	0,07	0,17	0,15
Turbiedad	NTU		190		100 <sup>12</sup>	100 <sup>12</sup>						7,3	5,9	6000	18	550
Vanadio	mg/l				0,1	0,1										

\*Coliformes Fecales NMP/100 mL \*\* E. Coli NMP/100 mL

**Tabla 82 Referencia de tablas 81-82**

CITA	REFERENCIA
1- 5 - 15 - 19	Criterios nacionales de clasificación de aguas superficiales & Directrices de calidad del agua de riego para Pakistán. Encontrado en: <a href="http://mocc.gov.pk/moclc/userfiles1/file/MOC/National%20Environment%20Quality%20Standards/National%20Surface%20Water%20Classification%20Criteria.pdf">http://mocc.gov.pk/moclc/userfiles1/file/MOC/National%20Environment%20Quality%20Standards/National%20Surface%20Water%20Classification%20Criteria.pdf</a>
2 - 7 – 13 - 14	Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Encontrado en: <a href="http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf">http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf</a>
3 – 8	Estándares de calidad del agua que tienen un efecto real para propósitos de agua limpia. Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/hi-wqs.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/hi-wqs.pdf</a>
4 - 24	Estándares de calidad del agua: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/fl_section62-302.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/fl_section62-302.pdf</a>
6	Código Administrativo de Louisiana (LAC) Título 33, Parte IX. Calidad del agua Capítulo 11. Normas de calidad del agua superficial, Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/lawqs.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/lawqs.pdf</a>
9	Título 35: Protecciones ambientales subtítulo C: Contaminación del agua capítulo I: Junta de control de la contaminación Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/ilwqs-title35-part302.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/ilwqs-title35-part302.pdf</a>
10	Criterios nacionales recomendados de calidad del agua - Tabla de criterios de vida acuática. Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table">https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table</a>
11	Directrices para las interpretaciones de la calidad del agua para la riego Encontrado en: <a href="http://www.fao.org/3/t0234e/T0234E01.htm#ch1.4">http://www.fao.org/3/t0234e/T0234E01.htm#ch1.4</a>
12	Resolución 357 del 17 de marzo de 2005, Brasil – Clasificación de los cuerpos de agua <a href="http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-357-de-17-de-Mar%C3%A7o-de-2005-CONAMA.pdf">http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-357-de-17-de-Mar%C3%A7o-de-2005-CONAMA.pdf</a>
16	Reglas del departamento de medio ambiente y conservación. Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/tn-chapter1200-4-3.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/tn-chapter1200-4-3.pdf</a>
17	Estándares de calidad ambiental de agua grupo N° 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Encontrado en: <a href="http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf">http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf</a>
18	Capítulo 11. Departamento de Calidad Ambiental - Normas de Calidad del Agua Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/az-chapter11.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/az-chapter11.pdf</a>
20 -25	Calidad ambiental, calidad del agua. Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/utwqs.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/utwqs.pdf</a>
21	Estado de Alaska departamento de conservación ambiental encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ak-toxics-manual.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ak-toxics-manual.pdf</a>
22	Título 26 Departamento de medio ambiente Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/mdwqs_chapters.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/mdwqs_chapters.pdf</a>
23	Departamento de conservación ambiental. Encontrado en: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/akwqs-chapter70.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/akwqs-chapter70.pdf</a>
26	Anexo 1 del libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Encontrado en: <a href="https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf">https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf</a>

## 8.2.1. Uso Del Agua De Acuerdo Al Cumplimiento De Los Valores De Referencia Y El Decreto 1076 De 2015

**Tabla 83.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 1 para la Época seca.

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 1</b>												
<b>Río Minero – Estación de inicio</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>5</b>	Industrial Estético Consumo Tto Conv. Pecuario Agrícola sin res. Recreativo C.S. Consumo Desinfección Recreativo C.P. Agrícola restringido Preservación	<b>Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Pecuario Industrial Estético</b>
<b>Q. El Batán – Quípama y La Victoria</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>13</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Industrial Recreativo C.S. Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Pecuario Recreativo C.P. Consumo Desinfección Agrícola restringido Preservación	
<b>Río Minero – Puente Vía a Muzo</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Industrial Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Pecuario Consumo Desinfección Recreativo C.S. Agrícola restringido Recreativo C.P. Preservación	



ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 1</b>												
<b>Q. Itoco – El Mango Pto Arturo</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>8</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Consumo Tto Conv. Agrícola sin restricción Pecuario Industrial Recreativo C.S. Agrícola restringido Consumo Desinfección Recreativo C.P. Preservación	<b>Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Pecuario Industrial Estético</b>
<b>Río Guazo o Palenque – Coper y Maripí</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>9</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Pecuario Estético Agrícola sin res. Industrial Consumo Desinfección Consumo Tto Conv. Recreativo C.P. Recreativo C.S. Agrícola restringido Preservación	
<b>Río Minero – Mina Polveros</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>13</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>9</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Industrial Agrícola sin res. Recreativo C.S. Consumo Tto Conv Pecuario Consumo Desinfección Agrícola restringido Recreativo C.P. Preservación	

**Tabla 84. Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 2 para la Época seca.**

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 2</b>												
<b>Q. Paunera después de Manotera</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>9</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Industrial Consumo Tto Conv. Consumo Desinfección Pecuario Agrícola sin res. Recreativo C.S. Agrícola restringido Recreativo C.P. Preservación	<b>Consumo Tto Conv. Consumo Desinfección Agrícola sin restricción Industrial Estético</b>
<b>Q. Buri Buri – CP San Martín</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>20</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>9</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Consumo Desinfección Pecuario Industrial Agrícola restringido Recreativo C.S. Recreativo C.P. Preservación	
<b>Río Ibacapí - Tununguá y Briceño</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Consumo Tto Conv. Industrial Consumo Desinfección Agrícola sin restricción Pecuario Recreativo C.S. Recreativo C.P. Agrícola restringido Preservación	

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 2</b>												
<b>Q. Tambrías - Otanche</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>9</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Consumo Tto Conv. Industrial Consumo Desinfección Agrícola sin res. Pecuario Recreativo C.S. Agrícola restringido Recreativo C.P. Preservación	<b>Consumo Tto Conv. Consumo Desinfección Agrícola sin restricción Industrial Estético</b>
<b>Río Minero - Estación final Otro mundo</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>13</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>5</b>	Industrial Estético Consumo Tto Conv Agrícola sin res. Recreativo C.S. Pecuario Consumo Desinfección Agrícola restringido Recreativo C.P. Preservación	

Fuente: Corpoboyacá.

**Tabla 85.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 1 en Época húmeda.

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 1</b>												
<b>Río Minero – Estación de inicio</b>	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 24 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 29 Parámetros cumplidos: 20	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 20	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 20	Total, parámetros con criterio: 20 Parámetros cumplidos: 16	Total, parámetros con criterio: 20 Parámetros cumplidos: 12	Total, parámetros con criterio: 17 Parámetros cumplidos: 11	Total, parámetros con criterio: 14 Parámetros cumplidos: 9	Total, parámetros con criterio: 9 Parámetros cumplidos: 6	Agrícola sin res. Agrícola restringido Estético Pecuario Consumo Tto Conv Industrial Consumo Desinfección Recreativo C.S. Recreativo C.P. Preservación	<b>Pecuario Estético Agrícola restringido Consumo Tto Conv. Agrícola sin res.</b>
<b>Q. El Batán – Quípama y La Victoria</b>	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 24 Parámetros cumplidos: 19	Total, parámetros con criterio: 29 Parámetros cumplidos: 20	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 20 Parámetros cumplidos: 16	Total, parámetros con criterio: 20 Parámetros cumplidos: 11	Total, parámetros con criterio: 17 Parámetros cumplidos: 9	Total, parámetros con criterio: 14 Parámetros cumplidos: 9	Total, parámetros con criterio: 9 Parámetros cumplidos: 6	Estético Pecuario Industrial Consumo Tto Conv Consumo Desinfección Agrícola sin res. Agrícola restringido Preservación Recreativo C.S. Recreativo C.P.	
<b>Río Minero – Puente Vía a Muzo</b>	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 19	Total, parámetros con criterio: 24 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 29 Parámetros cumplidos: 22	Total, parámetros con criterio: 24 Parámetros cumplidos: 19	Total, parámetros con criterio: 23 Parámetros cumplidos: 18	Total, parámetros con criterio: 20 Parámetros cumplidos: 17	Total, parámetros con criterio: 20 Parámetros cumplidos: 14	Total, parámetros con criterio: 17 Parámetros cumplidos: 11	Total, parámetros con criterio: 14 Parámetros cumplidos: 10	Total, parámetros con criterio: 9 Parámetros cumplidos: 6	Estético Pecuario Industrial Consumo Tto Conv. Agrícola restringido Agrícola sin res. Consumo Desinfección Recreativo C.P. Recreativo C.S Preservación	

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 1</b>												
<b>Q. Itoco – El Mango Pto Arturo</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>22</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>13</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>8</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Pecuario Industrial Agrícola restringido Agrícola sin restricción Consumo Tto Conv. Preservación Recreativo C.P. Recreativo C.S. Consumo Desinfección	<b>Pecuario Estético Agrícola restringido Consumo Tto Conv. Agrícola sin res.</b>
<b>Río Guazo o Palenque – Coper y Maripí</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>22</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>8</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Pecuario Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Agrícola restringido Preservación Industrial Consumo Desinfección Recreativo C.S. Recreativo C.P.	
<b>Río Minero – Mina Polveros</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>20</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Agrícola sin res. Agrícola restringido Pecuario Industrial Consumo Tto Conv Consumo Desinfección Preservación Recreativo C.P. Recreativo C.S.	



**Tabla 86.** Usos actuales del agua obtenidos según el cumplimiento de los valores de referencia y criterios de calidad del agua en el tramo 2 en Época húmeda.

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 2</b>												
<b>Q. Paunera después de Manotera</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>11</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>8</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Pecuario Consumo Tto Conv. Agrícola sin res. Agrícola restringido Consumo Desinfección Industrial Recreativo C.S. Recreativo C.P. Preservación	<b>Consumo Tto Conv Agrícola restringido Pecuario Estético Agrícola sin restricción</b>
<b>Q. Buri Buri – CP San Martín</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>20</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Estético Pecuario Agrícola restringido Consumo Tto Conv. Consumo Desinfección Agrícola sin res. Industrial Preservación Recreativo C.P. Recreativo C.S.	
<b>Río Ibacapí - Tununguá y Briceño</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>15</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>9</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>5</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>5</b>	Pecuario Estético Agrícola restringido Consumo Tto Conv Agrícola sin restricción Industrial Consumo Desinfección Recreativo C.S. Preservación Recreativo C.P.	

ESTACIÓN / PUNTO DE MONITOREO	Dec. 1076 de 2015 Tratamiento Convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	Dec. 1076 de 2015 Preservación de flora y fauna *agua fría dulce*	Dec. 1076 de 2015 Agrícola sin restricción	Dec. 1076 de 2015 Agrícola restringido	Dec. 1076 de 2015 Pecuario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto primario	Dec. 1076 de 2015 Recreativo contacto secundario	Dec. 1076 de 2015 Industrial	Dec. 1076 de 2015 Estético	Uso predominante	Uso actual
<b>TRAMO 2</b>												
<b>Q. Tambrías - Otanche</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>16</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>7</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>4</b>	Pecuario Estético Agrícola sin res. Agrícola restringido Consumo Tto Conv Consumo Desinfección Industrial Recreativo C.P. Recreativo C.S. Preservación	<b>Consumo Tto Conv Agrícola restringido Pecuario Estético Agrícola sin restricción</b>
<b>Río Minero - Estación final Otro mundo</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>14</b>	Total, parámetros con criterio: <b>29</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>24</b> Parámetros cumplidos: <b>19</b>	Total, parámetros con criterio: <b>23</b> Parámetros cumplidos: <b>18</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>17</b>	Total, parámetros con criterio: <b>20</b> Parámetros cumplidos: <b>10</b>	Total, parámetros con criterio: <b>17</b> Parámetros cumplidos: <b>8</b>	Total, parámetros con criterio: <b>14</b> Parámetros cumplidos: <b>6</b>	Total, parámetros con criterio: <b>9</b> Parámetros cumplidos: <b>5</b>	Pecuario Estético Agrícola sin res. Agrícola restringido Consumo Tto Conv Industrial Consumo Desinfección Recreativo C.S. Recreativo C.P. Preservación	

Fuente: Corpoboyacá.

A continuación, se muestra la comparación del resultado promedio de los usos del agua según el cumplimiento de los valores de referencia mostrados en las tablas (EPOCA HUMEDA Y SECA) en la Tabla 88 para los tramos definidos en la cuenca del Río Minero para las dos épocas en las que se realizaron monitoreos:

**Tabla 87.** Comparación de usos del agua según el cumplimiento de los valores de referencia.

TRAMO	RESULTADOS ÉPOCA SECA	RESULTADOS ÉPOCA HÚMEDA
	Usos	Usos
<b>Tramo 1</b>	Consumo humano con Tto Conv. Agrícola sin restricción Pecuario Industrial Estético	Pecuario Estético Agrícola restringido Consumo humano con Tto Conv. Agrícola sin restricción
<b>Tramo 2</b>	Consumo humano con Tto Conv. Consumo humano con desinfección Agrícola sin restricción Industrial Estético	Consumo humano con Tto Conv Agrícola restringido Pecuario Estético Agrícola sin restricción

Fuente: Corpoboyacá.

Los usos del agua según el cumplimiento de los valores de referencia quedan definidos de la siguiente forma:

**Tabla 88.** Resultado final de los Usos del agua teniendo en cuenta los valores de referencia.

Tramo	Uso del agua teniendo en cuenta los valores de referencia
<b>1</b>	Consumo humano con Tto Conv. Agrícola sin restricción Pecuario Estético
<b>2</b>	Consumo humano con Tto Conv. Agrícola sin restricción Estético

Fuente: Corpoboyacá.

### 8.3. USOS DEL AGUA DE ACUERDO AL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

El indicador ICA representa las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de la corriente principal, permitiendo identificar mediante la sectorización los tramos o fuentes con presencia de actividades que conllevan al deterioro de la calidad del agua, de la misma forma, permite conceptuar las limitaciones o posibilidades del uso del agua para determinadas actividades. Así que, ante la posibilidad de asociar el resultado del indicador con la determinación del uso predominante del agua, se presenta la evaluación del resultado del ICA frente a la disposición del uso de agua. con el ánimo de continuar haciendo gestión ambiental

en el territorio se encuentra a continuación la evaluación del uso del agua de acuerdo al resultado del índice de calidad del agua.

Teniendo en los principales usos del agua de acuerdo a la clasificación del ICA que se muestra en la Tabla 14, planteada por Guzmán y Merino, 1992 y Montoya et al, 1997 y modificada por Gómez, et al, 2007 se presenta en la tabla 15 los posibles usos actuales del agua asociados al resultado del ICA, Este resultado se da por estación y punto de monitoreo

**Tabla 89.** Principales usos del agua de acuerdo a la clasificación ICA del agua.

ICA	Clasificación de la calidad del recurso hídrico	Consumo humano y potabilización	Recreo	Vida Acuática	Agrícola	Industrial	Navegación	Pecuario	Transporte de desechos tratados
0,91 - 1	Buena	Requiere de procesos de tratamiento mínimo o primario	Aceptable para todo tipo de deporte acuático (Natación, Buceo, etc)	Aceptable para todo tipo de organismos	Riego de cualquier tipo de cultivos (Frutales, Hortalizas)	Aceptable sin tratamiento para la industria común	Aceptable para todo tipo de navegación	Aceptable sin tratamiento para la mayoría de las especies	Aceptable para todo tipo de transporte de desechos tratados
0,71 – 0,90	Aceptable	Requiere de proceso de tratamiento de potabilización primarios y secundarios	Aceptable pero no recomendable para contacto directo	No apta para especies acuáticas sensibles	Con restricción para riego a ciertos tipos de cultivos o con lavado posterior	Aceptable con tratamiento para la industria común	Navegable con restricción de contacto humano	Aceptable con tratamiento para la mayoría de las especies	
0,51 – 0,70	Regular	Riesgoso consumirla o requiere de tratamientos de potabilización terciarios o avanzados	Actividades sin contacto humano directo con el agua (Deportes náuticos)	Organismos acuáticos resistentes y especies específicas					Uso restringido, solo para ciertos casos
0,26 – 0,50	Mala	Inaceptable para potabilización y consumo humano	Inaceptable	Especies específicas que varían en diversidad y densidad poblacional	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
0,0 – 0,25	Muy Mala				Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable

**Fuente:** Guzmán y Merino, 1992, Montoya et al, 1997 y modificada por Gómez, et al, 2007 aplicado a la normatividad colombiana.

Para los usos del agua de acuerdo al ICA, se tomaron los resultados de dichos índices para las épocas húmeda y seca y se comparó con la bibliografía y dieron los siguientes usos:



**Tabla 90. Usos del agua de acuerdo a los resultados del ICA.**

TRAMO	ESTACIÓN / PUNTO	RESULTADOS ÉPOCA SECA		USOS DEL AGUA	RESULTADOS ÉPOCA HÚMEDA		USOS DEL AGUA
		ICA	CALIDAD		ICA	CALIDAD	
<b>1</b> Desde Río Minero - Estación de inicio  Hasta Río minero – Mina Polveros	Río Minero - Estación de inicio	0,347	Mala.	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación	0,381	Mala.	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación
	Q. El Batán - Quípama y La Victoria	0,522	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	0,470	Mala.	
	Río Minero – Puente vía a Muzo	0,468	Mala.	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación	0,454	Mala.	
	Q. Itoco – El mango Pto Arturo	0,381	Mala.	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación	0,395	Mala.	
	Río Guazo o Palenque – Coper y Maripí	0,664	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	0,474	Mala.	
	Río minero – Minero Polveros	0,515	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	0,418	Mala.	
<b>2</b> Desde Quebrada Paunera después de Manotera  Hasta Río Minero - Estación final Otro Mundo	Q. Paunera después de Manotera	0,685	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	0,592	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación
	Q. Buri Buri - CP San Martín	0,772	Aceptable	Consumo T Conv Agrícola restringido Pecuario Recreativo C.S Preservación de fauna Industrial Estético Transporte y asimilación	0,819	Aceptable	Consumo T Conv Agrícola restringido Pecuario Recreativo C.S Preservación de fauna Industrial Estético Transporte y asimilación
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,613	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	0,342	Mala.	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación
	Q. Tambrías - Otanche	0,689	Regular		0,625	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación
	Río Minero - Estación final Otro Mundo	0,542	Regular		0,466	Mala.	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación

Fuente: Corpoboyacá.

A continuación, se muestra la comparación promedio de los usos del agua de acuerdo al ICA mostrados en la tabla 99 para los tramos definidos en la cuenca del Río Minero para las dos épocas en las que se realizaron monitoreos:

**Tabla 91. Comparación usos del agua de acuerdo a los resultados del ICA.**

TRAMO	RESULTADOS ÉPOCA SECA		RESULTADOS ÉPOCA HÚMEDA	
	ICA	Usos	ICA	Usos
<b>Tramo 1</b>	Mala	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación	Mala	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación
<b>Tramo 2</b>	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	Regular	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación

**Fuente:** Corpoboyacá.

Los usos del agua de acuerdo a los resultados del ICA quedan definidos de la siguiente forma:

**Tabla 92. Resultado final de los Usos del agua teniendo en cuenta el ICA.**

Tramo	Uso del agua teniendo en cuenta el ICA
<b>1</b>	Industrial restringido Estético Pecuario restringido Transporte y asimilación
<b>2</b>	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación

**Fuente:** Corpoboyacá.

## 8.4. SOCIALIZACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DE LOS USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO

### 8.4.1. Talleres De Socialización Y Presentación De Escenarios

#### 8.4.1.1. Proceso de divulgación

**Página web.** La divulgación del proceso en la página web de la Corporación se realizó en un micro sitio llamado “*Juntos trabajemos, Nuestros Ríos Salvemos*” que se encuentra en la página principal. En este banner se publicó un breve resumen de los monitoreos de calidad hídrica que

ha adelantado la corporación y el proceso que ha llevado el equipo técnico para el avance de la definición de los objetivos de calidad incluida la socialización con los usuarios.

**Figura 63.** Divulgación del proceso en la Página web de Corpoboyacá



**Fuente:** Corpoboyacá.

**Redes Sociales.** A través de las redes sociales de la Corporación, se realizó la divulgación de los talleres realizados de socialización y presentación de escenarios, para lograr una mayor participación ciudadana en el proceso. Las publicaciones se realizaron días anteriores a los talleres para tener más convocatoria, estas fueron publicadas en Redes como Facebook, Instagram, Twitter.

Por otra parte, el equipo técnico se comunicó con los usuarios del sector público y privado para realizar la invitación a tales talleres, este proceso se realizó a través de correos electrónicos y correos certificados, de igual manera se contactó a través de llamadas telefónicas y mensajes directos por la aplicación WhatsApp para tener un mayor acercamiento a los usuarios.

**Figura 64. Divulgación del proceso en las redes sociales de Corpoboyacá.**



Fuente: Corpoboyacá.

#### 8.4.1.2. Taller de socialización con usuarios de la cuenca

El taller general se realizó el día 21 de septiembre de 2021, con el fin de contextualizar a los usuarios de la cuenca del Rio Minero sobre el proceso del establecimiento de los objetivos de calidad, el estado actual del recurso hídrico, su localización, el papel dentro de la cuenca y la definición de algunos tipos de uso del agua de su preferencia, explícitamente para su municipio a través de la cartografía Social; Explícitamente se expusieron los siguientes temas:

- Proceso que se lleva a cabo para la definición de los Objetivos de Calidad
- Proceso que se llevará a cabo el próximo año en relación al establecimiento de las metas de cargas contaminantes
- Descripción de los objetivos de calidad, ordenamiento del recurso hídrico según Decreto

1076 de 2015.

- Establecimiento de Puntos de Monitoreo, la topología de la cuenca y Caudal del Río minero y sus afluentes.
- Identificación y Distribución de los usuarios de acuerdo a la búsqueda de expedientes de los diferentes procesos misionales.
- Índice de Calidad del Agua.
- Descripción de los usos del agua según decreto 1076 de 2015 ARTÍCULO 2.2.3.3.2.1.
- Socialización del Proceso llevado a cabo para la definición de los usos del agua en la cuenca del Río Minero.
- Taller cartográfico (Cartografía Social)

Por medio de la plataforma “Google Meet” se dio inicio a los diferentes talleres de Socialización, El primer taller inicia a las 8:00 a.m. con la participación 24 usuarios del tramo 1, entre empresas mineras usuarios con procesos misionales ante la Corporación líderes de Juntas de Acción Comunal y diferentes actividades económicas de los municipios de Coper, Maripí, Muzo, La Victoria, Quípama. El segundo taller da inicio a las 10:30 a.m. el taller del tramo 2 contó con la participación de 12 usuarios de: empresas mineras, actividades económicas como lavado de autos y actividades turísticas y hoteleras. Y Finalmente el tercer taller da inicio a las 2:00 p.m. participaron 16 usuarios de: Alcaldías, Secretarías de Planeación y Empresas/Unidades de Servicios Públicos de los municipios de San Pablo de Borbur, Maripí, Quípama, Pauna, Briceño, Tununguá, Otanche, Coper, La Victoria.

**Tabla 93.** Participantes que asistieron a los talleres

TALLER	TRAMO	FECHA	HORA	MEDIO DE PARTICIPACIÓN	No. DE PARTICIPANTES
1	1	21/09/2021	8:00 am	Plataforma virtual: GOOGLE MEET	24
2	2		10:30 am		12
3	3		2:00 pm		16

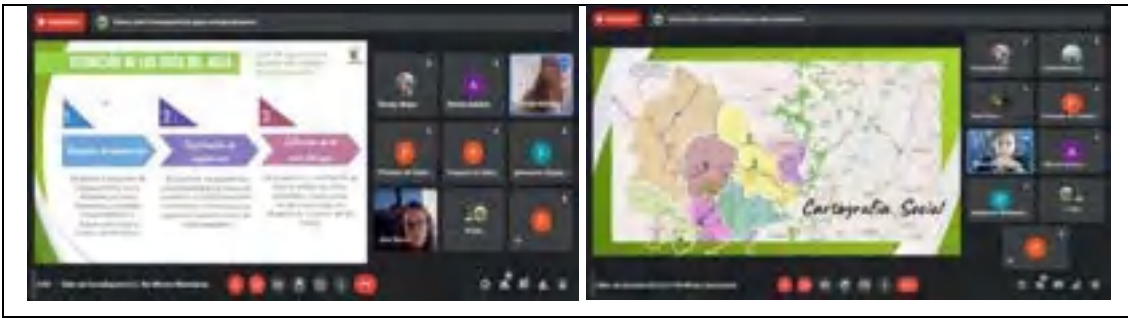
**Fuente:** Corpoboyacá.

Para verificar la asistencia de los participantes se realizó un formulario de asistencia a través de Google Forms, en la cual los participantes agregaron sus datos personales, Nombre, Organización que representa y cargo, correo electrónico, teléfono y comentarios.



**Figura 65. Evidencias del taller por tramos del Río Minero 21 de septiembre de 2021**





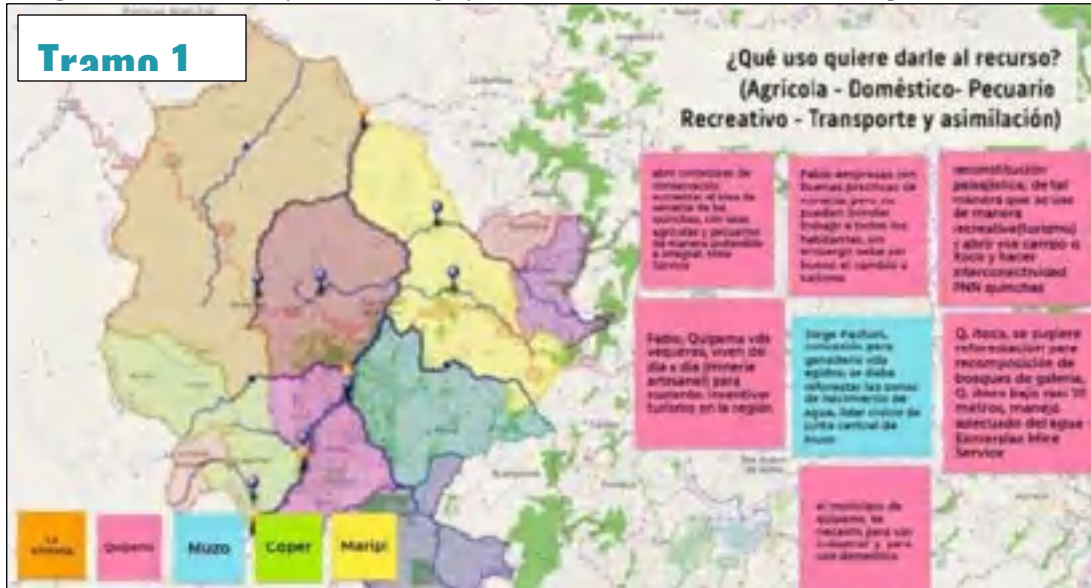
Fuente: Corpoboyacá.

#### 8.4.1.3. Cartografía social y definición de usos por parte de la comunidad

Con el interés de comprender la dinámica del territorio desde la perspectiva de sus habitantes, se consideró pertinente realizar un ejercicio cartográfico, puesto que la cartografía social según (Habegger y Mancila, 2006) es *“una construcción simbólica del territorio (entendido éste tanto por el espacio como por las relaciones que interactúan en y sobre él) se abren perspectivas para una mejor comprensión de la realidad territorial, de cómo vivimos el territorio que habitamos, y como construimos el futuro territorio que deseamos”*. Para con ello poder definir posibles rutas de acción para transformar problemáticas en este caso relacionadas a la calidad del recurso hídrico de la Provincia de Occidente, dado que proyectar acciones en pro de este recurso requiere la participación de los usuarios y actores vinculados al uso y manejo de este bien común.

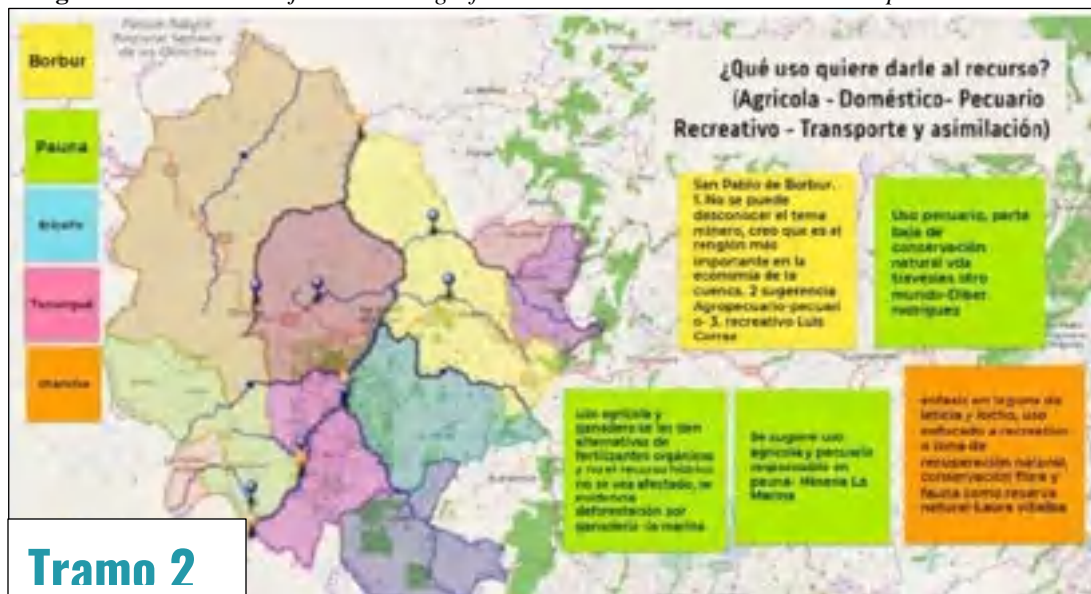
Los temas de dialogo fueron orientados a identificar lugares representativos de la cuenca según cada municipio, como espacios que requieren mayor acompañamiento y cuidado, problemáticas identificadas en el cauce del río y sus afluentes, actividades económicas y/o productivas desarrolladas en cercanías a los cuerpos de agua y su posible contaminación, zonas de riesgo, y finalmente, conocer el uso que sus habitantes proyectan sobre el recurso hídrico, entendiendo que el establecimiento de los objetivos de calidad compromete a los diferentes actores a realizar acciones a corto, mediano y largo plazo, con el propósito de lograr condiciones aptas para los usos definidos colectivamente, tanto de sus pobladores como de la autoridad ambiental competente.

Figura 66. Evidencias ejercicio cartográfico tramo uno del Río Minero 21 de septiembre de 2021



Fuente: Corpoboyacá.

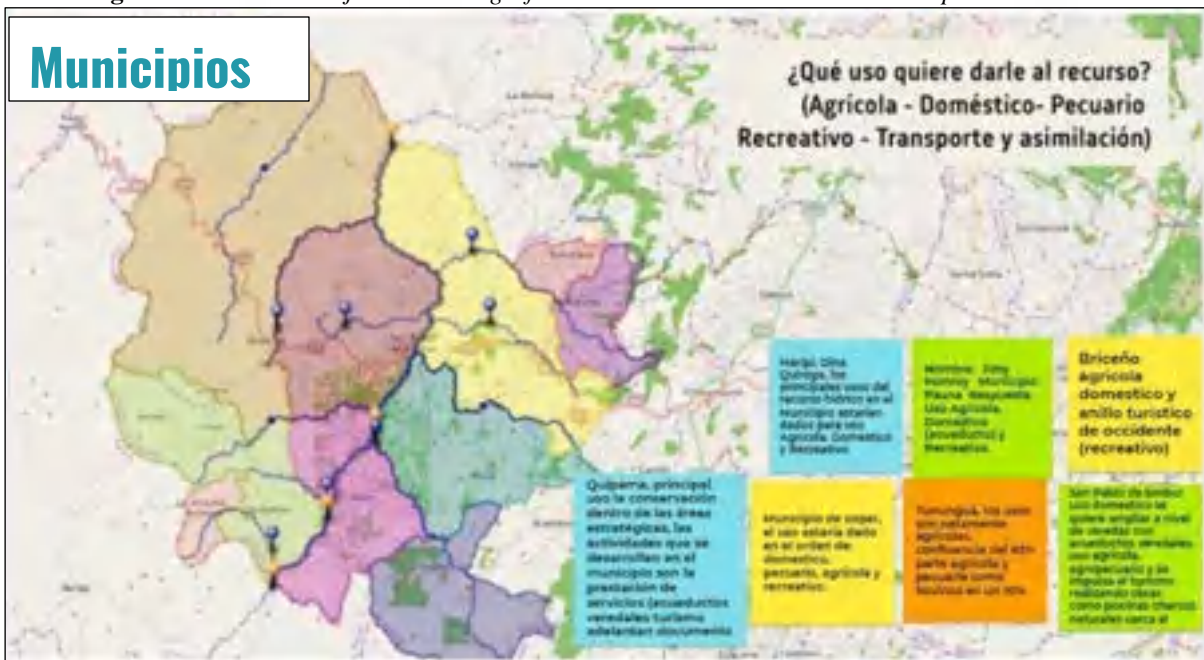
Figura 67. Evidencias ejercicio cartográfico tramo dos del Río Minero 21 de septiembre de 2021



Fuente: Corpoboyacá.



**Figura 68. Evidencias ejercicio cartográfico tramo dos del Río Minero 21 de septiembre de 2021**



Fuente: Corpoboyacá

De acuerdo con los diferentes aportes de los usuarios de la zona de estudio, en el tramo 1 y 2 proponen implementar el uso recreativo y de conservación de flora y fauna a largo plazo, ya que, se encuentra cerca del corredor el PNN Serranía de las Quinchas y quieren promover el turismo sostenible en la zona. Por otra parte, a corto plazo se seguirá implementando el uso industrial debido a la extracción de esmeraldas y carbón, sin embargo, el uso agrícola y Pecuario tiene una gran connotación; Respecto a los aportes de los Gerentes de unidades y empresas de servicios públicos comentan que el uso Doméstico es primordial para abastecer a las comunidades y realizar proyectos de tratamiento de agua para agua potable y residual

### 8.4.2. Usos Que Se Definieron En La Cartografía Social

Los usos propuestos a través de la cartografía social se definieron así:

**Tabla 94. Usos del Agua propuestos por los Usuarios en la Cartografía Social**

TRAMO	USO DEL AGUA TENIENDO EN CUENTA LA CARTOGRAFÍA SOCIAL
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Conservación de flora y fauna</li> <li>• Agrícola</li> <li>• Pecuario</li> <li>• Recreativo</li> <li>• Industrial</li> </ul>

TRAMO	USO DEL AGUA TENIENDO EN CUENTA LA CARTOGRAFÍA SOCIAL
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Conservación de flora y fauna</li> <li>• Agrícola</li> <li>• Pecuario</li> <li>• Recreativo</li> <li>• Industrial</li> </ul>

Fuente: Corpoboyacá.

## 8.5. USOS ACTUALES PREDOMINANTES EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO

A partir del análisis realizado de acuerdo con:

- Usos otorgados en las concesiones y vertimientos de agua por tramo.
- Los usos recomendados por la literatura y normatividad nacional (Decreto 1076 de 2015)
- Los propuestos teniendo en cuenta el resultado del índice de calidad del agua en estaciones y puntos de monitoreo.

Se consideran los siguientes usos predominantes en la cuenca del Río Minero:

- Consumo Humano y Doméstico
- Agrícola restringido y no restringido.
- Pecuario.
- Recreativo con contacto primario y secundario.
- Industrial.
- Estético.
- Preservación de Flora y Fauna.
- Transporte y asimilación de aguas residuales.

En la tabla 104 se encuentra el consolidado de los resultados obtenidos del análisis para cada uno de los tramos de la cuenca del Río Minero de acuerdo a cada uno de los pasos anteriormente descritos.



**Tabla 95.** Resultados obtenidos para el uso del agua en cada uno de los tramos de la cuenca del Río Minero.

Tramo	Uso del agua teniendo en cuenta los valores de referencia	Uso del agua teniendo en cuenta el ICA	Uso del agua teniendo en cuenta los expedientes	Uso actual del recurso según la cartografía social
1	Consumo humano con Tto Conv. Agrícola sin restricción Pecuario Estético	Pecuario restringido Industrial restringido Estético Transporte y asimilación	Agrícola Doméstico Pecuario Recreativo Transporte y asimilación	Doméstico Industrial Agrícola Pecuario Recreativo Conservación de fauna y flora
2	Consumo humano con Tto Conv. Agrícola sin restricción Estético	Agrícola restringido Pecuario restringido Industrial con tratamiento Recreativo C.S Estético Transporte y asimilación	Agrícola Doméstico Industrial Pecuario Recreativo Transporte y asimilación	Doméstico Industrial Agrícola Pecuario Recreativo Conservación de fauna y flora

Fuente: Corpoboyacá.

Después de obtener los resultados de los 4 pasos anteriormente relacionados en la tabla 96 sobre los usos del agua en el Río Minero, se realizó el análisis de los usos del agua de la cuenca comparando paso por paso los usos que predominan en los tramos establecidos y así definir qué usos le da al recurso la población actualmente y que van a ser usados para el establecimiento de los Objetivos de calidad. A continuación, se presenta dicho análisis para la cuenca del Río Minero:

**Tabla 96.** Análisis de los Usos Finales.

Tramo	USOS DE LA CUENCA DEL RÍO MINERO
1	Doméstico Agrícola Pecuario industrial Estético
2	Doméstico Conservación de fauna y flora Agrícola Pecuario Recreativo Industrial Estético

Fuente: Corpoboyacá.

## 9. ESTADO DE LEGALIDAD DE LOS USUARIOS. USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MINERO

A continuación, se presenta el plan de acción de los PSMVs ajustados o actualizados de los usuarios presentes en la cuenca del Río Minero.

**Tabla 97. Plan de acción de los PSMVS ajustados o actualizados del río Minero.**

CUENCA RÍO MINERO									
EXPEDIENTE	MUNICIPIO	USUARIO	PSMV	Estado actual	Número de acto administrativo	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Fuente Receptora	Observaciones
<b>TRAMO 1</b>									
OOPV-0005/06	COPER	MUNICIPIO DE COPER	PSMV	Vencido (trámite de actualización desistido)	497	2/23/2010	2/23/2020	Quebrada Cangrejera o las Mercedes	En trámite actualización desistido
OOPV-0002/07	LA VICTORIA	MUNICIPIO DE LA VICTORIA	PSMV	Vencido	1237	5/13/2010	5/13/2010	Quebrada La Cascarilla y Quebrada la calichona	Sin trámite de actualización
OOPV-0009/06	MARIPÍ	MUNICIPIO DE MARIPÍ	PSMV	Vencido (trámite de actualización negado)	3614	01/13/2011	01/12/2021	Quebrada Yanaca – Quebrada La Locha	N.A
OOPV-0006/06	MUZO	MUNICIPIO DE MUZO	PSMV	Vencido (Desistido)	136	2/27/2009	2/25/2019	Quebrada La Chama y otro sobre la Quebrada Matadero	En trámite actualización desistido
OOPV-0015/06	QUÍPAMA	MUNICIPIO DE QUÍPAMA	PSMV	Vencido (en proceso actualización)	585	7/1/2008	8/24/2018	Quebrada la cubana y quebrada granillal	En trámite actualización pendiente liquidación de pago
<b>TRAMO 2</b>									
OOPV-0007/06	BRICEÑO	MUNICIPIO DE BRICEÑO	PSMV	Vencido	139	2/19/2009 27/02/2009	2/26/2019	Quebrada Zapote	En trámite actualización
OOPV-0016/06	OTANCHE	MUNICIPIO DE OTANCHE	PSMV	Vencido	580	7/1/2008 16/07/2008	7/15/2018	Quebrada la Apacible	En trámite actualización
OOPV-0013/06	PAUNA	MUNICIPIO DE PAUNA	PSMV	Vencido	582	7/1/2008 17/07/2008	7/17/2018	Quebrada La Manotera y Germania	Sin trámite de actualización
PSMV- 00017-21	SAN PABLO DE BORBUR	MUNICIPIO DE SAN	PSMV	Vigente	1073	5/18/2012	5/18/2022	Quebrada Chorrerón	PSMV Pendiente por aprobación

CUENCA RÍO MINERO									
EXPEDIENTE	MUNICIPIO	USUARIO	PSMV	Estado actual	Número de acto administrativo	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Fuente Receptora	Observaciones
OOPV-0013/13	C.P SAN MARTÍN	PABLO DE BORBUR		Vigente	0482	16/08/2018	16/08/2028	Quebrada Buri Buri	
OOPV-0014/13	C.P SANTA BÁRBARA			Vigente	4614	30/12/2019	30/12/2029	Fuente subterránea	
OOPV-0008/06	TUNUNGUÁ	MUNICIPIO DE TUNUNGUÁ	PSMV	Vigente	3570	23/12/2014 30/12/2014	23/12/2024 29/12/2024	Caño Galván	Sin proceso de Actualización

**Fuente:** Corpoboyacá.

## 10. LINEA BASE DE CARGA CONTAMINANTE (SST Y DBO5) DURANTE EL AÑO 2020

A continuación, se encuentra el cálculo de la proyección de la línea base de la carga contaminante para los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) vertida durante el año 2020. Dicha información fue con la que se proyectó el cobro de la tasa retributiva para los usuarios de la cuenca del Río Minero en el año 2021.

**Tabla 98. Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2020 para el tramo 1.**

TRAMO	MUNICIPIO/USUARIO	CARGA LINEA BASE 2020	
		DBO5 (Kg/año)	SST (Kg/año)
1	<b>MUNICIPIOS</b>		
	Municipio de La Victoria	7.488,00	7.488,00
	Municipio de Maripí	17.532,00	17.532,00
	Municipio de Muzo	96.786,00	96.786,00
	Municipio de Quípama	28.494,00	28.494,00
	Municipio de Coper	16.164,00	16.164,00
	<b>ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>		
	Municipio de Coper – Planta de beneficio animal (Vierte al alcantarillado)	2.623,68	449,28
	Puerto Arturo S.A.S	1.303,20	5.475,60
		349,20	651,60
		784,80	1.634,40
		331,20	1.670,40
		1.792,80	3.880,80
		6.818,40	6.048,00
		1.292,40	1.389,60
	Mina Real LTDA	975,60	518,40
		939,60	4.770,00
14,40		10,80	
	7,20	10,80	
<b>TOTAL TRAMO 1</b>		<b>34.758,06</b>	<b>36.134,02</b>

Fuente: Corpoboyacá.

**Tabla 99. Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2020 para el tramo 2.**

TRAMO	MUNICIPIO/USUARIO	CARGA LINEA BASE 2020	
		DBO5 (Kg/año)	SST (Kg/año)
2	<b>MUNICIPIOS</b>		
	Municipio de Pauna	15.890,40	21.772,80
	Municipio de San Pablo de Borbur – Casco urbano	23.328,00	23.328,00
	Municipio de san pablo de Borbur - Centro Poblado San Martín	3.873,60	2.865,60

Municipio de San Pablo de Borbur - Centro Poblado Santa Bárbara	16.534,80	7.974,00
Empresa de acueducto alcantarillado aseo y servicios complementarios de Otanche S.A.S - Aguas de Otanche S.A.S E.S.P	20.995,20	20.527,20
Municipio de Tununguá	10.900,80	1.504,80
Municipio de Briceño	10.548,00	10.548,00
<b>ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>		
Municipio de Otanche – Planta de beneficio animal	2.160,00	1.476,00
Coscuez S.A	1.800,00	1.800,00
<b>TOTAL CUENCA MINERO</b>	<b>342.250,69</b>	<b>253.903,72</b>

Fuente: Corpoboyacá.



## 11. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN DE CALIDAD

### 11.1. MODELO QUAL2K

El modelo Qual2K fue desarrollado por la EPA Agencia Protección Ambiental, creado en el año 2001 por Steve Chapra. Este modelo considera los procesos de oxigenación presentes en el río además de los ciclos del nitrógeno y fósforo y como estos a su vez afectan el crecimiento de las algas.

Esta es una aplicación de Visual Basic que trabaja en Microsoft Excel y la integración numérica es realizada mediante un compilador Fortran 95. Este modelo es de tipo unidimensional e incorpora parámetros de calidad de agua, parámetros hidráulicos, datos de elevación, ubicación geográfica, meteorología y procesos de reaeración, permitiendo la simulación de flujo y la calidad de agua de cuerpos de agua loticos, incluyendo factores como zonas anóxicas, tributarios, tramos y vertimientos de fuentes puntuales y difusas.

Sus características principales son: El modelo opera en Excel, lo cual facilita la captura de datos, así como la generación y presentación de resultados y, además, no hay limitaciones en la especificación del número de tramos que se pueden modelar.

- El modelo realiza un análisis unidimensional, lo que indica que considera que se realiza una buena mezcla tanto lateral como verticalmente. La problemática que representa tener un modelo unidimensional se compensa con el hecho de que se le pueden incorporar los aportes laterales que ingresan al río producto de los efluentes o de ríos tributarios.
- Para cada elemento de cálculo se describe un equilibrio hidrológico en términos del flujo, un equilibrio de calor en términos de la temperatura, y un balance material en términos de la concentración.
- Permite calcular en forma explícita las interacciones entre el agua y los sedimentos que determinan la calidad de agua.
- Entre los procesos que considera el modelo se pueden citar: interacciones entre el sedimento y el agua, algas inferiores, extinción de luz, pH y patógenos.
- Entre las características hidráulicas necesarias se encuentran profundidad y velocidad.

- El tiempo del recorrido es calculado en función del volumen y del flujo de este tramo.
- Utiliza reacciones bioquímicas como fotosíntesis o respiración, generación y consumo de oxígeno.
- Calcula las interacciones principales entre aproximadamente 15 variables de estado.

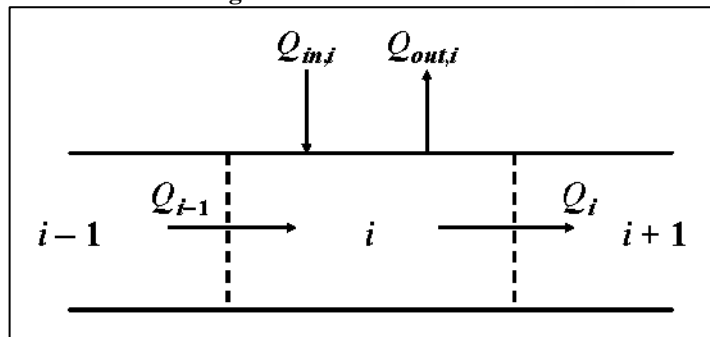
## 11.2. MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS

El modelo simula las siguientes variables: conductividad, sólidos suspendidos inorgánicos, oxígeno disuelto, DBO rápida, DBO lenta, nitrógeno orgánico disuelto, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo orgánico disuelto, fósforo inorgánico, fitoplancton (algas en la columna de agua), detritus, patógenos, alcalinidad, carbono orgánico total, algas de fondo, temperatura y caudal (Holguín, 2014).

- Temperatura: Todas las reacciones entre todas las variables del estado son dependientes de la temperatura y usando una formulación del tipo de Streeter-Phelps. El modelo calcula un factor de la corrección para todos los coeficientes. La temperatura del agua es calculada automáticamente por el modelo. En cada tramo se realiza un equilibrio de calor completo entre la radiación entrante total de onda corta, la radiación atmosférica entrante total, la radiación de la superficie del agua, la pérdida de calor por la evaporación y la pérdida de calor por la conducción a la atmósfera.
- Ciclo del nitrógeno: se encuentran presentes el nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito, y nitrato. La fijación y la mineralización del nitrógeno orgánico, la nitrificación que se divide en la oxidación del amoníaco en nitrito y la oxidación del nitrito en el nitrato, la regeneración del sedimento y de la respiración algal, son algunos de los factores que considera el equilibrio del nitrógeno. Además, se pueden corregir las tasas de reacción de nitrificación.

El programa Qual2k trabaja con un balance de masas, el cual es el siguiente:

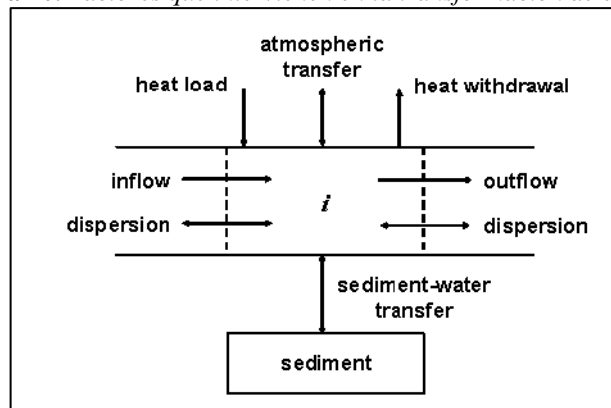
**Figura 69. Balance de masas.**



Fuente: Chapra, 2008

En el cual se integran los siguientes factores:

**Figura 70. Factores que intervienen en la transformación de energía.**



Fuente: Chapra, 2008

El balance de masas contiene un Caudal de entrada, dispersión y un caudal de salida y su respectiva dispersión, los factores alternos son: la entrada de masa, la transferencia atmosférica, la salida de masa y la entrada y salida de algas y sedimentos.

### 11.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MONITOREO

Para conocer la calidad hídrica de la corriente principal del río Minero se recopiló información base de los datos registrados en la campaña de monitoreo realizada en presente año (2021) en el que se generó un levantamiento hidrométrico de 4 estaciones de monitoreo (puntos que se encuentran ubicados en la corriente principal) y 6 puntos de monitoreo (Afluentes y ríos tributarios). Los cuales se representan en la siguiente tabla:

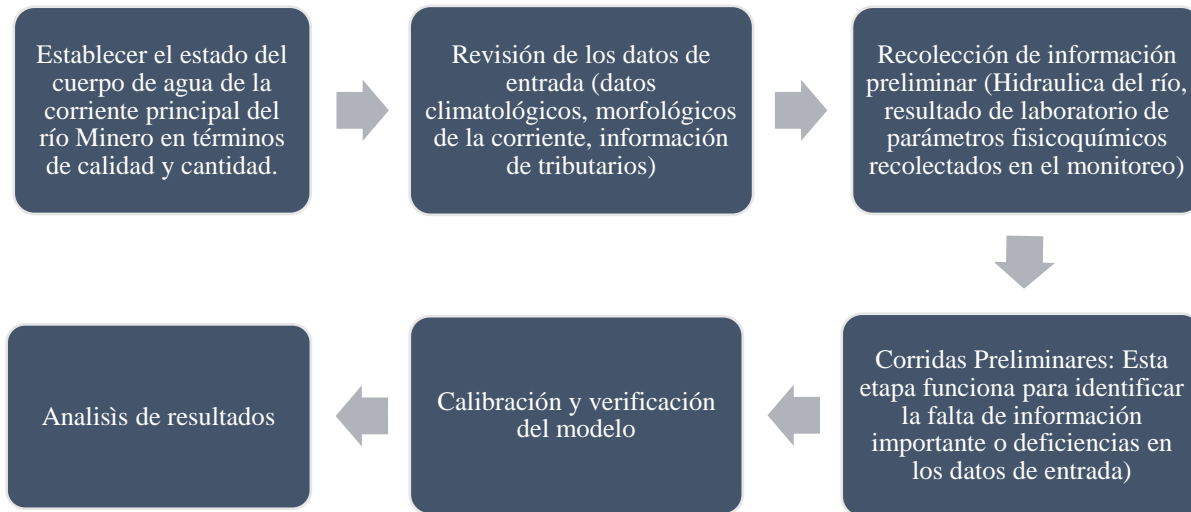
**Tabla 100. Estaciones y puntos de monitoreo de la corriente principal del Río Minero.**

TRAMO	TIPO	NOMBRE
1	Estación	Estación de Inicio, Puente Guaquimay
	Punto	Q. El Batán
	Punto	Q. Itoco
	Estación	Puente Vía Muzo
	Punto	Río Guazo
2	Estación	Río Minero – Mina Polveros
	Punto	Q. Paunera
	Punto	Q. Buri Buri
	Punto	Río Ibacapí
	Punto	Q. Tambrías
	Estación	Estación Final- Otro Mundo

Fuente: Corpoboyacá

## 11.4. METODOLOGÍA

**Figura 71. Proceso De Modelación De Calidad Del Agua De La Corriente Del Río Minero**



Fuente: Corpoboyacá

## 11.5. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada incluyen: localización , fecha , opciones de control para la integración numérica de las ecuaciones de balance de masa, caudal y concentraciones en la condición de frontera aguas arriba (cabecera), condiciones de frontera de caudal y concentración para las fuentes puntuales y difusas de contaminación, longitudes de los segmentos y tramos, elevaciones, geometría e hidráulica (curvas de calibración de profundidad y velocidad, o los parámetros para resolver la ecuación de Manning considerando flujo uniforme y sección

trapezoidal), temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, velocidad del viento, cobertura de nubes, sombra, parámetros para el modelo de atenuación de luz en la columna de agua, opciones para los modelos de radiación solar, evaporación y radiación de onda larga, valores de los parámetros (constantes y tasas de transformación) que gobiernan la calidad del agua, los parámetros de control del algoritmo genético para la calibración automática opcional de las constantes y tasas de transformación de la calidad del agua. (Chapra et.al., 2008).

La información de calidad y cantidad del agua para ingresar en el modelo fue recopilada en la campaña de monitoreo realizada por el laboratorio Anascol en el año 2018 en el cual se midieron los respectivos parámetros de calidad que requiere el programa tales como conductividad, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, DBO5, nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo orgánico, fósforo inorgánico, patógenos, alcalinidad, temperatura y caudal.

Para los efectos de modelación el programa ejecuta la producción de phytoplankton y crecimiento de plantas macrófitas, demanda bioquímica de oxígeno, producción de oxígeno por fotosíntesis y re-aireación atmosférica y demanda de oxígeno por la materia orgánica sedimentada en el lecho. Adicionalmente incluye un balance de masa para minerales conservativos, y componentes no conservativos tales como sustancias radioactivas. En QUAL2Kw, la Clorofila-a se modela como un indicador de la cantidad de biomasa de algas y phytoplankton. También calcula variables tales como el Nitrógeno Total, Fósforo Total, Nitrógeno Total Kjeldahl, Total de Sólidos Suspendidos, DBO última. El cálculo de la Demanda de Oxígeno en los sedimentos (SOD, por sus siglas en inglés) y el Flujo de Nutrientes de los mismos, se realiza con un modelo desarrollado por Di Toro (Di Toro et al. 1991, Di Toro and Fitzpatrick. 1993, Di Toro 2001), a grandes rasgos, este modelo toma el carbono orgánico, el nitrógeno y el fósforo en la zona anaerobia donde se encuentran los sedimentos y a través de reacciones de mineralización los transforma en metano disuelto, amonio y fósforo inorgánico, estos componentes son llevados a la zona aerobia donde parte del metano y el amonio se oxida, el flujo necesario de oxígeno para que este proceso de oxidación ocurra es la demanda de oxígeno disuelto (SOD).

## 11.6. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES PUNTUALES Y DIFUSAS

Las fuentes de contaminación del agua se dividen en fuentes puntuales y fuentes difusas, la primera consiste en fuentes que entran al medio ambiente por un solo punto de entrada que se



identifica fácilmente, mientras que las fuentes difusas son aquellas que se reparten en áreas más extensas. Las fuentes puntuales tienden a ser aquellas directamente identificadas por sus orígenes en actividades humanas y son descargadas por tuberías y alcantarillas a los cuerpos de agua (fábricas, plantas de tratamiento de aguas residuales, minas, pozos petroleros, etc). Las fuentes difusas por el contrario son relativamente más difíciles de identificar y controlar (Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos) (Manahan, 2006).

En el QUAL2K las fronteras internas del modelo corresponden a las fuentes puntuales (ríos, extracciones y vertimientos). La corriente principal del río Minero se ubica en el Departamento de Boyacá, en los municipios de Coper, Muzo, La Victoria, Quípama, Maripí, Pauna, Tununguá, Briceño, San pablo de Borbur, Otanche; según el IGAC, la zonificación hidrográfica de Colombia corresponde al Área Hidrográfica del Magdalena-Cauca, Zona Hidrográfica Medio Magdalena y Subzona Hidrográfica Río Carare Minero

La corriente principal recibe el mayor aporte de caudal de las siguientes quebradas: Río Guazo o Palenque, Río Ibacapí, Quebrada El Batán, Quebrada Itoco, Quebrada Paunera, Quebrada Piache, Quebrada Buri Buri y Quebrada Tambrías.

Para el modelo, las fronteras externas corresponden a las estaciones de monitoreo ubicadas aguas arriba y aguas abajo del tramo de estudio. El modelo permite ingresar los valores de calidad del agua medidos en la corriente de forma puntual, el valor medio de los datos medidos en un tiempo determinado y los valores mínimos y máximos observados para cada parámetro de calidad de agua en las estaciones monitoreadas.

## **11.7. ESCENARIO DE SIMULACIÓN**

### **11.7.1. Escenario base**

Como punto de partida se debe conocer el estado actual de la corriente principal del río Minero, para esto se realizó una simulación con los datos recolectados en la campaña de monitoreo del año 2021 del mes de Julio.

Con este escenario se va a establecer las condiciones actuales que presenta este cuerpo hídrico el cual va a ser calibrado con los datos medidos en campo (datos de calidad, hidrología e

hidráulica de la campaña de monitoreo), tomando estos datos como punto de partida. Al considerarse como línea base se ajustaron algunos de los parámetros del modelo (tasas de reacción, sedimentación, entre otros) para obtener una mejor representación de los datos reportados por el laboratorio.

**Tabla 101.** *Criterios a modelar en el Escenario base de la corriente principal.*

Parámetros	Cuerpo de agua receptor-Río Minero	Tributarios	Vertimientos
Caudal	Caudal medido en época de estiaje	Caudal medido en época de estiaje	Caudal monitoreado en campo
Calidad de agua	Concentraciones normales en época de estiaje	Concentraciones normales en época de estiaje	Concentraciones monitoreadas en campaña de monitoreo
Hidráulica del río	Datos de batimetría tomados en campo	Datos de batimetría tomados en campo	No aplica
Climatología	datos climatológicos de humedad relativa, velocidad del viento, temperatura ambiente, brillo solar y punto de rocío.	No aplica	No aplica

Fuente: Corpoboyacá

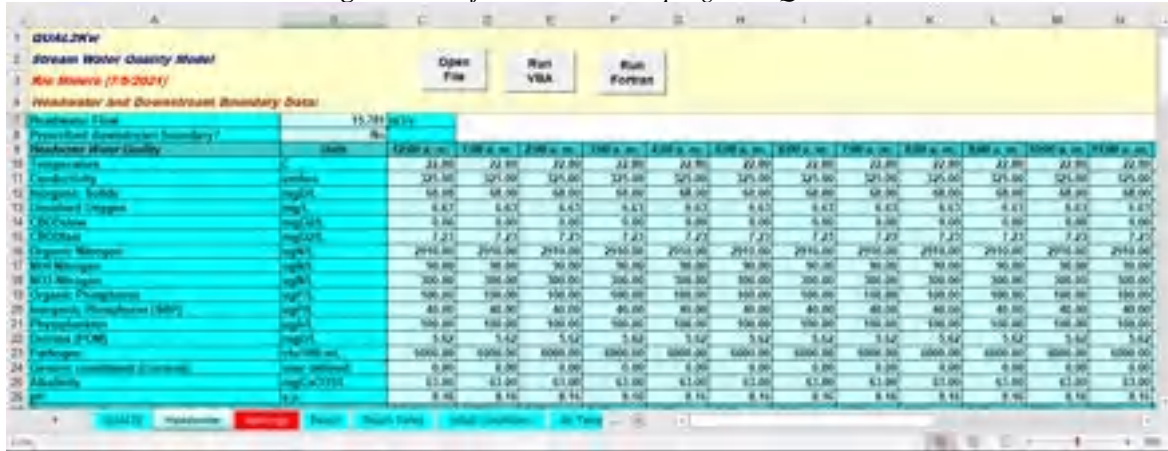
### 11.7.2. Resultados y análisis de resultados

Se realizó la alimentación del modelo de calidad de agua QUAL2Kw tal y como se describió en la metodología, la información general ingresada en cada hoja de trabajo del programa se puede resumir de la siguiente forma: parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tomados en campo en las campañas de monitoreo, descripción de los tramos del río, constantes hidráulicas, selección de las constantes cinéticas de calibración, condiciones meteorológicas (temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, velocidad del viento, nubosidad y sombra), y la información fisicoquímica correspondiente a fuentes puntuales.

### 11.7.3. Características de la cabecera de la corriente.

En la siguiente figura se presenta la hoja de trabajo Headwater, en la cual se ingresó el caudal y la información fisicoquímica de la cabecera de la corriente.

Figura 72. Hoja Headwater del programa Qual2k.



Fuente: Corpoboyacá

### 11.7.4. Hoja Reach o Tramos

En esta hoja se ingresaron las constantes hidráulicas de la corriente y la información de cada uno de los tramos en los que se segmentó el río.

Figura 73. Hoja Reach programa Qual2k.

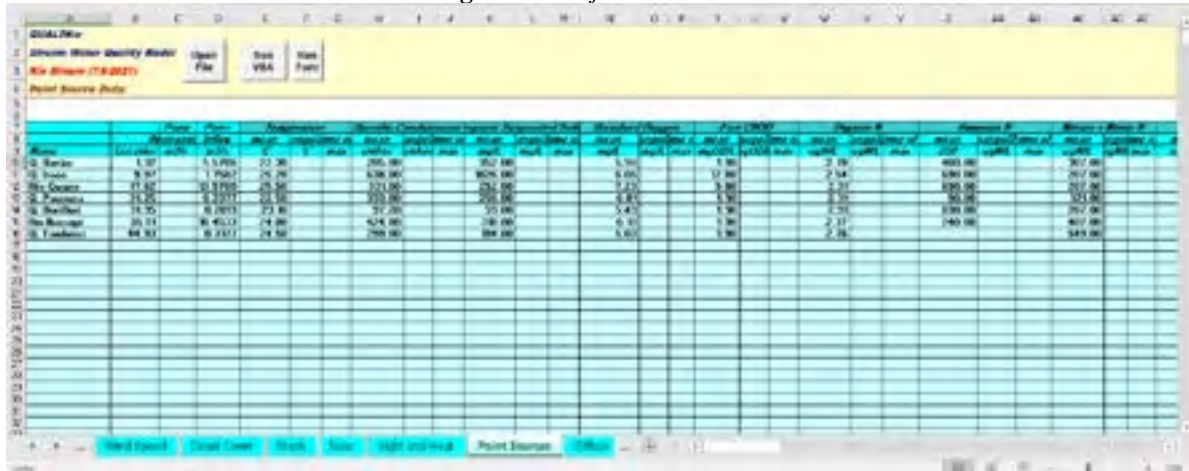


Fuente: Corpoboyacá

### 11.7.5. Hoja de cálculo para puntos fijos.

En la siguiente figura se presenta la hoja de trabajo “Point Sources”, en la cual se ingresó el caudal y la información fisicoquímica correspondiente a fuentes puntuales es decir a sus afluentes.

**Figura 74. Hoja Point Source.**



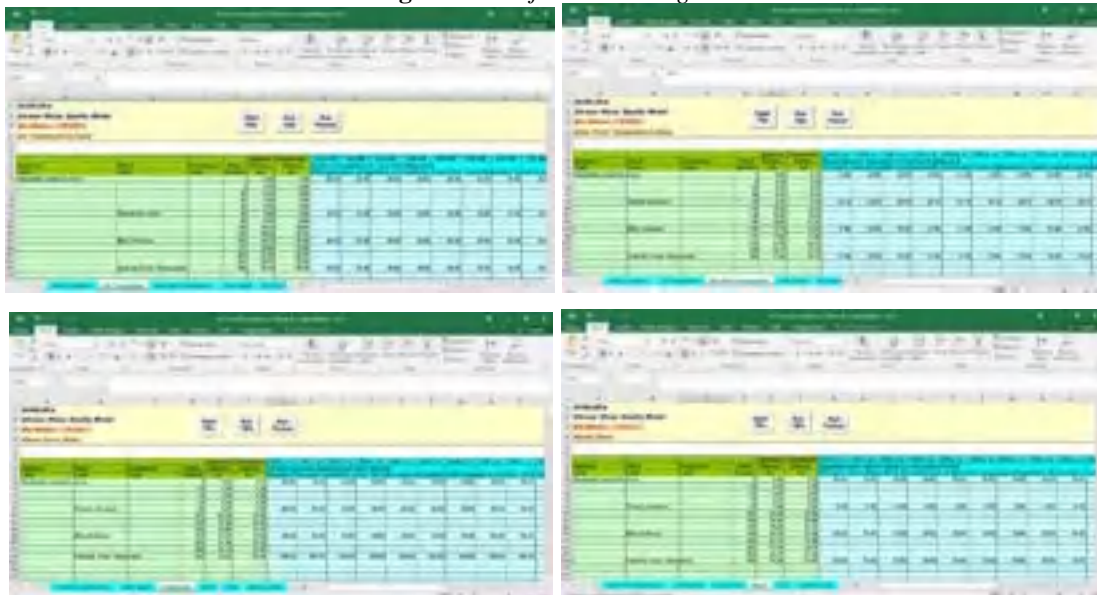
Parameter	Location	Flow (m³/s)	Concentration (mg/L)	Load (kg/d)	Concentration (mg/L)	Load (kg/d)	Concentration (mg/L)	Load (kg/d)	Concentration (mg/L)	Load (kg/d)	Concentration (mg/L)	Load (kg/d)	Concentration (mg/L)	Load (kg/d)
BOD5	1.50	1.1960	22.20	266.88	262.80	315.36	311.36	376.32	372.32	447.28	443.28	531.84	527.84	
SS	8.50	1.1960	25.20	216.84	212.84	259.28	255.28	311.72	307.72	374.16	370.16	446.60	442.60	
Ca	11.50	1.1960	25.20	295.20	291.20	352.64	348.64	420.08	416.08	501.52	497.52	598.96	594.96	
Mn	11.50	1.1960	25.20	295.20	291.20	352.64	348.64	420.08	416.08	501.52	497.52	598.96	594.96	
Fe	11.50	1.1960	25.20	295.20	291.20	352.64	348.64	420.08	416.08	501.52	497.52	598.96	594.96	
Nitrogeno	20.11	1.1960	14.80	174.80	170.80	208.16	204.16	246.52	242.52	291.84	287.84	347.20	343.20	
Fosforo	84.83	1.1960	24.50	295.20	291.20	352.64	348.64	420.08	416.08	501.52	497.52	598.96	594.96	

Fuente: Corpoboyacá.

### 11.7.6. Hojas de registro de datos meteorológicos

Se presentan las hojas de trabajo “Air temperature”, “Dew point temperature”, “Wind speed” y “Cloud cover”, en las cuales se ingresaron los datos meteorológicos.

**Figura 75. Hojas meteorológicas.**



Fuente: Corpoboyacá

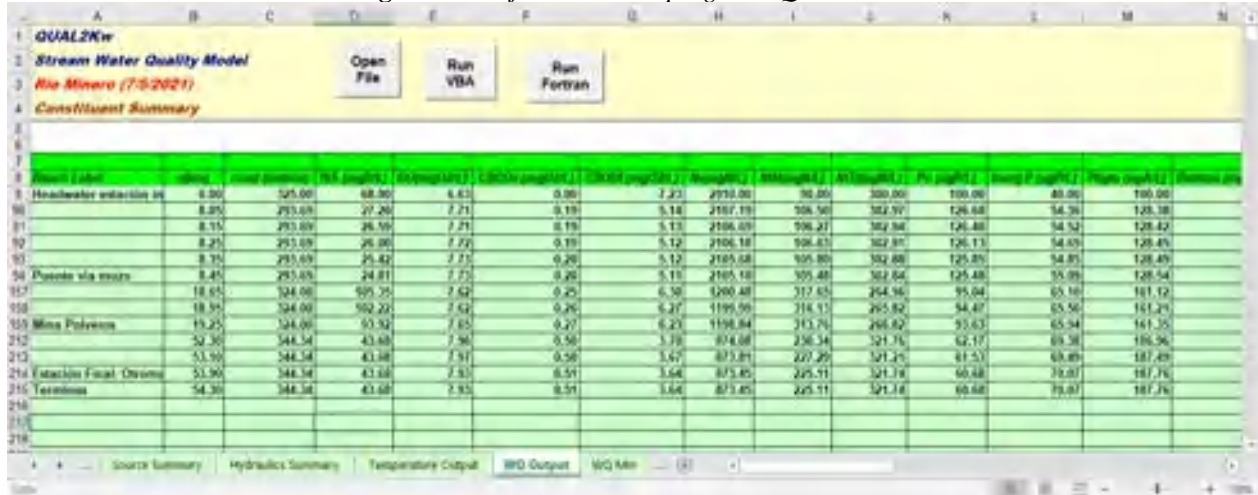
### 11.7.7. Hojas de salida del modelo

Después de que el modelo Qual2k ha efectuado los cálculos necesarios para poder realizar las corridas de simulación, se generan diferentes hojas electrónicas y gráficas con los resultados en



el mismo Excel. En las figuras resultantes se pueden comparar las curvas correspondientes al perfil de concentraciones de los diferentes parámetros estimados por el modelo a lo largo del río.

**Figura 76. Hoja de resumen programa Qual2K.**



Stream Label	Wtemp	Flow (cms)	TK (days)	TKp (days)	TK0 (days)	TK01 (days)	TK02 (days)	TK03 (days)	TK04 (days)	TK05 (days)	TK06 (days)	TK07 (days)	TK08 (days)	TK09 (days)	TK10 (days)	TK11 (days)	TK12 (days)	TK13 (days)	TK14 (days)	TK15 (days)	
Headwater entrance in	8.20	295.00	48.80	4.43	0.80	7.23	295.00	30.00	300.00	100.00	40.00	100.00									
81	8.25	293.89	27.20	7.21	0.19	5.14	2187.19	308.50	302.97	126.68	54.36	128.38									
82	8.25	293.89	26.59	7.21	0.19	5.13	2186.09	308.21	302.94	126.48	54.52	128.42									
83	8.25	293.89	25.42	7.23	0.20	5.12	2185.18	308.63	302.85	126.13	54.09	128.49									
84	8.25	293.89	24.81	7.23	0.20	5.12	2185.68	305.80	302.88	125.85	54.85	128.49									
85	8.45	293.89	24.81	7.23	0.20	5.12	2185.18	305.48	302.64	125.48	55.09	128.54									
86	18.65	324.00	595.25	7.62	0.25	6.30	1200.48	317.55	264.96	95.04	65.16	181.12									
87	18.59	324.00	592.20	7.62	0.25	6.27	1199.99	316.13	265.82	94.47	65.50	181.25									
88	19.25	324.00	61.52	7.65	0.27	6.23	1198.84	313.76	266.62	93.63	65.94	181.35									
89	20.30	344.34	43.68	7.90	0.30	5.70	874.68	256.34	321.75	62.17	69.38	186.96									
213	53.30	344.34	43.68	7.91	0.30	5.67	873.81	257.29	321.25	61.53	69.89	187.49									
214	53.30	344.34	43.68	7.93	0.31	5.64	873.45	255.11	321.14	60.68	70.01	187.76									
215	54.30	344.34	43.68	7.93	0.31	5.64	873.45	255.11	321.14	60.68	70.01	187.76									

Fuente: Corpoboyacá

## 11.8. CALIBRACIÓN.

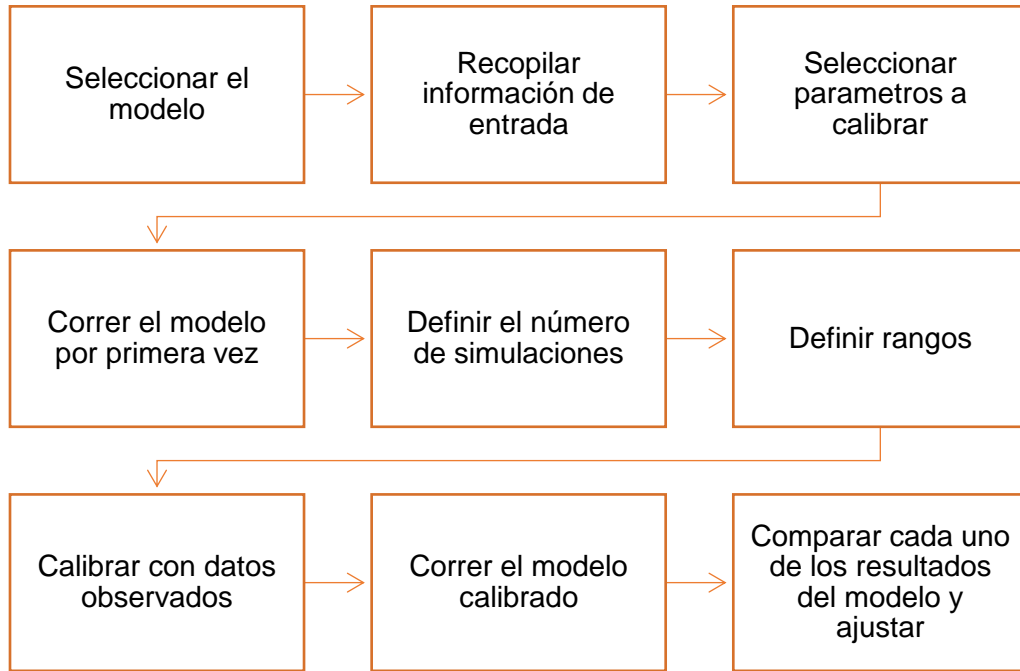
A continuación, se presentan los resultados de la calibración del modelo, teniendo en cuenta que la calibración se realizó a partir de la información de la campaña de monitoreo realizada en tiempo seco (julio),” para encontrar las constantes cinéticas de la corriente.

### 11.8.1. Metodología.

El primer paso es la selección del modelo es el paso inicial en la modelación y calibración, luego se deben ingresar los datos de entrada al modelo, es decir los datos obtenidos en las mediciones de campo y se deben definir las condiciones de frontera de este modelo. Seguidamente, se seleccionan los parámetros del modelo a calibrar, y con esto, se seleccionan los rangos aceptables de calibración de cada parámetro y el número de simulaciones óptimo para obtener los datos deseados. Después de esto, se generan los números aleatorios a partir de los rangos seleccionados de cada parámetro un número “n” grande de veces. A continuación, se expresa la metodología utilizada:



**Figura 77. Metodología de calibración del programa Qual2K.**



Fuente: Corpoboyacá

**Figura 78. Rangos de calibración para el modelo**

Fuente: Corpoboyacá

### 11.9. ANALISIS DE RESULTADOS DEL MODELO CALIBRADO

Una vez seleccionados, mediante el proceso de calibración, los parámetros óptimos del modelo, se corren nuevamente la campaña de medición, para obtener los resultados con el modelo calibrado. Los resultados calibrados para la campaña se utilizan para evaluar la calidad del agua

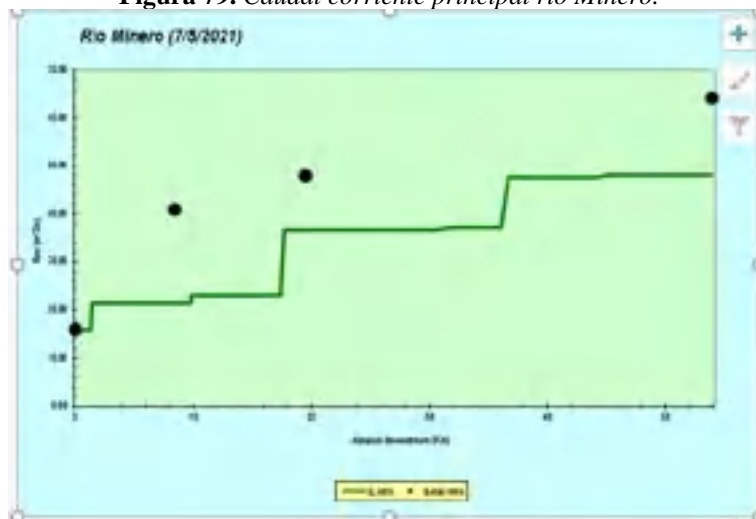
del río y por lo tanto los posibles conflictos uso-calidad que se puedan presentar. La evaluación se realiza por medio de la metodología expuesta en el decreto “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales”.

En forma general los resultados de la calibración del modelo de simulación muestran un ajuste moderado entre los valores calculados por el modelo y los valores medidos en campo de las diferentes variables, los resultados aquí encontrados establecen una línea base para futuras modelaciones que permitan ajustar las constantes calibradas. Los resultados se expresan a continuación:

### 11.9.1. Caudal

El caudal es determinado por el programa mediante los balances de flujo, partiendo del caudal de cabecera del río y los aportes por fuentes puntuales y ríos tributarios a lo largo de su recorrido. Es importante tener en cuenta que al modelo solo se ingresó la información de caudal para los tributarios y aportes de afluentes directos a la corriente principal del río Minero.

**Figura 79.** Caudal corriente principal río Minero.

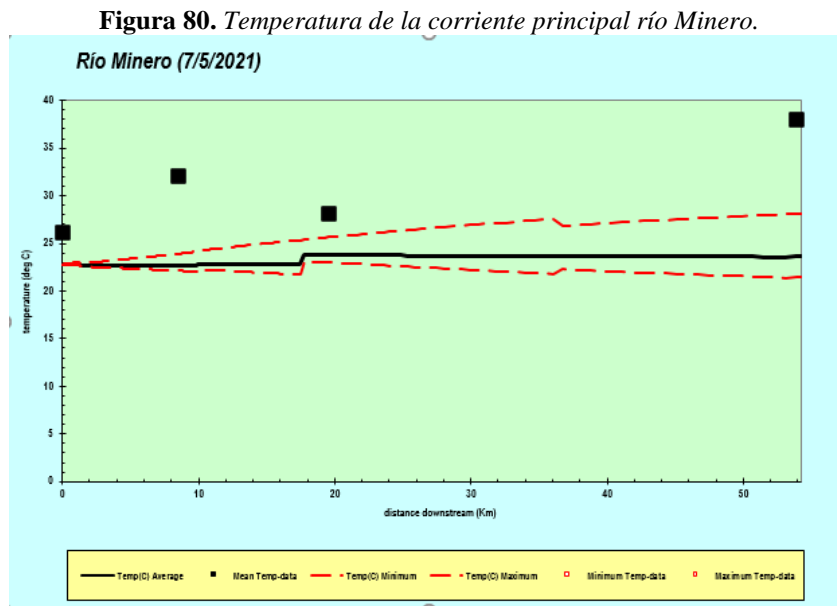


Fuente: Corpoboyacá.

Los resultados reflejan que el caudal aumenta progresivamente a lo largo del recorrido en la cabecera presenta un caudal de  $15,781 \text{ m}^3/\text{s}$  y termina en la estación final denominada Otro mundo en el tramo 2 con un caudal de  $64,050 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cabe aclarar que el caudal no es un parámetro que se pueda calibrar ya que no se tiene información de fuentes difusas

### 11.9.2. Temperatura.

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases (Jiménez, 2000). Los resultados para la calibración y la confirmación de la temperatura se presentan a continuación:



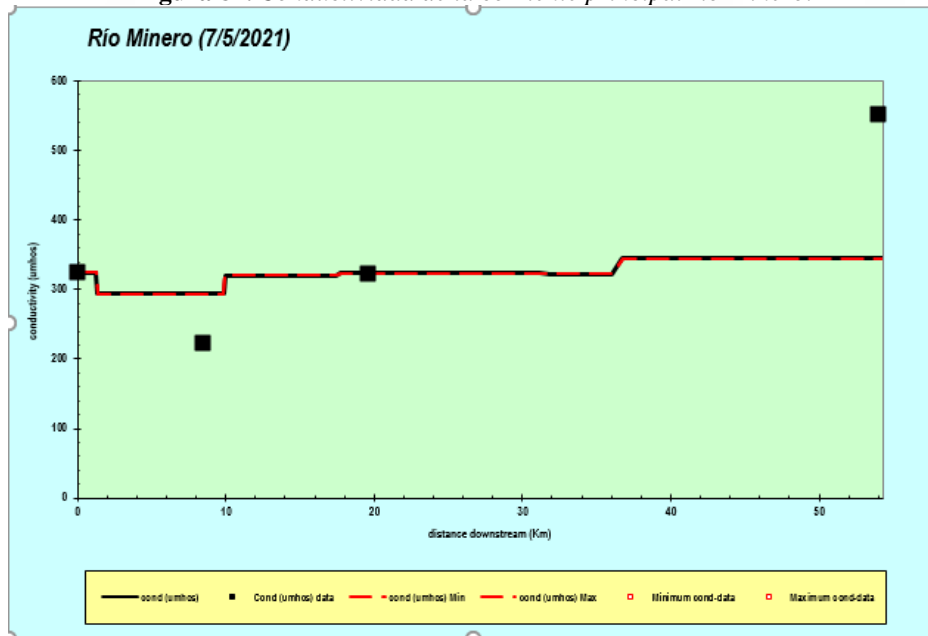
Fuente: Corpoboyacá.

La temperatura representada en la anterior grafica demuestra que el pico más alto se presenta en la estación final de monitoreo que se denomina Otro Mundo (Tramo 2) con un valor de 38°C después de recibir el aporte del afluente de la Quebrada Tambrías en la cual se obtuvo un valor de 24.50 °C. Posteriormente, a medida que el río avanza la temperatura va encontrando un punto de equilibrio presentando valores que oscilan entre los 26 y 28 °C valores normales para corrientes ubicadas en esta zona.

### 11.9.3. Conductividad

La conductividad del agua está compuesta por iones provenientes de sales disueltas y materia orgánica. Al determinar la concentración de iones disueltos en el agua se puede calcular la cantidad de solidos disueltos totales presentes en esta. Los resultados de conductividad se expresan a continuación:

**Figura 81.** Conductividad de la corriente principal río Minero.



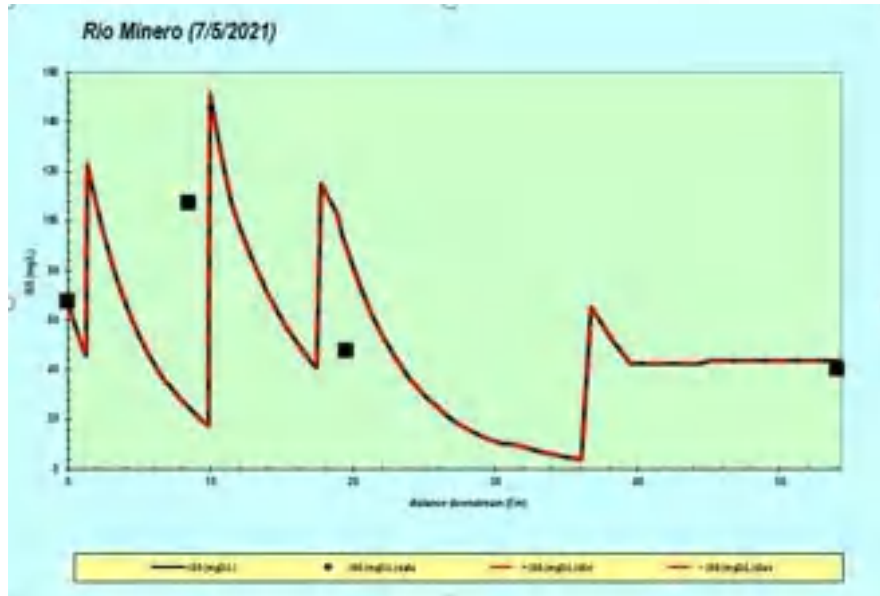
Fuente: Corpoboyacá.

Con respecto a la conductividad se puede observar como a medida que avanza la corriente en la distancia empieza a ascender los niveles de conductividad, registrando su valor más bajo en la estación Puente Vía Muzo con un valor de 222 umhos, se puede evidenciar que los sólidos se no tienen mayor disolución, sino que dichos sólidos se suspenden, debido a la actividad minera; la concentración más alta se presentó en la última estación de Otro mundo con un valor de 553 umhos, el comportamiento que se puede deber a la presencia de sólidos totales disueltos que se encuentran en este tramo del río ya que estos parámetros están altamente correlacionados. En este punto la corriente del río aumenta y se acerca a los límites del departamento de Santander

#### 11.9.4. Sólidos Suspendedos Inorgánicos.

En la siguiente grafica se expresan los resultados de los sólidos suspendidos inorgánicos como resultado de la confirmación desde su nacimiento hasta la desembocadura del río Minero.

**Figura 82.** *Sólidos Suspendedos Inorgánicos de la corriente principal río Minero.*



Fuente: Corpoboyacá.

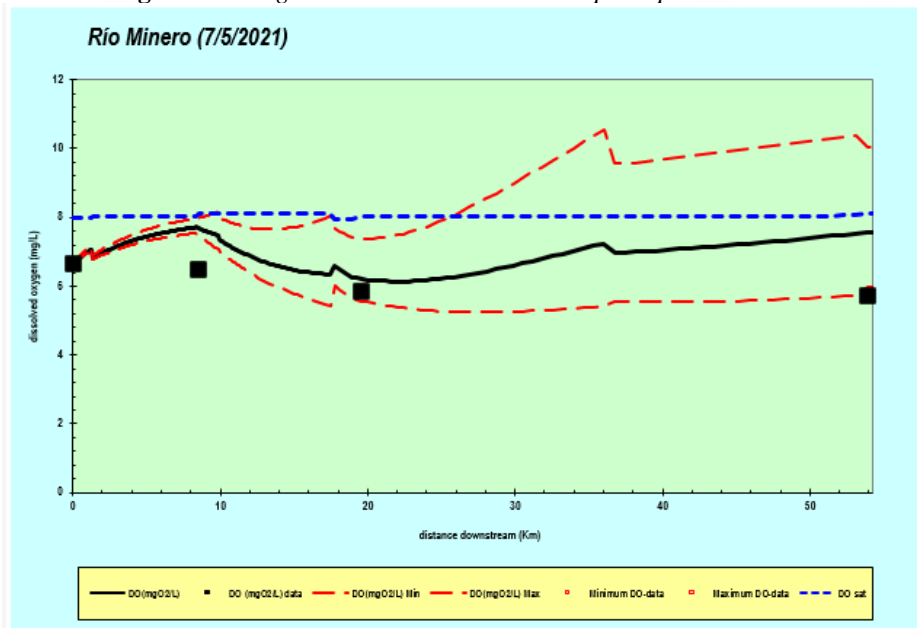
La concentración de Sólidos Suspendedos Inorgánicos al inicio del tramo de acuerdo a la campaña de monitoreo se encuentra en un rango de 40 a 68 (mg D/L), sin embargo se presenta su mayor pico en la estación de monitoreo Puente Vía Muzo (107.2mgD/l) esto puede ser causado al aporte de carga de sales e iones por el tipo de agua que se encuentra en este tramo, debido las actividades que se encuentran en dicha estación de monitoreo. Los sólidos inorgánicos a pesar de ser una fracción menor que los sólidos orgánicos son más complejos de degradar.

### 11.9.5. Oxígeno Disuelto

A continuación, se presentan los resultados de calibración en el parámetro de Oxígeno Disuelto en el río Minero en este caso la línea azul representa el Oxígeno disuelto máximo que se puede alcanzar a lo largo de la corriente (Oxígeno disuelto de saturación) la línea continua representa los resultados de simulación y los puntos los dados medidos en campo.



**Figura 83.** Oxígeno Disuelto de la corriente principal río Minero.



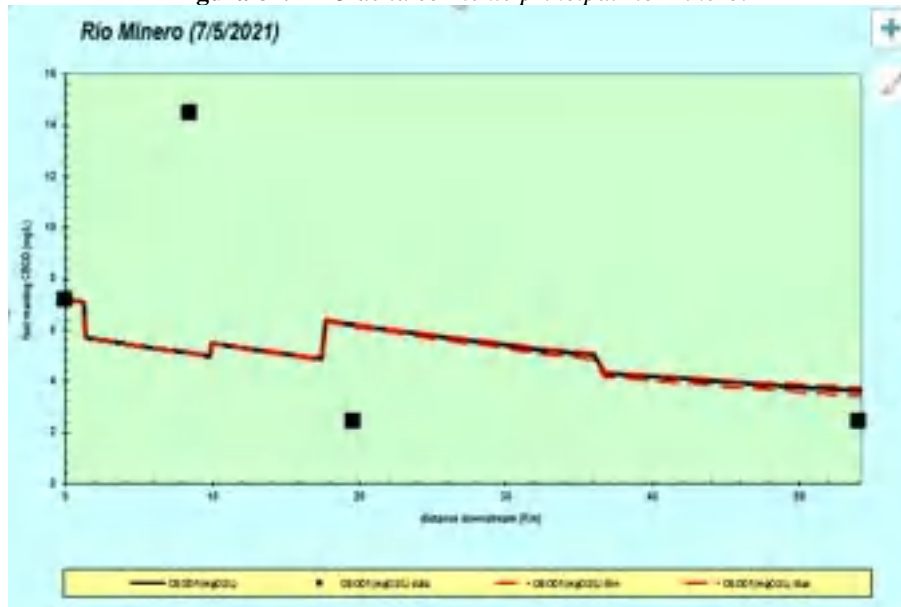
Fuente: Corpoboyacá.

En términos de Oxígeno disuelto los valores arrojados después de la calibración demuestran un buen nivel de oxígeno presente en el agua, debido a que una concentración de oxígeno disuelto menor a 3 mg/l afecta la diversidad biológica. El comportamiento presentado es muy común en los ríos de montaña que tienen una gran capacidad de autodepuración, debido a las altas tasas de reaireación ocasionadas por la gran turbulencia de flujo. Y no se evidencia saturación de oxígeno.

### 11.9.6. DBO rápida

Los resultados de Calibración de la DBO rápida (DBO<sub>5</sub>) en la corriente principal del río Minero se encuentran a continuación:

**Figura 84.** DBO de la corriente principal río Minero.



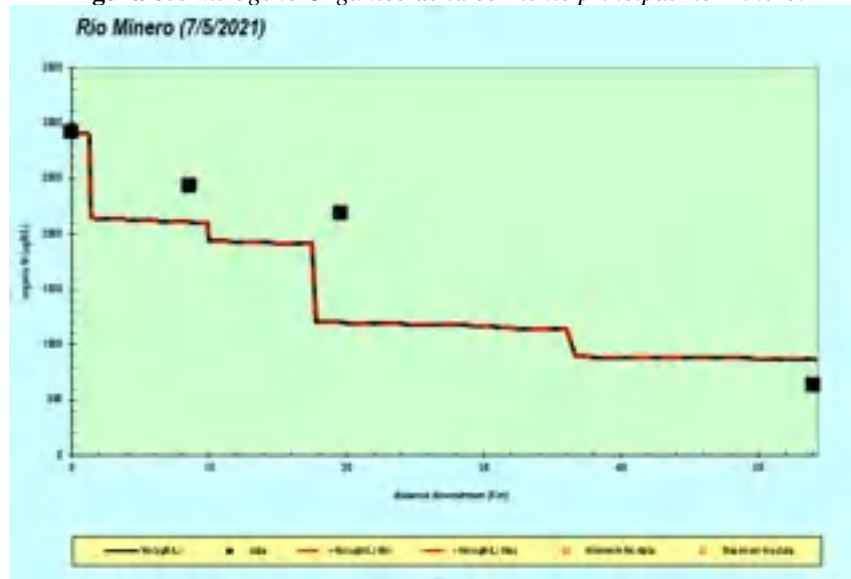
Fuente: Corpoboyacá.

En la mayoría de las estaciones de monitoreo se presentaron valores en un rango de 2 a 5 mg/l DBO lo cual refleja una buena calidad en la corriente principal, sin embargo, en la estación Puente Vía Muzo (ESTACIÓN 2) de evidencia que existe un incremento de 14.45 mg/L, esto se puede deber a que en la zona de dicha estación se encuentran actividades industriales de extracción de minerales de piedras preciosas, por tal motivo hay que realizar acciones de mejora que eviten el incremento de este parámetro, dado a que concentraciones superiores a los 5mg/l corresponden a corrientes contaminadas.

### 11.9.7. Nitrógeno Orgánico

El nitrógeno orgánico está sujeto al consumo de los microorganismos, los cuales eventualmente procesarán el nitrógeno orgánico en amoníaco a partir de hidrólisis. Posteriormente el amonio se oxida y se nitrifica, convirtiéndose en nitritos y finalmente el nitrito se convierte en nitrato a partir de la nitrobacterias. A continuación, se presentan los resultados después de la simulación.

**Figura 85.** Nitrógeno Orgánico de la corriente principal río Minero.



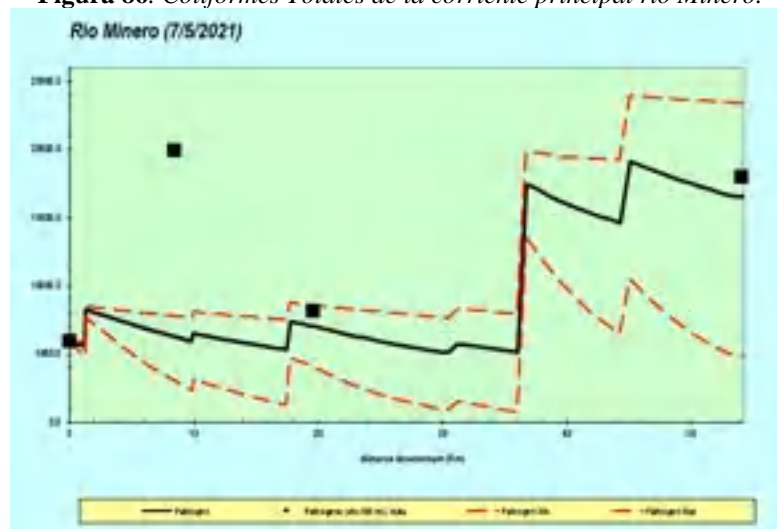
Fuente: Corpoboyacá.

El nitrógeno orgánico registrado en campo reporto un descenso en las concentraciones desde la estación de inicio hasta la estación final. El modelo de simulación genera el mismo comportamiento, este decaimiento de Norg es debido a la reacción de hidrólisis o amonificación en presencia de oxígeno disuelto.

### 11.9.8. Coliformes Totales

El modelo QUAL2KW calcula la tasa de mortalidad de los patógenos, La eliminación de patógenos se determina en función de la temperatura, salinidad, la luz y la sedimentación.

**Figura 86.** Coliformes Totales de la corriente principal río Minero.



Fuente: Corpoboyacá.



El modelo calibrado que desarrollo el programa Qual2k representa el comportamiento de la media de los datos, lo cual refleja el rango en el que se deben presentar los datos registrados en campo, la tasa de mortalidad asciende en la última estación de acuerdo a la tasa de radiación solar de 162 W/m<sup>2</sup> y temperatura de 38°C, la profundidad es baja provocando que los patógenos al morir se genere mayor sedimentación.



## 12. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal de Coper. (2020). Plan de Desarrollo Municipal Coper 2020-2023. Retrieved from [https://drive.google.com/file/d/1ZIW6F4S6uljF1hU0H6IIZ-tzQyLl\\_keb/view](https://drive.google.com/file/d/1ZIW6F4S6uljF1hU0H6IIZ-tzQyLl_keb/view)

Alcaldía Municipal de la Victoria. (2020). Plan de desarrollo Municipal de La Victoria. Gráfico website: Plan De Desarrollo “Por Una Victoria Próspera Y Solidaria 2020-2023” Retrieved from [https://lavictoriaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/lavictoriaboyaca/content/files/000204/10177\\_plan-de-desarrollo-20202023-la-victoria-boyaca.pdf](https://lavictoriaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/lavictoriaboyaca/content/files/000204/10177_plan-de-desarrollo-20202023-la-victoria-boyaca.pdf)

Alcaldía Municipal de Quípama. (2020). Plan de Desarrollo Municipal de Quípama In *Plan de Desarrollo Municipal “Por la unidad, el respeto y el desarrollo de Quípama 2020-2023.”* Retrieved from [https://quipamaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/quipamaboyaca/content/files/000124/6180\\_pdm-por-la-unidad-el-respeto-y-el-desarrollo-de-quipama-2020--2023.pdf](https://quipamaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/quipamaboyaca/content/files/000124/6180_pdm-por-la-unidad-el-respeto-y-el-desarrollo-de-quipama-2020--2023.pdf)

Alcaldía Municipal de Muzo. (2020). Proyecto de Acuerdo PDT Muzo. Retrieved from Plan de Desarrollo Territorial “MUZO, UN PUEBLO DE TODOS Y PARA TODOS” 2020-2023 website: [https://muzoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/muzoboyaca/content/files/000332/16598\\_mu\\_zopdm2020v1r01202004141.pdf](https://muzoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/muzoboyaca/content/files/000332/16598_mu_zopdm2020v1r01202004141.pdf)

Centro de Investigaciones en Hidroinformática. (2007). *Informe final Contrato 111/2007 IDEAM CIH UP.* 161. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020735/Informe%20Final/INFORME%20FINAL%20IDEAM.pdf>

Chapra, S. C. (1997). *Surface Water-Quality Modelling*, The McGraw-Hill Companies. Inc., New York.

Chapra Steve and Pelletier Greg. (2008). *QUAL2Kw theory and documentation (version 5.1). A modeling framework for simulating river and stream water quality*

CAR, Corpoboyacá, MinHacienda, MinAmbiente, Fondo de Adaptación, CAS, ENCO, L. (2016). *POMCA Río Carare minero, avance fase de aprestamiento.*

Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015

IDEAM, INVEMAR, & MINAMBIENTE. (2017). *Protocolo de Monitoreo del Agua - Colombia.* Ideam, 1–587. Retrieved from [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO\\_MONITOREO\\_AGUA\\_IDEAM.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf)

Flores Nieto, V. (2016). *Incertidumbres en Mediciones de Caudal con Perfiladores de Corriente Acústicos Doppler desde Plataformas Móviles* (UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA). Retrieved from [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4995/Practica\\_Supervisada\\_Flores\\_Nieto%2C\\_Victoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4995/Practica_Supervisada_Flores_Nieto%2C_Victoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guzman y Merino, 1992, Montoya et al, 1997, modificado por Gomez, et al, 2007 aplicado a la normatividad colombiana. Diagnóstico de la contaminación del agua en Jalisco. Guadalajara



Habegger, S., & Mancila, I. (2006). El poder de la Cartografía Social en las prácticas contrahegemónicas o La Cartografía Social como estrategia para diagnosticar nuestro territorio., 1–10. Retrieved from [http://citywiki.ugr.es/wiki/%0ACARTAC/Investigaciones\\_Cartac/cartografias\\_del\\_territorio\\_y\\_%0Ametodologias\\_de\\_investigacion/La\\_cartografia\\_social\\_%0Apara\\_diagnosticar\\_nuestro\\_territorio](http://citywiki.ugr.es/wiki/%0ACARTAC/Investigaciones_Cartac/cartografias_del_territorio_y_%0Ametodologias_de_investigacion/La_cartografia_social_%0Apara_diagnosticar_nuestro_territorio)

Holguin (2010). Parameter optimization of the QUAL2K model for a multiple-reach river using an influence coefficient algorithm. *Science of the Total Environment*, 408, 1985–1991. 2010

Jiménez, A. A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista interdisciplinaria de gestión ambiental*, 2(23), 12-19.

Lozano G., Zapata M.A. y Peña L.E. (2003). Selección del modelo de calidad del agua en el proyecto “Modelación de corrientes hídricas superficiales en el departamento del Quindío

Manahan (1998). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. McGraw Hill. 3ª Edición

Marbello Pérez, R. (n.d.). *Manual De Prácticas De Laboratorio De Hidráulica*. Medellín.

Muniz Gamaro, P. E. (2012). *Medição De Vazão Pelo Método Acústico Doppler (Adcp)-Avançado Operações Básicas Do Adcp Com Fundo Móvel*. Retrieved from <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/64/1/apostila.pdf>

Ramirez González, A., & Viña Vizcaíno, G. (1998). *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá D.C: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Ramírez, Restrepo, R, & Cardeñosa, M. (1999). Índices De Contaminación Para Caracterización De Aguas Continentales Y Vertimientos. Formulaciones. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(5), 89-99. Retrieved August 21, 2021, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53831999000100008&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831999000100008&lng=en&tlng=es).

Resolución 1315 de 2020 [Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACA]. Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución 3382 del 01 de octubre de 2015, y se dictan otras disposiciones”. 15 de agosto de 2020.

Torres Ramos Pamela Tania. (2018). Caudales, aforos y cálculos de las persistencias. 82. Retrieved from [http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/340/Torres\\_Ramos\\_Pamela\\_Tania\\_trabajo\\_de\\_suf.\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/340/Torres_Ramos_Pamela_Tania_trabajo_de_suf._2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)