



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

PROGRAMA DEL PLAN DE ACCIÓN: "Gestión Integral de Cuencas hidrográficas"

PROYECTO: "Calidad Hídrica"

**Informe Final
(mayo de 2022)**

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Flor Yazmín Fuentes Camila Naranjo Berdugo Nicolas Mojica Fonseca Sandra Milena Torres Edixon Jahir Combariza Paola Andrea Hernández	Carlos Alberto Alfonso Juliana Mireya Camargo	Amanda Medina Bermúdez

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. JUSTIFICACIÓN.....	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. MARCO REFERENCIAL.....	14
4.1. MARCO GEOGRÁFICO.....	14
4.2. MARCO LEGAL.....	15
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	18
4.3.1. Definición de tasa retributiva.....	18
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 del MADS.....	20
4.3.6. Aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Carare-Minero.....	21
5. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD EN LA CUENCA.....	24
5.1. CANTIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	27
5.1.1. Hidrología de la cuenca del río Carare-Minero.....	27
5.1.1.1. Perfil Longitudinal De La Corriente Principal Del Río Minero.....	27
5.1.1.2. Topología De La Corriente Del Río Minero.....	28
5.1.2. Climatología de la cuenca del río Carare-Minero.....	30
5.1.2.1. Precipitación.....	30
5.1.2.2. Temperatura.....	31
5.1.3. Caudal de la cuenca del río Carare-Minero.....	32
5.1.3.1. Determinación del caudal.....	32
5.1.3.2. Resultados de la medición de caudal.....	34
5.2. CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	35
5.2.1. Monitoreo de calidad.....	35
5.2.2. Resultados de calidad.....	40
5.2.2.1. Turbiedad.....	40
5.2.2.2. pH.....	42



Corpoboyacá

5.2.2.3.	Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica De Oxígeno y Oxígeno Disuelto.....	44
5.2.2.4.	Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos y Sólidos Sedimentables.....	49
5.2.2.5.	Acidez y Alcalinidad.....	55
5.2.2.6.	Análisis microbiológico.....	59
5.2.2.7.	Fósforos.....	64
5.2.2.8.	Especies nitrogenadas.....	69
5.2.2.9.	Cloruros.....	79
5.2.2.10.	Conductividad.....	81
5.2.2.11.	Sulfatos.....	83
5.2.2.12.	Sodio.....	85
5.2.2.13.	Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálctica.....	87
5.2.3.	Índices de calidad e índices de contaminación del agua.....	92
5.2.3.1.	Diseño De Los Índices.....	92
5.2.3.2.	Índice De Calidad De Agua (ICA).....	93
5.2.3.3.	Cálculo de valor del ICA para cada variable.....	94
5.2.3.4.	Resultados para el Índice de Calidad del Agua (ICA).....	96
5.2.3.5.	Índices De Contaminación (ICOS).....	99
5.2.3.6.	Cálculo de valor del ICO para cada variable.....	99
5.2.3.7.	Resultados para los índices de contaminación del agua.....	101
5.2.3.8.	Comparación ICOS.....	106
5.2.4.	Estado actual de las Plantas de Tratamiento de la cuenca.....	106
5.2.4.1.	Pauna.....	106
5.2.4.2.	Otanche.....	107
5.2.4.3.	Tununguá.....	107
5.2.5.	Diagnóstico de la situación de calidad.....	109
5.2.5.1.	Modelo QUAL2K.....	109
5.2.5.2.	Materiales Y Métodos Utilizados.....	110
5.2.5.3.	Ubicación Y Descripción Del Sitio De Monitoreo.....	111
5.2.5.4.	Metodología.....	112
5.2.5.5.	Datos De Entrada.....	112
5.2.5.6.	Identificación De Fuentes Puntuales Y Difusas.....	113
5.2.5.7.	Escenario De Simulación.....	114
5.2.5.8.	Resultados y análisis de resultados.....	115



Corpoboyacá

5.2.5.9. Calibración.....	118
5.2.5.10. Análisis De Resultados Del Modelo Calibrado y cumplimiento de los objetivos de calidad	123
6. IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS QUE REALIZAN VERTIMIENTOS EN LA CUENCA	136
7. ESTADO DE LEGALIDAD DE LOS USUARIOS DE LA CUENCA	141
8. LINEA BASE DE CARGA CONTAMINANTE (SST Y DBO ₅) PARA EL AÑO 2022.....	144
9. ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD PARA LA CUENCA.....	146
10. BIBLIOGRAFÍA.....	149
11. ANEXOS.....	152

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Municipios que conforman la cuenca del río Carare-Minero	24
Tabla 2. Zonificación Hidrográfica de la cuenca.	25
Tabla 3. Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Carare-Minero.	25
Tabla 4. Equipos para medición de parámetros In-situ.	26
Tabla 5. Resultados obtenidos de Caudal para el río Minero en Época de Sequía y Húmeda.....	34
Tabla 6. Caudal de estaciones de monitoreo en las diferentes épocas de medición.....	35
Tabla 7. Caudal de puntos de monitoreo en las diferentes épocas de medición	35
Tabla 8. Sección transversal de las estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Carare-Minero.....	36
Tabla 9. Resultados Turbiedad para las Estaciones de monitoreo.	41
Tabla 10. Resultados Turbiedad para los Puntos de monitoreo.	41
Tabla 11. Resultados pH para las Estaciones de monitoreo.....	43
Tabla 12. Resultados de pH para los Puntos de monitoreo.....	43
Tabla 13. Resultados DQO para las Estaciones de monitoreo.	45
Tabla 14. Resultados DQO para los Puntos de monitoreo.....	45
Tabla 15. Resultados DBO para las Estaciones de monitoreo.	46
Tabla 16. Resultados DBO para los Puntos de monitoreo.	47
Tabla 17. Resultados Oxígeno Disuelto para las Estaciones de monitoreo.	48
Tabla 18. Resultados Oxígeno Disuelto para los Puntos de monitoreo.	48
Tabla 19. Resultados SST para las Estaciones de monitoreo.....	50
Tabla 20. Resultados SST para los Puntos de monitoreo.....	51
Tabla 21. Resultados SDT para las Estaciones de monitoreo.	52
Tabla 22. Resultados SDT para los Puntos de monitoreo.	52
Tabla 23. Resultados SSed para las Estaciones de monitoreo.	53
Tabla 24. Resultados SSed para los Puntos de monitoreo.	54
Tabla 25. Resultados Acidez - Alcalinidad para las Estaciones de monitoreo.	56
Tabla 26. Resultados Acidez - Alcalinidad para los Puntos de monitoreo.	58
Tabla 27. Resultados Coliformes Totales para las Estaciones de monitoreo.....	59
Tabla 28. Resultados Coliformes Totales para los Puntos de monitoreo.....	60
Tabla 29. Resultados Coliformes Termotolerantes para las Estaciones de monitoreo.....	61
Tabla 30. Resultados Coliformes Termotolerantes para los Puntos de monitoreo.	62
Tabla 31. Resultados E-Coli para las Estaciones de monitoreo.....	63
Tabla 32. Resultados E-Coli para los Puntos de monitoreo.....	63



Corpoboyacá

Tabla 33. Resultados Fósforo Total para las Estaciones de monitoreo.....	64
Tabla 34. Resultados Fósforo Total para los Puntos de monitoreo.....	65
Tabla 35. Resultados Ortofosfatos para las Estaciones de monitoreo.....	66
Tabla 36. Resultados Ortofosfatos para los Puntos de monitoreo.....	66
Tabla 37. Resultados Fósforo Soluble para las Estaciones de monitoreo.....	67
Tabla 38. Resultados Fósforo Soluble para los Puntos de monitoreo.....	68
Tabla 39. Resultados Nitritos para las Estaciones de monitoreo.....	69
Tabla 40. Resultados Nitritos para los Puntos de monitoreo.....	70
Tabla 41. Resultados Nitratos para las Estaciones de monitoreo.....	71
Tabla 42. Resultados Nitratos para los Puntos de monitoreo.....	72
Tabla 43. Resultados Nitrógeno Amoniacal para las Estaciones de monitoreo.....	73
Tabla 44. Resultados Nitrógeno Amoniacal para los Puntos de monitoreo.....	74
Tabla 45. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para las Estaciones de monitoreo.....	75
Tabla 46. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para los Puntos de monitoreo.....	76
Tabla 47. Resultados Nitrógeno Total para las Estaciones de monitoreo.....	77
Tabla 48. Resultados Nitrógeno Total para los Puntos de monitoreo.....	78
Tabla 49. Resultados Cloruros para las Estaciones de monitoreo.....	79
Tabla 50. Resultados Cloruros para los Puntos de monitoreo.....	80
Tabla 51. Resultados Conductividad para las Estaciones de monitoreo.....	82
Tabla 52. Resultados Conductividad para los Puntos de monitoreo.....	82
Tabla 53. Resultados Sulfatos para las Estaciones de monitoreo.....	83
Tabla 54. Resultados Sulfatos para los Puntos de monitoreo.....	84
Tabla 55. Resultados Sodio para las Estaciones de monitoreo.....	85
Tabla 56. Resultados Sodio para los Puntos de monitoreo.....	86
Tabla 57. Resultados Dureza Total para las Estaciones de monitoreo.....	87
Tabla 58. Resultados Dureza Total para los Puntos de monitoreo.....	87
Tabla 59. Resultados Dureza de Magnesio para las Estaciones de monitoreo.....	89
Tabla 60. Resultados Dureza de Magnesio para los Puntos de monitoreo.....	89
Tabla 61. Resultados Dureza Cálcica para las Estaciones de monitoreo.....	90
Tabla 62. Resultados Dureza Cálcica para los Puntos de monitoreo.....	91
Tabla 63. Valores para el Índice de Calidad del Agua para SST.....	95
Tabla 64. Valores para el Índice de Calidad del Agua para DQO.....	95
Tabla 65. Valores para el Índice de Calidad del Agua para pH.....	95
Tabla 66. Valores para el Índice de Calidad del Agua para Nitrógeno Total/Fósforo total.....	95



Corpoboyacá

Tabla 67. Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables.	96
Tabla 68. Calificación de la calidad del agua según el valor que puede tomar el indicador ICA.	96
Tabla 69. Datos para el cálculo del ICA - Época Seca (1° campaña)	97
Tabla 70. Datos para el cálculo del ICA - Época húmeda (2° campaña)	97
Tabla 71. Resultados de ICA en las diferentes campañas de monitoreo.....	98
Tabla 72. Calificación del ICA según los resultados.	101
Tabla 73. Resultado de Índice de Contaminación por Mineralización.	101
Tabla 74. Resultados del índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos.	102
Tabla 75. Resultados del Índice de Contaminación Trófica.	103
Tabla 76. Resultados del índice de Contaminación por pH.	104
Tabla 77. Comparación de Indicadores de Contaminación.....	106
Tabla 78. Resultados PTAR del municipio de Pauna respecto a la resolución 631 de 2015.	107
Tabla 79. Resultados PTAR del municipio de Otanche respecto a la resolución 631 de 2015.....	107
Tabla 80. Resultados PTAR del municipio de Tununguá respecto a la resolución 631 de 2015.....	107
Tabla 81. Resumen resultados de las PTAR de la cuenca del río Carare-Minero.	107
Tabla 82. Estaciones y puntos de monitoreo de la corriente principal del Río Minero.	111
Tabla 83. Criterios a modelar en el Escenario base de la corriente principal.	115
Tabla 84. Permisos de vertimientos asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.	136
Tabla 85. Licencias ambientales asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.	137
Tabla 86. Estado de legalidad de los usuarios de la cuenca del río Carare-Minero.	141
Tabla 87. Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2022 para el tramo 1 de la cuenca.	144
Tabla 88. Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2022 para el tramo 2 de la cuenca.	144
Tabla 89. Usos genéricos del recurso hídrico en la cuenca del río Carare-Minero y sus usos a mediano y largo plazo.....	146
Tabla 90. Parámetros y valores permisibles para el cumplimiento de los objetivos de calidad a mediano plazo (2027).	147
Tabla 91. Parámetros y valores permisibles para el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo (2037).	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Carare-Minero en el departamento Boyacá.....	14
Figura 2. Mapa político de la cuenca del río Carare-Minero	24
Figura 3. Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Minero	26
Figura 4. Perfil longitudinal de la cuenca del río Minero.	28
Figura 5. Topología Cuenca del río Carare-Minero – Tramo 1.	29
Figura 6. Topología Cuenca del río Carare-Minero – Tramo 2.	29
Figura 7. Precipitación media anual año 2017 – Cuenca río Carare-Minero.....	30
Figura 8. Temperatura media anual año 2012 - Cuenca río Carare-Minero.....	31
Figura 9. Comportamiento Caudal del río Minero (Estaciones de Monitoreo)	34
Figura 10. Comportamiento Caudal de afluentes al río Minero (Puntos de monitoreo).....	35
Figura 11. Resultados Turbiedad para las Estaciones de monitoreo.....	41
Figura 12. Resultados Turbiedad para los Puntos de monitoreo.....	42
Figura 13. Resultados de pH para las Estaciones de monitoreo.	43
Figura 14. Resultados de pH para los Puntos de monitoreo.	44
Figura 15. Resultados DQO para las Estaciones de monitoreo.	45
Figura 16. Resultados DQO para los Puntos de monitoreo.	46
Figura 17. Resultados DBO para las Estaciones de monitoreo.....	47
Figura 18. Resultados DBO para los Puntos de monitoreo.....	47
Figura 19. Resultados Oxígeno Disuelto para las Estaciones de monitoreo.....	48
Figura 20. Resultados Oxígeno Disuelto para los Puntos de monitoreo.....	49
Figura 21. Resultados SST para las Estaciones de monitoreo.	50
Figura 22. Resultados SST para los Puntos de monitoreo.	51
Figura 23. Resultados SDT para las Estaciones de monitoreo.	52
Figura 24. Resultados SDT para los Puntos de monitoreo.	53
Figura 25. Resultados SSed para las Estaciones de monitoreo.....	54
Figura 26. Resultados SSed para los Puntos de monitoreo.....	55
Figura 27. Tipos de alcalinidad y acidez en relación con el pH.	56
Figura 28. Resultados Acidez para las Estaciones de monitoreo.....	57
Figura 29. Resultados Alcalinidad para las Estaciones de monitoreo.	57
Figura 30. Resultados Acidez para los Puntos de monitoreo.....	58
Figura 31. Resultados Alcalinidad para los Puntos de monitoreo.	59
Figura 32. Resultados Coliformes Totales para las Estaciones de monitoreo.	60
Figura 33. Resultados Coliformes Totales para los Puntos de monitoreo.	61



Corpoboyacá

Figura 34. Resultados Coliformes Termotolerantes para las Estaciones de monitoreo.	62
Figura 35. Resultados Coliformes Termotolerantes para los Puntos de monitoreo.	62
Figura 36. Resultados E-Coli para las Estaciones de monitoreo.	63
Figura 37. Resultados E-Coli para los Puntos de monitoreo.	64
Figura 38. Resultados Fósforo Total para las Estaciones de monitoreo.	65
Figura 39. Resultados Fósforo Total para los Puntos de monitoreo.	65
Figura 40. Resultados Ortofosfatos para las Estaciones de monitoreo.	66
Figura 41. Resultados Ortofosfatos para los Puntos de monitoreo.	67
Figura 42. Resultados Fósforo soluble para las Estaciones de monitoreo.	68
Figura 43. Resultados Fósforo Soluble para los Puntos de monitoreo.	69
Figura 44. Resultados Nitritos para las Estaciones de monitoreo.	70
Figura 45. Resultados Nitritos para los Puntos de monitoreo.	71
Figura 46. Resultados Nitratos para las Estaciones de monitoreo.	72
Figura 47. Resultados Nitratos para los Puntos de monitoreo.	73
Figura 48. Resultados Nitrógeno Amoniacal para las Estaciones de monitoreo.	74
Figura 49. Resultados Nitrógeno Amoniacal para los Puntos de monitoreo.	75
Figura 50. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para las Estaciones de monitoreo.	76
Figura 51. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para las Estaciones de monitoreo.	77
Figura 52. Resultados Nitrógeno Total para las Estaciones de monitoreo.	78
Figura 53. Resultados Nitrógeno Total para los Punto de monitoreo.	79
Figura 54. Resultados Cloruros para las Estaciones de monitoreo.	80
Figura 55. Resultados Cloruros para los Puntos de monitoreo.	81
Figura 56. Resultados Conductividad para las Estaciones de monitoreo.	82
Figura 57. Resultados Conductividad para los Puntos de monitoreo.	83
Figura 58. Resultados Sulfatos para las Estaciones de monitoreo.	84
Figura 59. Resultados Sulfatos para los Puntos de monitoreo.	85
Figura 60. Resultados Sodio para las Estaciones de monitoreo.	86
Figura 61. Resultados Sodio para los Puntos de monitoreo.	86
Figura 62. Resultados Dureza Total para las Estaciones de monitoreo.	87
Figura 63. Resultados Dureza Total para los Puntos de monitoreo.	88
Figura 64. Resultados Dureza de Magnesio para las Estaciones de monitoreo.	89
Figura 65. Resultados Dureza de Magnesio para los Puntos de monitoreo.	90
Figura 66. Resultados Dureza Cálcica para las Estaciones de monitoreo.	91
Figura 67. Resultados Dureza Cálcica para los Puntos de monitoreo.	91





Corpoboyacá

Figura 68. ICA para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-Minero	98
Figura 69. ICOMI para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-Minero.....	102
Figura 70. ICOSUS para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-Minero.	103
Figura 71. ICOTRO para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-Minero.	104
Figura 72. ICOPH para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-Minero.....	105
Figura 73. DBO ₅ PTAR de los municipios de la cuenca del río Carare-Minero.	108
Figura 74. SST PTAR de los municipios de la cuenca del río Carare-Minero.	108
Figura 75. Balance de masas.....	111
Figura 76. Factores que intervienen en la transformación de energía.....	111
Figura 77. Proceso De Modelación De Calidad Del Agua De La Corriente Del río Minero	112
Figura 78. Hoja Headwater del programa Qual2k.	115
Figura 79. Hoja Reach programa Qual2k.	116
Figura 80. Hoja Point Source.....	116
Figura 81. Hojas meteorológicas.	117
Figura 82. Hoja de resumen programa Qual2K.	117
Figura 83. Metodología de calibración del programa Qual2K.	118
Figura 84. Rangos de calibración para el modelo.....	119
Figura 85. Caudal corriente principal río Minero.	123
Figura 86. Temperatura de la corriente principal río Minero.	124
Figura 87. Conductividad de la corriente principal río Minero.	126
Figura 88. Sólidos Suspendidos Totales de la corriente principal río Minero.	127
Figura 89. Oxígeno Disuelto de la corriente principal río Minero.....	128
Figura 90. DBO de la corriente principal río Minero.	129
Figura 91. Nitrógeno Orgánico de la corriente principal río Minero.....	130
Figura 92. Nitritos de la corriente principal río Minero.....	131
Figura 93. Fosfatos de la corriente principal río Minero	132
Figura 94. pH de la corriente principal río Minero.	133
Figura 95. Alcalinidad de la corriente principal río Minero.	134
Figura 96. Coliformes Totales de la corriente principal río Minero.	135
Figura 97. Permisos de vertimientos asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.....	139
Figura 98. Licencias ambientales asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.	140

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 Carare-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 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

Consolidar la información previa al establecimiento de la meta de carga contaminante en la cuenca hidrográfica del Río Carare-Minero en jurisdicción de CORPOBOYACÁ en cumplimiento del Capítulo 7, Sección 3, Artículo 2.2.9.7.3.4 del Decreto 1076 de 2015.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar el estado de la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Carare-Minero a través de campañas de monitoreos para la evaluación de la calidad del recurso hídrico, mediante la determinación de índices de calidad – ICA/ICOs y mediante la simulación matemática en software especializado de calidad hídrica (QUAL2KW).
- Identificar los usuarios que realizan vertimientos en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Carare-Minero y determinar el estado de legalidad de los mismo ante la Corporación, mediante visitas técnicas, revisión de expedientes y confirmación de usuarios registrados en el cobro de la tasa retributiva.
- Calcular la línea base como total de la carga contaminante de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) vertida a la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Carare-Minero, en el año 2022 para los sujetos pasivos de la tasa retributiva junto a los usuarios nuevos identificados.
- Presentar los usos genéricos para el recurso hídrico y Objetivos de calidad establecidos en la Resolución Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2022 “Por medio del cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y sus afluentes de la cuenca del Río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.

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 confluye en el departamento de Santander y finalmente pasa a formar parte de la corriente principal del río Magdalena. (CAR, Corpoboyacá, MinAmbiente, 2016)

Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Carare-Minero en el departamento Boyacá.



Fuente: Corpoboyacá.

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 Carare-Minero, en el límite de Quípama y Yacopí (Cundinamarca) se encuentra sobre los 623 msnm y posee una pendiente media de 8.6%.



Corpoboyacá

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 arrojado 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.



Corpoboyacá

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



Corpoboyacá

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

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.



Corpoboyacá

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

Parágrafo 2°. 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 3°. 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.



Corpoboyacá

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



Corpoboyacá

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 estable 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.



Corpoboyacá

- **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 Carare-Minero

Con relación a las actividades productivas identificadas en los municipios pertenecientes a la cuenca del río Carare-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



Corpoboyacá

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

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 Municipal 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 Municipal 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 Municipal 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 Municipal 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)

Antigua vía a Paipa No. 53-70 PBX 7457186 - 7457188 - 7457192 - 7407518 - Fax 7407520, Tunja - Boyacá

Línea Natural - atención al usuario No. 018000-918027

e-mail: corpoboyaca@corpoboyaca.gov.co - ousuario@corpoboyaca.gov.co

www.corpoboyaca.gov.co



SC-CERT41302



Corpoboyacá

5. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD EN LA CUENCA

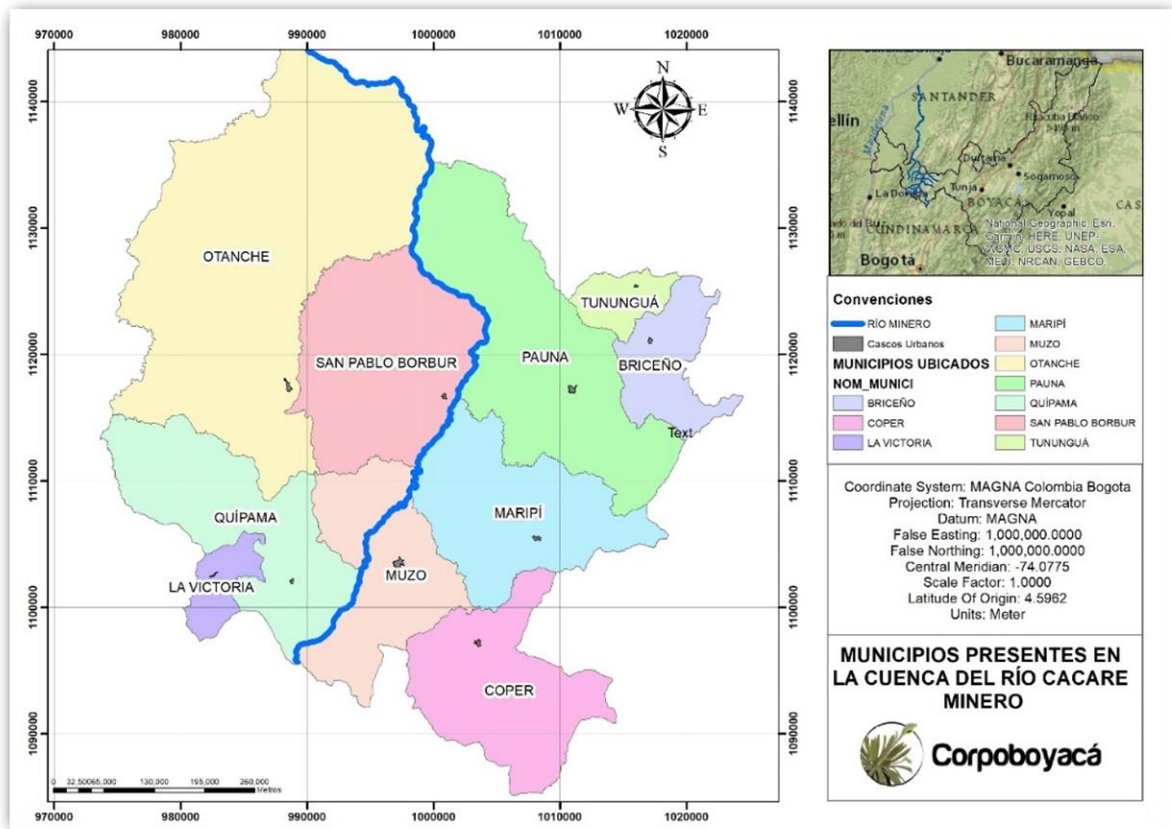
El área de estudio comprende un total de diez (10) municipios, entre los cuales se encuentran: Quípama, La Victoria, Muzo, Coper, Maripí, Pauna, Tununguá, Briceño, San Pablo de Borbur y Otanche. Por otra parte, El área total de la cuenca en la jurisdicción de CORPOBOYACÁ es de aproximadamente 1531,19 Km², 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 Carare-Minero

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

Fuente: Corpoboyacá

Figura 2. Mapa político de la cuenca del río Carare-Minero



Fuente: Corpoboyacá.



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 Carare-Minero en la jurisdicción de la Corporación.

Tabla 2. Zonificación Hidrográfica de la cuenca.

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 Carare-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 Carare-Minero.

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

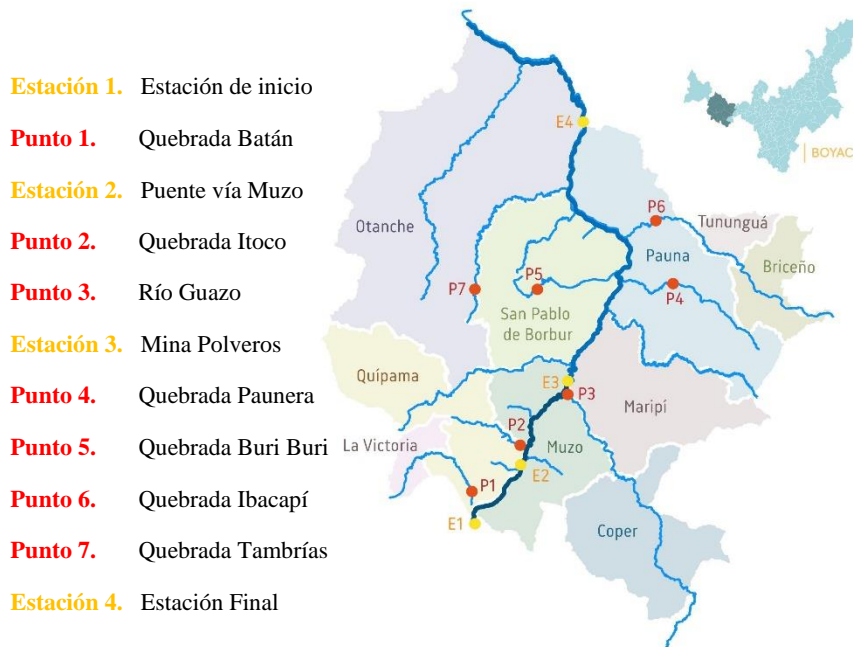
Tabla 3. Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Carare-Minero.

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 3. Estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Minero



Fuente: Corpoboyacá.

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 4. 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



Corpoboyacá

EQUIPO	MARCA	PARÁMETRO A MEDIR
OXÍMETRO y TERMÓMETRO 	Oxímetro handylab OX12 de SCHOTT	<ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno disuelto • % de saturación de oxígeno • Temperatura
CONOS DE IMHOFF 	Kartell	Sólidos sedimentables

Fuente: Unión temporal Proalquim Ltda. 2021

5.1. CANTIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

5.1.1. Hidrología de la cuenca del río Carare-Minero.

5.1.1.1. 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:

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

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

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

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

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,

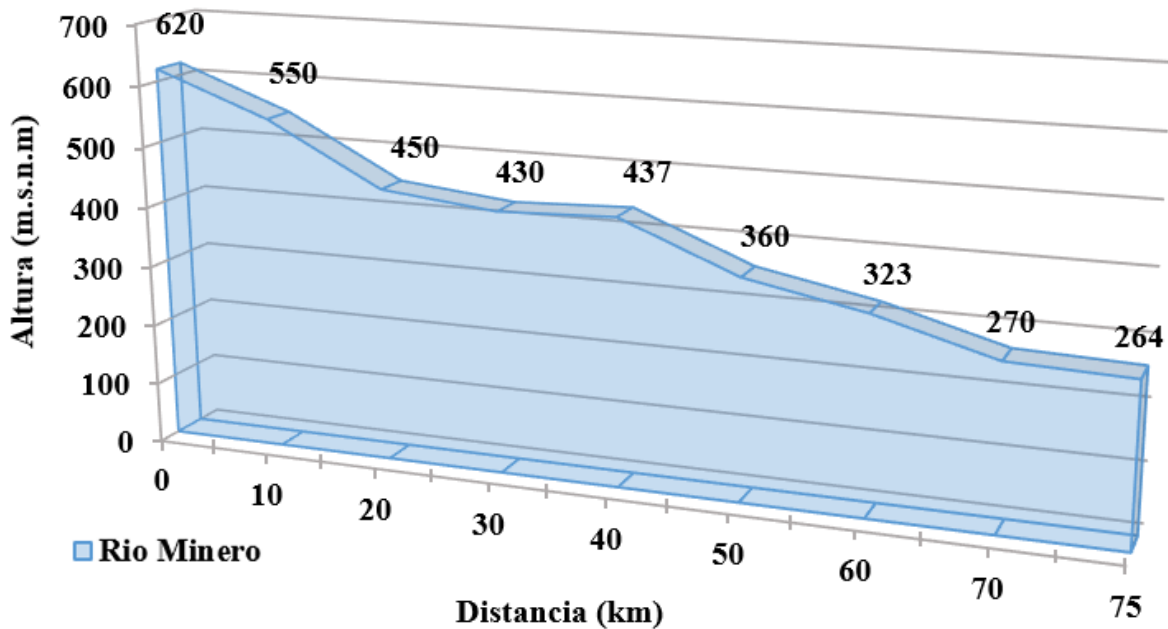


Corpoboyacá

temperatura del agua y otros factores fisicoquímicos y microbiológicos, entre estos segmentos podemos establecer tres (3) los cuales son Curso alto, Curso medio y Curso bajo.

- **Curso alto:** Está comprendido entre el tramo inicial ± 0.00 km hasta ± 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 ± 10.50 km hasta ± 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 ± 30.50 km hasta ± 75.00 km.

Figura 4. Perfil longitudinal de la cuenca del río Minero.



Fuente: Corpoboyacá.

5.1.1.2. Topología De La Corriente Del Río Minero.

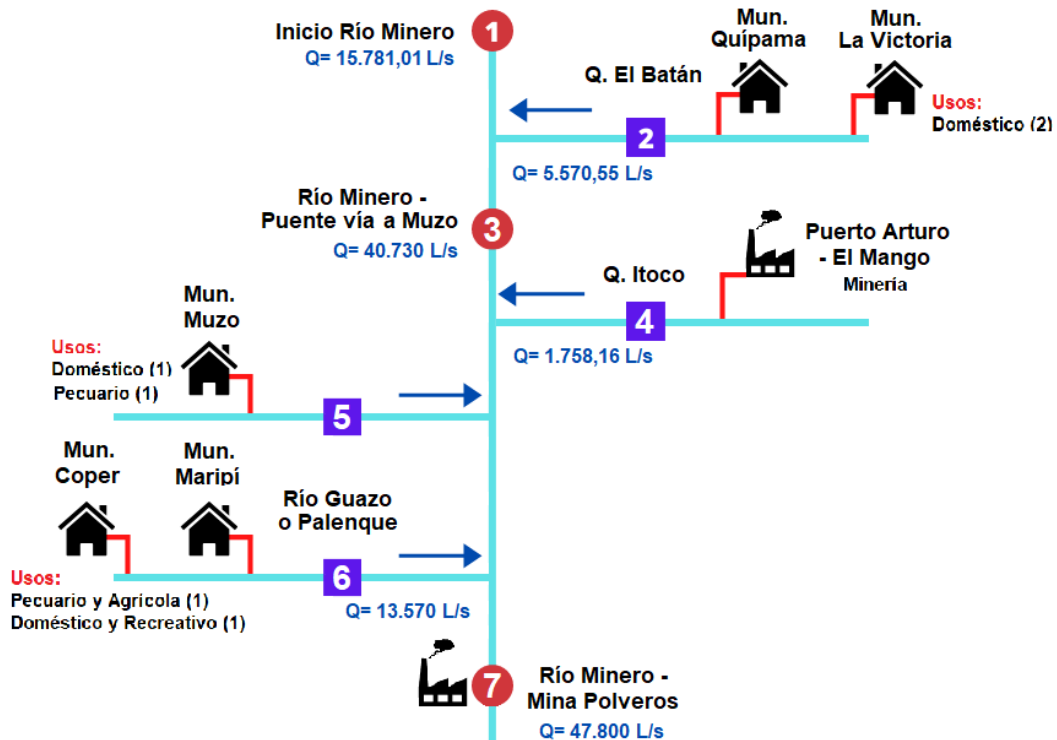
La topología del río Minero relaciona la distribución espacial de los diferentes puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca. El río Minero posee unas condiciones únicas en las cuales las condiciones topográficas, hidromorfológicas y de la ubicación de los municipios a lo largo de la cuenca hace que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



Corpoboyacá

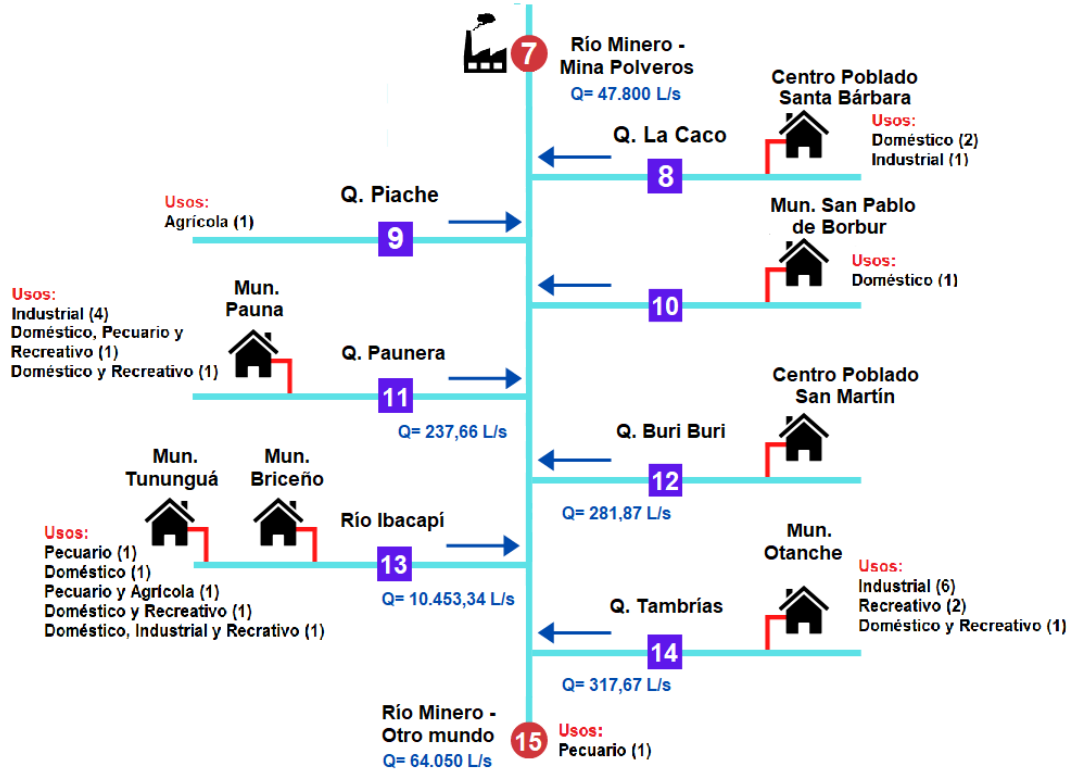
De los 11 puntos de monitoreo establecidos por CORPOBOYACÁ para realizar levantamientos hidrométricos, 4 se encuentran sobre la corriente principal en la parte alta del río Minero y se conectan a este los otros 7 puntos de monitoreo de afluentes los cuales depositan sus aguas en la corriente principal, 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 Carare-Minero – Tramo 1.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 6. Topología Cuenca del río Carare-Minero – Tramo 2.



Fuente: Corpoboyacá.

5.1.2. Climatología de la cuenca del río Carare-Minero.

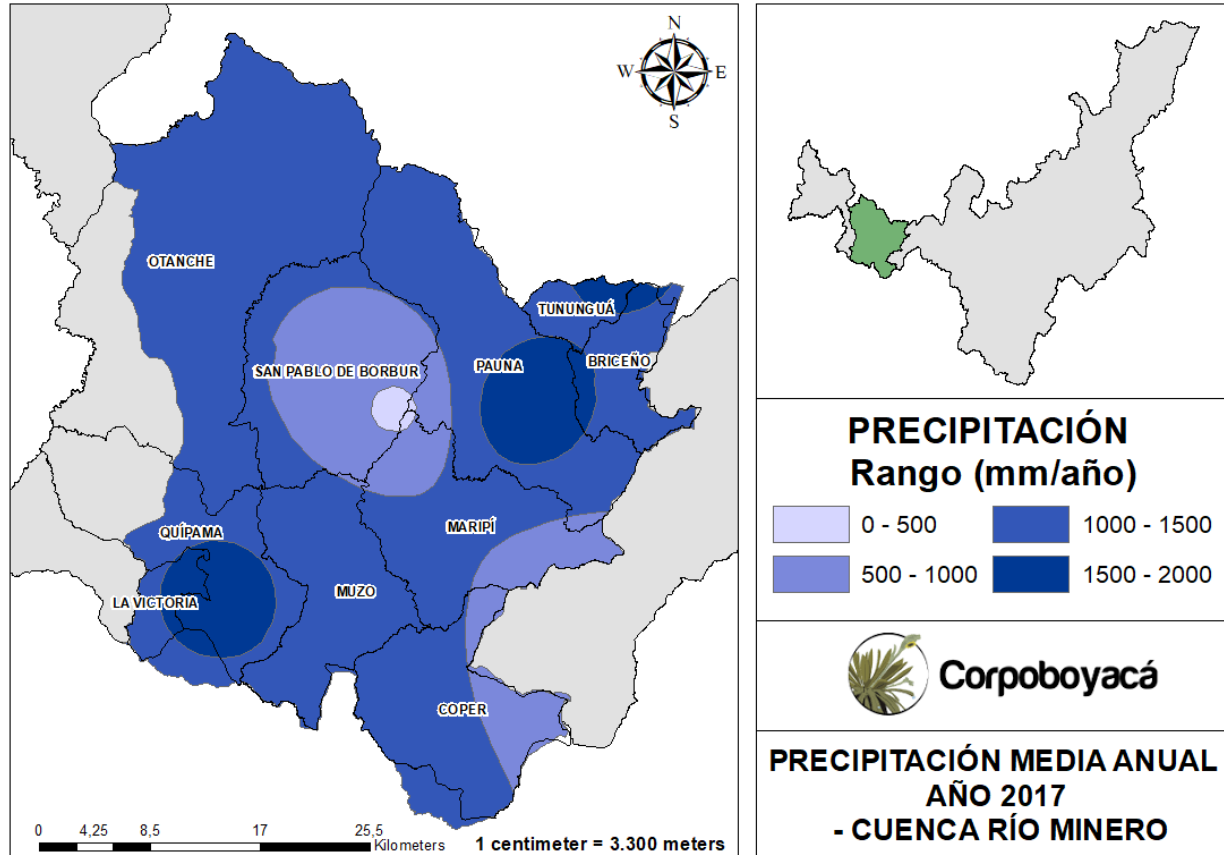
Los siguientes datos y valores de temperatura y precipitación media para la realización de los mapas, fueron tomados del IDEAM de los años 2012 y 2017 respectivamente.

5.1.2.1. Precipitación.

Figura 7. Precipitación media anual año 2017 – Cuenca río Carare-Minero.



Corpoboyacá



Fuente: Corpoboyacá.

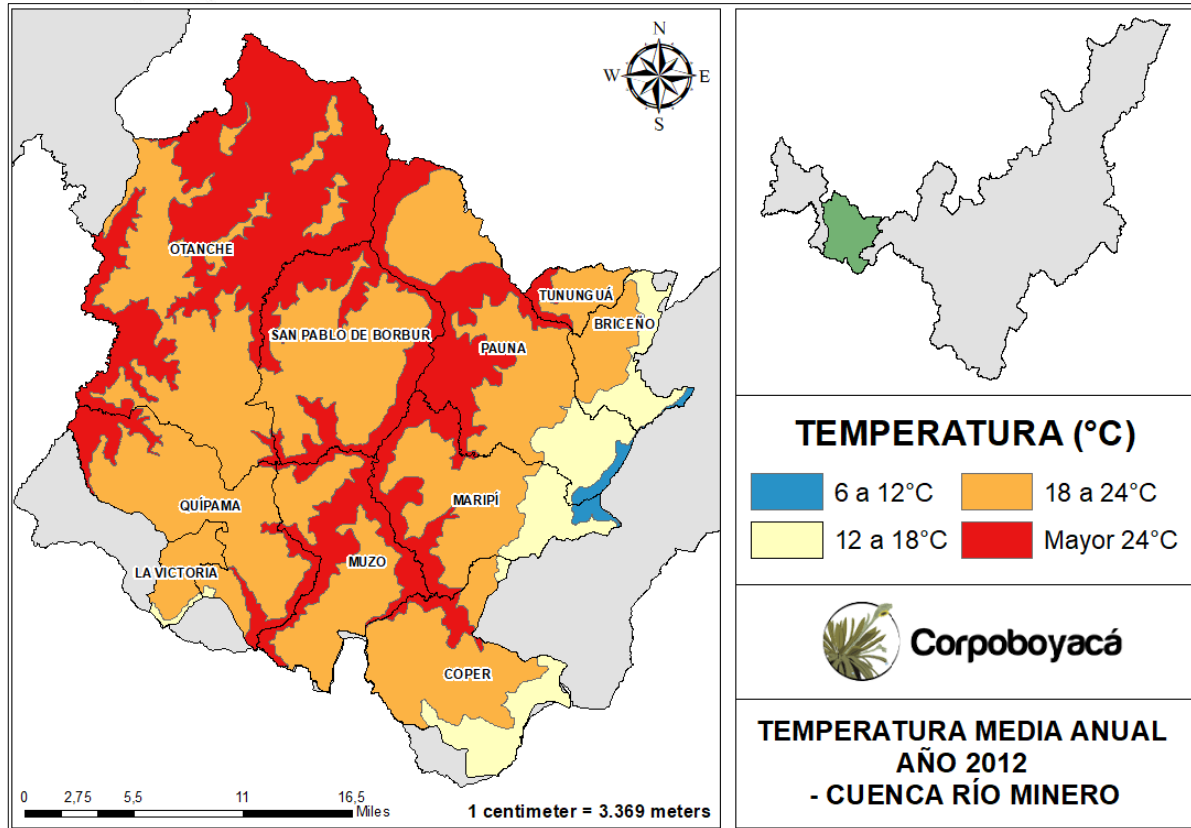
De acuerdo a la gráfica anterior, la cuenca del río Carare-Minero presenta una buena cantidad de agua en general posee una precipitación media en un rango entre los 1000 a 1500 mm por año. En la cuenca del río Carare-Minero predomina una forma concéntrica, las precipitaciones más bajas se encuentran 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.

5.1.2.2. Temperatura.

Figura 8. Temperatura media anual año 2012 - Cuenca río Carare-Minero.



Corpoboyacá



Fuente: Corpoboyacá.

La temperatura en la cuenca del río Carare-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 de los ríos Minero, Guazo e Ibacapí, la 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.

5.1.3. Caudal de la cuenca del río Carare-Minero.

5.1.3.1. 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



Corpoboyacá

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



Corpoboyacá

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)

5.1.3.2. Resultados de la medición de caudal.

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.

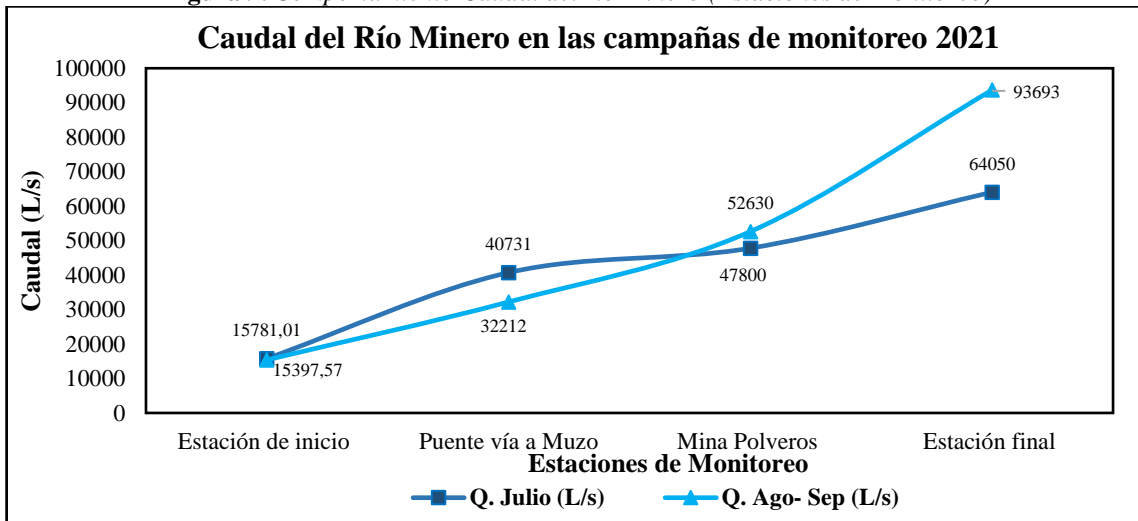
Tabla 5. Resultados obtenidos de Caudal para el río Minero en Época de Sequía y Húmeda

No	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS		CAUDAL E.S (L/s)	CAUDAL E.H (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



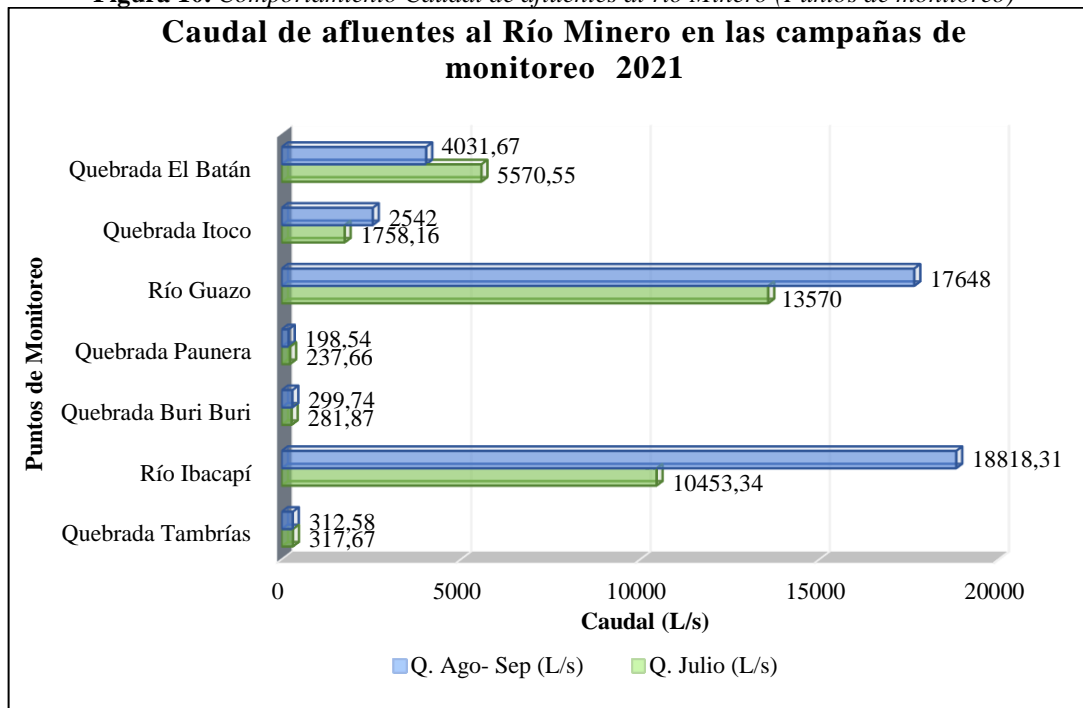
Corpoboyacá

Tabla 6. 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: Corpoboyacá.

Tabla 7. 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.

5.2. CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

5.2.1. 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.



Corpoboyacá

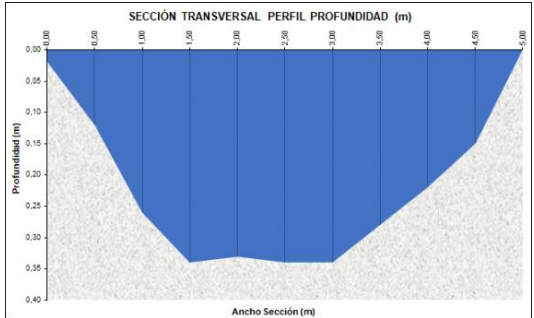

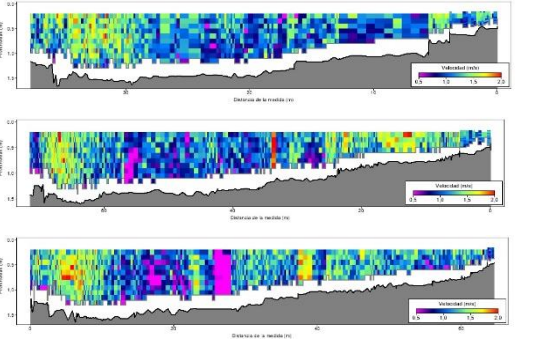

En la siguiente tabla se presenta la descripción de las condiciones de las estaciones y puntos de monitoreo de la cuenca del río Carare-Minero, que corresponden a Once (11) puntos.

Tabla 8. Sección transversal de las estaciones y puntos de monitoreo en la cuenca del río Carare-Minero.

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
1		
<p>OBSEVACIONES ESTACIÓN 1: Río Minero - Estación de inicio. Descripción: 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>OBSEVACIONES PUNTO 1: Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria. Descripción: 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 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>OBSEVACIONES ESTACIÓN 2: Río Minero - Puente vía a Muzo.</p>		



Corpoboyacá

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
	<p>Descripción: 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>OBSEVACIONES PUNTO 2: Quebrada Itoco - El mango Pto Arturo. Descripción: 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>	
5		
	<p>OBSEVACIONES PUNTO 3: Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí. Descripción: 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>	



Corpoboyacá

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
6		
<p>OBSEVACIONES ESTACIÓN 3: Río Minero - Mina Polveros. Descripción: 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>OBSEVACIONES PUNTO 4: Quebrada Paunera después de Manotera. Descripción: 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 arbórea. Esta quebrada recibe las aguas residuales de Pauna a través de un afluente llamado Quebrada Manotera.</p>		
8		
<p>OBSEVACIONES PUNTO 5: Quebrada Buri Buri - CP San Martín. Descripción: 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>		



Corpoboyacá

PTO	SECCIÓN LEVANTADA	FOTO
9		
<p>OBSEVACIONES PUNTO 6: Río Ibacapí - Tunungua y Briceño. Descripción: 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>OBSEVACIONES PUNTO 7: Quebrada Tambrías - Otanche. Descripción: 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>		
11		
<p>OBSEVACIONES ESTACIÓN 4: Río Minero - Estación final Otro mundo. Descripción: 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





Corpoboyacá

5.2.2. 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 objetivos de calidad definidos para la cuenca del río Carare-Minero en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – CORPOBOYACÁ en la Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021. En la cual, se definen diferentes valores máximos permisibles en función para cada uno de los parámetros y objetivos estipulados, de esta manera, se realiza avanzando desde la estación *Río Minero - Estación de Inicio* en el extremo sur del municipio de Muzo hasta la estación *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.

5.2.2.1. Turbiedad.

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. Con Respecto a la Resolución 2554 de 2021, que establecen los objetivos de calidad para la cuenca del río Carare-Minero, no se presenta un valor normativo a cumplir para este parámetro a mediano plazo (2027) pero si se encuentra a largo plazo (2037) con un valor límite de 100 NTU para ambos tramos de la cuenca del río Carare-Minero.

Para las estaciones de monitoreo en época seca presenta una disminución del 78,3% en cuanto a Turbiedad ya que pasa de 600 NTU en la estación de inicio a un resultado de 130 NTU en la estación final, Es importante notar el efecto positivo en la calidad del río Minero debido a una reducción de la turbiedad en sus tributarios a medida que se desciende por el cauce del río atribuible a la falta del efecto de la actividad minera luego de la Quebrada Itoco. Si comparamos los resultados de calidad con la Resolución 2554 de 2021, ninguna de las estaciones cumple con el objetivo de calidad a largo plazo tanto en época seca como en húmeda. Por otro lado, en Época húmeda los valores son más irregulares que en la época seca, presenta resultados en los



Corpoboyacá

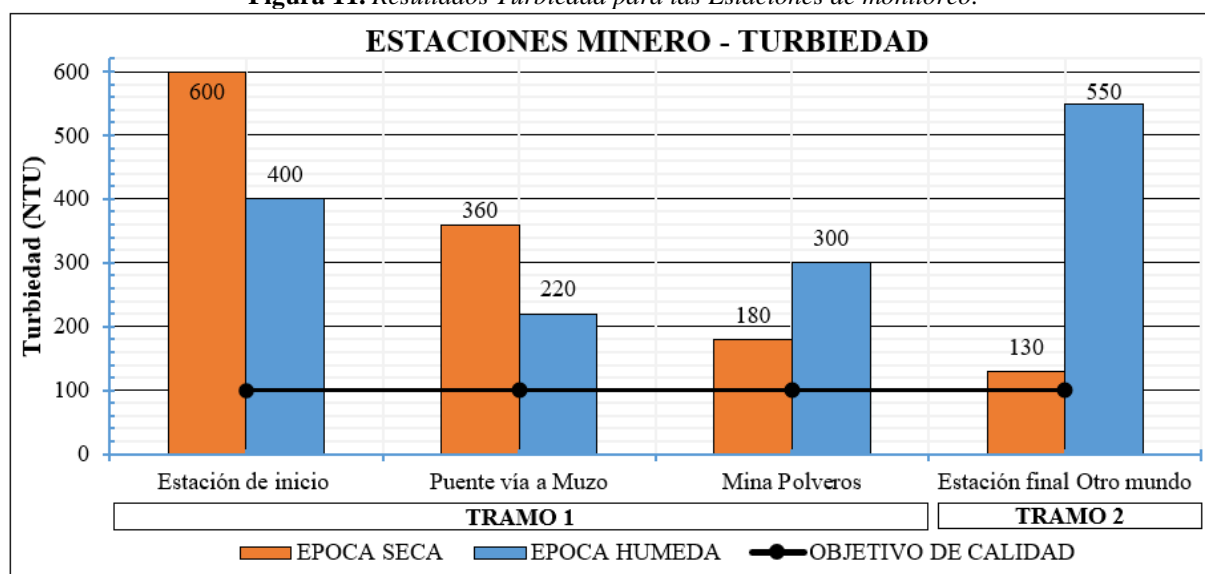
cuales en la Estación final - Otro Mundo se encuentra más contaminado que en la Estación de inicio en términos de Turbiedad y puede ser debido al mayor arrastre de sustancias o sólidos en el agua por las lluvias.

Tabla 9. Resultados Turbiedad para las Estaciones de monitoreo.

TURBIEDAD (NTU)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	600	400	100
	Río Minero - Puente Vía Muzo	360	220	
	Río Minero - Mina Polveros	180	300	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	130	550	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 11. Resultados Turbiedad para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

En cuanto a los puntos de monitoreo, se presentan mejores condiciones en cuanto a Turbiedad, con excepciones de los puntos Quebrada Itoco y Río Ibacapí. Los cuales en época húmeda presentaron resultados muy elevados de 2.800 NTU y 6.000 NTU respectivamente comparados con los presentados en época seca y que pueden darse principalmente por las actividades mineras en la zona, la presencia de vertimientos o por derrumbes cerca de las fuentes hídricas. Si comparamos los resultados de calidad con la resolución 2554 de 2021, en la época húmeda se presentan más puntos de monitoreo que no cumplen el objetivo de calidad. También, se denota que el río Minero en sus estaciones de inicio presenta mayores niveles de turbiedad y puede verse por la naturaleza del lugar y lo poco profundo del río en estos puntos de monitoreo.

Tabla 10. Resultados Turbiedad para los Puntos de monitoreo.

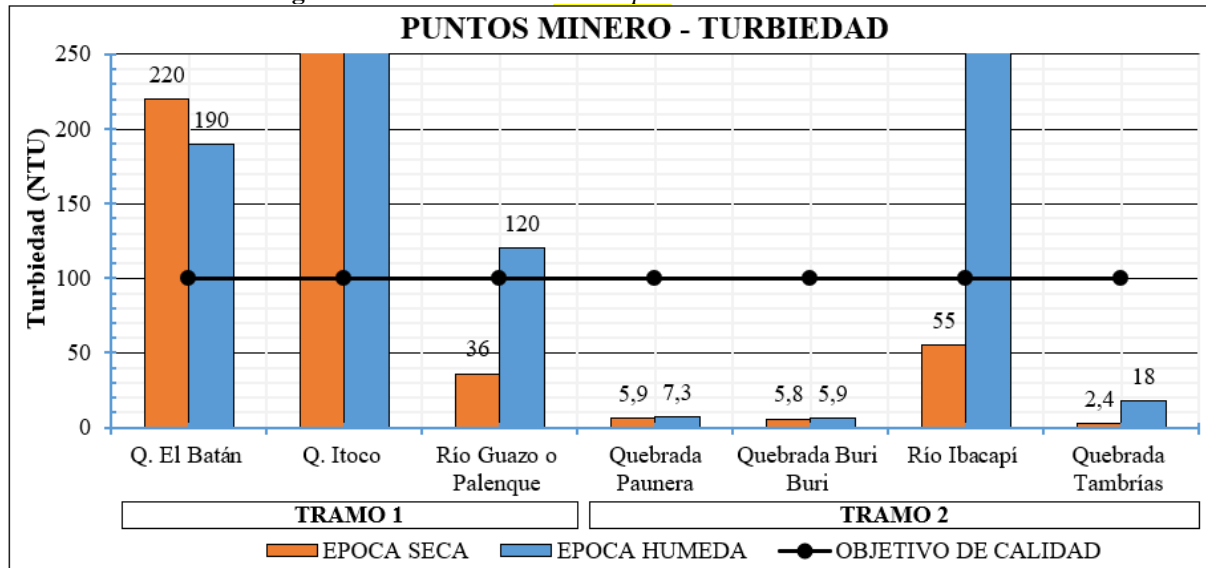


Corpoboyacá

TURBIEDAD (NTU)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	220	190	100
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	500	2800	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	36	120	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	5,9	7,3	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5,8	5,9	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	55	6000	
	Quebrada Tambrías	2,4	18	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 12. Resultados Turbiedad para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

5.2.2.2. pH.

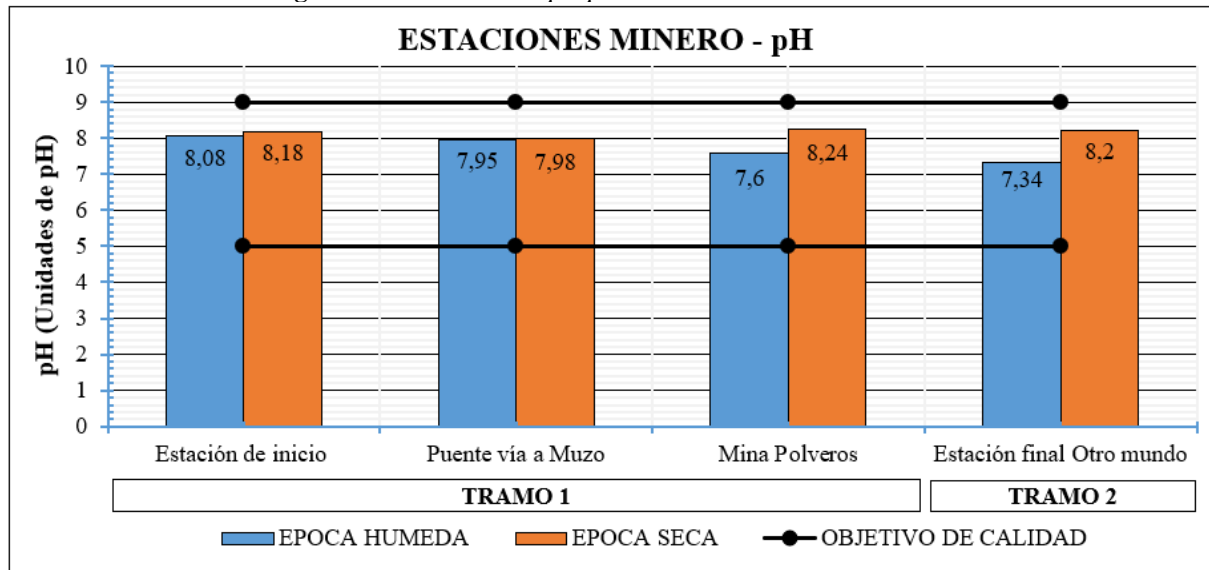
Con Respecto a la Resolución 2554 de 2021, que establecen los objetivos de calidad para la cuenca del río Carare-Minero, se determinó un objetivo de calidad a mediano plazo (2027) para los dos tramos de la cuenca en un rango entre 5 y 9. De acuerdo a los resultados de pH para las diferentes estaciones y puntos de monitoreo se presenta un comportamiento similar, encontrándose en un intervalo de pH de 6,92 a 8,50 unidades; siendo un pH ligeramente neutro a básico. Por lo tanto para el parámetro de pH se cumple el objetivo de calidad a mediano plazo. Como caso atípico se observa el punto Quebrada Buri - Buri CP San Martín, en el municipio de San Pablo de Borbur, el cual es el único punto cuyos resultados no superan las 7 unidades de pH y que en general tanto en época seca como en época húmeda se encuentra más cerca de nuevo a las 7 unidades en todas las mediciones, lo cual es un indicativo de la buena calidad del cuerpo hídrico para esta zona.

Tabla 11. Resultados pH para las Estaciones de monitoreo.

pH (Unidades)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	8,18	8,08	5 - 9
	Río Minero - Puente Vía Muzo	7,98	7,95	
	Río Minero - Mina Polveros	8,24	7,6	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	8,2	7,34	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 13. Resultados de pH para las Estaciones de monitoreo.



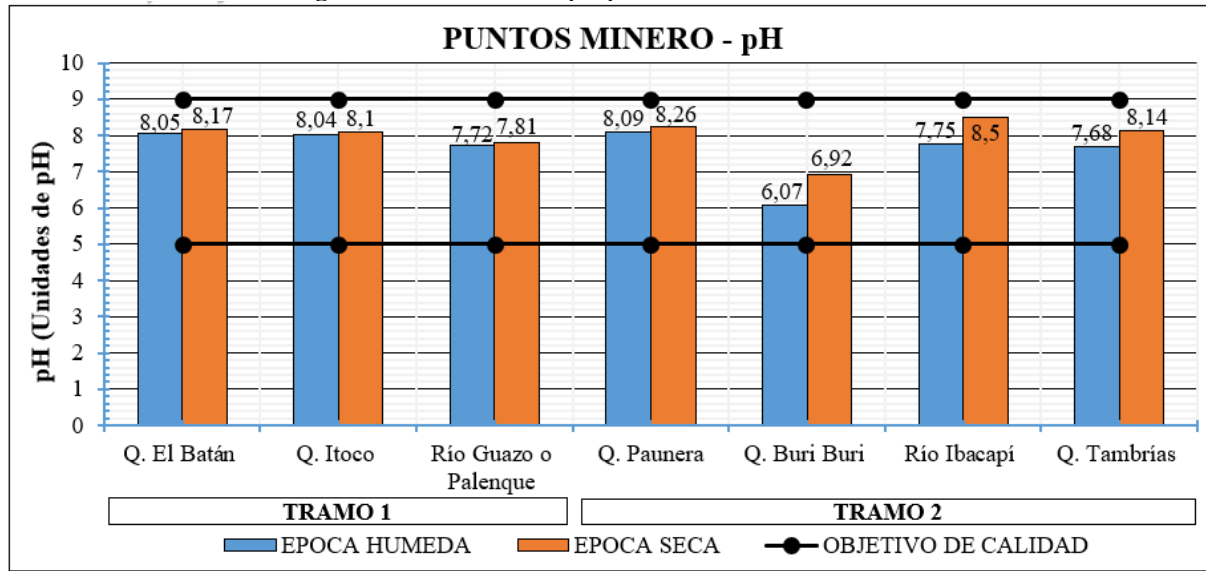
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 12. Resultados de pH para los Puntos de monitoreo.

pH (Unidades)				
Punto	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	8,17	8,05	5 - 9
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	8,1	8,04	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	7,81	7,72	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	8,26	8,09	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	6,92	6,07	
	Río Ibacapí - Tunungá y Briceño	8,5	7,75	
	Quebrada Tambrías	8,14	7,68	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 14. Resultados de pH para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

5.2.2.3. Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica De Oxígeno y Oxígeno Disuelto.

- **Demanda Química de Oxígeno – DQO.**

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 la Resolución 2554 de 2021, que establecen los objetivos de calidad para la cuenca del río Carare-Minero, se comparan los resultados para este parámetro con este límite establecido a largo plazo (2037) que es de 30 mg O₂/L. Para las estaciones de monitoreo en época seca, los valores obtenidos presentan una disminución del 52% respecto a la Estación de inicio y la Estación Final los cuales empieza incumpliendo los objetivos de calidad hasta la Estación Mina Polveros y ya se mantienen por debajo del límite hasta Otro Mundo.

Para la época húmeda presenta niveles variados, siendo el más alto la Estación de *Río Minero – Mina Polveros* e incumple con el objetivo de calidad, el cual podría presentarse debido a la descarga de vertimientos industriales en la lugar, debido a que en la zona se presenta una gran aglomeración de actividades mineras en los municipios de Muzo y Quípama. En tanto a los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo, los mayores resultados se dan para la época húmeda en los puntos de la *Quebrada Itoco* y en el *Río Ibacapí*, lo que indica una mayor



Corpoboyacá

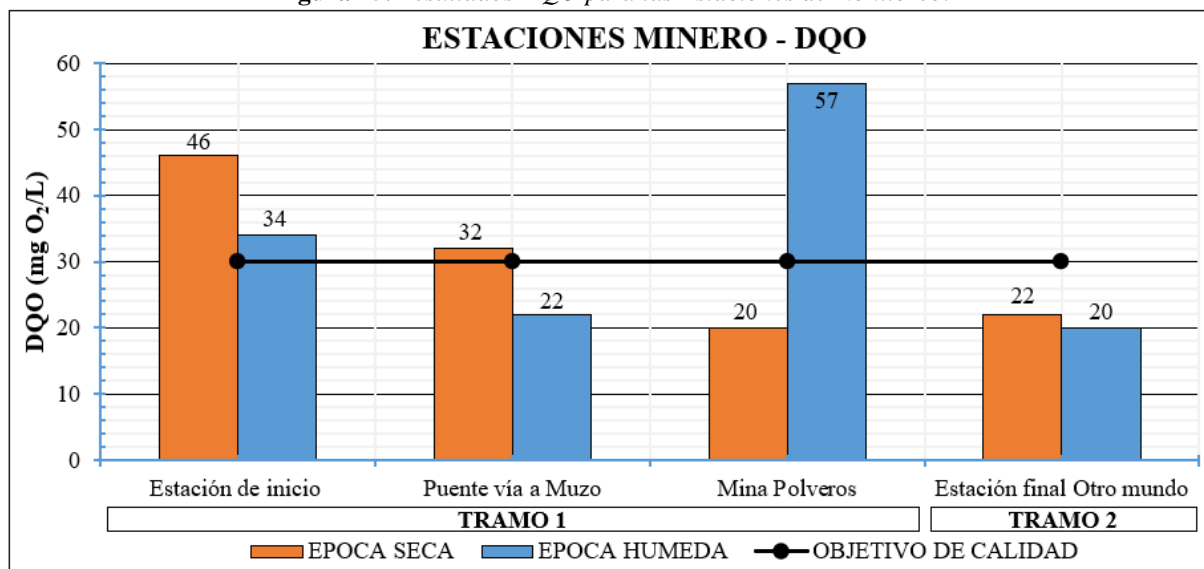
contaminación principalmente de vertimientos industriales o de minería o por residuos de actividades agropecuarios en los municipios de Tununguá y Briceño.

Tabla 13. Resultados DQO para las Estaciones de monitoreo.

DQO (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	46	34	30
	Río Minero - Puente Vía Muzo	32	22	
	Río Minero - Mina Polveros	20	57	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	22	20	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 15. Resultados DQO para las Estaciones de monitoreo.



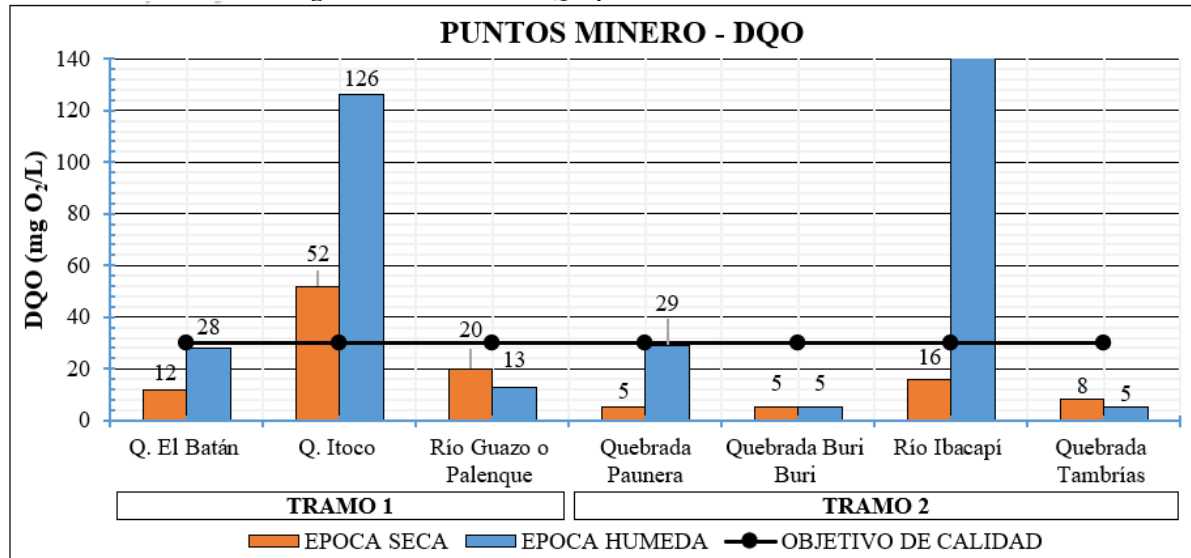
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 14. Resultados DQO para los Puntos de monitoreo.

DQO (mg/L)				
Punto	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	12	28	30
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	52	126	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	20	13	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	5	29	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5	5	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	16	353	
	Quebrada Tambrías	8	5	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 16. Resultados DQO para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

• **Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO:**

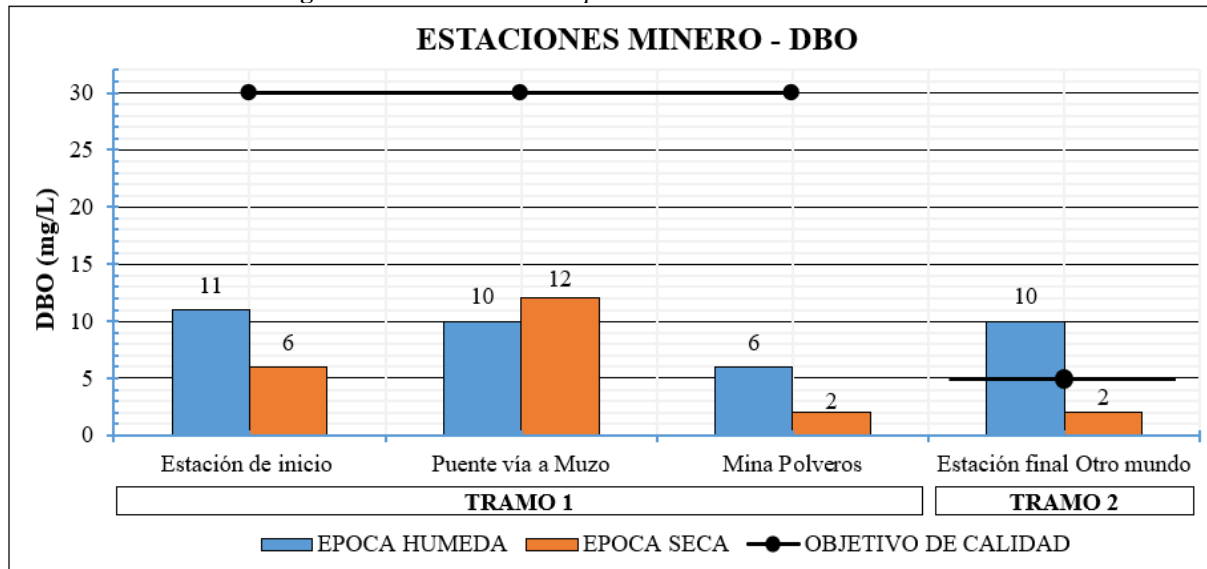
Para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO₅ en la cuenca del río Carare-Minero con respecto a la Resolución 2554 de 2021, los valores para cumplir los objetivos de calidad son de 30 mg/L y 5 mg/L para el Tramo 1 y Tramo 2 respectivamente. Por lo tanto, al comparar con los resultados de los monitoreos en época seca se cumplen los objetivos en ambos tramos pero en época húmeda vuelven a sobrepasar los límites normativos en los puntos de monitoreo de *Quebrada Itoco* y en el *Río Ibacapí*. Los altos niveles de DBO en los resultados de laboratorio en la *Quebrada Itoco* se puede dar por la descarga de aguas residuales directamente a la quebrada sin tratamiento alguno del Centro Poblado El Mango. Para el resto de los puntos y estaciones de monitoreo se presentan en general niveles bajos de contaminación para este parámetro, lo cual puede verse debido a la rápida depuración de contaminantes que presentan las fuentes hídricas gracias a las altas pendientes que presenta la cuenca. Al relacionar la DBO₅ y DQO se encuentra que la DBO₅ representan valores menores a 45% indicando una mayor prevalencia de sustancias químicamente oxidables.

Tabla 15. Resultados DBO para las Estaciones de monitoreo.

DBO ₅ (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	6	11	30
	Río Minero - Puente Vía Muzo	12	10	
	Río Minero - Mina Polveros	2	6	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	2	10	5

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 17. Resultados DBO para las Estaciones de monitoreo.



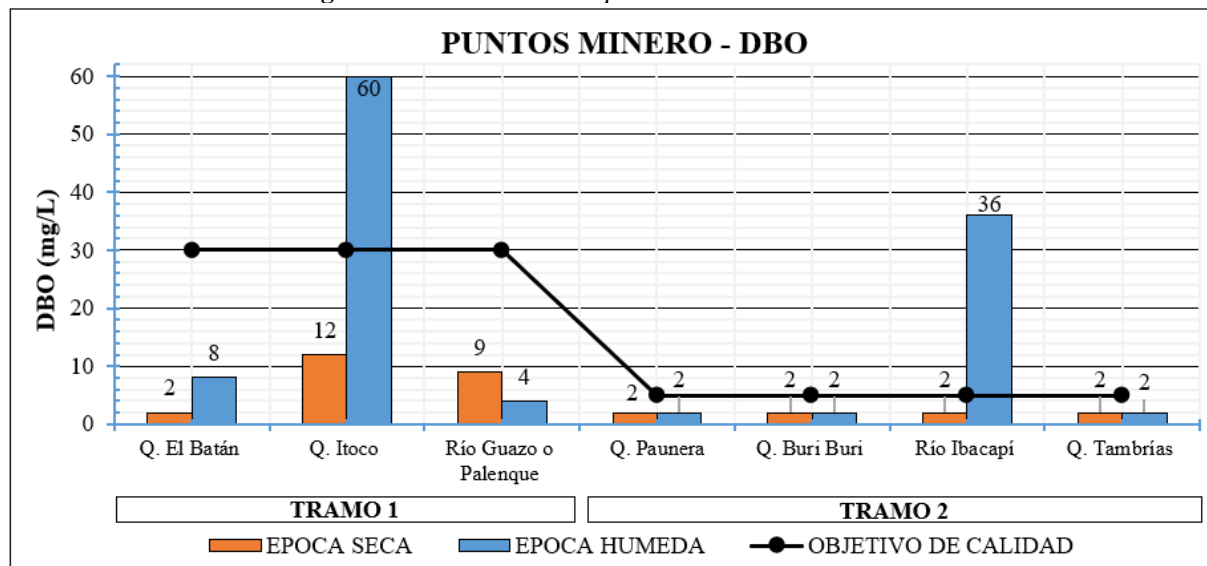
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 16. Resultados DBO para los Puntos de monitoreo.

DBO ₅ (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	<2	8	30
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	12	60	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	9	4	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	<2	2	5
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	<2	5	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	<2	36	
	Quebrada Tambrías	<2	<2	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 18. Resultados DBO para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

• **Oxígeno Disuelto – O.D:**

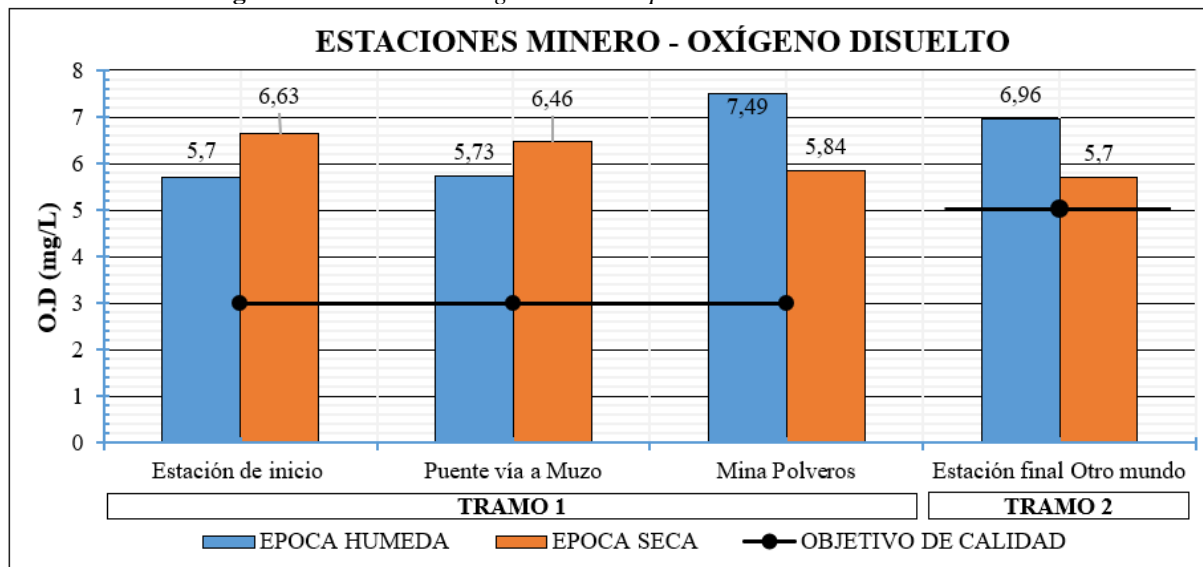
El oxígeno disuelto presenta un comportamiento contrario a lo esperado, al no evidenciar tendencias inversas a las demandas obtenidas, lo que indica que de las fuentes monitoreadas su contenido de oxígeno no está estrechamente ligado a las sustancias disueltas en ellas susceptibles de ser biológica o químicamente oxidables sino de los procesos de aireación y fotosíntesis de las plantas acuáticas. Con Respecto a la Resolución 2554 de 2021, que establecen los objetivos de calidad para la cuenca del río Carare-Minero, se determinaron a mediano plazo (2027) valores de 3 mg/L y de 5 mg/L de Oxígeno Disuelto para el Tramo 1 y Tramo 2 respectivamente. Comparando con los resultados de los monitoreos nos damos cuenta que todos los valores dieron por encima de 5 mg/L, cumpliendo para todas las estaciones y puntos de monitoreo el objetivo de calidad establecido a mediano plazo.

Tabla 17. Resultados Oxígeno Disuelto para las Estaciones de monitoreo.

OXÍGENO DISUELTO (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	6,63	5,7	3
	Río Minero - Puente Vía Muzo	6,46	5,73	
	Río Minero - Mina Polveros	5,84	7,49	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	5,7	6,96	5

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 19. Resultados Oxígeno Disuelto para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 18. Resultados Oxígeno Disuelto para los Puntos de monitoreo.

OXÍGENO DISUELTO (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	5,96	5,84	3

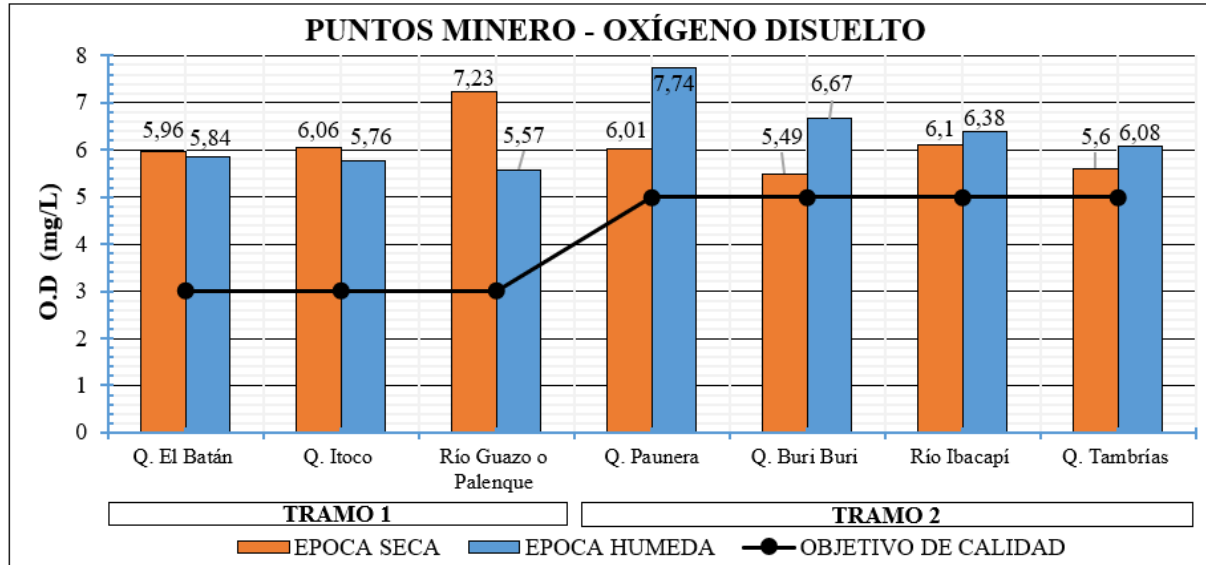


Corpoboyacá

OXÍGENO DISUELTO (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	6,06	5,76	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	7,23	5,57	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	6,01	7,74	5
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	5,49	6,67	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	6,1	6,38	
	Quebrada Tambrías	5,6	6,08	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 20. Resultados Oxígeno Disuelto para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

5.2.2.4. Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos y Sólidos Sedimentables.

- **Sólidos Suspendidos Totales – SST:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo, el aporte de sólidos suspendidos totales es significativo en la corriente principal de la cuenca del río Carare-Minero, debido que en la *Estación Inicio* registra valores de sólidos suspendidos totales superiores al valor sugerido por el referente de calidad (55 mg/L). Si bien, el referente de calidad, indica el rango de aceptación de la calidad del recurso hídrico, también indica la desviación que existe con respecto a los resultados del monitoreo. En ese orden, y a partir del recorrido del agua a lo largo de la corriente principal, en la estación “*Puente vía a Muzo*” la concentración de los sólidos suspendidos aumenta, por tanto, se disminuye la aceptación del recurso para los usos definidos por la Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021; la ocurrencia de estas características en la calidad de la corriente se debe a la incidencia de arrastre de sólidos de las laderas del cauce,



Corpoboyacá

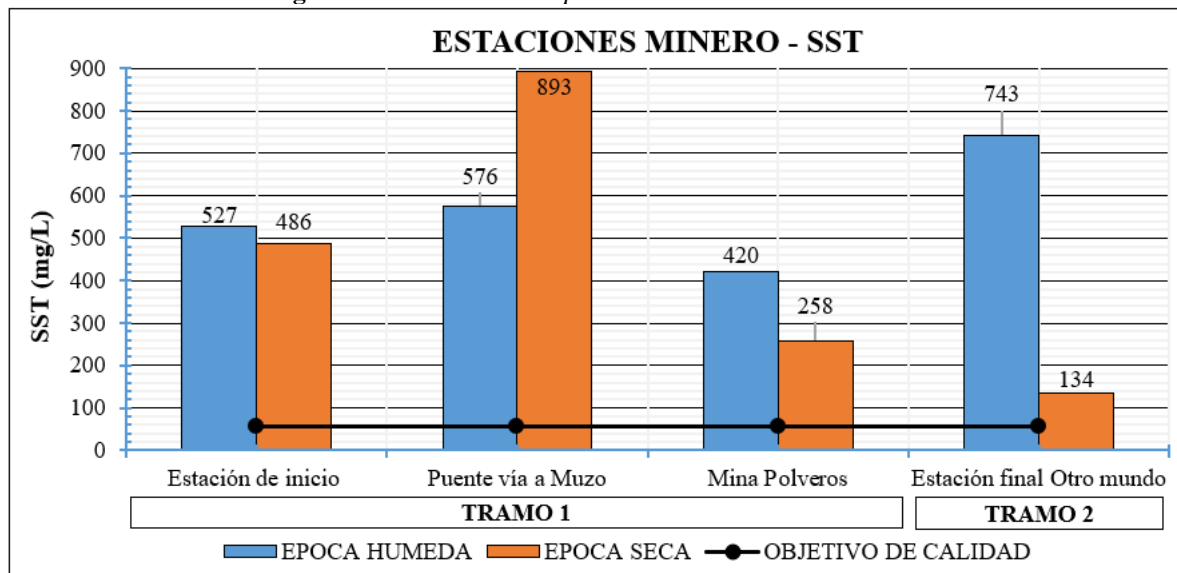
fenómeno presentado por actividades de extracción y descapote de material vegetal. Aunque es un parámetro que varía conforme a la época y al sitio de monitoreo, es representativo para evaluar la calidad para el uso del recurso hídrico en las diferentes actividades económicas de la cuenca.

Tabla 19. Resultados SST para las Estaciones de monitoreo.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	486	527	55
	Río Minero - Puente Vía Muzo	893	576	
	Río Minero - Mina Polveros	258	420	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	134	743	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 21. Resultados SST para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Con respecto a la naturaleza del resultado obtenido por la ejecución de dos campañas de monitoreo con respecto al parámetro de calidad, sólidos suspendidos totales, se determina que los afluentes de la corriente principal son aportantes de sólidos suspendidos totales, en especial la fuente denominada *Quebrada Itoco*, que al observar el comportamiento del resultado, en las dos jornadas de monitoreo, presenta similitudes, por lo cual confirma la afectación del recurso por actividades antrópicas, agrícolas, e industriales. De otra parte, la quebrada Ibacapí muestra concentraciones mayores a 900 mg/L de SST, afectando la entrada de luz y por ende el desarrollo de la vida acuática. Por otra parte, la concentración de los sólidos suspendidos totales



Corpoboyacá

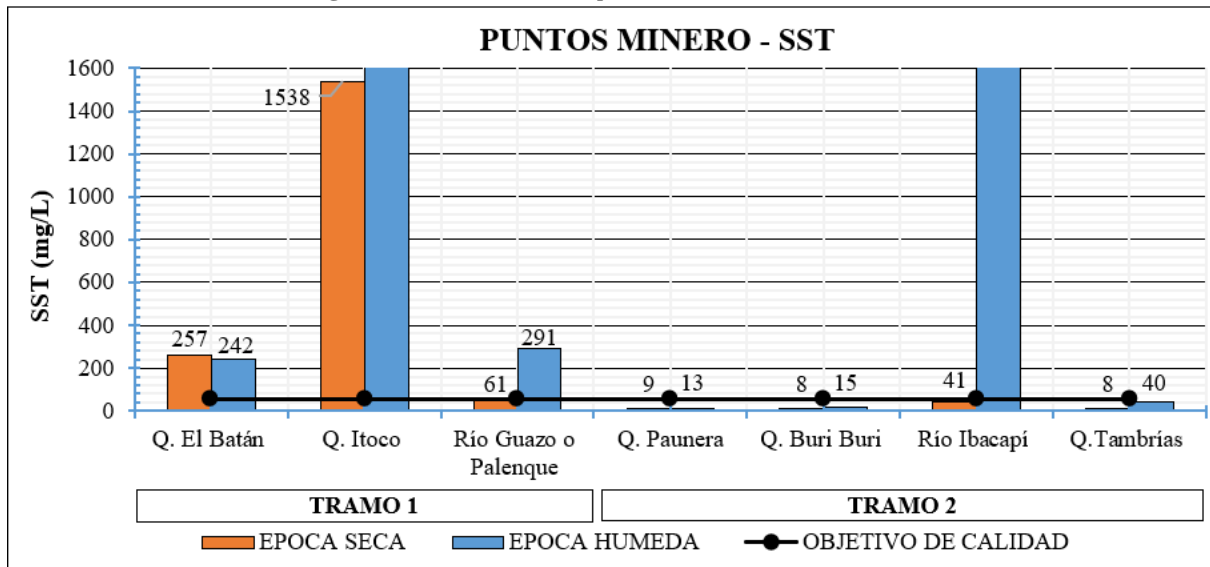
del agua de las fuentes denominadas, *Quebrada Paunera*, *Quebrada Buri Buri* y *Quebrada Tambrías* se acerca al cumplimiento del objetivo de calidad esperado a mediano plazo (2027).

Tabla 20. Resultados SST para los Puntos de monitoreo.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	257	242	55
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	1538	2275	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	61	291	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	9	13	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	8	15	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	41	17375	
	Quebrada Tambrías	8	40	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 22. Resultados SST para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

• **Sólidos Disueltos Totales:**

Los sólidos disueltos totales – SDT representan la cantidad de metales, sales y minerales presentes en el agua y es un buen indicador de la calidad de la misma (Bauder & Singler, s.f) elevadas concentraciones de este indicador se consideran perjudiciales para la salud humana por lo cual la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América EPA-EU sugiere que el valor de esta variable no supere concentraciones superiores a los 500 mg/L. Con respecto a lo anterior y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo realizadas en la corriente principal de la cuenca del río Carare-Minero, se evidencia que las concentraciones obtenidas no superan los 450 mg/L establecidos por el objetivo de



Corpoboyacá

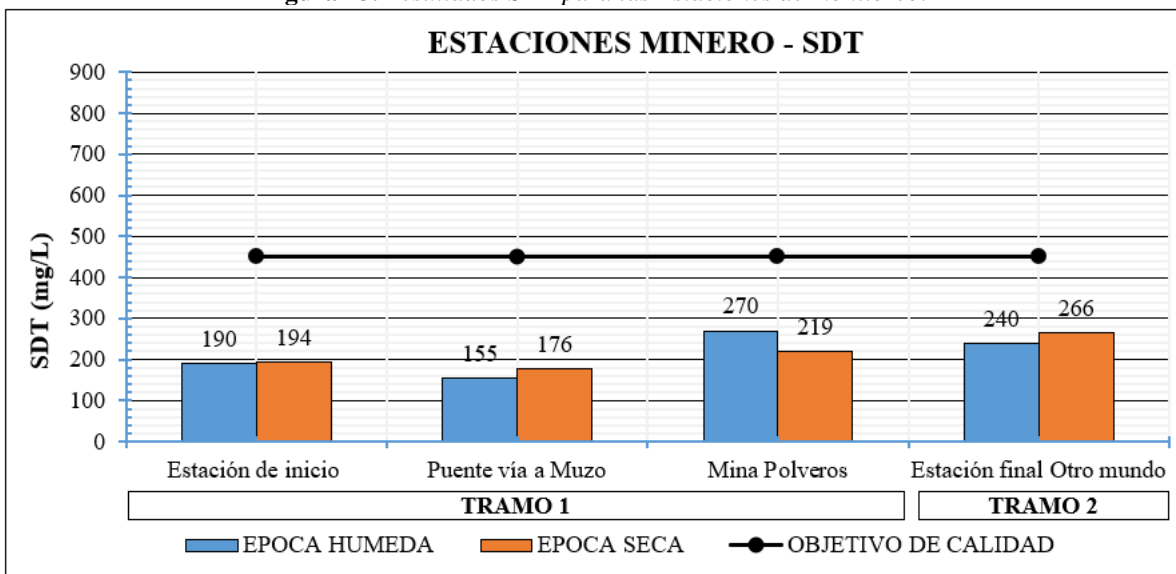
calidad a mediano plazo (2027). Y por tanto, la calidad del agua con respecto a la incidencia de contaminación por elevadas concentraciones de sólidos disueltos totales no es representativa en la cuenca.

Tabla 21. Resultados SDT para las Estaciones de monitoreo.

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	194	190	450
	Río Minero - Puente Vía Muzo	176	155	
	Río Minero - Mina Polveros	219	270	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	266	240	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 23. Resultados SDT para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

En cuanto a los sólidos disueltos totales identificados en las muestras de agua de los afluentes de la corriente principal de la cuenca del río Carare-Minero, se observó que sus promedios, se encuentran dentro de lo aceptado por la Resolución 2554 de fecha 12 de diciembre de 2021 de Corpoboyacá, para el uso industrial y estético. Sin embargo, para la fuente *Quebrada Itoco* los niveles de sólidos disueltos totales, se encuentran por encima del límite permisible, según la normatividad referenciada. Por lo cual, se infiere que el agua de la muestra de esta fuente podría contener metales, sales y minerales que afectan la salud humana, la salud de animales y el crecimiento de cultivos.

Tabla 22. Resultados SDT para los Puntos de monitoreo.

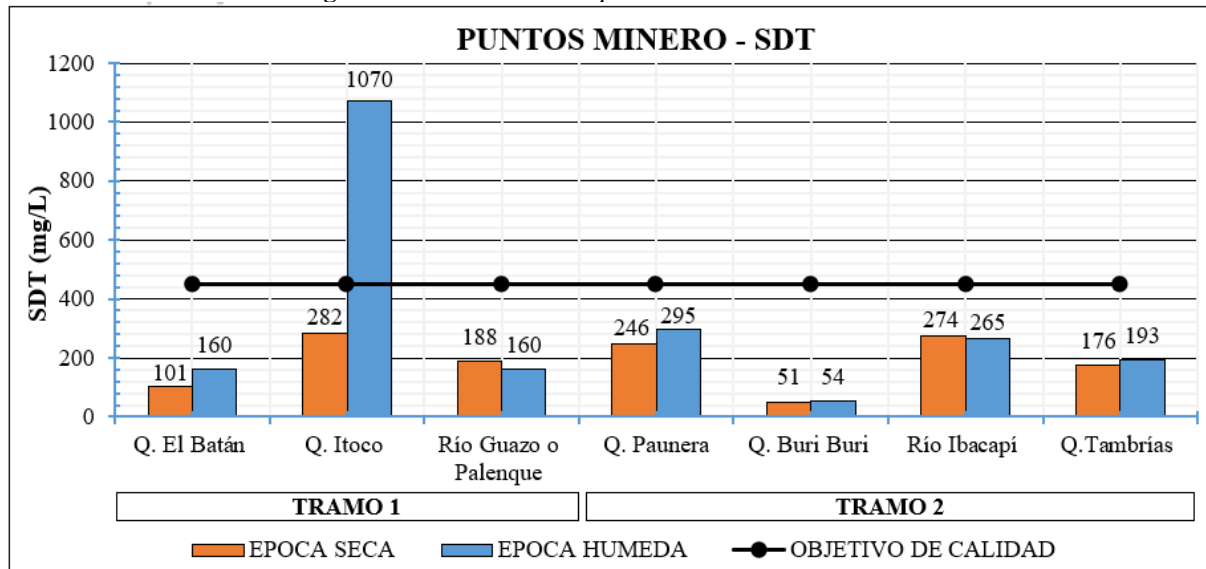


Corpoboyacá

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	101	160	450
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	282	1070	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	188	160	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	246	295	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	51	54	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	274	265	
	Quebrada Tambrías	176	193	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 24. Resultados SDT para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

• **Sólidos Sedimentables:**

Los sólidos sedimentables representan la cantidad de material que sedimenta por un determinado tiempo (Pérez, 2017) y su determinación se realiza mediante el método directo del Cono Imhoff. Los valores obtenidos en los análisis de las muestras de las estaciones de calidad sobre la corriente principal de la cuenca del río Carare-Minero reportan un rango inferior a 4 mL/L para la estación *final Otro Mundo* y rangos superiores a 0.1 mL/L para las estaciones, *Inicio, Mina Polveros y Puente vía a Muzo*. Las cifras de sólidos sedimentables obtenidas en las dos campañas de monitoreo, son variables y representan las partículas con tamaño mayor a 0.01 mm. La identificación de este parámetro, muestra la cantidad de partículas sedimentables provenientes de la acción del arrastre y soporte del movimiento del agua.

Tabla 23. Resultados SSed para las Estaciones de monitoreo.



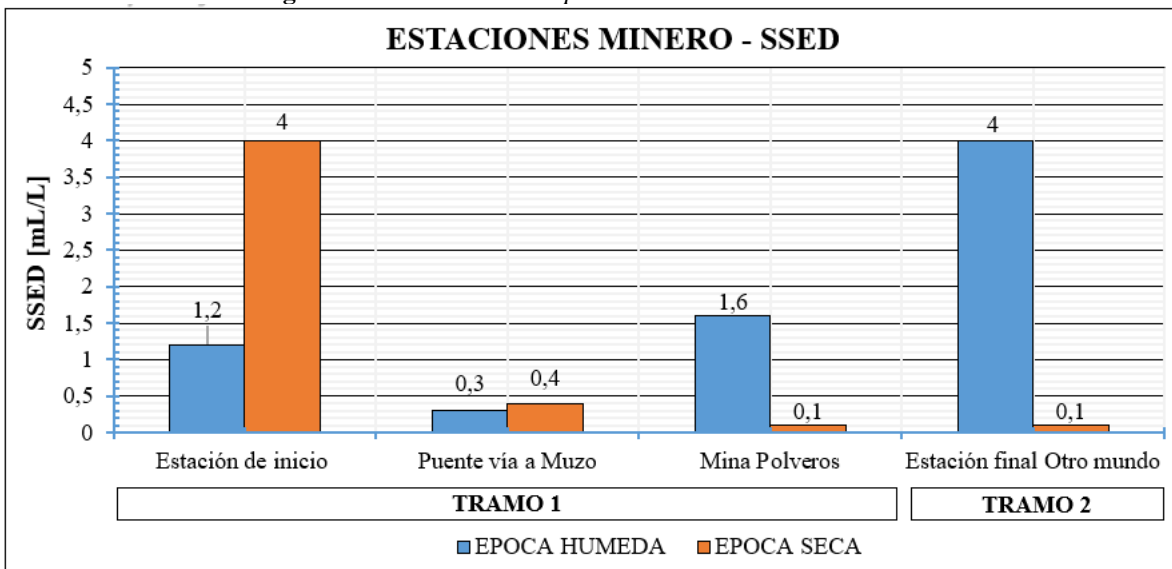


Corpoboyacá

SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	4	1,2	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,4	0,3	
	Río Minero - Mina Polveros	0,1	1,6	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,1	4	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 25. Resultados SSed para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

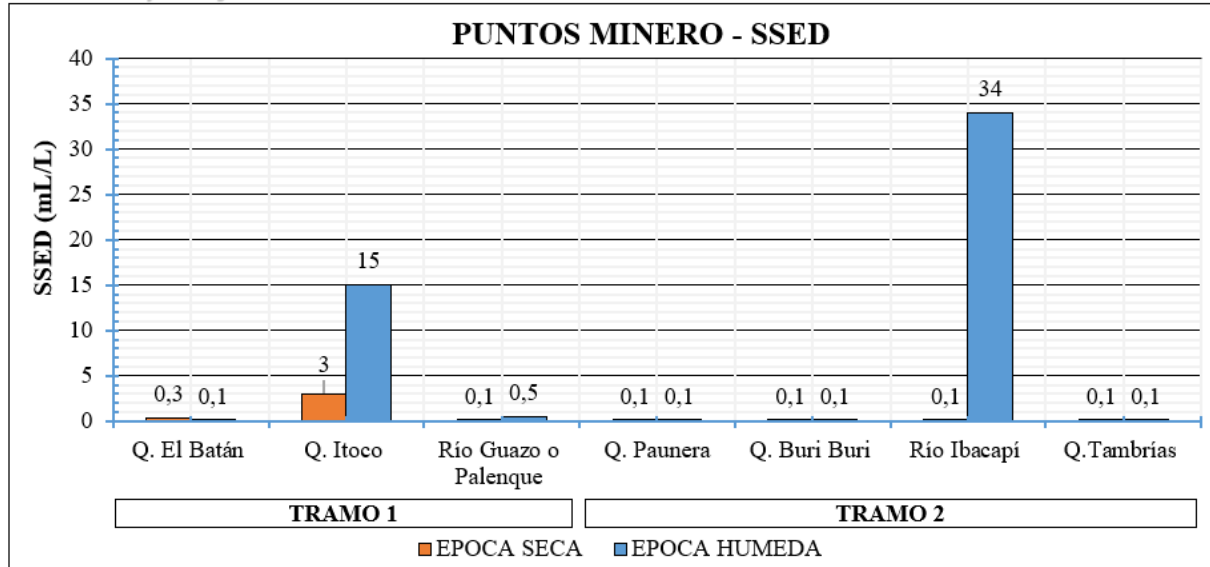
La calidad del agua dada para los afluentes de la corriente principal de la cuenca del río Carare-Minero, determinada por el resultado de los sólidos suspendidos muestra niveles considerables para las fuentes *Río Ibacapí* y *Quebrada Itoco*, indicando una alta concentración de material particulado grueso, posiblemente producto de la actividad de extracción de minerales. A nivel general de los afluentes, las cifras de sólidos sedimentables se encuentran por debajo de los resultados de sólidos suspendidos, por lo que se puede interpretar que predominan los sólidos suspendidos y disueltos en la calidad de los afluentes, reflejando el aporte de material particulado fino producto de la heterogeneidad en cuanto al origen del agua.

Tabla 24. Resultados SSed para los Puntos de monitoreo.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	0,3	0,1	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	3	15	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,1	0,5	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,1	0,1	-
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,1	0,1	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,1	34	
	Quebrada Tambrías	0,1	0,1	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 26. Resultados SSED para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

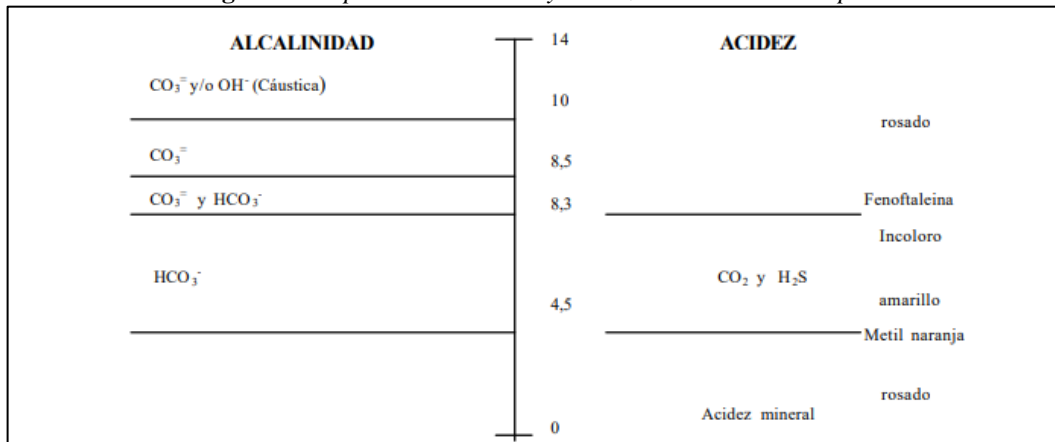
5.2.2.5. Acidez y Alcalinidad.

De acuerdo con Rojas (2000) la acidez en el agua se define como la capacidad que tiene el agua para neutralizar bases, cuyos principales representantes son iones H^+ CO_2 . El dióxido de carbono CO_2 es el causante más común de la acidez en el agua y puede formar carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) los cuales acidifican el medio. La norma de objetivos de calidad no define un referente para el parámetro de acidez, sin embargo, su valor se puede comparar con el resultado de la medición del pH dado que este último representa las concentraciones del ion de hidrogeno y por consiguiente se relaciona con la acidez y la alcalinidad del agua. (Ver Figura 27)



Corpoboyacá

Figura 27. Tipos de alcalinidad y acidez en relación con el pH.



Fuente: Rojas, 2000.

En ese orden, el análisis de la acidez en la estación *Inicio* indica una cifra superior al resultado del análisis de las estaciones, *Vía a Muzo*, *Mina Polveros* y *Otro Mundo*. No obstante; al revisar los valores obtenidos de pH en la *Estación Inicio* (pH= 7.97 – 8.08 Unidades) se evidencia que el nivel de pH muestra tendencia básica (Básico pH>7), por lo cual, a partir de la relación existente entre pH y Acidez no es congruente los resultados para la Acidez por lo que pudo haberse tratado de un error en la técnica de determinación.

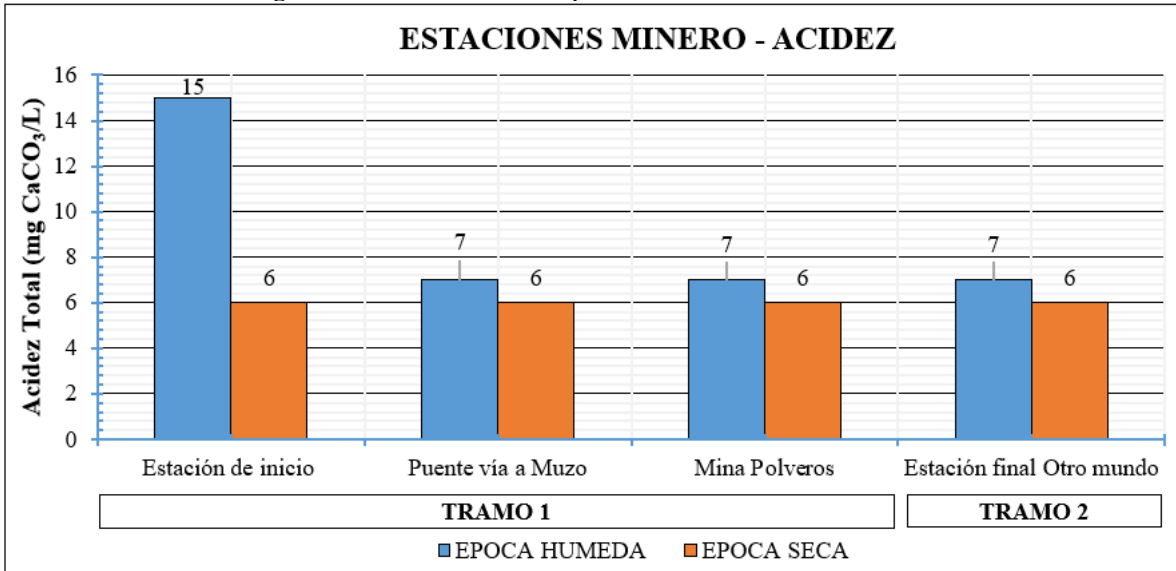
Es de resaltar que los valores reportados por el laboratorio Analquim Ltda. para la época seca con respecto a la acidez en las distintas estaciones del río Minero; se encuentran inferiores al límite de mínimo cuantificación (Límite Cuantificación Acidez = < 6 mg CaCO₃/L). por lo cual, las cifras identificadas no representan el valor verdadero de la acidez, pero si indica una calidad aceptable, propicia para el desarrollo de la biota acuática.

Tabla 25. Resultados Acidez - Alcalinidad para las Estaciones de monitoreo.

ACIDEZ – ALCALINIDAD (mg/L)						
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca Alcalinidad	Época Seca Acidez	Época Húmeda Alcalinidad	Época Húmeda Acidez	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	63	6	68	15	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	60	6	57	7	
	Río Minero - Mina Polveros	65	6	85	7	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	84	6	67	7	

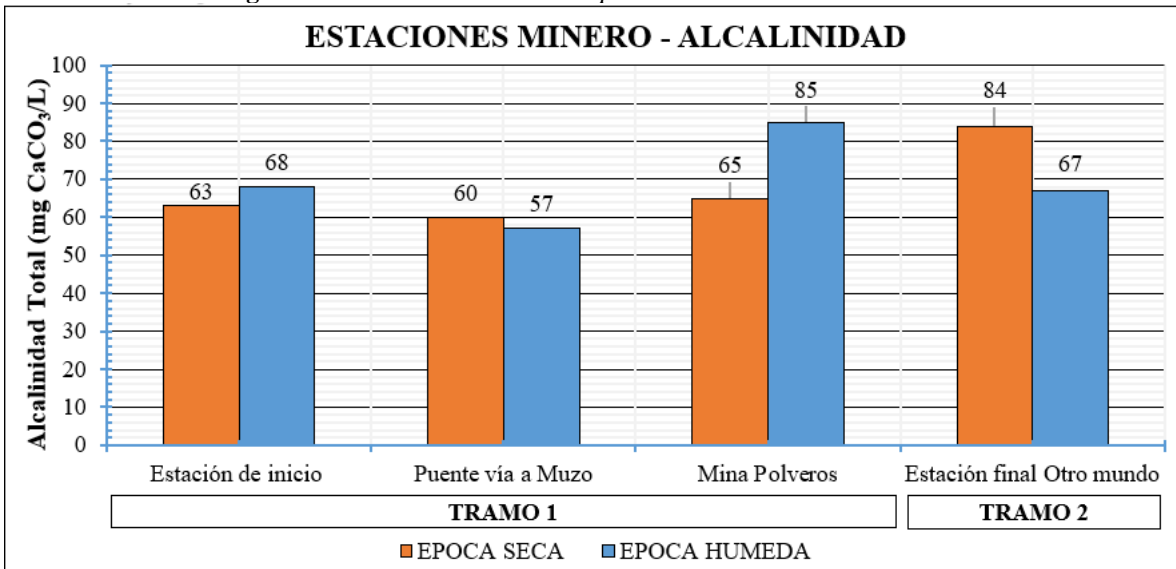
Fuente: Corpoboyacá.

Figura 28. Resultados Acidez para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 29. Resultados Alcalinidad para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

La alcalinidad en el agua al contrario de la acidez, cuantifica la capacidad para neutralizar ácidos de acuerdo a su contenido de iones, carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), iones hidroxilo (OH^-), estos últimos reaccionan con la molécula del agua basificado más el medio. Teniendo en cuenta los tipos de alcalinidad representados en la Figura 27 y el resultado de pH obtenido tanto para estaciones como puntos de monitoreo de la cuenca del río Carare-Minero; se observa que la alcalinidad presente está representada por los iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-).



Corpoboyacá

Al evidenciar presencia de los iones carbonatos y bicarbonatos suele haber abundancia de nutrientes (medio eutrófico).

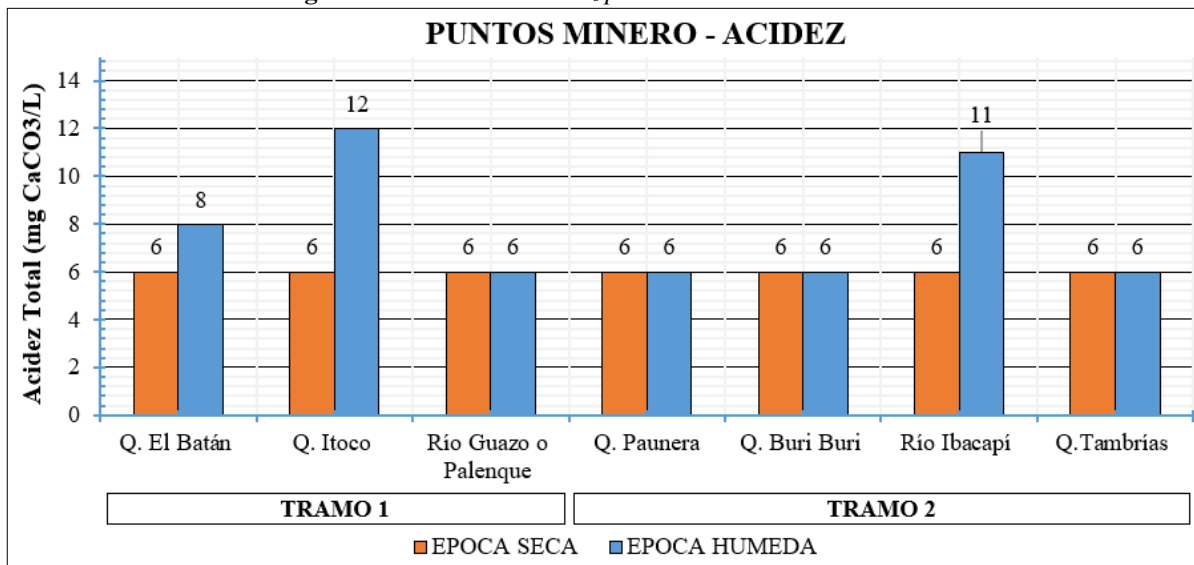
En otro contexto, la alcalinidad es una variable que incide en el funcionamiento de las redes de distribución de agua para consumo humano en especial las redes domiciliarias porque al presentar niveles elevados de alcalinidad acorta la vida útil de las tuberías, calentadores, accesorios y dispositivos en el hogar. De allí, la importancia de evaluar el uso del agua para consumo humano a partir de las cifras de parámetros representativos como la alcalinidad.

Tabla 26. Resultados Acidez - Alcalinidad para los Puntos de monitoreo.

ACIDEZ – ALCALINIDAD (mg/L)						
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca Alcalinidad	Época Seca Acidez	Época Húmeda Alcalinidad	Época Húmeda Acidez	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	67	6	66	8	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	92	6	76	12	
	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	45	6	19	6	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	76	6	69	6	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	23	6	25	6	
	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	137	6	99	11	
	Quebrada Tambrías	76	6	81	6	

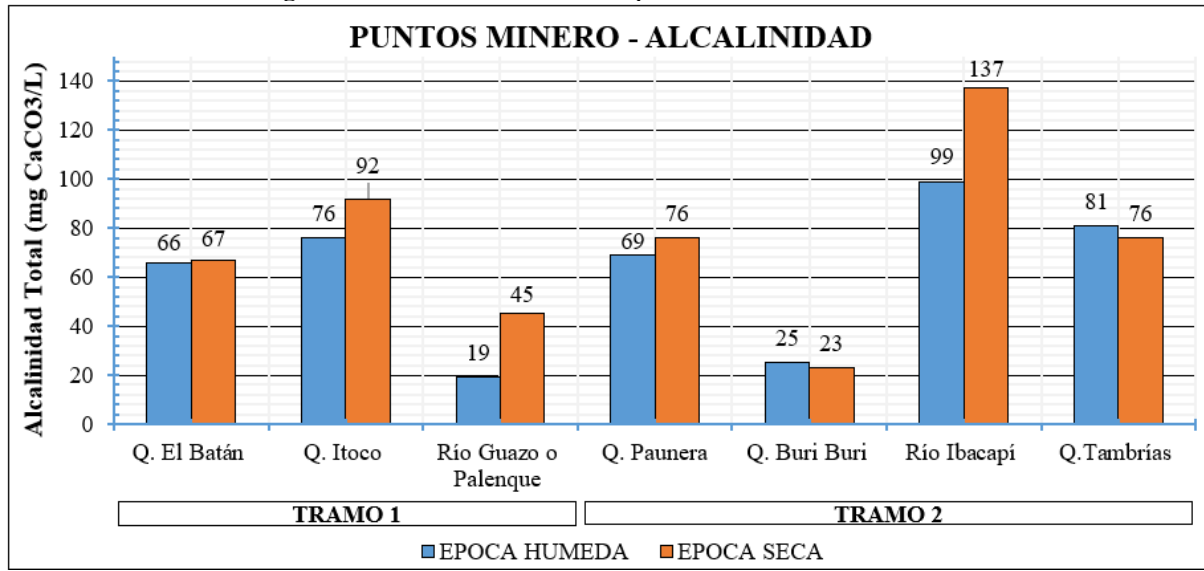
Fuente: Corpoboyacá.

Figura 30. Resultados Acidez para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 31. Resultados Alcalinidad para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

5.2.2.6. Análisis microbiológico.

Los límites normativos definidos para los Coliformes tanto en la Resolución 1315 de 2020, la cual se adoptan los Criterios de Calidad en la jurisdicción de Corpoboyacá como en la Resolución 2554 de 2021, en la cual se definen los objetivos de calidad de la cuenca del río Carare-Minero, se establecen en las unidades de NMP (Número más probable), mientras que las unidades requeridas para el análisis de los parámetros de Coliformes corresponden a UFC (Unidades Formadoras de Colonias). Al no existir una conversión directa por efecto de la diferencia procedimental del análisis, no se considera procedente una comparación normativa para dichos parámetros.

- **Coliformes totales:**

Las concentraciones de Coliformes Totales pueden ser generadas por origen ambiental y de acuerdo con las observaciones realizadas en campo el aumento de este parámetro en época húmeda se puede deber a procesos de degradación de material vegetal como aumento en el arrastre de sedimentos en la *Estación Mina Polveros*, también en este punto existe un punto de explotación de esmeraldas y pueden verter directamente al río, sin embargo, en el punto de *Quebrada Tambrías* el aumento de este parámetro se puede deber a actividad antrópica-ganadera, cerca al punto de monitoreo.

Tabla 27. Resultados Coliformes Totales para las Estaciones de monitoreo.

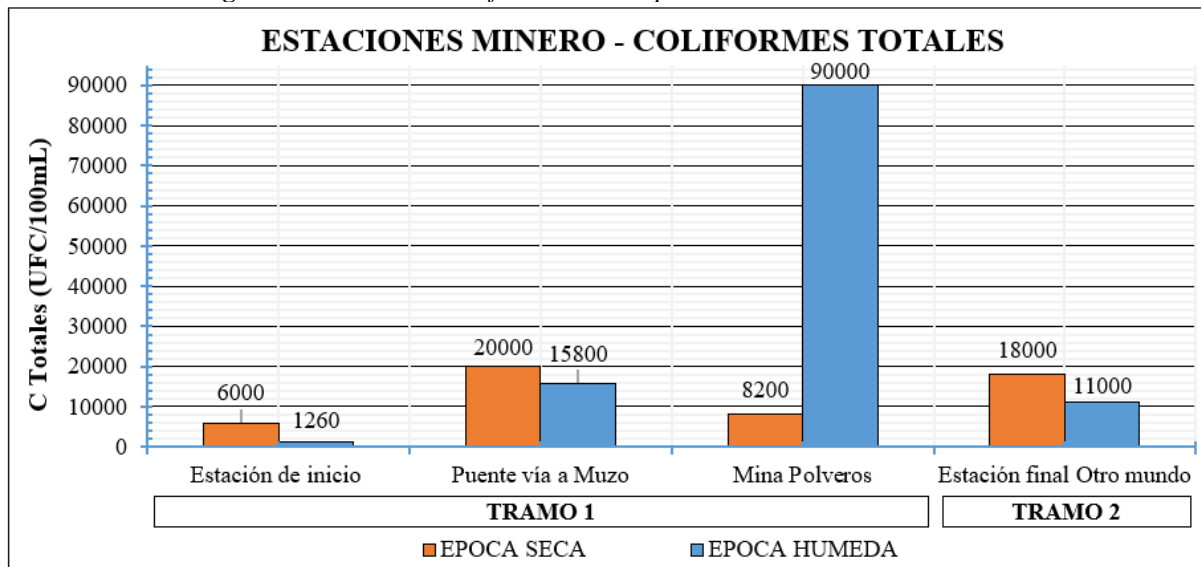


Corpoboyacá

COLIFORMES TOTALES (UFC/100mL)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	6.000	1.260	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	20.000	15.800	
	Río Minero - Mina Polveros	8.200	90.000	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	18.000	11.000	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 32. Resultados Coliformes Totales para las Estaciones de monitoreo.



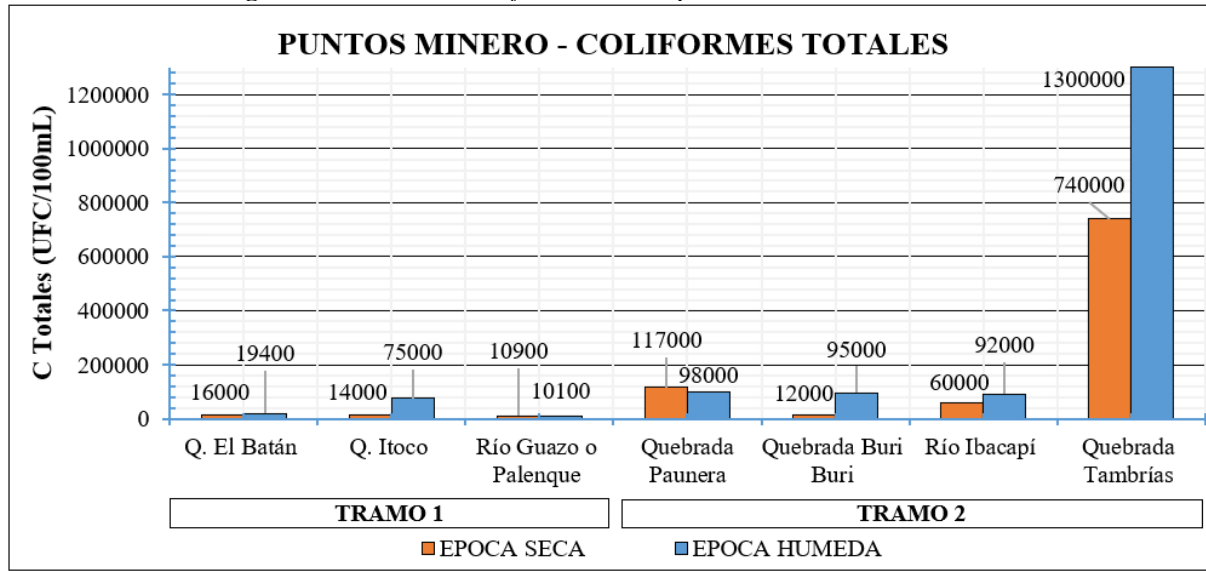
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 28. Resultados Coliformes Totales para los Puntos de monitoreo.

COLIFORMES TOTALES (UFC/100mL)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	16.000	19.400	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	14.000	75.000	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	10.900	10.100	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	117.000	98.000	-
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	12.000	95.000	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	60.000	92.000	
	Quebrada Tambrías	740000	1.300.000	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 33. Resultados Coliformes Totales para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

- Coliformes Termotolerantes:**

Los coliformes Termotolerantes crecen proporcionalmente a la materia orgánica que se encuentra en la fuente hídrica, como las aguas residuales industriales, la materia vegetal y el suelo en descomposición; en este caso las características del ecosistema en la estación final otro mundo es Selva húmeda tropical vegetal, este al estar cerca de la serranía de las Quinchas, cuenta con suelos fértiles para cultivos, estos pueden influir de manera representativa a este parámetro, de igual manera en el punto de quebrada Tambrías este aumento de 83.000 UFC/100ml se puede deber a que realizan vertimientos de aguas residuales a esta fuente, de igual manera la actividad ganadera afecta el suelo.

Tabla 29. Resultados Coliformes Termotolerantes para las Estaciones de monitoreo.

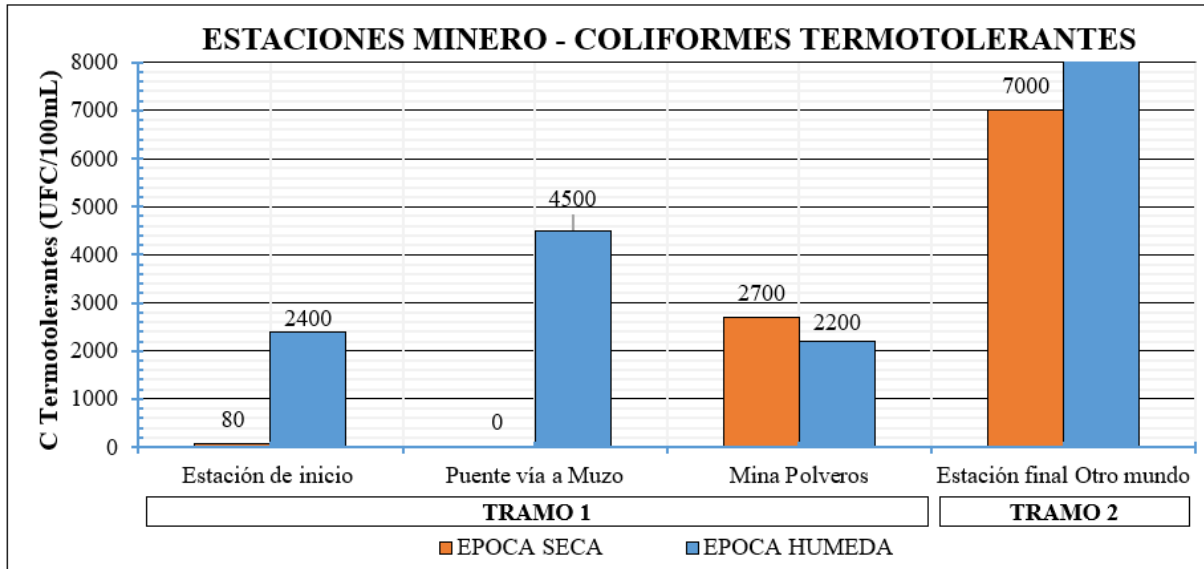
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (UFC/100mL)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	80	2.400	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0	4.500	
	Río Minero - Mina Polveros	2.700	2.200	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	7.000	46.000	

Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

Figura 34. Resultados Coliformes Termotolerantes para las Estaciones de monitoreo.



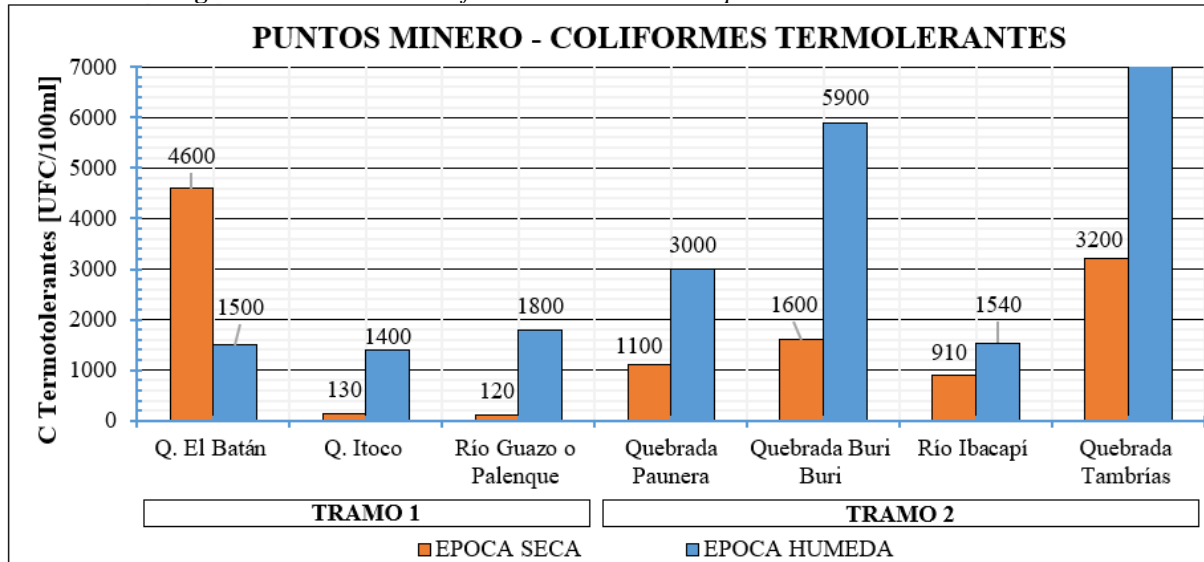
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 30. Resultados Coliformes Termotolerantes para los Puntos de monitoreo.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (UFC/100mL)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	4.600	1.500	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	130	1.400	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	120	1.800	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	1.100	3.000	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	1.600	5.900	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	910	1.540	
	Quebrada Tambrías	3.200	83.000	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 35. Resultados Coliformes Termotolerantes para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

• *E. Coli*:

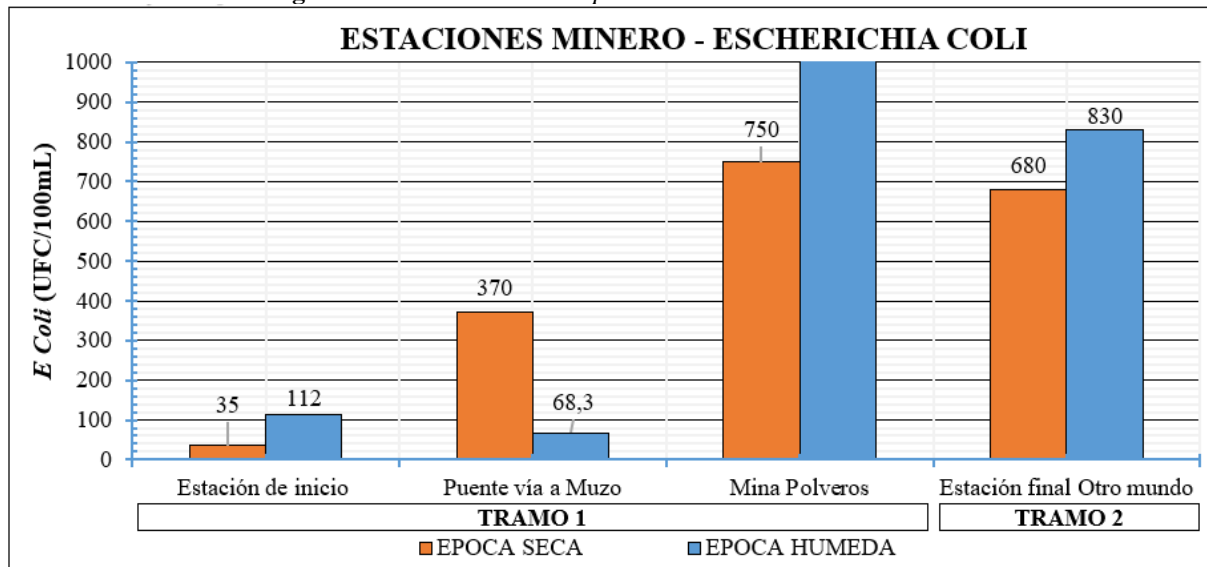
La *E. Coli* forma la mayor parte de la flora comensal aeróbica y anaeróbica facultativa del tracto digestivo y se excreta en las heces, por lo que no es raro encontrarla en el medio ambiente, donde puede sobrevivir durante un cierto periodo de tiempo. en agua y alimentos, por lo que su secuestro es un indicador de contaminación fecal reciente. Puede interferir en procesos patológicos como la producción de enfermedades intestinales, diarreas y diversas infecciones extraintestinales.

Tabla 31. Resultados E-Coli para las Estaciones de monitoreo.

ESCHERICHIA COLI (UFC/100mL)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	35	112	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	370	68,3	
	Río Minero - Mina Polveros	750	5.900	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	680	830	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 36. Resultados E-Coli para las Estaciones de monitoreo.



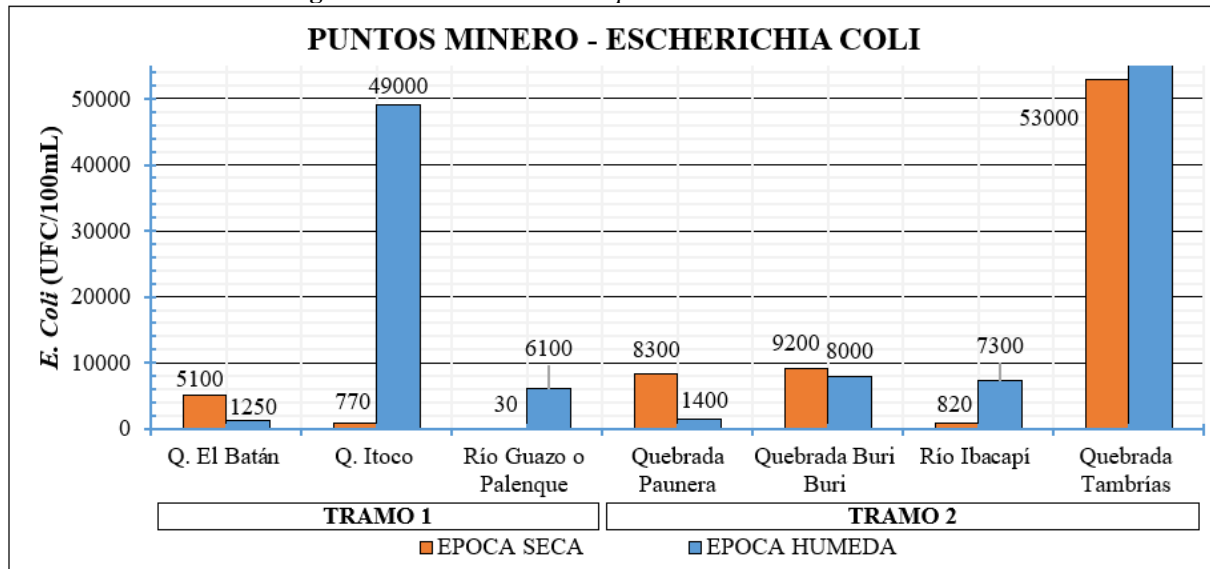
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 32. Resultados E-Coli para los Puntos de monitoreo.

ESCHERICHIA COLI (UFC/100mL)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	5.100	1.250	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	770	49.000	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	30	6.100	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	8.300	1.400	-
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	9.200	8.000	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	820	7.300	
	Quebrada Tambrías	53.000	109.000	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 37. Resultados E-Coli para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

La *E. Coli* se presenta en grandes cantidades en la *Estación Mina polveros* y en el punto *Quebrada Tambrías* en época húmeda, ya que, en estos puntos existe una actividad antrópica cerca de las fuentes hídricas, en el caso de la *Mina polveros* existe un casino de la Mina de extracción de esmeraldas donde puede que en dicha actividad económica no realicen un debido tratamiento de aguas residuales.

5.2.2.7. Fósforos.

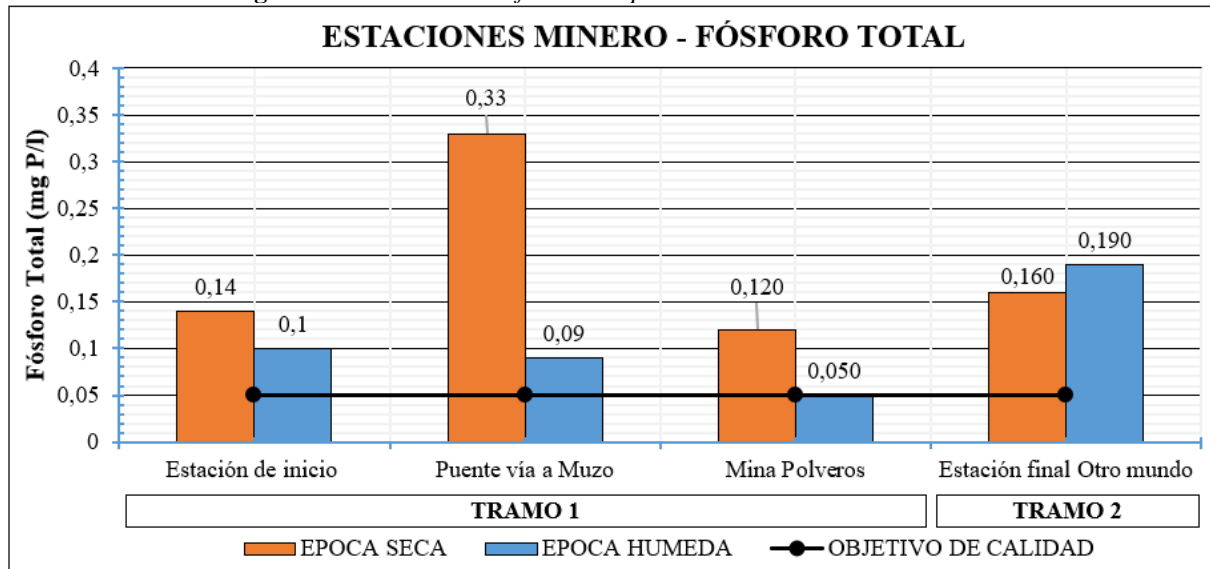
- **Fósforo Total:**

Tabla 33. Resultados Fósforo Total para las Estaciones de monitoreo.

FÓSFORO TOTAL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,14	0,1	0,05
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,33	0,09	
	Río Minero - Mina Polveros	0,120	0,050	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,160	0,190	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 38. Resultados Fósforo Total para las Estaciones de monitoreo.



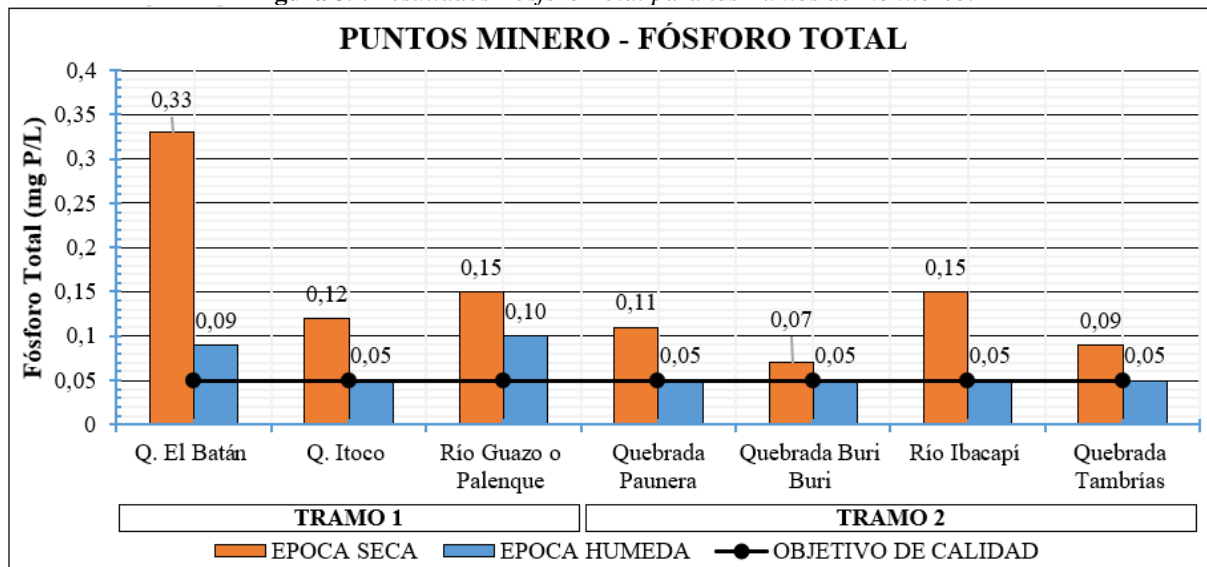
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 34. Resultados Fósforo Total para los Puntos de monitoreo.

FÓSFORO TOTAL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	0,33	0,09	0,05
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,12	0,05	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,15	0,10	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,11	0,05	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,07	0,05	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,15	0,05	
	Quebrada Tambrías	0,09	0,05	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 39. Resultados Fósforo Total para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.



El fósforo es un nutriente vital para la eutrofización, este se genera a partir de sedimentos producidos en zonas urbanas o industriales y por fertilizantes en zonas rurales. En este caso, en las estaciones del río Minero se evidencia que sobrepasan el límite permisible de la Resolución 2554 de 2021, por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad en la cuenca del río Carare-Minero a mediano y largo plazo, con concentraciones máximas de 0.05 mg P/L, esto se debe a que en la zona del tramo 1 existe actividad minera de extracción de esmeraldas y se generan depósitos. Por otra parte, para los puntos de monitoreo en los afluentes al río Minero se cumple con el valor límite permisible en época húmeda.

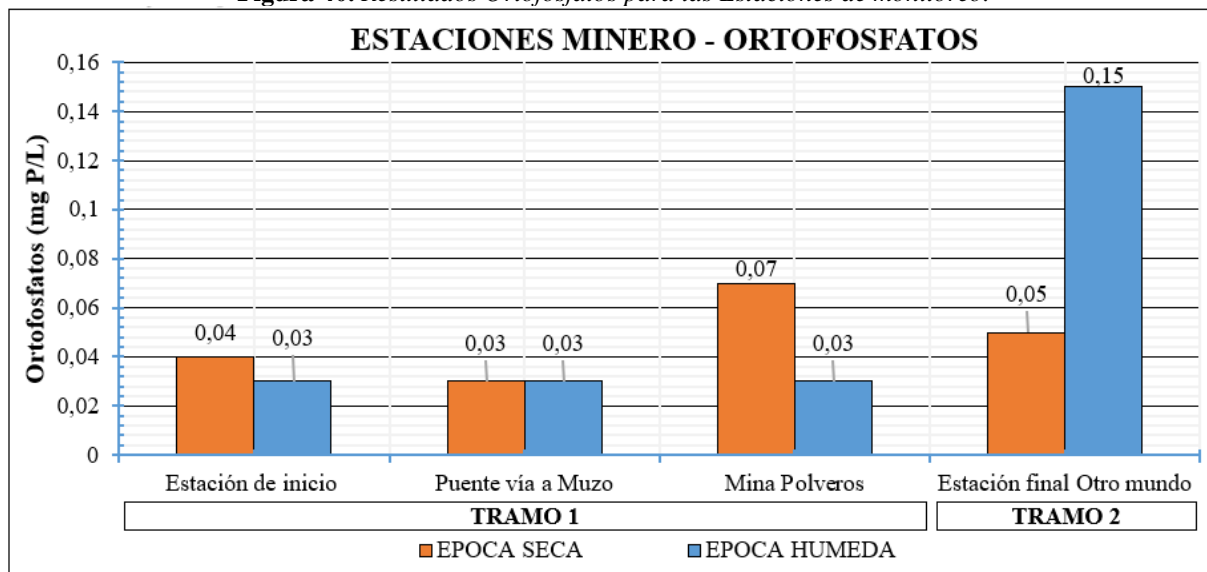
• **Ortofosfatos:**

Tabla 35. Resultados Ortofosfatos para las Estaciones de monitoreo.

ORTOFOSFATOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,04	0,03	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,03	0,03	
	Río Minero - Mina Polveros	0,07	0,03	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,05	0,15	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 40. Resultados Ortofosfatos para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 36. Resultados Ortofosfatos para los Puntos de monitoreo.

ORTOFOSFATOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,03	0,03	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,07	0,03	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,05	0,05	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,06	0,03	

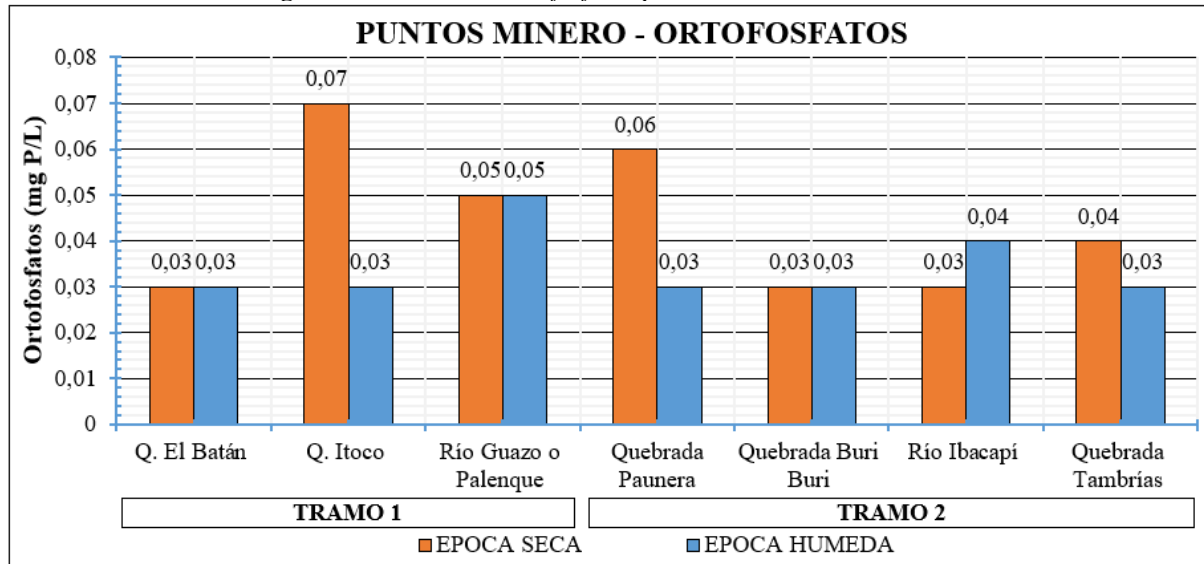


Corpoboyacá

ORTOFOSFATOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,03	0,03	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,03	0,04	
	Quebrada Tambrías	0,04	0,03	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 41. Resultados Ortofosfatos para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Los ortofosfatos a lo largo de la cuenca del río Carare-Minero presentan concentraciones muy bajas, por tal motivo, tienden a absorberse y sedimentarse. En el caso de la *Estación final Otro Mundo*, arroja una concentración de 0.15 mg P/L siendo el valor más alto en época húmeda. En esta zona los drenajes agrícolas arrastrados por la lluvia a cuerpos de agua profundos con un alto caudal; por un lado, pueden sobre estimular el crecimiento exponencial de microorganismos acuáticos fotosintéticos, o, por el contrario, llegar a contaminar el nivel freático. Sin embargo, todos las estaciones y puntos de monitoreo se encuentran por debajo del límite permisible para ortofosfatos a largo plazo (2037) con una concentración de 2 mg P/L en la Resolución 2554 del 22 de 2021, por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad en la cuenca del río Carare-Minero.

- **Fósforo Soluble:**

Tabla 37. Resultados Fósforo Soluble para las Estaciones de monitoreo.

FÓSFORO SOLUBLE (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,03	0,09	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,03	0,08	

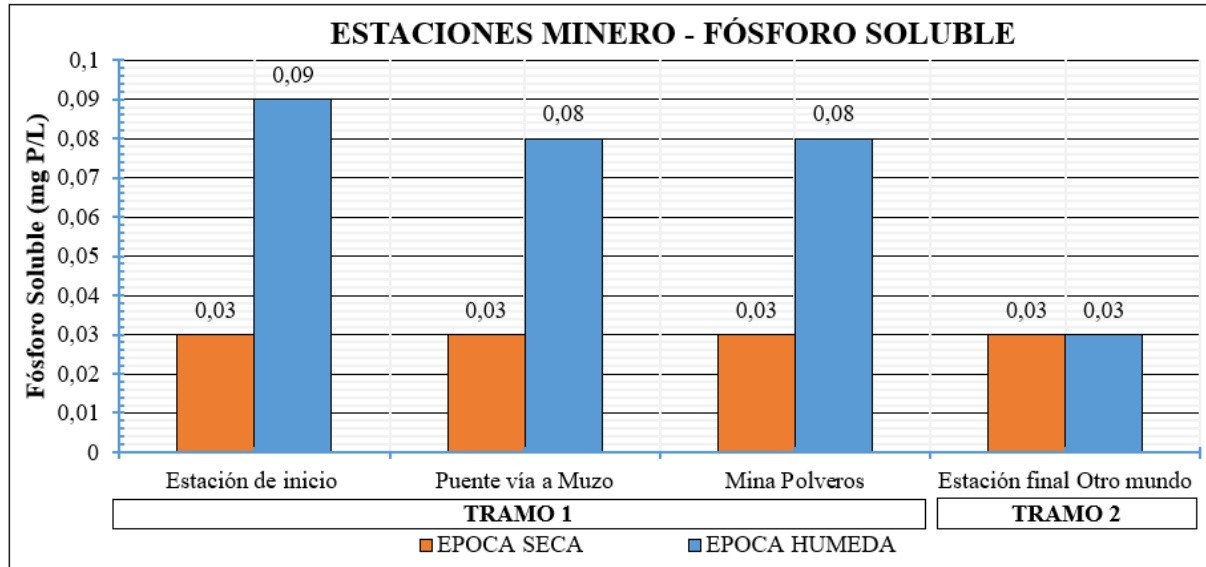


Corpoboyacá

FÓSFORO SOLUBLE (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
	Rio Minero - Mina Polveros	0,03	0,08	
2	Rio Minero Estación Final Otro Mundo	0,03	0,03	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 42. Resultados Fósforo soluble para las Estaciones de monitoreo.



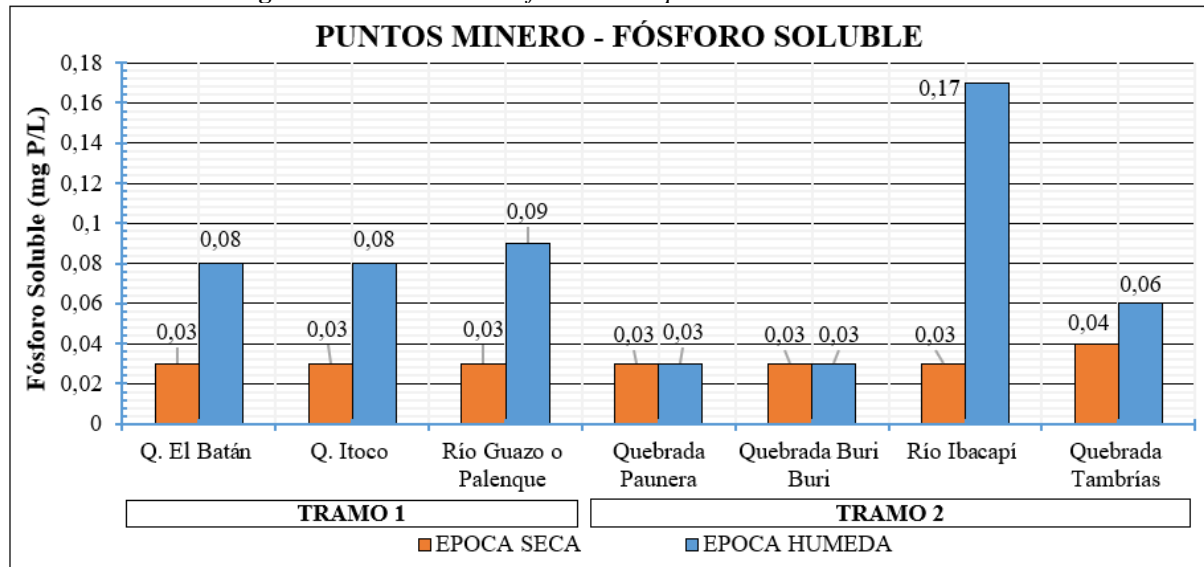
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 38. Resultados Fósforo Soluble para los Puntos de monitoreo.

FÓSFORO SOLUBLE (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,03	0,08	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,03	0,08	
	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,03	0,09	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,03	0,03	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,03	0,03	
	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,03	0,17	
	Quebrada Tambrías	0,04	0,06	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 43. Resultados Fósforo Soluble para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Se puede evidenciar que el fósforo soluble aumenta su concentración drásticamente en la época húmeda debido a que la presencia de este tipo de fósforo en los cuerpos de agua proviene generalmente del uso de fertilizantes, jabones, detergentes o del suelo. En el tramo 1 (estaciones y puntos de monitoreo) se realizan actividades de explotación generando un impacto en el la tierra que a su vez afecta al suelo generando inestabilidad en la tierra y aumenta la sedimentación. Por otra parte, en el tramo 2 (los afluentes-puntos de monitoreo) aumentan significativamente su concentración, ya que los municipios vierten directamente sus aguas residuales a las fuentes hídricas como es el caso del Casco Urbano del municipio de Otanche a la *Quebrada Tambrías*, con respecto al *Río Ibacapí*, las condiciones geológicas (formación de laja) tienden a generar sedimentos en el río naturalmente.

5.2.2.8. Especies nitrogenadas.

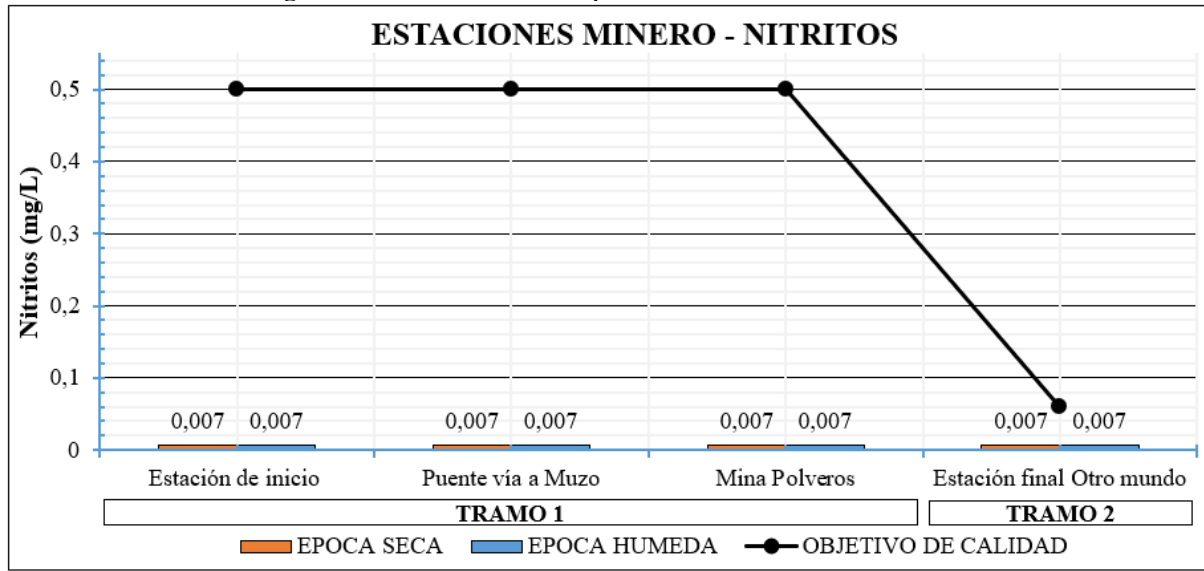
- *Nitritos:*

Tabla 39. Resultados Nitritos para las Estaciones de monitoreo.

NITRITOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,007	0,007	0,5
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,007	0,007	
	Río Minero - Mina Polveros	0,007	0,007	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,007	0,007	0,06

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 44. Resultados Nitritos para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

La grafica nos representa un comportamiento homogéneo de la corriente principal del río Minero con relación a la concentración de Nitritos reportados en la primera y segunda campaña de monitoreo (Época húmeda y seca) tanto para el tramo 1 como tramo 2, las concentraciones reportadas se encuentran dentro de los límites permisibles, representando una calidad de agua oxigenada. La comparación se da con los objetivos de calidad a largo plazo según la Resolución 2554 de 2021, donde los valores para este parámetro son de 0,5 y 0,06 mg/L para Tramo 1 y 2 respectivamente. Por lo tanto, los resultados en todas las estaciones y puntos de monitoreo cumplen con el objetivo a 2037.

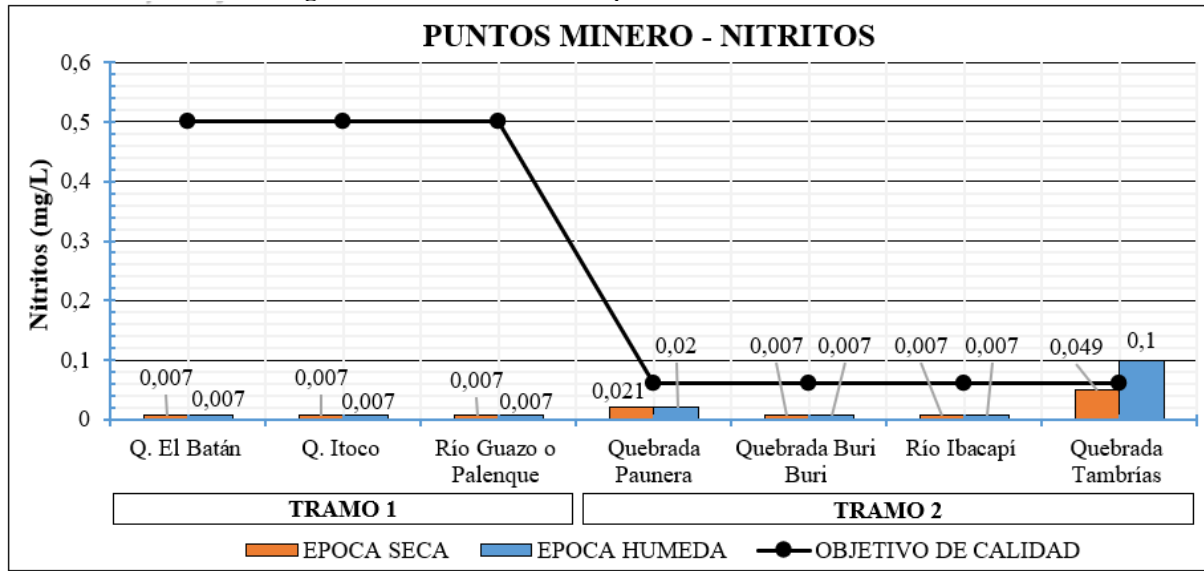
Sí las concentraciones fluctuaran entre valores de 0.1 y 0.9 mg/L de Nitritos reflejarían contaminación de origen fecal y se podría presentar problemas de toxicidad dependiendo del pH que tenga el cuerpo hídrico generando así daños en la fauna y flora del río (Prat et al., 1996).

Tabla 40. Resultados Nitritos para los Puntos de monitoreo.

NITRITOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	0,007	0,007	0,5
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,007	0,007	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,007	0,007	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,021	0,02	0,06
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,007	0,007	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,007	0,007	
	Quebrada Tambrías	0,049	0,1	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 45. Resultados Nitritos para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Como se puede observar en la gráfica de resultados las concentraciones reportadas en los puntos de monitoreo del tramo Uno tienen un valor constante de 0,007 mg/L de Nitritos, en el tramo dos se denota un incremento de esta concentración en la *Quebrada Paunera* con un promedio de 0,02 mg/L de Nitritos en las dos épocas caracterizadas (Época seca y Época húmeda) y en la *Quebrada Tambrias* donde se reportó un incremento en Época húmeda (0,1 mg/L) y en Época seca (0,049 mg/L), lo cual se puede deber a arraste de material sólido y de tierra que se da a causa de las precipitaciones. No obstante estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos.

- **Nitratos:**

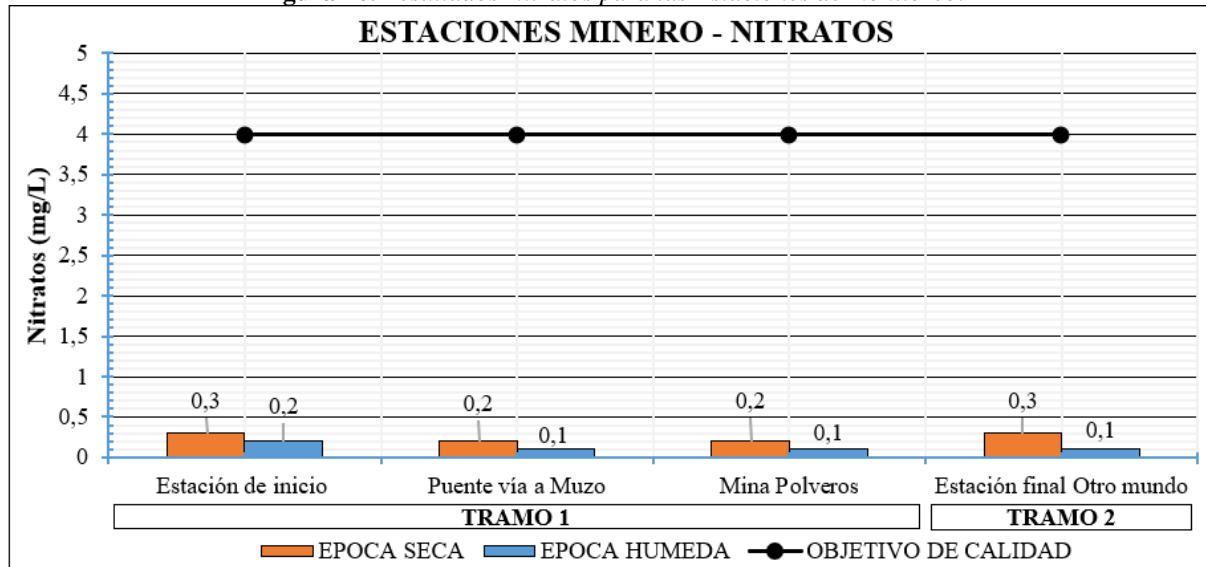
Para el análisis de este parámetro respecto a la Resolución 2554 de 2021 de Objetivo de calidad, se toma el largo plazo con un valor de 4 mg/L para ambos tramos del río Minero. Por lo tanto, los resultados en todas las estaciones y puntos de monitoreo cumplen con el objetivo a 2037.

Tabla 41. Resultados Nitratos para las Estaciones de monitoreo.

NITRATOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,3	0,2	4
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,2	0,1	
	Río Minero - Mina Polveros	0,2	0,1	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,3	0,1	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 46. Resultados Nitratos para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

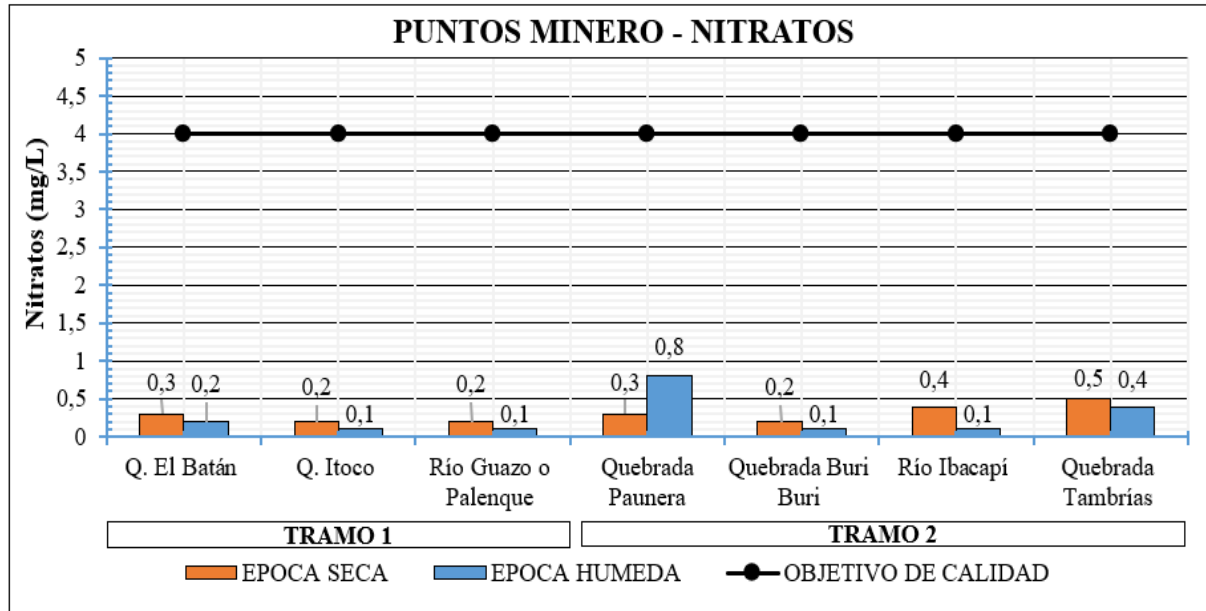
En la campaña de monitoreo realizada en época seca las concentraciones de nitratos obtenidas fueron mayores a las reportadas en época húmeda encontrándose valores que varían entre (0,2-0,3 mg NO₃/l), lo cual puede deberse a que en época de estiaje (seca) hay una disminución de caudal en la corriente principal disminuyendo el nivel de autodepuración del río; no obstante, estas concentraciones se encuentran en los valores normales de agua dulce dado que este compuesto se encuentra disuelto en el agua en concentraciones bajas principalmente en rocas y sedimentos. Sí se presentaran concentraciones mayores a 10 mg NO₃/L podría ser causado en gran parte por contaminación de origen antrópico en especial por el uso excesivo de fertilizantes y traer consecuencias para la salud humana y las especies acuáticas que se encuentren en la fuente hídrica.

Tabla 42. Resultados Nitratos para los Puntos de monitoreo.

NITRATOS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,3	0,2	4
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,2	0,1	
	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,2	0,1	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,3	0,8	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,2	0,1	
	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,4	0,1	
	Quebrada Tambrías	0,5	0,4	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 47. Resultados Nitratos para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Los valores reportados en los puntos de monitoreo fueron constantes fluctuando entre 0,1 - 0,5 mg/L de NO₃, presentando el pico más alto en *Quebrada Paunera* en Época húmeda con un valor de 0,8 mg/L de NO₃ posiblemente causado por el arrastre de aguas de escorrentía que tiene un exceso de nitrógeno aportado al suelo por fuentes antrópicas o naturales incrementando así el nivel de Nitrato de la quebrada. Sin embargo, por las condiciones morfológicas e hidráulicas de la corriente principal se obtiene una autodepuración de la corriente, bajando los niveles de nitratos aportado y conservando una concentración normal de esta variable.

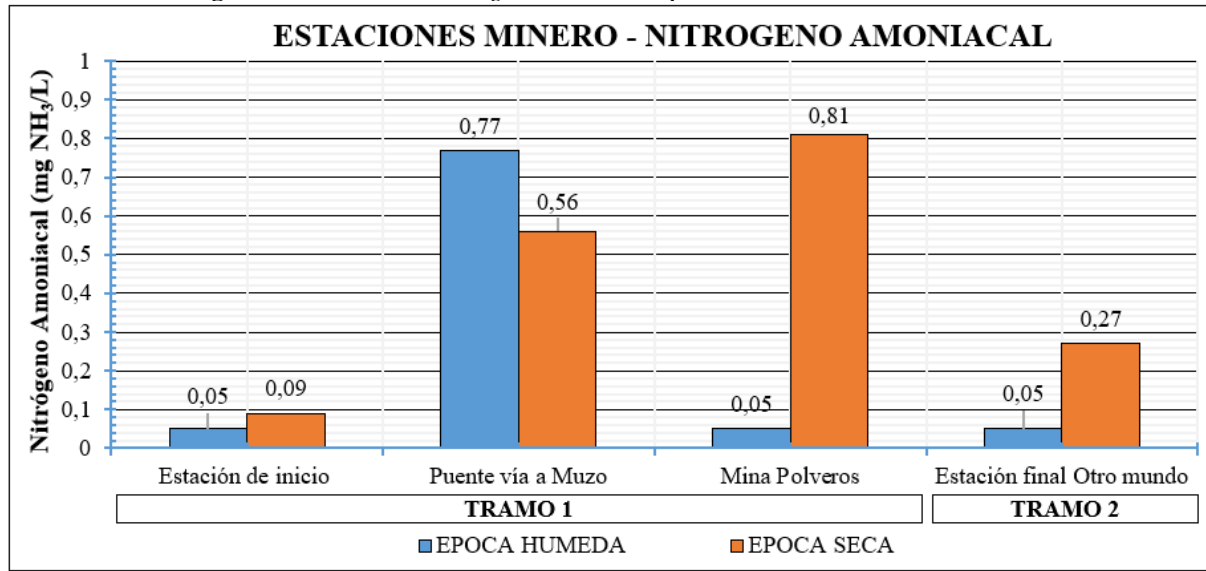
- **Nitrógeno Amoniacal:**

Tabla 43. Resultados Nitrógeno Amoniacal para las Estaciones de monitoreo.

NITRÓGENO AMONICAL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,09	0,05	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	0,56	0,77	
	Río Minero - Mina Polveros	0,81	0,05	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,27	0,05	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 48. Resultados Nitrógeno Amoniacal para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

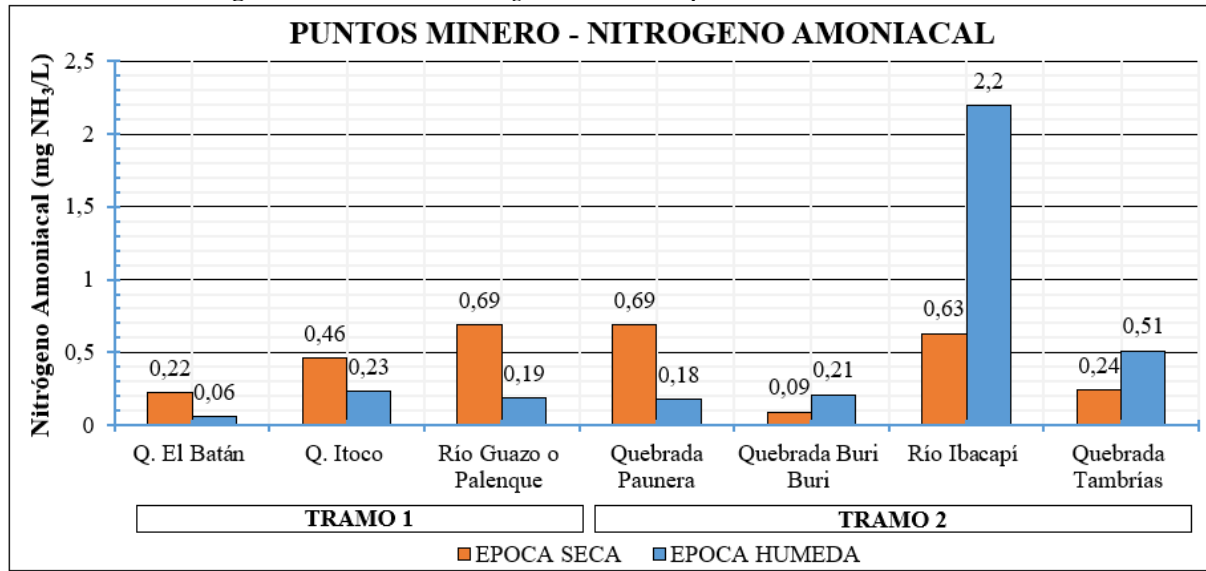
Las estaciones de monitoreo denominadas *Puente vía a Muzo* y *Mina Polveros* presentan concentraciones mayores de Nitrógeno Amoniacal. En la primera (*Puente vía a Muzo*) la concentración se ve incrementada en época de lluvia y en la segunda (*Mina Polveros*) en época seca, esto se puede deber a que estas dos estaciones reciben aporte de agua residual (vertimientos) de tipo industrial y al tipo de lecho del cauce el cual es rocoso y con arenas gruesas que aportan nitrógeno que es degradado en nitrógeno amoniacal. No obstante, en ninguna de las estaciones monitoreadas se obtuvieron concentraciones superiores a 1 mg NH₃/L, lo que refleja que la corriente principal tiene una concentración normal de nitrógeno amoniacal.

Tabla 44. Resultados Nitrógeno Amoniacal para los Puntos de monitoreo.

NITRÓGENO AMONICAL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,22	0,06	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	0,46	0,23	
	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	0,69	0,19	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	0,69	0,18	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,09	0,21	
	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	0,63	2,2	
	Quebrada Tambrías	0,24	0,51	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 49. Resultados Nitrógeno Amoniacal para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal reportadas en las campañas de monitoreo realizadas en época seca y húmeda se encuentran en valores de condiciones normales de una fuente hídrica, este compuesto proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. Es uno de los componentes transitorios en el agua, porque es parte del ciclo del nitrógeno, y se ve influido por la actividad biológica (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, APHA/WWA-WEF2)

La concentración más alta fue registrada en el punto de monitoreo denominado *Río Ibacapí* en época de invierno (2,2 mg NH₃/L), es importante denotar que el *Río Ibacapí* tiene el lecho del cauce rocoso y con arenas finas y el margen derecho es rocoso tipo ladera lo cual por condiciones naturales aumenta la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua.

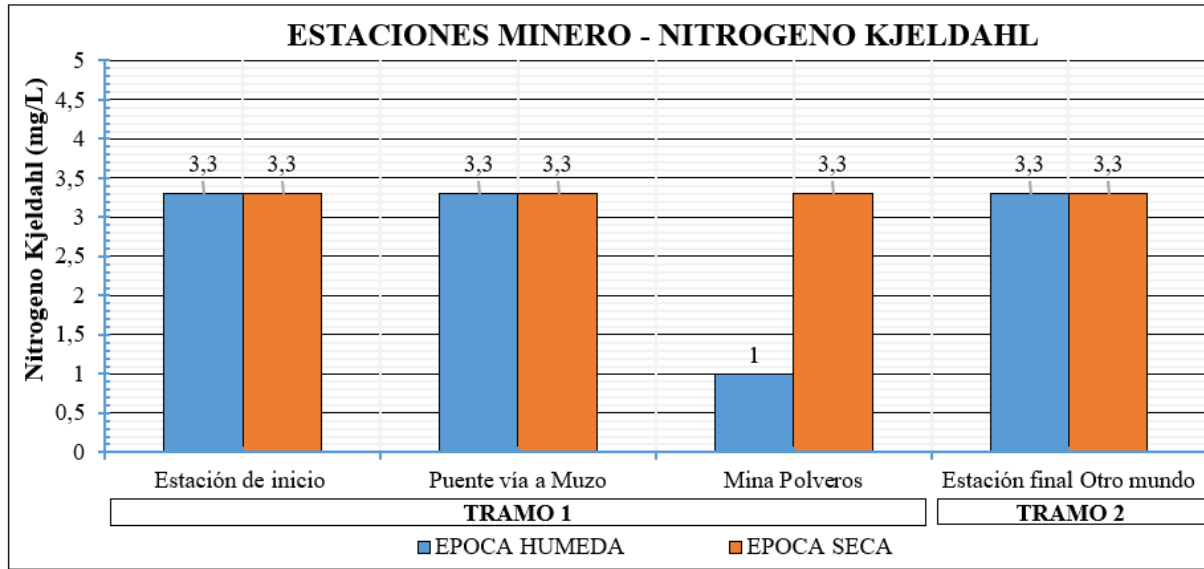
- **Nitrógeno Kjeldahl:**

Tabla 45. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para las Estaciones de monitoreo.

NITRÓGENO KJELDAHL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	3,3	3,3	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	3,3	3,3	
	Río Minero - Mina Polveros	3,3	1	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	3,3	3,3	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 50. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

En casi todas las estaciones monitoreadas pertenecientes a la corriente principal del río Minero (Tramo 1 y Tramo 2) se registraron valores constantes de nitrógeno Kjeldahl (3,3 mg/l) encontrándose entre un valor aceptable para un cuerpo lótico.

El nitrógeno Kjeldahl es la suma del nitrógeno orgánico e inorgánico presente en el agua, teniendo un valor importante en el análisis de calidad hídrica dado que mide el nitrógeno total capaz de ser nitrificado a nitritos y nitratos y, posteriormente y en su caso, desnitrificado a nitrógeno gaseoso. Un aumento considerable en cuerpos de agua al igual que el nitrógeno amoniacal puede afectar la cantidad de oxígeno disuelto de está.

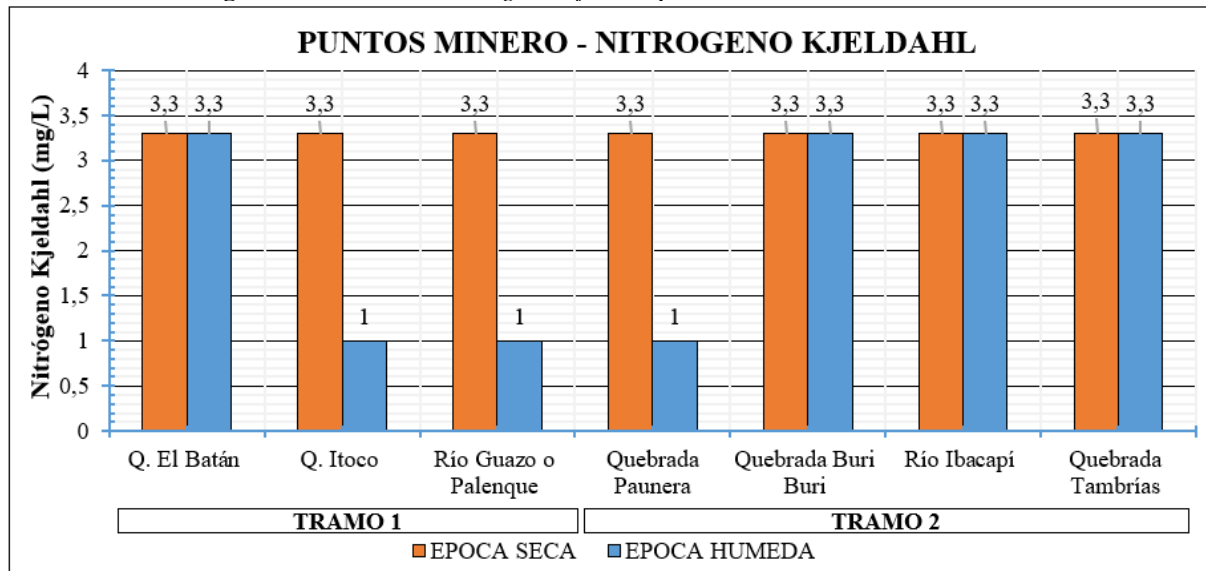
El caudal aportado en época de lluvia en la estación de monitoreo denominada *Mina Polveros* ayuda con la reducción de todas las formas de nitrógeno como se pueden observar en las gráficas anteriores.

Tabla 46. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para los Puntos de monitoreo.

NITRÓGENO KJELDAHL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	3,3	3,3	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	3,3	1	
	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	3,3	1	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	3,3	1	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	3,3	3,3	
	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	3,3	3,3	
	Quebrada Tambrías	3,3	3,3	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 51. Resultados Nitrógeno Kjeldahl para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Los puntos de monitoreo tienen una concentración similar a las registradas en las estaciones de monitoreo (3,3 mg/L) de Nitrógeno Kjeldahl exceptuando el *Río Guazo* y *Quebrada Paunera* dado que la concentración obtenida en la campaña de monitoreo en época de invierno descendió a (1 mg/L).

El nitrógeno Kjeldahl es la suma del nitrógeno orgánico con el nitrógeno amoniacal, como se denotan en las dos graficas 47 y 49, las concentraciones obtenidos en los puntos de monitoreo *Quebrada Itoco*, *Río Guazo* y *Quebrada Paunera* son bajas, lo cual denota que estos cuerpos hídricos tienen un grado alto de autodepuración con respecto a la degradación de este compuesto.

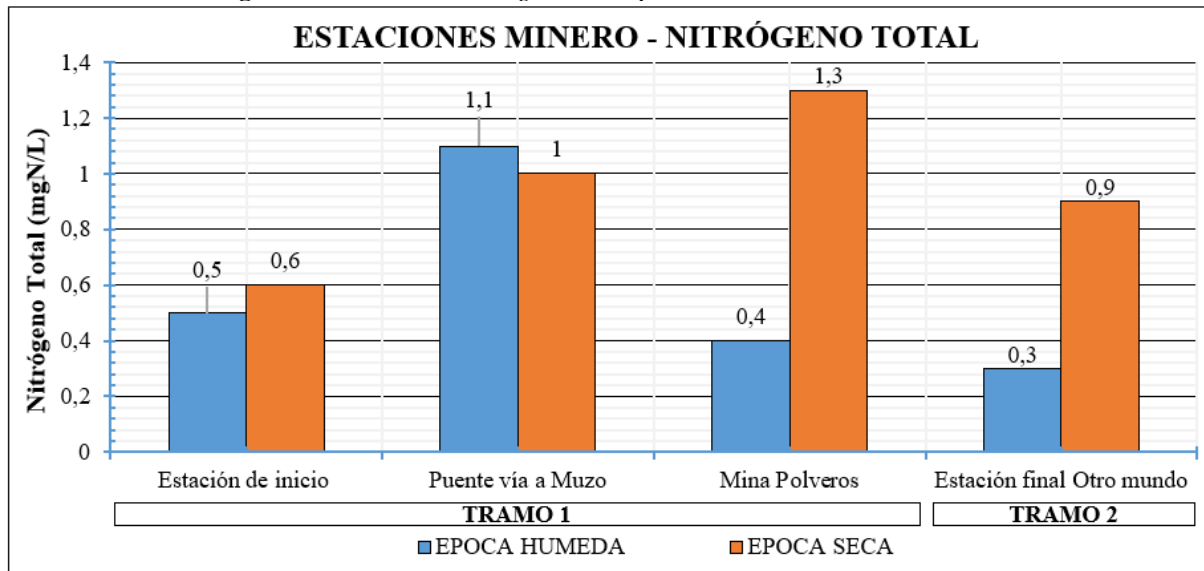
- **Nitrógeno Total:**

Tabla 47. Resultados Nitrógeno Total para las Estaciones de monitoreo.

NITRÓGENO TOTAL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	0,6	0,5	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	1	1,1	
	Río Minero - Mina Polveros	1,3	0,4	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	0,9	0,3	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 52. Resultados Nitrógeno Total para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

El Nitrógeno Total indica presencia de materia orgánica en el cuerpo de agua, un incremento de este compuesto puede ocasionar problemas de eutrofización disminución de oxígeno disuelto dado que la población bacteriana que degrada el nitrógeno amoniacal por medio del oxígeno transforma el amoniaco en nitritos y nitratos en el agua viéndose afectada la vida acuática presente.

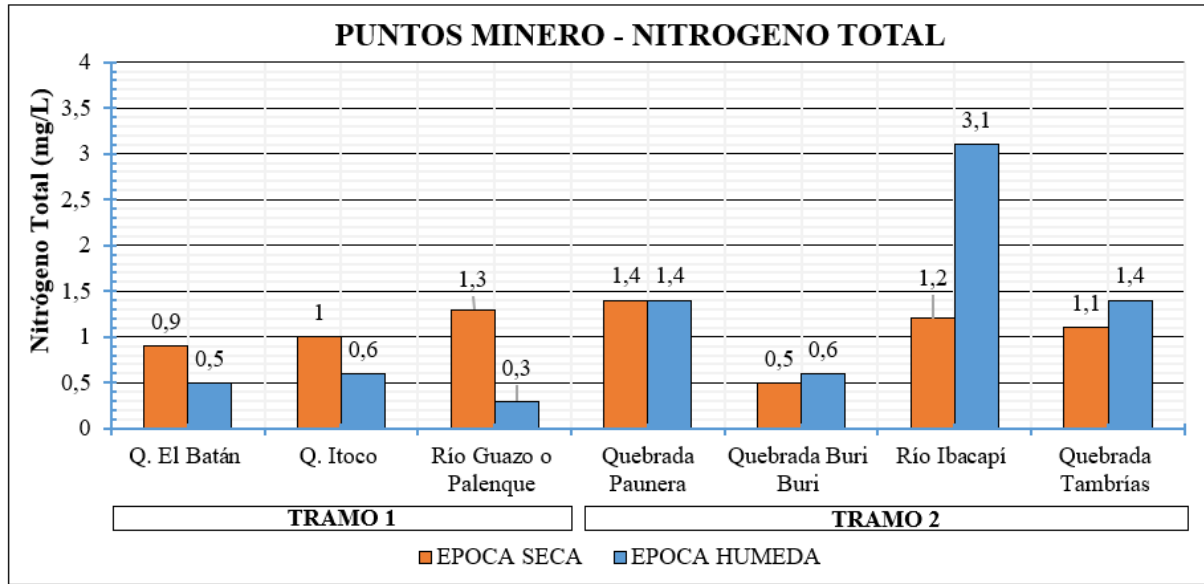
Los resultados reportados para todos los puntos de monitoreo realizados se encuentran estables sin algún valor significativo que pueda ocasionar un cambio negativo en la calidad del cuerpo del agua, las concentraciones obtenías en el tramo uno pueden ser aportadas por deslizamiento de tierra producto de origen natural de las zonas y de influencia de la actividad minera desarrollada en esta región, el tramo dos al ser un sector con mayor biodiversidad de especies vegetales de tipos arbustivas y arbóreas que aportan nitrógeno total al ecosistema y a las fuente hídricas. Los picos más elevados se generaron en temporada seca.

Tabla 48. Resultados Nitrógeno Total para los Puntos de monitoreo.

NITRÓGENO TOTAL (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	0,9	0,5	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	1	0,6	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	1,3	0,3	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	1,4	1,4	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,5	0,6	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	1,2	3,1	
	Quebrada Tambrías	1,1	1,4	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 53. Resultados Nitrógeno Total para los Punto de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

El nitrógeno total es la suma de todas las formas de nitrógeno presentes en el agua, incluidos el Amoníaco, el Nitrógeno Total Kjeldahl, el Nitrito y el Nitrato. Los valores obtenidos en los puntos de monitoreo corresponden a rangos típicos de un agua superficial que se encuentran entre 0,3 a 3,1 mg/L para nitrógeno total, no obstante el pico más alto se vuelve a dar en el *Río Ibacapí* en época de invierno lo cual se puede deber a condiciones naturales de la fuente pero también al aporte de materia orgánica que impide una degradación adecuada de este nutriente.

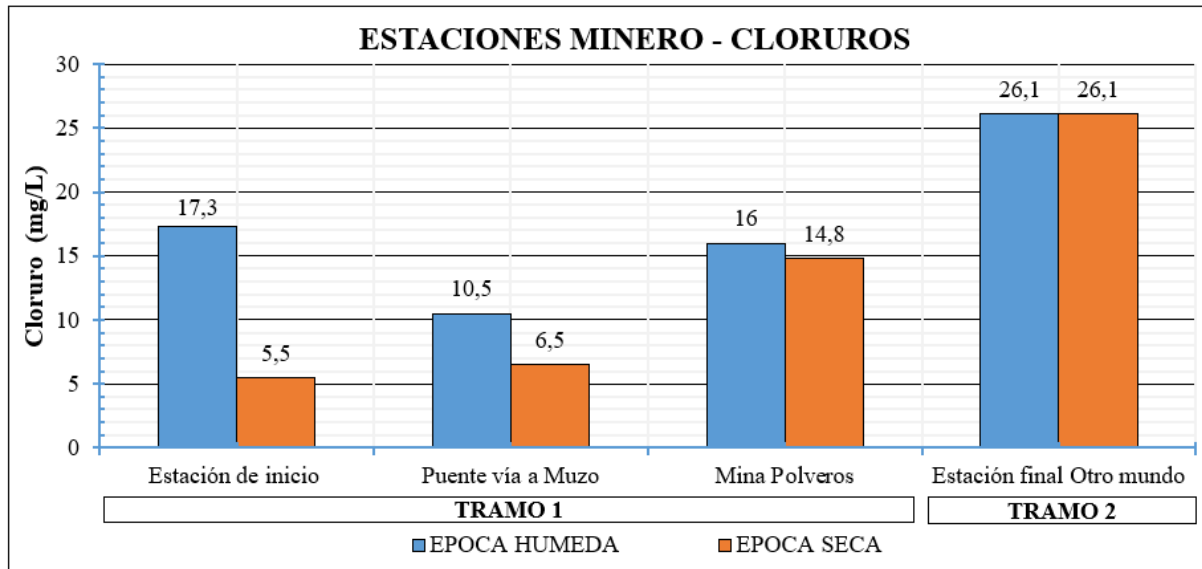
5.2.2.9. Cloruros.

Tabla 49. Resultados Cloruros para las Estaciones de monitoreo.

CLORUROS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	5,5	17,3	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	6,5	10,5	
	Río Minero - Mina Polveros	14,8	16	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	26,1	26,1	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 54. Resultados Cloruros para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Los contenidos en cloruros de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l. El contenido en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Sin embargo, un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

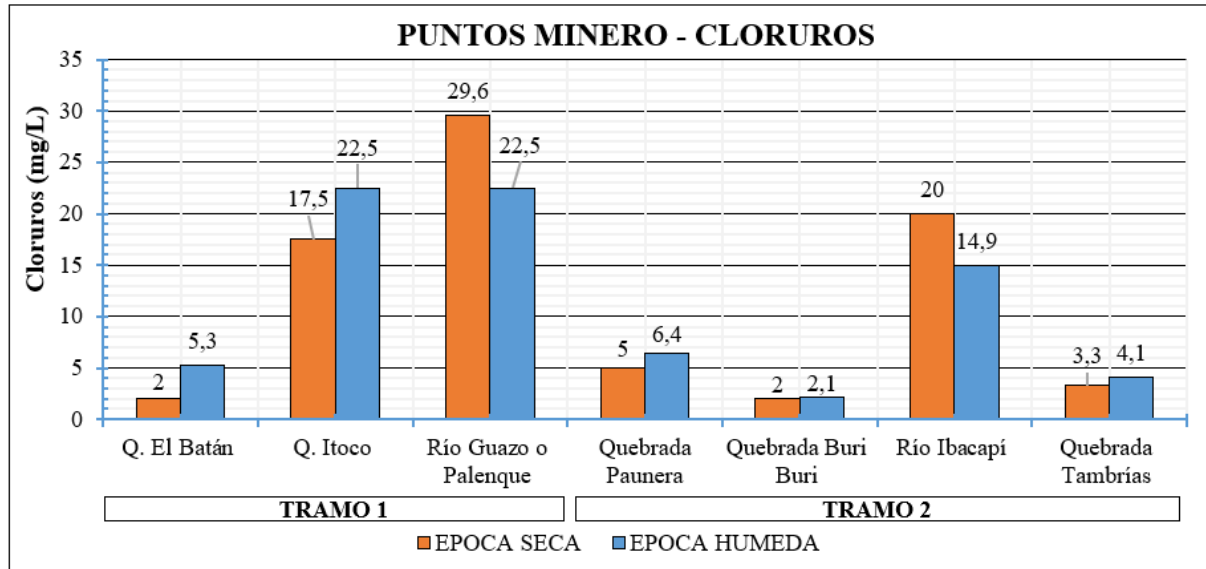
La grafica nos refleja un aumento de concentraciones de cloruro a medida que avanza la trayectoria del río lo cual puede ser generado por el agua de escorrentía generada en época húmeda, presentando el pico más alto en el tramo 2 (*Estación final - Otro mundo*) dado a las características hidráulicas de este punto que favorecen el arreste de este compuesto de los suelos aledaños a la corriente hídrica.

Tabla 50. Resultados Cloruros para los Puntos de monitoreo.

CLORUROS (mg/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	2	5,3	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	17,5	22,5	
	Rio Guazo o Palenque - Coper y Maripí	29,6	22,5	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	5	6,4	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	2	2,1	
	Rio Ibacapí - Tununguá y Briceño	20	14,9	
	Quebrada Tambriás	3,3	4,1	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 55. Resultados Cloruros para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

El cloruro, en forma de ion Cl⁻, es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, su contenido procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales. (Iowa Department of Natural Resources, 2009) Los niveles de concentración de cloruros en agua no contaminada se encuentran a valores menores de 10 mg/L y en aguas levemente contaminadas la concentración puede variar entre los 40 a 63 mg/L.

En la gráfica se observa una leve disminución de la concentración reportada en los puntos de monitoreo del tramo dos tanto para época seca como húmeda encontrándose valores que fluctúan entre los (2-20 mg Cl/L).

5.2.2.10. Conductividad.

Existen diversidad de factores que afectan el parámetro conductividad en un cuerpo de agua, presencia de diferentes iones químicos, temperatura, rocas o sedimentos incluidos en el cuerpo hídrico, entre otras. A manera general se podría inferir que hay muchos factores naturales que podrían incrementar o disminuir la conductividad en un cuerpo de agua, en este caso el cauce del río minero. En cuanto a la comparación de los resultados de monitoreo con la Resolución 2554 de 2021 para los objetivos de calidad se tomó los valores a largo plazo (2037) en el cual se tiene un límite de 700 µS/cm a 25°C, en los cuales todos las estaciones de monitoreo están por debajo de este límite pero para los puntos de monitoreo el único que no cumple es el punto



Corpoboyacá

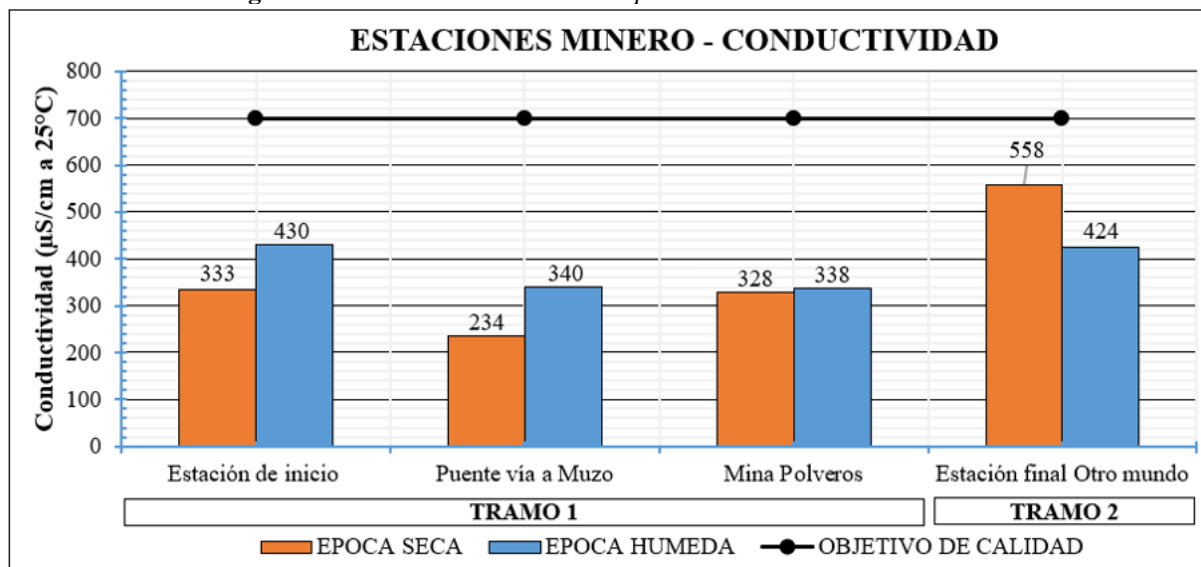
de la *Quebrada Itoco*, y puede deberse a la influencia de la actividad Minera por el arrastre de sólidos que hay en la zona.

Tabla 51. Resultados Conductividad para las Estaciones de monitoreo.

CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	333	430	700
	Río Minero - Puente Vía Muzo	234	340	
	Río Minero - Mina Polveros	328	338	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	558	424	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 56. Resultados Conductividad para las Estaciones de monitoreo.



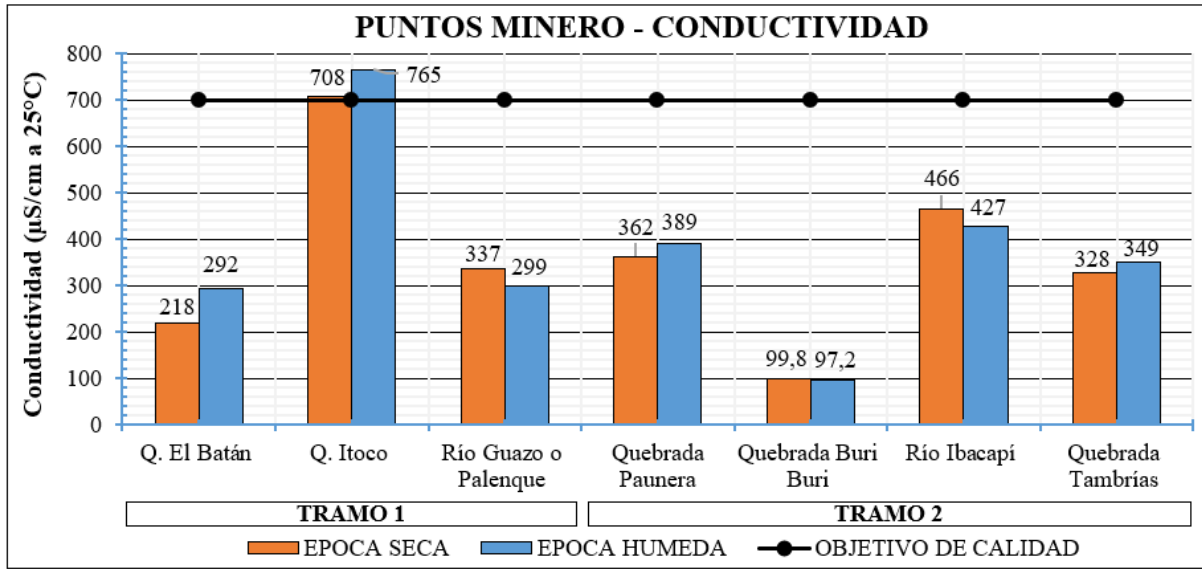
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 52. Resultados Conductividad para los Puntos de monitoreo.

CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	218	292	700
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	708	765	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	337	299	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	362	389	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	99,8	97,2	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	466	427	
	Quebrada Tambrías	328	349	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 57. Resultados Conductividad para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Ahora bien es importante denotar que en la Figura 56, se puede apreciar que en las cuatro estaciones de monitoreo son de especial notación la “Estación final Otro Mundo” y con valor agregado la época seca esto debido al caudal amplio que maneja y la cantidad de sedimentos que lleva a esta distancia la cuenca del río Carare-Minero. Por otro lado, aunque no excede los valores el punto de monitoreo “Quebrada Itoco” tal como lo vemos en la Figura 57, se encuentra muy cerca del valor límite del objetivo de calidad a mediano plazo para el tramo uno de la cuenca, y aunque los valores nos develan que no está incumpliendo, se hace necesario prestarle bastante atención a las características del agua en este punto teniendo en cuenta su gran actividad minera, además que es frontera de los municipios de Quípama y Otanche, y es un afluente principal de la cuenca principal del río Carare-Minero.

5.2.2.11. Sulfatos.

Los iones sulfatos presentes en el agua naturalmente se dan por la presencia de lluvias a lo largo de un cuerpo de agua, es importante tener en cuenta las que las combinaciones de estos iones con otros compuestos pueden derivar en altos niveles, de dureza, conductividad, acidez, pH, entre otros aspectos.

Tabla 53. Resultados Sulfatos para las Estaciones de monitoreo.

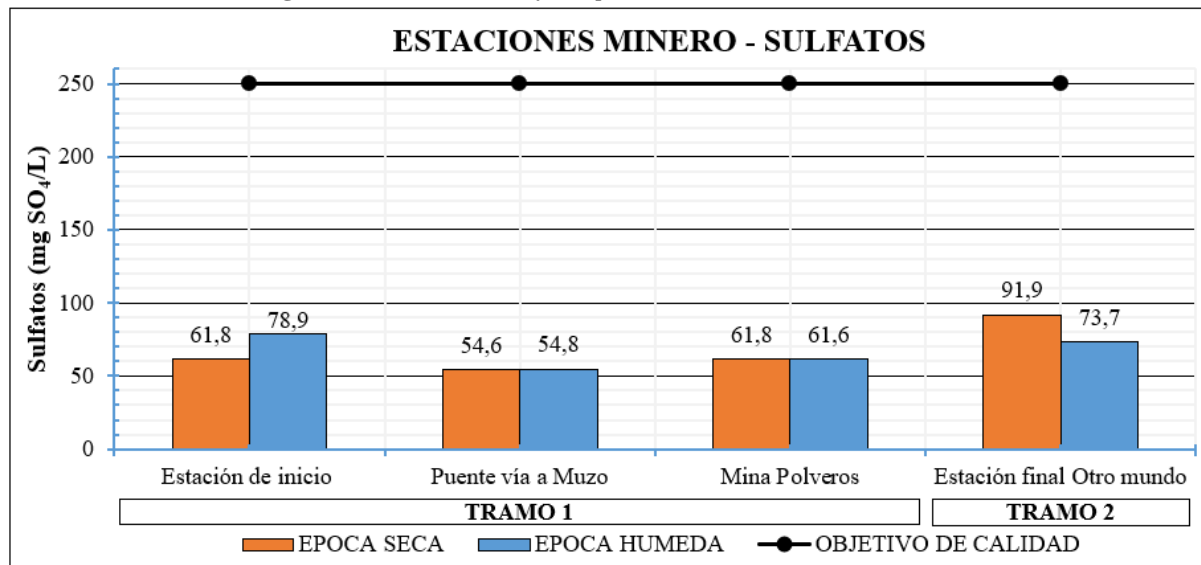


Corpoboyacá

SULFATOS (mg SO ₄ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	61,8	78,9	250
	Río Minero - Puente Vía Muzo	54,6	54,8	
	Río Minero - Mina Polveros	61,8	61,6	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	91,9	73,7	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 58. Resultados Sulfatos para las Estaciones de monitoreo.



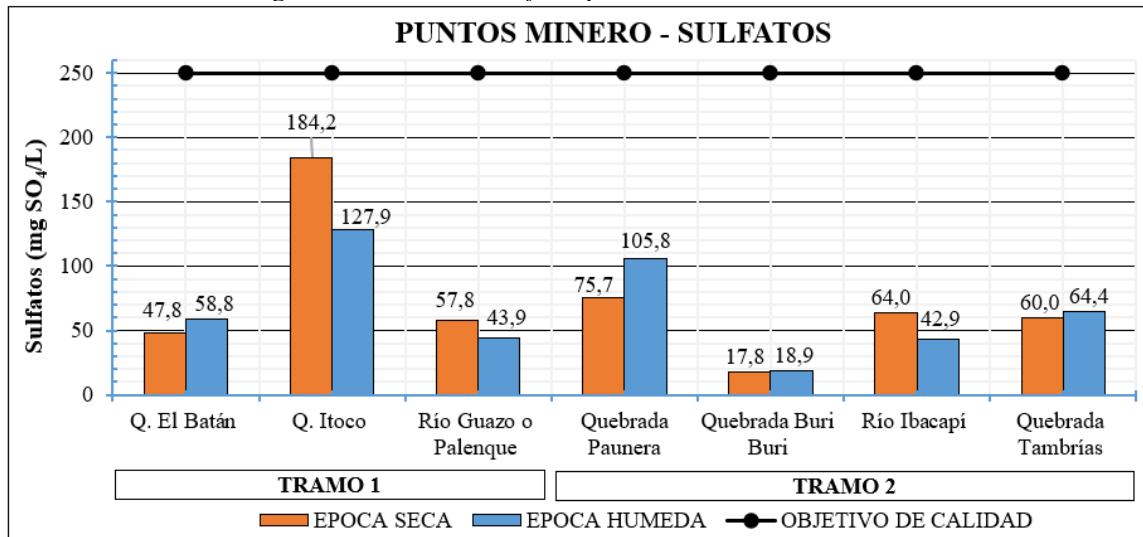
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 54. Resultados Sulfatos para los Puntos de monitoreo.

SULFATOS (mg SO ₄ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	47,8	58,8	250
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	184,2	127,9	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	57,8	43,9	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	75,7	105,8	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	17,8	18,9	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	64,0	42,9	
	Quebrada Tambrías	60,0	64,4	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 59. Resultados Sulfatos para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Ahora bien la zona de influencia de la cuenca del río Carare-Minero se ha caracterizado por su afluencia de minería de esmeraldas en su mayor porcentaje, y en otros más pequeños de Carbón y materiales de construcción, lo que nos podría dar un indicador de que un actividad antrópica podría generar un impacto directo de este compuesto sobre el cauce del río minero. En todas las Estaciones y Puntos de monitoreo cumplen con el objetivo de calidad a largo plazo (2037) planteado para este parámetro en un límite de 250 mg SO₄/L en la Resolución 2554 de 2021. En este caso se puede inferir por que el valor más alto entre estaciones y puntos de monitoreo lo encontramos en el punto de monitoreo “*Quebrada Itoco*” zona de gran afluencia minera pero además con presencia de gran cantidad de centros poblados y vivienda dispersa.

5.2.2.12. Sodio.

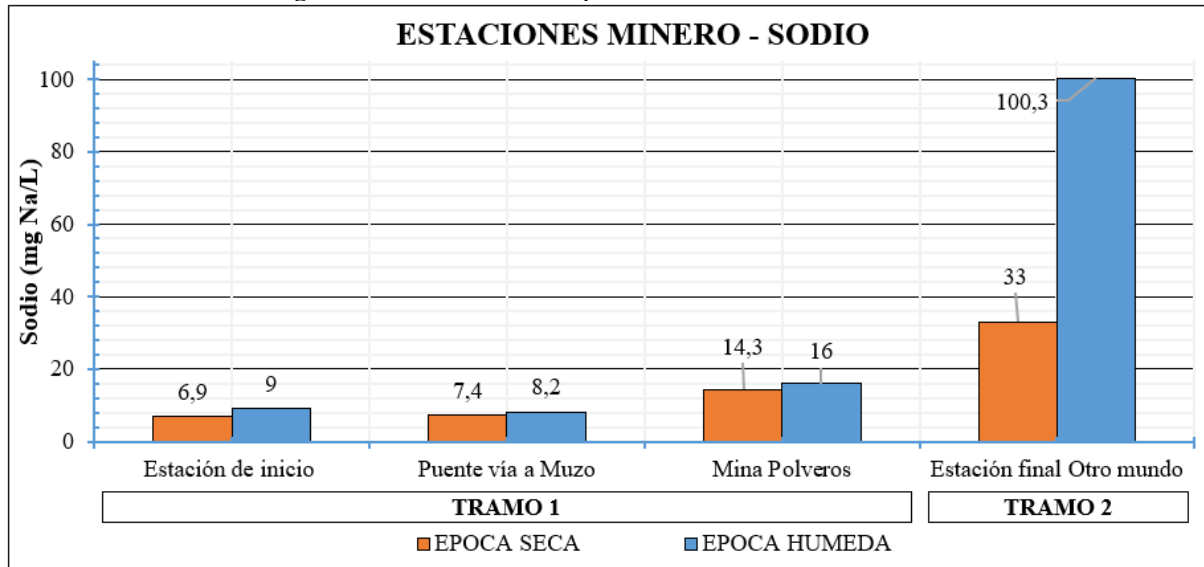
El sodio como elemento presente en los cuerpos de agua, podemos referirnos a él en términos de salinización, naturalmente los ríos transportan sales disueltas, que se encuentran en las aguas fluviales a causa de la alta capacidad del agua de disolver las rocas por donde circula, además de fenómenos de precipitación, deslizamientos, transporte de sedimentos, entre otros.

Tabla 55. Resultados Sodio para las Estaciones de monitoreo.

SODIO (mg Na/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	6,9	9	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	7,4	8,2	
	Río Minero - Mina Polveros	14,3	16	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	33	100,3	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 60. Resultados Sodio para las Estaciones de monitoreo.



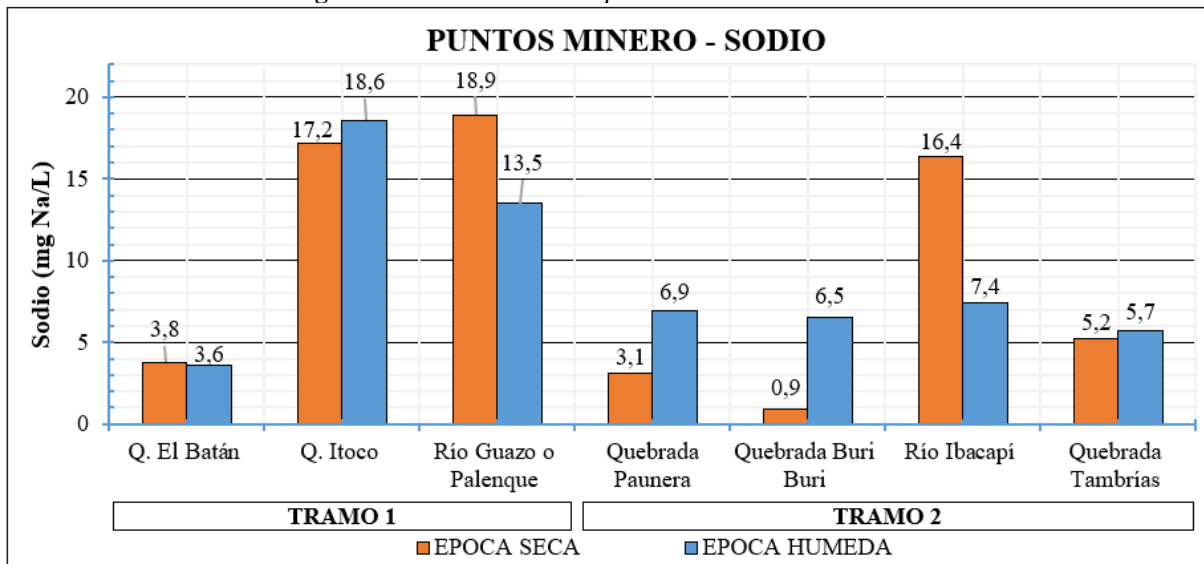
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 56. Resultados Sodio para los Puntos de monitoreo.

SODIO (mg Na/L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	3,8	3,6	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	17,2	18,6	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	18,9	13,5	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	3,1	6,9	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	0,9	6,5	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	16,4	7,4	
	Quebrada Tambrías	5,2	5,7	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 61. Resultados Sodio para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

Cabe aclarar que una de las actividades con más presencia salina en sus vertimientos son las actividades mineras, lo que no es preocupante siempre y cuando no exceda los límites establecidos en las normas orientadas al consumo humano, en este caso cuando hablamos de sodio no tenemos un referente a mediano y largo plazo, lo que no hace menos importante este criterio, puesto que hay que tenerlo en cuenta porque se presenta como un indicador natural de conductividad eléctrica, lo que si puede afectar directamente a la población circundante de la zona de influencia del Río Minero.

5.2.2.13. Dureza Total, Dureza de Magnesio y Dureza Cálcica.

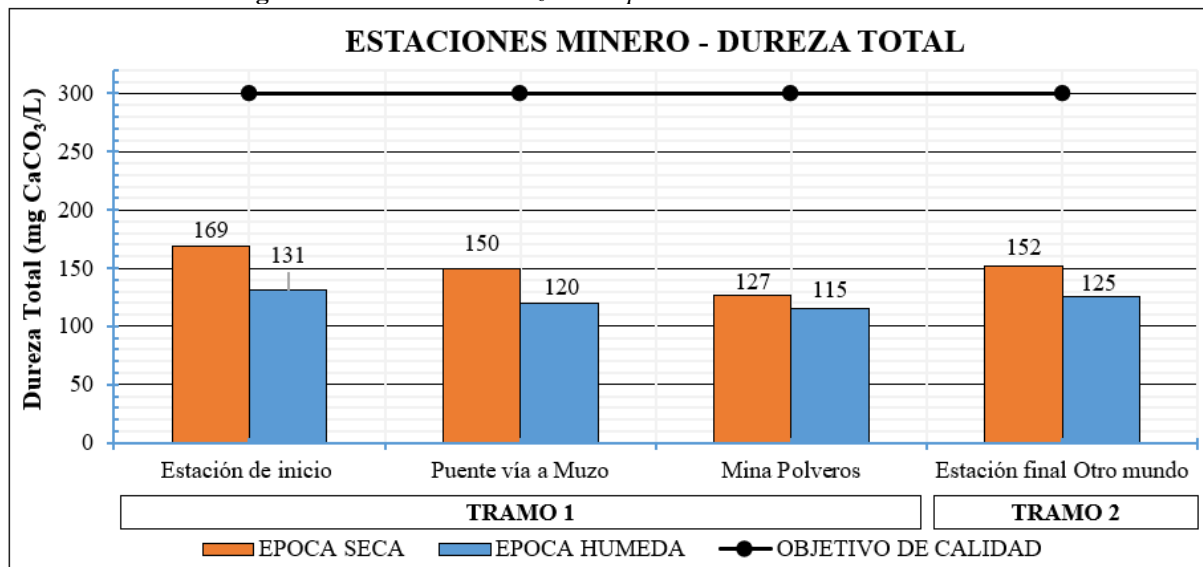
- **Dureza Total:**

Tabla 57. Resultados Dureza Total para las Estaciones de monitoreo.

DUREZA TOTAL (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	169	131	300
	Río Minero - Puente Vía Muzo	150	120	
	Río Minero - Mina Polveros	127	115	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	152	125	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 62. Resultados Dureza Total para las Estaciones de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 58. Resultados Dureza Total para los Puntos de monitoreo.

DUREZA TOTAL (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	146	130	300
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	378	280	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	140	87	

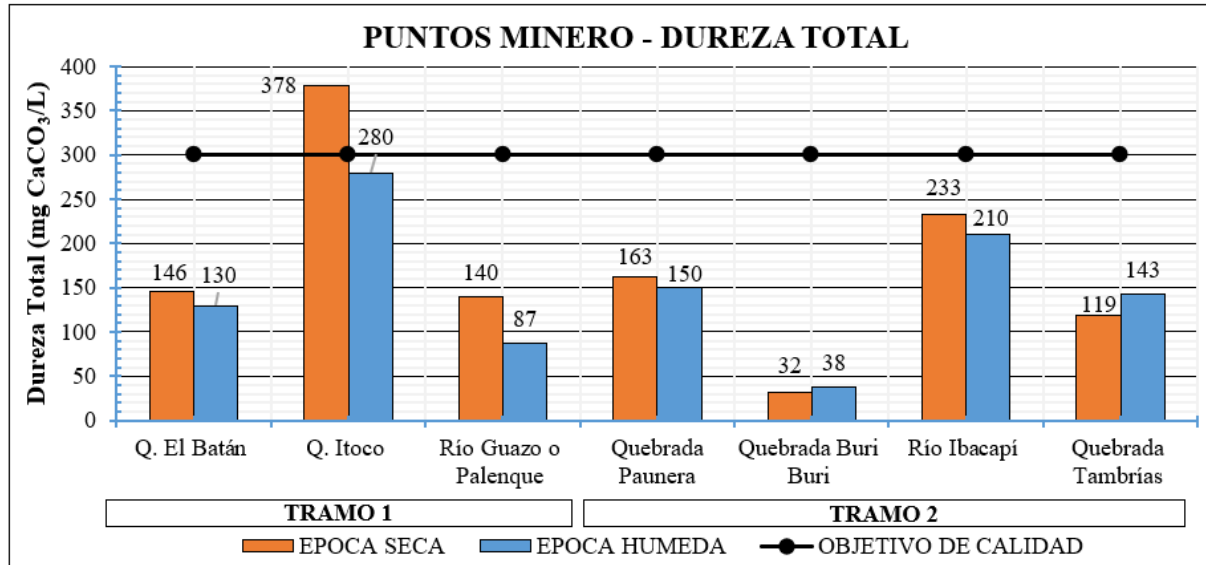


Corpoboyacá

DUREZA TOTAL (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
2	Quebrada Paunera Después Manotera	163	150	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	32	38	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	233	210	
	Quebrada Tambrías	119	143	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 63. Resultados Dureza Total para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

La dureza total en si es la presencia individual de iones que en mezcla con el agua reaccionan como carbonatos, naturalmente las rocas, sedimentos, lluvias, deslizamientos y otros fenómenos, hacen que la presencia de estos iones se de en distintos cuerpos de agua, la actividad natural del río Minero lleva consigo gran material de arrastre, como presencia de rocas, y gran afluencia de precipitaciones por las características geográficas de la zona, cabe aclarar que algunos valores resultan típicos por las actividades mencionadas anteriormente, pero toma especial cuidado que observemos la Figura 63, que el punto *Quebrada Itoco* no cumple el objetivo de calidad dado de 300 mg CaCO₃/L que es a largo plazo. Por lo tanto, es necesario prestar gran atención porque en el objetivo de calidad de largo plazo no se podrían aceptar las condiciones actuales, acotando nuevamente las actividades mineras que giran en torno a este sector, como la presencia de centros poblados y vivienda dispersa.

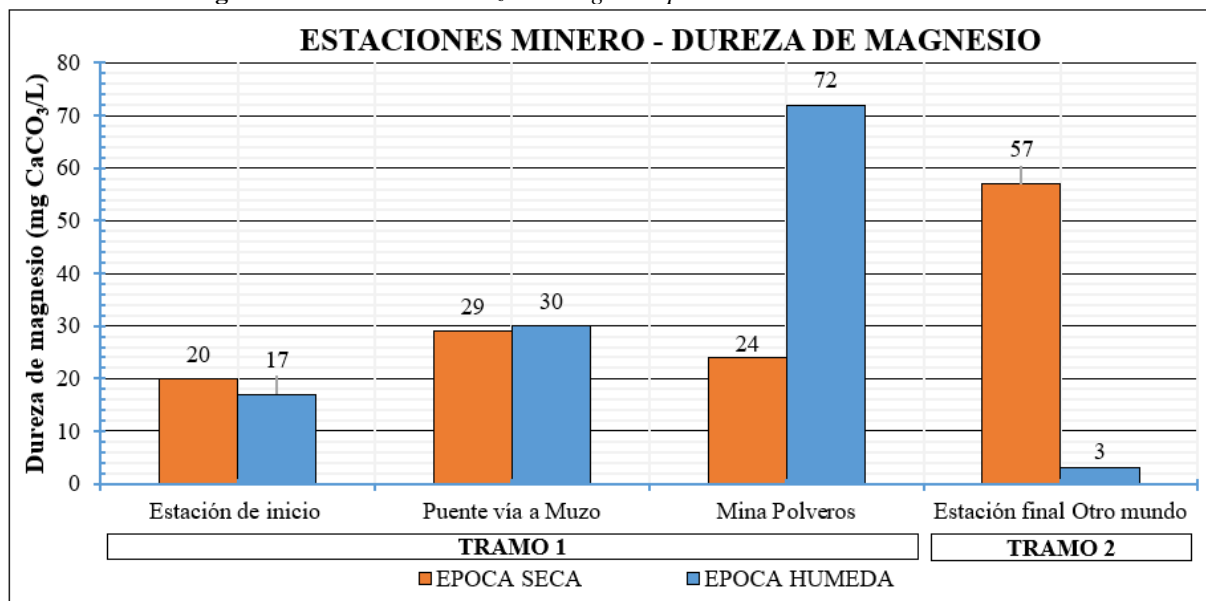
• **Dureza de Magnesio:**

Tabla 59. Resultados Dureza de Magnesio para las Estaciones de monitoreo.

DUREZA DE MAGNESIO (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	20	17	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	29	30	
	Río Minero - Mina Polveros	24	72	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	57	3	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 64. Resultados Dureza de Magnesio para las Estaciones de monitoreo.



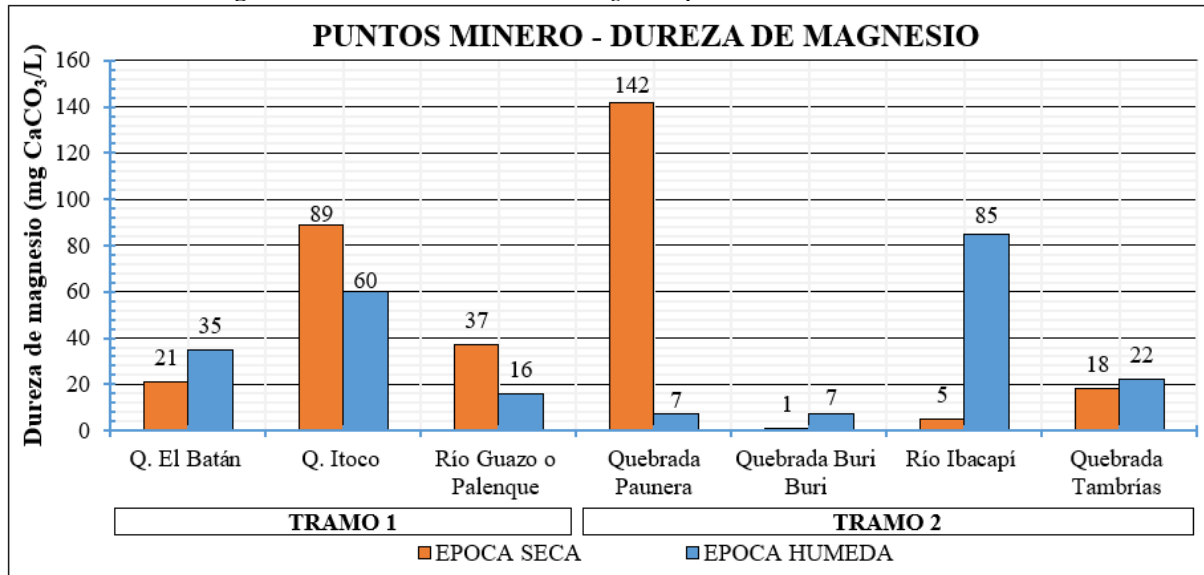
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 60. Resultados Dureza de Magnesio para los Puntos de monitoreo.

DUREZA DE MAGNESIO (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batán - Quípama y La Victoria	21	35	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	89	60	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	37	16	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	142	7	-
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	1	7	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	5	85	
	Quebrada Tambrías	18	22	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 65. Resultados Dureza de Magnesio para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.

Las sales minerales se encuentran de manera natural en los diferentes cuerpos de agua, ya sea nacimientos, ríos, lagos, entre otros. El magnesio en este caso, hace presencia en gran parte del cauce del río Minero, es de denotar que la presencia de este mineral se incrementa en la época seca, hecho de esperarse debido a que la dilución con el agua baja, pero, aunque los valores de referencia de objetivos y calidad no apuntan a este parámetro en específico, no es de menor importancia ya que combinado con otros factores, pueden derivar en una dureza total alta o una conductividad notable.

- **Dureza Cálctica:**

Tabla 61. Resultados Dureza Cálctica para las Estaciones de monitoreo.

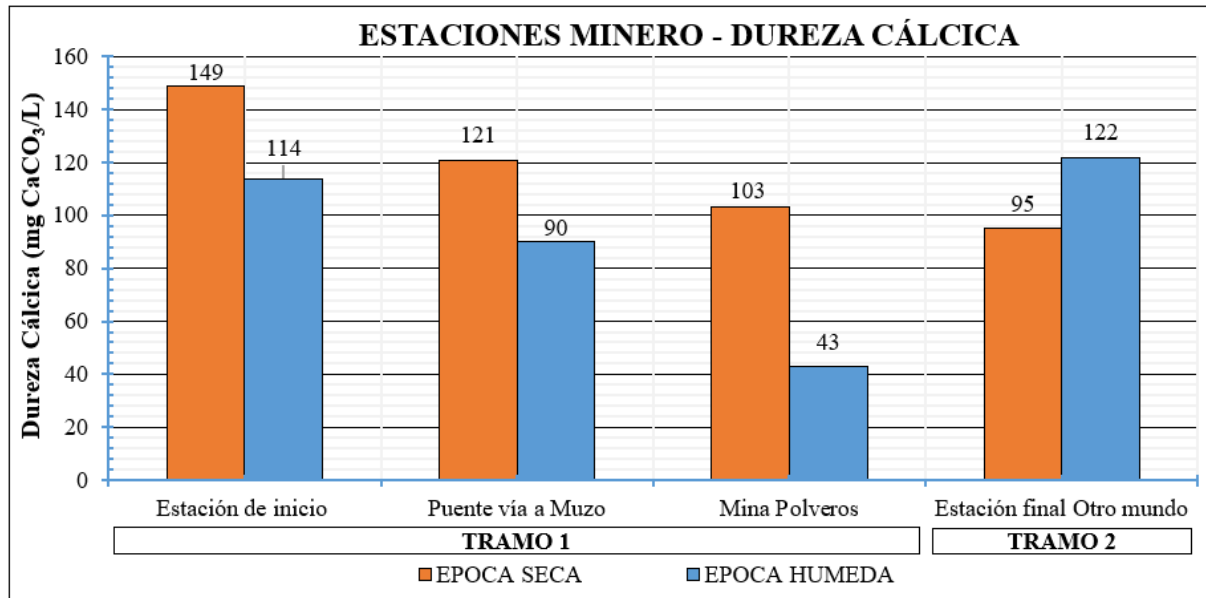
DUREZA CÁLCICA (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Río Minero - Estación de Inicio	149	114	-
	Río Minero - Puente Vía Muzo	121	90	
	Río Minero - Mina Polveros	103	43	
2	Río Minero Estación Final Otro Mundo	95	122	

Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

Figura 66. Resultados Dureza Cálctica para las Estaciones de monitoreo.



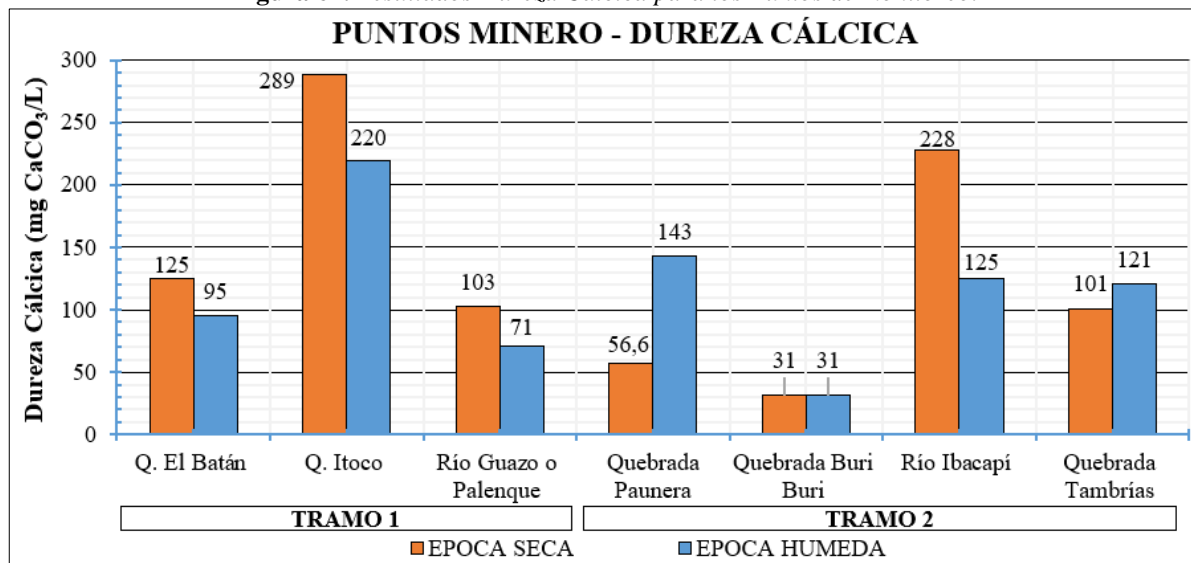
Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 62. Resultados Dureza Cálctica para los Puntos de monitoreo.

DUREZA CÁLCICA (mg CaCO ₃ /L)				
TRAMO	PARÁMETRO	Época Seca	Época Húmeda	O.C
1	Quebrada El Batan - Quípama y La Victoria	125	95	-
	Quebrada Itoco - El Mango Puerto Arturo	289	220	
	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	103	71	
2	Quebrada Paunera Después Manotera	56,6	143	
	Quebrada Buri - Buri CP San Martín	31	31	
	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	228	125	
	Quebrada Tambrías	101	121	

Fuente: Corpoboyacá.

Figura 67. Resultados Dureza Cálctica para los Puntos de monitoreo.



Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

La dureza es la presencia de minerales como sodio, magnesio, en este caso calcio, que es un elemento que se presenta naturalmente por variedad de actividades, aunque no existe un valor de referencia como criterio de calidad u objetivo de calidad a mediano o largo plazo, el análisis que nos compete para la corriente principal del río minero, apunta a prestarle gran atención a la *Quebrada Itoco*, en donde el valor es muy alto, cosa que afecta directamente los objetivos de calidad, en parámetros de referencia principales como dureza total y conductividad eléctrica.

5.2.3. Índices de calidad e índices de contaminación del agua.

5.2.3.1. Diseño De Los Índices.

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.



Corpoboyacá

- 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.

5.2.3.2. Índice De Calidad De Agua (ICA).

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:

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

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 periodo de tiempo t .



Corpoboyacá

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

- 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

5.2.3.3. 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.

- ***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%:

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

- ***Sólidos Suspendidos Totales (SST)***

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

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

Tabla 63. Valores para el Índice de Calidad del Agua para SST.

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

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

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

Tabla 64. Valores para el Índice de Calidad del Agua para DQO.

VALOR	I_{DQO}
$DQO \leq 20$	0.91
$20 < DQO \leq 25$	0.71
$25 < DQO \leq 40$	0.51
$40 < DQO \leq 80$	0.26
$DQO > 80$	0.125

- **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 $I_{C.E.} = 0$

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

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

Tabla 65. Valores para el Índice de Calidad del Agua para pH.

VALOR	I_{pH}
$pH < 4$	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

- **Nitrógeno Total / Fósforo Total (NT/PT)**

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

Tabla 66. Valores para el Índice de Calidad del Agua para Nitrógeno Total/Fósforo total.

VALOR	$I_{NT/PT}$
$15 \leq NT/PT \leq 20$	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



Corpoboyacá

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 67. 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 68. 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

5.2.3.4. 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_{sat}], Sólidos Suspendedos 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 Carare-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 69. 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	6.000	46	333	8,18	0,6	0,14	4
E2	Q. El Batán - Quípama y La Victoria	70	<2	257	16.000	12	218	8,17	0,9	0,33	3
E3	Río Minero - Puente vía a Muzo	83	12	893	20.000	32	234	7,98	1	0,16	6
E4	Q. Itoco - El mango Pto Arturo	79,5	12	1.538	14.000	52	708	8,1	1	0,12	8
E5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	92,5	9	61	10.900	20	337	7,81	1,3	0,15	9
E6	Río Minero - Mina Polveros	74,6	2	258	8.200	20	328	8,24	1,3	0,18	7
E7	Q. Paunera después de Manotera	75,7	<2	9	117.000	<5	362	8,26	1,4	0,11	13
E8	Q. Buri Buri - CP San Martín	69,8	<2	8	16.600	<5	99,8	6,92	0,5	0,07	7
E9	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	77,1	<2	41	63.000	16	466	8,5	1,2	0,15	8
E10	Q. Tambrías - Otanche	72,4	<2	8	740.000	8	328	8,14	1,1	0,09	12
E11	Río Minero - Estación final Otro mundo	71,6	2	134	18.000	22	558	8,2	0,9	0,13	7

Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 70. 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	1.260	34	340	8,08	0,5	0,1	5
E2	Q. El Batán - Quípama y La Victoria	75,3	8	242	19.400	28	292	8,05	0,5	0,09	6
E3	Río Minero - Puente vía a Muzo	73,2	10	576	15.800	22	340	7,95	1,1	0,19	6
E4	Q. Itoco - El mango Pto Arturo	73,3	60	2.275	75.000	126	765	8,04	0,6	<0,05	12
E5	Río Guazo o Palenque - Coper y Maripí	69,7	4	291	10.100	13	299	7,72	0,3	0,1	3
E6	Río Minero - Mina Polveros	96,5	6	420	90.000	57	338	7,6	0,4	0,06	7
E7	Q. Paunera después de Manotera	100,1	2	13	98.000	29	386	8,09	1,4	<0,05	28
E8	Q. Buri Buri - CP San Martín	91,4	<2	15	95.000	<5	97,2	6,02	0,6	<0,05	12
E9	Río Ibacapí - Tununguá y Briceño	85,7	36	17.375	92.000	353	427	7,75	3,1	0,05	62
E10	Q. Tambrías - Otanche	83,5	<2	40	1.300.000	5	349	7,68	1,4	<0,05	28
E11	Río Minero - Estación final Otro mundo	79,8	10	743	11.000	20	424	7,34	0,3	0,45	1

Fuente: Corpoboyacá.

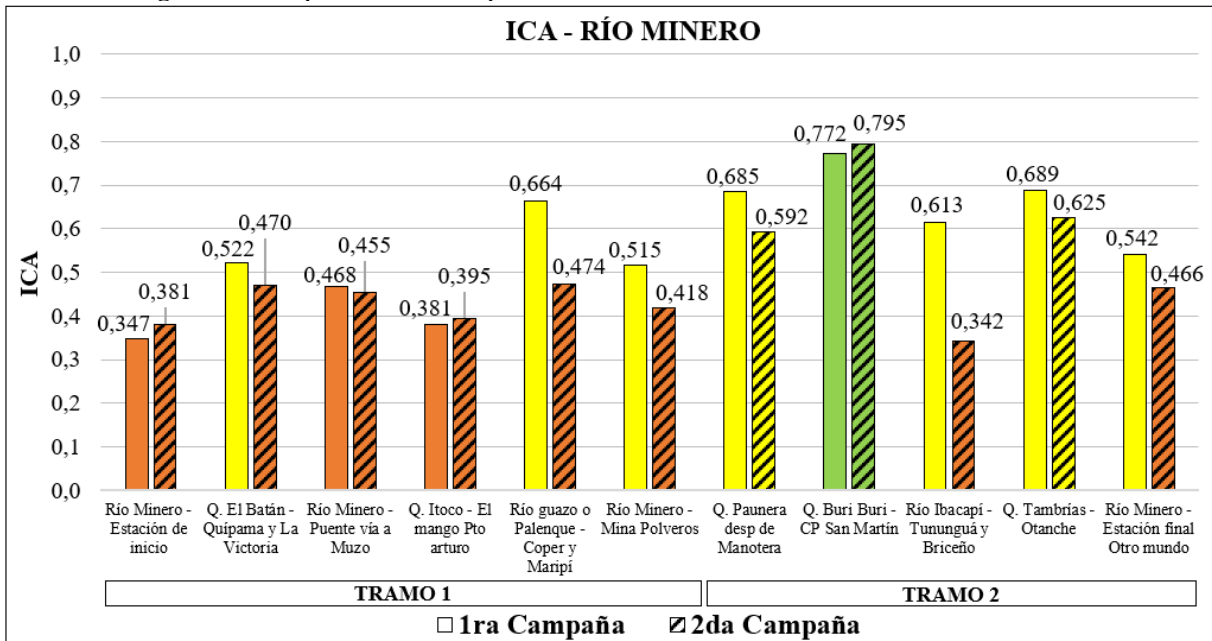
Aplicando la metodología anteriormente mencionada en el numeral 5.2.3.3, se presentan los resultados obtenidos de ICA para el río Minero en el año 2021 tanto para Época Seca (ES) como para Época Húmeda (EH).

Tabla 71. 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.	0,455	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	0,795	Aceptable
P6	RÍO 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 68. ICA para las dos campañas de monitoreo de la cuenca del río Carare-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 Suspendedos Totales, Coliformes Totales y la Demanda Química de Oxígeno por la aglomeración de viviendas y actividades económicas como explotación minera cerca de la ronda



Corpoboyacá

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.

5.2.3.5. Índices 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)

5.2.3.6. Cálculo de valor del ICO 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 Carare-Minero:

- ***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



Corpoboyacá

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:

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

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

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

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

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

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

- **Cálculo Del Valor ICOSUS o parámetro de contaminación por sólidos 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 sólidos suspendidos (Cañas, (s,f)) de la siguiente manera:

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

$$\text{Sólidos suspendidos} > a \text{ 340 mg/L tiene un ICOSUS} = 1$$

$$\text{Sólidos suspendidos} < 10 \text{ mg/L tiene un ICOSUS} = 0$$

- **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

- **Cálculo Del Valor ICOpH o índice de contaminación por pH.**

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

(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 72. 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.

5.2.3.7. 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 Carare-Minero para el año 2021 tanto para época seca (ES) como para época húmeda (EH).

- **ICOMI o parámetro de mineralización:**

Tabla 73. Resultado de Índice de Contaminación por Mineralización.

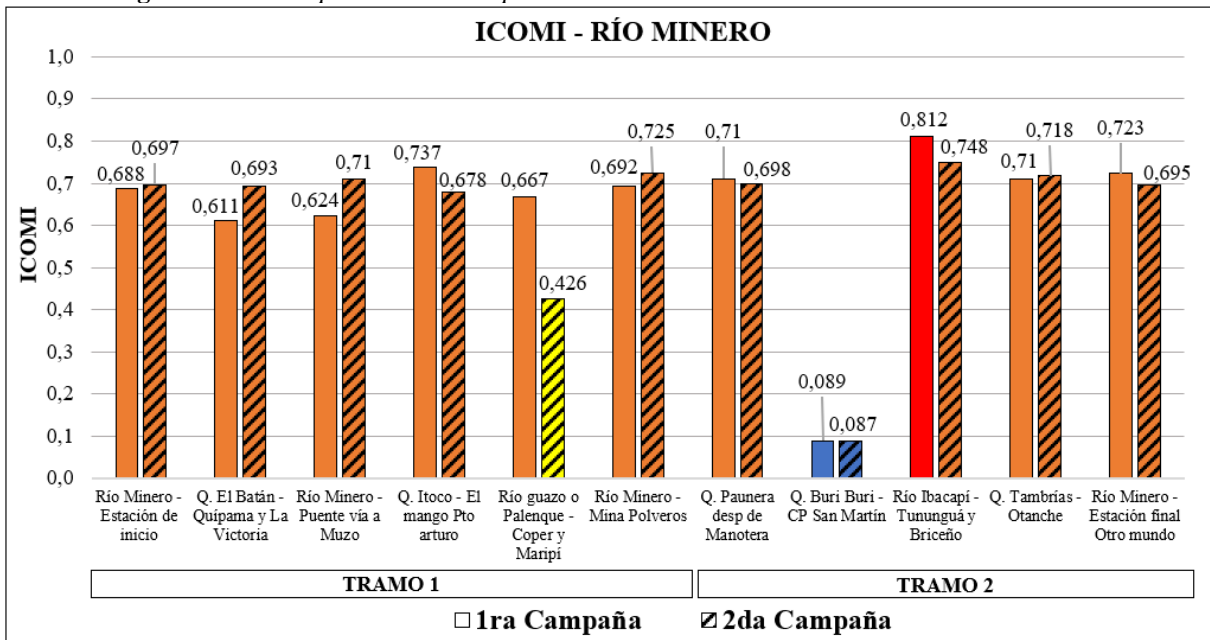
PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOMI	ICOMI	VALOR ICOMI	ICOMI
E1	RIO MINERO ESTACION DE INICIO	0,688	Alto	0,697	Alto
P1	QUEBRADA EL BATAN QUIPAMA Y LA VICTORIA	0,611	Alto	0,693	Alto
E2	RIO MINERO PUENTE VIA MUZO	0,624	Alto	0,710	Alto
P2	QUEBRADA ITOCO EL MANGO PUERTO ARTURO	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
P6	RIO IBACAPI 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



Corpoboyacá

Figura 69. ICOMI para las dos campañas de monitoreo de la cuenca del río Carare-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.

- **ICOSUS o parámetro de contaminación por sólidos suspendidos**

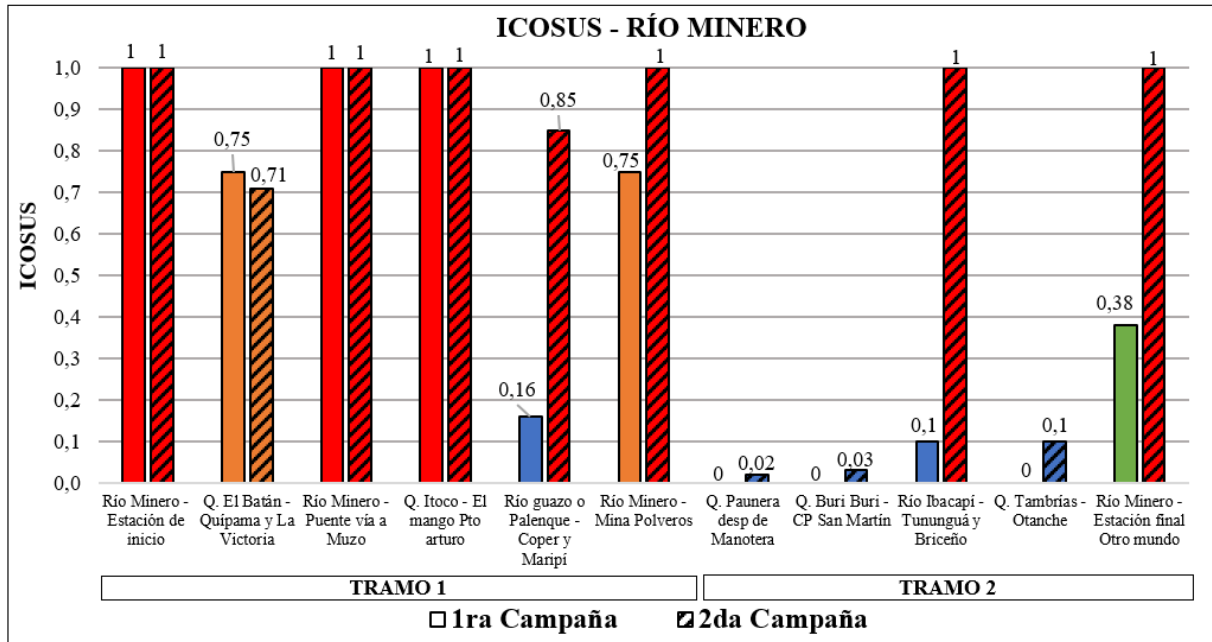
Tabla 74. Resultados del índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos.

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	RÍO IBACAPÍ TUNUNGUÁ Y BRICEÑO	0,1	Ninguno	1	Muy alto
P7	QUEBRADA TAMBRÍAS	0	Ninguno	0,10	Ninguno

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOSUS	ICOSUS	VALOR ICOSUS	ICOSUS
E4	RIO MINERO ESTACION FINAL OTRO MUNDO	0,38	Bajo	1	Muy Alto

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 70. ICOSUS para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-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.

- **ICOTRO o índice de contaminación trófica**

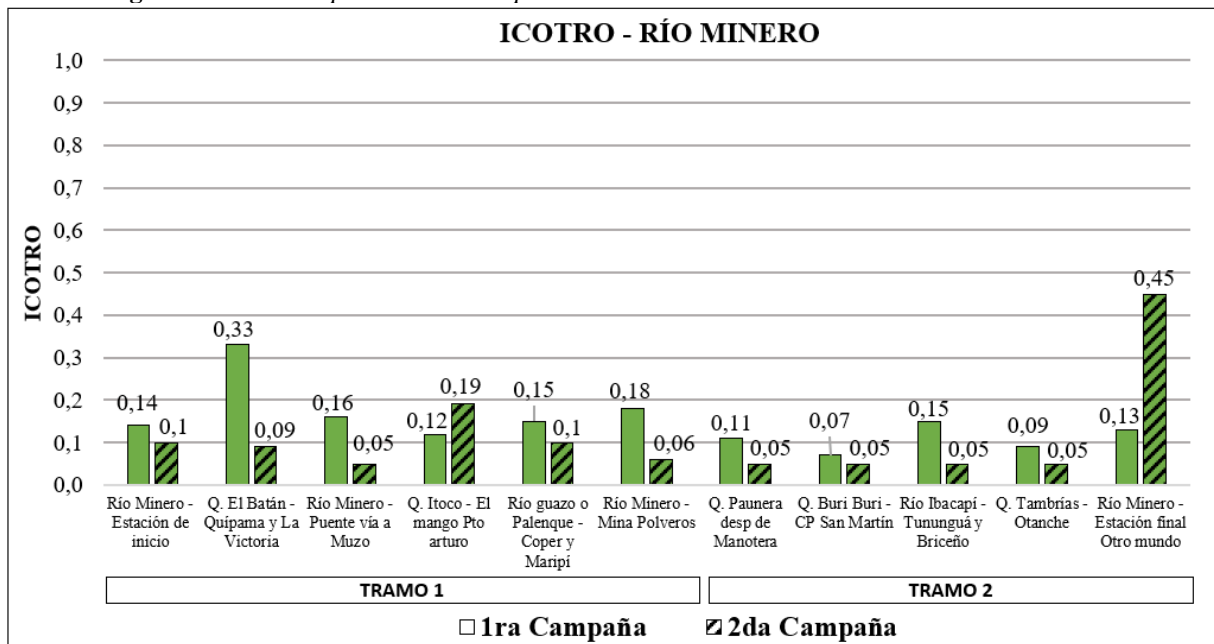
Tabla 75. Resultados del Índice de Contaminación Trófica.

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

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOTRO	ICOTRO	VALOR ICOTRO	ICOTRO
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 IBACAPÍ TUNUNGUÁ Y BRICEÑO	0,15	Eutrofia	0,05	Eutrofia
P7	QUEBRADA TAMBRÍAS	0,09	Eutrofia	0,05	Eutrofia
E4	RIO MINERO ESTACIÓN FINAL OTRO MUNDO	0,13	Eutrofia	0,45	Eutrofia

Fuente: Unión Temporal Proalquim Ltda., 2021

Figura 71. ICOTRO para las dos campañas de monitorio de la cuenca del río Carare-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.

- **ICOpH o índice de contaminación por pH**

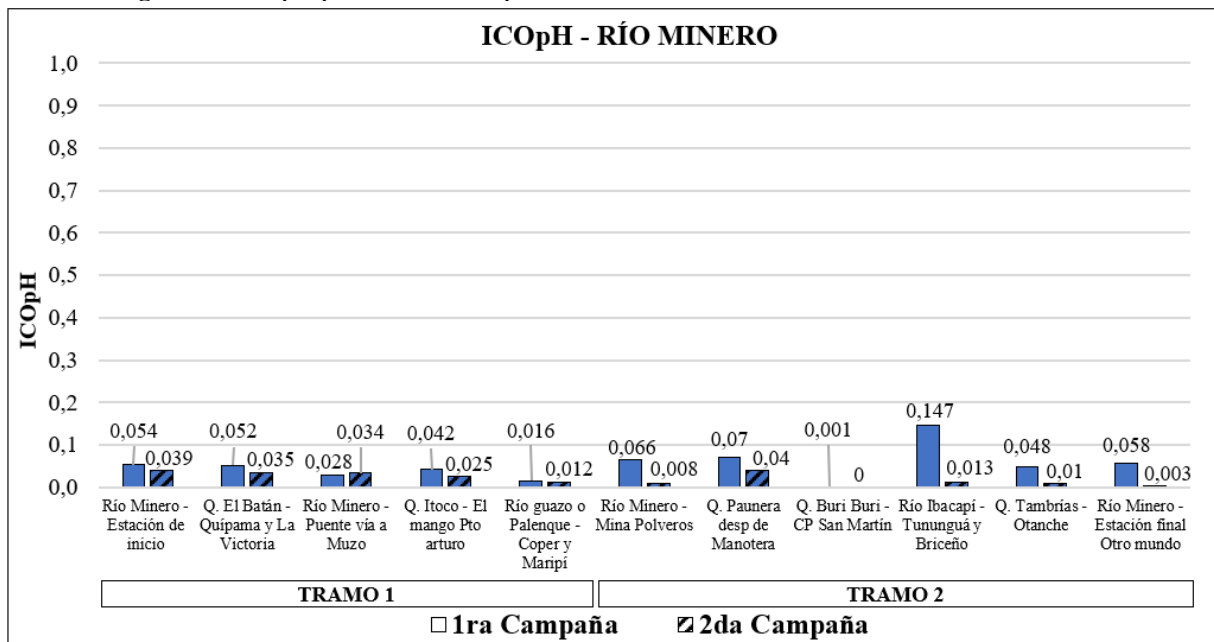
Tabla 76. Resultados del índice de Contaminación por pH.

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		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

PUNTO	ESTACIÓN DE MONITOREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
		VALOR ICOpH	ICOpH	VALOR ICOpH	ICOpH
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 IBACAPÍ 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 72. ICOpH para las dos campañas de monitoreo de la cuenca del río Carare-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.

- **Índice ICOMO**

El ICOMO se obtiene a través de la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, sin embargo, el cálculo exige que las unidades de



Corpoboyacá

medición para coliformes totales sean NMP en vez de UFC, por lo cual no fue posible calcular de forma apropiada este índice

5.2.3.8. Comparación ICOS.

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

Tabla 77. 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.

5.2.4. Estado actual de las Plantas de Tratamiento de la cuenca.

A continuación, se presentan en las tablas 78, 79 y 80, los resultados de monitoreo realizados en el año 2021 por Analquim, en la entrada y la salida de las diferentes PTAR de la cuenca del río Carare-Minero ubicadas en los municipios de Pauna, Otanche y Tununguá.

5.2.4.1. Pauna.

La salida de PTAR del municipio de Pauna incumple con los límites permisibles correspondientes a DBO₅, las demás variables contempladas en la resolución 631 de 2015 en el Artículo 8, cumplen con el valor límite permisible.



Corpoboyacá

Tabla 78. Resultados PTAR del municipio de Pauna respecto a la resolución 631 de 2015.

CARACTERIZACIÓN PSMV MUNICIPIO DE PAUNA		VALOR LÍMITE PERMISIBLE	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	BYPASS
PARÁMETRO	UNIDAD	RES 631/2015	VALOR	VALOR	VALOR
DBO ₅	mg/L	90	189	122	201
SST	mg/L	90	169	79	101

Fuente: Corpoboyacá.

5.2.4.2. Otanche.

La salida de la PTAR del municipio de Otanche cumple con la resolución 631 de 2015 en los parámetros establecidos, lo que indica que la planta de tratamiento realiza remoción de contaminantes que permite una descarga que cumple con la normatividad vigente.

Tabla 79. Resultados PTAR del municipio de Otanche respecto a la resolución 631 de 2015.

CARACTERIZACIÓN PSMV MUNICIPIO DE OTANCHE		VALOR LÍMITE PERMISIBLE	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	BYPASS
PARÁMETRO	UNIDAD	RES 631/2015	VALOR	VALOR	VALOR
DBO ₅	mg/L	90	82	78	85
SST	mg/L	90	55	57	60

Fuente: Corpoboyacá.

5.2.4.3. Tununguá.

La salida de la PTAR Tununguá cumple con la totalidad de la variables establecidas por la resolución 631 de 2015, indicando que la planta de tratamiento realiza remoción de contaminantes.

Tabla 80. Resultados PTAR del municipio de Tununguá respecto a la resolución 631 de 2015.

CARACTERIZACIÓN PSMV MUNICIPIO DE TUNUNGUÁ		VALOR LÍMITE PERMISIBLE	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	BYPASS
PARÁMETRO	UNIDAD	RES 631/2015	VALOR	VALOR	VALOR
DBO ₅	mg/L	90	62	50	38
SST	mg/L	90	32	5	23

Fuente: Corpoboyacá.

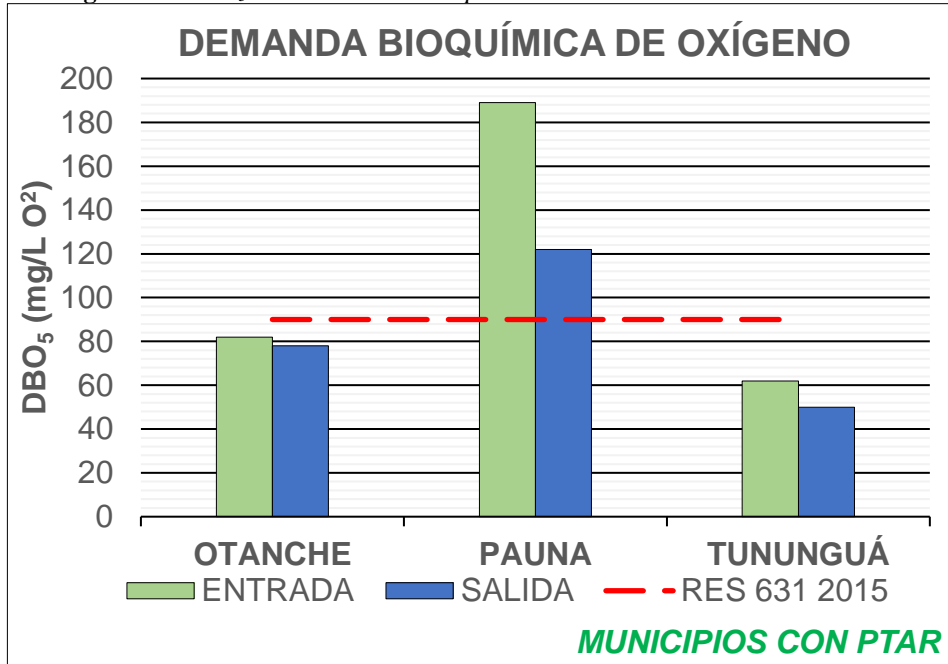
En la tabla 81, se presenta el resumen de los resultados de las PTAR de los municipios anteriormente mencionados.

Tabla 81. Resumen resultados de las PTAR de la cuenca del río Carare-Minero.

MUNICIPIO	RES 631/2015	DBO ₅		SST	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
OTANCHE	90	82	78	55	57
PAUNA	90	189	122	169	79
TUNUNGUÁ	90	62	50	32	5

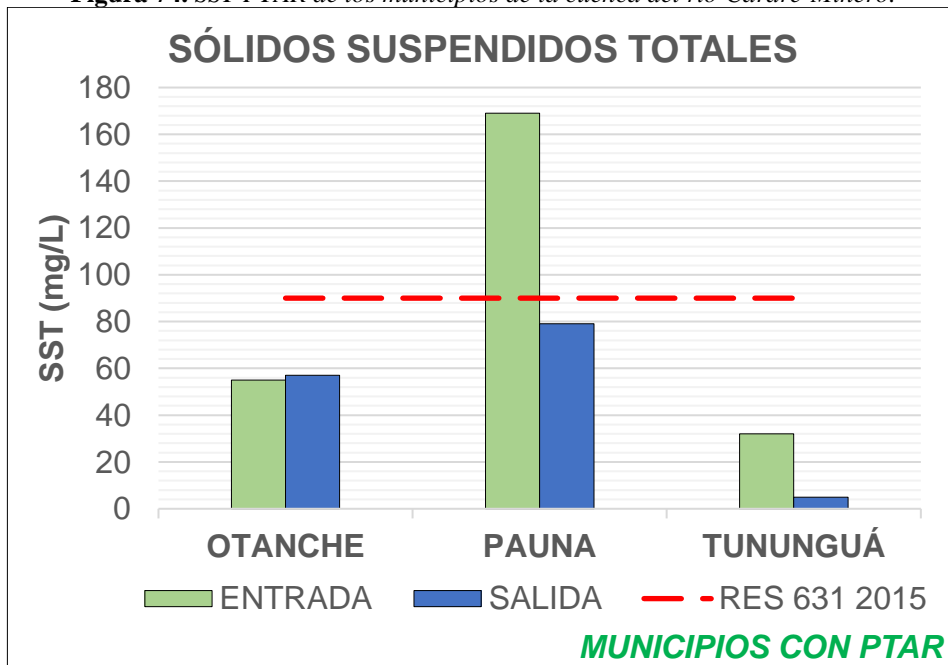
Fuente: Corpoboyacá.

Figura 73. DBO₅ PTAR de los municipios de la cuenca del río Carare-Minero.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 74. SST PTAR de los municipios de la cuenca del río Carare-Minero.



Fuente: Corpoboyacá.

Para conocer más a fondo sobre el estado actual de las PTAR, dirigirse a los Informes de visita a las Plantas realizadas por CORPOBOYACÁ en el año 2022 en el **ANEXO 1** de este documento.



Corpoboyacá

5.2.5. Diagnóstico de la situación de calidad.

5.2.5.1. 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.



Corpoboyacá

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

- 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.

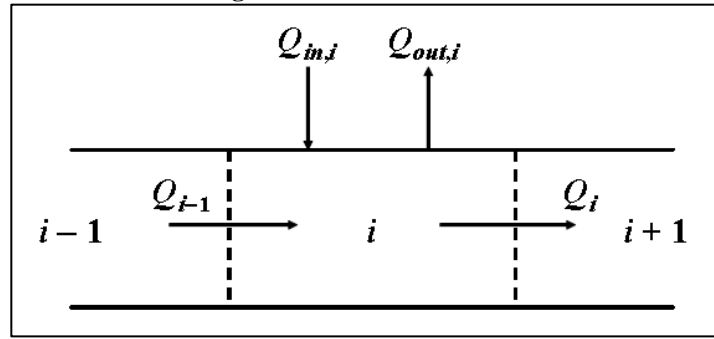
5.2.5.2. Materiales Y Métodos Utilizados.

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 de las algas, 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:

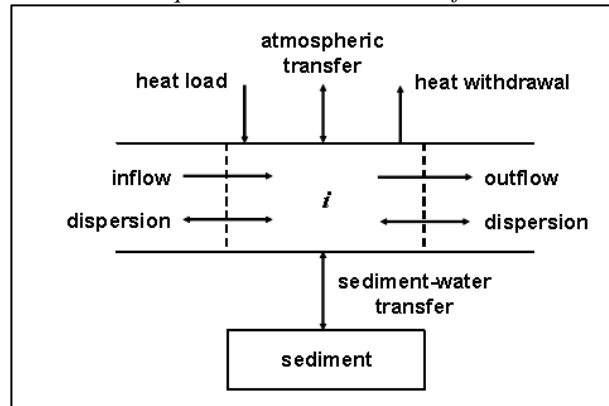
Figura 75. Balance de masas.



Fuente: Chapra, 2008

En el cual se integran los siguientes factores

Figura 76. 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.

5.2.5.3. 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 el 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 82. Estaciones y puntos de monitoreo de la corriente principal del Río Minero.

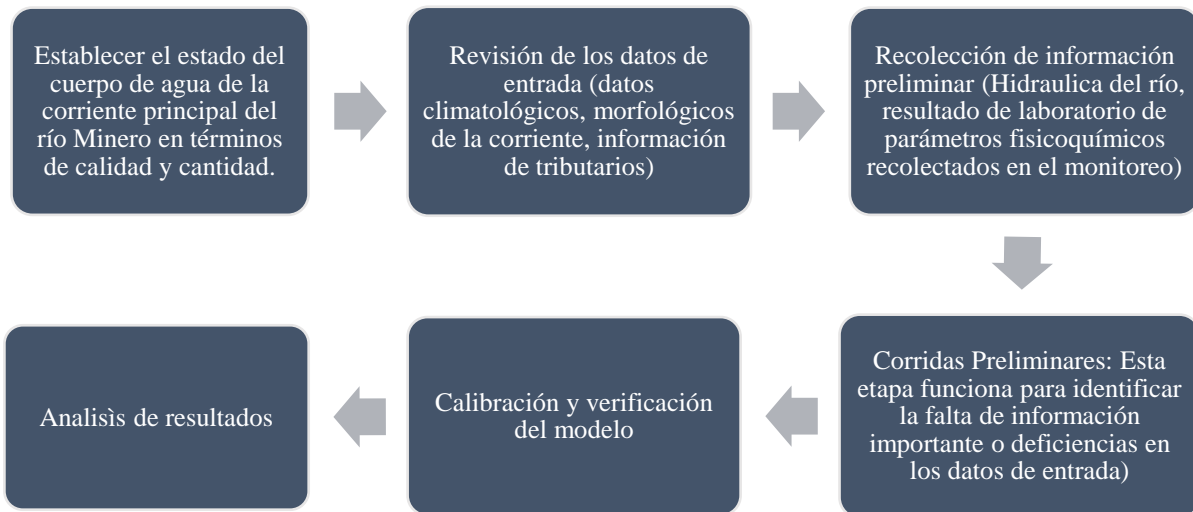
TRAMO	TIPO	NOMBRE
1	Estación	Estación de Inicio, Puente Guaquimay
	Punto	Q. El Batán
	Punto	Q. Itoco

TRAMO	TIPO	NOMBRE
	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

5.2.5.4. Metodología

Figura 77. Proceso De Modelación De Calidad Del Agua De La Corriente Del río Minero



Fuente: Corpoboyacá

5.2.5.5. 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



Corpoboyacá

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 PROALQUIM LTDA en el año 2021 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- 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).

5.2.5.6. 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



Corpoboyacá

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.

5.2.5.7. Escenario De Simulación.

- **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.(Epoca seca)

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 83. 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

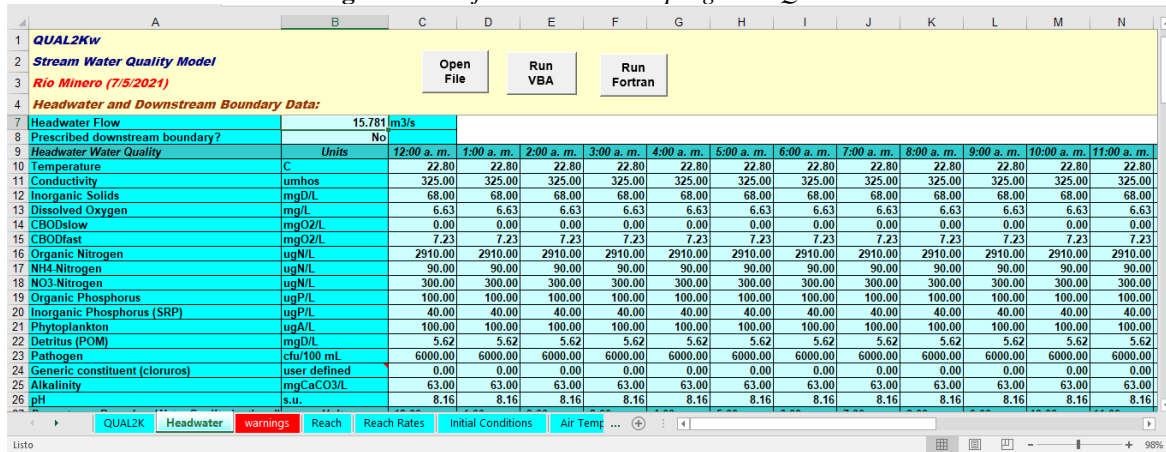
5.2.5.8. Resultados y análisis de resultados.

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.

- **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 78. Hoja Headwater del programa Qual2k.



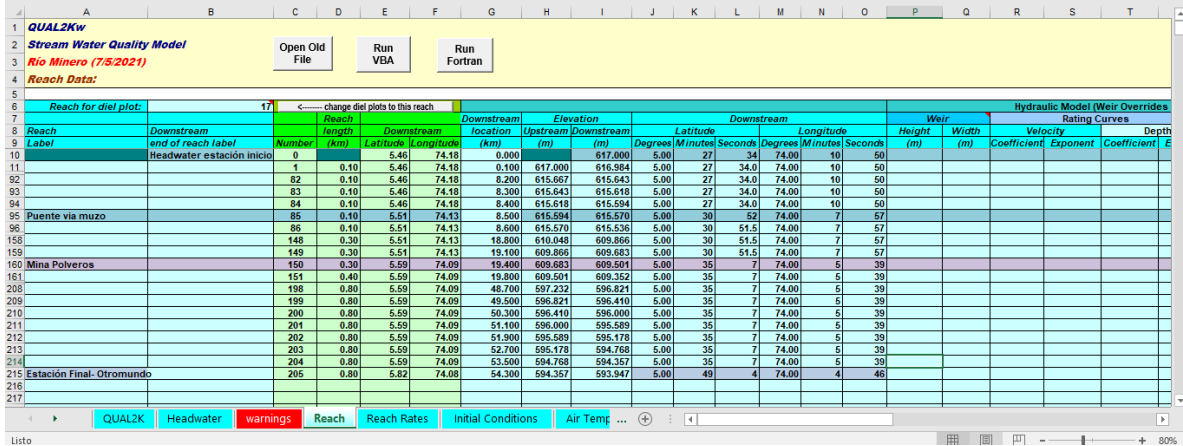
Headwater Flow	Units	12:00 a. m.	1:00 a. m.	2:00 a. m.	3:00 a. m.	4:00 a. m.	5:00 a. m.	6:00 a. m.	7:00 a. m.	8:00 a. m.	9:00 a. m.	10:00 a. m.	11:00 a. m.
Headwater Flow	m ³ /s	15.781											
Temperature	C	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80	22.80
Conductivity	umhos	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00	325.00
Inorganic Solids	mg/L	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00
Dissolved Oxygen	mg/L	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63	6.63
CBODslow	mgO ₂ /L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CBODfast	mgO ₂ /L	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23	7.23
Organic Nitrogen	ugN/L	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00	2910.00
NH4-Nitrogen	ugN/L	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
NO3-Nitrogen	ugN/L	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Organic Phosphorus	ugP/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Inorganic Phosphorus (SRP)	ugP/L	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Phytoplankton	ugA/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Detritus (POM)	mgD/L	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62	5.62
Pathogen	cfu/100 mL	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00
Generic constituent (cloruros)	user defined	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alkalinity	mgCaCO ₃ /L	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
pH	s.u.	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16

Fuente: Corpoboyacá.

- **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 79. Hoja Reach programa Qual2k.



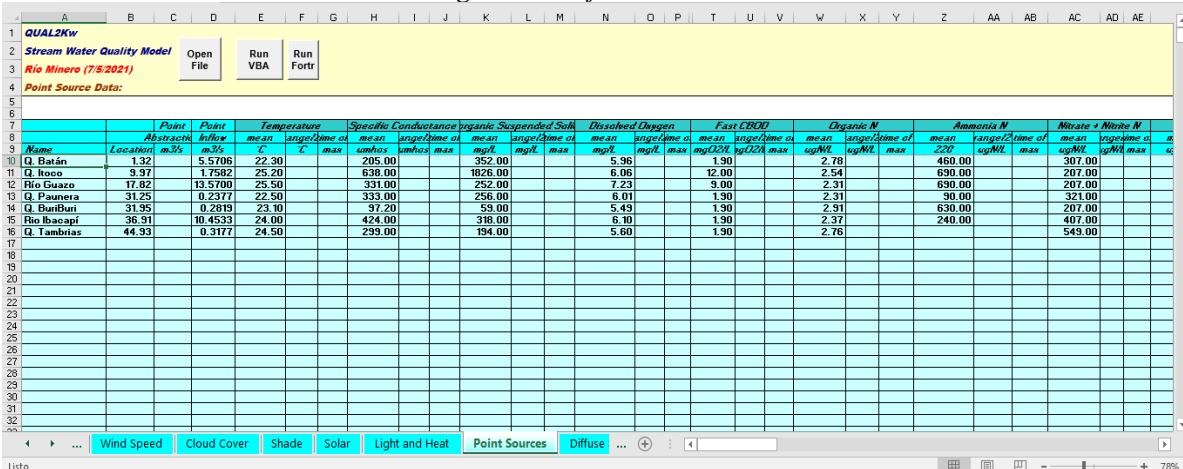
Reach Label	Downstream end of reach label	Number	Reach length (km)	Downstream Latitude	Downstream Longitude	Downstream location (km)	Upstream Elevation (m)	Downstream Elevation (m)	Latitude	Longitude	Weir Height (m)	Weir Width (m)	Velocity Coefficient	Exponent	Depth Coefficient
0	Headwater estación inicio	0	5.46	74.18	8.000	617.000	616.984	5.00	27	34.0	74.00	10	50		
82		1	0.10	5.46	74.18	8.200	615.667	615.643	5.00	27	34.0	74.00	10	50	
83		1	0.10	5.46	74.18	8.300	615.643	615.618	5.00	27	34.0	74.00	10	50	
84		1	0.10	5.46	74.18	8.400	615.618	615.594	5.00	27	34.0	74.00	10	50	
85	Puente via muzo	1	0.10	5.51	74.13	8.500	615.594	615.570	5.00	30	52	74.00	7	57	
86		1	0.10	5.51	74.13	8.600	615.570	615.538	5.00	30	51.5	74.00	7	57	
148		1	0.30	5.51	74.13	18.800	610.048	609.866	5.00	30	51.5	74.00	7	57	
149		1	0.30	5.51	74.13	19.100	609.866	609.683	5.00	30	51.5	74.00	7	57	
150	Mina Polveros	1	0.30	5.59	74.09	19.400	609.683	609.501	5.00	35	7	74.00	5	39	
151		1	0.40	5.59	74.09	19.800	609.501	609.352	5.00	35	7	74.00	5	39	
198		1	0.80	5.59	74.09	48.700	597.232	596.821	5.00	35	7	74.00	5	39	
199		1	0.80	5.59	74.09	49.500	596.821	596.410	5.00	35	7	74.00	5	39	
200		1	0.80	5.59	74.09	50.300	596.410	596.000	5.00	35	7	74.00	5	39	
201		1	0.80	5.59	74.09	51.100	596.000	595.589	5.00	35	7	74.00	5	39	
202		1	0.80	5.59	74.09	51.900	595.589	595.178	5.00	35	7	74.00	5	39	
203		1	0.80	5.59	74.09	52.700	595.178	594.768	5.00	35	7	74.00	5	39	
204		1	0.80	5.59	74.09	53.500	594.768	594.357	5.00	35	7	74.00	5	39	
205	Estación Final- Otromundo	1	0.80	5.82	74.08	54.300	594.357	593.947	5.00	49	4	74.00	4	46	

Fuente: Corpoboyacá

- **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 80. Hoja Point Source.



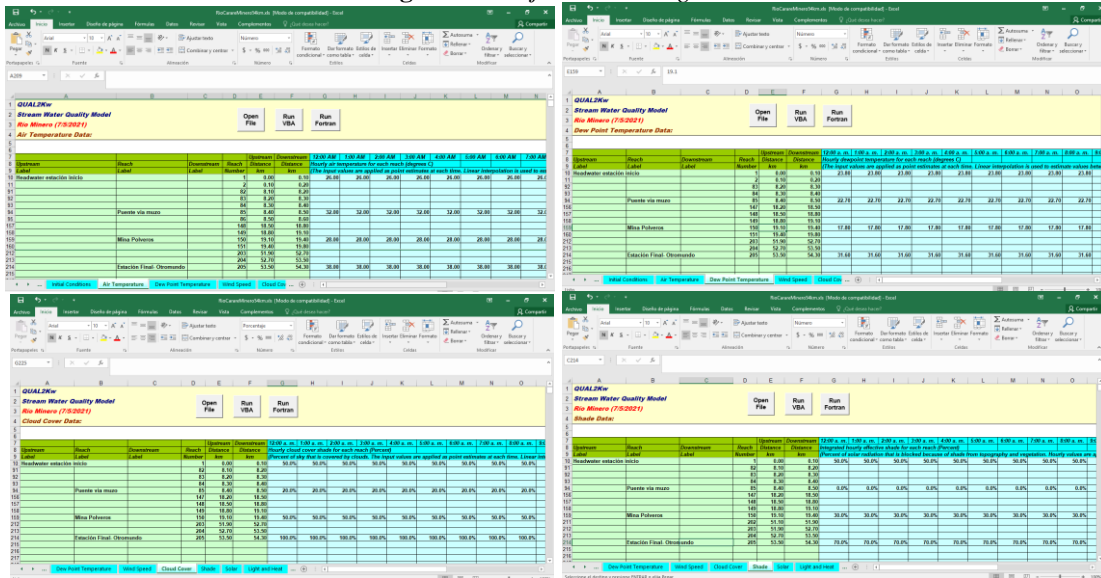
Name	Location	Point Elevation	Temperature	Specific Conductance	Organic Suspended Solids	Dissolved Oxygen	Fast CBOD	Organic N	Ammonia N	Nitrate + Nitrite N
Q. Batán	1.32	5.5706	22.30	352.00	352.00	5.36	1.90	2.78	460.00	307.00
Q. Reco	3.37	1.7582	25.20	638.00	1826.00	6.06	12.00	2.54	630.00	207.00
Río Guazo	17.82	13.5709	25.50	331.00	252.00	7.23	3.00	2.31	630.00	207.00
Q. Paunera	31.25	0.2377	22.50	333.00	256.00	6.01	1.90	2.31	30.00	321.00
Q. Buriburi	31.95	0.2819	23.10	37.20	53.00	5.43	1.90	2.31	630.00	207.00
Río Ibaecapi	36.91	10.4533	24.00	424.00	318.00	6.10	1.90	2.37	240.00	407.00
Q. Tambitas	44.93	0.3177	24.50	293.00	194.00	5.60	1.90	2.78	240.00	543.00

Fuente: Corpoboyacá.

- **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 81. Hojas meteorológicas.



Fuente: Corpoboyacá

• **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 82. Hoja de resumen programa Qual2K.

Reach Label	x(km)	cond (umhos)	ISS (mgD/L)	DO(mgO2/L)	CBODs (mgO2/L)	CBODf (mgO2/L)	No(ugN/L)	NH4(ugN/L)	NO3(ugN/L)	Po (ugP/L)	Inorg P (ugP/L)	Phyto (ugA/L)	Detritus (m)
Headwater estación in	0.00	325.00	68.00	6.63	0.00	7.23	2910.00	90.00	300.00	100.00	40.00	100.00	
90	8.05	293.69	27.20	7.71	0.19	5.14	2107.19	106.50	302.97	126.68	54.36	128.38	
91	8.15	293.69	26.59	7.71	0.19	5.13	2106.69	106.27	302.94	126.40	54.52	128.42	
92	8.25	293.69	26.00	7.72	0.19	5.12	2106.18	106.03	302.91	126.13	54.69	128.45	
93	8.35	293.69	25.42	7.73	0.20	5.12	2105.68	105.80	302.88	125.85	54.85	128.49	
94 Puente via muzo	8.45	293.69	24.81	7.73	0.20	5.11	2105.10	105.48	302.84	125.48	55.09	128.54	
157	18.65	324.00	105.35	7.62	0.25	6.30	1200.48	317.65	264.96	95.04	65.10	161.12	
158	18.95	324.00	102.22	7.62	0.26	6.27	1199.99	316.13	265.82	94.47	65.50	161.21	
159 Mina Polveros	19.25	324.00	93.92	7.65	0.27	6.23	1198.84	313.76	266.82	93.63	65.94	161.35	
212	52.30	344.34	43.68	7.96	0.50	3.70	874.08	230.34	321.76	62.17	69.38	186.96	
213	53.10	344.34	43.68	7.97	0.50	3.67	873.81	227.29	321.21	61.53	69.49	187.49	
214 Estación Final- Otromu	53.90	344.34	43.68	7.93	0.51	3.64	873.45	225.11	321.74	60.68	70.07	187.76	
215 Terminus	54.30	344.34	43.68	7.93	0.51	3.64	873.45	225.11	321.74	60.68	70.07	187.76	

Fuente: Corpoboyacá



Corpoboyacá

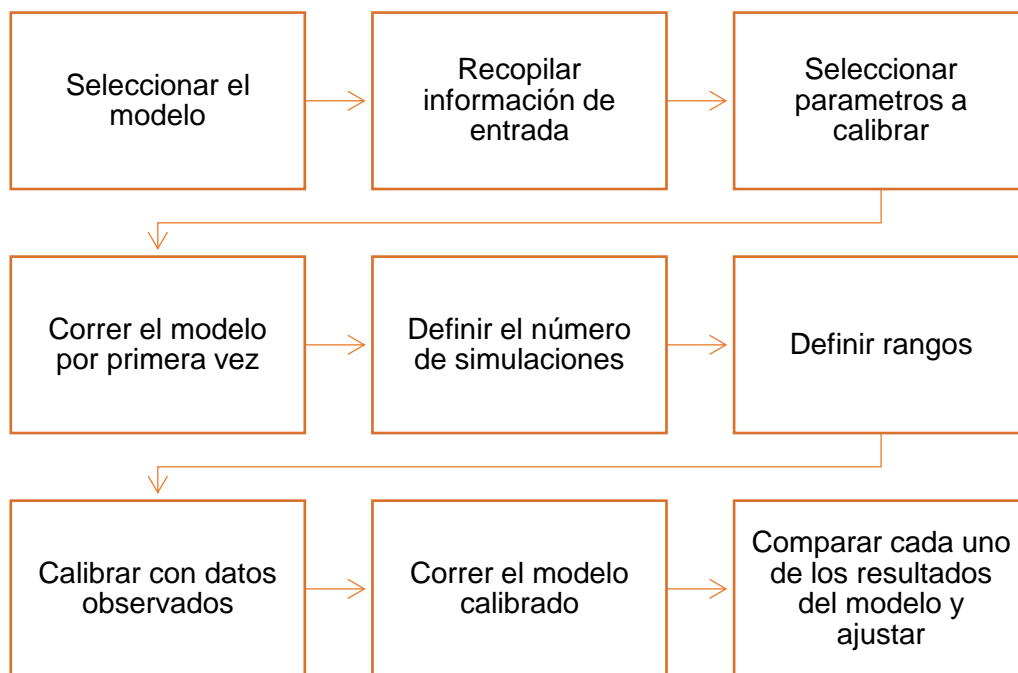
5.2.5.9. Calibración.

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.

- **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 83. Metodología de calibración del programa Qual2K.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 84. Rangos de calibración para el modelo

Fitness:
0,5775

Parameter	Value	Units	Sym bol	Auto-calibration inputs		
				Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7,2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0,4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0,4	2
Inorganic suspended solids:						
Settling velocity	3	m/d	v_i	Yes	0	4
Oxygen:						
Reaeration model	O'Connor-Dobbins			f(u h)		
Temp correction	1,024		θ_a			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2,69	gO ₂ /gC	r_{oc}			
O2 for NH ₄ nitrification	4,57	gO ₂ /gN	r_{on}			
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential					
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0,60	L/mgO ₂	K_{socf}	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model nitrification	Exponential					
Oxygen inhib parameter nitrification	0,60	L/mgO ₂	K_{sona}	No	0,60	0,60
Oxygen enhance model denitrification	Exponential					
Oxygen enhance parameter denitrification	0,60	L/mgO ₂	K_{sodn}	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model phyto resp	Exponential					
Oxygen inhib parameter phyto resp	0,60	L/mgO ₂	K_{sop}	No	0,60	0,60
Oxygen enhance model bot alg resp	Exponential					
Oxygen enhance parameter bot alg resp	0,60	L/mgO ₂	K_{sob}	No	0,60	0,60
Slow CBOD:						
Hydrolysis rate	0,1	/d	k_{hc}	Yes	0	1
Temp correction	1,047		θ_{hc}	No	1	1,07
Oxidation rate	1,2	/d	k_{des}	Yes	0	1
Temp correction	1,047		θ_{des}	No	1	1,07
Fast CBOD:						

Parameter	Value	Units	Sym bol	Auto-calibration inputs		
				Auto- cal	Min value	Max value
Oxidation rate	5	/d	k_{dc}	Yes	1	6
Temp correction	1,047		θ_{dc}	No	1	1,07
Organic N:						
Hydrolysis	0,2	/d	k_{hn}	Yes	0	0,6
Temp correction	1,07		θ_{hn}	No	1	1,07
Settling velocity	0,15	m/d	v_{on}	Yes	0	0,8
Ammonium:						
Nitrification	2,15	/d	k_{na}	Yes	1	4
Temp correction	1,07		θ_{na}	No	1	1,07
Nitrate:						
Denitrification	1	/d	k_{dn}	Yes	0	3
Temp correction	1,07		θ_{dn}	No	1	1,07
Sed denitrification transfer coeff	0,05126	m/d	v_{di}	Yes	0	1
Temp correction	1,07		θ_{di}	No	1	1,07
Organic P:						
Hydrolysis	3,4361	/d	k_{hp}	Yes	0	5
Temp correction	1,07		θ_{hp}	No	1	1,07
Settling velocity	0,62926	m/d	v_{op}	Yes	0	2
Inorganic P:						
Settling velocity	0,01384	m/d	v_{ip}	Yes	0	2
Sed P oxygen attenuation half sat constant	1,69154	mgO ₂ /L	k_{spi}	Yes	0	2
Phytoplankton:						
Max Growth rate	2,5	/d	k_{gp}	No	1,5	3
Temp correction	1,07		θ_{gp}	No	1	1,07
Respiration rate	0,1	/d	k_{rp}	No	0	1
Temp correction	1,07		θ_{rp}	No	1	1,07
Death rate	0	/d	k_{dp}	No	0	1
Temp correction	1		θ_{dp}	No	1	1,07
Nitrogen half sat constant	15	ugN/L	k_{spp}	No	0	150
Phosphorus half sat constant	2	ugP/L	k_{snp}	No	0	50
Inorganic carbon half sat constant	1,30E-05	moles/L	k_{sCp}	No	1,30E-06	1,30E-04
Phytoplankton use HCO ₃ - as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	57,6	langleys/d	K_{Lp}	No	28,8	115,2

Parameter	Value	Units	Sym bol	Auto-calibration inputs		
				Auto- cal	Min value	Max value
Ammonia preference	25	ugN/L	k_{hmxp}	No	25	25
Settling velocity	0,15	m/d	v_a	No	0	5
Bottom Plants:						
Growth model	Zero-order					
Max Growth rate	49,3845	gD/m ² /d or /d	C_{gb}	Yes	0	100
Temp correction	1,07		θ_{gb}	No	1	1,07
First-order model carrying capacity	100	gD/m ²	$a_{b,max}$	No	50	200
Basal respiration rate	0,48434	/d	k_{r1b}	No	0	0,3
Photo-respiration rate parameter	0	unitless	k_{r2b}	No	0	0,6
Temp correction	1,07		θ_{rb}	No	1	1,07
Excretion rate	0,46367	/d	k_{eb}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,07		θ_{db}	No	1	1,07
Death rate	0,40579	/d	k_{db}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,07		θ_{db}	No	1	1,07
External nitrogen half sat constant	163,368	ugN/L	k_{sPb}	Yes	0	300
External phosphorus half sat constant	47,556	ugP/L	k_{sNb}	Yes	0	100
Inorganic carbon half sat constant	1,05E-05	moles/L	k_{sCb}	Yes	1,30E-06	1,30E-04
Bottom algae use HCO ₃ - as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	2,09098	langleys/d	K_{Lb}	Yes	1	100
Ammonia preference	1,48807	ugN/L	k_{hmb}	Yes	1	100
Subsistence quota for nitrogen	29,95736472	mgN/gD	q_{0N}	Yes	0,072	72
Subsistence quota for phosphorus	0,3928168	mgP/gD	q_{0P}	Yes	0,01	10
Maximum uptake rate for nitrogen	446,5885	mgN/gD/d	ρ_{mN}	Yes	350	1500
Maximum uptake rate for phosphorus	114,4235	mgP/gD/d	ρ_{mP}	Yes	50	200
Internal nitrogen half sat ratio	2,856177		$K_{qN,ratio}$	Yes	1,05	5
Internal phosphorus half sat ratio	1,752547		$K_{qP,ratio}$	Yes	1,05	5
Nitrogen uptake water column fraction	1		$N_{UpWCfrac}$	No	0	1
Phosphorus uptake water column fraction	1		$P_{UpWCfrac}$	No	0	1
Detritus (POM):						

Parameter	Value	Units	Sym bol	Auto-calibration inputs		
				Auto-cal	Min value	Max value
Dissolution rate	4	/d	k_{dt}	Yes	0	3
Temp correction	1,07		θ_{dt}	No	1,07	1,07
Settling velocity	2	m/d	v_{dt}	Yes	0.5	4
Pathogens:						
Decay rate	0,01	/d	k_{dx}	Yes	0,8	0,8
Temp correction	1,07		θ_{dx}	No	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d	v_x	Yes	1	1
alpha constant for light mortality	1	/d per ly/hr	$apath$	No	1	1
pH:						
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	p_{CO2}			
Hyporheic metabolism						
Model for biofilm oxidation of fast CBOD	Zero-order		level 1			
Max biofilm growth rate	5	gO2/m ² /d or /d	"	No	0	20
Temp correction	1,047		"	No	1,047	1,047
Fast CBOD half-saturation	0,5	mgO2/L	"	No	0	2
Oxygen inhib model	Exponential		"			
Oxygen inhib parameter	0,60	L/mgO2	"	No	0,60	0,60
Respiration rate	0,2	/d	level 2	No	0,2	0,2
Temp correction	1,07		"	No	1,07	1,07
Death rate	0,05	/d	"	No	0,05	0,05
Temp correction	1,07		"	No	1,07	1,07
External nitrogen half sat constant	15	ugN/L	"	No	15	15
External phosphorus half sat constant	2	ugP/L	"	No	2	2
Ammonia preference	25	ugN/L	"	No	25	25
First-order model carrying capacity	100	gD/m ²	"	No	100	100
Generic constituent						
Decay rate	0,8	/d		No	0,8	0,8
Temp correction	1,07			No	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d		No	1	1

Fuente: Corpoboyacá



Corpoboyacá

5.2.5.10. Análisis De Resultados Del Modelo Calibrado y cumplimiento de los objetivos de calidad

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.

Estos resultados son correlacionados con los valores establecidos como límites máximos permisibles para cumplir con el objetivo de calidad establecidos en la Resolución No. 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)” en la cual se definen los usos genéricos para el recurso hídrico correspondiente a cada tramo.

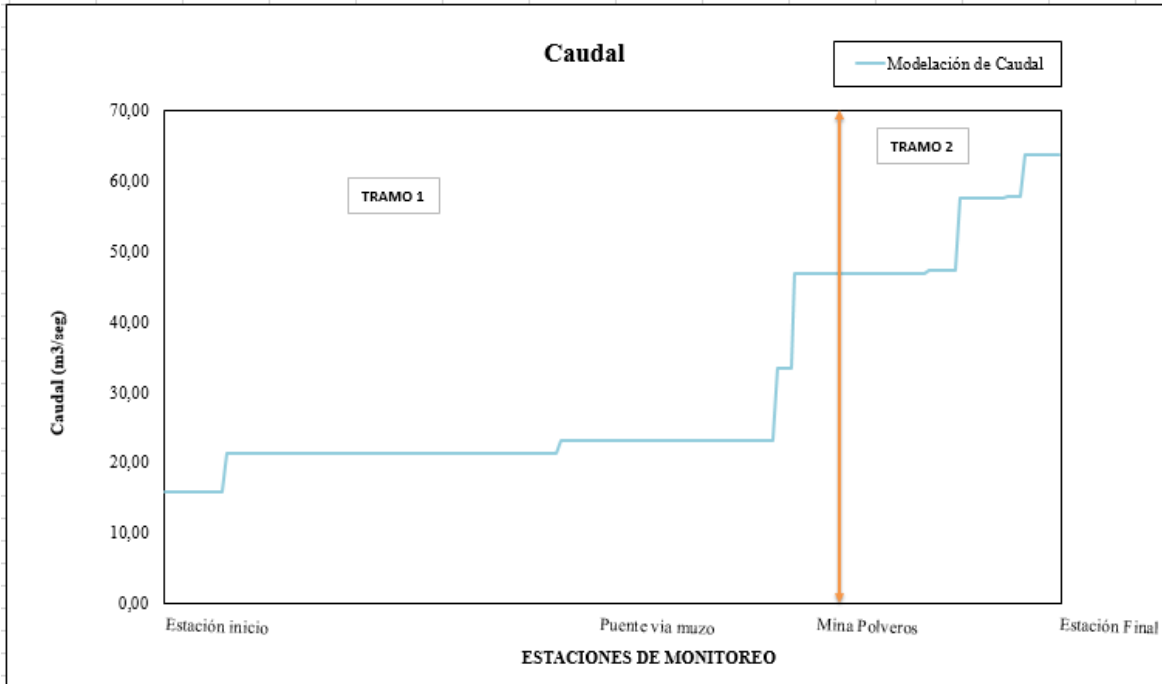
- **Caudal.**

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 85. Caudal corriente principal río Minero.



Corpoboyacá



Fuente: Corpoboyacá.

Los resultados reflejan que el caudal aumenta progresivamente a lo largo del recorrido en la cabecera presenta un caudal de 15,781 m³/s y termina en la estación final denominada Otro mundo en el tramo 2 con un caudal de 64,050 m³/s.

• **Temperatura.**

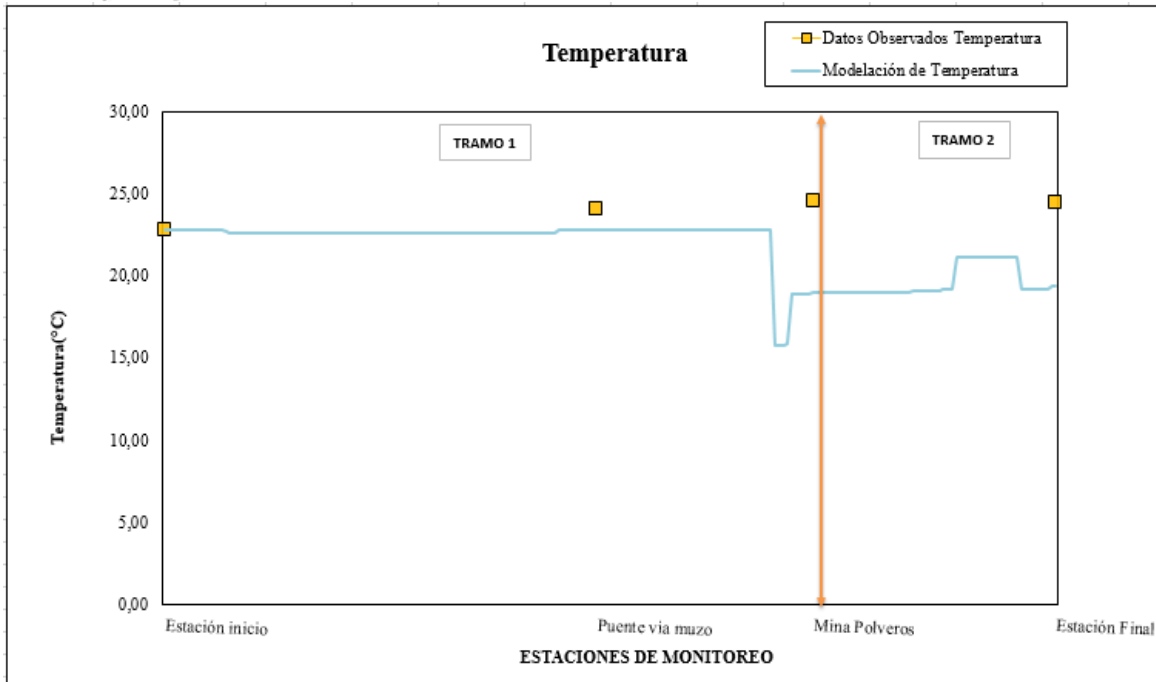
La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases (Jiménez, 2000). Los resultados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

Figura 86. Temperatura de la corriente principal río Minero.





Corpoboyacá



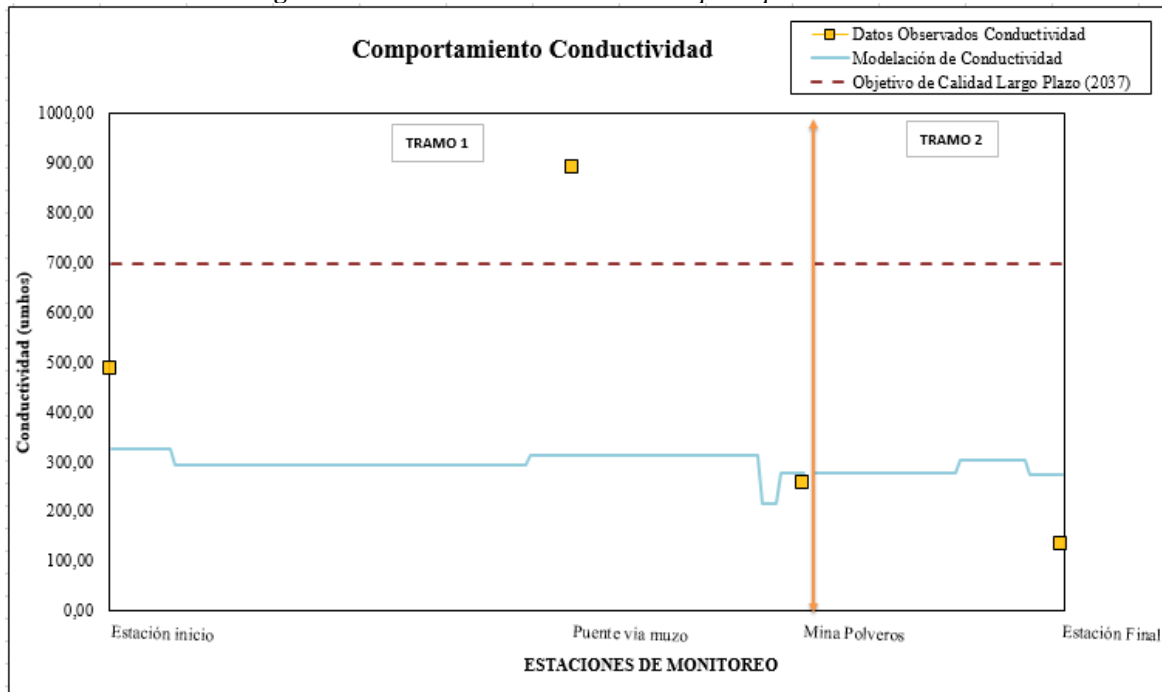
Fuente: Corpoboyacá.

La temperatura representada en la anterior grafica demuestra que a medida que el río avanza la temperatura va encontrando un punto de equilibrio presentando valores que oscilan entre los 24 y 25 °C valores normales para corrientes ubicadas en esta zona.

- **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 87. Conductividad de la corriente principal río Minero.



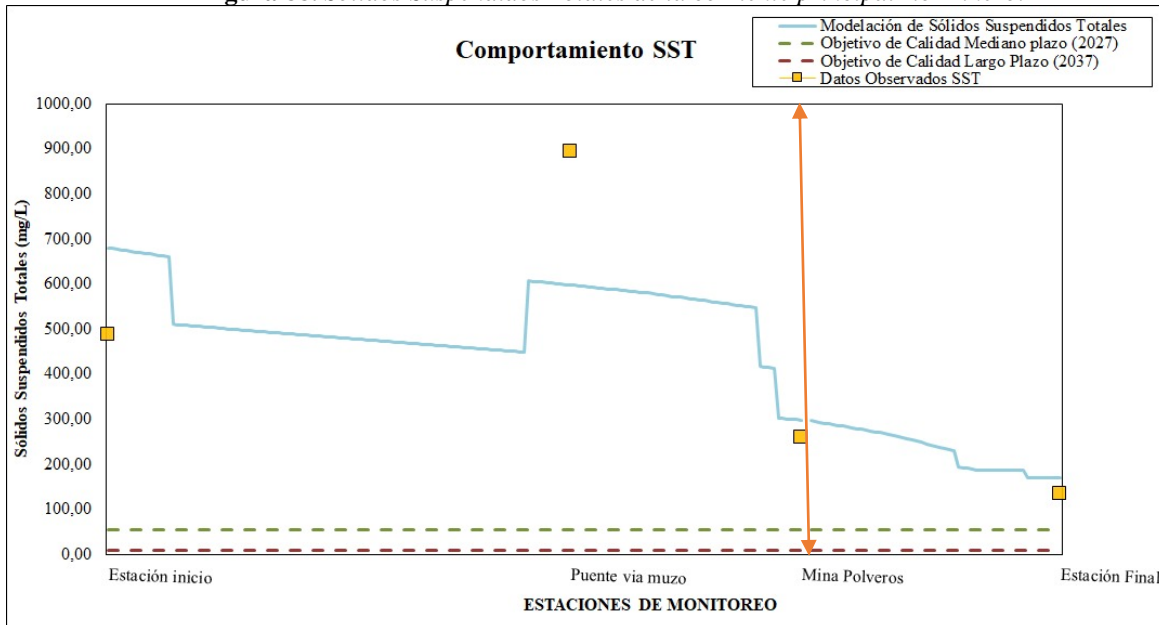
Fuente: Corpoboyacá.

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 final con un valor de 278 umhos, la concentración más alta se presentó en la estación de inicio con un valor de 325 umhos, este comportamiento 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. La concentración máxima permitida para cumplir con el objetivo de calidad es 700 umhos.

- **Sólidos Suspendidos Totales**

Indica la cantidad de sólidos que se encuentran en suspensión presentes en el agua, en la siguiente gráfica se presentan los resultados de obtenidos en la modelación y los resultados medidos en la campaña de monitoreo de época seca, desde su nacimiento hasta la desembocadura del río Minero.

Figura 88. Sólidos Suspendidos Totales de la corriente principal río Minero.



Fuente: Corpoboyacá.

Se puede observar que los valores ingresados (valores obtenidos en campo) están en un rango de 134 a 486 mg/L presentando un valor atípico en la estación puente vía muzo en la que se midió una concentración de 893 mg/L de SST. El modelo representa este comportamiento en el que el tramo uno (Estación de inicio- Mina polveros) presenta los valores más altos de contaminación por solidos suspendidos totales y la línea tendencia empieza a descender a medida que avanza la trayectoria del corriente y las condiciones hidromorfológicas varían. El objetivo de calidad establece para los dos tramos (Tramo 1 y Tramo 2) que la corriente principal del río minero no debe superar los 55 mg/L SST, por lo cual se hace necesario la implementación de sistemas de tratamiento de agua residual tanto para vertimientos de tipo doméstico como industrial que minimice el impacto negativo que se le está generando a la fuente hídrica. Dado que los SST reducen la penetración de luz en la superficie del agua y por tanto interfieren en la vida acuática.

- **Oxígeno Disuelto.**

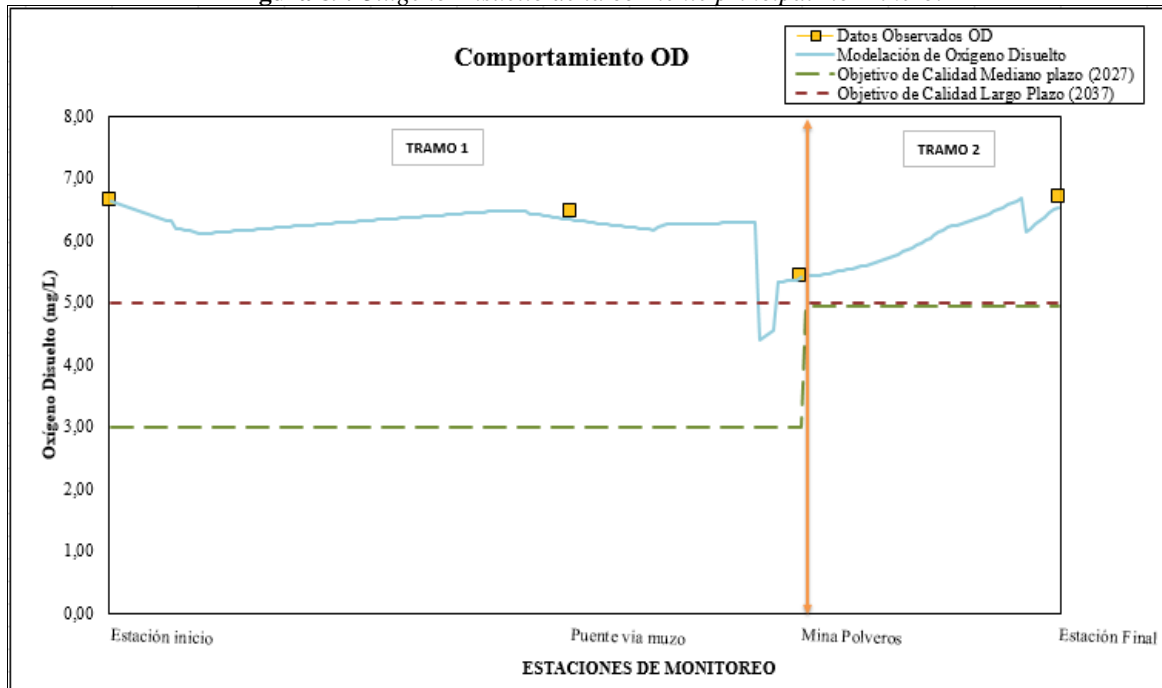
A continuación, se presentan los resultados de calibración en el parámetro de Oxígeno Disuelto en el río Minero en este caso la línea azul representa el Oxígeno disuelto máximo que se puede alcanzar a lo largo de la corriente (Oxígeno disuelto de saturación) la línea continua representa los resultados de simulación, la línea verde representa la concentración mínima que debe tener



Corpoboyacá

la corriente principal del río para cumplir con el objetivo de calidad y los datos obtenidos en campo (monitoreo) están representados con el color amarillo.

Figura 89. Oxígeno Disuelto de la corriente principal río Minero.



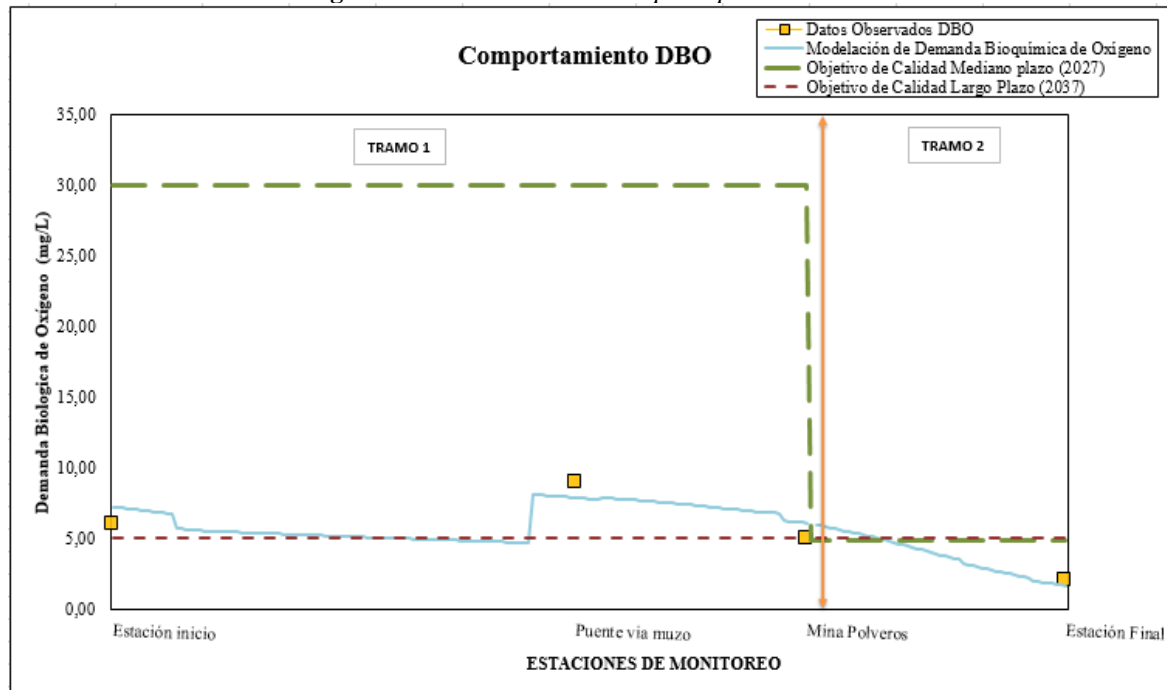
Fuente: Corpoboyacá.

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.

- **DBO Rápida.**

Los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ o DBO rápida obtenido en el modelo de calidad hídrica en la corriente principal del río Minero se encuentran a continuación:

Figura 90. DBO de la corriente principal río Minero.



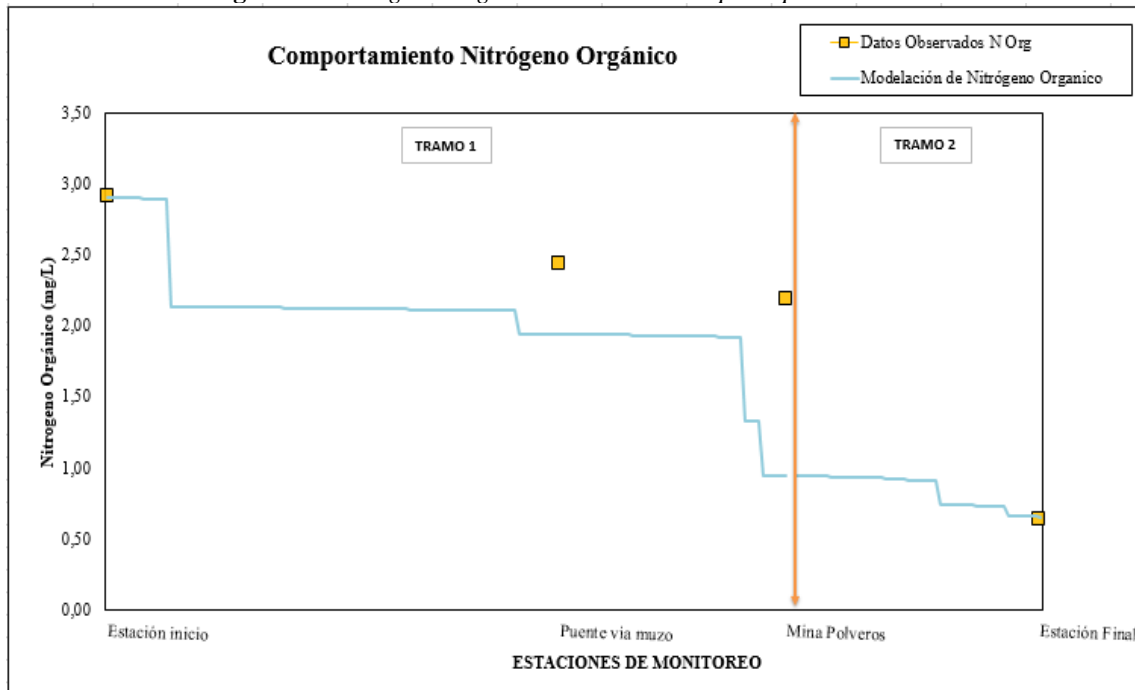
Fuente: Corpoboyacá.

En el tramo uno (Estación de inicio – Mina polveros) se obtiene un valor constante de DBO₅ con un promedio de 5 mg/L , no obstante se presenta un incremento en la estación denominada Puente vía Muzo con un valor que supera los 10 mg/L DBO₅ esto posiblemente es causado por el aporte de materia orgánica originado por el efluente de los vertimientos que han sido descargados aguas arriba de la estación de monitoreo producto de agua residual doméstica e industrial (Extracción de minerales de piedras preciosas), en el tramo 2 (Mina polvero – Estación final) desciende el valor de DBO₅ reportada en la campaña de monitoreo , la capacidad de asimilación y al factor de dilución que tiene en esta parte la corriente principal del río minero dado la morfología e hidráulica de la zona favorece al descenso de este parámetro.

- **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 del nitro bacterias. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la simulación.

Figura 91. Nitrógeno Orgánico de la corriente principal río Minero.



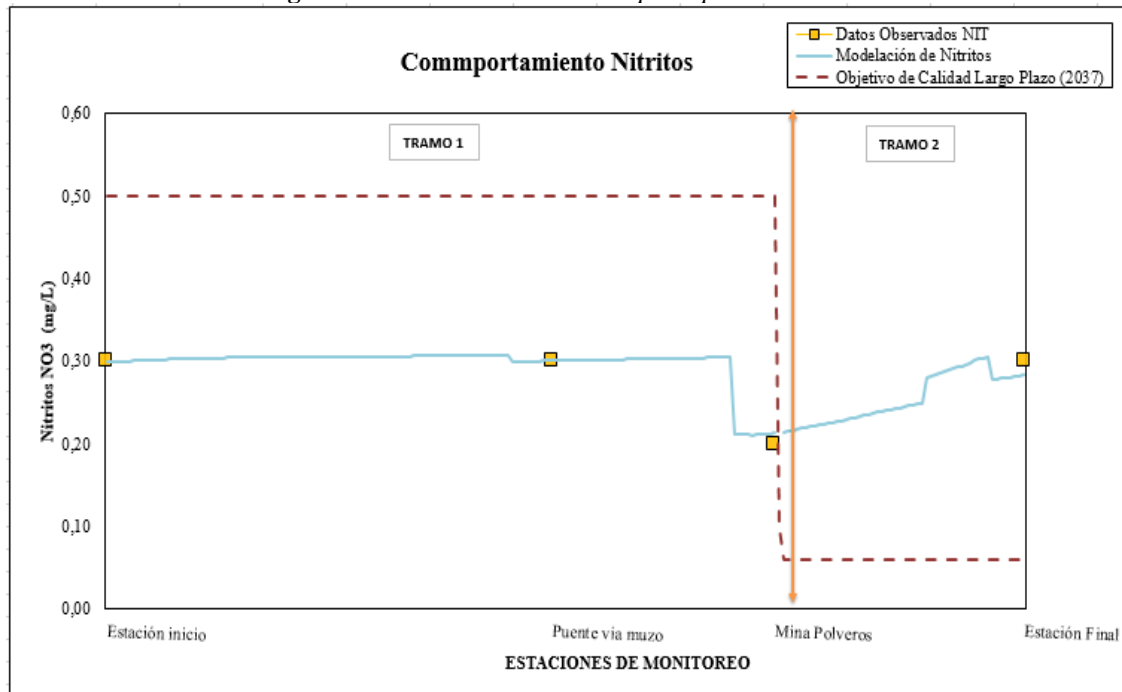
Fuente: Corpoboyacá.

El nitrógeno orgánico registrado en campo reportó un descenso en las concentraciones desde la estación de inicio hasta la estación final. El modelo de simulación genera el mismo comportamiento, este decaimiento es debido a la reacción de hidrólisis o amonificación en presencia de oxígeno disuelto. No obstante, es importante que en toda la corriente se genere una disminución de este parámetro ya que está sujeto al consumo por parte de microorganismos los cuales lo transformaran a nitrógeno amoniacal.

- **Nitritos**

El nitrito es la forma de nitrógeno que resulta de la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal. Este proceso, denominado nitrificación, es llevado a cabo por un grupo selecto de bacterias (Nitrosomonas). El nitrito es una especie química cuya toxicidad aguda es incluso peor que la del amoníaco, pero no se volatiliza y se oxida rápidamente a nitrato por acción microbiológica. “EPA Method 300.0 Determination on inorganic ions by ion chromatography, United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, 1993”

Figura 92. Nitritos de la corriente principal río Minero.



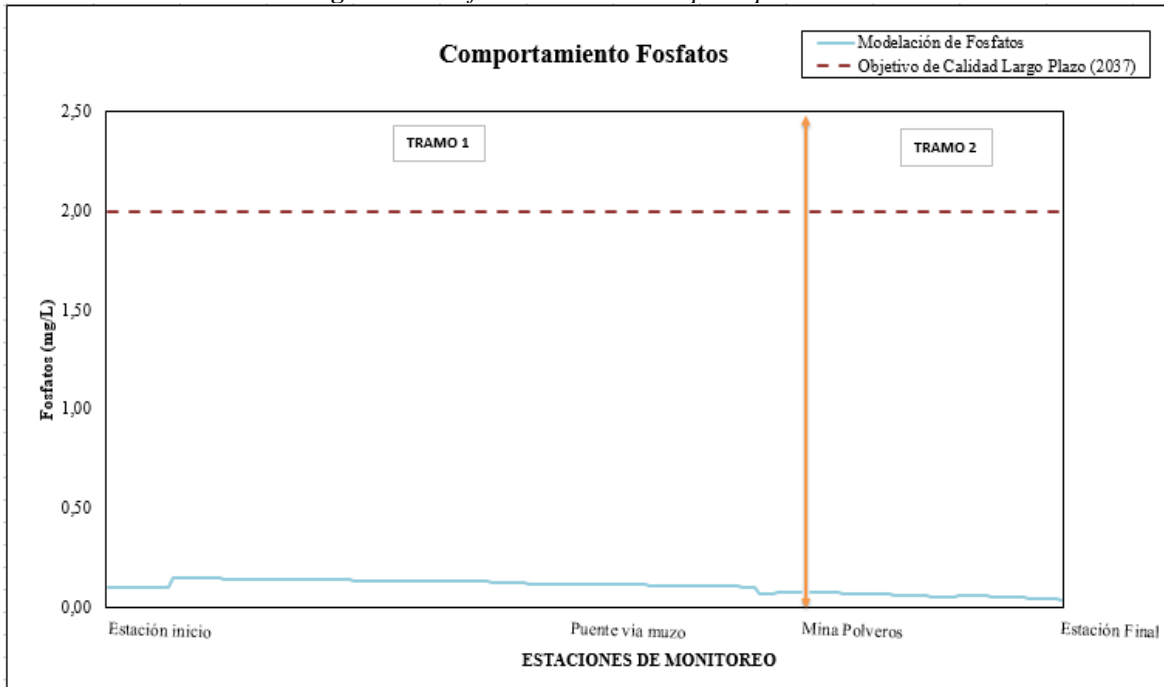
Fuente: Corpoboyacá.

En las primeras estaciones de monitoreo del tramo uno se observa un valor constante de 0.30 mg/l de nitritos reduciendo la concentración presente en la estación Mina Polveros y volviendo a incrementar el valor obtenido en estación Final correspondiente al tramo 2. A pesar que las concentraciones presentadas corresponden a valores característicos de agua subterránea y que en el primer tramo se cumple con la concentración máxima permitida en el objetivo de calidad (0,5 mg/L NO_3), es necesario reducir su valor en el río dado que los nitritos en su proceso normal son transformados a nitratos y este compuesto en exceso pueden producir eutrofización en la corriente hídrica, por tal fin en el tramo 2 el valor máximo permitido para cumplir con el objetivo de calidad es de 0,06 mg/L NO_3 .

- **Fosfatos-Ortofosfatos**

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas en forma de fosfatos. Éstos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos organofosfatados (DOF, 2001). El programa Qual2kW modela el comportamiento obtenido por los ortofosfatos en corrientes hídricas.

Figura 93. Fosfatos de la corriente principal río Minero



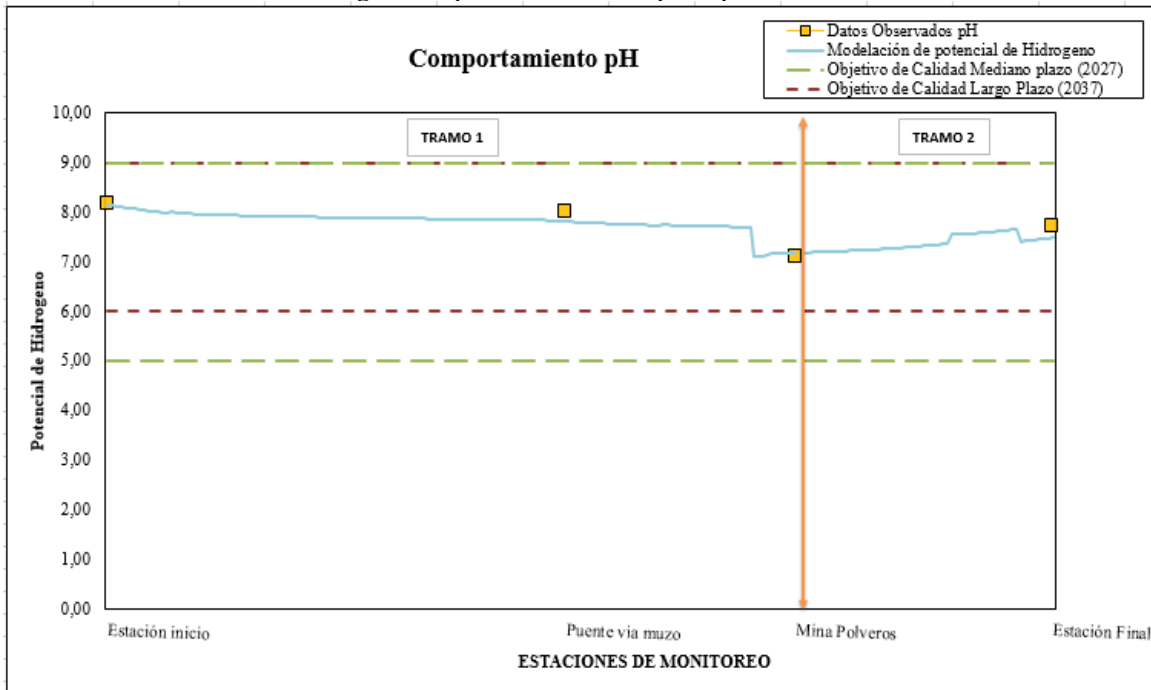
Fuente: Corpoboyacá.

Los ortofosfatos a lo largo de la cuenca del río Carare-Minero presentan concentraciones muy bajas, por tal motivo, tienden a absorberse y sedimentarse, en la actualidad se presentan concentraciones inferiores al valor máximo permitido para cumplir con el objetivo de calidad, no obstante, es un parámetro que no debe incrementar para no afectar la biota natural del río y producir eutrofización.

- **Potencial de Hidrógeno**

El potencial de hidrógeno es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en una solución y es una medida para determinar si un líquido es ácido o básico (alcalino). La escala de pH tiene rangos desde 0 hasta 14, donde 0 es muy ácido y 14 es muy alcalino. Para el modelo de calidad se utilizó el método de solución Newton-Raphson, debido a su rapidez este método fue el predeterminado.

Figura 94. pH de la corriente principal río Minero.



Fuente: Corpoboyacá.

En aguas naturales el pH se encuentra en valores varían entre 6.5 a 8, en este caso el comportamiento del río Minero en relación al pH se encuentra en un rango neutro o básico (entre 7 a 8) y cumple con los objetivos de calidad en rango de 6 a 9.

- **Alcalinidad**

La alcalinidad en el agua natural responde a la presencia de bicarbonato, es una medida para determinar la capacidad del agua para neutralizar los ácidos. La alcalinidad se ve afectada por las rocas, los suelos y los vertimientos industriales. Esta medida es importante para determinar la capacidad del cuerpo para neutralizar la lluvia ácida o la contaminación de aguas residuales. Sin esta capacidad de neutralización, cualquier ácido agregado al agua provocaría un cambio repentino e inmediato en el pH. (Environmental Protection Agency, 2001)

Figura 95. Alcalinidad de la corriente principal río Minero.



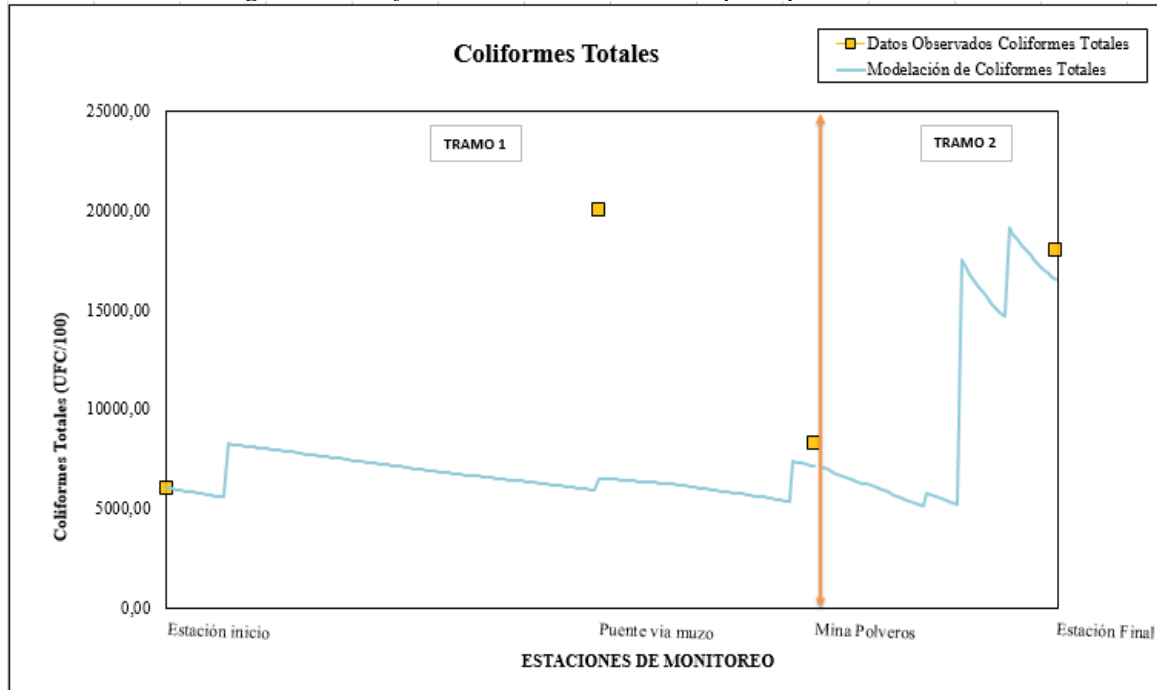
Fuente: Corpoboyacá.

La alcalinidad en cuerpos de agua natural varia de 30 a 90 mg/L. El comportamiento de la Alcalinidad en el río Minero se encuentra dentro de este rango, sin embargo, en el tramo 2 (después de mina polveros) el afluente de Ibacapí le aporta una concentración de 137 mg/L, esta al ubicarse antes de la estación final Otro Mundo genera un aumento de concentración en dicha estación con una concentración de 84 mg/L siendo la concentración más alta, en general la cuenca del río Carare-Minero se encuentra dentro del rango del agua natural.

- **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 96. 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 concentración de Coliformes totales reportada en la última estación se ve incrementada de acuerdo a la tasa de radiación solar de 162 W/m² y al aumento de temperatura producida, las condiciones morfológicas e hidráulicas del cauce en esta zona también afectan el incremento de esta variable, dado que la profundidad en esta zona es baja. El incremento presentado en la estación 2 Puente vía Muzo se debe a los vertimientos producto de la actividad humana en esta zona (centros poblados) los cuales desembocan directamente al río Minero sin ningún tipo de tratamientos, afectando de manera drástica este punto.

6. IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS QUE REALIZAN VERTIMIENTOS EN LA CUENCA

Para realizar la identificación de usuarios que realicen vertimientos directos o indirectos a la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Carare-Minero, se realizó por medio de la revisión de los expedientes de los trámites permisionarios en diferentes bases de datos que presenta la Corporación. También, en los meses de marzo y abril se realizaron en la cuenca unas visitas de campo para hacer una verificación de vertimientos y de las fuentes hídricas receptoras de dichas descargas; y por último, se tuvieron en cuenta los diferentes sujetos pasivos a los cuales desde años anteriores se les cobra la tasa retributiva por sus vertimientos a fuentes hídricas en la cuenca. Producto de lo anteriormente mencionado se identificaron los siguientes usuarios para la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Carare-Minero.

Tabla 84. Permisos de vertimientos asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.

No.	Municipio	Expediente	Actividad Económica	Coordenadas		OBSERVACIONES
				Norte (Y)	Este (X)	
1	Briceño	OOPV-00007-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°41'37,28"	73°55' 25,80"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
				5°41'37,28"	73°55' 25,80"	
2	Coper	OOPV-00005-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°28'54,70"	74°02' 49,90"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
3				5°28'53,00"	74°02' 05,48"	
4	La Victoria	OOPV-00002-07	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°31'40,33"	74°13' 55,78"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
5				5°31'21,10"	74°14' 08,00"	
6				5°31'40,33"	74°13' 55,78"	
7	Maripí	OOPV-00009-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°33'08,47"	74°00' 19,66"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
8				5°32'51,99"	74°00' 18,76"	
9	Pauna	OOPV-00013-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°39'43,95"	73°59' 03,82"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
10	Muzo	OOPV-00006-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°32'01,27"	74°06' 23,50"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
11				5°31'55,42"	74°06' 20,93"	
12				5°31'53,55"	74°06' 21,34"	
13				5°32'04,02"	74°06' 06,71"	
14				5°32'03,50"	74°06' 05,44"	
15				5°31'55,04"	74°06' 12,42"	
16				5°32'03,55"	74°06' 09,26"	

No.	Municipio	Expediente	Actividad Económica	Coordenadas		OBSERVACIONES
				Norte (Y)	Este (X)	
17	Empresa De Acueducto Alcantarillado Aseo Y Servicios Complementarios De Otanche SAS - Aguas De Otanche SAS ESP	OOPV-00016-04	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°39'33,19"	74°10' 31,00"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
18	Quípama	OOPV-00015-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°31'07,40"	74°10' 49,10"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
19				5°31'06,20"	74°10' 45,40"	
20				5°30'59,70"	74°10' 39,70"	
21	San Pablo De Borbur	OOPV-00010-06	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°38'56,01"	74°04' 07,06"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
22				5°39'14,48"	74°04' 02,02"	
23	Municipio De San Pablo De Borbur - Centro Poblado San Martín	OOPV-00013-13	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°40'01,35"	74°07' 24,90"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
24				5°39'47,64"	74°07' 35,61"	
25	Municipio De San Pablo De Borbur - Centro Poblado Santa Bárbara	OOPV-00014-13	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°38'53,4"	74°9' 32,8"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
26				5°39'20,3"	74°9' 15,0"	
27				5°39'14,9"	74°9' 28,4"	
28	Tununguá	OOPV-00011-16	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°44'01,30"	73°56' 11,20"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
29	Municipio De Otanche - Planta De Beneficio Animal	OOPV-00013-18	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	5°39'33,19"	74°10' 31,00"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva

Fuente: Corpoboyacá.

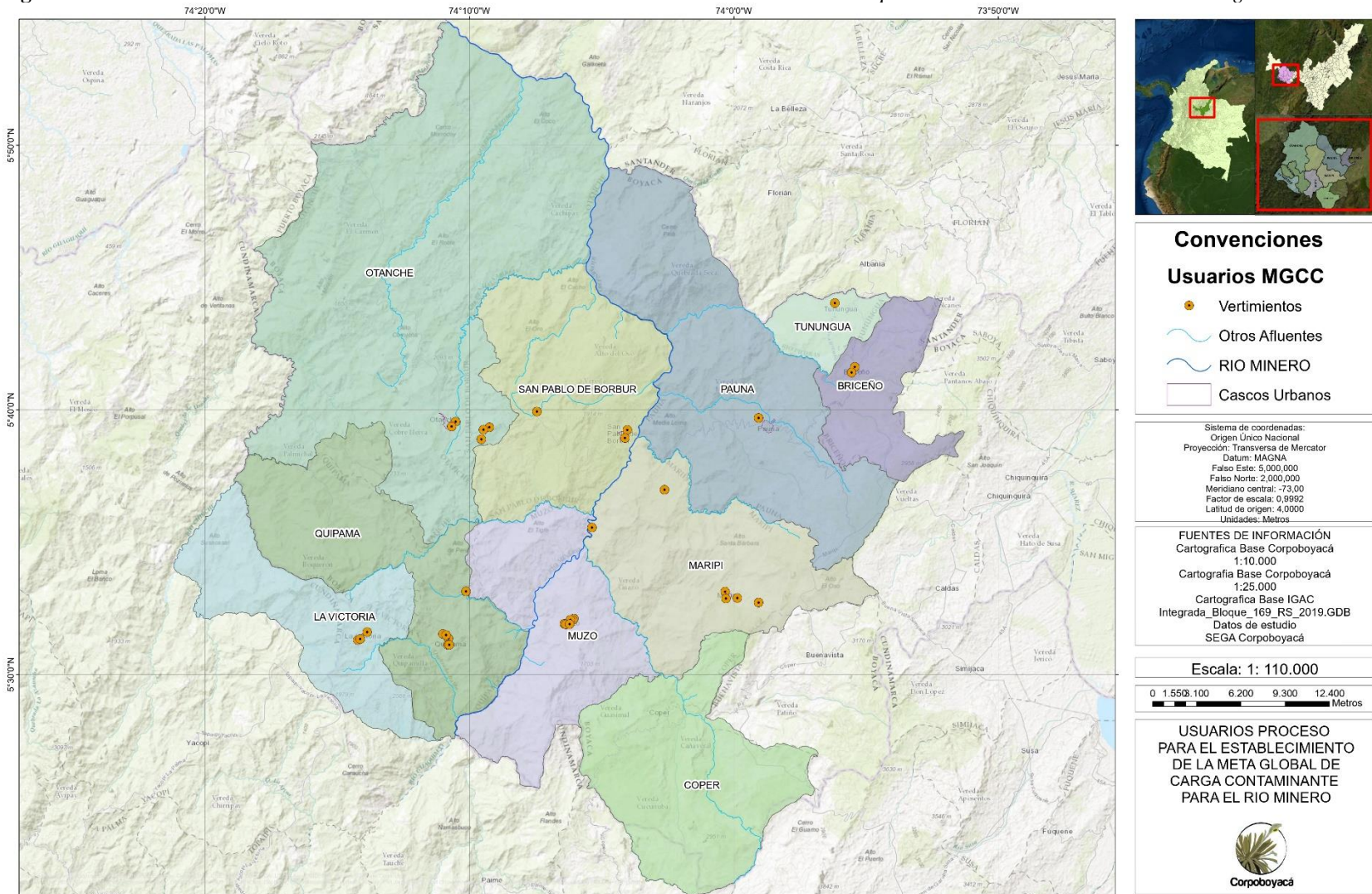
Tabla 85. Licencias ambientales asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.

No.	Municipio	Expediente	Actividad Económica	Coordenadas		OBSERVACIONES
				Norte (Y)	Este (X)	
1	Puerto Arturo S.A.S	OOLA-00039-03	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°32'03,50"	74°9'05,0"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
2	Mina Real LTDA	OOLA-00019-04	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°32'15,2"	74°8'39,9"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
3	Coscuez S.A	OOLA-00030-12	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°38'37,2"	74°9'05,8"	Usuario sujeto al pago de la Tasa Retributiva
3	Sociedad Minerales & Inversiones La Arcadia S.A.S	OOLA-00017-19	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°32'50,73"	74°9'4,01"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación
4	Inversiones Mineras De Muzo LTDA - INVERMUZO LTDA	OOLA-00032-03	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°30'28,70"	74°4'19,40"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación

No.	Municipio	Expediente	Actividad Económica	Coordenadas		OBSERVACIONES
				Norte (Y)	Este (X)	
5	Comercializadora Internacional Empresa Minera De La Pava S.A.S C.I (Empava S.A.S)	OOLA-00010-17	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°30'2,14"	74°9'37,21"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación
6	Promotora la Roca S.A.S	OOLA-00002-21	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°31'58,88"	74°8'35,26"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación
7	Esmeraldas De Coscuez S.A.S Mina Jerusalén.	OOLA-00021-04	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°38'7,9"	74°8'54,7"	Usuarios nuevo identificado en campo
8	Esmeraldas De Coscuez S.A.S Mina aventureros.	OOLA-00021-05	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°38'17,7"	74°8'53,0"	Usuarios nuevo identificado en campo
9	Minería Azulejo Maripí.	OOLA-00131-01	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°33'28,84"	73°59'55,32"	Usuarios nuevo identificado en campo
10	La Marina – Dora Cecilia Barrera	OOLA-00012-04	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°38'8,86"	74°2'45,19"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación
11	Turismo y Minas Cacique Itoco	OOLA-00004-15	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°35'47,29"	74°14'40,88"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación
12	Sociedad Minera El Encanto S.A.S	OOLA-00083-03	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°40'35,83"	74°2'59,28"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación
13	Ormicol CI S.A	OOLA-00009-07	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	5°39'03,36"	74°10'47,52"	Usuario nuevo identificado en revisión documental de la Corporación

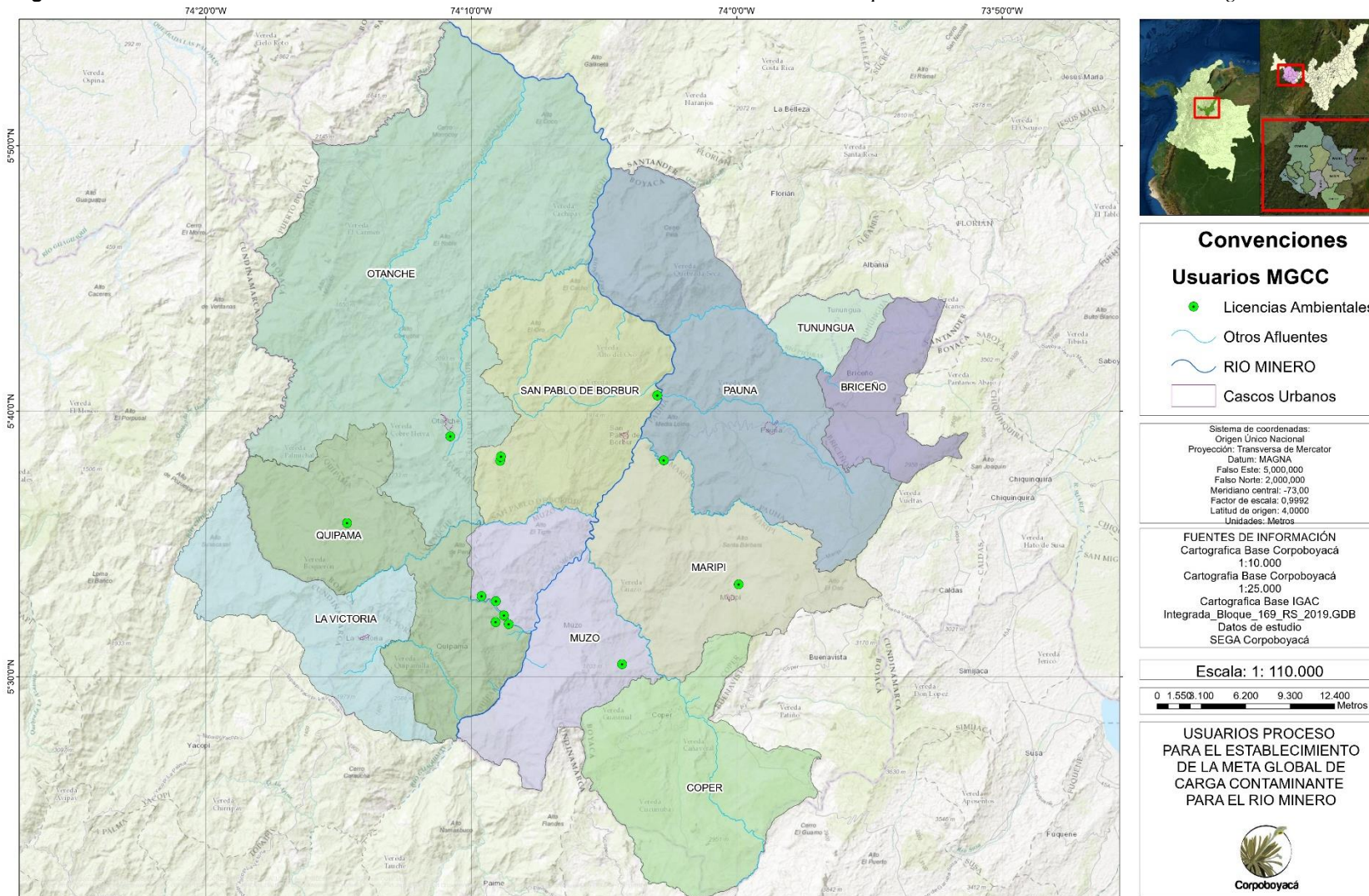
Fuente: Corpoboyacá.

Figura 97. Permisos de vertimientos asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.



Fuente: Corpoboyacá.

Figura 98. Licencias ambientales asociados a los usuarios en la cuenca del río Carare-Minero para el Proceso de Meta Global de Carga Contaminante.



Fuente: Corpoboyacá.

7. ESTADO DE LEGALIDAD DE LOS USUARIOS DE LA CUENCA

A continuación, en la Tabla 86 se presenta el estado de legalidad de los usuarios que realizan algún vertimiento directo o indirecto en la cuenca del río Carare-Minero. Se presentan los usuarios que poseen PSMVs ajustados o actualizados junto a los que presentan un Permiso de vertimiento otorgado para sus actividades económicas.

Tabla 86. Estado de legalidad de los usuarios de la cuenca del río Carare-Minero.

CUENCA RÍO CARARE-MINERO								
EXPEDIENTE	MUNICIPIO	USUARIO	Estado actual	Número de acto administrativo (Resolución)	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Fuente Receptora	Observaciones
TRAMO 1								
PLANES DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS (PSMV)								
OOPV-00005-06	Coper	Municipio De Coper	PSMV Vencido	497	17/03/2010	16/03/2020	Quebrada Cangrejera o las Mercedes	En trámite actualización desistido
OOPV-00002-07	La Victoria	Municipio De La Victoria	PSMV Vencido	1237	15/06/2010	14/06/2010	Quebrada La Cascarilla Quebrada La Calichona	Sin trámite de actualización
OOPV-00009-06	Maripí	Municipio De Maripí	PSMV Vencido	3614	13/01/2011	12/01/2021	Quebrada Yanaca – Quebrada La Locha	En trámite de actualización negado
OOPV-00006-06	Muzo	Municipio De Muzo	PSMV Vencido	136	27/02/2009	27/02/2019	Quebrada La Chama y Quebrada Matadero	En trámite de actualización desistido
OOPV-00015-06	Quípama	Municipio De Quípama	PSMV Vencido	585	25/08/2008	24/08/2018	Quebrada la cubana y quebrada Granillal	En trámite de actualización - pendiente liquidación de pago
LICENCIAS AMBIENTALES (LA)								
OOLA-00019-04	Muzo	Mina Real Ltda	Activo	26305	13/09/2005	13/09/2030	Quebrada Itoco	Otorgamiento de licencia
OOLA-00032-03	Muzo	Inversiones Mineras De Muzo Limitada - Invermuzo Ltda	Activo	0018	15/01/2004	15/01/2023	Quebrada la Colorada	Otorgamiento de licencia ambiental
OOLA-00039-03	Muzo	Puerto Arturo S.A.S	Activo	096	04/02/2004	04/02/040	Quebrada Itoco	Otorgamiento de licencia ambiental
OOLA-00010-17	Muzo Y Quípama	Comercializadora Internacional Empresa Minera De La Pava S.A.S C.I (Empava S.A.S)	Activa	5249	20/12/2017	20/12/2035	Caño la Pava	Otorgamiento de licencia ambiental

CUENCA RÍO CARARE-MINERO								
EXPEDIENTE	MUNICIPIO	USUARIO	Estado actual	Número de acto administrativo (Resolución)	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Fuente Receptora	Observaciones
OOLA-00017-19	Muzo	Sociedad Minerales & Inversiones La Arcadia S.A.S	Activo	0008	04/01/2021	04/01/2040	Quebrada Minabuci	Otorgamiento de licencia Ambiental
OOLA-00002-21	Quípama	Promotora La Roca S.A.S	En proceso de aprobación	AUTO 0270	27/04/2021		Quebrada Sorquesito Con Quebrada Desaguadero	Auto de Inicio
OOLA-00004-15	Quípama	Turismo y Minas Cacique Itoco	Inactivo	3197	22/09/2015	22/09/2035	Quebrada Sacal	Otorgamiento de licencia ambiental
TRAMO 2								
PLANES DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS (PSMV)								
OOPV-0007-06 PSMV-00024-21	Briceño	Municipio De Briceño	PSMV Vencido	139	27/02/2009	2/26/2019	Quebrada Zapote	En trámite actualización
OOPV-00016-06	Otanche	Municipio De Otanche	PSMV Vencido	580	16/07/2008	15/07/2018	Quebrada la Apacible	En trámite actualización
OOPV-00013-06	Pauna	Municipio De Pauna	PSMV Vencido	582	17/07/2008	16/07/2018	Quebrada La Manotera y Germania	Sin tramite de actualización
OOPV-00010-06 PSMV-00017-21	San Pablo De Borbur	Municipio De San Pablo de Borbur	PSMV Vigente	1073	18/05/2012	18/05/2022	Quebrada Chorrerón	PSMV Pendiente por aprobación
OOPV-00013-13	C.P San Martín		PSMV Vigente	0482	23/02/2015	22/02/2025	Quebrada Buri Buri	Sin proceso de Actualización
OOPV-00014-13	C.P Santa Bárbara		PSMV Vigente	4614	03/12/2020	02/12/2030	Caño Mata de Caña Caño San Miguel Caño Paraíso	Sin proceso de Actualización
OOPV-00008-06	Tununguá	Municipio De Tununguá	PSMV Vigente	3570	30/12/2014	29/12/2024	Caño Galván	Sin proceso de Actualización
LICENCIAS AMBIENTALES (LA)								
OOLA-00030-12	San Pablo De Borbur	Coscuez S.A	Activo	3585	14/10/2015	14/10/2045	Quebrada La Caco / Quebrada Mioca	Otorgamiento de licencia ambiental
OOLA-00021-04	San Pablo De Borbur	Esmeraldas de Coscuez S.A.S (Mina Jerusalén y Aventureros)	Activo	00970	04/10/2005	04/10/2034	Quebrada Mioca	Otorgamiento de licencia ambiental
OOLA-00131-01	Maripí	Minería Azulejo	Activo	0102	11/03/2022		Quebrada Yacaná	Otorgamiento de licencia ambiental
OOLA-00012-04	Pauna	La Marina	Activo	0873	11/11/2004	11/11/2033	Quebrada Piache	Otorgamiento de licencia ambiental

CUENCA RÍO CARARE-MINERO								
EXPEDIENTE	MUNICIPIO	USUARIO	Estado actual	Número de acto administrativo (Resolución)	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Fuente Receptora	Observaciones
OOLA-00009-07	San Pablo De Borbur	Ormicol C.I.S.A	Activo	4656	26/12/2018	26/12/2045	Quebrada Chorro hondo y Quebrada Tambrías	Otorgamiento de licencia ambiental
OOLA-00083-03	San Pablo De Borbur	Sociedad Minera El Encanto S.A.S	Activo	0535	20/05/2009	20/05/2037	Quebrada N.N antes de llegar al río Minero	Cesión de licencia ambiental

Fuente: Corpoboyacá.

8. LINEA BASE DE CARGA CONTAMINANTE (SST Y DBO₅) PARA EL AÑO 2022

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 (DBO₅) vertida por los usuarios identificados como sujetos pasivos de la cuenca del río Carare-Minero para el año 2022.

Tabla 87. Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2022 para el tramo 1 de la cuenca.

TRAMO	MUNICIPIO/USUARIO	CARGA LINEA BASE 2022		
		DBO ₅ (Kg/año)	SST (Kg/año)	
1	MUNICIPIOS			
	Municipio de Coper	17.793,75	17.793,75	
	Municipio de La Victoria	8.011,75	8.011,75	
	Municipio de Maripi	16.753,50	16.753,50	
	Municipio de Muzo	104.061,50	104.061,50	
	Municipio de Quípama	27.101,25	27.101,25	
	ACTIVIDADES ECONÓMICAS			
	Mina Real LTDA	952,65	4.836,25	
	Promotora La Roca S.A.S - Mina El Minas	630,72	15.768,00	
	Promotora La Roca S.A.S - Mina La Nevera	1.261,44	12.614,40	
	Puerto Arturo S.A.S	13.831,97	21.564,16	
	Sociedad Minerales & Inversiones La Arcadia S.A.S	281,05	3.613,50	
	Inversiones Mineras De Muzo Limitada - INVERMUZO LTDA - Mina Santa Marta	18,92	473,04	
	TOTAL TRAMO 1		190.698,50	232.591,10

Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 88. Proyección de la línea base de la carga contaminante año 2022 para el tramo 2 de la cuenca.

TRAMO	MUNICIPIO/USUARIO	CARGA LINEA BASE 2022		
		DBO ₅ (Kg/año)	SST (Kg/año)	
2	MUNICIPIOS			
	Municipio de Briceño	12.241,38	6.117,13	
	Empresa de acueducto alcantarillado aseo y servicios complementarios de Otanche S.A.S - Aguas de Otanche S.A.S E.S.P	233.491,69	233.491,69	
	Municipio de Pauna	41.975,00	41.975,00	
	Municipio de San Pablo de Borbur – Casco urbano	7.811,00	7.811,00	
	Municipio de san pablo de Borbur - Centro Poblado San Martín	7.373,00	7.373,00	
	Municipio de San Pablo de Borbur - Centro Poblado Santa Bárbara	9.782,00	9.782,00	
	Municipio de Tununguá	5.214,76	13.737,36	
	ACTIVIDADES ECONÓMICAS			
	Municipio de Otanche - Planta de Beneficio Animal	2.190,00	1.496,50	
	Coscuez S.A	5.500,55	724.678,30	
	Daniel Murcia Torres - Turismo y Minas Cacique Itoco	500,05	9.398,75	



Corpoboyacá

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

TRAMO	MUNICIPIO/USUARIO	CARGA LINEA BASE 2022	
		DBO5 (Kg/año)	SST (Kg/año)
	Ormicol CI S.A	1.766,02	30.274,56
	Sociedad Minera El Encanto S.A.S	3.153,60	6.307,20
	Esmeraldas de Coscuez S.A.S - Mina Aventureros	630,72	6.307,20
	Esmeraldas de Coscuez S.A.S - Mina Jerusalén	630,72	6.307,20
	Minería Azulejo Maripí	630,72	6.307,20
	La Marina - Dora Cecilia Barrera	630,72	6.307,20
	TOTAL TRAMO 2	333.521,92	1.117.671,29
	TOTAL CUENCA RÍO CARARE-MINERO	524.220,42	1.350.262,39

Fuente: Corpoboyacá.



Corpoboyacá

9. ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD PARA LA CUENCA

En el año 2021 se llevó a cabo el proceso de establecimiento de los objetivos de calidad para la cuenca del río Carare-Minero como insumo para el proceso de establecimiento de las metas de carga contaminante. Para dicho fin, se realizó el diagnóstico de calidad y cantidad de la corriente principal y sus afluentes de la cuenca del río Carare-Minero mediante el análisis de los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) para lo cual, se clasifica la calidad del recurso, en aceptable regular y mala. Así mismo, teniendo en cuenta la evaluación de los usos otorgados en las concesiones de aguas y permisos de vertimientos de agua por tramo, los usos recomendados por la literatura y normatividad nacional, y los propuestos por la clasificación del Índice de Calidad del Agua (ICA), se determinaron los usos actuales del recurso hídrico en los diferentes tramos de la corriente principal y sus afluentes de la cuenca del río Carare-Minero, esto se encuentra en el documento denominado **“INFORMACIÓN PREVIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA META DE CARGA GLOBAL CONTAMINANTE PARA EL PRIMER QUINQUENIO DE LA CUENCA DEL RÍO CARARE MINERO”**, documento que fundamenta la expedición de la Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio del cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y sus afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.

Lo anteriormente mencionado, en cumplimiento del Capítulo 7, Sección 3, Artículo 2.2.9.7.3.4 del Decreto 1076 de 2015, el cual establece que previo al establecimiento de las metas de carga contaminante en un cuerpo de agua o tramo del mismo, la autoridad ambiental competente deberá *Establecer objetivos de calidad de los cuerpos de agua o tramos de los mismos.* En este caso, la corriente principal y los afluentes de la cuenca del río Carare-Minero.

La Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021, en su **Artículo 1**, define los usos genéricos para el recurso hídrico, como se presenta a continuación:

Tabla 89. Usos genéricos del recurso hídrico en la cuenca del río Carare-Minero y sus usos a mediano y largo plazo.



Corpoboyacá

ZONA HIDROGRÁFICA	SUBCUENCA	TRAMO	COORDENADAS (ORIGEN: BOGOTÁ - DATUM: MAGNA SIRGAS)	USOS DEL RECURSO	OBJETIVO DE CALIDAD	
					MEDIANO PLAZO (2027)	LARGO PLAZO (2037)
MEDIO MAGDALENA	RÍO CARARE (MINERO) SZH	1 <i>Río Minero - Estación de inicio hasta Río Minero - Mina Polveros</i>	989014.824 m E 1095493.736 m N (5°27'35.07" N -74°10'35.89" W) - 998189.694 m E 1109339.887 m N (5°35'5.85" N -74°5'37.85" W)	- CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO - AGRÍCOLA - PECUARIO - INDUSTRIAL - ESTÉTICO - RECREATIVO	- INDUSTRIAL - ESTÉTICO	- CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO - AGRÍCOLA - PECUARIO - RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO
MEDIO MAGDALENA	RÍO CARARE (MINERO) SZH	2 <i>Río Minero - Mina Polveros hasta Río Minero - Estación final Otro Mundo</i>	998189.694 m E 1109339.887 m N (5°35'5.85" N -74°5'37.85" W) - 999860.901 m E 1135083 m N (5°49'3.90" N -74°4'43.55" W)	- CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO - CONSERVACIÓN DE FAUNA Y FLORA - AGRÍCOLA - PECUARIO - RECREATIVO - INDUSTRIAL - ESTÉTICO	- RECREATIVO CON CONTACTO SECUNDARIO - INDUSTRIAL - ESTÉTICO	- CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO - CONSERVACIÓN DE FAUNA Y FLORA - AGRÍCOLA - PECUARIO - RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO

Fuente: Corpoboyacá.

En cuanto a los parámetros y sus respectivos valores permisibles para el cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los dos tramos de la cuenca, el **Parágrafo primero** los relaciona a continuación:

Tabla 90. Parámetros y valores permisibles para el cumplimiento de los objetivos de calidad a mediano plazo (2027).

VALOR MEDIANO PLAZO - 2027		
REFERENTE	TRAMO 1	TRAMO 2
Coliformes Totales (NMP/ml)	5000	5000
Coliformes Fecales (NMP/ml)	200	200
Materiales flotantes y película visible de grasas y aceites flotantes	Ausente	Ausente
Tensoactivos (mg/l SAAM)	0,5	0,5
Grasas y Aceites (mg/l)	10	2
Olor	Ausente	Ausente
Coliformes Termotolerantes (NMP/ml)	-	2500
DQO (mg/l)	-	30
DBO (mg/l)	30	5
O.D (mg/l)	3	5
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	10 - 55	10 - 55
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	-	-
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	-	-



Corpoboyacá

VALOR MEDIANO PLAZO - 2027		
REFERENTE	TRAMO 1	TRAMO 2
Color Real (UPC)	-	-
Turbiedad (UNT)	-	-
Fosfatos (mg/l P-PO4)	-	-
Fósforo Total (mg/l)	0,05	0,05
Nitratos (N)	-	4
Nitratos + Nitritos (N)	-	-
Nitritos (N)	-	-
Conductividad Eléctrica (µs/cm)	-	1500
pH	5 - 9	5 - 9
Sulfatos (mg/l SO ₄ ⁻²)	-	-

Fuente: Corpoboyacá.

Tabla 91. Parámetros y valores permisibles para el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo (2037).

VALOR LARGO PLAZO - 2037		
REFERENTE	TRAMO 1	TRAMO 2
Coliformes Totales (NMP/ml)	1000	1000
Coliformes Fecales (NMP/ml)	200	200
Materiales flotantes y película visible de grasas y aceites flotantes	Ausente	Ausente
Tensoactivos (mg/l SAAM)	0,1	0,1
Grasas y Aceites (mg/l)	0,1	0,1
Olor	Ausente	Ausente
Coliformes Termotolerantes (NMP/ml)	200	200
DQO (mg/l)	30	30
DBO (mg/l)	5	5
O.D (mg/l)	5	5
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	10 - 55	10 - 55
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	450	450
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	300	300
Color Real (UPC)	15	15
Turbiedad (UNT)	100	100
Fosfatos (mg/l P-PO4)	2	2
Fósforo Total (mg/l)	0,05	0,05
Nitratos (N)	4	4
Nitratos + Nitritos (N)	100	100
Nitritos (N)	0,5	0,06
Conductividad Eléctrica (µs/cm)	700	700
pH	6 - 9	6 - 9
Sulfatos (mg/l SO ₄ ⁻²)	250	250

Fuente: Corpoboyacá.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Coper. (2020). Plan de Desarrollo Municipal Coper 2020-2023. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1ZlW6F4S6uljF1hU0H6lIZ-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
- 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
- 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_muzopdm2020v1r01202004141.pdf
- APHA, AWWA, and WEF, 2005. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21st ed. American Public Health Association, Washington. 2005
- Borbolla-Sala, Manuel E., & Cruz-Vázquez, Lucio de la, & Piña-Gutiérrez, Olga E., & Fuente -Gutiérrez, José del C. de la, & Garrido-Pérez, Silvia M. G. (2003). Calidad del agua en Tabasco. Salud en Tabasco, 9(1),170-177.[fecha de Consulta 24 de febrero de 2022]. ISSN: 1405-2091. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48709106>
- 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, Min Hacienda, Min Ambiente, 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
- 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
- Gómez Diaz, J.L., & Delance-Martinic, J.S. (2014). Determinación del parámetro sólidos sus-pendidos totales (sst) mediante imágenes de sensores ópticos en un tramo de la cuenca media del río Bogotá (Colombia). UD y la Geomática, (9), pp 19-27



Corpoboyacá

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

- 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
- 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
- IDEAM. (24 de Febrero de 2022). *SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS A*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>
- Jiménez, A. A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista interdisciplinaria de gestión ambiental*, 2(23), 12-19.
- Iowa Department of Natural Resources. Consultation Package. 2009. Water Quality Standards Review: Chloride, Sulfate and Total Dissolved Solids.
- 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.
- Mejía Garcés, J. (Febrero de 2022). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE METALES PESADOS EN SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6226/1/236T0235.pdf>
- 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/conhecercp/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.
- Pérez - Osorio, Gabriela, & Arriola - Morales, Janette, & García - Lucero, Tania, & Saldaña - Blanco, María Lourdes, & Mendoza - Hernández, José Carlos (2016). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CUATRO JAGÜEYES DEL PARQUE ESTATAL “FLOR DEL BOSQUE”, PUEBLA, MÉXICO. *Ra Ximhai*, 12(4),153-168.[fecha de Consulta 24 de Febrero de 2022]. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46146927009>
- Pérez, R., & Riveiro, F., & Jiménez-Noda, M., & Manganiello, Lisbeth, & Vega, C., & Cova, R., & Moreno, J. (2017). Evaluación de la calidad del agua en un humedal de agua salada del Caribe. *Revista INGENIERÍA UC*, 24(3),417-427.[fecha de Consulta 24 de Febrero de 2022]. ISSN: 1316-6832. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70754692015>
- Prat et al; 1996,Pardo y Marañon, 1997 ; Nitrogen Renoval and reeyeling by Scendemus
- 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.
- 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.



Corpoboyacá

República de Colombia

Corporación Autónoma Regional de Boyacá

Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Rojas Orjuela, D. R. (2000). Sistema de evaluación de la calidad ambiental de corrientes de agua superficial con base en la interpretación de parámetros fisicoquímicos. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1335

Singler, A., & Bauder, J. (24 de Febrero de 2022). *Well Educated Educación en el Agua de Pozo* . Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

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%20Ramos%20Pamela%20Tania_trabajo_de_suf._2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Antigua vía a Paipa No. 53-70 PBX 7457186 - 7457188 - 7457192 - 7407518 - Fax 7407520, Tunja - Boyacá

Línea Natural - atención al usuario No. 018000-918027

e-mail: corpoboyaca@corpoboyaca.gov.co - ousuario@corpoboyaca.gov.co

www.corpoboyaca.gov.co



SC-CER741302



11. ANEXOS

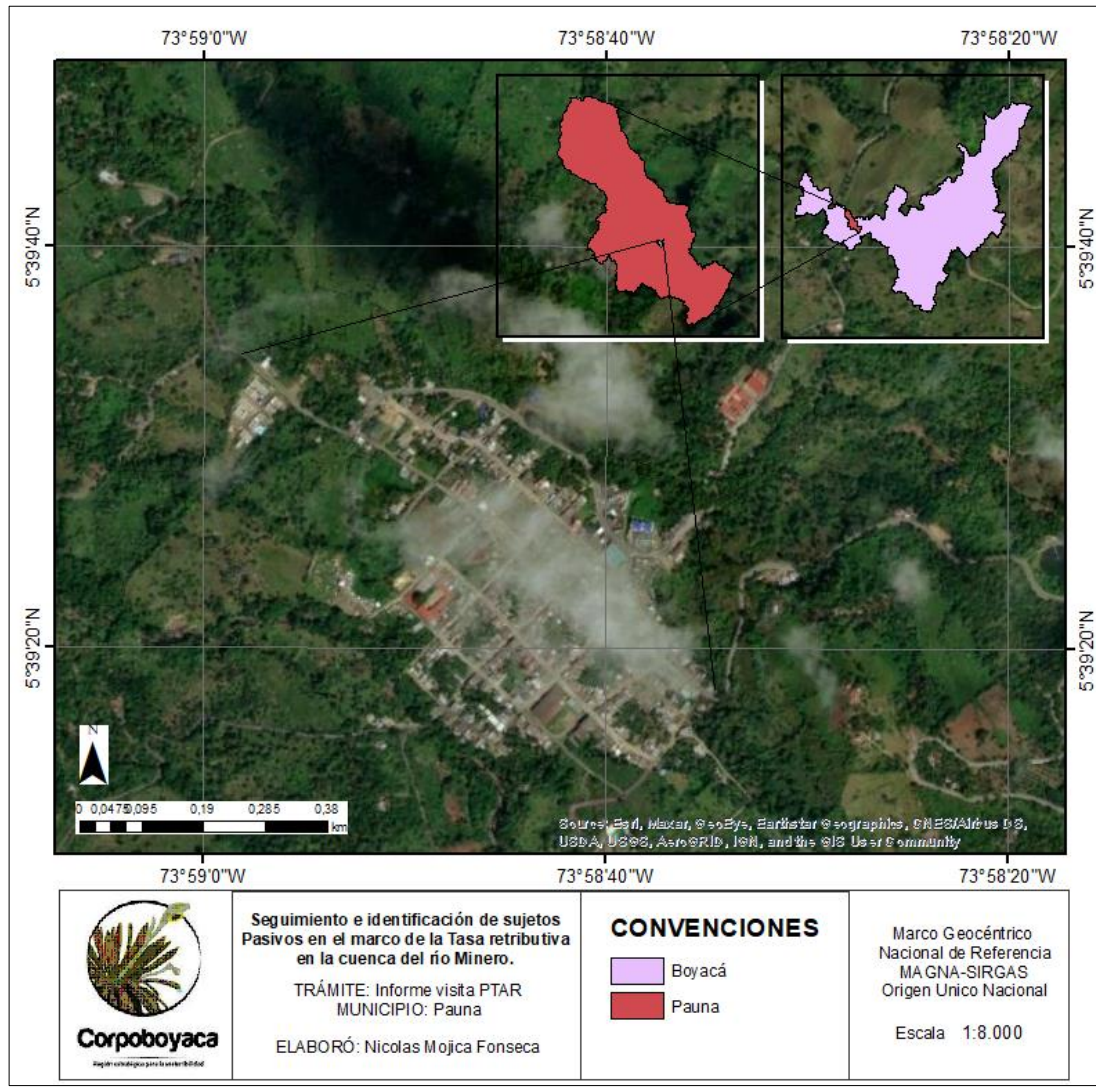
PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA MUNICIPIO DE PAUNA – 04/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita a la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio de Pauna.
INTERESADO:	Municipio de Pauna
FECHA DE VISITA:	04/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES
<p>Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.</p> <p>Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Calidad Hídrica se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se llevó a cabo el día 04 de abril del 2022, en compañía del encargado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) Eugenio Buitrago.</p>
2. ALCANCES
<ul style="list-style-type: none">- Verificar el uso del recurso hídrico, el vertimiento y la fuente receptora de los mismos generados por el municipio.- Verificar el estado actual de la PTAR con la cual se realiza el tratamiento de las aguas residuales del municipio.
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS
<u>3.1. Localización General.</u>
<p>El municipio de Pauna se encuentra sobre las coordenadas 5°39'26,30"N y 73°58'44,10"O a una altura media de 1215 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.</p> <p>En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de Pauna:</p>

Figura 1 . Ubicación del Municipio de Pauna



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

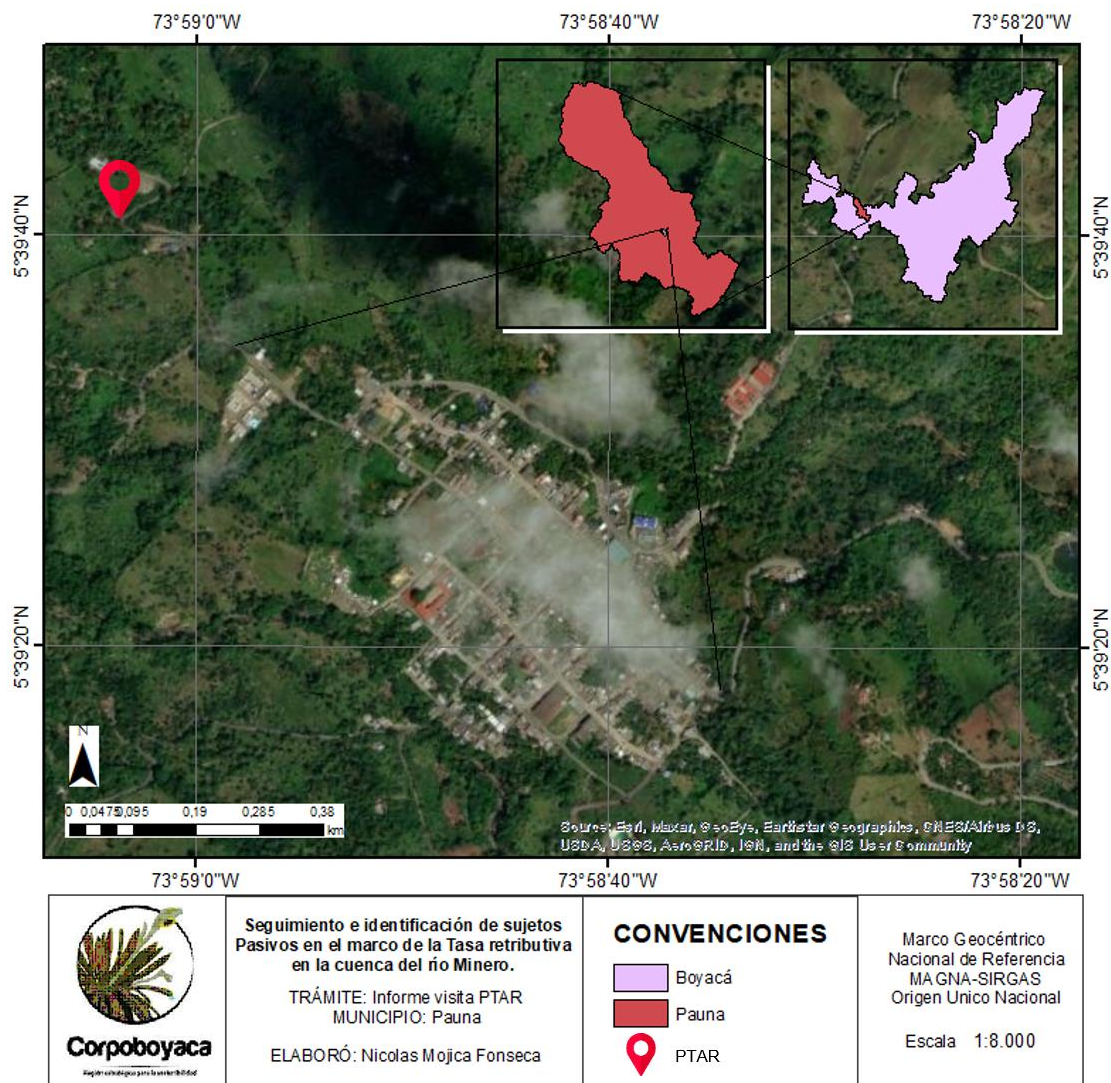
3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

Con el acompañamiento del encargado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) Luis Eugenio Buitrago Diaz, se realizó la visita para el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco del cobro de la tasa retributiva en la cuenca del río Minero. De acuerdo a la revisión de las bases de datos de la Corporación y documentos como el PSMV del municipio, Pauna posee solo un punto de Vertimiento y corresponde al de la PTAR. Durante la visita, se verifica que el municipio posee un solo vertimiento junto al estado actual de la planta y el proceso realizado por la misma.

La PTAR del Municipio de Pauna se encuentra ubicada en la Vereda Miabe cerca al casco urbano del municipio sobre las coordenadas 5°39'40.61"N y 73°59'3.58"O.

En la siguiente imagen, se representa la ubicación de la PTAR del Municipio de Pauna en el municipio.

Figura 2 . Ubicación de la PTAR del Municipio de Pauna



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS DEL MUNICIPIO DE PAUNA

Tabla 1. Vertimiento identificado PTAR - Pauna

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Entrada de la PTAR	5°39'40.9" N	73°59'3.9" O	Quebrada Paunera	Reportado
Bypass PTAR	5°39'41.4" N	73°59'3.9" O		
Salida de la PTAR	5°39'41.4" N	73°59'3.9" O		
Vertimiento PTAR	5°39'43.6" N	73°59'3.9" O		

Fuente: Corpoboyacá, 2022.

Figura 3 . Vertimiento identificado PTAR - Pauna.



Fuente: Google Earth

Ya en el lugar, durante la visita se realizó la verificación del estado y funcionamiento de la PTAR del municipio. Esta Planta cuenta con una cámara de quiebre de velocidad, desarenador, Bypass, zona de cribado, trampa de grasas, un filtro anaerobio de flujo ascendente. Según lo visto en campo, la PTAR se encuentra en funcionamiento y realizando tratamiento, el punto de vertimiento se encuentra retirado de la Planta y la descarga es dirigida a la Quebrada Paunera. El PSMV en el municipio de Pauna se encuentra vencido.

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Figura 4. Registro fotográfico Planta de tratamiento de aguas residuales, municipio Pauna.





Fuente: Corpoboyacá, 2022.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - PTAR

El tratamiento preliminar del sistema de tratamiento del perímetro urbano del municipio de Pauna, consta de una cámara de quiebre y separación de flujos, cribado, desarenador y trampa de grasas.

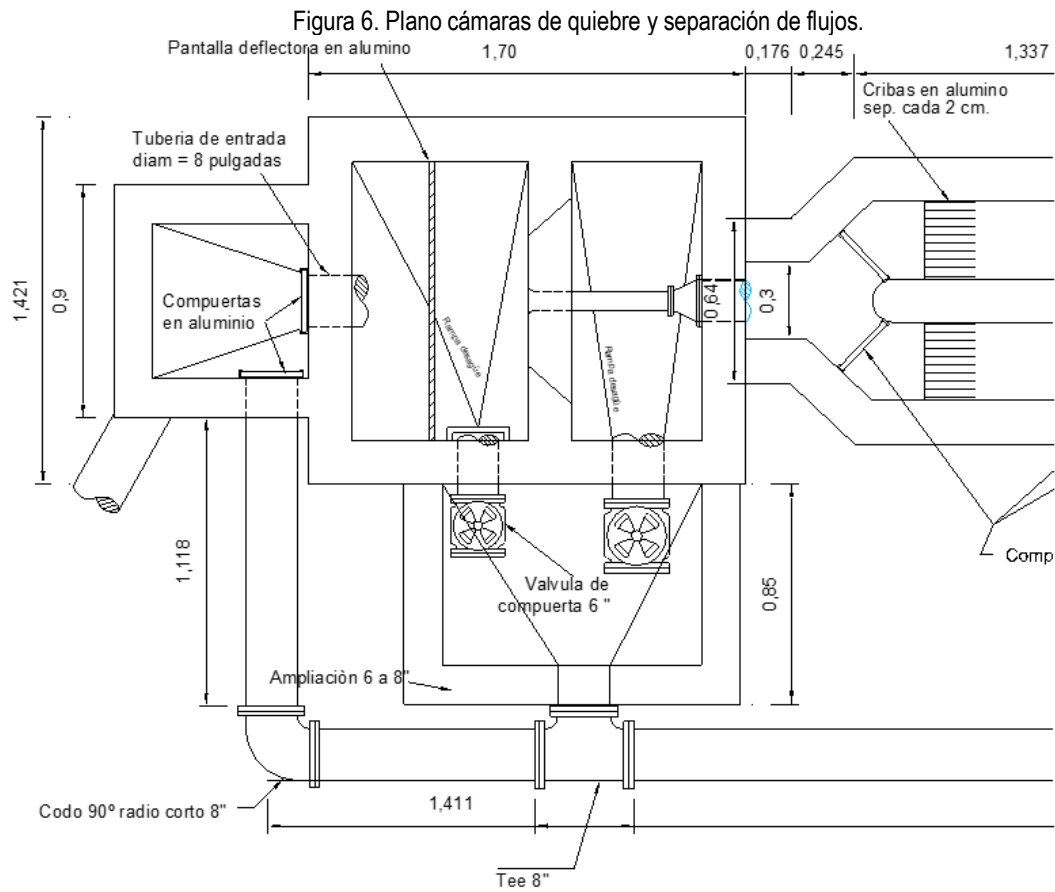
- **Cámara de quiebre y separación de flujos.**

Construida en concreto monolítico de espesor en paredes 0.15 m. Construida con el objetivo de reducir al máximo la energía cinética del flujo y que no interfiera o altere el registro del limnómetro, mientras que la cámara de separación de flujos presenta dos estructuras de gran importancia, el orificio de derivación de caudal y el vertedero de excesos. El primero de ellos se encarga de captar el caudal de diseño por medio de una boquilla de cantos biselados tipo Popov; el segundo regula la carga hidráulica sobre el orificio y permite la evacuación rápida y eficiente de los caudales sobrantes.

Figura 5. Estado de las cámaras al momento de la visita



Fuente: Corpoboyacá, 2022.



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

- **Cribado.**

Hace parte del pretratamiento del agua residual el cual tiene como función retener y remover el material extraño que pueda interferir en la eficiencia en los procesos de tratamiento del agua residual. Las rejillas instaladas en el pretratamiento de la planta del municipio de Pauna se diseñaron para ser limpiadas manualmente.

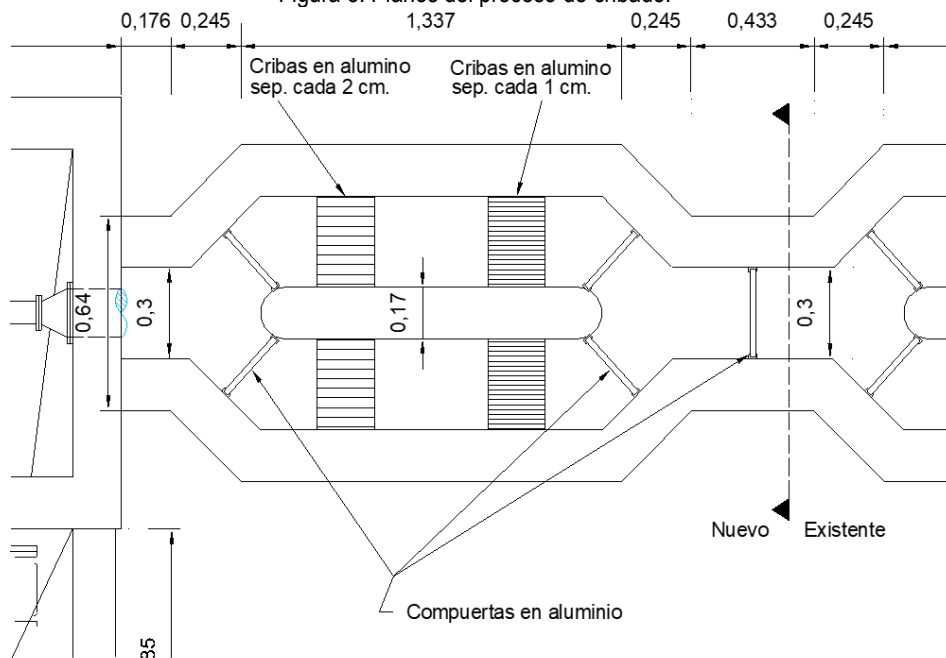
En la visita no se identificaron las rejillas del cribado por lo que el agua residual ingresa al desarenador y la trampa de grasas con material grueso, acción que dificulta la eficiencia de los procesos de remoción de carga contaminante.

Figura 7. Estado del cribado al momento de la visita



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

Figura 8. Planos del proceso de cribado.



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

- **Desarenador.**

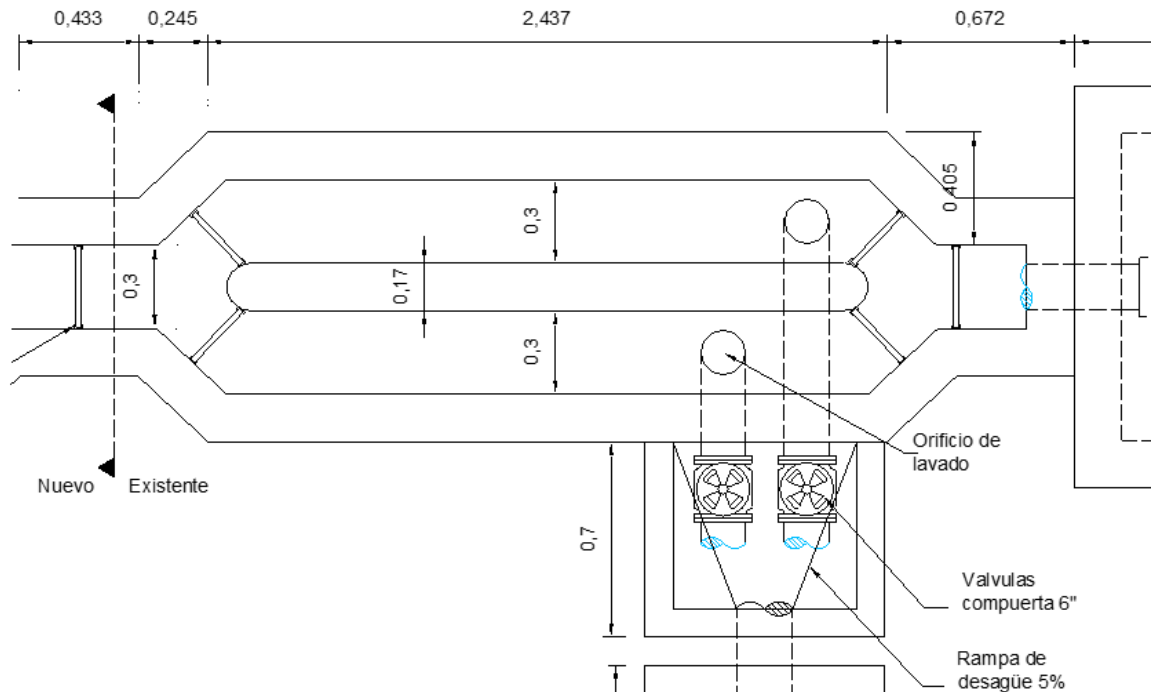
Es una cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena). Para el caso de la planta de tratamiento del municipio de Pauna, se encuentran dos unidades las cuales son independientes, sin embargo en la visita se identificó que las dos unidades no cuentan con las respectivas compuertas que gradúan el ingreso de flujo a las unidades del desarenador, lo anterior ocurre cuando no hay mantenimiento por parte del personal encargado de la operación.

Figura 9. Estado desarenador al momento de la visita



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

Figura 10. Planos del desarenador.



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

- **Trampa de grasas.**

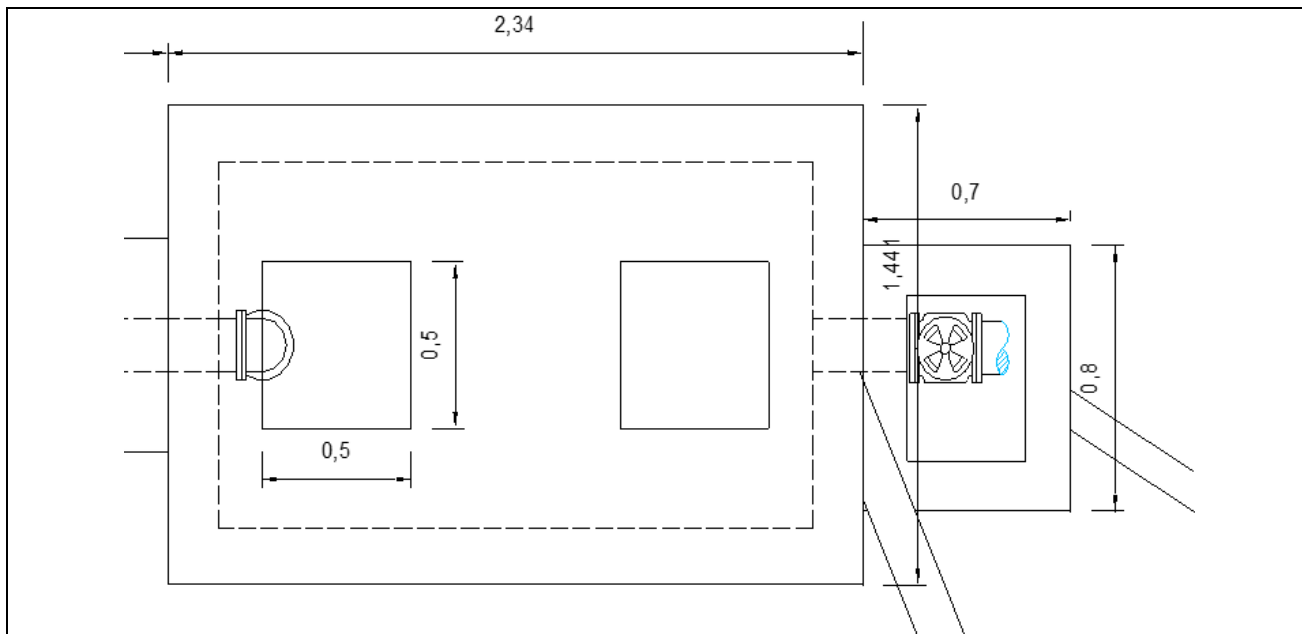
Corresponde a un tanque pequeño de flotación donde la grasa de mayor densidad que el agua sale a la superficie, y es retenida mientras que el agua clarificada sale por una tubería inferior. Durante la visita se encontró que el tanque de retención de grasas se encuentra con una falla estructural que puede provocar el rompimiento total de la estructura en concreto, adicionalmente, se encontró que en la trampa de grasas se está reteniendo el material grueso (bolsas, envases plásticos).

Figura 11. Estado trampa de grasa al momento de la visita



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

Figura 12. Planos de la trampa de grasa.



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

- **Filtro anaerobio de flujo ascendente.**

El sistema complementario al preliminar implementado en la PTAR de Pauna corresponde a un tratamiento anaerobio el cual se caracteriza porque es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción coordinada de microorganismos, en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes.

El reactor existente en la PTAR del municipio de Pauna corresponde a un filtro anaerobio donde el agua residual tiene un flujo vertical ascendente que atraviesa una columna conformada por varios resotes plásticos los cuales son usados para el tratamiento de la materia orgánica carbonácea del agua residual.

El agua residual proveniente de la trampa de grasas es dirigida al sistema del filtro anaerobio entrando al lecho poroso (resotes plásticos) donde es distribuida radialmente en forma uniforme, en el medio de soporte inerte crecen los microorganismos formando un espesor de lodos el cual debe ser retirado y deshidratado. Conforme a la visita realizada se identifica que los resotes plásticos no se encontraban en el sistema, además se evidenció que el agua residual de ingreso al sistema no cuenta con control por lo que no hay una tasa específica en tratamiento.

De otra parte durante la visita se percibieron olores fuertes que pueden generar perturbación a los habitantes de las viviendas cercanas al predio de la planta de tratamiento.

Figura 13. Estado del Filtro Anaerobio de flujo ascendente



Fuente: Corpoboyacá, 2022.

Caracterización del agua residual de la PTAR del municipio de Pauna.

La Corporación mediante el contrato de servicios 2020-426 celebrado con la UNIÓN TEMPORAL PROALQUIM Ltda., desarrolló una jornada de monitoreo de 24 horas a la entrada, salida y ByPass de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Pauna. Los resultados del análisis de la calidad del agua residual, mostraron estar por encima del límite permisible establecidos en la resolución 631 de 2015 “*Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*” lo anterior, refleja un hecho preocupante para la recuperación y conservación de la fuente receptora ya que no existe la apropiación del manejo y del mantenimiento del sistema de tratamiento.

Figura 14. Caracterización del vertimiento municipio de Pauna año 2021

CARACTERIZACIÓN PSMV MUNICIPIO DE PAUNA		VALOR LÍMITE PERMISIBLE	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	BYPASS
PARÁMETRO	UNIDAD	RES 631/2015	VALOR	VALOR	VALOR
DBO ₅	mg/L	90	189	122	201
SST	mg/L	90	169	79	101

Fuente: Corpoboyacá, 2022.

4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Pauna o quien haga las veces del prestador de servicios públicos domiciliarios mediante la ejecución del PSMV debe realizar actividades de conservación y preservación de la fuente receptora, especialmente donde están ubicados los vertimientos.

El prestador del servicio de alcantarillado deberá presentar una propuesta de meta de carga contaminante con el propósito de disminuir la carga contaminante vertida a las fuentes hídricas, que apunte a la optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales a fin de mitigar los impactos al recurso hídrico, suelo y aire.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

De otra parte, en cuanto a la formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV el prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Pauna debe articular la propuesta de meta de carga contaminante para el quinquenio 2023 - 2027 con las actividades del plan de acción y financiero del PSMV.

En el marco de la formulación y seguimiento del PSMV., el prestador del servicio de alcantarillado del perímetro urbano del municipio de Pauna, debe reportar a la Corporación la totalidad de vertimientos existentes tanto sanitarios como pluviales.

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Pauna estará obligado al pago de tasa retributiva, acorde con lo estipulado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 Capítulo 7, artículo 2.2.9.7.2.4., previa liquidación y facturación realizada por la Corporación.

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Pauna debe garantizar el mantenimiento de las unidades de tratamiento del PTAR conforme al procedimiento establecido en el manual de mantenimiento y operación de la misma.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista	Original Firmado	05/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista	U l a ã a / 0 0 { a a [05/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista	U l a ã a / 0 0 { a a [05/05/2022

PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA OOLA-00052-10 – 04/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita al expediente OOLA-00052-10 con el Titular de la licencia el señor Milton Antonio Cubides Acosta.
INTERESADO:	Milton Antonio Cubides Acosta
FECHA DE VISITA:	04/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES

Resolución 0170 del 30 de enero de 2012, “Por medio de la cual se otorga una Licencia Ambiental para el proyecto de explotación de esmeraldas, amparado con el contrato de concesión No. HCV-121, celebrado con el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS, en un área localizada en la vereda Aguasal, jurisdicción del municipio Pauna, departamento de Boyacá”.

Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.

Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Instrumentos Económicos se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero. La visita se realizó a la Mina de explotación de esmeraldas del expediente OOLA-00052-10 el día 04 de abril del 2022, en compañía del Titular de la licencia el señor Milton Antonio Cubides Acosta.

2. ALCANCES

- Verificar el uso del recurso hídrico y la fuente receptora de los vertimientos generados por la actividad.
- Contemplar el objeto de cobro al sujeto pasivo por vertimiento directo e indirecto producto del desarrollo de la actividad.

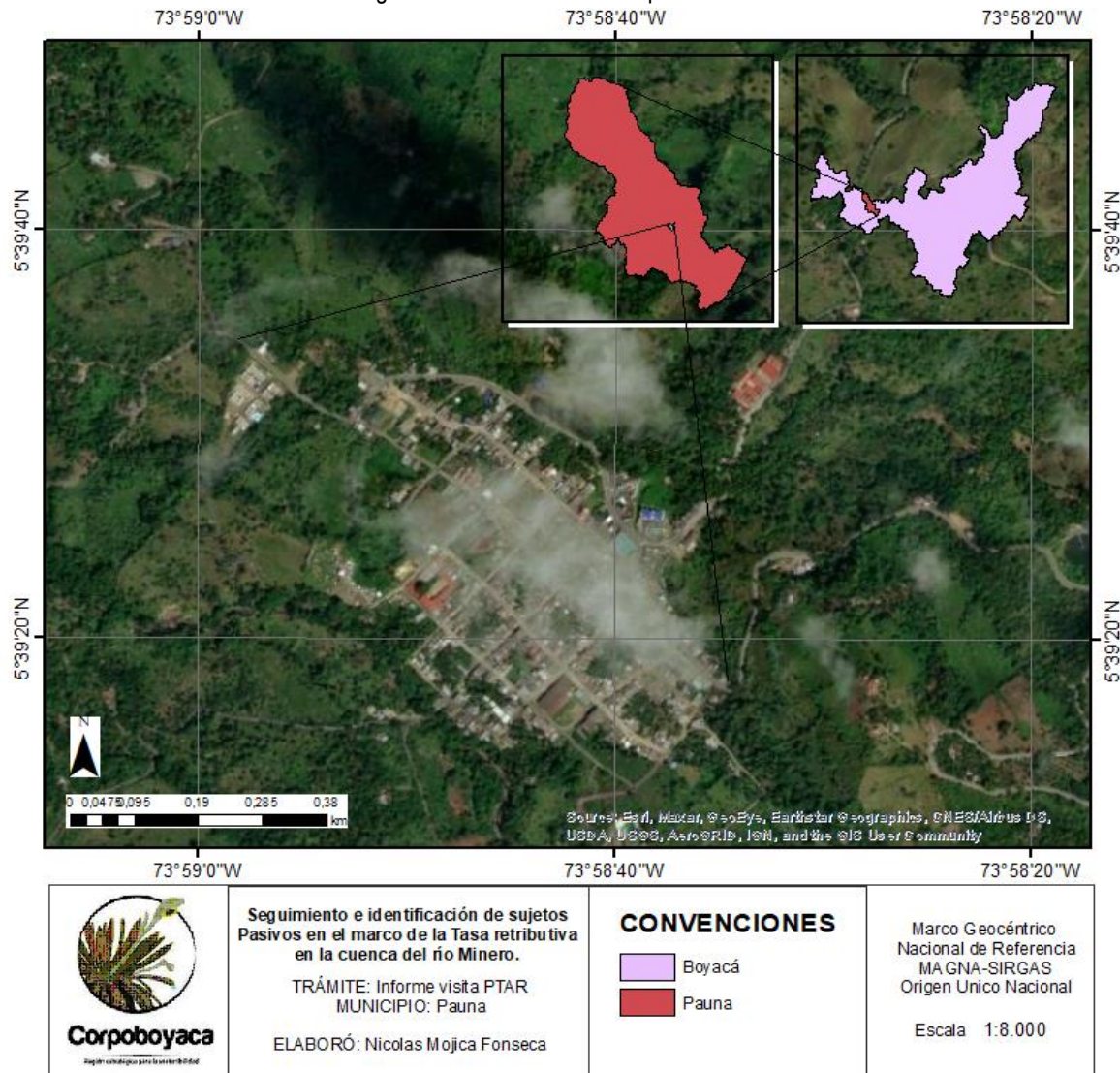
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS

3.1. Localización General.

El municipio de Pauna se encuentra sobre las coordenadas 5°39'26,30"N y 73°58'44,10"O a una altura media de 1215 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.

En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de Pauna:

Figura 1. Ubicación del Municipio de Pauna



Fuente: Corpoboyacá

3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

Con el acompañamiento del titular de la licencia OOLA-00052-10 el señor Milton Antonio Cubides Acosta, se realizó la visita para el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. En el lugar se realizó la verificación y actualmente no se encuentran desarrollando ninguna actividad de explotación de esmeraldas, la entrada al Título se encuentra bloqueado con árboles y maleza. Según lo que comenta el titular, aproximadamente desde noviembre del año 2021 no se realizan actividades debido al daño y robo de maquinaria. La actividad minera se realiza al lado de una quebrada llamada La Tigresa.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

La Mina de explotación de esmeraldas del expediente OOLA-00052-10 se encuentra ubicada en la vereda Aguasal del municipio de Pauna sobre las coordenadas 5°41'19.9" N y 73°58'7.4" O.

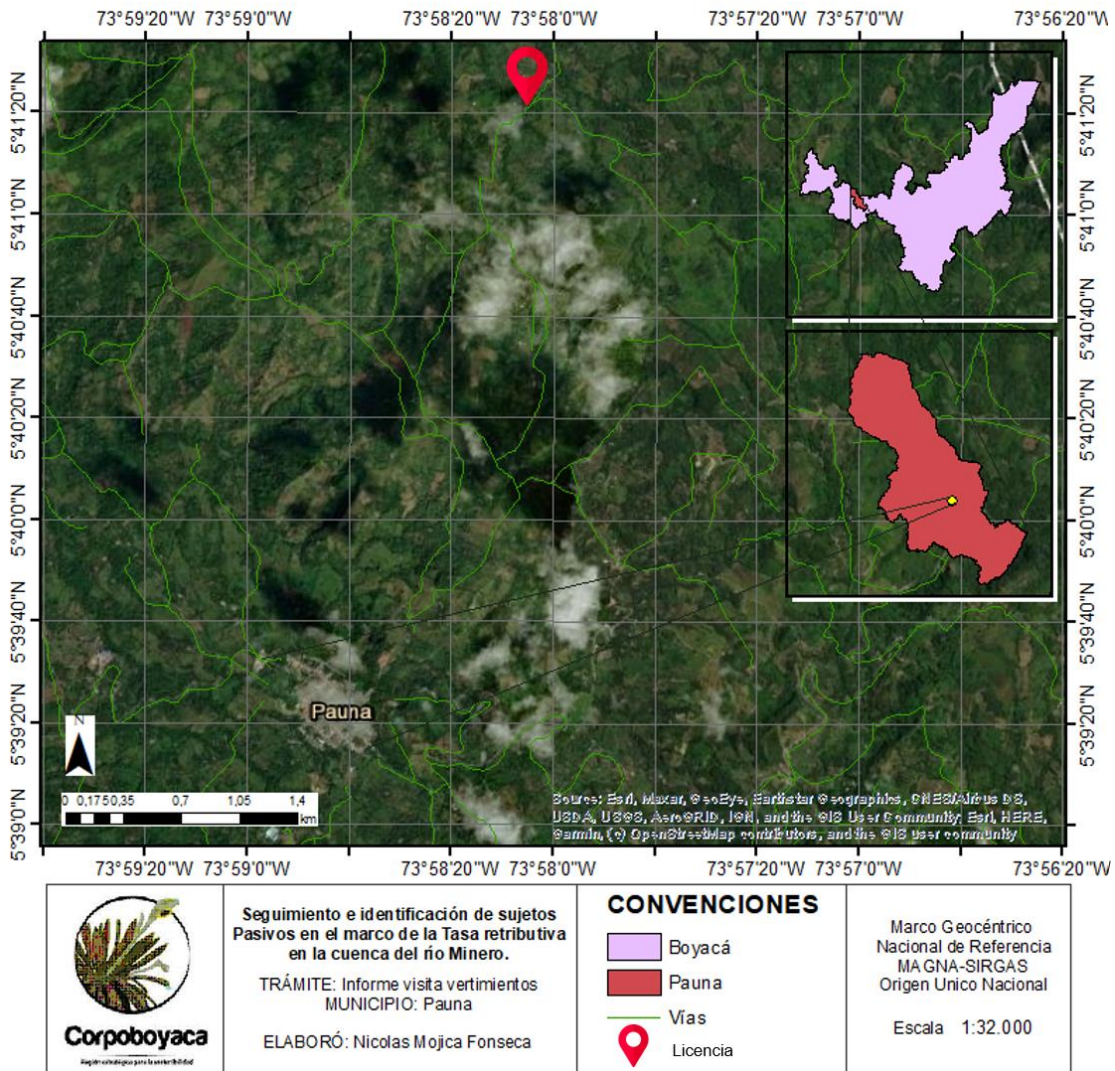
Tabla 1. Ubicación de la mina de la Licencia OOLA-00052-10

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Mina del expediente OOLA-00052-10	5°41'19.9" N	73°58'7.4" O	Quebrada La Tigresa	No reportado

Fuente: Corpoboyacá

En la siguiente imagen, se representa la ubicación de la Licencia OOLA-00052-10 en el Municipio de Pauna.

Figura 2 . Ubicación de la mina de la Licencia OOLA-00052-10 respecto al municipio de Pauna.



Fuente: Corpoboyacá

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Fotografías: Planta de tratamiento de aguas residuales, municipio Pauna.



Fuente: Corpoboyacá

4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

De acuerdo a la visita que se realizó el día 4 de abril de 2022 en compañía del titular de la Licencia OOLA-00052-10, el señor MILTON ANTONIO CUBIDES ACOSTA, con el fin de realizar el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco del cobro de la tasa retributiva en la cuenca del río Minero. En el lugar se

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

observó que actualmente NO se está realizando ningún tipo de actividad minera. la entrada al Título se encuentra bloqueada con árboles y maleza. Según lo que comenta el titular, aproximadamente desde noviembre del año 2021 no se realizan actividades debido al daño y robo de maquinaria.

La actividad al encontrarse inactiva, no se está generando ningún vertimiento. Por lo tanto, el usuario no sería partícipe del proceso de Metas Global de Carga Contaminante para la cuenca del río Minero que se va a realizar en el presente año, ni tampoco un sujeto pasivo en el marco del cobro de la tasa retributiva.

Se le recuerda al señor MILTON ANTONIO CUBIDES ACOSTA que informe a CORPOBOYACÁ y al municipio de Pauna, cuando retome las actividades de explotación de esmeraldas y piedras preciosas bajo la licencia OOLA-00052-10.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista	U iã ã a{ aã[06/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista	U iã ã a{ aã[06/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista	U iã ã a{ aã[06/05/2022

PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA MUNICIPIO DE BRICEÑO – 06/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita al Municipio de Briceño.
INTERESADO:	Municipio de Briceño
FECHA DE VISITA:	06/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES

Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.

Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Instrumentos Económicos se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se realizó al municipio de Briceño el día 06 de abril del 2022, en compañía de Mónica Cobos con la orientación del ingeniero Harvi Barrera.

2. ALCANCES

- Verificar el uso del recurso hídrico, el número de vertimientos y la fuente receptora de los mismos generados por el municipio.

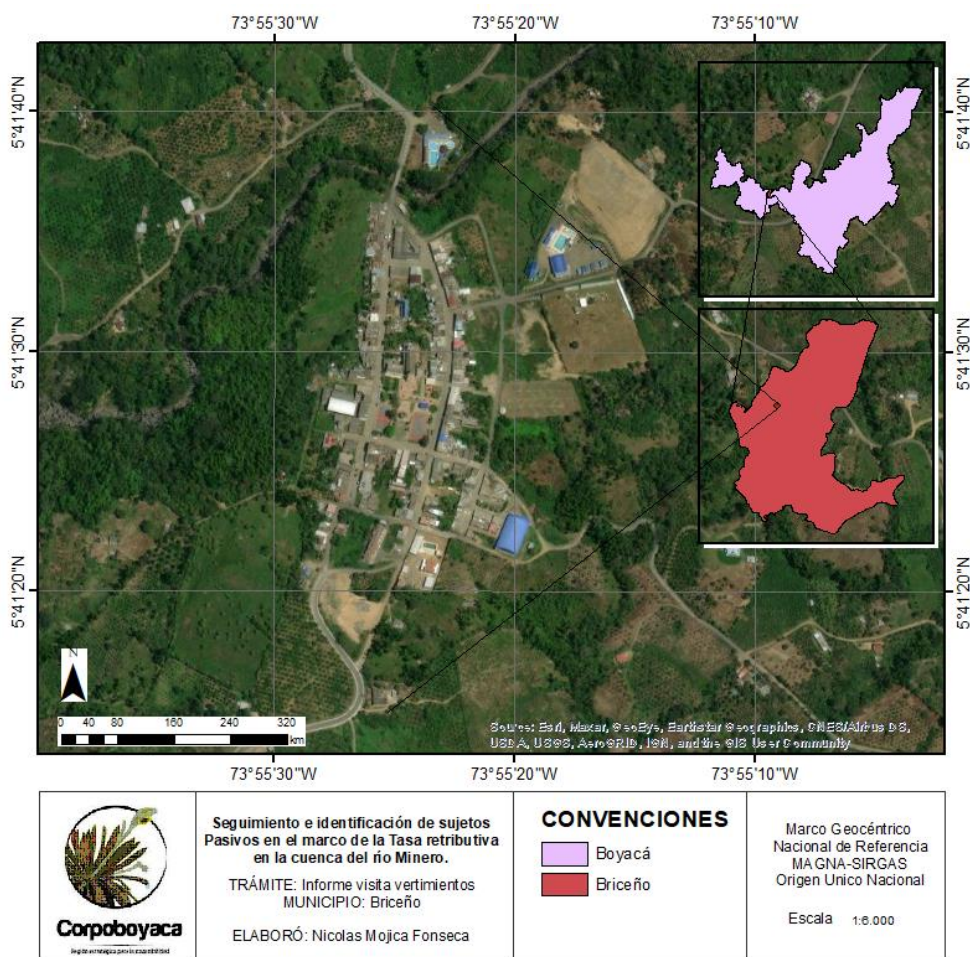
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS

3.1. Localización General.

El municipio de Briceño se encuentra sobre las coordenadas 5°41'28.57"N y 73°55'24.30"O a una altura media de 1.340 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.

En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de Briceño.

Figura 1 . Ubicación del Municipio de Briceño



Fuente: Google Earth

3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

Con el acompañamiento de Mónica Cobos con la orientación del ingeniero Harvi Barrera, se realizó la visita para el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. De acuerdo a la revisión de las bases de datos de la Corporación y documentos como el PSMV del municipio, Briceño posee dos puntos de Vertimientos. Durante la visita, se verifica que el municipio posee los dos vertimientos mencionados a continuación.

VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO.

Tabla 1. Vertimientos identificados perímetro urbano - Briceño.

VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Vertimiento 1	5°41'37.3" N	73°55'25.8" O	Quebrada Zapote	Reportado
Vertimiento 2	5°41'24.4" N	73°55'33.2" O	Quebrada Zapote	Reportado

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Vertimiento 2 donde a causa de la presión generada por la lluvia, estalló caja de inspección	5°41'23.5" N	73°55'32.0" O		
--	--------------	---------------	--	--

Fuente: Corpoboyacá

Figura 2. Vertimientos identificados.



Fuente: Google Earth

Para el municipio de Briceño se tienen 2 vertimientos de agua residual doméstica, El “vertimiento 1” es el que se encuentra en la parte norte del municipio y el “Vertimiento 2” se encuentra al costado oeste del casco urbano. Ambas descargas se realizan sin ningún tipo de tratamiento a la Quebrada Zapote. Al momento de la visita, el “Vertimiento 2” se encuentra con un problema debido a que por condiciones de lluvia a finales del año 2021, la presión del agua hizo estallar una caja de inspección que se encuentra metros antes del vertimiento; en ese punto convergen dos tuberías que conducen aguas residuales y por medio de un canal generado por el estallido de la caja de inspección se sigue vertiendo en el mismo punto del “Vertimiento 2”.

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Vertimiento 1 - Briceño



Fuente: Corpoboyacá
Vertimiento 2 - Briceño

Lugar donde estaba la caja de inspección



Canal y vertimiento



Fuente: Corpoboyacá

4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

Durante la visita de inspección se identificaron 2 vertimientos los cuales no cuentan con tratamiento previo a la disposición final, por tanto, durante el proceso de consulta para el establecimiento de la meta de carga

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

contaminante en la cuenca del río Carare - Minero para el quinquenio (2023 - 2027) el prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Briceño debe presentar una propuesta de meta de carga contaminante con el propósito de disminuir la carga contaminante vertida a las fuentes hídricas, asimismo se proyecte la eliminación de los puntos de vertimiento durante la vigencia del quinquenio.




De otra parte, en cuanto a la formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV el prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Briceño debe articular la propuesta de meta de carga contaminante para el quinquenio 2023 - 2027 con las actividades del plan de acción y financiero del PSMV.

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Briceño o quien haga las veces del prestador de servicios públicos domiciliarios debe realizar mantenimiento sobre la fuente receptora, especialmente donde están ubicados los vertimientos.

El prestador del servicio de alcantarillado del perímetro urbano del municipio de Briceño, debe informar a la Corporación la existencia de nuevos vertimientos y la eliminación de los mismos.

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de Briceño estará obligado al pago de tasa retributiva, acorde con lo estipulado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 Capítulo 7, artículo 2.2.9.7.2.4., previa liquidación y facturación realizada por la Corporación.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista		06/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista		06/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista		06/05/2022

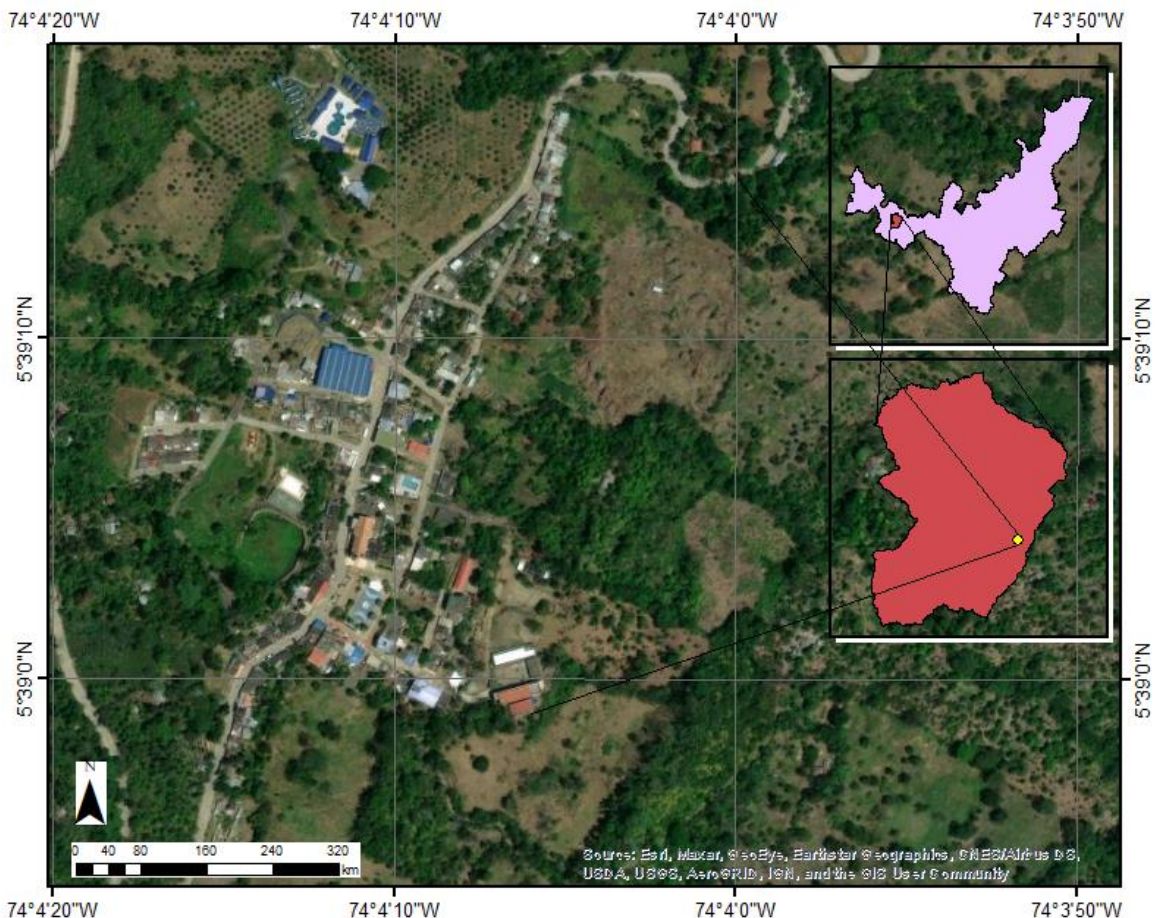
PROYECTO CALIDAD HÍDRICA


INFORME TÉCNICO DE VISITA CENTRO POBLADO DE SAN MARTÍN – MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR - 04/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita al Centro Poblado de San Martín del municipio de San Pablo de Borbur.
INTERESADO:	Centro Poblado de San Martín del municipio de San Pablo de Borbur
FECHA DE VISITA:	04/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES
<p>Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.</p> <p>Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Instrumentos Económicos se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se realizó al Centro poblado de San Martín en jurisdicción del Municipio de San Pablo de Borbur el día 04 de abril del 2022, con el acompañamiento del señor Gilbert Suárez quien fue enviado por Jairo William Páez presidente de la junta y concejal del municipio.</p>
2. ALCANCES
<p>- Verificar el uso del recurso hídrico, el número de vertimientos y la fuente receptora de los mismos generados por el Centro Poblado.</p>
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS
3.1. Localización General.
<p>El municipio de San Pablo de Borbur se encuentra sobre las coordenadas 5°39'2.48"N y 74° 4'10.73"O a una altura media de 830 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.</p> <p>En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur.</p>

Figura 1 . Ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur



 <p>Corpoboyaca Regístrate en línea para la sostenibilidad</p>	<p>Seguimiento e identificación de sujetos Pasivos en el marco de la Tasa retributiva en la cuenca del río Minero.</p> <p>TRÁMITE: Informe visita PTAR MUNICIPIO: San Pablo de Borbur</p> <p>ELABORÓ: Nicolas Mojica Fonseca</p>	<p>CONVENCIONES</p> <p> Boyacá</p> <p> San Pablo de Borbur</p>	<p>Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Origen Único Nacional</p> <p>Escala 1:5.000</p>
--	---	--	--

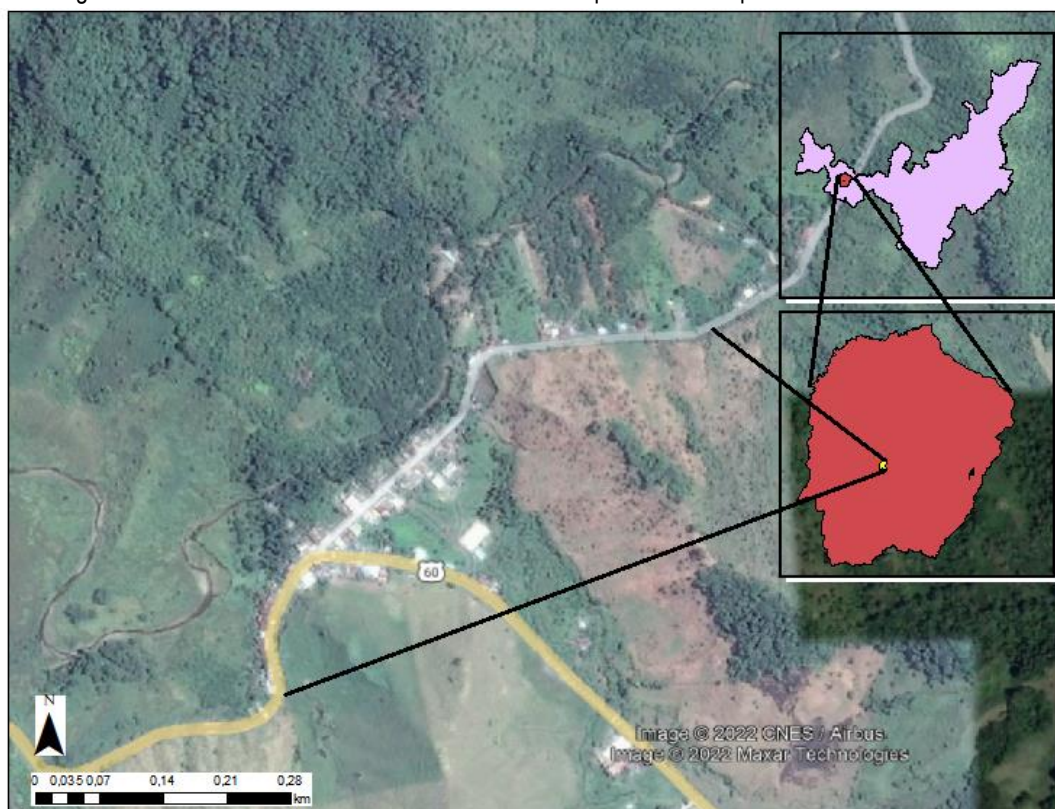
Fuente: Google Earth


3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

El Centro Poblado de San Martín se encuentra ubicado en el municipio de San Pablo de Borbur sobre las coordenadas 5°39'46.04"N y 74°7'32.95"O.

En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Centro Poblado de San Martín del Municipio de San Pablo de Borbur.

Figura 2 . Ubicación del Centro Poblado San Martín respecto al municipio de San Pablo de Borbur.



 Corpoboyacá <small>Supervisor de la gestión ambiental</small>	<p>Seguimiento e identificación de sujetos Pasivos en el marco de la Tasa retributiva en la cuenca del río Minero.</p> <p>TRÁMITE: Informe visita Vertimientos MUNICIPIO: San Pablo de Borbur - Centro Poblado de San Martín</p> <p>ELABORÓ: Nicolas Mojica Fonseca</p>	<p>CONVENCIONES</p> <p> San Martín</p> <p> San pablo de Borbur</p> <p> Boyacá</p>	<p>Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Origen Único Nacional</p> <p>Escala 1:6.000</p>
	<p align="center">Fuente: Corpoboyacá</p>		

VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN MARTÍN DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR.

Con el acompañamiento de Gilbert Suárez se realizó la visita para el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco del cobro de la tasa retributiva en la cuenca del río Minero. De acuerdo a la revisión de las bases de datos de la Corporación y documentos como el PSMV del municipio, El Centro Poblado de San Martín posee dos puntos de Vertimientos, que son mencionados a continuación:

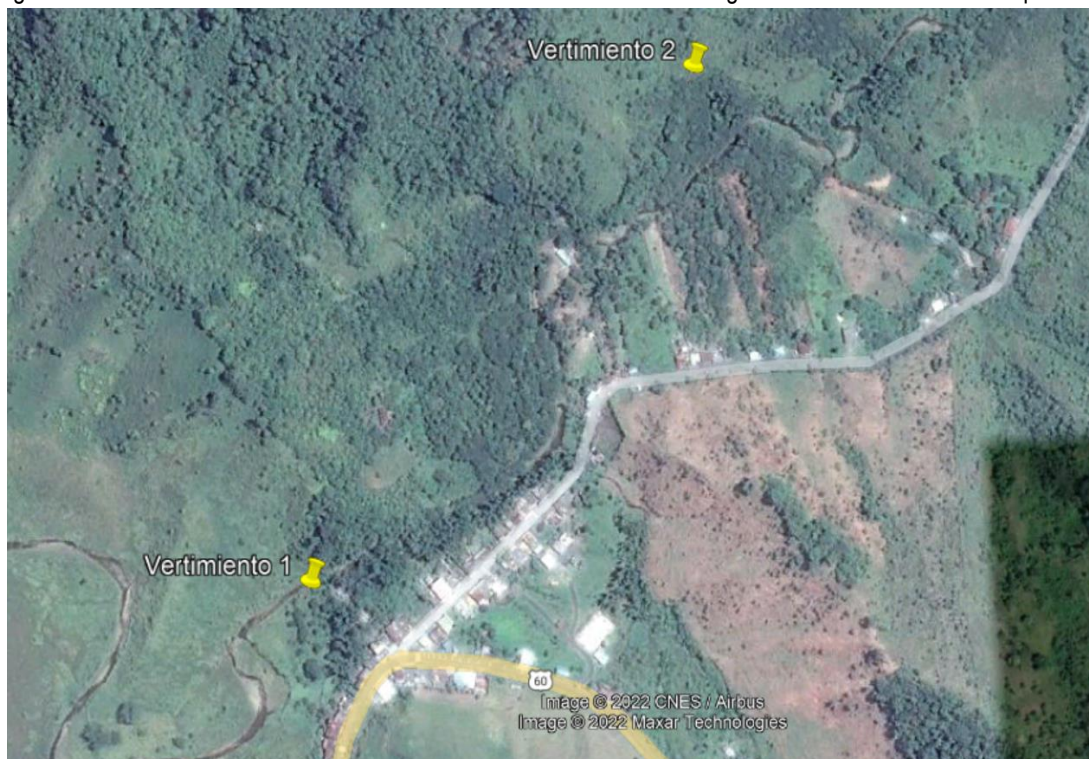
Tabla 1. Vertimientos identificados en el Centro Poblado de San Martín según la base de datos de la Corporación.

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Vertimiento 1	5°39'47.6"N	74°7'35.6"O	Quebrada - Buri Buri	Reportado
Vertimiento 2	5°39'56.2" N	74°7'26.9" O		

Fuente: Corpoboyacá

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Figura 3 . Vertimientos identificados en el Centro Poblado de San Martín según la base de datos de la Corporación.



Fuente: Google Earth

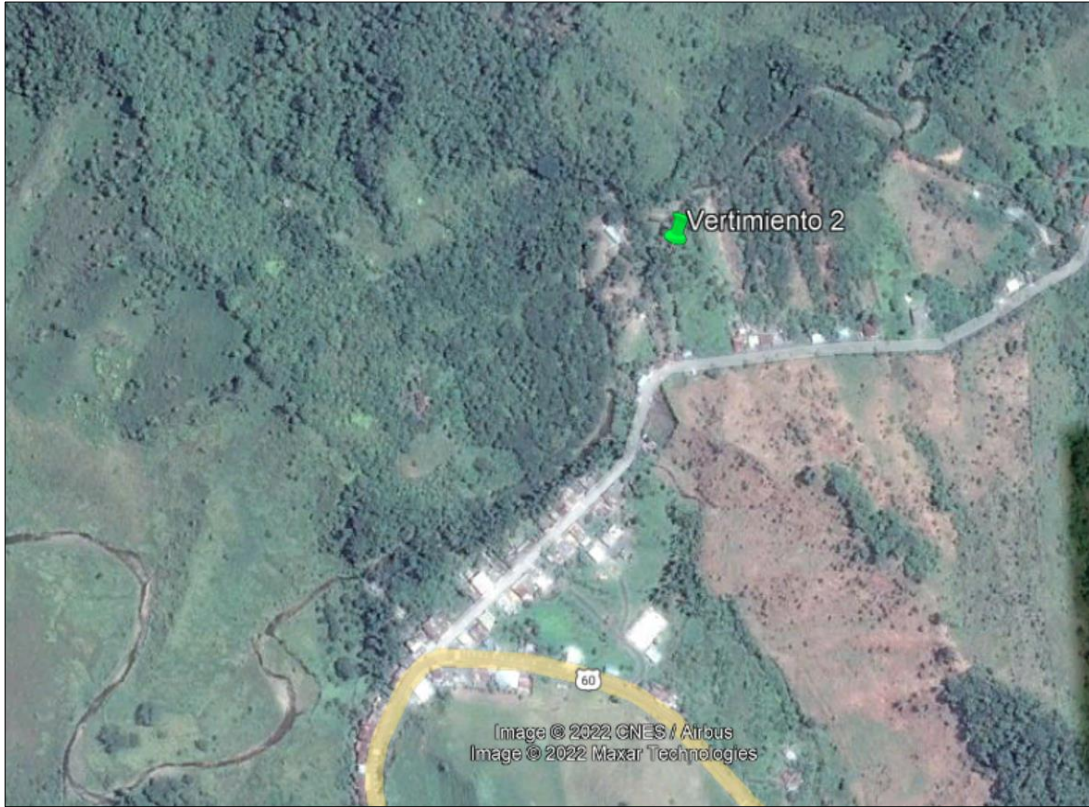
Durante la visita, se encuentra que el Centro Poblado de San Martín posee un vertimiento. Para el denominado “Vertimiento 1” se preguntó a la población del lugar, comercio y al mismo Gilbert Suárez quien es habitante del Centro Poblado desde hace más de 25 años pero al seguir las instrucciones dadas y al revisar las coordenadas no se encontró el punto de vertimiento. Para el “Vertimiento 2” Se hizo ingreso al predio del señor Gilbert Suárez, el cual nos comenta que la descarga de tipo residual es realizada primero a un nacimiento de agua de su predio que metros abajo llega a la Quebrada Buri Buri.

Tabla 2. Vertimientos identificados en campo en el Centro Poblado de San Martín.

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Vertimiento 1	No localizado			
Vertimiento 2	5°39'56.2" N	74°7'26.9" O	Quebrada - Buri Buri	Reportado

Fuente: Corpoboyacá

Figura 4 . Vertimientos identificados en campo en el Centro Poblado de San Martín.



Fuente: Google Earth

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Fotografías: Centro Poblado de San Martín en el municipio de San Pablo de Borbur	
Vertimiento 1: No localizado.	
	
Fuente: Corpoboyacá	
Vertimiento 2	

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental





Fuente: Corpoboyacá

4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

En el marco del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare-Minero, el prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado San Martín, debe presentar una propuesta de meta individual y/o grupal de carga contaminante con la debida justificación técnica en los tiempos establecidos por la Corporación, la cual debe estar encaminada al tratamiento y disposición final del agua residual generada por las actividades domésticas y comerciales del centro poblado.

El prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado San Martín o quien haga las veces del prestador de servicios públicos domiciliarios mediante la ejecución del PSMV debe realizar actividades de conservación y preservación de la fuente receptora, especialmente donde está ubicado el vertimiento.

La propuesta de meta de carga contaminante que presente el prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado de San Martín, debe articularse con respecto a las actividades, programas y proyectos aprobados en el plan de acción del PSMV, dado que el instrumento se aprobó mediante Resolución 0482 del 23 de febrero de 2015, y se encuentra sujeto a seguimiento por parte de CORPOBOYACÁ. De no articular la propuesta de meta de carga contaminante con el plan de acción del PSMV vigente, el prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado San Martín debe presentar la solicitud de modificación del PSMV ante la Corporación, toda vez que de acuerdo a la normatividad que reglamenta la tasa retributiva, el Decreto 2667 de 2012 (Compilado en el Decreto 1076 de 2015) ordena que se articule la meta de carga contaminante con el PSMV.

5. ELABORÓ

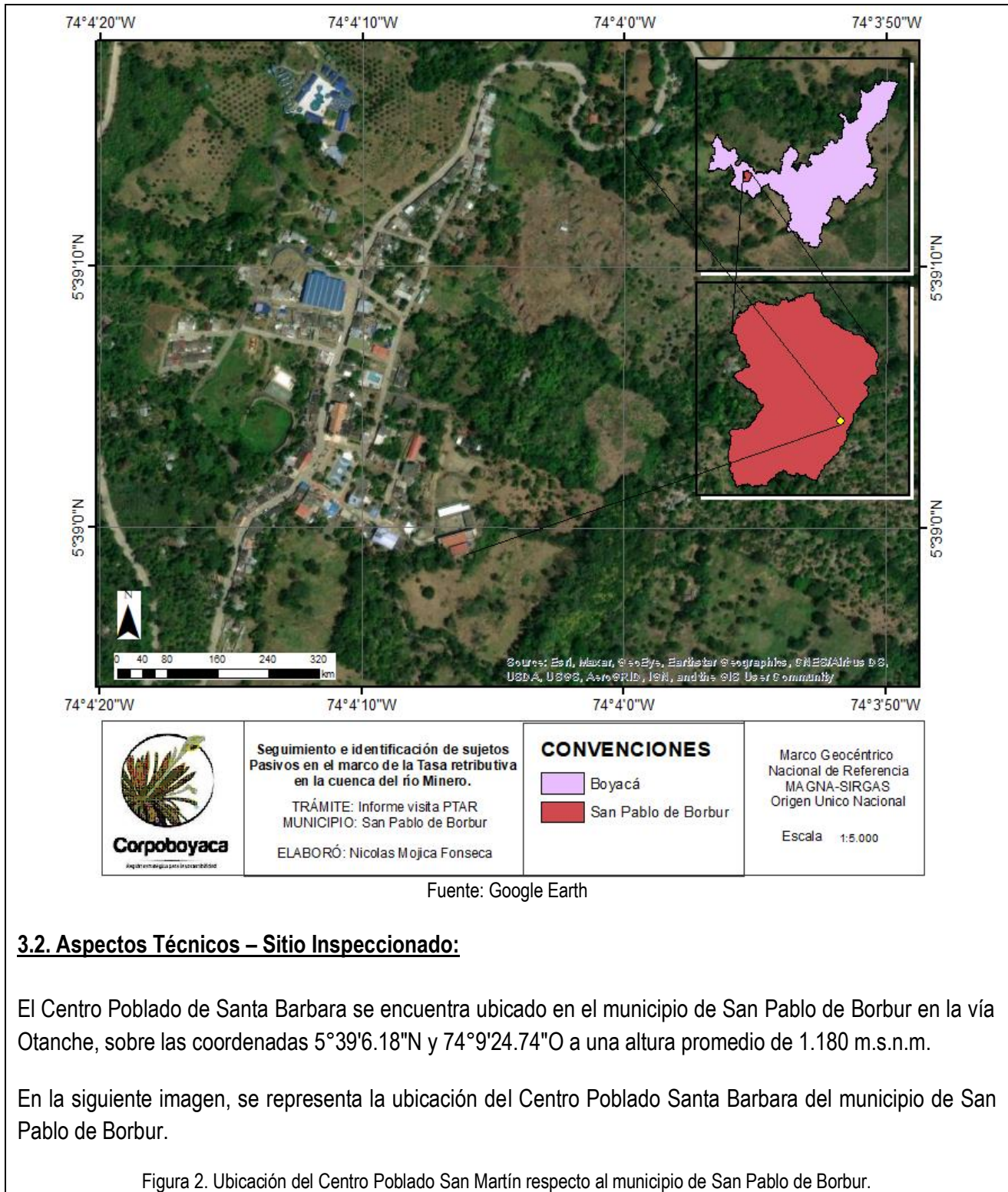
NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista		06/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista		06/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista		06/05/2022

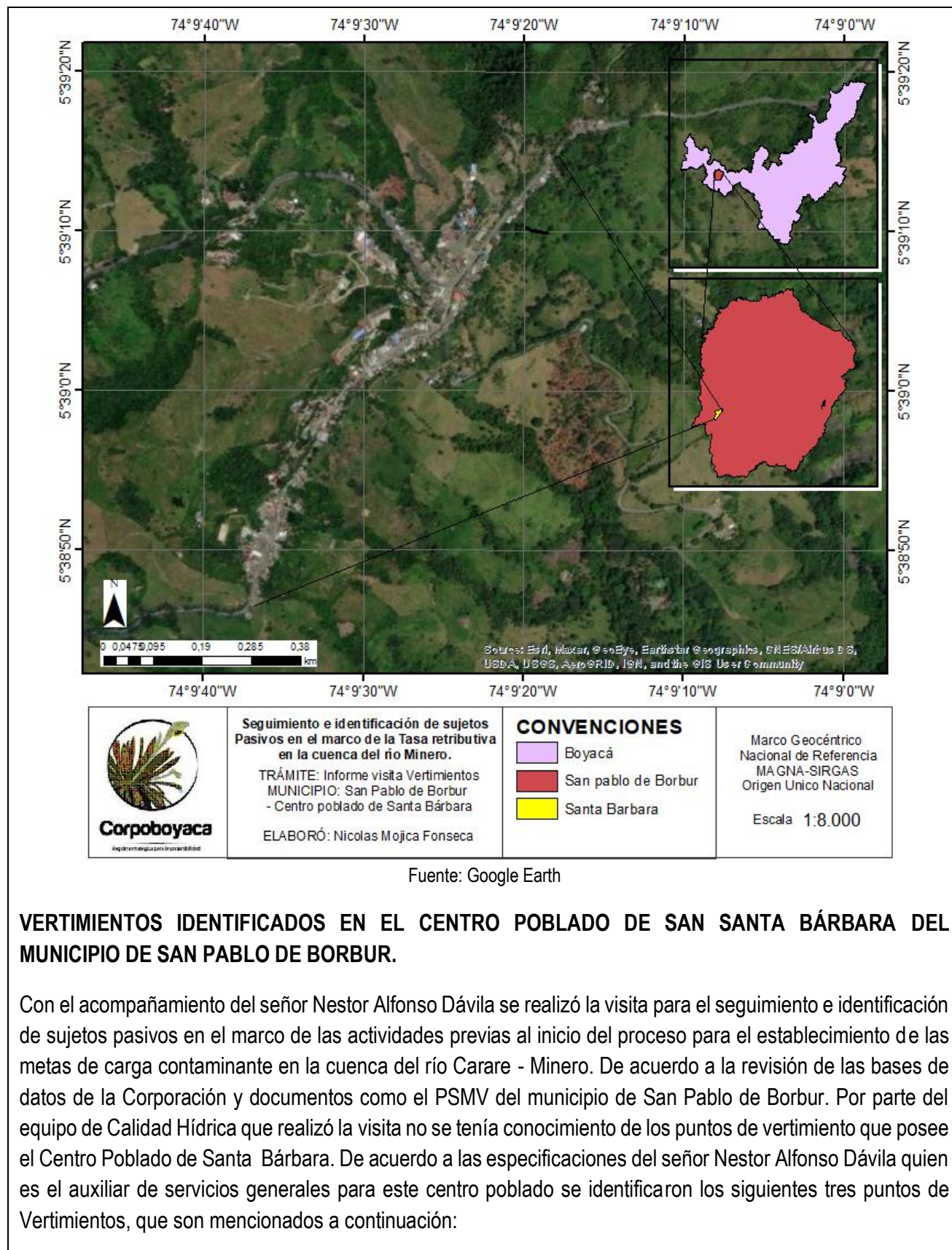
PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA CENTRO POBLADO DE SANTA BÁRBARA – MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR – 04/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita al Centro Poblado de Santa Bárbara en el Municipio de San Pablo de Borbur.
INTERESADO:	Centro Poblado de Santa Bárbara en el Municipio de San Pablo de Borbur.
FECHA DE VISITA:	04/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES
<p>Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.</p> <p>Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Instrumentos Económicos se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se realizó al Centro Poblado de Santa Bárbara en el municipio de San Pablo de Borbur el día 04 de abril del 2022. En compañía del fontanero Néstor Alfonso Dávila Martínez.</p>
2. ALCANCES
<p>- Verificar el uso del recurso hídrico, el número de vertimientos y la fuente receptora de los mismos generados por el centro poblado.</p>
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS
<u>3.1. Localización General.</u>
<p>El municipio de San Pablo de Borbur se encuentra sobre las coordenadas 5°39'2.48"N y 74° 4'10.73"O a una altura media de 830 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.</p> <p>En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur.</p> <p style="text-align: center;">Figura 1 . Ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur</p>





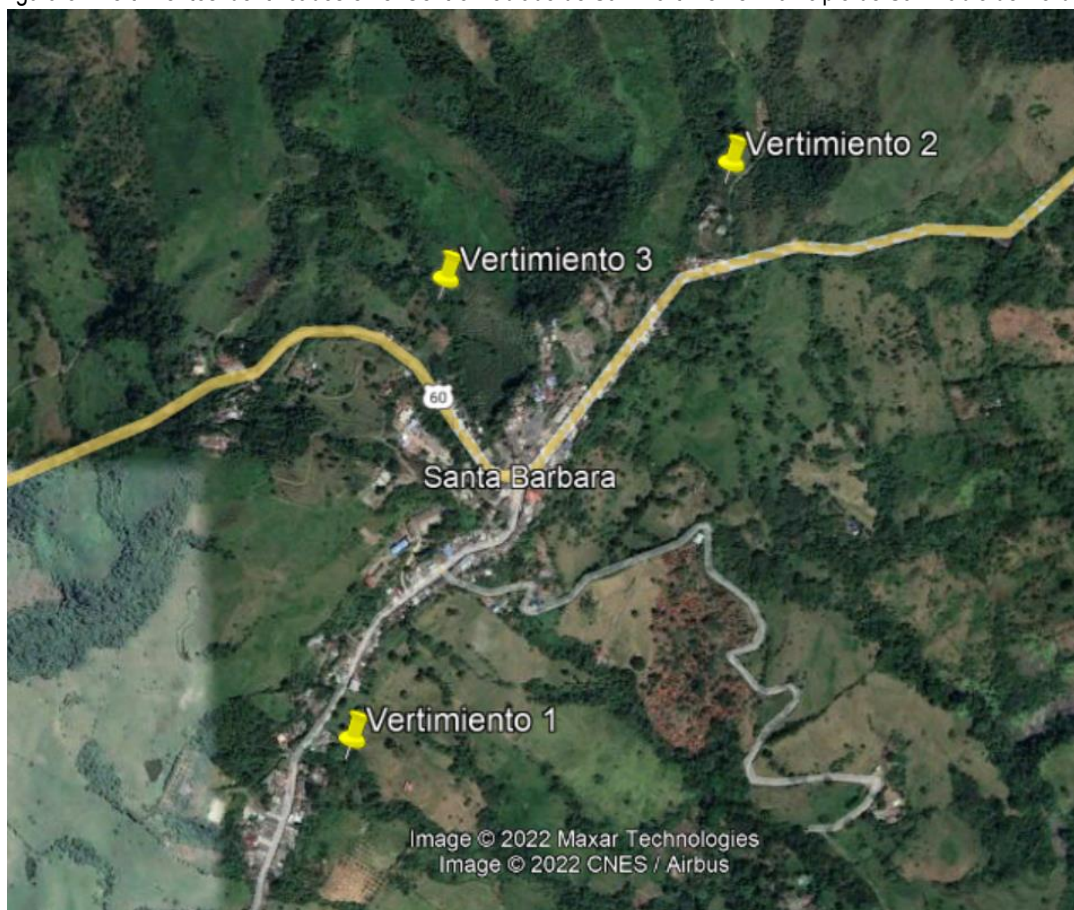
Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Tabla 1. Vertimientos identificados en el Centro Poblado de San Martín en el municipio de San Pablo de Borbur.

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		FUENTE RECEPTORA	TIPO
	LATITUD	LONGITUD		
Vertimiento 1 – Caño Mata de caña	5°38'53.4" N	74°9'32.8" O	Caño Mata de caña	Identificado
Vertimiento 2 – Sector San Miguel (Pozo Séptico)	5°39'20.3" N	74°9'15.0" O	Caño San Miguel	Identificado
Vertimiento 3 – Sector Paraíso	5°39'14.9" N	74°9'28.4" O	Caño Paraíso	Identificado

Fuente: Corpoboyacá

Figura 3 . Vertimientos identificados en el Centro Poblado de San Martín en el municipio de San Pablo de Borbur.



Fuente: Google Earth

Durante la visita, se realizó el recorrido Centro Poblado en 3 sectores. El primer vertimiento denominado “Vertimiento 1” está en la parte sur en la vía que conduce a las minas de Coscuez, se tiene que entrar por una casa hasta ver una caída de agua donde se encuentra una tubería con la descarga sobre el Caño Mata de caña. En cuanto al segundo vertimiento denominado “Vertimiento 2” se identificó al noreste del Centro Poblado. La descarga se encuentra entrando por la última carretera que se ve antes de tomar la vía que conduce hacia el Centro Poblado de San Martín, se encuentra al costado izquierdo bajando una pequeña montaña, por medio de una tubería que sobresale que hace que lleguen las aguas residuales al Caño San Miguel. Y por último, para el “Vertimiento 3” se identificó en la parte norte del Centro Poblado y su acceso fue por una casa por la

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

carretera que dirige al municipio de Otanche en el Caño Paraíso. Este último lugar fue el más lejano de los 3 puntos identificados y en el que más vegetación se encontraba.

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Vertimiento 1



Fuente: Corpoboyacá

Vertimiento 2



Fuente: Corpoboyacá

Vertimiento 3.



Fuente: Corpoboyacá

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

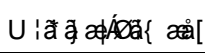

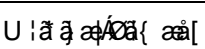
4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

En el marco del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare-Minero, el prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado Santa Bárbara, debe presentar una propuesta de meta individual y/o grupal de carga contaminante con la debida justificación técnica en los tiempos establecidos por la Corporación, la cual debe estar encaminada al tratamiento y disposición final del agua residual generada por las actividades domésticas y comerciales del centro poblado.

El prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado Santa Bárbara o quien haga las veces del prestador de servicios públicos domiciliarios mediante la ejecución del PSMV debe realizar actividades de conservación y preservación de la fuente receptora, especialmente donde está ubicado el vertimiento.

La propuesta de meta de carga contaminante que presente el prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado de Santa Bárbara, debe articularse con respecto a las actividades, programas y proyectos aprobados en el plan de acción del PSMV, dado que el instrumento se aprobó mediante Resolución 4614 del 30 de diciembre de 2019, y se encuentra sujeto a seguimiento por parte de CORPOBOYACÁ. De no articular la propuesta de meta de carga contaminante con el plan de acción del PSMV vigente, el prestador del servicio de alcantarillado del centro poblado Santa Bárbara debe presentar la solicitud de modificación del PSMV ante la Corporación, toda vez que de acuerdo a la normatividad que reglamenta la tasa retributiva, el Decreto 2667 de 2012 (Compilado en el Decreto 1076 de 2015) ordena que se articule la meta de carga contaminante con el PSMV.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista		06/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista		06/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista		06/05/2022

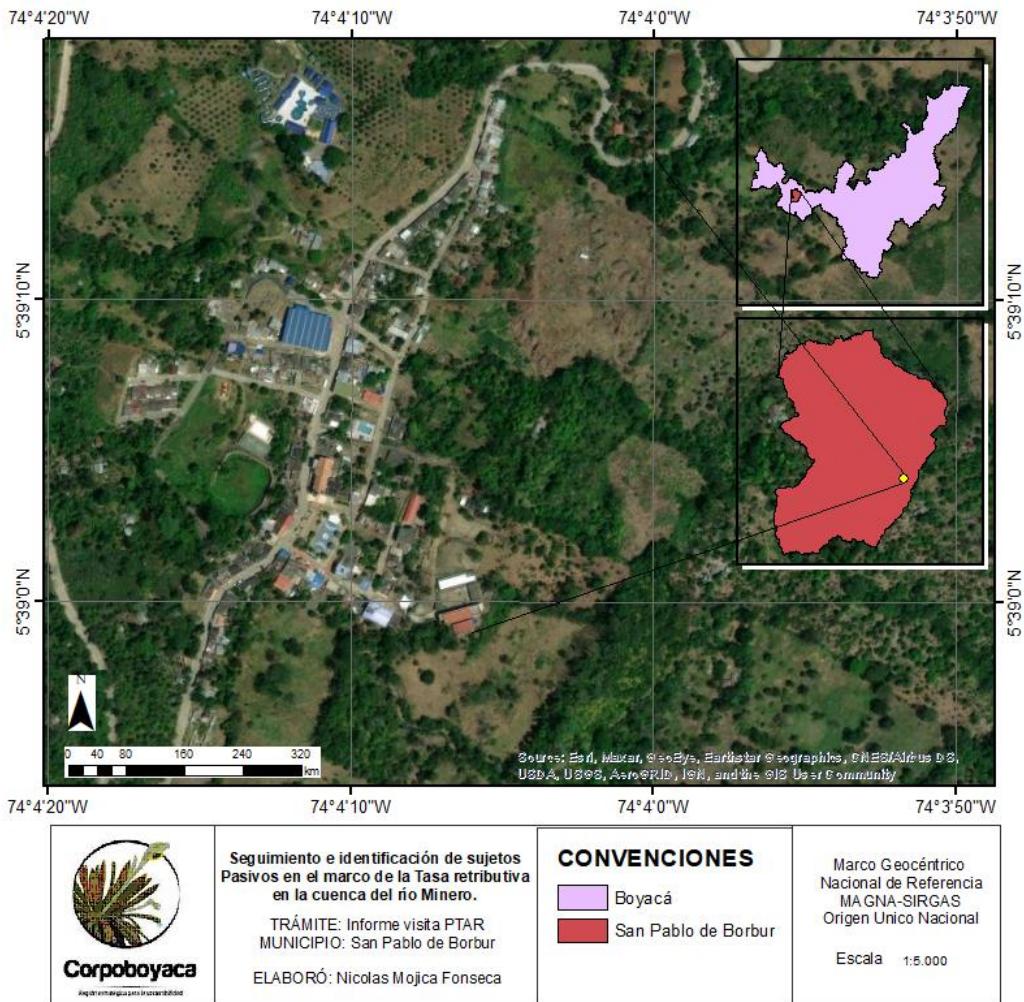
PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA MINA JERUSALÉN – EL AVENTURERO - COSCUEZ – 05/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita a la Mina Jerusalén – El Aventurero - Coscuez en el municipio de San Pablo de Borbur.
INTERESADO:	William Alfonso Poveda
FECHA DE VISITA:	05/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES
<p>Resolución 0970 del 4 de octubre de 2005, “Por medio de la cual se otorga una Licencia Ambiental para la explotación de un yacimiento de esmeraldas en un área localizada en la vereda Coscuez del municipio de San Pablo de Borbur, proyecto amparado bajo el contrato de concesión minera No. EDL- 113.”</p> <p>Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.</p> <p>Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Instrumentos Económicos se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se realizó a la Mina de explotación de esmeraldas del expediente OOLA-00021-04 el día 05 de abril del 2022, en compañía de William Alfonso Poveda, quien es el director operativo y del ingeniero Jorge Salamanca, quien es el jefe de mina.</p>
2. ALCANCES
<ul style="list-style-type: none">- Verificar el uso del recurso hídrico y la fuente receptora de los vertimientos generados por la actividad.- Contemplar el objeto de cobro al sujeto pasivo por vertimiento directo e indirecto producto del desarrollo de la actividad.
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS
<u>3.1. Localización General.</u>
<p>El municipio de San Pablo de Borbur se encuentra sobre las coordenadas 5°39'2.48"N y 74° 4'10.73"O a una altura media de 830 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.</p> <p>En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur.</p>

Figura 1. Ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur



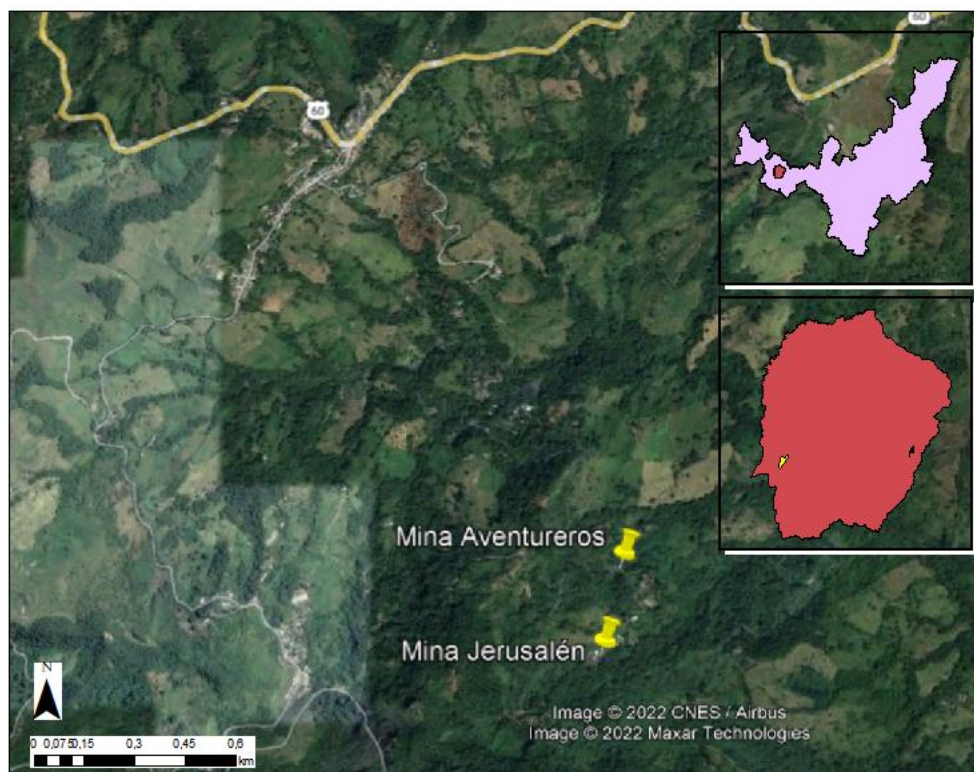
Fuente: Google Earth

3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

La Mina de explotación de esmeraldas del expediente OOLA-00021-04 se encuentra ubicada en la vereda Coscuez del municipio de San Pablo de Borbur. Las Minas Jerusalén y Aventureros se encuentran sobre las coordenadas 5°38'9.92"N y 74°8'53.11"O y 5°38'18.13"N y 74°8'52.54"O respectivamente a una altura promedio de 1.200 m.s.n.m.

En la siguiente imagen, se representa la ubicación de las Minas de explotación de esmeraldas respecto a la vereda Coscuez y el Centro Poblado Santa Bárbara del Municipio de San Pablo de Borbur.

Figura 2 . Ubicación de las Minas Jerusalén y Aventureros respecto al Centro Poblado Santa Barbara.



	<p>Seguimiento e identificación de sujetos Pasivos en el marco de la Tasa retributiva en la cuenca del río Minero.</p> <p>TRÁMITE: Informe visita vertimientos Coscuez - Mina Jerusalén - Aventureros MUNICIPIO: San Pablo de Borbur</p> <p>ELABORÓ: Nicolas Mojica Fonseca</p>	<p>CONVENCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> Boyacá San pablo de Borbur Santa Barbara Minas 	<p>Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Origen Unico Nacional</p> <p>Escala 1:15.000</p>
---	--	--	---

Fuente: Google Earth

VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS EN LAS MINAS JERUSALÉN Y AVENTUREROS.

Tabla 1. Vertimientos identificados de las Minas Jerusalén y Aventureros.

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Mina Jerusalén	5°38'7.9" N	74°8'54.7" O	Quebrada Mioca	No reportado
Mina Aventureros	5°38'17.7" N	74°8'53.0" O		No reportado

Fuente: Corpoboyacá

Figura 3. Ubicación de los vertimientos identificados de las Minas Jerusalén y Aventureros.



Fuente: Google Earth

En el lugar, se realizó el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. Durante la visita a las minas Jerusalén y Aventureros se evidencia que se genera un vertimiento indirecto por la actividad de explotación de esmeraldas y piedras preciosas. En el proceso de explotación de esmeraldas no se usa el recurso hídrico, el agua que se presenta en las minas proviene del agua que se infiltra y que por las bocaminas encuentra un camino para salir de la montaña. Es necesario para trabajar que los trabajadores bombeen el agua de las bocaminas en promedio 3 horas al día los 7 días a la semana.

En el momento de la visita, la mina Jerusalén se encontraba extrayendo el agua de la bocamina mediante una motobomba y según lo que manifestó el ingeniero Jorge Salamanca quien es el jefe de mina, se bombean aproximadamente 3 pulgadas de agua. En cuanto a la mina Aventureros, en el momento de la visita no se encontraba en labores de explotación pero de la bocamina brotaba agua por un canal que se encuentra al lado izquierdo de la entrada. Ambos vertimientos dirigen sus aguas a la quebrada Mioca.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Mina Jerusalén



Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental



Fuente: Corpoboyacá
Mina Aventureros





Fuente: Corpoboyacá

4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

En el marco del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare-Minero, el usuario que de ahora en adelante se denominará sujeto pasivo, debe presentar una propuesta de meta individual y/o grupal de carga contaminante con la debida justificación técnica en los tiempos establecidos por la Corporación, la cual debe estar encaminada al tratamiento y disposición final del agua residual generada en la extracción del mineral.

Conforme con lo dispuesto en la normatividad ambiental vigente y en particular en el Artículo 2.2.3.3.5.1. del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, requiere Permiso de Vertimientos *“toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo”*, por esta razón, y sin perjuicio de las sanciones de carácter ambiental a que haya lugar, el representante legal de la Mina Jerusalén y Mina Aventureros debe dar inicio a la solicitud del trámite de Permiso de Vertimientos, esto teniendo en cuenta que en el Derecho de Aguas colombiano se encuentra prohibido realizar vertimientos a cuerpos de agua o al suelo sin la previa obtención del permiso por parte de la autoridad ambiental competente.

Durante la visita de campo se realiza reconocimiento e identificación de los vertimientos existentes en la Mina Jerusalén y Mina Aventureros, diligenciando el formato FGP-59 “VISITA DE IDENTIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO SUJETOS PASIVOS TASA RETRIBUTIVA” en razón a lo cual el usuario (representante legal) estará obligado al pago de tasa retributiva, acorde con lo estipulado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 Capítulo 7, artículo 2.2.9.7.2.4., previa liquidación y facturación realizada por la Corporación.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista		06/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista		06/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista		60/05/2022

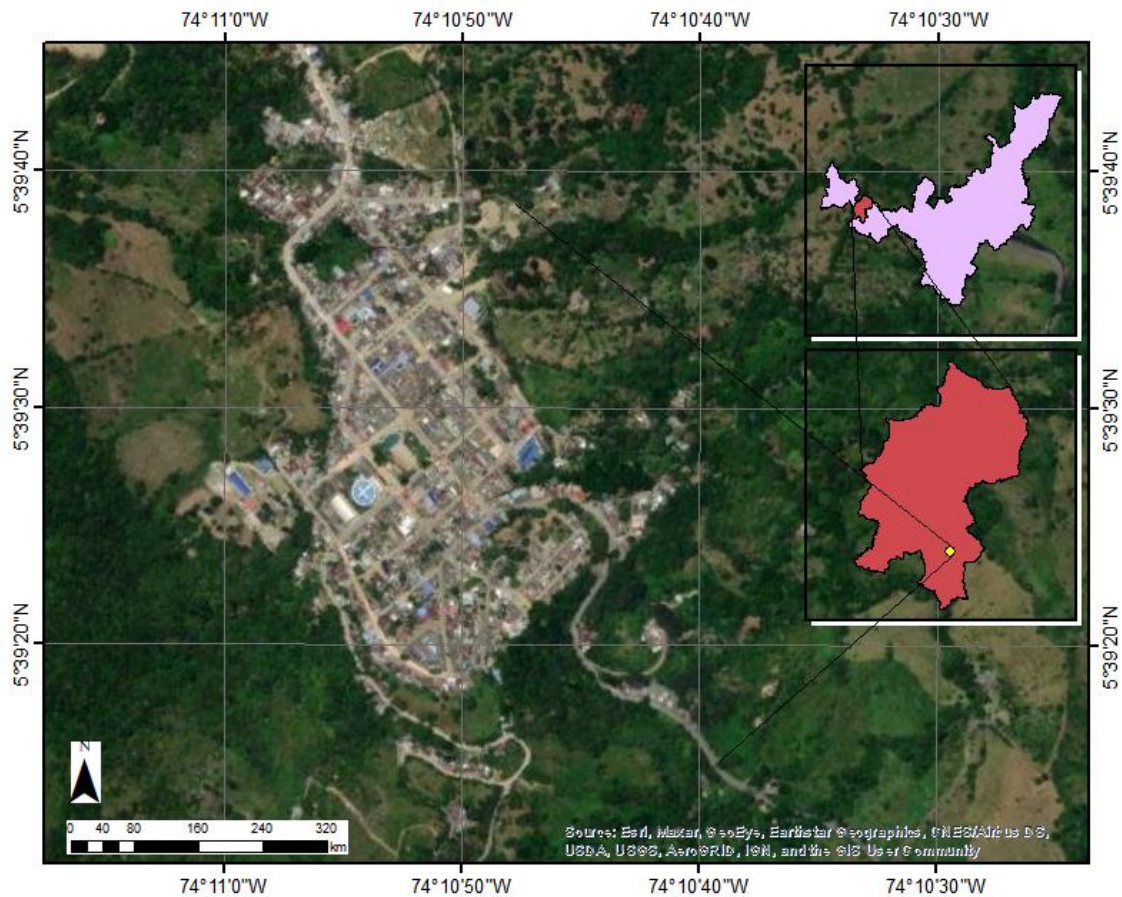
PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DEL MUNICIPIO DE OTANCHE
– 05/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita a la Planta de Beneficio Animal del municipio de Otanche
INTERESADO:	Municipio de Otanche
FECHA DE VISITA:	05/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES
<p>Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.</p> <p>Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Instrumentos Económicos se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se realizó a la Planta de Beneficio Animal (PBA) del municipio de Otanche el día 05 de abril del 2022, en compañía de Yeison Oswaldo Benites Pinilla.</p>
2. ALCANCES
<ul style="list-style-type: none">- Verificar el uso del recurso hídrico y la fuente receptora de los vertimientos generados por la actividad.- Contemplar el objeto de cobro al sujeto pasivo por vertimiento directo e indirecto producto del desarrollo de la actividad.
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS
3.1. Localización General.
<p>El municipio de Otanche se encuentra sobre las coordenadas 5°39'27.35"N y 74°10'51.85"O a una altura media de 1050 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.</p> <p>En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de Otanche.</p>

Figura 1 . Ubicación del Municipio de Otanche



 Corpoboyacá <small>Agencia ambiental para la sostenibilidad</small>	<p>Seguimiento e identificación de sujetos Pasivos en el marco de la Tasa retributiva en la cuenca del río Minero.</p> <p>TRÁMITE: Informe visita PBA MUNICIPIO: Otanche</p> <p>ELABORÓ: Nicolas Mojica Fonseca</p>	<p>CONVENCIONES</p> <p> Otanche</p> <p> Boyacá</p>	<p>Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Origen Único Nacional</p> <p>Escala 1:7.000</p>
	<p align="center">Fuente: Google Earth</p>		

3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

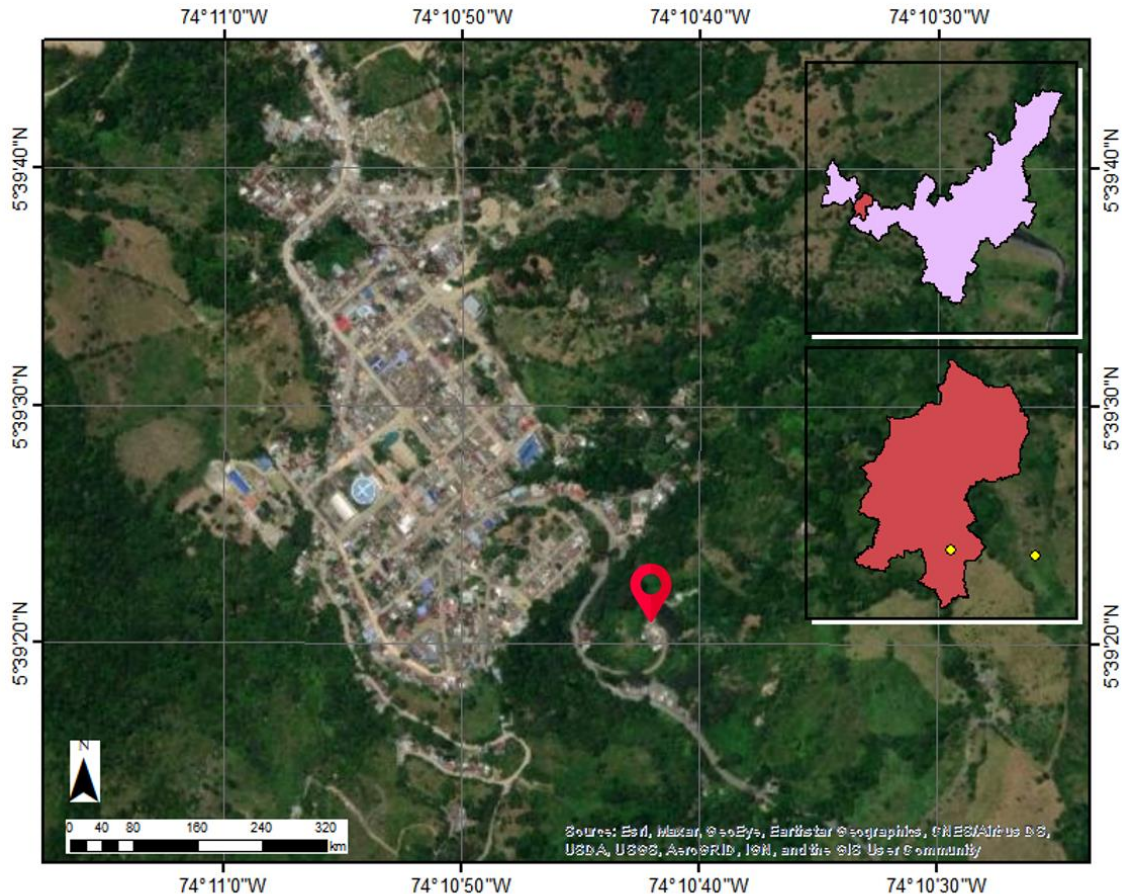
Con la participación del ingeniero Yeison Oswaldo Benites Pinilla y otros funcionarios de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado, Aseo y Servicios Complementarios de Otanche SAS ESP - Aguas de Otanche SAS SP y la Secretaría de Planeación del municipio de Otanche, se realizó el acompañamiento para el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. De acuerdo a la revisión de las bases de datos de la Corporación el municipio de Otanche posee una Planta de Beneficio Animal por la cual se le hace cobro de la tasa retributiva. Durante la visita, se verifica que la planta de beneficio animal se encuentre en operación.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

La PBA del municipio de Otanche se encuentra ubicada en la vereda Centro por la vía Otanche - San Pablo de Borbur sobre las coordenadas 5°39'20.22"N y 74°10'41.91"O a una altura de 961 m.s.n.m.

En la siguiente imagen, se representa la ubicación de la PBA del Municipio de Otanche.

Figura 2. Ubicación de la PBA del Municipio de Otanche.



 Corpoboyacá <small>Agua y ambiente para la sostenibilidad</small>	Seguimiento e identificación de sujetos Pasivos en el marco de la Tasa retributiva en la cuenca del río Minero. TRÁMITE: Informe visita PBA MUNICIPIO: Otanche ELABORÓ: Nicolás Mojica Fonseca	CONVENCIONES  Otanche  Boyacá  PBA	Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Origen Único Nacional Escala 1:7.000
	Fuente: Corpoboyacá		

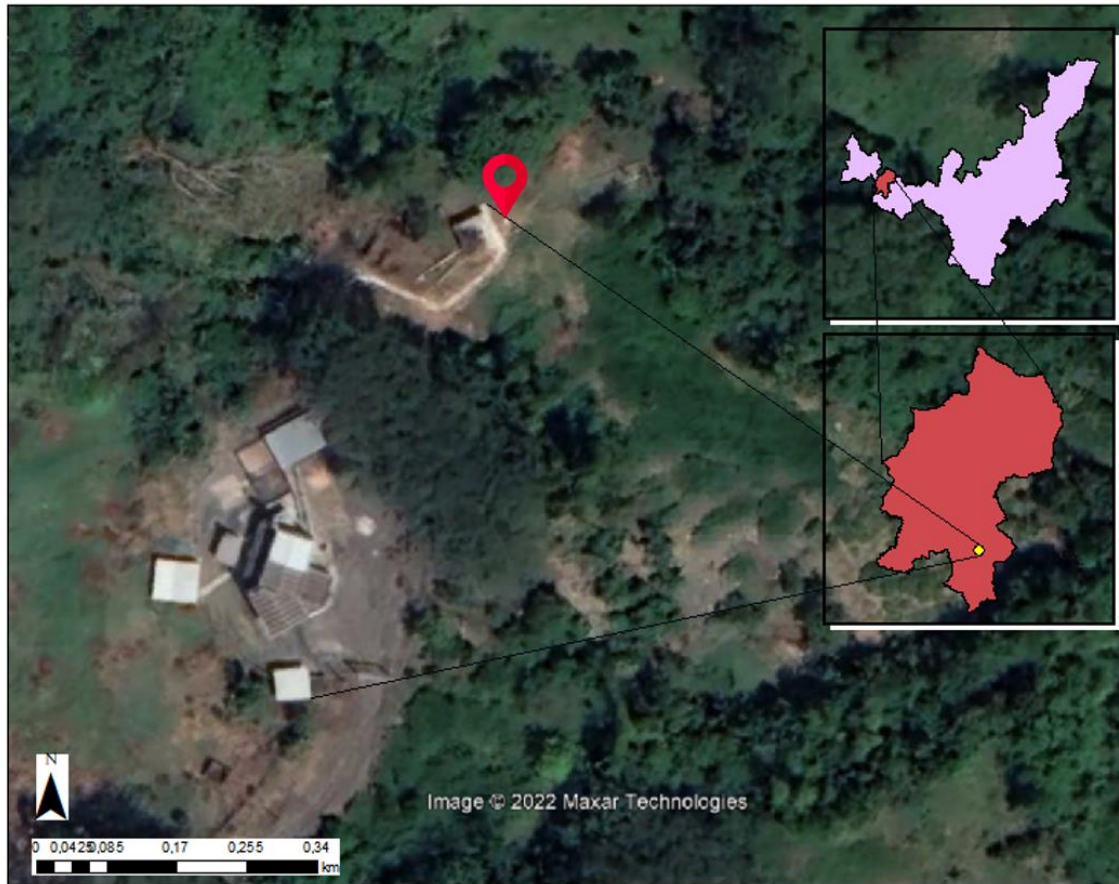
VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS PBA DEL MUNICIPIO DE OTANCHE.

Tabla 1. Vertimientos identificados perímetro urbano - Paipa.

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Salida del sistema de tratamiento	5°39'22.2" N	74°10'40.8" O	Quebrada Tambrías	Reportado

Fuente: Corpoboyacá

Figura 3. Vertimientos identificados



 Corpoboyacá <small>logos en energía para la sostenibilidad</small>	<p>Seguimiento e identificación de sujetos Pasivos en el marco de la Tasa retributiva en la cuenca del río Minero.</p> <p>TRÁMITE: Informe visita PBA MUNICIPIO: Otanche</p> <p>ELABORÓ: Nicolás Mojica Fonseca</p>	<p>CONVENCIONES</p> <p> Otanche</p> <p> Boyacá</p> <p> Salida del ST</p>	<p>Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Origen Unico Nacional</p> <p>Escala 1:7.000</p>
---	--	---	--

Fuente: Corpoboyacá

En el lugar, durante la visita se realizó la verificación que actualmente la PBA se encuentra activa. Según las indicaciones del ingeniero Yeison trabajan 4 horas al día los 30 días del mes los 12 meses del año y tienen una producción de 150 reses al mes. En cuanto a las aguas residuales generadas, la PBA posee un solo vertimiento y como tratamiento posee un pretratamiento mediante un pozo séptico. La descarga va dirigida a la Quebrada Tambrías en el municipio de Otanche. En el momento de la visita, se facilitó a CORPOBOYACÁ una caracterización de vertimiento realizada por el municipio a la PBA.

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Fotografías: Planta de tratamiento de aguas residuales, municipio Pauna.



Fuente: Corpoboyacá

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DEL MUNICIPIO DE OTANCHE.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

El municipio de Otanche mediante contrato con la empresa AP SERVICIOS AMBIENTALES SAS realizó la caracterización del agua residual no doméstica de la planta de beneficio animal el día 23 de febrero de 2021. Los puntos de muestreo corresponden a la entrada y salida del sistema de tratamiento; donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 4. Caracterización de agua residual de la PBA del municipio de Otanche.

PARAMETRO	UNIDAD	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	RES. 631 de 2015. ART 9. Vertimiento ARnD a Fuentes Superficiales de Actividades de Beneficio de Ganadería
ACEITES Y GRASAS	mg/L	124	5,6	30,00
ACIDEZ TOTAL	mg/L	157	118	Análisis y Reporte
ALCALINIDAD	mg/L CaCO3	853	1103	Análisis y Reporte
CLORUROS	mg Cl-/L	125	109	600,00
COLOR REAL	U Pt-Co	1503	1629	Análisis y Reporte
DBO5	mg/L O2	2854	2185	450
DQO	mg/L O2	4331	3444	800
DUREZA CALCICA	mg CaCO3/L	40	114	Análisis y Reporte
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	41	131	Análisis y Reporte
FOSFORO TOTAL	mg P/L	16,0	19,4	Análisis y Reporte
NITRATOS	mg NO3-N/L	1,790	0,831	Análisis y Reporte
NITRÓGENO AMONIAICAL	mg N-NH3/L	204,16	206,46	Análisis y Reporte
NITROGENO TOTAL KJENDAHL	mg/L N	207,4	210,2	Análisis y Reporte
NITRITOS	mg N-NO2/L	<0,04	<0,04	Análisis y Reporte
ORTOFOSFATOS	mg P-PO4/L	5,22	14,42	Análisis y Reporte
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L -h	21,0	8,0	5,00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	980	390	225,00
SULFATOS	mg/L SO4 ²⁻	<13	<13	500,00
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	Análisis y Reporte

Fuente: Municipio de Otanche.

Los resultados del análisis de la calidad del agua residual no doméstica, mostraron estar por encima del límite permisible establecidos en la resolución 631 de 2015 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones” lo que demuestra que no se realiza el respectivo mantenimiento al sistema de tratamiento del agua residual, de tal manera que origina impactos negativos al recurso hídrico.

4. CONCEPTO DE VISITA

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

En el marco del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare-Minero, el operador de la planta de beneficio animal del municipio de Otanche, debe presentar una propuesta de meta individual y/o grupal de carga contaminante con la debida justificación técnica en los tiempos establecidos por la Corporación, la cual debe estar encaminada al tratamiento y disposición final del agua residual generada por el sacrificio animal.

Conforme con lo dispuesto en la normatividad ambiental vigente y en particular en el Artículo 2.2.3.3.5.1. del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, requiere Permiso de Vertimientos “*toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo*”, por esta razón, y sin perjuicio de las sanciones de carácter ambiental a que haya lugar, el operador de la planta de beneficio animal del municipio de Otanche debe dar inicio a la solicitud del trámite de Permiso de Vertimientos, esto teniendo en cuenta que en el Derecho de Aguas colombiano se encuentra prohibido realizar vertimientos a cuerpos de agua o al suelo sin la previa obtención del permiso por parte de la autoridad ambiental competente.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista	U i ä ä a/A{ ä[06/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista	U i ä ä a/A{ ä[06/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista	U i ä ä a/A{ ä[06/05/2022

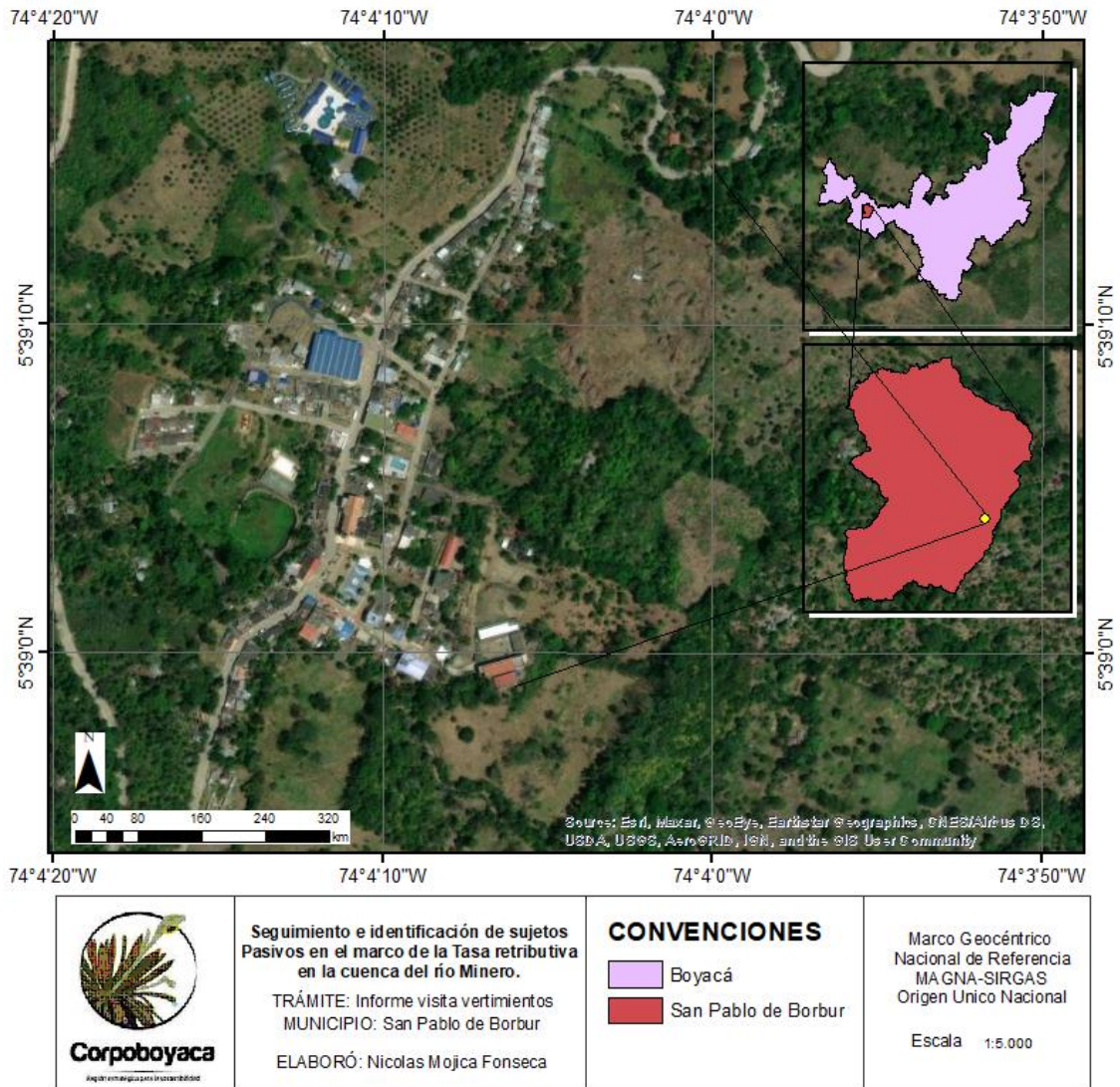
PROYECTO CALIDAD HÍDRICA

INFORME TÉCNICO DE VISITA MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR – 04/04/2022

1. INFORMACIÓN GENERAL.	
TÍTULO CONCEPTO:	Informe técnico de visita al municipio de San Pablo de Borbur.
INTERESADO:	Municipio de San Pablo de Borbur
FECHA DE VISITA:	04/04/2022
EXPEDIENTE No:	PROCESOS - Proceso de metas de carga contaminante río Carare-Minero

1. ANTECEDENTES
<p>Resolución 2554 del 22 de diciembre de 2021 “Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad a lograr en la corriente principal y afluentes de la cuenca del río Minero a mediano plazo (2027) y largo plazo (2037)”.</p> <p>Mediante delegación dada por la subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental, por parte del grupo de Calidad Hídrica se encarga a los profesionales contratistas Flor Yazmín Fuentes, Sandra Milena Torres y Nicolas Mojica Fonseca, para realizar visita de seguimiento e identificación de sujetos pasivos al municipio de San Pablo de Borbur en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. La visita se realizó el día 04 de abril del 2022, en compañía del Ingeniero Yeferson Esty Bustos.</p>
2. ALCANCES
<p>- Verificar el uso del recurso hídrico, el número de vertimientos y la fuente receptora de los mismos generados por el municipio.</p>
3. ASPECTOS AMBIENTALES Y TÉCNICOS
<p><u>3.1. Localización General.</u></p> <p>El municipio de San Pablo de Borbur se encuentra sobre las coordenadas 5°39'2.48"N y 74° 4'10.73"O a una altura media de 830 m.s.n.m. en el occidente del departamento de Boyacá.</p> <p>En la siguiente imagen, se representa la ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur.</p>

Figura 1. Ubicación del Municipio de San Pablo de Borbur



Fuente: Cartografía Base de Corpoboyacá - SIAT, 2022.

3.2. Aspectos Técnicos – Sitio Inspeccionado:

Con la participación del representante de la unidad de servicios públicos del municipio de San Pablo de Borbur el Ingeniero Yeferson Esty Bustos, se realizó la visita para el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco del cobro de la tasa retributiva en la cuenca del río Minero. De acuerdo a la revisión de las bases de datos de la Corporación y documentos como el PSMV del municipio, San Pablo de Borbur posee dos puntos de vertimientos. Durante la visita se verifica que el municipio posee dos puntos de vertimientos, el primero vierte a una Quebrada de nombre N.N y el segundo vierte al suelo.

VERTIMIENTOS IDENTIFICADOS DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR

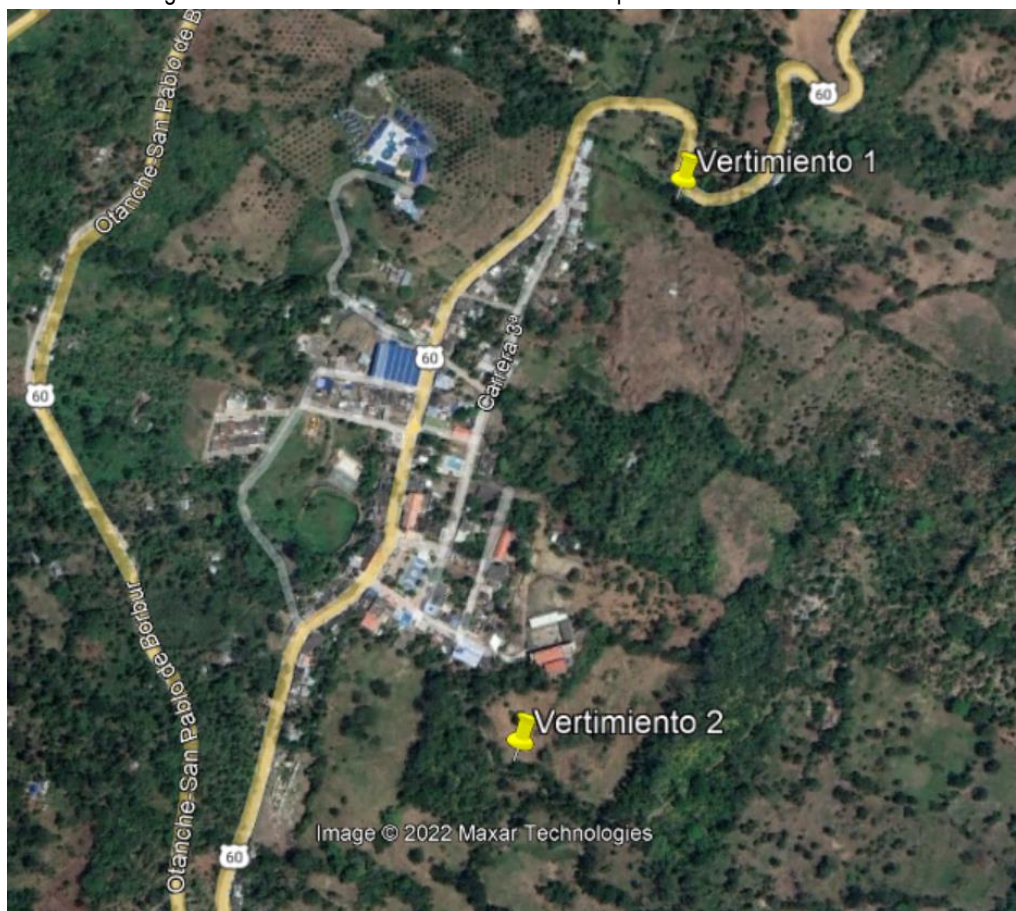
Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Tabla 1. Vertimientos identificados en el municipio de San Pablo de Borbur.

COORDENADAS				
DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD	FUENTE RECEPTORA	TIPO
Vertimiento 1 - Barrio La "Y"	5°39'14.5" N	74°4'2.0" O	Quebrada N.N	Reportado
Vertimiento 2	5°38'56.1" N	74°4'7.5" O	Suelo	Reportado

Fuente: Corpoboyacá

Figura 2 . Vertimientos identificados en el municipio de San Pablo de Borbur.



Fuente: Google Earth

En el lugar, durante la visita se realizó el seguimiento e identificación de sujetos pasivos en el marco de las actividades previas al inicio del proceso para el establecimiento de las metas de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero. Según las indicaciones del ingeniero Yeferson los dos vertimientos que posee el municipio se reparten de la siguiente manera. El Vertimiento 1 - Barrio La "Y" descarga sus aguas sin ningún tipo de tratamiento a la Quebrada N.N y tiene una cobertura del 5% del casco urbano. En cuanto al Vertimiento 2, éste vierte sus aguas al suelo y tiene una cobertura del 95% del casco urbano. Para este último, el ingeniero Yeferson manifiesta que tiene aportes de agua provenientes de nacederos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO:

Vertimiento 1 - Barrio La "Y"



Fuente: Corpoboyacá

Vertimiento 2



Fuente: Corpoboyacá

4. CONCLUSIONES DE LA VISITA

Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

Durante la visita de inspección se identificaron 2 vertimientos los cuales no cuentan con tratamiento previo a la disposición final, por tanto, durante el proceso de consulta para el establecimiento de la meta de carga contaminante en la cuenca del río Carare - Minero para el quinquenio (2023 - 2027) el prestador del servicio de alcantarillado deberá presentar una propuesta de meta de carga contaminante con el propósito de disminuir la carga contaminante vertida a las fuentes hídricas, asimismo se proyecte la eliminación de los puntos de vertimiento durante la vigencia del quinquenio.

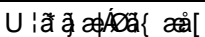
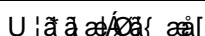
De otra parte, en cuanto a la formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV el prestador del servicio de alcantarillado del municipio de San Pablo de Borbur debe articular la propuesta de meta de carga contaminante para el quinquenio 2023 - 2027 con las actividades del plan de acción y financiero del PSMV.

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de San Pablo de Borbur o quien haga las veces del prestador de servicios públicos domiciliarios debe realizar mantenimiento sobre la fuente receptora, especialmente donde están ubicados los vertimientos.

El prestador del servicio de alcantarillado del perímetro urbano del municipio de San Pablo de Borbur, debe informar a la Corporación la existencia de nuevos vertimientos y la eliminación de los mismos.

El prestador del servicio de alcantarillado del municipio de San Pablo de Borbur estará obligado al pago de tasa retributiva, acorde con lo estipulado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 Capítulo 7, artículo 2.2.9.7.2.4., previa liquidación y facturación realizada por la Corporación.

5. ELABORÓ

NOMBRE	CARGO-ROL	FIRMA	FECHA
FLOR YAZMIN FUENTES C.	Profesional contratista		05/05/2022
SANDRA MILENA TORRES	Profesional contratista		05/05/2022
NICOLAS MOJICA FONSECA	Profesional contratista		05/05/2022