PORH
CARARE MINERO
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

CONSORCIO PORH BOYACÁ 21

CONTRATO DE CONSULTORÍA CCC 2021 - 479

CONSULTORÍA PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO - PORH, PARA TRES UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE NIVEL UNO (I) RÍO PALENQUE, RÍO GUAQUIMAY Y RÍO NEGRO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARARE (MINERO).

PRODUCTO: DOCUMENTO FASE DE DIAGNÓSTICO

JULIO DE 2022

ÍNDICE GENERAL

1 FASE II: DIAGNOSTICO 24
1.1 CARACTERIZACIÓN INICIAL 24
1.1.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN 24
1.1.1.1 OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN 25
1.1.1.2 MARCO NORMATIVO DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN 26
1.1.1.3 METODOLOGÍA DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN 27
1.1.1.4 FASES PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH Y SU ARTICULACIÓN CON LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN 32
1.1.1.5 CONVOCATORIA 53
1.1.1.6 COVID - 19 Y PROTOCOLOS DE BIOSEGURIDAD PARA EL PROCESO PARTICIPATIVO 55
1.1.1.7 ACTIVIDADES TRANSVERSALES DURANTE TODO EL PROCESO PARTICIPATIVO 56
1.1.1.8 ESTRATEGIA DE MEDIOS DE COMUNICACIÓN 57
1.1.1.9 SEGUIMIENTO A LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN 58
1.1.2 DEFINICIÓN DE TRAMOS O SECTORES DE ANÁLISIS 63
1.1.2.1 HIDROLOGÍA 64
1.1.2.2 HIDRÁULICA 70
1.1.2.3 ECOLOGÍA 73
1.1.2.4 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA 73
1.1.2.5 USOS Y USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO 76
1.1.2.6 PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS 90
1.1.2.7 CALIDAD DEL AGUA 92
1.1.2.8 TRAMOS DEFINIDOS POR UNIDAD DE ANÁLISIS 99
1.1.3 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA 112
1.1.3.1 PROTOCOLO DE MODELACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA 112
1.2 TRABAJO DE CAMPO 171
1.2.1 CENSO DE USUARIOS Y CONSOLIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN (INVENTARIO DE USUARIOS) 171
1.2.1.1 OBJETIVO Y ALCANCE 173
1.2.1.2 METODOLOGÍA 173

1.2.1.3 FASE I. ACTIVIDADES PRELIMINARES 174
1.2.1.4 FASE II. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 175
1.2.1.5 FASE III. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 175
1.2.1.6 EJECUCIÓN CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO 175
1.2.2 DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO 176
1.2.2.1 DISEÑO PLAN DE MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE NIVEL UNO (1), RÍO GUAQUIMAY, RÍO NEGRO Y RÍO PALENQUE, EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARARE (MINERO). 176
1.2.2.2 EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE NIVEL UNO (1), RÍO GUAQUIMAY, RÍO NEGRO Y RÍO PALENQUE, EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARARE (MINERO) 218
1.3 CONSTRUCCIÓN DE LÍNEA BASE 219
1.3.1 CONSOLIDACIÓN DE USOS EXISTENTES DEL RECURSO HÍDRICO 219
1.3.1.1 USOS ACTUALES DEL RÍO GUAQUIMAY 220
1.3.1.2 USOS ACTUALES DE RÍO NEGRO 235
1.3.1.3 USOS ACTUALES DEL RÍO PALENQUE 260
1.3.2 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA TOTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE E INDICADORES DE ESTADO 295
1.3.2.1 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO 295
1.3.2.2 ESTUDIO MORFOMÉTRICO 370
1.3.2.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO 390
1.3.3 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA DEL ACUÍFERO E INTERACCIONES CON AGUAS SUPERFICIALES 451
1.3.3.1 MARCO HIDROGEOLÓGICO REGIONAL 451
1.3.3.2 MARCO HIDROGEOLÓGICO LOCAL 453
1.3.3.3 CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA 453
1.3.3.4 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUBTERRÁNEA 470
1.3.4 ELABORACIÓN DE PERFILES DE CALIDAD ACTUAL DE CADA CUERPO DE AGUA. 471
1.3.4.1 Potencial de Hidrógeno (pH). 472
1.3.4.2 Conductividad Eléctrica (us/cm). 475
1.3.4.3 Oxígeno Disuelto – OD (mg/L). 477
1.3.4.4 Temperatura del Agua (°C). 481
1.3.4.5 Alcalinidad (mg $CaCO_3$/l). 483

1.3.4.6 Dureza Total (mg $CaCO_3$/l). 486
1.3.4.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO_5 (mg O_2/L). 489
1.3.4.8 Demanda Química de Oxígeno – DQO (mg O_2/L). 492
1.3.4.9 Sólidos Suspendidos Totales – SST (mg/L) 495
1.3.4.10 Sólidos Sedimentables - SS (mL/L). 498
1.3.4.11 Turbidez (NTU). 501
1.3.4.12 Nitrógeno Total (mg/L). 503
1.3.4.13 Nitrógeno Amoniacal (mg/L). 506
1.3.4.14 Nitritos (mg N-NO2/L). 508
1.3.4.15 Nitratos (mg N-NO3/L). 511
1.3.4.16 Fósforo Total – PT (mg/L). 514
1.3.4.17 Ortofosfatos (mg P-PO4/L). 517
1.3.4.18 Grasas y Aceites (mg/L). 520
1.3.4.19 Detergentes (mg/L). 523
1.3.4.20 Fenoles (mg/L). 526
1.3.4.21 Hidrocarburos (mg HCT / L). 529
1.3.4.22 Arsénico – AS (mg/L). 532
1.3.4.23 Bario – Ba (mg/L). 535
1.3.4.24 Cadmio – Cd (mg/L). 538
1.3.4.25 Zinc - Zn (mg/L). 541
1.3.4.26 Cobre – Cu (mg/L). 544
1.3.4.27 Cromo Total – Cr (mg/L). 547
1.3.4.28 Hierro – Fe (mg/L). 550
1.3.4.29 Manganeso – Mn (mg/L) 553
1.3.4.30 Mercurio – Hg (mg/L). 556
1.3.4.31 Níquel – Ni (mg/L). 559
1.3.4.32 Plomo – Pb (mg/L) 562
1.3.4.33 Selenio – Se (mg/L). 565
1.3.4.34 Vanadio – Va (mg/L). 568
1.3.4.35 Cianuro -Cn (mg/L). 571
1.3.4.36 Cloruros (mg/L). 574
1.3.4.37 Sulfatos (mg/L). 577

1.3.4.38 Calcio – Ca (mg/L). 580
1.3.4.39 Magnesio - Mg (mg/L). 583
1.3.4.40 Sodio – Na (mg/L). 586
1.3.4.41 Coliformes termotolerantes (NMP / 100 mL). 589
1.3.4.42 Coliformes Totales (NMP / 100 mL). 592
1.3.4.43 E.Coli (NMP / 100 mL). 595
1.3.5 ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA E HIDROBIOLÓGICA 598
1.3.5.1 Índice de Calidad del Agua (ICA) a partir de variables fisicoquímicas. 598
1.3.5.2 Índices de Contaminación (ICOs). 607
1.3.5.3 Índices de Calidad hidrobiológica 622
1.3.5.4 Análisis de resultados del Índice de Calidad del agua (ICA) e Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico (IPPH). 645
1.3.5.5 Conclusiones 651
1.3.6 DETERMINACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE. 652
1.3.7 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS ACTUALES 674
1.3.7.1 Usos del recurso hídrico de acuerdo con el censo de usuarios 675
1.3.7.2 Usos del recurso hídrico de acuerdo con los expedientes existentes 684
1.3.7.3 Consolidado de los usos del recurso hídrico 688
1.3.8 ESTUDIO DE LA DEMANDA DE AGUA 701
1.3.8.1 LEVANTAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 701
1.3.8.2 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 701
1.3.8.3 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA 702
1.3.8.4 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE USUARIOS CENSADOS 702
1.3.8.5 DEMANDA CONCESIONADA 711
1.3.8.6 ESPACIALIZACIÓN DE LA DEMANDA TOTAL 719
1.3.9 ESTIMACIÓN DE PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL 730
1.3.9.1 ÍNDICE DE USO DEL AGUA (IUA) 730
1.3.9.2 RESULTADOS IUA 731
1.3.10 ESTIMACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS ASOCIADOS AL ESTADO Y PRESIÓN ACTUAL SOBRE EL RECURSO HÍDRICO 735
1.3.10.1 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH) 735
1.3.10.2 ESTIMACIÓN DE RIESGOS ICA- IPPH 739

1.3.11 ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS Y CONFLICTOS DERIVADOS DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO 755

1.3.11.1 PROBLEMÁTICAS Y CONFLICTOS POR UNIDAD 755

1.3.11.2 REVISIÓN DE LAS PETICIONES, DENUNCIAS, QUEJAS, RECLAMACIONES Y SOLICITUDES DE LA CAR 757

1.3.11.3 CONFLICTOS POR EL AGUA IDENTIFICADOS EN LA FORMULACIÓN DEL PORH. 762

1.3.11.4 PROBLEMÁTICAS Y CONFLICTOS POR TRAMO 772

2 BIBLIOGRAFÍA 787

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso metodológico de la Estrategia de Participación 28
Figura 2 Ejes metodológicos de la estrategia de participación 30
Figura 3 Articulación de la Estrategia de Participación y las fases del PORH 33
Figura 4 Ejemplo del ejercicio de lluvia de ideas 35
Figura 5 Ejemplo de mapa de actores PORH 42
Figura 6 Ejemplo del ejercicio para el diagnóstico participativo 43
Figura 7 Ejemplo de ejercicio de identificación de conflictos y problemáticas. 44
Figura 8 Protocolo de relacionamiento PORH 46
Figura 9 Ejemplo del ejercicio para la construcción colectiva de usos actuales y potenciales del RH 50
Figura 10 Ejemplo del ejercicio para la construcción de planes y proyectos 52
Figura 11 Medios de convocatoria a implementar 54
Figura 12 Aspectos por evaluar a partir del seguimiento a la estrategia de participación 58
Figura 13 Matriz evaluación de indicadores 63
Figura 14 Principales tributarios Río Guaquimay 67
Figura 15 Principales tributarios Río Negro 68
Figura 16 Principales tributarios Río Palenque 69
Figura 17 Perfiles longitudinales 71
Figura 18 Cambios significativos de pendiente y elementos de barrera 72
Figura 19 Localización de infraestructuras hidráulicas 75
Figura 20 Demanda hídrica POMCA Carare (Minero) 77
Figura 21 Demanda hídrica concesiones actuales 82
Figura 22 Expedientes de concesiones de agua autoridad ambiental 83
Figura 23 Captaciones de agua identificadas en el censo de usuarios. 85
Figura 24 Usos y coberturas del suelo 89
Figura 25 Vertimientos identificados en el censo de usuarios 91
Figura 26 Red de monitoreo PORH 95
Figura 27 Objetivos de calidad resolución 3436 de 2009 98
Figura 28 Localización tramos y sectores de análisis río Guaquimay 103
Figura 29 Perfiles tramos de análisis río Guaquimay 104
Figura 30 Localización tramos y sectores de análisis río Negro 106
Figura 31 Perfil tramos de análisis río Negro 107
Figura 32 Perfil tramos de análisis río Negro (Continuación) 108
Figura 33 Localización tramos y sectores de análisis río Palenque y Villamizar 110
Figura 34 Perfil tramos de análisis río Palenque 111
Figura 35 Perfil tramos de análisis río Palenque (Continuación) 112
Figura 36 Protocolo de modelación de la calidad del agua 113
Figura 37 Captaciones reportadas en el POMCA de la Cuenca del Río Carare Minero 123
Figura 38 Localización puntos de monitoreo. 125
Figura 39 ICA 2016 época de poca lluvia 6 variables 127
Figura 40 Objetivos de calidad resolución 3436 de 2009 133

Figura 41 Red de monitoreo Prediseñada 136
Figura 42 Malla x,t para la interpretación numérica 140
Figura 43 Esquematización – Río Palenque y Villamizar 147
Figura 44 Esquematización – Río Guaquimay 147
Figura 45 Esquematización – Río Negro 148
Figura 46 Localización de esquematización de Río Palenque. 149
Figura 47 Localización de esquematización de Río Guaquimay. 150
Figura 48 Localización de esquematización de Río Negro. 151
Figura 49 Esquema conceptual – proceso de calidad de agua 156
Figura 50 Variabilidad de la precipitación total anual (mm) en el periodo de 1985 - 2014 de la cuenca del Río Carare 158
Figura 51 Esquema modelo qual2kw para un río con tributarios representados como vertimientos puntuales 163
Figura 52 Variabilidad anual de la precipitación en (mm), en el periodo 1985-2014 para cuenca del río Carare Minero 178
Figura 53 Distribución espacial de la precipitación en la Cuenca del Río Carare Minero 179
Figura 54 Resultados del ICA para época de Alta precipitación, POMCA Río Carare Minero. 181
Figura 55 Resultados del ICA para época de Baja precipitación, POMCA Río Carare Minero. 182
Figura 56 Resultados del IACAL para caudal medio, POMCA Río Carare Minero. 184
Figura 57 Resultados del IACAL para caudal seco, POMCA Río Carare Minero. 185
Figura 58 Método de aforo de caudal área – velocidad (molinete hidrométrico) 190
Figura 59 Equipos de trabajo en campo 191
Figura 60 Recomendaciones para preservación de muestras 195
Figura 61 Equipo para muestreo de macroinvertebrados 198
Figura 62 Proceso de capacitación para la toma de muestra en campo. 200
Figura 63 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay. 204
Figura 64 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Negro. 206
Figura 65 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Palenque. 209
Figura 66 Variación de la curva de respuesta a lo largo del canal 211
Figura 67 Usuarios con expedientes activos o archivados según información secundaria 221
Figura 68 Actividades del componente uso del agua registradas en los expedientes de la CAR 222
Figura 69 Identificación de usuarios nuevos en el uso del recurso hídrico 223
Figura 70 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural 224
Figura 71 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica 224
Figura 72 Consolidado general de las actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos 225
Figura 73 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural 225

Figura 74 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica 226
Figura 75 Uso Actual del Cuerpo de Agua del Río Guaquimay 227
Figura 76 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua Río Guaquimay 227
Figura 77 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua Río Guaquimay 228
Figura 78 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua Río Guaquimay 228
Figura 79 Uso Actual en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí 229
Figura 80 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí 230
Figura 81 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí 230
Figura 82 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí 231
Figura 83 Uso Actual en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí 231
Figura 84 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí 232
Figura 85 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí 232
Figura 86 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí 233
Figura 87 Uso Actual en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime 233
Figura 88 Uso Actual Abrevadero y otros en Cuerpo de Agua en municipio de Paime 234
Figura 89 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime 234
Figura 90 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua del municipio de Paime 235
Figura 91 Usuarios con expedientes activos o archivados según información secundaria 237
Figura 92 Actividades del componente uso del agua registradas en los expedientes CAR persona natural 240
Figura 93 Actividades del componente uso del agua Registradas en los expedientes CAR persona jurídica 240
Figura 94 Identificación de usuarios nuevos en el uso del recurso hídrico 241
Figura 95 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuario tipo natural 242
Figura 96 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos- persona jurídica 242
Figura 97 Consolidado general de las actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos 243
Figura 98 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural 243
Figura 99 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica 244
Figura 100 Uso actual en cuerpo de agua Río Negro 244
Figura 101 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua Río Negro 245
Figura 102 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua Río Negro 245
Figura 103 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua Río Negro 246
Figura 104 Uso actual en cuerpo de agua en el municipio de Muzo 247
Figura 105 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Muzo 247
Figura 106 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Muzo 248
Figura 107 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Muzo 248

Figura 108 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio Villagómez 249
Figura 109 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio Villagómez 249
Figura 110 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio Villagómez 250
Figura 111 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio Villagómez 250
Figura 112 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio San Cayetano 251
Figura 113 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio San Cayetano 251
Figura 114 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio San Cayetano 252
Figura 115 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio San Cayetano 252
Figura 116 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio de Paime 253
Figura 117 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime 253
Figura 118 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime 254
Figura 119 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime 254
Figura 120 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio Topaipí 255
Figura 121 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio Topaipí 256
Figura 122 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio Topaipí 256
Figura 123 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio Topaipí 257
Figura 124 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio de Tausa 257
Figura 125 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Tausa 258
Figura 126 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Tausa 258
Figura 127 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Tausa 259
Figura 128 . Usuarios con expedientes activos o archivados según información secundaria 266
Figura 129 Actividades del componente uso del agua registradas en los expedientes CAR persona natural 273
Figura 130 Identificación de usuarios nuevos en el censo para el uso del recurso hídrico 274
Figura 131 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos-persona natural 275
Figura 132 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos- Persona jurídica 275
Figura 133 Consolidado general de las actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos 276
Figura 134 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural 276
Figura 135 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica 277
Figura 136 Usos y usuarios de agua en la cuenca del río Palenque 278
Figura 137 Usos de agua Abrevadero y Otros en la cuenca del Río Palenque 278
Figura 138 Usos de agua Agrícola en la cuenca del Río Palenque 279
Figura 139 Usos de agua Doméstico en la cuenca del Río Palenque 279
Figura 140 Usos y usuarios de agua en el municipio de Buenavista 280
Figura 141 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Buenavista 281
Figura 142 Usos de agua Agrícola en el municipio de Buenavista 281
Figura 143 Usos de agua Doméstico en el municipio de Buenavista 282

Figura 144 Usos y usuarios de agua en el municipio de Coper 282
Figura 145 Usos de agua de Abrevaderos en el municipio de Coper 283
Figura 146 Usos de agua Agrícola en el municipio de Coper 283
Figura 147 Usos de agua Doméstico en el municipio de Coper 284
Figura 148 Usos y usuarios de agua en el municipio de Maripí 284
Figura 149 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Maripí 285
Figura 150 Usos de agua Agrícola en el municipio de Maripí 285
Figura 151 Usos de agua Doméstico en el municipio de Maripí 286
Figura 152 Usos y usuarios de agua en el municipio de Muzo 287
Figura 153 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Muzo 287
Figura 154 Usos de agua Agrícola en el municipio de Muzo 288
Figura 155 Usos de agua Doméstico en el municipio de Muzo 288
Figura 156 Usos de agua en el municipio de San Cayetano 289
Figura 157 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de San Cayetano 290
Figura 158 Usos de agua Agrícola en el municipio de San Cayetano 290
Figura 159 Usos de agua Doméstico en el municipio de San Cayetano 291
Figura 160 Usos y usuarios de agua actual en el Municipio de Paime 291
Figura 161 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Paime 292
Figura 162 Usos de agua Agrícola en el municipio Paime 292
Figura 163 Usos de agua Doméstico en el municipio de Paime 293
Figura 164 Usos y usuarios de agua en el Municipio Carmen de Carupa 293
Figura 165 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio Carmen de Carupa 294
Figura 166 Usos de agua Agrícola en el municipio Carmen de Carupa 294
Figura 167 Usos de agua Doméstico en el municipio Carmen de Carupa 295
Figura 168 Definición del tamaño del buffer. 296
Figura 169 Continuidad de los datos parámetro de Precipitación. 316
Figura 170 Continuidad de los datos parámetro de Temperatura media. 318
Figura 171 Continuidad de los datos parámetro de Humedad Relativa. 319
Figura 172 Continuidad de los datos parámetro de Brillo Solar. 320
Figura 173 Red meteorológica preseleccionada según continuidad temporal. 322
Figura 174 Localización de estaciones seleccionadas para el análisis ventada de tiempo 1991 – 2020. 343
Figura 175 Precipitación media mensual multianual (mm). 345
Figura 176 Precipitación anual (mm). 346
Figura 177 Índice oceánico de El Niño (ONI) mensual. Ventana 1990-2020. 347
Figura 178 Variación espacial de la precipitación media anual (mm). 348
Figura 179 Variación espacial de la precipitación media mensual (mm). 349
Figura 180 Temperatura media mensual (°C). 352
Figura 181 Temperatura media anual (°C). 353
Figura 182 Variación espacial de la Temperatura media anual (°C). 353
Figura 183 Variación espacial de la Temperatura media mensual (°C). 354
Figura 184 Variación espacial del brillo Solar (Horas/año) 357

Figura 185 Brillo Solar Mensual (horas). 358
Figura 186 Variación espacial de la humedad relativa (%) 359
Figura 187 Humedad Relativa mensual (%). 360
Figura 188 Variación espacial de la ETP anual (mm). 361
Figura 189 Variación espacial de la ETP media mensual (mm). 362
Figura 190 Variación espacial de la ETR anual (mm). 365
Figura 191 Variación espacial de la ETR media mensual (mm). 366
Figura 192 Clasificación climática del área de estudio 369
Figura 193 Distribución espacial de las unidades subsiguientes a las cuencas objeto de ordenación. 379
Figura 194 Tiempos de concentración del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 386
Figura 195 Curva hipsométrica de la UHN1 del Río Guaquimay. 389
Figura 196 Curva hipsométrica de la UHN1 del Río Negro. 390
Figura 197 Curva hipsométrica de la UHN1 del Río Palenque 390
Figura 198 Balance hídrico de largo plazo 392
Figura 199 Etapas de la modelación de la dinámica del agua 393
Figura 200 Descripción del modelo lluvia-escorrentía GR4J 396
Figura 201 Esquema del proceso de calibración y validación. 402
Figura 202 Localización de la estación Limnigráfica aferente a la zona de estudio. 406
Figura 203 Caudal medio mensual multianual 1991-2020 (m3/s) 409
Figura 204 Caudal medio anual (m3/s) 409
Figura 205 Balance hídrico de largo plazo (m3/s) 410
Figura 206 Esquema conceptual de la clasificación y acumulación de la oferta hídrica. 413
Figura 207 Gráficos de sensibilidad regional de parámetros modelo GR4j 414
Figura 208 Gráfica de incertidumbre modelo GR4j 415
Figura 209 Gráficos de dispersión parámetros modelo GR4j 416
Figura 210 Gráficos de identificabilidad de parámetros modelo GR4j 416
Figura 211 Resultado calibración del modelo GR4j 417
Figura 212 Resultado validación del modelo GR4j 418
Figura 213 Oferta hídrica total mensual. Condición de año hidrológico Normal (m3/s). 419
Figura 214 Oferta hídrica total mensual. Condición de año hidrológico Húmedo (m3/s). 420
Figura 215 Oferta hídrica total mensual. Condición de año hidrológico Seco (m3/s). 420
Figura 216 CDC Río Guaquimay. 433
Figura 217 CDC Río Negro. 433
Figura 218 CDC Río Palenque. 434
Figura 219 Índice de retención y regulación hídrica (IRH). 437
Figura 220 Caudal ambiental mensual multianual de las unidades UHN1 (m3/s). 438
Figura 221 Oferta hídrica disponible mensual multianual (m3/s) en las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 440
Figura 222 Índice de Aridez (IA). 450
Figura 223 Sistemas acuíferos de Colombia 452
Figura 224 Esquema Distribución Rocas y Formación de Acuíferos 454

Figura 225 Formación Rosablanca en el área de estudio. 455
Figura 226 Formación Tablazo en el área de estudio. 456
Figura 227 Formación Churuvita en el área de estudio. 457
Figura 228 Formación Conejo en el área de estudio. 458
Figura 229 Formación Arenisca Dura en el área de estudio. 459
Figura 230 Depósitos cuaternarios coluviales en el área de estudio. 460
Figura 231 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Negro 461
Figura 232 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Negro 462
Figura 233 Zonas de recarga identificadas en la unidad hidrográfica nivel I río Negro 463
Figura 234 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica I río Palenque 464
Figura 235 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Palenque 466
Figura 236 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Palenque 467
Figura 237 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Guaquimay 468
Figura 238 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Guaquimay 469
Figura 239 Elaboración de perfiles de calidad actual para los cuerpos de agua en estudio. 472
Figura 240 Perfil de pH – Río Guaquimay. 472
Figura 241 Perfil de pH – Río Negro. 473
Figura 242 Perfil de pH – Río Palenque. 474
Figura 243 Perfil de Conductividad Eléctrica – Río Guaquimay. 475
Figura 244 Perfil de Conductividad Eléctrica – Río Negro. 476
Figura 245 Perfil de Conductividad Eléctrica – Río Palenque. 477
Figura 246 Perfil de Oxígeno Disuelto – Río Guaquimay. 478
Figura 247 Perfil de Oxígeno Disuelto – Río Negro. 479
Figura 248 Perfil de Oxígeno Disuelto – Río Palenque. 480
Figura 249 Perfil de Temperatura del agua – Río Guaquimay. 481
Figura 250 Perfil de Temperatura del agua – Río Negro. 482
Figura 251 Perfil de Temperatura del agua – Río Palenque. 483
Figura 252 Perfil de Alcalinidad – Río Guaquimay. 483
Figura 253 Perfil de Alcalinidad – Río Negro. 484
Figura 254 Perfil de Alcalinidad – Río Palenque. 485
Figura 255 Perfil de Dureza Total – Río Guaquimay. 486
Figura 256 Perfil de Dureza Total – Río Negro. 487
Figura 257 Perfil de Dureza Total – Río Palenque. 488
Figura 258 Perfil de DBO_5 – Río Guaquimay. 489
Figura 259 Perfil de DBO_5 – Río Negro. 490
Figura 260 Perfil de DBO_5 – Río Palenque. 491
Figura 261 Perfil de DQO – Río Guaquimay. 492
Figura 262 Perfil de DQO – Río Negro. 493
Figura 263 Perfil de DQO – Río Palenque. 494
Figura 264 Perfil de SST– Río Guaquimay. 495
Figura 265 Perfil de SST – Río Negro. 496

Figura 266 Perfil de SST – Río Palenque. 497
Figura 267 Perfil de SS– Río Guaquimay. 498
Figura 268 Perfil de SS – Río Negro. 499
Figura 269 Perfil de SS – Río Palenque. 500
Figura 270 Perfil de Turbidez – Río Guaquimay. 501
Figura 271 Perfil de Turbidez – Río Negro. 502
Figura 272 Perfil de Turbidez – Río Palenque. 502
Figura 273 Perfil de Nitrógeno Total – Río Guaquimay. 503
Figura 274 Perfil de Nitrógeno Total – Río Negro. 504
Figura 275 Perfil de Nitrógeno Total – Río Palenque. 505
Figura 276 Perfil de Nitrógeno Amoniacal – Río Guaquimay. 506
Figura 277 Perfil de Nitrógeno Amoniacal – Río Negro. 507
Figura 278 Perfil de Nitrógeno Amoniacal – Río Palenque. 507
Figura 279 Perfil de Nitritos – Río Guaquimay. 508
Figura 280 Perfil de Nitritos – Río Negro. 509
Figura 281 Perfil de Nitritos – Río Palenque. 510
Figura 282 Perfil de Nitratos – Río Guaquimay. 511
Figura 283 Perfil de Nitratos – Río Negro. 512
Figura 284 Perfil de Nitratos – Río Palenque. 513
Figura 285 Perfil de Fósforo Total – Río Guaquimay. 514
Figura 286 Perfil de Fósforo Total – Río Negro. 515
Figura 287 Perfil de Fósforo Total – Río Palenque. 516
Figura 288 Perfil de Ortofosfatos – Río Guaquimay. 517
Figura 289 Perfil de Ortofosfatos – Río Negro. 518
Figura 290 Perfil de Ortofosfatos – Río Palenque. 519
Figura 291 Perfil de Grasas y Aceites – Río Guaquimay. 520
Figura 292 Perfil de Grasas y Aceites – Río Negro. 521
Figura 293 Perfil de Grasas y Aceites – Río Palenque. 522
Figura 294 Perfil de Detergentes – Río Guaquimay. 523
Figura 295 Perfil de Detergentes – Río Negro. 524
Figura 296 Perfil de Detergentes – Río Palenque. 525
Figura 297 Perfil de Fenoles – Río Guaquimay. 526
Figura 298 Perfil de Fenoles – Río Negro. 527
Figura 299 Perfil de Fenoles – Río Palenque. 528
Figura 300 Perfil de Hidrocarburos – Río Guaquimay. 529
Figura 301 Perfil de Hidrocarburos – Río Negro. 530
Figura 302 Perfil de Hidrocarburos – Río Palenque. 531
Figura 303 Perfil de Arsénico – Río Guaquimay. 532
Figura 304 Perfil de Arsénico – Río Negro. 533
Figura 305 Perfil de Arsénico – Río Palenque. 534
Figura 306 Perfil de Bario – Río Guaquimay. 535
Figura 307 Perfil de Bario – Río Negro. 536

Figura 308 Perfil de Bario – Río Palenque. 537
Figura 309 Perfil de Cadmio – Río Guaquimay. 538
Figura 310 Perfil de Cadmio – Río Negro. 539
Figura 311 Perfil de Cadmio – Río Palenque. 540
Figura 312 Perfil de Zinc – Río Guaquimay. 541
Figura 313 Perfil de Zinc – Río Negro. 542
Figura 314 Perfil de Zinc – Río Palenque. 543
Figura 315 Perfil de Cobre – Río Guaquimay. 544
Figura 316 Perfil de Cobre – Río Negro. 545
Figura 317 Perfil de Cobre – Río Palenque. 546
Figura 318 Perfil de Cromo total – Río Guaquimay. 547
Figura 319 Perfil de Cromo total – Río Negro. 548
Figura 320 Perfil de Cromo total – Río Palenque. 549
Figura 321 Perfil de Hierro – Río Guaquimay. 550
Figura 322 Perfil de Hierro – Río Negro. 551
Figura 323 Perfil de Hierro – Río Palenque. 552
Figura 324 Perfil de Manganeso – Río Guaquimay. 553
Figura 325 Perfil de Manganeso – Río Negro. 554
Figura 326 Perfil de Manganeso – Río Palenque. 555
Figura 327 Perfil de Mercurio – Río Guaquimay. 556
Figura 328 Perfil de Mercurio – Río Negro. 557
Figura 329 Perfil de Mercurio – Río Palenque. 558
Figura 330 Perfil de Níquel – Río Guaquimay. 559
Figura 331 Perfil de Níquel – Río Negro. 560
Figura 332 Perfil de Níquel – Río Palenque. 561
Figura 333 Perfil de Plomo – Río Guaquimay. 562
Figura 334 Perfil de Plomo – Río Negro. 563
Figura 335 Perfil de Plomo – Río Palenque. 564
Figura 336 Perfil de Selenio – Río Guaquimay. 565
Figura 337 Perfil de Selenio – Río Negro. 566
Figura 338 Perfil de Selenio – Río Palenque. 567
Figura 339 Perfil de Vanadio – Río Guaquimay. 568
Figura 340 Perfil de Vanadio – Río Negro. 569
Figura 341 Perfil de Vanadio – Río Palenque. 570
Figura 342 Perfil de Cianuro – Río Guaquimay. 571
Figura 343 Perfil de Cianuro – Río Negro. 572
Figura 344 Perfil de Cianuro – Río Palenque. 573
Figura 345 Perfil de Cloruros – Río Guaquimay. 574
Figura 346 Perfil de Cloruros – Río Negro. 575
Figura 347 Perfil de Cloruros – Río Palenque. 576
Figura 348 Perfil de Sulfatos – Río Guaquimay. 577
Figura 349 Perfil de Sulfatos – Río Negro. 578

Figura 350 Perfil de Sulfatos – Río Palenque. 579
Figura 351 Perfil de Calcio – Río Guaquimay. 580
Figura 352 Perfil de Calcio – Río Negro. 581
Figura 353 Perfil de Calcio – Río Palenque. 582
Figura 354 Perfil de Magnesio – Río Guaquimay. 583
Figura 355 Perfil de Magnesio – Río Negro. 584
Figura 356 Perfil de Magnesio – Río Palenque. 585
Figura 357 Perfil de Sodio – Río Guaquimay. 586
Figura 358 Perfil de Sodio – Río Negro. 587
Figura 359 Perfil de Sodio – Río Palenque. 588
Figura 360 Perfil de Coliformes Termotolerantes – Río Guaquimay. 589
Figura 361 Perfil de Coliformes Termotolerantes – Río Negro. 590
Figura 362 Perfil de Coliformes Termotolerantes – Río Palenque. 591
Figura 363 Perfil de Coliformes Totales – Río Guaquimay. 592
Figura 364 Perfil de Coliformes Totales – Río Negro. 593
Figura 365 Perfil de Coliformes Totales – Río Palenque. 594
Figura 366 Perfil de E.Coli – Río Guaquimay. 595
Figura 367 Perfil de E.Coli – Río Negro. 596
Figura 368 Perfil de E.Coli – Río Palenque. 597
Figura 369 Resultados ICA – RÍO GUAQUIMAY. 604
Figura 370 Resultados ICA – RÍO NEGRO. 605
Figura 371 Resultados ICA – RÍO PALENQUE. 606
Figura 372 Calificación del índice BMWP/Col para 52 puntos de muestreo- Época de Altas precipitaciones 626
Figura 373 Fotografías de algunas familias presentes en el área de estudio 626
Figura 374 Calificación del índice BMWP/Col para 47 puntos de muestreo en dos temporadas climáticas 631
Figura 375 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados en los 25 puntos de muestreo Época de Altas precipitaciones 635
Figura 376 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas en los 25 puntos de muestreo 637
Figura 377 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados acuáticos en los 47 puntos de muestreo 639
Figura 378 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas en los 25 puntos de muestreo 641
Figura 379 Clasificación del uso del agua para personas jurídicas de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Guaquimay 676
Figura 380 Demanda hídrica sectorial censada UHN1 (Mm3/año) 706
Figura 381 Demanda hídrica sectorial censada UHN2 (Mm3/año) 707
Figura 382 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN1 (Mm3/año). 712
Figura 383 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN2 (Mm3/año). 713
Figura 384 Demanda hídrica sectorial total (Mm3/año) 719

Figura 385 Demanda hídrica sectorial total UHN2(Mm3/año). 720
Figura 386 Demanda hídrica sector Doméstico a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 726
Figura 387 Demanda hídrica sector Agropecuario a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 726
Figura 388 Demanda hídrica sector No Especificado a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 726
Figura 389 Demanda hídrica sector Recreativo a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 727
Figura 390 Demanda hídrica sector Servicios a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 727
Figura 391 Demanda hídrica sector Construcción a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 728
Figura 392 Demanda hídrica sector Industrial a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 728
Figura 393 Demanda hídrica sector Minería a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 729
Figura 394 Demanda hídrica total a nivel espacial UHN2 (Mm3/año) 729
Figura 395 Índice de Uso del Agua (IUA) a nivel espacial UHN2 732
Figura 396 Índice de Vulnerabilidad a Desabastecimiento Hídrico (IVH) 736
Figura 397 Identificación de usos actuales del recurso hídrico por tramos para la unidad hidrográfica del Río Guaquimay 741
Figura 398 Identificación de usos actuales del recurso hídrico por tramos para la unidad hidrográfica del Río Negro. 742
Figura 399 Identificación de usos actuales del recurso hídrico por tramos para la unidad hidrográfica del Río Palenque. 743
Figura 400 Recursos afectados en las problemáticas ambientales de los municipios en jurisdicción de la CAR, río Palenque, 2021 759
Figura 401 Recursos afectados en las problemáticas ambientales de los municipios en jurisdicción de la CAR, río Negro, 2021 760
Figura 402 Recursos afectados en las problemáticas ambientales de los municipios en jurisdicción de la CAR, río Negro, 2021 761
Figura 403 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Guaquimay 776
Figura 404 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Negro 782
Figura 405 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Palenque 786

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz para la priorización de actores, PORH, 2021. 40
Tabla 2 Indicador de percepción de impacto de la estrategia de participación. 60
Tabla 3 Principales tributarios Río Guaquimay 64
Tabla 4 Principales tributarios Río Negro 64
Tabla 5 Principales tributarios Río Palenque 65
Tabla 6 Concesiones de agua autoridad ambiental 78
Tabla 7 Centros poblados 87
Tabla 8 Resumen Municipios con planes de saneamiento y manejo de vertimientos 90
Tabla 9 Puntos de monitoreo río Carare Minero 92
Tabla 10 Localización puntos de muestreo para el plan de monitoreo de calidad de agua 93
Tabla 11 Continuación 94
Tabla 12 Resumen criterios de selección tramos y sectores de análisis 100
Tabla 13 Resumen criterios de selección tramos y sectores de análisis (Continuación) 101
Tabla 14 Tramos de análisis río Guaquimay 102
Tabla 15 Tramos de análisis río Negro 105
Tabla 16 Tramos de análisis río Palenque y Villamizar 109
Tabla 17 Disponibilidad de instrumentos por municipio. 115
Tabla 18 Concesión de agua por municipio. 115
Tabla 19 Contenido de interés de EOT Paime 116
Tabla 20 Resumen de programas y proyectos EOT San Cayetano. 117
Tabla 21 Resumen de estrategias EOT Villagómez 117
Tabla 22 Estrategias del EOT para el municipio de La Victoria en el recurso hídrico. 118
Tabla 23 Estrategias del EOT para el municipio de Pauna en el recurso hídrico. 119
Tabla 24 Alternativas PTAR municipio de Muzo. 120
Tabla 25 Alternativas PTAR municipio de La Victoria. 121
Tabla 26 Demanda de agua estimada por usos. 121
Tabla 27 Usuarios del recurso hídrico 122
Tabla 28 Carga Contaminante uso doméstico y sacrificio. 124
Tabla 29 Carga Contaminante uso agrícola. 124
Tabla 30 Carga Contaminante uso pecuario. 124
Tabla 31 Valores de monitoreo 125
Tabla 32 Valores de los índices de contaminación ICOMO e ICOSUS 126
Tabla 33 Índice de calidad de agua (ICA). 127
Tabla 34 Resultados Ponderación por subcuenca. 128
Tabla 35 IACAL por Unidad Hidrográfica 129
Tabla 36 Criterios de priorización utilizados. 129
Tabla 37 Matriz de calificación para determinar el nivel de prioridad de las unidades hidrográficas de nivel. 130
Tabla 38 Puntos de monitoreo río Carare Minero 134
Tabla 39 Localización puntos de muestreo para el plan de monitoreo de calidad de agua 134
Tabla 40 Tramos de análisis – Cauce principal río Palenque y Villamizar 143

Tabla 41 Tramos de análisis – Cauce principal río Guaquimay. 144
Tabla 42 Tramos de análisis – Cauce principal río Negro. 145
Tabla 43 Tramos y sectores de análisis seleccionados por el ingreso de vertimientos 146
Tabla 44 Rango de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistemas frecuentes. 152
Tabla 45 Relación de Calidad de Agua VS porcentaje de saturación de Oxígeno. 153
Tabla 46 Calidad de Agua – Valores de DBO5. 153
Tabla 47 Calidad del Agua - DQO. 154
Tabla 48 Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a monitorear. 156
Tabla 49 Caudales estimados. 159
Tabla 50 Escenario de modelación a desarrollar dentro de la fase prospectiva del PORH para los Ríos Guaquimay, Palenque y Río Negro. 170
Tabla 51 Precipitación por subcuencas 179
Tabla 52 Resultados del ICA – POMCA Carare Minero, 2019. 183
Tabla 53 Resultados del IACAL – POMCA Carare Minero, 2019. 186
Tabla 54 Parámetros objeto de monitoreo en el PORH de las subcuencas Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 187
Tabla 55 Equipos y materiales 190
Tabla 56 Material para recolección de muestras en campo 192
Tabla 57 Evaluación visual y por medio de una escala de cinco niveles 199
Tabla 58 Cronograma actividades de capacitación 200
Tabla 59 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay. 201
Tabla 60 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Negro. 204
Tabla 61 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Palenque. 207
Tabla 62 Cronograma para visitas preliminares y pruebas de trazadores 212
Tabla 63 Cronograma propuesto para la toma de muestras en época de alta precipitación. 213
Tabla 64 Cronograma propuesto para la toma de muestras en época de baja precipitación. 215
Tabla 65 Usuarios actuales con expediente activos o archivados persona natural 220
Tabla 66 Usuarios actuales con expediente activos o archivados persona jurídica 220
Tabla 67 Evidencias de medición de caudales entre usuarios persona natural 221
Tabla 68 Evidencias de medición de caudales entre usuarios persona jurídica 222
Tabla 69 Usuarios con expedientes activos o archivados persona natural 235
Tabla 70 Usuarios con expedientes activos o archivados persona jurídica 236
Tabla 71 Usuarios actuales con permiso de vertimientos 237
Tabla 72 Evidencia medición de caudales persona natural 238
Tabla 73 Evidencia medición de caudales persona jurídica 239
Tabla 74 Usuarios con expedientes activos o archivados persona natural 260
Tabla 75 Usuarios con expedientes activos o archivados persona jurídica 265
Tabla 76 Usuarios actuales con permiso de vertimiento 266
Tabla 77 Evidencia medición de caudales personas naturales 267
Tabla 78 Evidencia medición de caudales persona jurídica 271
Tabla 79 Clasificación climática según Caldas. 307

Tabla 80 Clasificación climática según Lang 308
Tabla 81 Red meteorológica preseleccionada en aferencia a la zona de estudio. 308
Tabla 82 Porcentaje de datos en la ventana de tiempo para el parámetro de precipitación (%). 316
Tabla 83 Porcentaje de datos contenidos en la ventana de tiempo para el parámetro de temperatura media (%). 317
Tabla 84 Porcentaje de datos en la ventana de tiempo para el parámetro Humedad Relativa (%). 318
Tabla 85 Porcentaje de datos en la ventana de tiempo para el parámetro Brillo Solar (%)..... 319
Tabla 86 Análisis exploratorio variable Precipitación 323
Tabla 87 Análisis exploratorio variable Temperatura Media 330
Tabla 88 Prueba de Anderson Darling Variable Precipitación 337
Tabla 89 Prueba de Anderson Darling Variable Temperatura Media 337
Tabla 90 Estadístico de Rho Spearman Variable Precipitación 338
Tabla 91 Estadístico de Rho Spearman Variable Temperatura Media 338
Tabla 92 Análisis de homogeneidad. Parámetro Precipitación 339
Tabla 93 Análisis de homogeneidad. Parámetro Temperatura Media 339
Tabla 94 Datos atípico-detectados parámetro Precipitación 340
Tabla 95 Datos atípico detectados parámetro Temperatura Media 340
Tabla 96 Red meteorológica seleccionada en aferencia a la zona de estudio. 341
Tabla 97 Periodos de eventos de variabilidad climática según Índice oceánico de El Niño. 346
Tabla 98 Clasificación del factor de forma (Kf). 371
Tabla 99 Rangos de clasificación coeficiente de compacidad (Kc). 371
Tabla 100 Clasificación del Índice de alargamiento (Ia) 372
Tabla 101 Rangos de clasificación de la densidad de drenaje 375
Tabla 102 Rangos de clasificación del índice de sinuosidad 376
Tabla 103 Clasificación de las UHN1 de acuerdo al valor de la relación hipsométrica. 376
Tabla 104 Unidades subsiguientes a las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 377
Tabla 105 Área y perímetro Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 379
Tabla 106 Área y perímetro por unidad hidrográfica de nivel UHN2. 380
Tabla 107 Coeficiente de compacidad del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 382
Tabla 108 Coeficiente de compacidad a nivel UHN2 382
Tabla 109 Cota máxima y mínima compacidad del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 384
Tabla 110 Longitud del cauce principal del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 384
Tabla 111 Pendiente del cauce del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 385
Tabla 112 Tiempos de concentración del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 385
Tabla 113 Densidad de drenaje del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 386
Tabla 114 Densidad de corrientes del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 386
Tabla 115 Índice de sinuosidad del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 387

Tabla 116 Densidad de corrientes, densidad de drenaje e índice de sinuosidad a nivel UHN2. 387
Tabla 117 Intervalo de Confluencia de los parámetros del modelo GR4J 397
Tabla 118 Medidas de bondad de ajuste. 401
Tabla 119 Calificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH). 405
Tabla 120 Interpretación de la calificación del índice de aridez. 405
Tabla 121 Análisis exploratorio de la variable caudal medio 407
Tabla 122 Prueba de Anderson Darling Variable Precipitación 407
Tabla 123 Estadístico de Rho Spearman Variable Precipitación 408
Tabla 124 Análisis de homogeneidad. Parámetro Precipitación 408
Tabla 125 Datos atípico detectados parámetro Precipitación 408
Tabla 126 Resultados de las variables de calibración GR4J. 417
Tabla 127 Resultados de los parámetros de bondad de ajuste 418
Tabla 128 Oferta hídrica total mensual a nivel UHN2. Condición de año hidrológico Normal (m3/s). 421
Tabla 129 Oferta hídrica total mensual a nivel UHN2. Condición de año hidrológico Húmedo (m3/s). 424
Tabla 130 Oferta hídrica total mensual a nivel UHN2. Condición de año hidrológico Seco (m3/s). 428
Tabla 131 Caudales característicos de las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 432
Tabla 132 Parámetros y estimación del IRH para UHN1. 434
Tabla 133 Estimación del IRH asociado a las cuencas hidrográficas de nivel UHN2. 435
Tabla 134 Caudal ambiental mensual multianual de las unidades del Río Guaquimay, Río Negro, y Río Palenque (m3/s). 438
Tabla 135 Oferta hídrica disponible (Mm3/año) de las unidades hidrográficas de nivel UHN1 439
Tabla 136 Oferta hídrica disponible mensual multianual (m3/s) en las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque 440
Tabla 137 Relación porcentual entre la Oferta hídrica disponible respecto a la Oferta hídrica total en condición de año hidrológico normal 441
Tabla 138 Oferta hídrica disponible mensual a nivel UHN2 (m3/s) 442
Tabla 139 Oferta hídrica disponible anual a nivel UHN2 (Mm3/s). 445
Tabla 140 Parámetros y estimación del IA para UHN1. 447
Tabla 141 Estimación del Índice de Aridez (IA) asociado a las cuencas hidrográficas de nivel UHN2. 448
Tabla 142 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Negro 462
Tabla 143 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Palenque 465
Tabla 144 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Guaquimay 469
Tabla 145 Oferta hídrica subterránea 470
Tabla 146 Actividades Desarrolladas en Zonas de Recarga Subterránea 470
Tabla 147 Variables del ICA de 7 variables y su ponderación. 598

Tabla 148 Clasificación del índice de Calidad del Agua (ICA). 599
Tabla 149 Resultados del ICA. 600
Tabla 150 Clasificación ICOs. 607
Tabla 151 Resultados del Índice de Contaminación por pH – ICOpH. 607
Tabla 152 Resultados Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI). 612
Tabla 153 Resultados Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS). 615
Tabla 154 Resultados Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO). 619
Tabla 155 Índice BMWP/Col. 623
Tabla 156 Puntaje BMWP para los diferentes cuerpos de agua 623
Tabla 157 Puntaje BMWP para los diferentes cuerpos de agua 628
Tabla 158 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados acuáticos 633
Tabla 159 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas 635
Tabla 160 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados acuáticos. 638
Tabla 161 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas-Época de Bajas Precipitaciones 640
Tabla 162 Categorización e interpretación del IPPH 642
Tabla 163 Índice promedio ponderado en la campaña de lluvias. 642
Tabla 164 Índice promedio ponderado en la campaña de bajas precipitaciones. 643
Tabla 165 Análisis de resultados de Índice de Calidad del Agua e Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico primer campaña de monitoreo de altas precipitaciones. 645
Tabla 166 Comparativo ICA – IPPH segunda campaña de monitoreo de bajas precipitaciones. 648
Tabla 167 Carga contaminante estimada de DBO_5 para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1. 653
Tabla 168 Carga contaminante estimada de DBO_5 para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2. 656
Tabla 169 Carga contaminante estimada de SST para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1. 658
Tabla 170 Carga contaminante estimada de SST para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2. 660
Tabla 171 Carga contaminante estimada de DQO para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1. 661
Tabla 172 Carga contaminante estimada de DQO para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2. 664
Tabla 173 Carga contaminante estimada de NT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1. 666
Tabla 174 Carga contaminante estimada de NT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2. 668

Tabla 175 Carga contaminante estimada de PT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1. 669
Tabla 176 Carga contaminante estimada de PT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2. 672
Tabla 177 Módulos de consumo asociados al sector doméstico. 704
Tabla 178 Módulos de consumo asociados al sector hotelero. 704
Tabla 179 Módulos de consumo asociados al sector pecuario. 704
Tabla 180 Demanda hídrica sectorial censada UHN1 (Mm3/año)..... 706
Tabla 181 Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial censada UHN1(%) 706
Tabla 182 Demanda hídrica sectorial censada UHN2 (Mm3/año)..... 708
Tabla 183 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN1 (Mm3/año). 711
Tabla 184 Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial concesionada UHN1(%) .. 712
Tabla 185 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN2 (Mm3/año). 714
Tabla 186 Demanda hídrica sectorial total (Mm3/año) y Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial total UHN1 (%) 719
Tabla 187 Demanda hídrica sectorial total UHN2 (Mm3/año). 721
Tabla 188 Rangos y categorías índice de uso del agua. 731
Tabla 189 Parámetros y estimación del IUA para UHN1. 731
Tabla 190 Índice de Uso del Agua (IUA) a nivel espacial UHN2..... 733
Tabla 191 Rangos y categorías del índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH). 735
Tabla 192 Parámetros y estimación del IVH para UHN1..... 736
Tabla 193 Índice de Vulnerabilidad a Desabastecimiento Hídrico (IVH) a nivel espacial UHN2 737
Tabla 194 Clasificación de la amenaza. 739
Tabla 195 Clasificación de la vulnerabilidad. 740
Tabla 196 Clasificación del riesgo. 740
Tabla 197 Riesgo asociado a la disponibilidad del Recurso Hídrico – Campaña 1. 743
Tabla 198 Riesgo asociado a la disponibilidad del Recurso Hídrico – Campaña 2. 746
Tabla 199 Puntos de monitoreo relacionados a los tramos definidos. 749
Tabla 200 Vulnerabilidad asociada a cada tramo definido. 751
Tabla 201 riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico por tramos 753
Tabla 202 Número de quejas ambientales recepcionadas para los municipios en jurisdicción de la CAR, 2021 758
Tabla 203 Conflictos por el agua identificados en el proceso participativo y en el Censo de Usuarios del PORH por unidad hidrográfica, 2022 762
Tabla 204 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Guaquimay 773
Tabla 205 Conflicto del uso del agua por tramo, Río Negro 777
Tabla 206 Conflicto del uso del agua por tramo, Río Palenque 782

1 FASE II: DIAGNOSTICO

1.1 CARACTERIZACIÓN INICIAL

1.1.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN

La Guía de Ordenamiento del Recurso Hídrico (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], 2018), refiere que la participación de los actores relevantes y representativos del territorio son valiosos para la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH); por consiguiente, para lograr obtener una participación eficiente, desde Corpoboyacá, la CAR y el equipo consultor, se apunta al diseño y ejecución de la estrategia de participación y comunicación ciudadana con pobladores, líderes y habitantes de las tres (3) unidades hidrográficas, a través de la articulación con profesionales y técnicos para el reconocimiento de los territorios, por medio del intercambio de información, reconocimiento de conflictos y demás elementos relacionados al uso y calidad de los cuerpos de agua.

Dada la estrecha relación que existe entre los seres humanos y la interacción con la naturaleza, siendo entendidos como un sistema que se retroalimenta e interactúa constantemente, se considera el recurso hídrico como un patrimonio natural y cultural de "propiedad común", abundante y accesible gracias a sus ríos y quebradas que permiten generar dinámicas propias de la relación entre los cuerpos de agua, sus ecosistemas, y de los procesos socio-económicos y socio-culturales de quienes lo habitan y que inciden en cada uno de ellos.

Por consiguiente, en la actualidad, y apostando al cumplimiento del principio de sostenibilidad, desde las autoridades ambientales, entes gubernamentales, instituciones públicas, privadas y actores que viven y desarrollan actividades alrededor de los tres (3) cuerpos de agua (Río Negro, Río Palenque y Río Guaquimay), se ha buscado fortalecer la relación de aquellas comunidades que interactúan con el agua y sus ecosistemas asociados, pensando en cubrir las necesidades existentes de supervivencia, sin afectar a las futuras generaciones, adaptándose a sus características sociales, culturales y ambientales.

Identificando así, que los municipios de Buenavista, Caldas, Carmen de Carupa, Copér, Maripí, Muzo, Paime, Pauna, San Cayetano, Tausa, La Victoria, Topaipí, Villa Gómez y Yacopí que confluyen con el Río Negro, Río Palenque y Río Guaquimay, y que se encuentran localizados en los Departamentos de Boyacá y Cundinamarca, también convergen un sinnúmero de intereses, visiones y cosmovisiones, reglas formales e informales y comunidades rurales, que deben ser tenidas en cuenta, analizadas y bajo estas características, trabajar en una estrategia de participación vinculante y acorde con las necesidades del instrumento.

Para el éxito en la formulación e implementación del PORH, se considera importante definir los mecanismos y acciones que permitan la participación eficiente, transparente y constante de todos los actores de cada uno de los territorios, pues la puesta en marcha de los acuerdos de uso requiere de un trabajo articulado para el cumplimiento exitoso de los objetivos de calidad y las metas de reducción de contaminantes. Entendiendo que, al realizar una integración a partir de la apropiación

social, se realiza un proceso de reconocimiento de oportunidades por parte de los actores territoriales en las decisiones y acciones para gestionar adecuadamente la riqueza natural y los servicios ecosistémicos que poseen en estos Departamentos.

Es por esto, que el presente documento está orientado en la implementación de estrategias que permita abarcar tres retos: primero, la identificación, caracterización y priorización de actores como actividad primordial en el análisis de los intereses y conflictos socioambientales asociados al recurso hídrico; segundo, que estos actores se identifiquen en el territorio, más allá del vínculo que tengan con cada municipio, reconociendo la importancia, pertinencia y necesidad de la planificación de los cuerpos de agua; y tercero, que conecten sus actividades cotidianas de subsistencia con el territorio, con su cultura y con el patrimonio hídrico presente en él.

La Estrategia de Participación para la Formulación del PORH, parte principalmente de la identificación de los actores en los tres (3) cuerpos de agua y de entender que el diálogo y la construcción participativa son procesos vitales para enriquecer, ampliar, cambiar las posturas de los actores a partir de compartir información, intereses, perspectivas, experiencias, enmarcados en el respeto y el reconocimiento de la diversidad de perspectivas con respecto a un posible conflicto de intereses con respecto a las tres unidades hidrográficas.

Finalmente, con la implementación de la estrategia de participación, se espera generar herramientas, estrategias y recomendaciones para futuros procesos de participación sobre los territorios, identificando elementos que han contribuido, desde este proceso, al fortalecimiento de la apropiación social y capacidad adaptativa de los territorios, pero también, aquellas acciones que aún deben implementarse y desarrollarse para el éxito, tanto de los objetivos planteados en la formulación del PORH para los próximos 10 años, como de las estrategias y procesos de territorio implementados por las Corporaciones.

1.1.1.1 OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN

1.1.1.1.1 Objetivo general

Generar dialogo con los actores del territorio en la Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH para las unidades hidrográficas de nivel I, ríos Palenque, Guaquimay y Negro de la subzona hidrográfica del río Carare Minero, a través de un proceso participativo y comunicativo, que permita involucrar a los actores, sus visiones, intereses y acciones, en la construcción conjunta de las fases y productos del PORH.

1.1.1.1.2 Objetivos específicos

- Diseñar estrategias metodológicas que promuevan la participación de los actores en los encuentros proyectados para el diálogo, intercambio de experiencias y conocimientos entre los diferentes actores de los cuerpos de agua, Corpoboyacá, la CAR y los profesionales del Consorcio, en todo el desarrollo de las fases del PORH.
- Realizar procesos pedagógicos y de apropiación social a los actores que hacen parte de los cuerpos de agua para que participen en las diferentes fases del PORH, según lo establecido en la Guía Técnica del 2018.

- Propiciar la participación de los actores comunitarios, autoridades, organizaciones de la sociedad civil y demás líderes interesados en el proceso, bajo el enfoque diferencial y con criterios de respeto, inclusión y apropiación social de territorio.
- Fortalecer en los actores sus capacidades para incidir en las decisiones de planificación sostenible de los recursos naturales y en especial, las asociadas al recurso hídrico de su territorio.

1.1.1.2 MARCO NORMATIVO DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN

En el presente apartado se realiza una síntesis con respecto al marco normativo orientado en la estrategia de participación para el PORH; De este modo, dentro de la normatividad vigente en Colombia se contempla inicialmente la Constitución Política de Colombia (1991), la cual en el Capítulo III, que está enfocada en los Derechos Colectivos y del Ambiente, en el Art. 79 señala que:

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, en la cual se garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importantica ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. (p. 25)

Asimismo, en el Art. 80 la Constitución refiere que "el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución" (p.25).

Por otra parte, en cuanto la Ley 99 de 1993, "Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones" establece en el Art. 3, la definición del desarrollo sostenible:

Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (párr.19). Igualmente, esta ley a través del Art.7. establece la definición de Ordenamiento Ambiental del Territorio, refiriendo que:

Se entiende por ordenamiento ambiental del territorio para los efectos previstos en la presente Ley, la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible. (párr. 83)

Por otra parte, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, expedida en el 2010 por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, tiene como objetivo general "Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente" (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Finalmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, presentó en el 2010 la participación y la equidad como el séptimo de ocho principios de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en el que relacionan: "La gestión del agua se orientará bajo un **enfoque participativo y multisectorial**, incluyendo a entidades públicas, sectores productivos y demás usuarios del recurso, y se desarrollará de forma transparente y gradual propendiendo por la equidad social" (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], 2018)

La participación en los planes de ordenamientos del recurso hídrico se ha direccionado a ejercer procesos de planificación territorial como el eje fundamental para el desarrollo sostenible. De esta manera, la normatividad actual apunta a consolidar un modelo de gestión ambiental integral participativa, que se caracteriza por (Rodriguez, & Muñoz, 2009):

- La incidencia directa de la sociedad en las regulaciones y decisiones ambientales, en especial, en las que tienen que ver con el otorgamiento de licencias, permisos o procesos sancionatorios ambientales.
- El mantenimiento de un sistema institucional abierto, que garantice la posibilidad de tener en cuenta en las decisiones finales lo que la comunidad piensa y decide sobre los proyectos.
- El reconocimiento del derecho a la participación y la existencia de diferentes mecanismos y espacios a través de los cuales las personas, la comunidad y las ONGs puedan contribuir al fortalecimiento de la gestión ambiental.

1.1.1.3 METODOLOGÍA DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN

A partir de las fases de la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico –PORH que se ejecuta a tres (3) unidades hidrográficas: río Palenque, río Guaquimay y río Negro en la Subzona Hidrográfica del Río Carare (Minero), las cuales están orientadas a dar cumplimiento a cuatro etapas: primero, Alistamiento del proceso de Ordenamiento y Declaratoria del Ordenamiento; segundo, el Diagnostico Participativo; tercero, la Identificación de los usos potenciales del agua; y cuarto, la Elaboración del PORH.

Se implementa dentro de la estrategia, la metodología de Investigación Acción Participativa (IAP), puesto que como refiere Reason y Bradbury, (2008, como se citó en Espeso, 2017), "se trata de un proceso de coaprendizaje, donde las personas afectadas por el problema de estudio y el investigador o técnico se convierten en compañeros de investigación para enfrentarse conjuntamente a una determinada situación" (p.59). Esta metodología permite que durante la interacción social con la comunidad se promueva la creación de un contexto de participación ciudadana desde la postura de agentes de cambio y no sean vistos como objetos de estudio que su único rol sea proveer información de interés para el cumplimiento de objetivos del PORH.

Figura 1 Proceso metodológico de la Estrategia de Participación

Fuente: Adaptado del Documento de Especificaciones Técnicas Detalladas para la Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico-PORH, 2021.

De este modo, esta metodología se inicia con la noción de percibir a las comunidades como agentes expertos de la situación de estudio y a los profesionales o entidades como agentes dispuestos al análisis e interpretación de la información con el fin único de contribuir en la creación conjunta de los productos del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Por consiguiente, con la implementación de la IAP se promueve el entendimiento del territorio entre las partes involucradas, se identifican las relaciones de conflicto, de poder y tensión, la capacidad y de adaptabilidad de los actores y se hace visible los niveles de apropiación social, en la búsqueda de las oportunidades y alternativas que den respuesta a los objetivos del PORH en torno a los usos de los cuerpos de agua y la focalización de inversiones para la sostenibilidad del recurso hídrico de las unidades de estudio; con el fin de genera una construción del conocimiento de la unidades hidrograficas de acuerdo a una visión sistémica de cada uno de los territorios, entendiendo que existe una conexión histórica con el agua y los recursos naturales, de los cuales se desarrollan las actividades económicas, sociales, productivas y comunitarias de estas regiones, lo que implica, de

manera directa, la puesta de acciones que permitan una interacción con los usuarios del recurso hídrico.

Por otra parte, dentro de la metodología de la estrategia de participación, se establece una articulación entre la IAP y el enfoque de Ecología de Saberes para reconocer las distintas visiones que se configuran en un territorio (las científicas, populares, ancestrales y tradicionales), entendiéndolo como "una igualdad de oportunidades a los diferentes saberes y las formas en que estos saberes fueron producidos por sus respectivos contextos, obedeciendo a las necesidades propias de los grupos humanos, de forma que se asumen como contribuciones a la construcción de "otro mundo posible" (Santos, 2009, como se citó en Rodríguez, 2017). Es a partir de la unión de estas dos metodologías que se espera fortalecer las capacidades para la apropiación de los actores orientadas a generar mecanismos de acción para la gobernanza y corresponsabilidad en la defensa del recurso hídrico de estos municipios con jurisdicción en las unidades hidrográficas, de sus ecosistemas y de sus tradiciones.

Con la implementación la IAP orientada hacia el enfoque de Ecología de Saberes, se genera espacios para la participación democrática, en donde los actores y demás grupos inmersos pueden involucrarse en actividades y procesos de toma de decisiones, a través de la construcción de una comunicación bilateral, respetuosa, eficiente y entendible para la comunidad, en donde el mensaje que se transmita por parte de los profesionales sea sencillo, de fácil comprensión y así mismo, que los comunicados que expresen los actores y comunidades sea adecuadamente recibido, comprendido y analizado por todos los involucrados, como en pro de lograr preparar a la comunidad para la toma de decisiones entorno al aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

Por consiguiente, para establecer una ejecución metodológica coherente y efectiva, se implementarán ejes metodológicos que serán el pilar para el desarrollo del proceso y los cuales se convierten en la base de todas las actividades participativas a trabajar con los actores relevantes y representativos enfocados a generar espacios para: Acercarse e informar, compartir conocimientos, dialogar, la generación de acuerdos e información pertinente.

Figura 2 Ejes metodológicos de la estrategia de participación

Fuente: Elaboración propia, 2021.

1.1.1.3.1 Acercarse e informar

El primer paso es el acercamiento a todos los actores relevantes y representativos: comunidades rurales, instituciones, entidades, organizaciones, empresas, líderes del territorio y usuarios de los recursos hídricos, para informar sobre el proyecto, sobre sus objetivos, sus productos y sus implicaciones para todos los usuarios y/o residentes de los tres (3) cuerpos de agua.

Para materializar esta actividad, dentro de los alcances técnicos del contrato se establecen 12 actividades informativas para posibilitar que la ciudadanía conozca e identifique la importancia de los PORH en el territorio. También, se plantea una actividad inicial de socialización del proyecto en cada una de las unidades hidrográficas con el fin de socializar los aspectos generales del Plan y su articulación con el ordenamiento ambiental territorial. Así mismo, se contemplan los primeros acercamientos y diligenciamiento del Registro de Usuarios del Recurso Hídrico RURH con las diferentes entidades territoriales y los usuarios de los tres cuerpos de agua.

Estos acercamientos y actividades informativas son necesarias para identificar los líderes, usuarios y demás actores involucrados dentro del territorio, para dar a conocer de manera general los alcances del proyecto y así motivar la participación de estos desde el arranque del Plan. Para todas estas actividades, se hará entrega de material divulgativo con los datos de contacto del equipo consultor y de las Corporaciones, para el fortalecimiento del ejercicio de comunicación.

1.1.1.3.2 Compartir conocimiento

Este es uno de los elementos que facilita el acceso a la información y el fortalecimiento de la comunicación: la información y avances de productos construidos no solo se limita a ser entregada en físico (tener la información a la mano) sino también se busca generar un real entendimiento y comprensión por parte de los actores, que puedan saber de qué se trata y ser capaz de analizarla, interpretarla y usarla para generar nueva información; también para la toma de decisiones y divulgación en comunidades, sectores y organizaciones. De esta forma, se fortalecen las capacidades instaladas en los territorios y se empodera a los actores sobre la importancia del cumplimiento de los acuerdos normativos para el uso del recurso hídrico, como fin último del proceso.

1.1.1.3.3 Dialogar

Los espacios de participación no tienen como objetivo sólo la discusión, sino la cimentación conjunta de acuerdos después de un ejercicio de diálogo y construcción, en el cual se puedan involucrar y priorizar los intereses comunes sobre los particulares. De este modo, para lograr que esto suceda, se hace uso de la metodología del dialogo de saberes, debido a que está orientada a "comprender, sintetizar y contextualizar el conocimiento, abordando problemáticas y necesidades que tiene la población, mediante la reflexión y discusión de los actores" (Hernández, Lamus, Carratalá, y Orozco, 2017), con el fin único de construir conocimiento desde las costumbres, experiencias y lecciones aprendidas de los actores entorno a su territorio y al uso del recurso hídrico.

Metodología que se encuentra estrechamente relacionada con las estrategias de Investigación Acción Participativa, ya que permite que se generen espacios de interacción cercana que facilite el dialogo reflexivo ante los acontecimientos, problemáticas o situaciones de su territorio entorno a la generación de aprendizajes compartidos por los actores durante el proceso de elaboración del PORH.

Por consiguiente, el dialogo se considera el pilar para la construcción del Plan de Recurso Hídrico, porque es a través de esta interacción conjunta entre los actores que se podrá denotar el surgimiento de pensamientos, ideas y propuestas colaborativas para el aprovechamiento del recurso hídrico de manera sostenible.

1.1.1.3.4 Generación de acuerdos

Se hace necesario pensar en una forma de organizar y facilitar los espacios de encuentro y de trabajo conjunto entre actores; para ello, se tendrá en cuenta los siguientes pasos:

- Hacer explícito lo que cada parte identifica como necesidad.
- Identificar, en las peticiones de las partes, las posibles alternativas de solución y el alcance de la alternativa.
- Claridad en la comunicación: No es lo mismo una queja que una petición.
- Peticiones y ofrecimientos claros.
- Importancia de decir no a lo que no se pueda desarrollar, justificando la razón por la cual no es posible.

Para llegar a la generación de acuerdos y en la toma de decisiones de manera transparente, se puede pactar que a través de los consensos se asegure la toma de decisiones objetiva. En algunos casos, a través de los consensos, el poder que ejerce una de las partes se puede ver incrementado, los debates pueden posicionar ideas en favor o en contra; una alternativa puede ser el desarrollo de pequeños grupos de trabajo, encabezadas por un facilitador neutral que recoja las posiciones a favor y en contra de las partes y los presente a votación pública.

1.1.1.3.5 Información permanente

La disponibilidad de la información y la capacidad de responder y rendir cuentas, son necesarias para una buena gobernanza. Los procesos de rendición de cuentas y los ejercicios de transparencia en la gestión del recurso hídrico, operan como mecanismos de distribución de la información desde las autoridades hacia los ciudadanos. La información, en la medida de lo posible y de la fase del proceso, debe estar en difusión, los canales de comunicación deben ser reconocidos por los actores, todas las solicitudes que se reciban deben ser contestadas y los acuerdos pactados deben ser cumplidos.

A partir de lo anterior y con la ejecución del Plan, que se elabora para un periodo de mínimo diez años, se garantizan la administración o gestión y el manejo de la cantidad u oferta hídrica, la calidad y el uso del agua, considerando aspectos como el aprovechamiento sostenible, el riesgo al desabastecimiento. Este PORH permite intervenir los cuerpos de agua, con el objeto de alcanzar y mantener las condiciones de calidad y cantidad requeridas para garantizar su funcionalidad y sostenibilidad ecosistémica y sus usos actuales y potenciales. Lo anterior, se logra a partir de la participación activa de la comunidad, quienes reconocen los cuerpos hídricos, sus potencialidades y presiones, y de los cuales han aprendido a adaptarse al ecosistema y transformar su entorno para poder vivir entorno al aprovechamiento de este recurso natural.

1.1.1.4 FASES PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH Y SU ARTICULACIÓN CON LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN

Una vez definida la implementación metodológica de la investigación Acción Participativa (IAP) desde un enfoque de Ecología de Saberes, se establece la hoja de ruta de la estrategia de participación para el PORH, en concordancia con las fases de la Guía de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018) y las especificaciones técnicas del contrato de consultoría:

Figura 3 Articulación de la Estrategia de Participación y las fases del PORH

Fuente: Adaptado del Documento Guía de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

De este modo, y dando cumplimiento a la metodología IAP, se contempla el desarrollo de encuentros de participación y de jornadas de campo, a partir de las cuales se hará la interacción de manera directa con los actores del territorio para la ejecución de cada una de las fases expuestas anteriormente.

1.1.1.4.1 Tipo de actividad: Actividades informativas

En este primer momento, se debe garantizar la participación significativa de los actores relacionados, interesados e incidentes en los procesos que se relacionen con el recurso hídrico. Por consiguiente, el objetivo principal es brindar una explicación detallada a la comunidad sobre los aspectos más relevantes del PORH, brindando información pertinente e invitando a la comunidad a la participación conjuntamente para la construcción de un proceso pensado y creado para la comunidad y por la comunidad.

A través de este escenario se realizará las 12 actividades informativas orientadas a posibilitar que la ciudadanía conozca e identifique la importancia de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico -PORH- y se empiece a situar como un actor activo dentro del proceso.

1.1.1.4.1.1 Visitas previas

El día 19 de octubre de 2021 se radicó un oficio de presentación en las alcaldías en jurisdicción del PORH, informando sobre el inicio del proceso, presentando al Consorcio, los alcances del proyecto

e invitando a la institución a hacer una participación activa en cada una de las actividades que se tienen programadas para el éxito del proyecto.

A la par con la actividad anterior, desde la consultoría se realizará un recorrido previo por los 14 municipios, con el fin de coordinar varias actividades: presentación de parte del equipo de la consultoría que está encargada de adelantar la formulación del PORH, explicación del proceso, alcances y objetivos, solicitud de información documental disponible para articular con el proyecto, recopilación de bases de datos de actores, organizaciones, sectores, instituciones y líderes con incidencia y actividades sobre los cuerpos de agua y elementos logísticos para las actividades en campo, tales como sitios de reunión, formas de contactar a los actores, emisoras y programas escuchados, dificultades y problemáticas de la región. Asimismo, se motivará a las distintas personas a participar en todo el proceso y a apoyar, desde su experticia y función, en cada una de las actividades que se tienen previstas para el proceso.

1.1.1.4.2 Fase 1 del PORH: Alistamiento institucional

En armonía con el Documento Guía de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, para esta fase se contemplan las actividades de planeación inicial, definición del cronograma de trabajo y las jornadas de socialización inicial del proyecto en cada una de las unidades hidrográficas definidas para el PORH.

Se realizó la declaración de ordenamiento de los cuerpos de agua, mediante resoluciones emitidas por Corpoboyacá y la CAR:

1.1.1.4.2.1 Tipo de actividad: seguimiento y retroalimentación. Socialización inicial del proyecto

Objetivo: Socializar el objeto del contrato, sus alcances, actividades y la estrategia de participación propuesta para el proceso, enfatizando en la forma como la comunidad podrá participar activamente en la construcción de cada una de las fases establecidas en la elaboración del PORH:

Tiempo requerido: Cuatro (4) horas por espacio de trabajo.

Total de reuniones: 6 reuniones por unidad hidrográfica de nivel I.

Materiales por utilizar: bolígrafos, marcadores, fichas de cartulina, cinta, papel bond.

Metodología:

Paso 1: Los asistentes se ubican a modo de plenaria, con el objetivo principal de socializar los alcances del proyecto y fomentar el compromiso y apropiación del proceso entre los actores.

Paso 2: Se organiza al total de los participantes en tres grupos, cada uno de estos grupos estará acompañado de una persona de la consultoría, quien guiará el desarrollo del ejercicio.

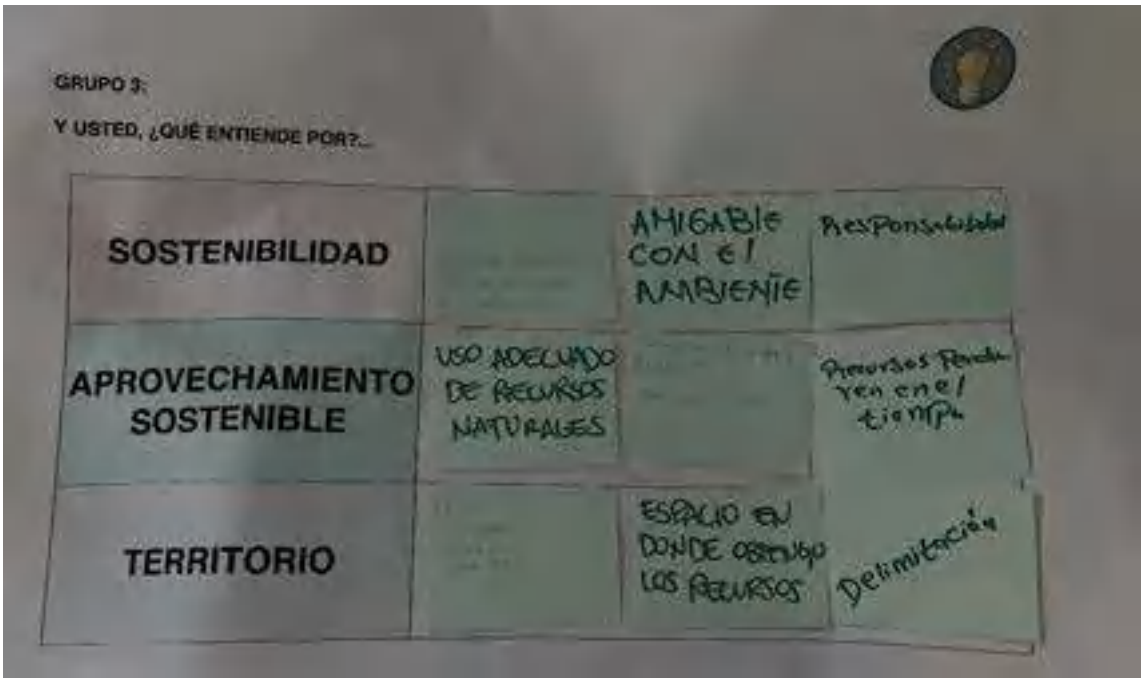
Paso 3: A través de la herramienta de lluvia de ideas, se identifican las nociones y formas de apropiación de los actores, en torno a los conceptos asociados a las categorías establecidas para el PORH. En el ejercicio, se divide a los asistentes en tres grupos y cada uno, construirá una definición conjunta de los siguientes términos:

- Grupo 1: ordenamiento, uso eficiente, oferta hídrica.
- Grupo 2: planificación, gestión, gestión del agua.
- Grupo 3: sostenibilidad, aprovechamiento sostenible, territorio.

De manera paralela al desarrollo de cada uno de los encuentros, se destinaron momentos para la resolución de dudas, inquietudes y aportes de los asistentes en relación con el proceso.

Esta primera socialización fue el inicio de los acercamientos con los actores, se brindaron los datos de contacto de la consultoría: correos electrónicos, teléfonos de profesionales y línea de mensajería *WhatsApp*, a través de los cuales se mantendrá contacto permanente. En este mismo sentido, el escenario fue oportuno para ir fortaleciendo la base de datos de actores e identificando el contacto con nuevos líderes que aún no se tengan identificados y que sean relacionados como relevantes y representativos para el proceso.

Figura 4 Ejemplo del ejercicio de lluvia de ideas



Fuente: Elaboración propia, 2021

1.1.1.4.3 Fase 2 del PORH: Diagnóstico

En esta segunda fase se debe realizar la caracterización de la situación ambiental actual de los cuerpos de agua, involucrando variables físicas, químicas y bióticas y aspectos antrópicos que influyen en la calidad y la cantidad de los cuerpos de agua; a través de la participación activa de la comunidad aportando sus conocimientos, opiniones y determinaciones en la gestión y organización del recurso hídrico, orientando las decisiones que se deben tomar de los mismos a partir del conocimiento comunitario y la identificación de necesidades sociales.

De este modo, desde la estrategia de participación en la fase del diagnóstico se contemplan tres (3) actividades principales, que apuntan al cumplimiento de los objetivos del PORH: en primer lugar, la consolidación de la identificación, caracterización y priorización de actores (actividad que siempre se encuentra en constante proceso de retroalimentación y actualización); segundo, el desarrollo de los encuentros con actores de los cuerpos de agua para la construcción participativa del diagnóstico; y por último, el Censo de Usuarios. Esto permite lograr un diagnóstico técnico y participativo, en donde se puede analizar los aspectos que permitan identificar la memoria adaptativa intrínseca de las comunidades en los cuerpos de agua.

1.1.1.4.3.1 Identificación, caracterización y priorización de actores

En esta fase del diagnóstico se requiere de un análisis territorial que incorpore la visión y las expectativas de quienes hacen uso de los recursos, o como se ha denominado, actores. Por consiguiente, en este apartado, se plantea la estrategia para la identificación, categorización y priorización de actores para los cuerpos de agua, a través de una contextualización, por medio del uso de herramientas como el mapeo y cartografía social que facilite la identificación de cada uno de los aliados estratégicos para la gestión de la cultura ambiental.

De esta forma, para la identificación de actores, se tuvo en cuenta la información proporcionada por Corpoboyacá y la CAR, relacionada a los actores y líderes que han participado en procesos de planificación en los municipios de las tres (3) unidades hidrográficas; también, se tomó información de otras instituciones presentes en el territorio, como las alcaldías municipales, asociaciones y organizaciones productivas y ambientales, líderes sociales, entre otros, y se ha ido complementando con la información levantada en los diferentes encuentros de participación, los recorridos de campo y la que se consolide a lo largo del desarrollo de todas las fases del PORH.

En concordancia a lo anterior, es fundamental lograr identificar los actores entorno al uso y manejo del recurso hídrico de estudio, para lo cual es importante comprender como la comunidad se define como un actor de participación; en relación ECFAO (2016, como se citó enTapella, 2020) los define como: “Son considerados actores aquellos individuos, grupos o instituciones que son afectados o afectan el desarrollo de determinadas actividades, aquellos que poseen información, recursos, experiencia y alguna forma de poder para influenciar la acción de otros” (p.3).

En relación autores como Ponce (2004) brinda pautas para la identificación de actores participativos dentro de una comunidad, actores que pueden llegar a ser valiosos para la recolección de información:

- Aquellas personas influyentes no por el capital económico, sino por su poder de decisión, convocatoria, entre otros elementos.
- Se los identifica en los grupos, organizaciones e instituciones que tienen alguna relación con el núcleo social de interés para su grupo, su barrio, su comunidad, su cantón.
- En el afán de contribuir con su aporte a una localidad con transparencia en todos los casos relacionados con la misma como en la ejecución, planificación, elaboración de un proyecto, de una idea.
- Actores son aquellos agentes que, en el campo político, económico, social, cultural y ambiental formulan propuestas que tienden a capitalizar mejor las potencialidades locales.

- El desarrollo local se realiza entonces en función del impulso de quienes llevan adelante propuestas e iniciativas que sinteticen los signos de identidad y las potencialidades locales con las claves del contexto.

1.1.1.4.3.1.1 Metodología para la identificación, caracterización y priorización de actores

Los pasos adelantados para este proceso son tomados de la metodología propuesta por Tapella, (2007) y ajustados de acuerdo con las dinámicas del contexto y a las pautas establecidas por La Guía de Ordenamiento del Recurso Hídrico:

1.1.1.4.3.1.1.1 Identificación de actores

En este primer paso, se realiza un primer levantamiento y consolidación de la base de datos de los actores, por cuerpo de agua, con sus respectivos datos de contacto actualizados a la fecha. Para esto, se inicia por la revisión de los listados de las bases de datos proporcionadas por Corpoboyacá y la CAR y por las visitas a las instituciones de los municipios para establecer los datos de contacto de las personas con las cuales se hará el proceso de interlocución. Allí se identifican también otros actores como líderes de Juntas de Acción Comunal (JAC), asociaciones y organizaciones para incluir dentro de la base de datos. A su vez, se incluirá la información recopilada en los listados de asistencia de las jornadas iniciales de presentación del proyecto. También, se indagará a partir de información secundaria de las páginas web de las instituciones y la demás disponible en internet, que contará también con un proceso de validación y verificación.

Posteriormente, se realizará un proceso de clasificación de todos los actores, de acuerdo con su ubicación geográfica, competencias, responsabilidades e intereses, analizando el grado de intervención de los actores que son relevantes en función del proceso, los posibles actores que deberán ser vinculados y aquellos actores con un grado importante de participación y toma de decisiones. Esta identificación de actores se organizará en archivos de Excel, por cuerpo de agua, denominados Base de Datos.

1.1.1.4.3.1.1.2 Caracterización de actores

El objetivo de este paso es el reconocimiento de las principales funciones de los actores respecto al proyecto, que permitirá a su vez establecer posibles acciones que pueden desarrollar los involucrados durante todo el proceso (Tapella, 2007). Para tal fin, en este paso se organizarán los actores de acuerdo con dos ámbitos de actuación: contextual y geográfico:

- Ámbito geográfico: se agruparon los actores en torno al área geográfica donde tienen incidencia y ejercen sus acciones, desde lo local hasta actores con incidencia departamental. Las categorías son: local, municipal, regional, departamental y nacional (de llegar a presentarse).

- Ámbito contextual: se clasifican a los actores de acuerdo con sus objetivos, competencias y su quehacer. Dentro de las categorías que podrían encontrarse en la caracterización de actores están: Comunitario/de Base, Estatal/Gubernamental nivel municipal y departamental, Estatal/Gubernamental nivel nacional, Líderes individuales, Organización Ambiental, Organización sin fin de lucro, Organización Social, Sector Educativo, Sector hidrocarburos, Sector Productivo, Sector Productivo Agropecuario, Sector Productivo Agropecuario Asociativo, Servicios Públicos.

De este modo, para el proceso de caracterización de actores se retroalimentará la base de datos durante los diferentes encuentros participativos que se realicen, ya que a través de las diferentes dinámicas que se implementaran, se permitirá obtener la información de los actores entorno a las actividades económicas, rango etárieo, genero, grado de escolaridad, intereses, características sociales y culturales de interés para el proyecto. Datos que será obtenidos a partir de la integración directa con la comunidad y la implementación de las estrategias expuestas en el mapeo de actores y cartografía social, como también dentro del registro de asistencia a los encuentros realizados.

1.1.1.4.3.1.1.3 Priorización de actores – mapeo de actores

Las acciones estratégicas tanto en la formulación del PORH como en implementación, van orientados a la identificación de las relaciones de los actores sobre las microcuencas y el análisis de tres variables, propuestas dentro de la metodología de Tapella (2007):

- Interés del actor en el proyecto: a partir de las competencias y funciones del actor y la identificación de las oportunidades de relacionamiento con el proyecto.
- Posición del actor frente al proyecto: es la afinidad expresa del actor hacia el proyecto, a través de acciones específicas y posturas manifiestas en diferentes escenarios de trabajo.
- Poder del actor en el proyecto: entendido cómo la posibilidad de influir en el proceso a través de la movilización de 4 tipos de recursos: Recursos Económicos, Recursos de Información, Recursos Técnicos y de Convocatoria.

Esta valoración, para cada uno de los atributos se contempla mediante tres (3) categorías:

- Alto=1: Muy interesado y/o muy comprometido: aparte de su compromiso verbal, también se identificó el componente actitudinal, a través de las acciones positivas realizadas para el éxito de las actividades participativas llevadas a cabo, en la búsqueda de espacios y de información documental, en el apoyo a la convocatoria, y esto se reflejaba en un alto interés y una posición muy favorable.
- Medio=0: Posición neutra o indeterminada: aquellos actores que no manifestaron, ni verbal ni actitudinalmente una posición clara.
- Bajo=-1: No interesado o no comprometido: aquí se identificaron los actores en los cuales hubo manifestaciones de rechazo, incredulidad o desconfianza hacia el proceso, y desde el punto de vista actitudinal, la no participación o presencia en los espacios a los que fueron invitados.

Bajo este entendido, y dando respuesta a las actividades consultivas establecidas dentro del contrato, se plantean las siguientes actividades para realizar esta priorización y posterior mapeo de actores:

1.1.1.4.3.1.2 Tipo de actividad: Consultiva. Priorización de actores (Mapeo de actores sociales)

Objetivo: Identificar en los actores sociales, sus relaciones funcionales, recursos, experiencia e influencia sobre los tres (3) cuerpos de agua.

Tiempo requerido: Cuatro (4) horas por municipio de cada uno de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento.

Total de reuniones: 4 reuniones por unidad hidrográfica de nivel 1

Materiales por utilizar: bolígrafos, hojas, encuesta.

Mínimo de personas: 30 personas

Metodología:

PARDI

La metodología PARDI es un proceso de modelación participativa sobre dinámicas socioecológicas o manejo de recursos naturales, con un enfoque ascendiente (bottom-up) desde los actores de base en vez de descendiente (top-down) desde legisladores u otros tomadores de decisión centralizada. Esto implica que el enfoque de la gestión de los ecosistemas y recursos naturales, no se centra en los componentes del sistema sino en sus relaciones, interacciones y retroalimentaciones.

En este sentido, se plantea esta metodología para comprender cómo los actores perciben sus relaciones e interacciones entre ellos mismos y las tres (3) unidades hidrográficas:

- Paso 1: Los asistentes se ubican de acuerdo con la disposición de espacio del lugar de encuentro, con el fin de socializar la razón por la cual fueron convocados, el interés por realizar la actividad y la necesidad de identificar los actores que participen e influyen en las microcuencas hidrográficas.
- Paso 2: los grupos, identifican las principales problemáticas y conflictos socioambientales existentes en cada uno de los cuerpos de agua.
- Paso 3: se validan y retroalimentan los actores identificados previamente y la incorporación de nuevos actores según sugerencia de los participantes, que tengan relación (positiva o negativa) con los cuerpos de agua.
- Paso 4: se genera un diagrama con los principales recursos del territorio, a través de una pregunta guía: ¿Cuáles son los principales recursos de la cuenca y los indicadores claves para soportar su buen manejo y para tomar buenas decisiones sobre esos recursos? Los participantes identificarán y listarán los recursos de relevancia (un bien o un producto utilizado por un actor en el territorio en torno al recurso hídrico). Para cada recurso: el participante que lo ha mencionado está invitado a explicar porque y a precisar el indicador de valor de más relevancia. Ese indicador puede ser cuantitativo o cualitativo. De ser necesario, varios indicadores se asocian a un mismo recurso. La justificación se puede hacer con base a las características del recurso de importancia para el actor, ejemplo: metros cúbicos utilizados en las riegas, número de concesiones, etc. Es necesario vincular cada actor con un recurso.
- Paso 5: La etapa más "ecológica" del proceso. Se pregunta: ¿cuáles son los principales procesos que afectan la situación con respecto a las problemáticas asociadas al recurso hídrico? se hace una lista de los procesos que los participantes consideran determinantes en la dinámica de la microcuenca representada con respecto a la problemática o pregunta central. Durante un taller con los actores, se pueden identificar las dinámicas conocidas de los actores, y las dinámicas ignoradas o desconocidas abordando la incertidumbre y los vacíos de información que se quieren llenar.
- Paso 6: se genera el diagrama de interacciones. Los participantes deben de explicitar las interacciones que existen entre ellos mismos ya sea como comunidad, líderes sociales, organizaciones, entidades públicas, etc. y hacer una clasificación de dicha interacción que existe entre ellos: cercana, conflictiva, amigable, de cooperación, para posteriormente identificar los recursos que los une, como lo son: recursos económicos, administrativos, naturales, entre otros. Para esta identificación, se utilizarán colores para la caracterización

de cada tipo de interacciones que se generen durante los encuentros y se procederá a vincular (a través de flecha) las interacciones entre los actores y los recursos. Como objetivo final, se busca que estas interacciones identificadas sean calificables por un verbo, un adjetivo o como mejor se considere y de lo posible con detalles/números (cultiva 100ha, queman basura cada tanto tiempo, vende a tal precio, entre otros).

ENCUESTA DE PRIORIZACIÓN DE ACTORES

Se procederá a entregar a cada grupo la encuesta para la identificación e indagación sobre la percepción y punto de vista de los actores, su interés, posición y poder frente al PORH de la siguiente manera:

Tabla 1 Matriz para la priorización de actores, PORH, 2021.

INTERÉS		
PREGUNTA	ESCALA DE MEDICIÓN	RESPUESTA ABIERTA (escriba la razón por la que puntuó alto, medio o bajo)
En relación con sus competencias, acciones y funciones sobre este cuerpo de agua, considera usted que su organización o sector tiene un interés en los objetivos del PORH	Alto, medio, bajo	
En los espacios destinados para la planificación del recurso hídrico, usted considera que su participación es	Alto, medio, bajo	
POSICIÓN		
PREGUNTA	ESCALA DE MEDICIÓN	RESPUESTA ABIERTA (escriba la razón por la que puntuó a favor, neutro o en contra)
Desde lo que usted conoce del PORH, ¿su posición frente al proyecto es?	A favor, neutro, en contra	
PODER		
PREGUNTA	ESCALA DE MEDICIÓN	RESPUESTA ABIERTA (escriba la razón por la que puntuó SI o NO, alto medio o bajo)
Realiza usted actividades de aprovechamiento sobre el recurso hídrico del cuerpo de agua	Si, no	

Desde su poder de ejecución, ¿qué nivel de movilización considera usted que puede ofrecer para el desarrollo del PORH?:	Alto	Medio	Bajo	
• Recursos económicos			X	
• Recursos de información		X		
• Recursos técnicos				
• Recursos de convocatoria				

Fuente: Elaboración propia, 2021

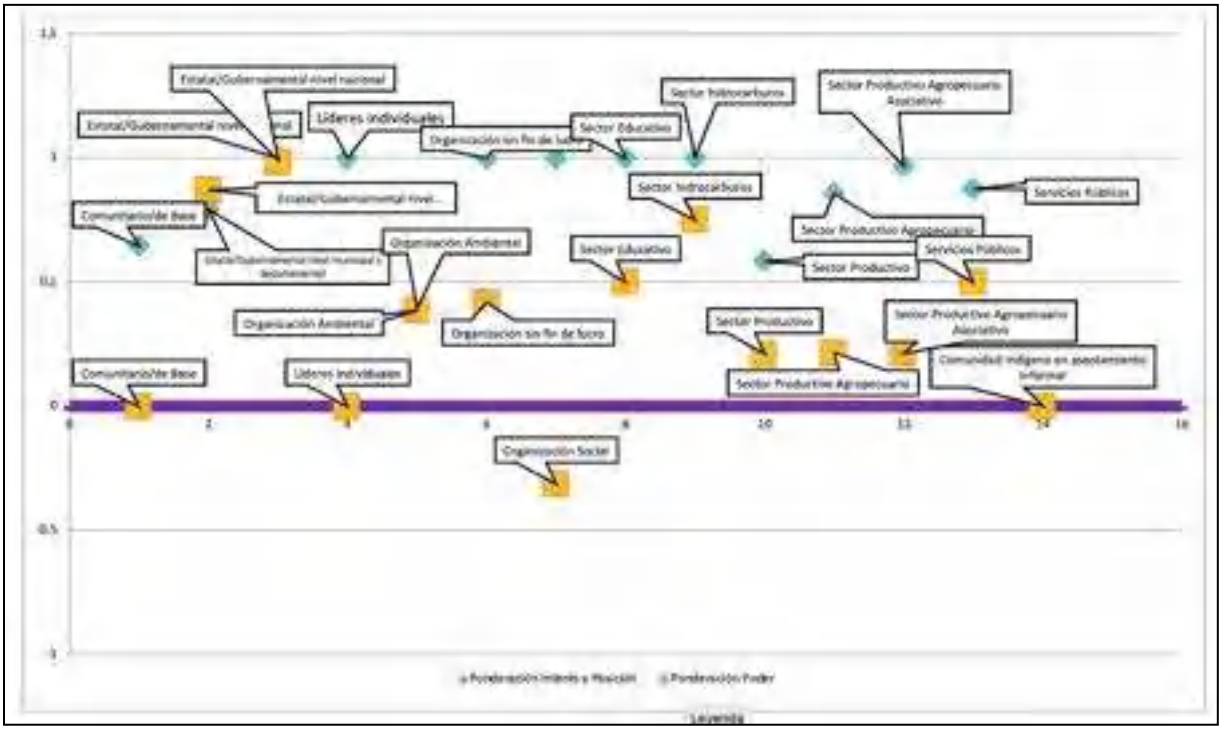
- **Paso 6:** Posteriormente, y una vez realizada la encuesta, se invita a los participantes a identificar las personas que consideran pueden influenciar o estar interesados en el desarrollo del PORH, estableciendo nombres e información de contacto en el respaldo de la encuesta; allí, los grupos de comunidades deberán diligenciar la siguiente información:
- Nombre
- Numero de contacto
- Cargo o representación de la entidad o comunidad

Posteriormente, una vez finalizada la actividad, se procede a valorar a los actores identificados a partir de la encuesta, brindando una valoración y categorización a cada una de las respuestas de la siguiente manera: Valoraciones Medio, Alto y Bajo (Traducida en valores numéricos Alto=1, Medio=0, Bajo=-1). Es a partir de esta información, que se realiza el mapeo general de los actores identificados para cada uno de los cuerpos de agua, utilizando como herramienta las gráficas de dispersión, con base en los resultados de la consolidación de información de la tabla de los actores identificados (*Tabla 1*) y una ponderación de los resultados de la valoración dada.

De modo tal que, el plano cartesiano permite identificar y priorizar visualmente los actores con mayor interés y poder. Se presentan los actores agrupados por categorías, de manera que los resultados responden a un ejercicio de valoración de cada uno de los actores identificados y de ponderación de dichas valoraciones, de modo que el mapa presenta un valor promedio que corresponde al ámbito contextual donde están ubicados. Este mapa sólo plantea dos partes: arriba y debajo de la línea morada. La primera implica más interés y posición a favor y más poder. Debajo de la línea, menos interés y posición no muy favorable y menos poder.

Como ejemplo se muestra el gráfico que permitirá en la fase dos conocer los actores de mayor relevancia, estratégico o priorizados (se presenta el ejemplo a continuación).

Figura 5 Ejemplo de mapa de actores PORH



Fuente: CAS, 2020.

1.1.1.4.3.1.3 Tipo de actividad: consultiva, Cartografía social

Objetivo: representar las condiciones actuales del territorio, reflejando las miradas, intereses, historia y perspectiva de los participantes. En este ejercicio se identifican las problemáticas, conflictos por el uso del recurso hídrico en cuanto a calidad, disponibilidad y accesibilidad y su localización geográfica a través de la marcación sobre el mapa.

Tiempo requerido: Cuatro (4) horas por municipio de cada uno de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento.

Total, de reuniones: 4 reuniones por Unidad Hidrográfica de nivel 1.

Materiales para utilizar: lapiceros, marcadores, pegatinas, papel bond, mapas base impresos.

Mínimo de personas: 30 personas

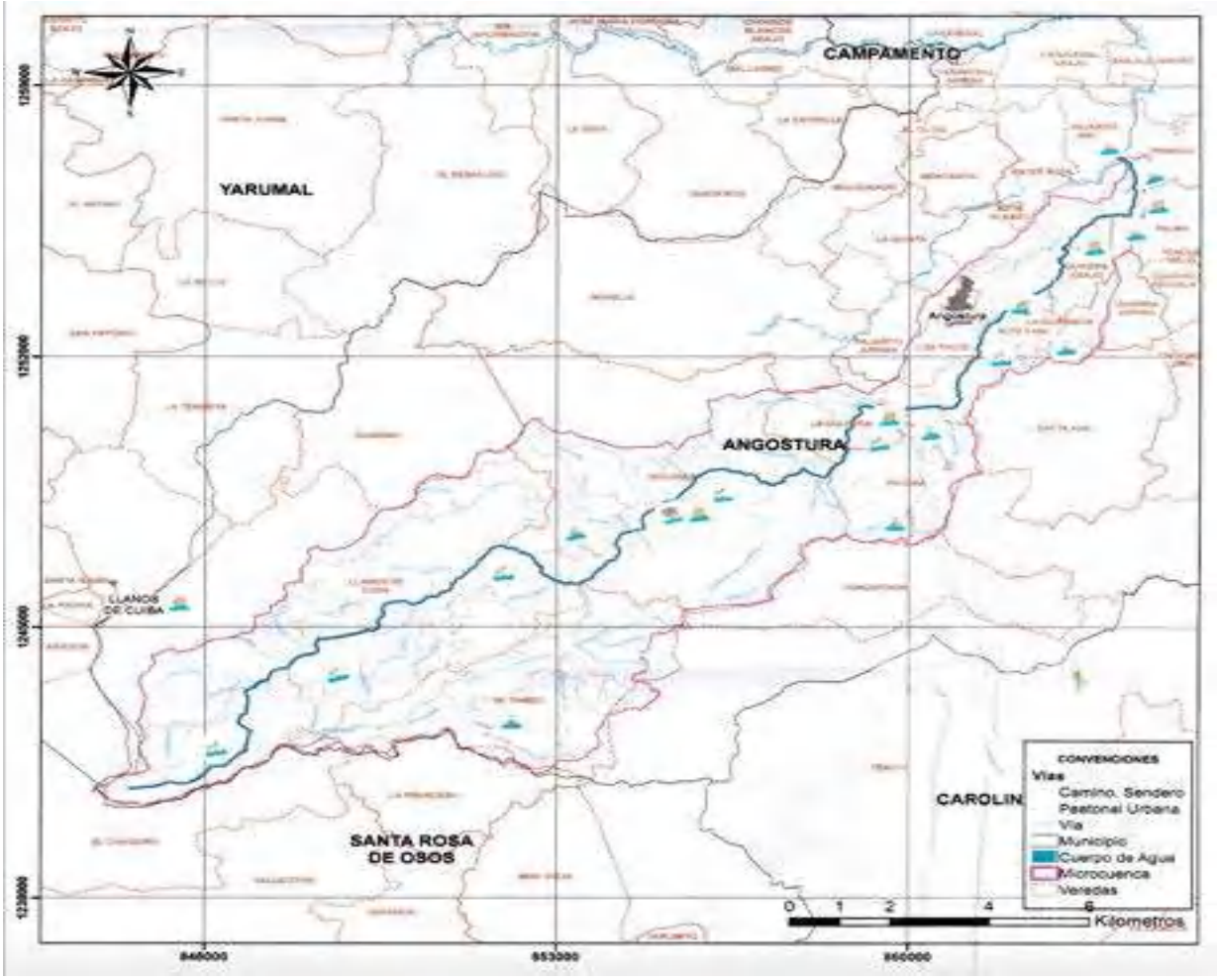
Metodología:

- Paso 1: Se divide el total del grupo en 4 subgrupos, organizados de acuerdo con sus acciones sobre el territorio:
- GRUPO 1: Sector productivo - privado
- GRUPO 2: Sector público
- GRUPO 3: Prestadores de servicios públicos
- GRUPO 4: Social – Comunitario

Cada grupo contará con un moderador del equipo consultor

- Paso 2: Sobre el mapa base, se permite a los asistentes que se localicen y reconozcan sobre el plano, para luego, con base en su nivel de apropiación y conocimiento, con un sticker puedan ubicar las actividades productivas y los usos del recurso hídrico destinados para su desarrollo: usos doméstico, agrícola, pecuario, industrial, acuícola, otro uso.
- Paso 3: Luego, para cada uno de estos usos, se pide a los asistentes que identifiquen problemáticas, conflictos, características y actores involucrados en el uso del RH, asociado a: cantidad, calidad y disponibilidad del recurso hídrico, a través de preguntas orientadoras tales como:
- ¿Qué problemática usted ha identificado en su mucepo con respecto al recurso hídrico con el que cuentan?
- ¿Qué conflictos identifica que existen entorno al recurso hídrico de su territorio?
- ¿Quiénes serían los actores involucrados en los conflictos del recurso hídrico que identifico?
- ¿Cómo considera que es la calidad del agua y por qué razón considera que se encuentra en ese estado?
- ¿Cómo considera qué es la disponibilidad del agua en su territorio?

Figura 6 Ejemplo del ejercicio para el diagnóstico participativo



Fuente: Elaboración propia a partir de ejercicios similares, 2021

Figura 7 Ejemplo de ejercicio de identificación de conflictos y problemáticas.

GRUPO :

A continuación, identifique problemáticas, conflictos, características y actores involucrados, para cada uno de los usos.

USOS	CATEGORÍAS	PROBLEMÁTICAS CONFLICTOS	CARACTERÍSTICAS	ACTORES INVOLUCRADOS
	CANTIDAD			
	CALIDAD			
	DISPONIBILIDAD			
	CANTIDAD			
	CALIDAD			
	DISPONIBILIDAD			
	CANTIDAD			
	CALIDAD			
	DISPONIBILIDAD			
	CANTIDAD			
	CALIDAD			
	DISPONIBILIDAD			
	CANTIDAD			
	CALIDAD			
	DISPONIBILIDAD			
	CANTIDAD			
	CALIDAD			
	DISPONIBILIDAD			

Fuente: Elaboración propia a partir de ejercicios similares, 2021

1.1.1.4.3.2 Censo de usuarios

Objetivo: verificar, ajustar y complementar la información de los usuarios con permisos ambientales y levantar la información de los usuarios sin permisos con el fin de ser considerados en el análisis de usos actuales y potenciales del recurso hídrico.

Para este ejercicio, será muy importante el relacionamiento consolidado en los primeros acercamientos, pues de las relaciones aquí establecidas, se hará la aproximación e inmersión en el territorio, en compañía de líderes y personas interesadas en el ejercicio. De modo tal, que para todo el proceso participativo y en especial, para las jornadas de campo que se van a efectuar, el protocolo de relacionamiento debe ser el mismo y deberá adaptarse a los objetivos a conseguir en cada una de las jornadas.

Este proceso se ejecuta bajo la premisa sobre la cual, el enfoque diferencial es parte integral de las relaciones humanas. De esta manera, desde Corpoboyacá, la CAR y el equipo consultor, se planteó un protocolo para el relacionamiento con los distintos sectores, actores y usuarios, a partir del cual se espera fortalecer la confianza institucional y establecer las pautas participativas durante el ejercicio del PORH; teniendo presente que será un proceso flexible y sujeto a retroalimentación una vez se inicien las salidas de campo, pues cada territorio es diferente y el relacionamiento será distinto, de acuerdo a sus necesidades y población.

Figura 8 Protocolo de relacionamiento PORH

PRESTACIÓN DE SERVICIOS

- Aquí se incluyen los servicios de alojamiento, transporte, alimentación y guías locales en el desarrollo de las salidas de campo.
- Se deberán analizar las estrategias más eficientes para adelantar dicho proceso, incluyendo una investigación previa acerca de las opciones disponibles, concertación con las instituciones y autoridades locales e identificación de riesgos asociados a la prestación de los servicios.
- Este análisis previo es importante puesto que este tipo de gastos dentro de las comunidades, puede ocasionar conflictos de intereses, lo que a su vez podría ser una limitante en el desarrollo del proyecto.

RESPETO A LA COMUNIDAD LOCAL

- Para el éxito en las salidas y actividades con comunidades, es importante contactar a los líderes y/o autoridades locales, previo al ingreso al territorio.
- En caso de presentarse conflictos por las labores en campo, estos deberán ser solucionados en el mayor tiempo posible y con la participación de los involucrados, de lo contrario, los recorridos deberán suspenderse hasta que puedan generarse las condiciones para la actividad.
- No se deberá ingresar a las viviendas ni predios privados, antes de la autorización de los dueños.

TONO DE LA COMUNICACIÓN

- El mensaje debe transmitirse con claridad y seguridad, respetando los derechos del otro.
- Mantener el contacto visual directo, tener una postura erguida y mostrarse seguros.
- Tono de voz, coherente con el mensaje.
- Mientras se escucha, es importante que los interlocutores sientan que son valorados y lo que dicen es tenido en cuenta para el proceso, por eso, siempre se debe tomar atenta nota a lo que se dice, esto demuestra empatía.
- Respetar los silencios.

MANEJO DEL RECHAZO

- La participación es un derecho de los ciudadanos, más no una obligación, por lo tanto, muchos actores y personas con incidencia en el territorio, pueden tomar la determinación de no participar por distintos motivos: desinterés en la temática y en los beneficios que recibirán, desconocimiento en el proceso, falta de tiempo, conflictos con las instituciones, entre otros.

- ✓ Mantener la calma
- ✓ Aprender a escuchar.
- ✓ Disculparse: siempre hay que estar dispuesto a ofrecer alguna disculpa, así no se haya incurrido en una conducta de maltrato.
- ✓ Mostrar empatía.
- ✓ Proporcionar alternativas: otro horario de visita, otros profesionales que puedan acompañar la jornada.
- ✓ Si en definitiva no se puede lograr el acercamiento con el actor o usuario, se debe dejar la información de contacto en físico y no forzar a continuar con el acercamiento pues esto puede provocar un aumento en la resistencia por parte de la comunidad.

RECONOCIMIENTOS ECONÓMICOS

- Se deberá evitar el pago directo y en efectivo, a los miembros de comunidades rurales, por su participación en jornadas de trabajo, desarrollo de encuestas, entrevistas, reuniones y demás actividades en el marco del desarrollo del contrato.
- En cambio, se podrá realizar pagos, cuando la actividad requiera la contratación de apoyos como guías locales o por la prestación de servicios asociados, por ejemplo, logística para el desarrollo de las actividades de participación .

MENSAJE A POSICIONAR

- En términos comprensibles para los actores, a través de procesos de diálogo, construcción e interacción de las partes, el mensaje que se dará para fortalecer su participación, será de acuerdo a los objetivos de cada fase, haciendo énfasis en el que el recurso hídrico es un bien público y es responsabilidad de todos participar y aportar en la planificación del uso del agua.

SEGUIMIENTO A LA ACTIVIDAD

- El equipo social realiza seguimiento a la actividad en campo y lleva registro de lo que acontece en campo.
- Al finalizar el proceso, se consolida un reporte de la o las rutas por componente.

PRESENTACIÓN, REVISION Y APROBACIÓN DEL RECORRIDO Y/O ESPACIOS DE PARTICIPACIÓN

- Por parte de las Corporaciones y los líderes y miembros de cada componente de la consultoría.
- Luego, se procede a hacer la identificación de las veredas que hacen parte de la ruta.

PREPARACIÓN DEL EQUIPO EN CAMPO

- De los profesionales que estarán en campo, así como de los que estarán en talleres, acerca de lo que deberán tener en cuenta, las normas y sistemas de gobernanza existentes entre las comunidades locales, de tal manera que se de cumplimiento a la normatividad del territorio.
- Esta asesoría, además de temas técnicos, debe involucrar a los participantes en procesos de diálogo asertivo con comunidades.

ACTUACIÓN INFORMADA

- En algún momento, las actividades de campo van a exigir un conocimiento mucho más profundo de los asuntos ambientales adelantados por las Corporaciones. Por esto, es importante conocer las actividades que adelantan las Autoridades Ambientales en los territorios y los canales de comunicación para la ampliación de aquellas dudas y peticiones que no puedan ser contestadas en el momento.

RESPETO

- Por los usos, costumbres y manifestaciones culturales que exprese la población local, evitando comentarios y actos irrespetuosos en contra de ellos.
- Se debe evitar comprometerse en actos de violencia verbal o física u hostigamiento con la población.

CONTACTO CON LOS ACTORES

- Con los actores identificados, pero también con los presidentes de las JAC, alcaldías municipales y demás líderes e instituciones a los cuales se deba informar del recorrido.
- También, y de así requerirse, se deben gestionar los permisos por escrito para aquellos predios que así lo requieran.

Fuente: Elaboración propia, 2021

En este censo de usuarios, se aprovecha para explicar a las comunidades y actores que aún no han interactuado de manera cercana con el proyecto, el objetivo y alcances del proceso y los resultados esperados con la actividad adelantada. Previo a estas salidas, el equipo social de la consultoría contactará vía telefónica a los líderes, usuarios y presidentes de Juntas de Acción Comunal, acueductos veredales y demás actores claves del territorio con el fin de informar de la actividad, y en

la medida de lo posible, coordinar agendas conjuntas para el acompañamiento en los recorridos de campo. Asimismo, se gestionan los permisos y trámites necesarios ante las autoridades y comunidades.

El fin entonces, es generar un espacio de interacción con los actores en su territorio, realizando el levantamiento de información o verificación en campo de los principales usos y usuarios de los cuerpos de agua, el inventario de obras hidráulicas, y de manera transversal, implementar procesos de diálogo con los actores de tal manera que se pueda interrelacionar su conocimiento y percepción en relación con los recursos naturales renovables y con la parte técnica del proyecto, al igual que identificar las problemáticas que vive la población presente y recopilar la información primaria requerida para el análisis de las temáticas orientadas por los expertos.

1.1.1.4.3.3 Tipo de actividades: seguimiento y retroalimentación. Socialización avances de la fase de diagnóstico.

Objetivo: Socializar y retroalimentar con los actores de cada uno de los cuerpos de agua y la comunidad, los avances del proceso diagnóstico, a partir de una metodología de encuentro, clara, precisa y con el uso de lenguaje que permita el entendimiento del mensaje por parte de los actores.

Tiempo requerido: Cuatro (4) horas por municipio de cada uno de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento.

Total de reuniones: 6 reuniones por unidad hidrográfica de nivel I

Materiales por utilizar: lapiceros, Formatos registro de asistencia, presentación PowerPoint.

Mínimo de personas: 30 personas

Metodología:

- Paso 1: Los asistentes se ubican a modo de plenaria, con el objetivo principal de socializar los avances del proyecto y fomentar el compromiso y apropiación del proceso entre los actores para dar continuación al proceso diagnóstico del PORH.
- Paso 2: Se presentará un material de apoyo audio visual para dar explicación y rendición de cuentas de los procesos realizados durante las diferentes etapas del PORH, resaltando la importancia de la participación de los actores.
- Paso 3: Se brindará un espacio para la resolución de inquietudes, generando un espacio de comunicación respetuosa, comprendiendo la diferencia de puntos de vistas de los demás, en donde la comunidad tenga la oportunidad de dar a conocer sus inquietudes, o aporte para los diferentes procesos del PORH.

1.1.1.4.4 Fase 3 del PORH: Identificación de los usos potenciales del recurso

La guía PORH del (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE, 2018) señala que esta fase parte de los resultados del diagnóstico y el análisis de los sistemas de relaciones en el territorio, para identificar los usos potenciales del recurso en función de sus condiciones naturales y los conflictos existentes o potenciales, a partir de los cuales se diseñan los escenarios futuros de uso sostenible del recurso hídrico a través de la participación de los diferentes actores.

En la identificación de los usos potenciales, se analizan los escenarios de actuación, los posibles riesgos que pueden generar tensiones entre los actores y sectores por la reducción de la oferta y la disponibilidad del recurso hídrico, también las oportunidades que ofrece el territorio y las dinámicas sociales, culturales, políticas y económicas para el cumplimiento de los objetivos y criterios de calidad de uso del recurso.

Para realización de la presente fase del PORH se debe tener en cuenta tres (3) tipos de escenarios:

- Escenarios que contemplen las dinámicas poblacionales de acuerdo con la división política de los municipios, las veredas y centros poblados que vierten o captan agua sobre el cuerpo en ordenamiento.
- Los proyectos de abastecimiento y de saneamiento para las poblaciones que vierten o captan sobre el cuerpo de agua en ordenamiento.
- Las proyecciones de los usos de la tierra, y el desarrollo socioeconómico regional.

1.1.1.4.4.1 Tipo de actividad: seguimiento y retroalimentación. Construcción colectiva de usos actuales y potenciales del RH

Objetivo: identificar y construir desde la visión de los actores del territorio, los usos potenciales y deseados para los cuerpos de agua del PORH.

Tiempo requerido: cuatro horas por cada uno de los cuerpos de agua.

Total de reuniones: 6 reuniones por unidad hidrográfica de nivel I.

Materiales por utilizar: lapiceros, marcadores, pegatinas, papel bond, mapas base impresos.

Mínimo de personas: 30 personas

Metodología:

Construcción de escenarios tendenciales y apuesta

- Paso 1: Los actores se ubican a modo de plenaria, para realizar una síntesis y análisis de la información suministrada y obtenida durante el proceso del diagnóstico y se procede a contextualizar como a través de la participación activa se puede generar la identificación del uso de los recursos hídricos que actualmente posee su territorio.
- Paso 2: División del grupo en subgrupos, según el número de actores que asistan al momento participativo y se hace entrega del material necesario para la actividad (pegatinas, lapiceros, marcadores, papel bond, mapas impresos)
- Paso 3: Construcción de la visión del territorio: se procedió a construir el escenario deseado; es decir, con visión prospectiva, acerca de cómo se espera que sea el territorio en 10 años teniendo en cuenta: las apuestas por la sostenibilidad, las acciones encaminadas al trabajo en equipo desde todos los sectores que hacen parte del territorio y las relaciones con el territorio, las prácticas, los conflictos y futuras proyecciones de ese escenario deseado. Las preguntas guía que se proponen para este paso de la actividad son:

- ¿Cómo quisiera ver su río al corto, mediano y largo plazo (a 2, 5 y 10 años)? expresando

- ¿De qué manera se lograría la armonía de los diferentes usos del RH por parte de los actores?
- Proyecciones de infraestructura y de actividades económicas para alcanzar este escenario.

Se les solicita a los actores plasmar en el mapa del escenario deseado, con base en lo conversado y analizado.

- Paso 4: Construcción del escenario tendencial o escenario probable teniendo en cuenta lo encontrado y visibilizado desde el diagnóstico participativo y las relaciones con el territorio y se realiza la construcción de cómo se encontrará el territorio a futuro si Las cosas siguen como van, el comportamiento de los usos actuales sigue como actualmente se desarrolla, y si no se toman acciones concretas que den respuesta a los conflictos asociados a la cantidad, calidad, disponibilidad. En ese sentido, las preguntas guía para esta etapa de la actividad son:
- ¿Cuáles son las relaciones pasadas, presentes y futuras con el territorio que contribuyen a que la tendencia esperada sea similar a la actual?
- Si no hacemos nada, ¿hacia qué escenario nos dirigimos?
- Proyecciones de infraestructura y de actividades económicas.

Acto seguido, se les solicita a los asistentes plasmar en el mapa del escenario tendencial, con base en lo conversado y reflexionado.

Usos potenciales y deseados

- Paso 1: se entregará un mapa de trabajo con la delimitación del cuerpo de agua y con stickers que contienen los distintos usos según el Decreto 1076 de 2015, con el propósito que los actores ubiquen en el mapa los usos actuales predominantes, potenciales y deseados para el territorio.

Figura 9 Ejemplo del ejercicio para la construcción colectiva de usos actuales y potenciales del RH

Fuente: Corantioquia, 2021

En plenaria, se exponen los resultados y el porqué de tal asignación de usos.

1.1.1.4.5 Fase 4 del PORH: Elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

Por último, y con los resultados proporcionados en las fases y momentos anteriores de análisis y comprensión del territorio, se establece el PORH, con los programas, proyectos específicos y directrices para la administración, control y vigilancia del recurso hídrico, en un horizonte de al menos 10 años.

1.1.1.4.5.1 Tipo de actividad: seguimiento y retroalimentación. Construcción colectiva de programas y proyectos.

Objetivo: construir de manera colectiva los planes, programas y proyectos con los actores de cada uno de los cuerpos de agua.

Materiales requeridos: lapiceros, marcadores, pegatinas, papel bond, mapas base impresos, hojas.

Total de reuniones: 6 reuniones por unidad hidrográfica de nivel I

Metodología:

- Paso 1: Para esta actividad, es importante brindar la información oportuna y clara, acerca de los resultados del proceso de análisis prospectivos en función de la demanda y calidad del agua, ya que, a partir de estos resultados, se realizará la construcción participativa de las medidas de manejo para el uso sostenible del recurso hídrico. Por consiguiente, este espacio de participación debe contener un el lenguaje sencillo, entendible a la realidad del territorio, fortaleciendo en los actores sus capacidades para incidir en las decisiones de planificación sostenible de los recursos naturales.
- Paso 2: Se conformarán grupos de trabajo organizados por sectores y/o tipología de actor, los cuales serán guiados por los diferentes organizadores del evento de participación. Se hará entrega de material de trabajo a cada grupo, que consiste en un pliego de papel bond que contendrá una tabla con diversas columnas a trabajar en relación con los proyectos

propuestos por la consultoría, Corpoboyacá y la CAR para el uso sostenible del recurso hídrico.

- Paso 3: Se procederá a explicar cada uno de los proyectos propuestos en el material entregado de forma general hacia todos los actores presentes y se brindará las indicaciones de la actividad a realizar, de la siguiente manera:
    - *Columna 1:* Esta columna contendrá el "EJE TEMÁTICO", en el cual se asignará los elementos que se considera se deben trabajar de acuerdo con lo identificado en la fase diagnostica. Por ejemplo: servicios públicos, actividades productivas, conservación, recreación, entre otros usos que los actores manifiesten o se identifiquen en el trascurso del diagnóstico.
    - *Columna 2:* Esta columna se denominará "NECESIDAD/PROBLEMA", en la cual los actores deberán identificar que problemática o necesidad tienen con respecto al eje temático que se esté abordando durante el ejercicio. Para esta dinámica, se guiará la lluvia de ideas a partir de preguntas orientadoras tales como: ¿Qué problemática o dificultad presentan en este eje?, ¿Qué necesidad tienen con respecto a este eje?
    - *Columna 3:* Esta columna se denominará "POTENCIALIDADES", en este apartado los actores deberán identificar los aspectos positivos que posee actualmente con relación al manejo y uso del recurso hídrico (si los tienen). Para esto, se guiará la lluvia de ideas a partir de preguntas orientadoras tales como: ¿Qué ventaja consideran que posee el territorio con respecto al RH que otras localidades no tiene?
    - *Columna 4:* Esta columna de denominará "SOLUCIONES", en este apartado los actores deberán identificar y proponer que posibles alternativas se pueden implementar o realizar para dar solución a las problemáticas identificadas o satisfacer las necesidades expuestas durante la dinámica. Para esto, se guiará la lluvia de ideas a partir de preguntas orientadoras tales como: ¿Qué alternativas existe para dar solución al problema?, ¿Cómo se puede dar solución a esta necesidad?
    - Columna 5: Esta columna se denominará "PRIORIZACIÓN", este apartado consiste en identificar la importancia que la población tiene en atender cada uno de los ejes identificados. Para esto, se realizará una categorización por código de colores de la siguiente manera: rojo, mayor prioridad a corto plazo; amarillo, prioridad a mediano plazo; y verde, prioridad a largo plazo.

- Paso 4: Análisis conjunto entre consultoría, Corpoboyacá, la CAR y actores con respecto a la identificación de problemáticas/necesidades y soluciones que se aborden en las propuestas de proyectos previamente presentados, para evaluar su viabilidad ante la población y generar nuevos proyectos que atiendan a las necesidades encontradas durante la dinámica participativa.

Figura 10 Ejemplo del ejercicio para la construcción de planes y proyectos

EJE TEMÁTICO	NECESIDAD/PROBLEMA	POTENCIALIDADES	SOLUCIONES	PRIORIZACIÓN
Servicios públicos				
Actividades productivas				
Conservación				
Recreación				
Espacio para comunidad				
Espacio para comunidad				

Fuente: Elaboración propia, 2021

1.1.1.5 CONVOCATORIA

Para llevar a cabo las invitaciones y convocatorias a los espacios de participación, se contempla el desarrollo de algunas estrategias y medios que responden a las necesidades del contexto y que serán retroalimentadas conforme se presenten las sugerencias y recomendaciones por parte de los actores en territorio. Estos canales de convocatoria son de dos tipos:

- **Interpersonales, oral directo**: con el uso de llamadas telefónicas, cartas, oficios o correos electrónicos.
- **Canales orientados a la comunidad**: como folletos, afiches, cuñas radiales, perifoneo, entre otros. Estos canales pueden ser desde los más tradicionales, como mensajes verbales o notas, hasta los más modernos y basados en la tecnología, como mensajes de texto a celulares, mensajes a través de *WhatsApp* o correos electrónicos.

Figura 11 Medios de convocatoria a implementar

Fuente: elaboración propia, 2021

Las llamadas telefónicas y cuñas radiales se posicionan como los medios de convocatoria directos con mayor cobertura y efectividad; sin embargo, el uso de medios como *WhatsApp* y mensajes de texto, proporcionan una mayor cobertura y recordación del mensaje entre los actores. La voz a voz, a través de la difusión del mensaje por medio de líderes y personas representativas del territorio, es importante al momento de informar, especialmente en el área rural, pues genera mayor aceptación, credibilidad y confianza el ser invitado por personas de influencia en el municipio.

Quince (15) días antes del evento, se realizan las llamadas de convocatoria e invitación. Un día antes, se hacen llamadas de reconfirmación para la asistencia, para conocer el representante de la institución/comunidad que asistirá al evento. El canal de *WhatsApp* se mantendrá abierto y disponible para la resolución de dudas y aportes relacionadas al proyecto.

Es probable que a cada actor le llegue el mensaje por más de un canal de comunicación, pero se estima que es también más probable que se escuche y reflexione sobre el mensaje si las personas lo encuentran en diferentes entornos. En la construcción de los mensajes, se debe tener en cuenta la claridad y puntualidad de lo que se quiere transmitir, de tal manera que despierten el interés de los

actores por participar. Para abarcar de manera amplia a todos los actores municipales, se hará uso de otras herramientas de comunicación:

- *E-card*: Para enviar vía *WhatsApp* y ser compartida en las redes sociales de las alcaldías y corporaciones, ya que en la actualidad se consolida con el medio de comunicación más usado y de mayor acceso. Esta *e-card* contará con los datos de contacto de las reuniones y de la consultoría para aquellos que quieran tener más información.

- Apoyo con líderes y habitantes: como se dijo anteriormente, para los actores genera más confianza y recordación del mensaje cuando es divulgado por una persona a la que consideran líder dentro de su comunidad o sector.

- Emisora: dadas las características de ruralidad de las microcuencas, las emisoras se convierten en una herramienta que permite la difusión de información puntual, como invitaciones a talleres y reuniones y genera una cobertura mucho más amplia.

- Docentes de las instituciones educativas y párrocos: asimismo, es importante hacer que el mensaje sea transmitido por todos los medios posibles. Una de las estrategias que más funciona para las comunidades rurales en la de hacer llegar invitaciones y mensajes a través de los docentes, de tal manera que ellos puedan transmitir el mensaje con los alumnos y estos a su vez con sus familias, al igual que el apoyo con los párrocos de las iglesias, quienes pueden realizar las invitaciones en los servicios de los domingos.

1.1.1.6 COVID - 19 Y PROTOCOLOS DE BIOSEGURIDAD PARA EL PROCESO PARTICIPATIVO

De acuerdo a la situación actual que se está viviendo a nivel mundial a causa de la contingencia sanitaria ocasionada por el COVID -19, para Corpoboyacá y el equipo consultor se considera fundamental establecer parámetros de autocuidado en la ejecución de cada una de las actividades y fases para la elaboración del PORH de las tres unidades hidrográficas de estudio (río Palenque, río Guaquimay y río Negro), por lo cual se promoverá y garantizará el cumplimiento de protocolos de bioseguridad para cada uno de los encuentros con los actores involucrados, como también de los recorridos de campo.

Para esto, se establece inicialmente contacto previo con las administraciones municipales para conocer los protocolos de bioseguridad que establecen para el municipio, y verificación de que estos se encuentren en concordancia con los lineamientos establecidos en los decretos municipales, departamental y nacional expedidas por el Ministerio de Salud y Protección Social, para así establecer ajustes pertinentes según cada territorio en el que se esté trabajando con los actores de interés para el PORH.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta lo establecido por la ficha técnica de los alcances del contrato se establece que “Si los talleres se desarrollaron durante el periodo de contingencia por la emergencia

sanitaria a causa de la pandemia por COVID – 19, se deben tener en cuenta y seguir los protocolos de bioseguridad establecidos por el Gobierno Nacional", que garantice el desarrollo del encuentro y protección de los participantes

En relación a lo anterior, y atendiendo a las especificaciones realizadas por el Ministerio de Salud y Protección Social (junio 2 del 2021), quienes emitieron la Resolución 777 de 2021, "Por medio de la cual se definen los criterios y condiciones para el desarrollo de las actividades económicas, sociales y del Estado y se adopta el protocolo de bioseguridad para la ejecución de estas", la cual modificó algunas normas del protocolo de bioseguridad que se venían implementando: Medidas de autocuidado, cuidado de la salud mental, lavado e higiene de manos, distanciamiento físico, uso de tapabocas, ventilación adecuada, limpieza y desinfección, manejo de residuos. Por lo cual, la consultoría garantizará que:

- Al ingreso al lugar del encuentro, se deberá verificar el uso obligatorio de tapabocas. pues será un elemento sin el cual la persona no podrán participar de la jornada y que, de ser necesario, será proporcionado por la logística de la consultoría.
- Los espacios físicos en donde se desarrollan los encuentros deben garantizar la correcta ventilación, las sillas deben estar dispuestas con la distancia mínima permitida (distanciamiento físico mínimo de1 metro).
- El material de trabajo que se entregue será para uso personal, evitando así que se comparta material y se dé espacio para propagación del virus.
- Se realice el proceso de desinfección e higiene de manos a la entrada de los eventos y se garanticen las medidas mencionadas en la Resolución 777 de 2021.
- Los espacios de trabajo en grupos serán dirigidos para que se conserven las distancias entre los participantes.
- Para la toma del refrigerio, se dispondrá de un *break* en medio del encuentro para que los participantes salgan del recinto, evitando la aglomeración de personas sin uso de tapabocas.
- Durante toda la jornada, se dispondrá de constante desinfección de manos, también, antes y después de recibir el refrigerio.
- El refrigerio será entregado en recipientes biodegradables cerrados y cumpliendo todos los protocolos establecidos.

1.1.1.7 ACTIVIDADES TRANSVERSALES DURANTE TODO EL PROCESO PARTICIPATIVO

En este apartado se describirá algunos aspectos que se tienen en cuenta en la realización de las actividades que se ejecutan durante el componente de participación:

- Utilización de medios alternativos a las explicaciones verbales y escritas, basadas sobre todo en la visualización de los temas propuestos, implementando elementos como mapas, diagramas, modelos; los cuales se consideran que son herramientas que promueven las discusiones grupales y la participación de todos los asistentes.
- La mayoría de las técnicas de trabajo deben ajustarse para que todos los asistentes puedan tener claridad frente a lo presentado; por consiguiente, las actividades deben ser muy

visuales y utilizar de fácil comprensión, con el fin de generar un proceso inclusivo entre las diferentes habilidades educativas que puedan tener los participantes.

- Los métodos y las técnicas implementadas en las actividades son innovadoras y poseen un componente flexible en el cual se manejarán dinámicas cambiantes de cerradas a abiertas, de individuales a grupales, de verbales a visuales, de medir a comparar.
- Se contrastará información obtenida con los saberes cotidianos y populares, con el fin de generar imágenes detalladas y complejas de la realidad. Se pueden realizar análisis conjuntos de fotografías o imágenes en planos o en computador.
- Las actitudes, conductas y comportamientos de los miembros del equipo consultor estarán dirigidas a establecer el control y direccionamiento de las reuniones a la población, con el fin de establecer un orden en la ejecución de actividades y cumplimiento de objetivos y así mismo catalizar y facilitar la participación de los diferentes actores.
- En todo el momento, tanto en las jornadas de campo como en los encuentros participativos, el equipo contratista tendrá los elementos distintivos de la corporación y los cuales permiten fortalecer la confianza institucional e identidad del proceso por parte de los actores participantes.
- Se deben incentivar sentimientos de respeto e igualdad entre los facilitadores y los participantes, que lleven a compartir la información, los métodos, los conocimientos y las experiencias sobre el terreno, evitando sesgos en la recolección de información y apertura de los actores.

1.1.1.8 ESTRATEGIA DE MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Para el proceso de formulación del PORH, se propone una estrategia de comunicación la cual permitirá preparar el ambiente en el territorio para las visitas, recorridos del equipo técnico, los talleres y socializaciones que servirá para explicar a la comunidad que es un PORH y cómo podría ser su participación en esta herramienta de planificación, así como la importancia de la corresponsabilidad entre el cuidado y la protección de los bienes y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico.

En este sentido, se proponen algunas actividades en medios de comunicación para las fases del PORH:

1.1.1.8.1 Fase de alistamiento institucional

Es el momento de diseño de logos y piezas comunicativas a utilizar y difundir. Adicionalmente es una etapa de recolección de información técnica e institucional para la elaboración de piezas gráficas y material educativo, que le permita a los habitantes del territorio identificar el Plan como parte de sus dinámicas y que se apropien del instrumento al verse reflejados dentro de sus piezas visuales y comunicativas. Se proponen las siguientes actividades:

- Diseño y producción del logo del PORH para la identificación del equipo de trabajo en sus actividades de campo y para la asociación del público con el PORH.
- Relacionamiento y gestión con los equipos de comunicación de las alcaldías para lograr que publiquen información del PORH en su sitio web y redes sociales, especialmente sobre los recorridos en campo y en las convocatorias para talleres y encuentros a través las *e-card.*
- Recopilación de información técnica para diseño de piezas gráficas que sirva para explicarle a públicos específicos y con cualquier nivel de escolaridad, qué es un PORH y la importancia para el territorio.

- Elaboración de plantillas de oficios, material de salidas de campo y recorridos con los logos del proceso y de las corporaciones líderes. Esta propuesta de plantillas se adjunta como anexo a este documento:

Anexo 1. Propuesta de plantillas de material, PORH

1.1.1.8.2 Fases de diagnóstico e identificación de los usos potenciales del recurso hídrico

En estas etapas la comunicación estará enfocada en reforzar los mensajes para que las comunidades se enteren de los procesos y se vean atraídas a sumarse a las diferentes actividades en las que se requiere participación activa de los actores y habitantes de los cuerpos de agua:

- Identificación de los principales canales, medios y /o mecanismos de comunicación y difusión de información con los actores sociales.
- Contratación de pauta con generalidades de los procesos e invitación a talleres mediante cuñas radiales en las emisoras con amplia cobertura dentro de las tres (3) microcuencas.
- Conformación una galería de imágenes de las fuentes hídricas y de los principales momentos de los procesos participativos.

1.1.1.8.3 Fase de elaboración del PORH

En esta fase, se deberá presentar los principales resultados del proceso de formulación del PORH, por lo cual se propone:

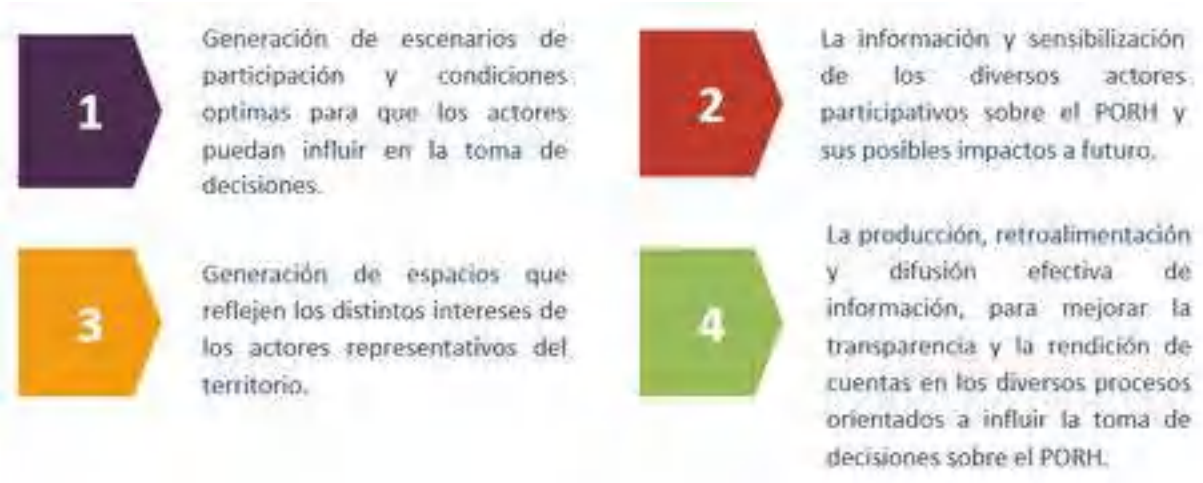
- Redacción de un documento que contenga un resumen de los procesos que sirva de consulta rápida a autoridades y tomadores de decisiones.
- Difusión de folletos o material divulgativo con los principales resultados del proyecto.

1.1.1.9 SEGUIMIENTO A LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN

Con la implementación de estrategias participativas, surge la necesidad de realizar seguimiento y evaluación de esta, con el fin de generar una búsqueda permanente de eficiencia y efectividad en los propósitos operativos de la participación y como proceso permanente de monitoreo y análisis de las prácticas de participación y sus alcances.

Así mismo, y teniendo en cuenta que los procesos de participación pueden ser variantes según los factores socios económicos, institucionales y culturales de los actores participantes en el PORH, se debe entender que las propuestas de evaluación y seguimiento también son diferentes y deben adecuarse según las necesidades. Por consiguiente, se evaluarán principalmente los siguientes elementos:

Figura 12 Aspectos por evaluar a partir del seguimiento a la estrategia de participación



Fuente: elaboración propia, 2021

1.1.1.9.1 Indicadores de seguimiento a la estrategia de participación

Para hacer seguimiento a los impactos logrados entre los actores en el desarrollo del proceso participativo del PORH, y evaluar la cobertura y alcance en el fortalecimiento de capacidades de estos y la generación de capacidad instalada en el territorio para lograr su sostenibilidad ambiental, se establecen algunos indicadores que dará un panorama general de cada uno de los cuerpos de agua, sobre el nivel de compromiso de la comunidad con la gestión del territorio.

A través de la evaluación de indicadores, se podrá medir el impacto y grado de aceptación de las metodologías construidas en las estrategias de participación, permitiendo así identificar posibles mejoras a implementar en futuras intervenciones o las metodologías de mayor impacto, con el fin de generar un proceso cada vez más enriquecedor para la comunidad:

1.1.1.9.1.1 Actores identificados y convocados

Este indicador muestra el número total de actores identificados y el número de actores que fueron convocados a cada uno de los espacios de trabajo:

$$\frac{(N° \ de \ actores \ identificados)}{(N° \ actores \ convocados)}$$

1.1.1.9.1.2 Actores convocados y asistentes

Se realiza un análisis de los actores que fueron convocados y las personas asistentes a los espacios de participación desarrollados durante el proceso:

$$\frac{(N° \ de \ actores \ convocados)}{(N° \ actores \ asistentes)}$$

1.1.1.9.1.3 Participación de actores por género

Se realiza un análisis de la identificación de genero con respecto a los actores participantes en los diferentes espacios realizados:

$$\frac{(N° \ de \ actores \ asistentes)}{(N° \ actores \ femenino/masculino)}$$

1.1.1.9.1.4 Número de espacios desarrollados

Este indicador hace referencia al número de espacios participativos planeados para cada una de las fases versus los espacios cumplidos efectivamente:

$$\frac{(N° \ de \ espacios \ de \ participación \ planeados)}{(N° \ espacios \ desarrollados)}$$

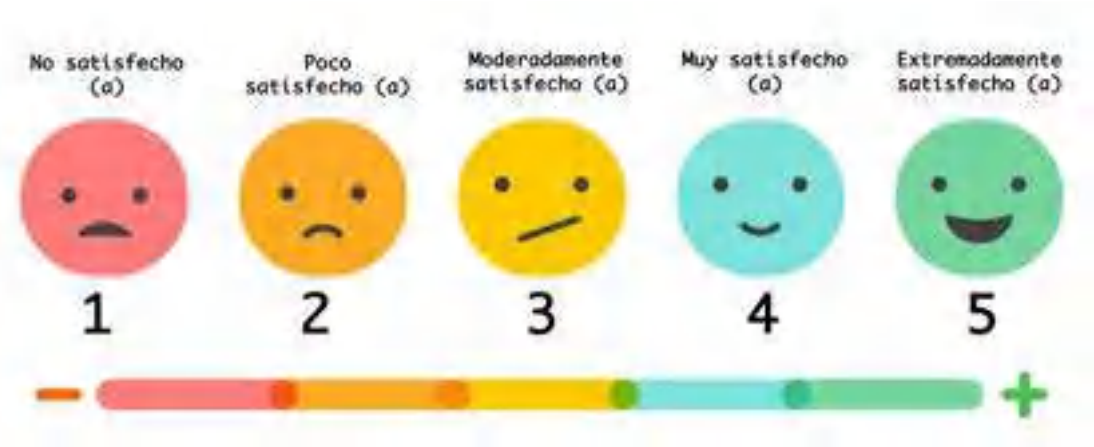
1.1.1.9.1.5 Indicadores de impacto/percepción

Por último, se establece un indicador de precepción del impacto de la estrategia de participación en la cotidianidad de los actores y líderes del proceso. Este proceso de evaluación será aplicado durante tres fases: diagnostico, usos potenciales del recurso y elaboración del PORH; con el fin de establecer la apropiación de participación que se obtuvieron por parte de los actores durante los diferentes procesos. Para su aplicabilidad, se entregará a los asistentes a los encuentros un formato para analizar los siguientes indicadores, utilizando una escala de valoración de 1 a 5, en donde las valoraciones de 1 a 2 son consideradas negativas y las de 3 en adelante, se consideran experiencias positivas para los actores:

Tabla 2 Indicador de percepción de impacto de la estrategia de participación.

1. INDICADOR: Percepción de beneficios en la supervivencia y actividades cotidianas de los actores.
AFIRMACIÓN: Las actividades y encuentros realizados en el PORH han traído beneficios directos sobre el cuerpo de agua y en las dinámicas sociales, económicas y productivas de los actores
MEDICIÓN:
2. INDICADOR: Nivel de satisfacción en relación con las actividades de participación realizadas en el marco de la formulación del PORH.
PREGUNTA: ¿Qué tan satisfecho (a) se encuentra usted con los productos, actividades y avances del PORH?

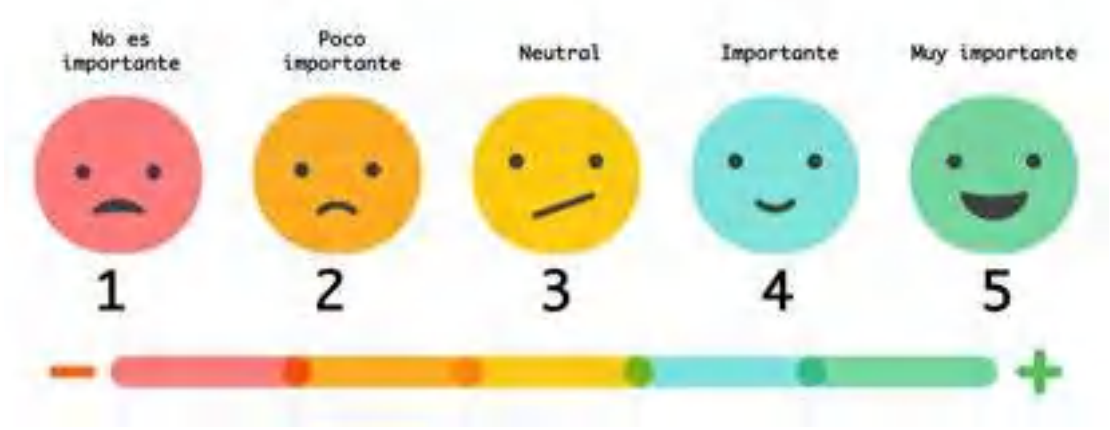
MEDICIÓN:



3. INDICADOR: Grado de importancia y apropiación social del PORH entre los actores.

PREGUNTA: ¿Qué tan importante considera usted que es el PORH para su comunidad/ organización / sector y en general para el municipio?

MEDICIÓN:



4. INDICADOR: Proyección de la participación en otros escenarios de apropiación social.

PREGUNTA: ¿Con quién ha compartido la información, lo aprendido y construido en los encuentros anteriores?

PARÁMETROS:

☐ Familia

☐ Vecinos

☐ Compañeros y compañeras de trabajo

☐ Miembros de la JAC

☐ Jóvenes y estudiantes de las IE

☐ Otros: _____
5. **INDICADOR:** identificación de interiorización de conocimiento de los actores en el proceso participativo del PORH
PREGUNTA A: Para usted, ¿cuál ha sido el aprendizaje más significativo de este proceso PORH?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.
PREGUNTA B (FASE DIAGNÓSTICO): Para usted, ¿los resultados de cantidad y calidad del agua le permitieron mejorar el uso que usted le da al agua?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.
PREGUNTA C (FASE DIAGNÓSTICO): Para usted, ¿las actividades productivas de su vereda podrían beneficiar o perjudicar las fuentes hídricas? ¿Cómo se podrían mejorar esas prácticas productivas?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.
PREGUNTA D (FASE USOS POTENCIALES): Para usted, ¿los usos actuales que usted y sus vecinos le dan al agua sí coinciden con los usos potenciales a futuro?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.
PREGUNTA E (FASE USOS POTENCIALES): Para usted, ¿sería posible reducir la cantidad y la calidad del agua servida que sale de sus hogares o de sus actividades productivas?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.
PREGUNTA F (FASE ELABORACIÓN DEL PLAN): Para usted, ¿es más importante pensar en su vereda en: la cantidad de agua, la calidad del agua, ¿o la disponibilidad (acceso) al agua? ¿Por qué?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.
PREGUNTA G (FASE ELABORACIÓN DEL PLAN): Para usted, ¿Los proyectos definidos si recogen las acciones para apoyar a la solución de los problemas socioambientales referentes al agua?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.

PREGUNTA H (FASE ELABORACIÓN DEL PLAN): Para usted, ¿Cree que hay más proyectos que ayudarían a su vereda en cuanto a la cantidad de agua, su calidad y su acceso?
MEDICIÓN: Pregunta abierta.

Fuente: elaboración propia, 2021.

Finalmente, para tener un control y seguimiento de los indicadores expuestos anteriormente, se implementará una matriz de evaluación de seguimiento de cada una de las actividades realizadas por fases de ejecución del PORH, en donde se analizará cada indicador propuesto entorno a actividades realizadas, como se observa en la siguiente en la *Figura 13.* Esta matriz estará comprendida por los indicadores: Fase, actividad, objetivo, indicador (actores identificados y convocados, actores convocados y asistentes, participación de actores por género, numero de espacios desarrollados, impacto y percepción) y observaciones.

Figura 13 Matriz evaluación de indicadores

Evaluación de seguimiento								
Fase	Actividad	Objetivo	Indicador					Observaciones
			Actores identificados y convocados	Actores convocados y asistentes	Participación de actores por género	Número de espacios desarrollados	Indicadores de impacto/percepción	

Fuente: elaboración propia, 2021.

Se realiza la respectiva modificación entorno a la observación del apartado de la siguiente manera:

Al finalizar el apartado se realiza la especificación que se implementara una matriz de evaluación de indicadores con el objetivo de realizar el respectivo seguimiento de los mismo y se da a conocer los aspectos a considerar dentro de dicha matriz de evaluación.

1.1.2 DEFINICIÓN DE TRAMOS O SECTORES DE ANÁLISIS

Acorde a las recomendaciones brindadas por la guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico, se realiza un análisis multicriterio, identificando segmentos homogéneos a lo largo del sistema lotico. Se contemplaron aspectos hidrológicos, hidráulicos, ecológicos, infraestructuras hidráulicas, usos y usuarios del recurso hídrico, así como elementos transversales, como el monitoreo de calidad y cantidad de agua. Seguidamente se presentan todos los criterios analizados, desde las diferentes especialidades y posteriormente se presenta los segmentos definidos para el análisis y presentación de resultados.

1.1.2.1 HIDROLOGÍA

La discretización y estructuración de la información recopilada no permite realizar un análisis concreto que defina características de la respuesta hidrológica del sistema al nivel de detalle suficiente, a su vez, no se cuenta con la delimitación y codificación de unidades de nivel subsiguiente (Nivel II), a las unidades analizadas en el marco de desarrollo de este instrumento de planificación.

El alcance de este numeral comprende un enfoque estrictamente hidrográfico, el cual tiene relación directamente proporcional con la respuesta hidrológica, si bien no se puede establecer la magnitud de flujo que trascurre por dichas unidades, sí es posible relacionar magnitudes de flujo en relación con la extensión de área interceptada.

Seguidamente, se presentan los principales tributarios en relación con sus potenciales aportes de escorrentía superficial. La toponimia resaltada corresponde a la asignada en la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); las coordenadas asociadas se encuentran en el sistema de proyección Magna Sirgas CTM12.

Tabla 3 Principales tributarios Río Guaquimay

No	X	Y	CUENCA
1	4853686.6	2159133.88	Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande
2	4856536.38	2158475.2	Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina
3	4856543.1	2158192.26	Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina
4	4859711.03	2156034.85	Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina
5	4859960.38	2155569.27	Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama
6	4863300.83	2154544.99	Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay
7	4869597.79	2161403.3	Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 4 Principales tributarios Río Negro

No	X	Y	CUENCA
1	4887898.48	2139706.12	Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incluyendola

2	4881291.69	2142867.74	Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro
3	4880361.2	2142927.1	Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro
4	4875475.69	2150988.39	Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro
5	4871813.6	2152204.29	Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro
6	4871701.18	2154374.32	Rio Mencipá y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro
7	4871684.07	2154943.14	Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro
8	4871459.22	2160103.39	Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

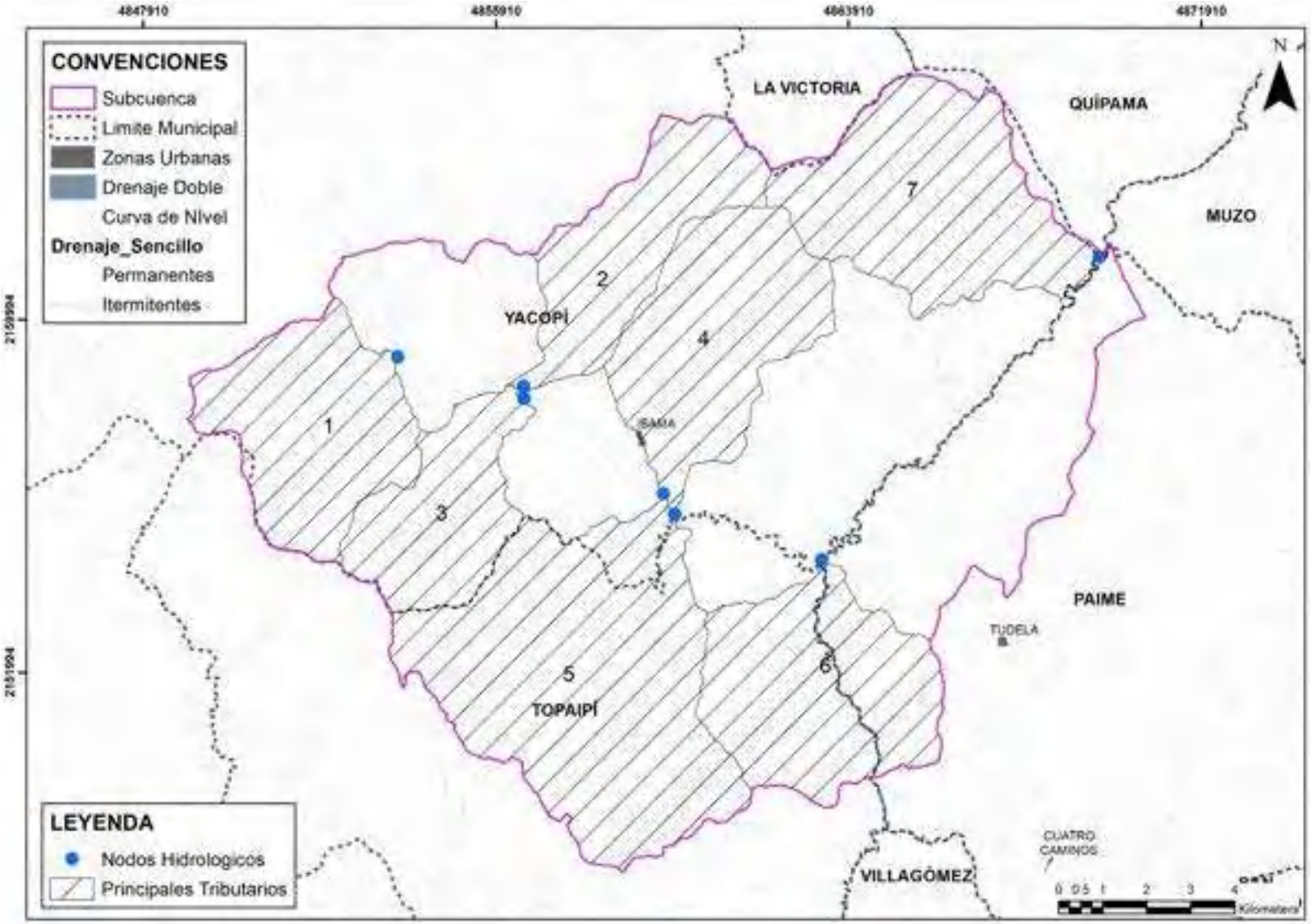
Tabla 5 Principales tributarios Río Palenque

No	X	Y	CUENCA
1	4888558.49	2146950.66	Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola
2	4890709.15	2152879.5	Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto
3	4891171.55	2154177.69	Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto
4	4887830.56	2160072.9	Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque
5	4887117.83	2162726.04	Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque
6	4886040.68	2163145.82	Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica
7	4884053.77	2165745.55	Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo
8	4882804.7	2168629.36	Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo

No	X	Y	CUENCA
9	4880331.91	2172705.34	Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo

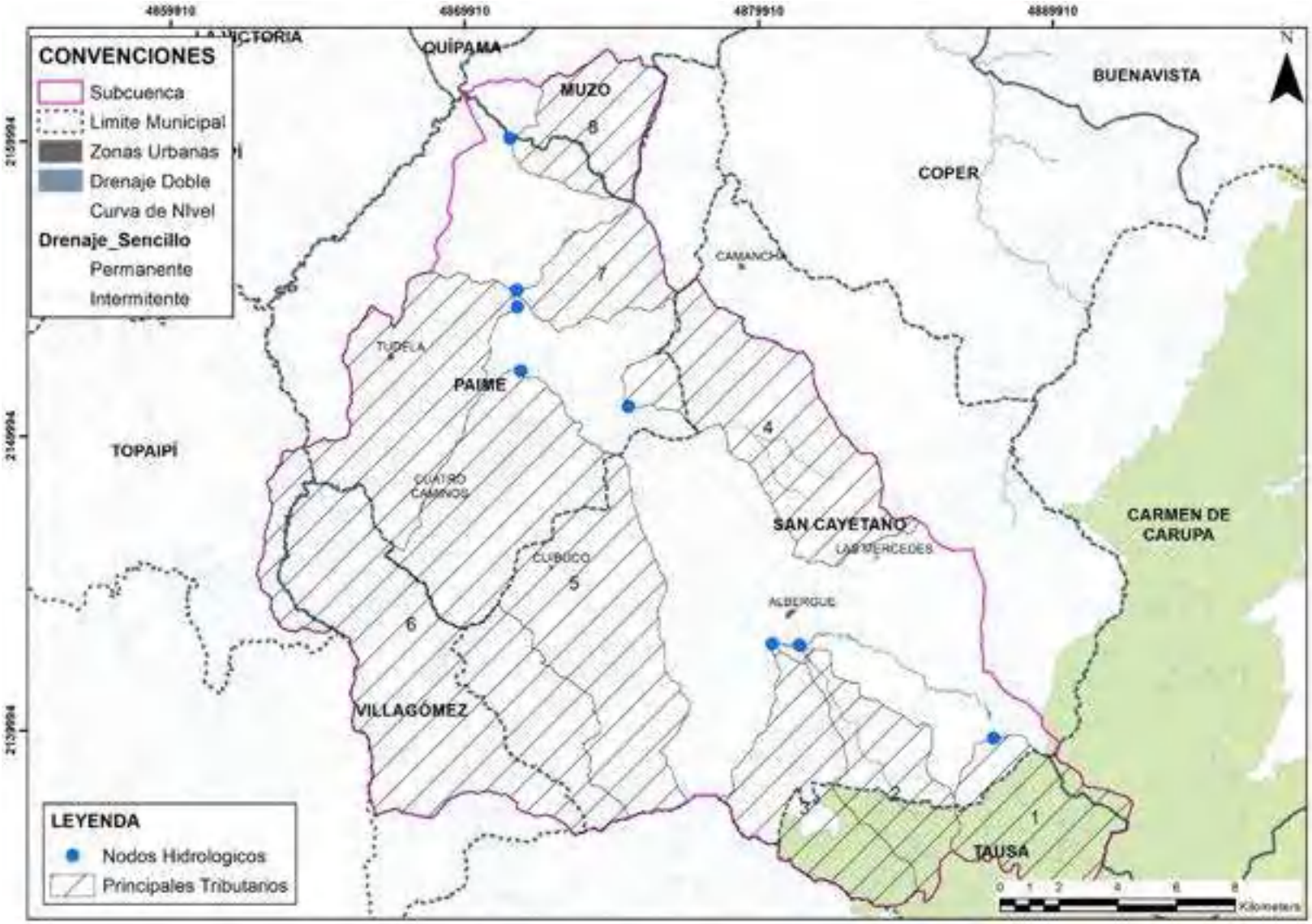
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 14 Principales tributarios Río Guaquimay



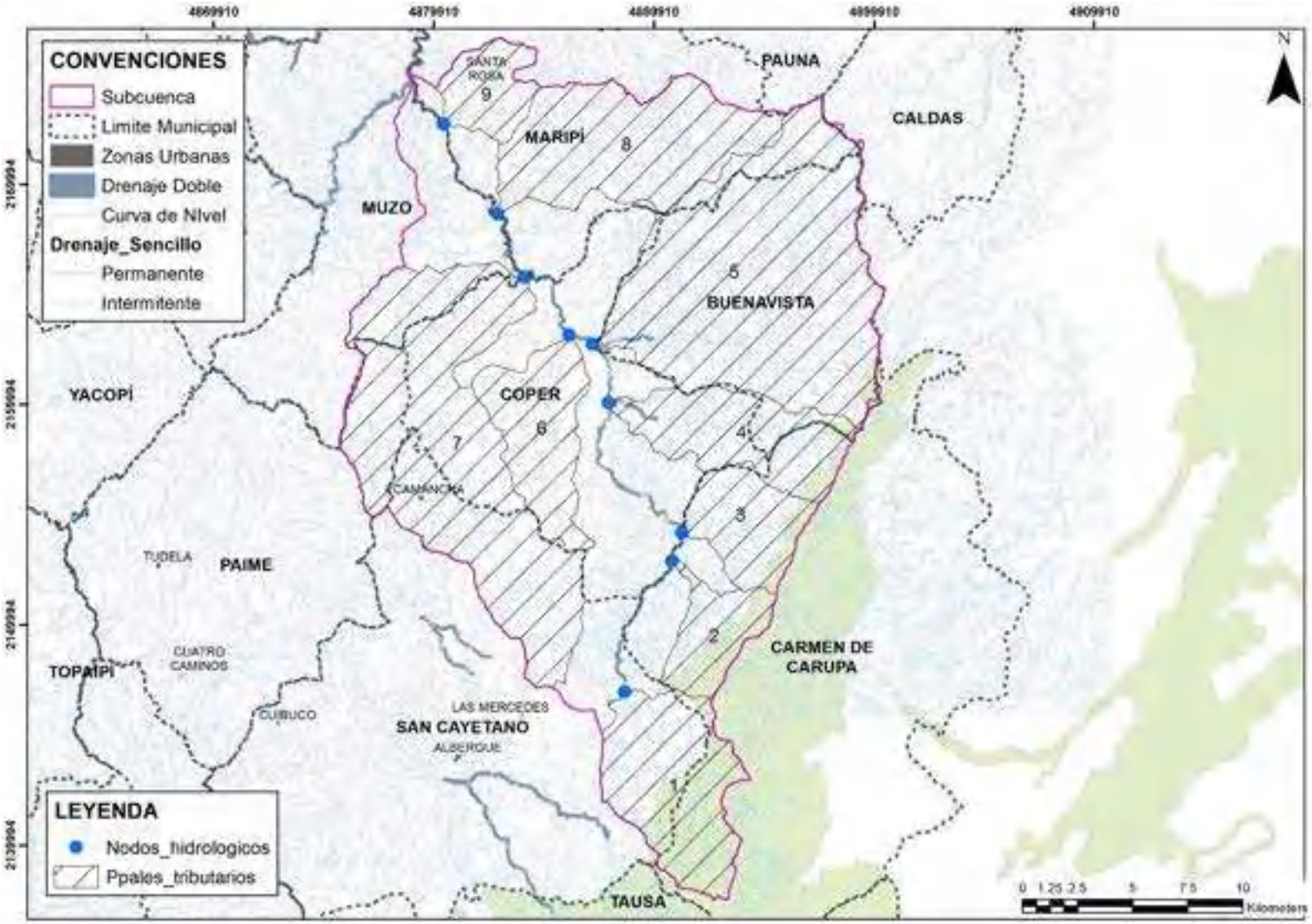
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 15 Principales tributarios Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 16 Principales tributarios Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.2 HIDRÁULICA

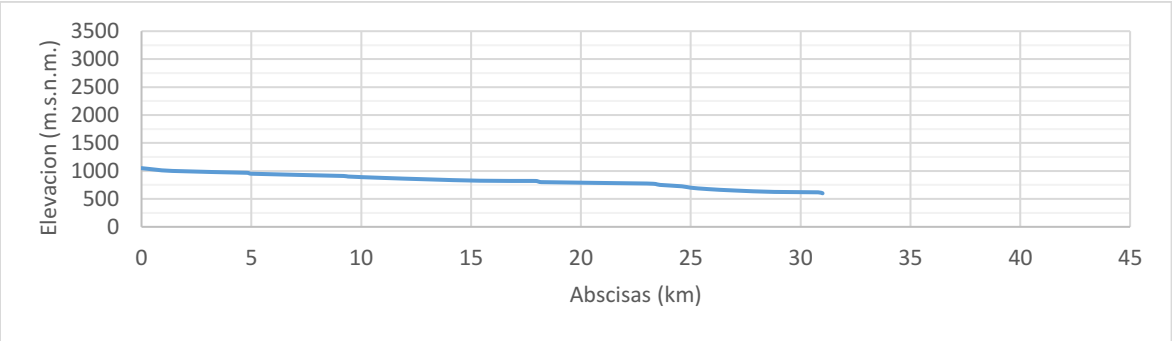
En referencia al nivel de detalle requerido, no se dispone de la información completa asociada a la hidráulica de las unidades en ordenamiento, sin embargo, se puede abordar bajo una de las principales características, tales como pendiente del cauce, la cual influye en las velocidades de desplazamiento del agua a lo largo del sistema de drenaje, así como la proporción de la sección transversal del lecho ocupada por el flujo. Para el análisis se tuvo en cuenta los perfiles longitudinales de los cauces principales, con el fin de identificar aquellos cambios importantes de pendiente que generan alteraciones de las características hidráulicas. La Figura 17 presenta el perfil longitudinal de los diferentes cauces mediante la cual se puede observar en términos generales los cambios en mención.

Adicionalmente, se incluye el segundo elemento rector de la hidráulica, correspondiente a la magnitud de los flujos que transitan por el drenaje natural, por tal razón es importante relacionar el proceso jerárquico de acumulación de caudales de los principales tributarios de los ríos objeto de ordenación. Para tal selección se tuvo en cuenta las unidades hidrográficas mencionadas en la sección anterior sobre las cuales se deduce una respuesta hidrológica significativa en términos de volúmenes de agua.

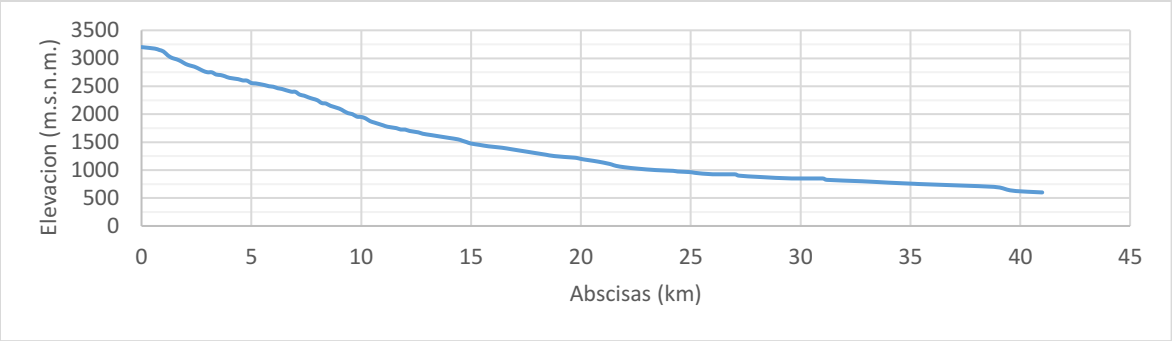
Los perfiles desarrollados muestran que el río Guaquimay se describe como una línea pseudo recta con pendiente descendente desde su nacimiento hasta su desembocadura; por otra parte, los perfiles de los ríos Negro, Palenque y Villamizar describen una curva convexa con altas pendientes en sus nacimientos que van disminuyendo conforme se desarrolla longitudinalmente el cauce hasta hacerse asintótico al eje x. Los puntos de inflexión para los cauces que describen una curva corresponden a las abscisas K21+600 con una altura de 1075 msnm para el río Negro, a la abscisa K19+400 con una altura 1000 msnm para el río Palenque, y la abscisa K14+600 con una altura de 716 m.s.n.m. para el río Villamizar. Las longitudes, así como las alturas denotan aspectos de importancia a tener en cuenta en la caracterización geomorfológica, del mismo modo la semejanza de los parámetros abscisa y altura se puede deducir como homogeneidad de los ambientes estructurales, geológicos y de suelos que rigen sobre el comportamiento y la formación de los cursos de agua al interior de las unidades hidrológicas en estudio.

Por último, se analizó una vez definido cada uno de los tramos, su respectiva variación de la pendiente, permitiendo tener una referencia particular de la hidráulica de la red de drenaje en lo que respecta a identificación de zonas de transición entre las zonas rápidas a zonas lentas y viceversa, que pueden relacionarse a zonas de mezcla y de acumulación de sedimentos.

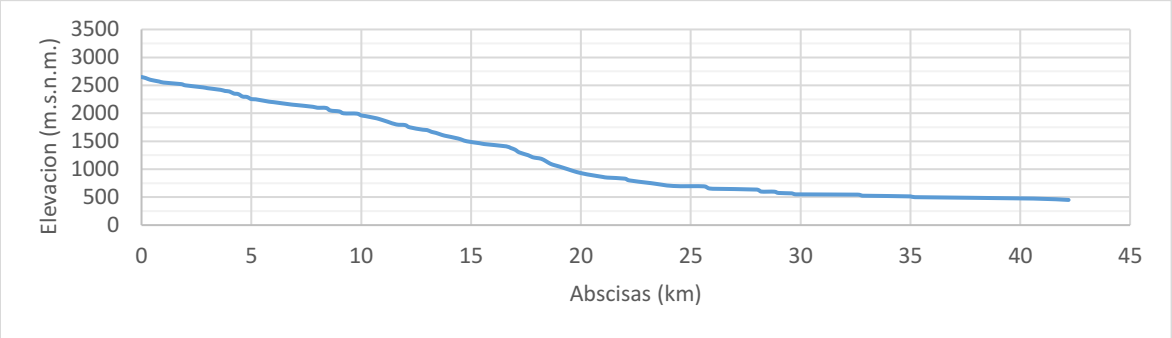
Figura 17 Perfiles longitudinales



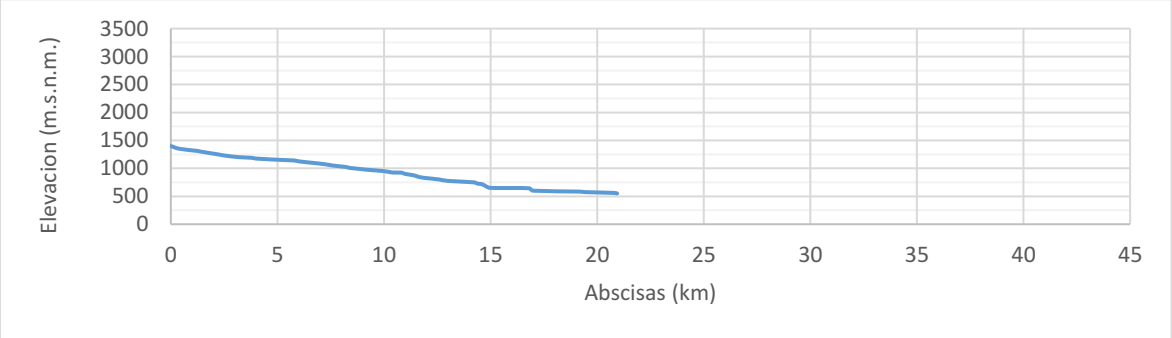
a) Río Guaquimay



b) Río Negro



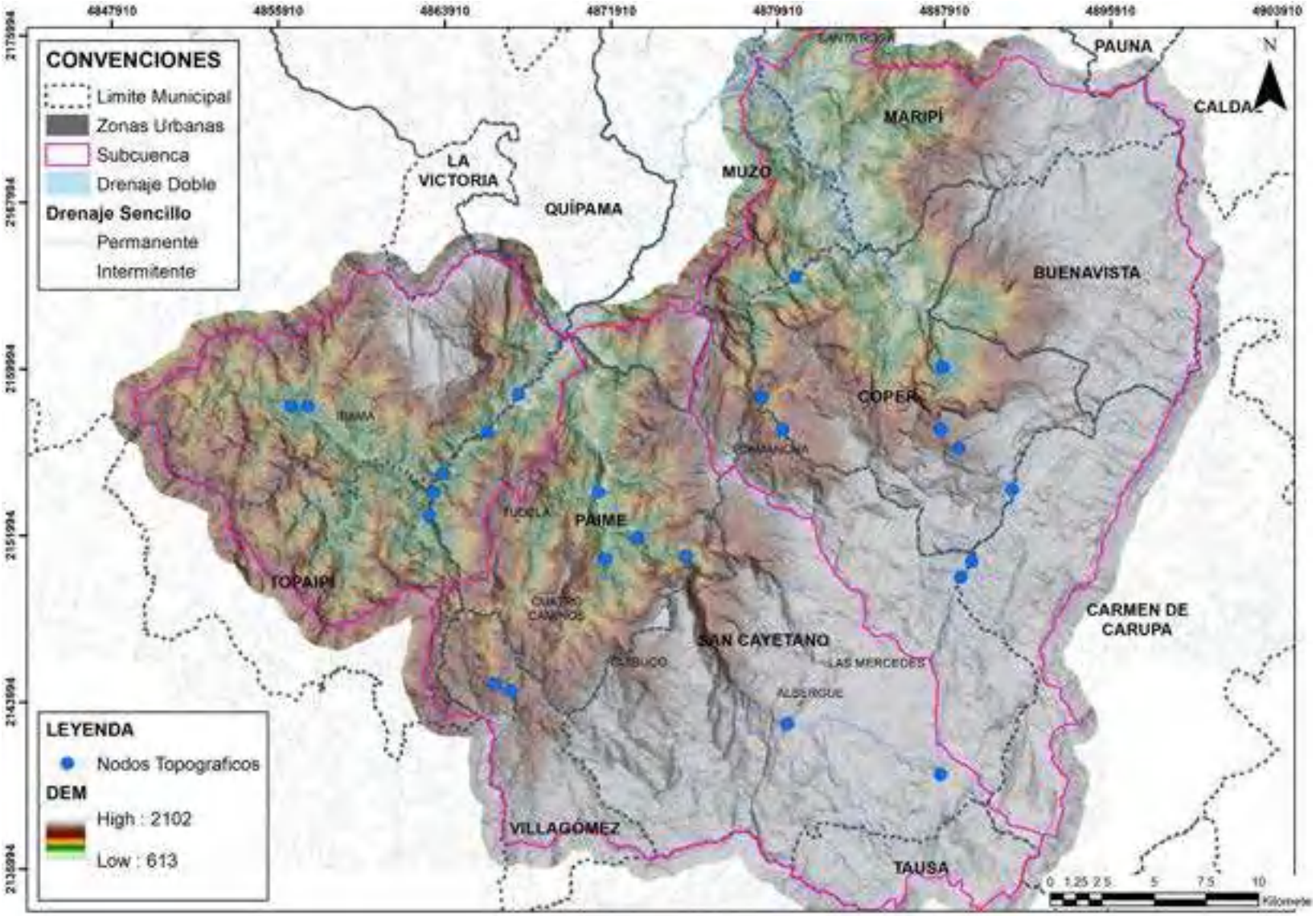
c) Río Palenque



d) Río Villamizar

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 18 Cambios significativos de pendiente y elementos de barrera



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.3 ECOLOGÍA

Respecto a aspectos ecológicos frente a comunidades ícticas, hidrobiológicas y microbiológicas, la segmentación de cauces se relaciona a las configuraciones morfológicas, las cuales pueden ser comparables a diferentes posiciones latitudinales de cada sistema lótico, *"ya que son expresiones de la interrelación de procesos similares entre el ciclo del agua, el de sedimentos y otros ciclos, a diferentes escalas espaciales y temporales",* incluyendo las respectivas relaciones geológicas y climáticas, que convergen en aspectos comunes de formación y respuesta de las diferentes fuentes hídricas superficiales de la región, inherentemente referenciados a los procesos morfodinámicos*; "así mismo define la estructura física del hábitat fluvial que con el régimen de caudales, determina la idoneidad de dicho hábitat para el sustento de la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos"* (MINAMBIENTE, 2019).

En concordancia con lo anterior las zonas de transición identificadas en los aspectos hidráulicos tienen una íntima relación con los aspectos ecológicos, allí se desarrolla procesos que son trasversales, tales como la aireación de la fuente, la descomposición activa y pasiva de la materia orgánica. De tal modo los tramos allí definidos se solapan con los tramos requeridos para los aspectos ecológicos.

Adicional a lo anterior se buscan barreras topográficas como elementos definidores de aspectos ecológicos, barreras que interfieren en la conectividad longitudinal e inciden sobre las variables mencionadas. Si bien los modelos digitales de elevación se han convertido en herramientas importantes para el análisis hidrológico, el nivel de detalle de sensores de uso libre no permite reconocer claramente estos aspectos, por lo cual la identificación se desarrolla mediante la revisión de imágenes satelitales dispuestas por Bing y Google. Desde este aspecto, una vez revisada la información no se identifican barreras topográficas en las unidades hidrográficas.

1.1.2.4 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

La infraestructura hidráulica perteneciente a las unidades de análisis, fueron identificadas y georreferenciadas, desde el producto de levantamiento de usos y usuarios, aprovechando el desarrollo de los recorridos, donde se resume lo siguiente para cada unidad hidrográfica objeto de ordenación.

1.1.2.4.1 Río Guaquimay

Se encontraron un total de 71 estructuras hidráulicas; se hallaron estructuras como alcantarillas y puentes, construidos en materiales como guadua, concreto, varillas y tubería de PVC. El 71,83% se encuentra en funcionamiento y el otro 28,17% no. Además, el estado de las estructuras en algunos casos es bueno y en otros regular, según lo percibido por los profesionales en campo.

1.1.2.4.2 Río Negro

Se encontraron un total de 400 estructuras hidráulicas, correspondientes a estructuras como alcantarillas, box culvert, gaviones, muros de contención, pontones, bateas y puentes; construidos en materiales como concreto, guadua y acero. Cerca del 71% se encuentra en funcionamiento y el

restante en pobres condiciones. Además, el estado de las estructuras en algunos casos es bueno y en otros regular, según lo percibido por los profesionales en campo.

1.1.2.4.3 Río Palenque

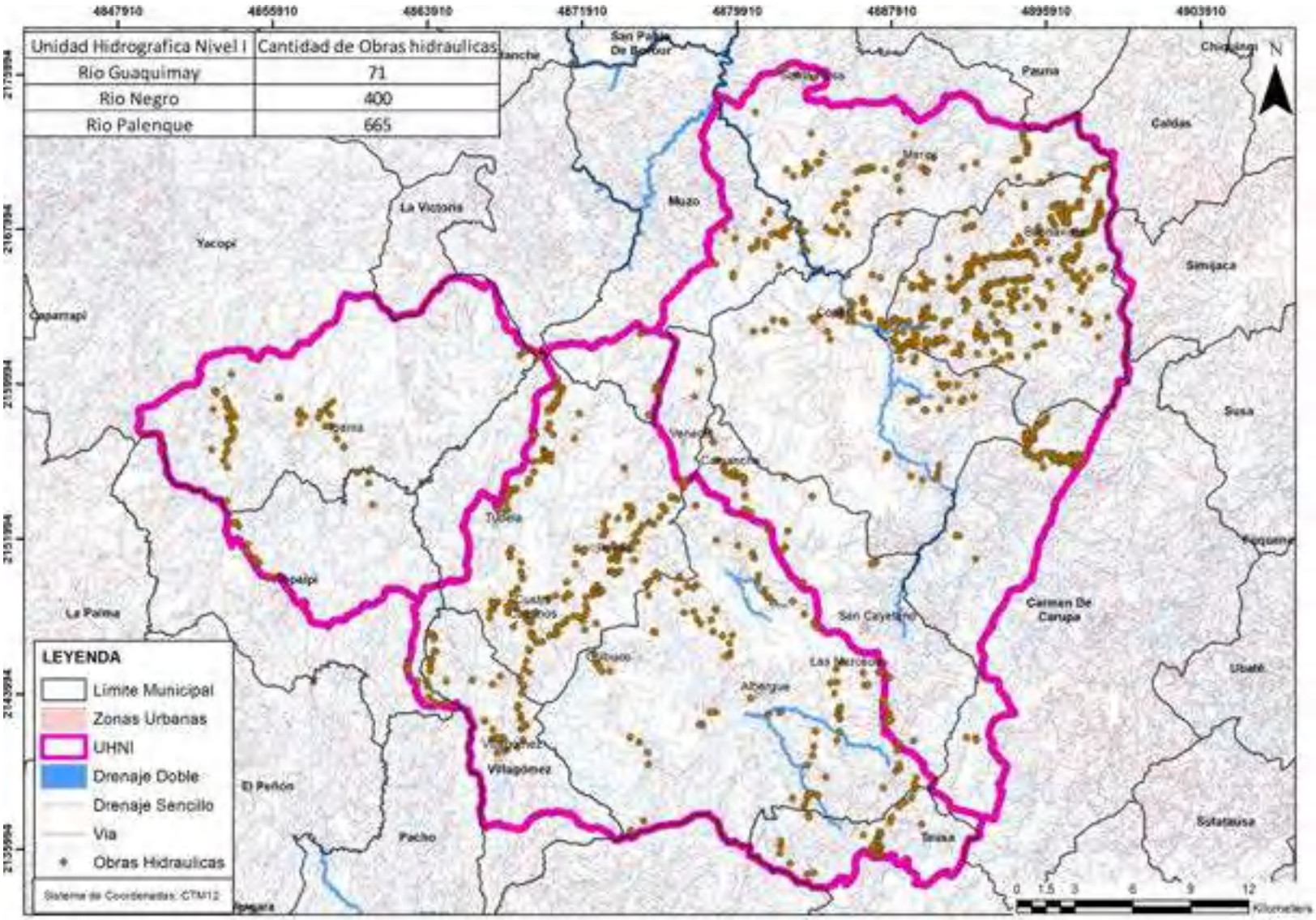
Se encontraron un total de 665 estructuras hidráulicas. Se hallaron estructuras como alcantarillas, box culvert, muros de contención, bateas y puentes; construidos en materiales como concreto y acero. El 97,29 % se encuentran funcionamiento y el 2,70 % no se encuentra funcionando o no se obtuvo la información. Además, el estado de las estructuras es entre bueno y regular, en su mayoría, según lo percibido por los profesionales en campo.

Es de resaltar que, la información detallada de las infraestructuras hidráulicas, reposa en profundidad en la sección 1.4.3 análisis de la información del documento asociado al producto de levantamiento de usos y usuarios, así mismos todo su registro fotográfico se encuentra en los RURH digitalizados. Cabe aclarar que en este apartado sólo se incluyen estructuras hidráulicas de control y aquellas relacionadas con la infraestructura vial, por otra parte, las infraestructuras empleadas para la captación y vertimiento serán tenidas en cuenta en las secciones posteriores respectivamente 1.1.2.5.3 y 1.1.2.6.1 de este documento.

Desde este aspecto no se contemplan puntos importantes, no se presentan estructuras que afecten las condiciones de flujo u elementos que restrinjan la conectividad longitudinal sobre los tramos de análisis ni elementos que generen alteraciones en el régimen de los cursos estudiados.

En su mayoría, se presentan estructuras asociadas a las vías para el tránsito y sorteo de fuentes hídricas. Para los casos de corrientes con ancho significativo se emplean puentes y pontones, el cual es el caso que se sobreponen a los cursos hídricos en análisis, por otra parte, y en la mayor proporción se presentan estructuras de tipo alcantarillas para pequeños cursos de agua, no obstante, dicho elementos no se sobreponen sobre las corrientes a analizar.

Figura 19 Localización de infraestructuras hidráulicas



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.5 USOS Y USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO

Desde el punto de vista de usos y usuarios del recurso hídrico, se revisa la información primaria y secundaria, con correspondencia al censo de usuarios realizado para el actual instrumento de planificación, información espacial de usos y cobertura actual del suelo desarrollada a escala 1:25000 en la formulación del POMCA del río Carare (Minero), expedientes de concesiones suministrado por las corporaciones, mapeo de los principales centros poblados ubicados al interior de las unidades de análisis así como la información de demanda de agua por unidades hidrográficas de nivel I suministrada por la corporación.

Si bien el desarrollo temático analizado no permite establecer para las unidades de nivel II la magnitud de la presión por el recurso hídrico, otorga un punto de partida para la caracterización de usos del agua en las unidades objeto de ordenación.

1.1.2.5.1 EXPEDIENTES DE CONCESIONES DE AGUA

Se presenta el análisis y espacialización de los expedientes de concesiones de agua suministrados por las entidades territoriales, con los cuales se identificaron los usos sectoriales del agua, la magnitud de las concesiones y las zonas donde se ejerce la mayor presión por el recurso hídrico. Además, se estableció la ponderación y representatividad de cada uno de los sectores del agua al interior de las unidades de análisis.

La localización espacial de los expedientes es importante para poder definir adecuadamente la distribución espacial, en este caso para cada una de las unidades de análisis y a futuro para la caracterización de la demanda por unidades de menor dimensión, y así establecer las relaciones entre la oferta y la demanda hídrica, con la cual se pueden proponer los lineamientos a seguir desde la planificación para mantener el desarrollo de las actividades socio económicas y la sostenibilidad en el tiempo de los servicios ecosistémicos.

La información suministrada como se mencionó anteriormente, es importante para efectuar los análisis de oferta y demanda hídrica, sin embargo, la configuración de las captaciones consistente en captaciones localizadas sobre pequeños cursos de agua de carácter de nacimientos, quebradas o manantiales, no inciden sobre los cauces objeto de segmentación, por lo cual no se consideran sectores de análisis; puesto que no hay determinantes dentro de las concesiones de agua que generen alteraciones en el régimen de los cauces principales a analizar que deban ser tenidas en cuenta.

Seguidamente se presenta las fuentes de información revisadas; la primera sección concierne a la documentación del POMCA del Río Carare (Minero), específicamente la tabla 159 del documento diagnóstico que relaciona el número de expediente las coordenadas cartográficas en el sistema de proyección Magna Colombia Bogotá, la sectorización y el lugar donde se encuentra el expediente. La segunda sección concierne a la información suministrada en la fase de alistamiento por parte de las entidades territoriales que relaciona la base de datos actualizada de expedientes de concesiones de aguas superficiales a la fecha.

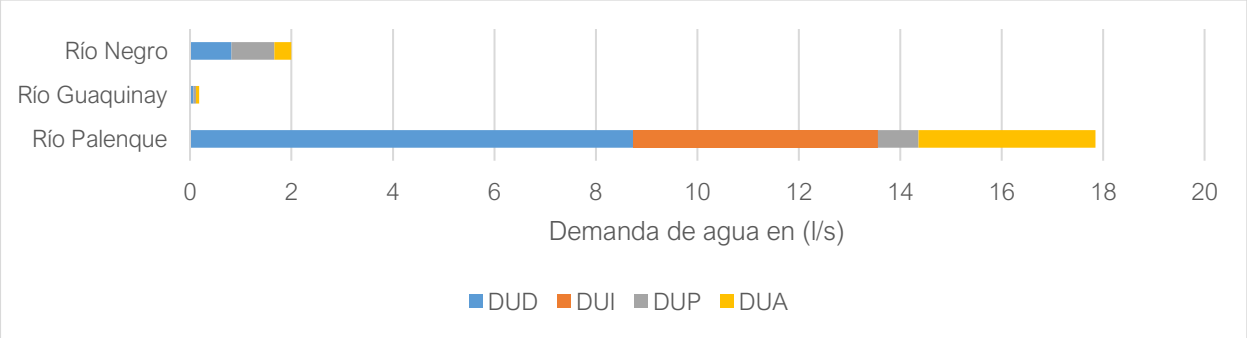
1.1.2.5.1.1 INFORMACIÓN DE DEMANDA HÍDRICA DEL POMCA CARARE (MINERO)

Mediante la información y descripciones descritas en el documento diagnóstico del POMCA Carare (Minero) específicamente en su numeral 2.1.7.9 (Demanda de aguas superficiales por uso) se relaciona la Figura 20. Como anotación, el análisis realizado en dicho documento comprendió la compilación, espacialización y reclasificación de expedientes en torno usos y unidades de análisis de nivel I, de la subzona hidrográfica del río Carare (Minero), para el análisis de acuerdo a lo reportado se empleó el consolidado de concesiones de aguas superficiales entregado por los diferentes entes territoriales donde al interior de la subzona hidrográfica se encuentran 187 expedientes de los cuales la distribución particular dentro de las unidades de análisis de nivel i objeto de este instrumento se dan de la siguiente manera 7 en el río Guaquimay, 20 en el río Negro y 118 en el río Palenque que consolida el 77.54% del total de la información identificada.

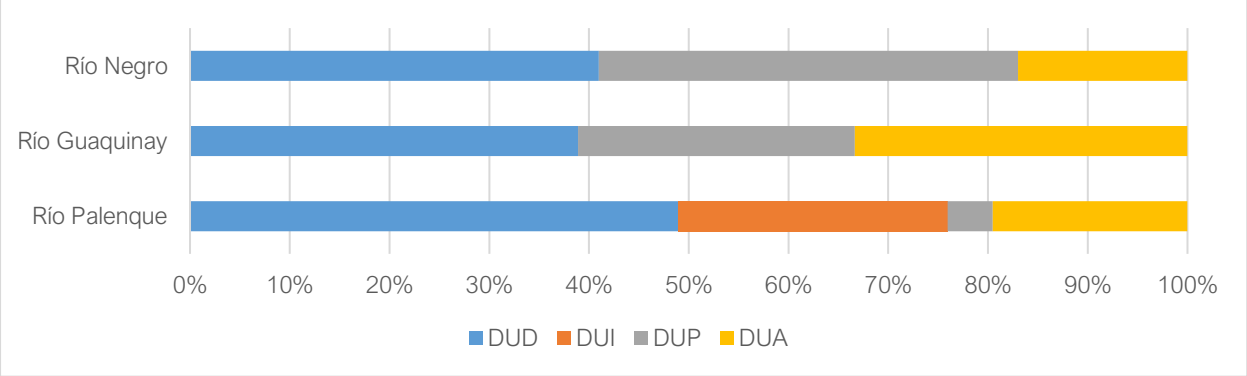
Donde,

DUD: Demanda de agua para uso doméstico.
DUA: Demanda de agua para uso agrícola.
DUI: Demanda de agua para uso industrial.
DUP: Demanda de agua para uso pecuario.

Figura 20 Demanda hídrica POMCA Carare (Minero)



a) Distribución de la demanda hídrica sectorial



b) representatividad de la demanda sectorial

Fuente: Adaptado POMCA del río Carare (minero)

Se destaca que; las actividades antrópicas desarrolladas en las unidades objeto de ordenación se centran en producción pecuaria, agrícola y consumo doméstico, y se advierte de la presencia del uso

industrial. La mayor magnitud de caudal concesionado se ha otorgado al interior de la unidad del río Palenque más precisamente dentro de los límites del municipio de Buenavista; seguidos en representatividad, se ubican los municipios de Paime, San Cayetano y Villagómez, sin embargo, en conjunto apenas se equiparán al 50% de la cantidad de concesiones otorgadas en el municipio de Buenavista.

1.1.2.5.1.2 INFORMACIÓN DE CONCESIONES DE AGUA AUTORIDAD AMBIENTAL.

De acuerdo con la información suministrada por las autoridades ambientales en la fase de alistamiento institucional, así como la respectiva organización de la información de concesiones referentes a las cuencas objeto de ordenación, se relacionan un total de 217 expedientes de concesiones de agua superficial espacializadas y reclasificadas de acuerdo a los usos, subzona hidrográfica del río Carare (Minero), municipio, entre otros. Se resalta que, para este caso particular, la información suministrada presenta una reclasificación conjunta frente al uso agrícola y pecuario denominado uso agropecuario, así mismo se presenta información nueva sobre la que se incluye el uso recreativo. La distribución que concierne a la parte de los expedientes al interior de las unidades de nivel I objeto de este instrumento, corresponde a 12 concesiones para Cuenca del Río Guaquimay, (6 agropecuarias, 5 domésticas y 1 recreativa); 53 concesiones al interior del área hidrográfica del Río Negro (22 agropecuarias y 31 domésticas); y 152 en la cuenca del Río Palenque (72 agropecuarias, 74 domésticas y 6 industriales).

En comparativa con la información del POMCA se puede relacionar que se han otorgado o legalizado nuevas concesiones después de la publicación de dicho documento, lo que conduce a una mayor proporción de caudales otorgados, situación que ha sido más relevante para las unidades hidrográficas del río Negro y el río Guaquimay. Si bien se ha presentado un aumento tanto de la magnitud como del número de concesiones otorgadas la distribución municipal sigue siendo la misma identificada en la sección anterior.

La totalidad de los expedientes suministrados, se presentan en la siguiente tabla con sus respectivas coordenadas, la información adicional adjunta a los expedientes se suministra en el anexo relacionado a los Expedientes de concesiones de la autoridad ambiental.

Tabla 6 Concesiones de agua autoridad ambiental

ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE	ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE
1	11070	4867655	2141940	123	28667	4894696	2161969
2	11519	4885041	2135555	124	28669	4894941	2161320
3	19652	4863767	2147734	125	28670	4897957	2170252
4	19837	4879790	2137722	126	28671	4897393	2164541
5	23868	4884823	2139576	127	29102	4867255	2139962
6	23868	4884823	2139576	128	29570	4884344	2136424
7	24090	4892684	2150907	129	29570	4884344	2136424
8	26952	4880513	2144322	130	29906	4899436	2170703
9	27071	4870267	2148966	131	29931	4869513	2140788
10	28561	4896841	2168276	132	31070	4906494	2187394

ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE	ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE
11	28607	4898041	2167083	133	32995	4866828	2140758
12	29007	4892869	2150881	134	32995	4866828	2140758
13	29817	4899497	2170055	135	32995	4866828	2140758
14	29820	4899453	2170643	136	33114	4893462	2161653
15	29871	4899380	2170046	137	33221	4893453	2161583
16	30182	4892251	2161887	138	33753	4904969	2185090
17	30192	4867391	2138978	139	34207	4895360	2159091
18	30724	4891855	2150664	140	34394	4868535	2148664
19	30859	4891842	2151974	141	34864	4863363	2148729
20	31101	4898853	2160625	142	35307	4899507	2170021
21	31519	4893812	2164927	143	35554	4895562	2166746
22	31767	4896950	2166215	144	35598	4870842	2152377
23	32424	4871168	2145316	145	35683	4896532	2168129
24	32473	4871001	2152303	146	36146	4851532	2160252
25	32995	4866828	2140758	147	36862	4888678	2141131
26	34219	4857130	2159941	148	37644	4904803	2185112
27	34714	4896954	2166218	149	37905	4893356	2165038
28	35353	4888532	2141115	150	37906	4893356	2165038
29	35353	4888532	2141115	151	37934	4893232	2165091
30	35604	4858236	2160405	152	38152	4895445	2169024
31	37061	4895309	2166993	153	38504	4851892	2160465
32	37592	4908089	2190902	154	39217	4893496	2164452
33	38504	4851798	2160250	155	39541	4891759	2161753
34	38907	4867747	2142545	156	39544	4853191	2157707
35	39844	4902661	2186079	157	40714	4902657	2186083
36	40260	4870531	2138372	158	40907	4896791	2168329
37	41479	4894052	2163062	159	40907	4897177	2167491
38	41531	4853158	2161063	160	41039	4902361	2186460
39	42092	4893394	2166593	161	41196	4888480	2138831
40	42344	4867523	2140823	162	41398	4870664	2138437
41	42661	4894738	2166621	163	41590	4902466	2186208
42	44203	4892936	2165077	164	41612	4901871	2186251
43	44345	4898168	2163563	165	41613	4893104	2164795
44	45013	4896710	2168144	166	41731	4891015	2164606
45	46134	4891281	2150875	167	41952	4851594	2160557
46	46508	4894775	2163544	168	41999	4895147	2167876
47	47054	4895667	2165120	169	42097	4894622	2163501
48	47511	4888473	2162273	170	42616	4895401	2166368
49	47936	4896461	2168092	171	42953	4891790	2167360
50	49608	4897543	2166865	172	42954	4891727	2167736
51	51032	4884579	2149434	173	42957	4895549	2166753
52	51379	4897990	2167941	174	42960	4895577	2166731

ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE	ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE
53	51779	4897990	2167941	175	43165	4851249	2160006
54	52635	4896704	2163669	176	43393	4891802	2167571
55	54963	4896738	2170292	177	43514	4868578	2137229
56	54963	4896738	2170292	178	43695	4857031	2154477
57	54978	4893651	2167141	179	43744	4891954	2167531
58	55065	4895391	2169792	180	44270	4907894	2190889
59	55067	4896723	2165013	181	44472	4891724	2167747
60	55199	4894762	2169332	182	45138	4893100	2164580
61	55203	4895651	2169815	183	46808	4898327	2163499
62	55203	4895651	2169815	184	47246	4891588	2165871
63	55324	4894542	2161836	185	47513	4889540	2163384
64	55489	4893213	2162237	186	48112	4898201	2166586
65	55575	4895528	2163557	187	49543	4888256	2162440
66	55590	4895795	2169863	188	49548	4895263	2166491
67	56305	4895632	2170155	189	49728	4891935	2166117
68	56306	4895421	2169707	190	51085	4893688	2165242
69	57022	4894762	2169332	191	51184	4895382	2170225
70	57245	4895962	2168250	192	55191	4894812	2164080
71	58133	4894784	2169159	193	55834	4889753	2165124
72	58133	4894784	2169159	194	56706	4889779	2165333
73	58707	4890452	2164164	195	56852	4868605	2145829
74	58760	4897125	2170329	196	56861	4889779	2165333
75	58903	4893521	2169853	197	57396	4889537	2163384
76	59035	4893872	2167385	198	57557	4894979	2170316
77	59059	4889705	2166629	199	57761	4879008	2156221
78	59060	4897651	2164833	200	58323	4889665	2165113
79	59292	4888123	2163752	201	58566	4850108	2159499
80	59805	4891975	2151219	202	58659	4856098	2153163
81	59809	4890468	2151747	203	58813	4890968	2143241
82	60255	4898355	2164655	204	58991	4867367	2140444
83	62804	4896436	2165896	205	59062	4889765	2165349
84	64433	4894201	2168567	206	59067	4896743	2168180
85	64510	4878154	2160641	207	59291	4888123	2163752
86	64861	4888153	2141210	208	59680	4879669	2141985
87	65014	4858372	2160498	209	60944	4888529	2144796
88	65717	4888323	2164559	210	62381	4867352	2144183
89	65888	4887865	2139347	211	62744	4867898	2146142
90	65934	4888297	2139363	212	63046	4867606	2145839
91	65934	4888297	2139363	213	63047	4867606	2145839
92	66031	4893533	2165089	214	63425	4889768	2164783
93	66789	4895405	2164977	215	63428	4889772	2165372
94	66790	4895405	2164977	216	65712	4888256	2162440

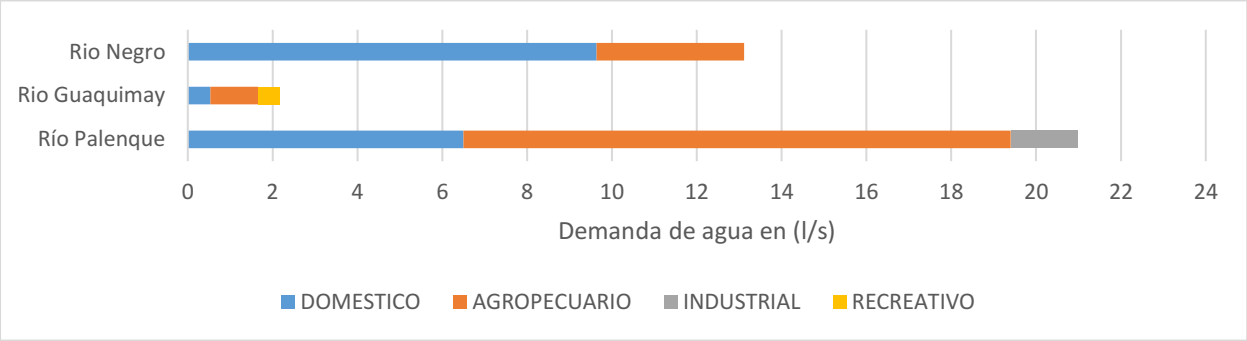
ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE	ID	EXPEDIENTE	ESTE	NORTE
95	67537	4891364	2163080	217	65716	4888842	2165332
96	68582	4903328	2187154	218	65718	4891958	2165547
97	69285	4888388	2164027	219	66216	4891769	2161755
98	69461	4895503	2166957	220	67818	4888089	2162531
99	69756	4893750	2167145	221	67819	4898250	2170533
100	70098	4894201	2168507	222	67820	4888308	2162418
101	70203	4866405	2143381	223	68158	4888287	2162433
102	70216	4850640	2158226	224	68565	4893752	2167145
103	70223	4896550	2170176	225	68566	4893752	2167145
104	70449	4850755	2157138	226	68733	4904768	2185951
105	70455	4894142	2164579	227	68843	4882346	2136427
106	71605	4893539	2165080	228	68947	4892017	2165590
107	71606	4896509	2168142	229	69123	4893750	2167145
108	12245	4872651	2141132	230	69282	4894837	2164858
109	12320	4889830	2135206	231	69757	4894835	2164846
110	12925	4884457	2149243	232	70426	4874065	2149457
111	15638	4893144	2166903	233	70459	4893512	2165228
112	15865	4867584	2141417	234	70556	4850261	2157352
113	15872	4867695	2139118	235	71604	4896839	2168275
114	15872	4867371	2140444	236	72209	4857250	2159741
115	15872	4866828	2140805	237	41768	4890468	2164656
116	15878	4868660	2148957	238	41768	4890746	2164824
117	21543	4851539	2160464	239	41768	4890746	2164824
118	23588	4871170	2151579	240	47584	4890923	2165598
119	24062	4867827	2147123	241	47585	4894381	2166713
120	24062	4868390	2146652	242	73628	4889183	2164283
121	26533	4904185	2184533	243	17664	4855403	2160659
122	27309	4897714	2167081				

Fuente: CAR, CORPOBOYACÁ, 2021

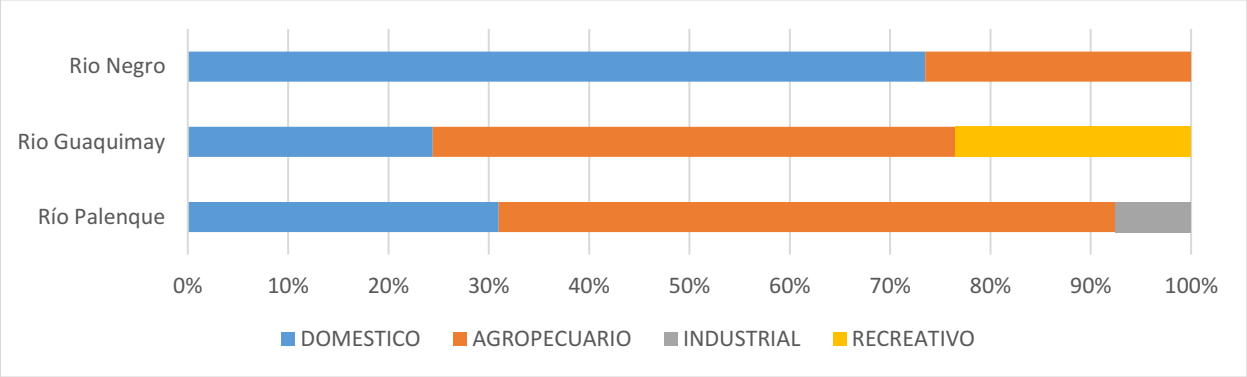
Donde;

Doméstico: Demanda de agua para uso doméstico.
Agropecuario: Demanda de agua para uso agrícola.
Industrial: Demanda de agua para uso industrial.
Recreativo: Demanda de agua para uso recreativo.

Figura 21 Demanda hídrica concesiones actuales



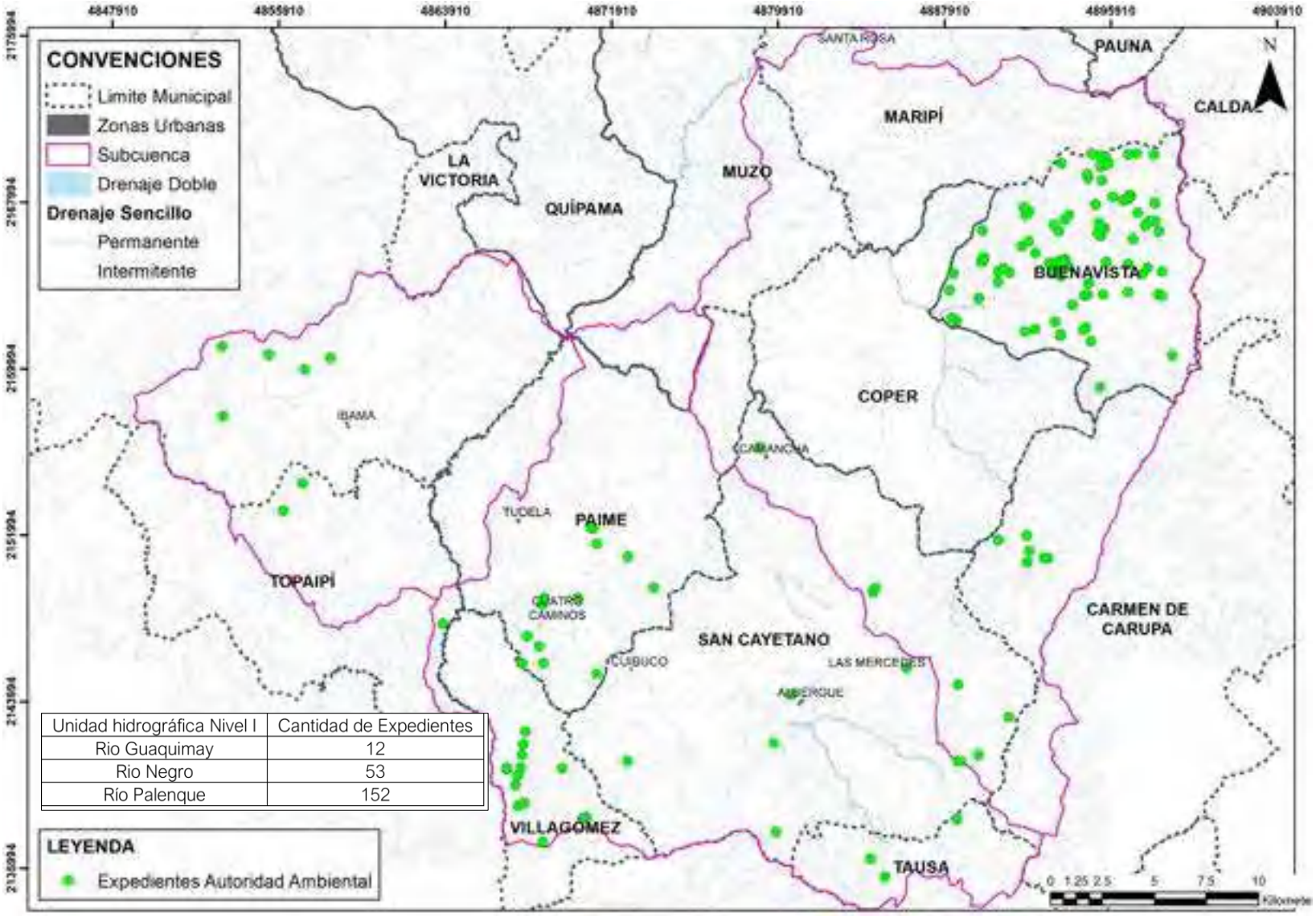
a) Distribución de la demanda hídrica sectorial



b) Representatividad de la demanda sectorial

Fuente: Expedientes de concesiones de agua

Figura 22 Expedientes de concesiones de agua autoridad ambiental



Unidad hidrográfica Nivel I	Cantidad de Expedientes
Rio Guaquimay	12
Rio Negro	53
Río Palenque	152

Fuente: CAR, CORPOBOYACA

1.1.2.5.2 INFORMACIÓN DE USOS Y COBERTURA ACTUAL DEL SUELO

El mapa de coberturas del suelo desarrollado en el marco del POMCA del río Carare (Minero), presenta la información de la distribución y disposición de los usos. La identificación y extensión de estos se define a partir de sensores remotos, completando, donde es necesario con imágenes de uso libre y posterior validación con la fase de campo y post campo. Dada la fecha de expedición del diagnóstico del instrumento las coberturas definidas representan el estado del año 2015.

Las observaciones realizadas sobre el mapa de coberturas del suelo son consistentes con los resultados dados por la información de concesiones, se valida la presencia del uso pecuario a partir de zonas de pastos, el uso agrícola con zonas para cultivos permanentes y transitorios, sin embargo, caben resaltar las siguientes precisiones: La definición de coberturas en su mayor proporción presenta características de mosaicos, arreglos que están relacionados a factores de tamaño de los predios, las condiciones de los suelos y las prácticas de manejo, su distribución se presenta de manera irregular sobre toda la superficie de las unidades hidrológicas de nivel I en estudio. También se visualizan coberturas de tipo natural igualmente fragmentadas a lo largo de las unidades de análisis bajo la ruptura de las fronteras para la extensión de actividades productivas.

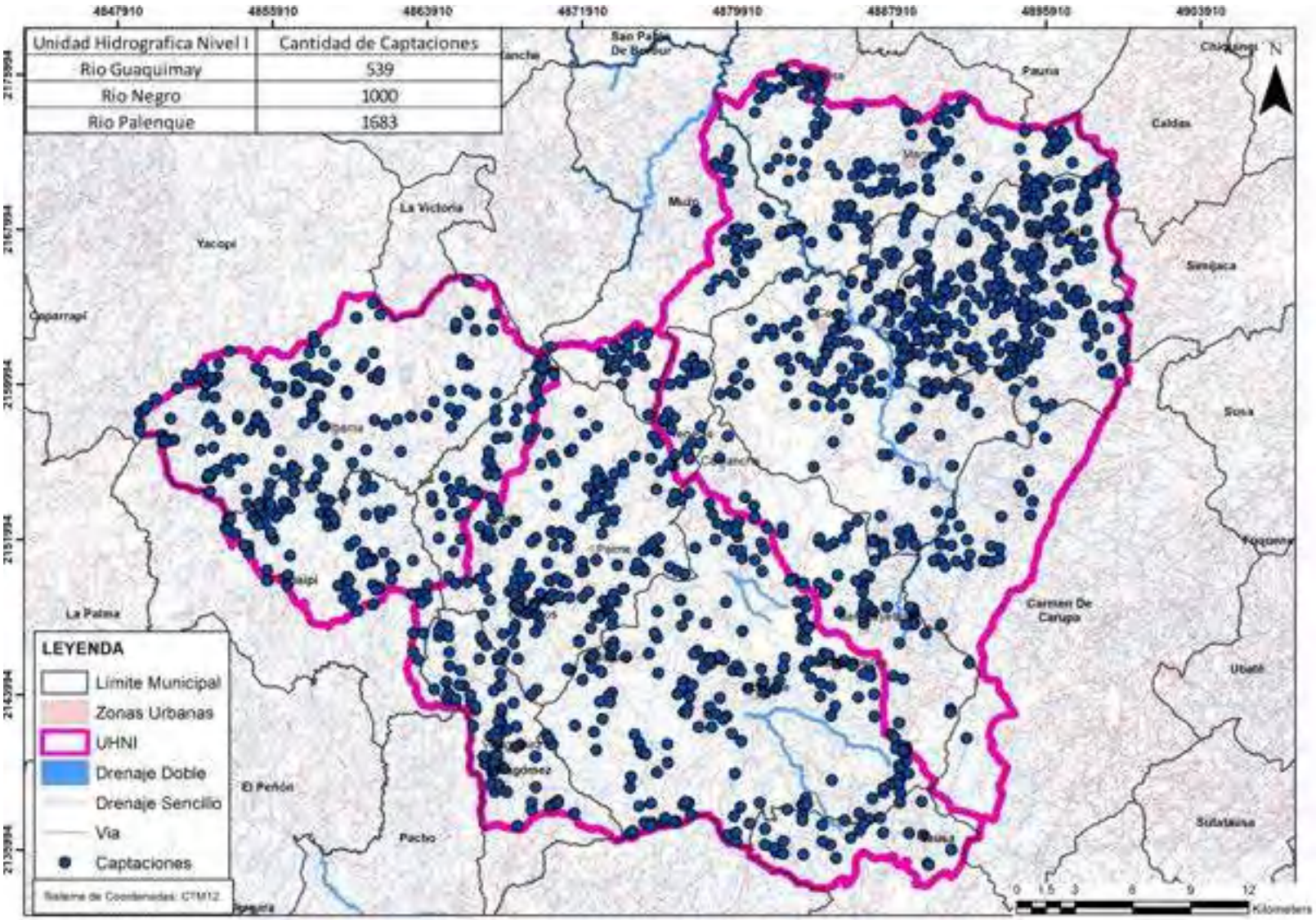
Por otra parte, se presentan localmente dos coberturas adicionales sobresalientes; la primera, corresponde a cultivos permanentes intensivos de tipo arbustivo ubicados al interior de la unidad de manejo del río Negro que involucra los tributarios del río Mancipa, río Blanco, así como su corriente principal; la segunda, corresponde a zonas de extracción minera para materiales de construcción ubicada junto a la corriente principal de la unidad hidrológica del río Palenque. La anterior identificación es destacable por encima de las coberturas homogéneas de la cuenca y hace pertinente su vinculación en la selección de tramos para tener las herramientas técnicas y conceptuales para valorar los efectos de dichos usos en la dinámica de los cauces principales

1.1.2.5.3 CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO

El censo de usuarios del recurso hídrico es un producto robusto desarrollado por el equipo técnico que permite caracterizar la distribución de los usuarios desde diferentes perspectivas, espaciales, sectoriales, formas de tenencia de la tierra, tipos de sistemas de captación, así como otras características relacionadas. Los resultados correspondientes al censo de usuarios abordando los elementos de importancia para este documento, se resumen a continuación.

La mayor proporción de los aprovechamientos del recurso hídrico son de tipo dispersas, donde gran parte de los usuarios provee un punto de captación. Respectivamente las captaciones se efectúan en pequeñas fuentes que van desde nacimientos hasta quebradas, igual a lo observado para las concesiones de agua, cabe anotar que son pocos los casos de tratamiento de agua para el consumo humano y que no hay sistema de captaciones importantes asociados a los cursos de agua principales, por lo cual no hay una influencia directa entre los usuarios identificados mediante el censo y las dinámicas de entradas y salidas de agua de los cauces principales.

Figura 23 Captaciones de agua identificadas en el censo de usuarios.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a la sectorización, hay correlación con los análisis anteriores, siendo consistentes los principales sectores atendidos (doméstico, agrícola y pecuario); también se correlaciona el manejo de las tierras, donde es notable el tipo de parcelación, la cantidad de animales manejados por especie, fijando las relaciones entre lo observado mediante la información espacial y la información levantada en campo, así mismo se identifica que los usuarios no tiene una vocación específica, sino que ejecutan dos o tres actividades productivas. A continuación, se presenta la caracterización resumida para unidad hidrográfica objeto de ordenación.

1.1.2.5.3.1 Río Guaquimay

Se identifica que, de las 539 captaciones, 339 (79,95% dentro de la categoría otros), captan agua directamente de los nacimientos, 99 (18,37%) de quebradas, 67 predios (15,80% dentro de la categoría otros) cuentan con acueducto veredal y en 1 (0,19%) de los predios, se abastecen a partir de la recolección de agua lluvia. 516 de estas captaciones de agua no cuenta con permiso de concesión, 23 de ellas sí. Además, no se cuenta con sistema de tratamiento de agua potable en el territorio visitado, en la mayoría de las viviendas filtran y hierven el agua para su consumo. Adicionalmente de las 539 captaciones presentes en la unidad hidrográfica 3 se encuentran sobre corrientes principales el resto son captaciones dispersas.

El uso predominante del recurso hídrico en la unidad hidrográfica río Guaquimay, es el uso doméstico, seguido del avícola, pecuario, agrícola y acuícola. Para el uso domésticos se halló que la cantidad de personas permanentes son 1290 y transitorias 227. Dentro del uso avícola predominan las gallinas, piscos y patos; en el uso pecuario se encuentran reses, cerdos, caballos y terneros; las especies encontradas dentro del uso piscícola son la mojarra roja, negra y cachama; y los tipos de cultivos encontrados, fueron de cacao, café, caña de azúcar, plátano, limón, yuca, naranja, maíz cebolla.

1.1.2.5.3.2 Río Negro

Se identifica que, de las 1000 captaciones, el 57,40% captan agua directamente de quebradas y en 355 predios (94,92% dentro de la categoría otros) captan agua de nacimientos. 935 de estas captaciones de agua no cuenta con permiso de concesión, 65 de ellas sí. Además, no se cuenta con sistema de tratamiento de agua potable en el territorio visitado. Adicionalmente de las 1000 captaciones presentes en la unidad hidrográfica 20 se encuentran sobre corrientes principales el resto son captaciones dispersas.

El uso predominante del recurso hídrico en la unidad hidrográfica río Negro, es el uso doméstico, seguido del avícola, agrícola, pecuario y acuícola. Para el uso domésticos se halló que la cantidad de personas permanentes son 2695 y transitorias 1566. Dentro del uso avícola predominan las gallinas, piscos, patos, pavos, codornices y gansos; en el uso pecuario se encuentran reses, cerdos, caballos, chivos, conejos, burros y ovejas; las especies encontradas dentro del uso piscícola son la mojarra negra, cachama y trucha; y los tipos de cultivos encontrados, fueron de cacao, café, caña de azúcar, aguacate, arveja, maíz, plátano, frijol, frutales como mango, gulupa, mandarinas, banano, naranja, entre otros

1.1.2.5.3.3 Río Palenque

Se identifica que, de las 1683 captaciones, 344 captan agua directamente de los nacimientos, 773 de quebradas, 21 predios cuentan con acueducto veredal y en 30 de los predios se abastecen a partir de la recolección de agua lluvia. 1486 de estas captaciones de agua no cuenta con permiso de concesión, 197 de ellas sí. Además, no se cuenta con sistema de tratamiento de agua potable en el territorio visitado, en la mayoría de las viviendas filtran y hierven el agua para su consumo. Adicionalmente de las 1683 captaciones presentes en la unidad hidrográfica 5 se encuentran sobre corrientes principales el resto son captaciones dispersas.

El uso predominante del recurso hídrico en la unidad hidrográfica río Palenque, es el uso doméstico, seguido del avícola, pecuario, agrícola y acuícola. Para el uso domésticos se halló que la cantidad de personas permanentes son 9365 y transitorias 2681. Dentro del uso avícola predominan las gallinas, piscos y patos; en el uso pecuario se encuentran reses, cerdos, caballos y terneros; las especies encontradas dentro del uso piscícola son la mojarra roja, negra y cachama; y los tipos de cultivos encontrados, fueron de cacao, café, aguacate, caña de azúcar, plátano, granadilla, yuca, lulo, maíz y cebolla.

En la sección 1.4.3 análisis de la información del Censo de Usuarios, reposan todas las descripciones detalladas de las captaciones identificadas para cada unidad hidrográfica, además, los RURH referencian sus respectivos registros fotográficos.

1.1.2.5.4 CONSIDERACIONES ADICIONALES

Adicionalmente se contemplan usuarios representativos del uso del agua, en particular centros poblados, ejes de desarrollo donde se generan altas presiones desde aspectos de suministro, así como de calidad de agua.

La identificación de los mismos, se logra a partir de las diferentes bases cartográficas, en este caso específico la relacionada al DANE, con la cual se establecen un total de 15 centros poblados importantes al interior de los municipios, distribuidos de la siguiente forma: 4 en el departamento de Boyacá y 11 en el departamento Cundinamarca.

Los centros poblados son tenidos en cuenta en la selección de tramos, con ello se tiene en cuenta las relaciones y las interacciones entre la oferta hídrica proporcionada por las fuentes y los requerimientos para el adecuado desarrollo de las actividades socioeconómicas.

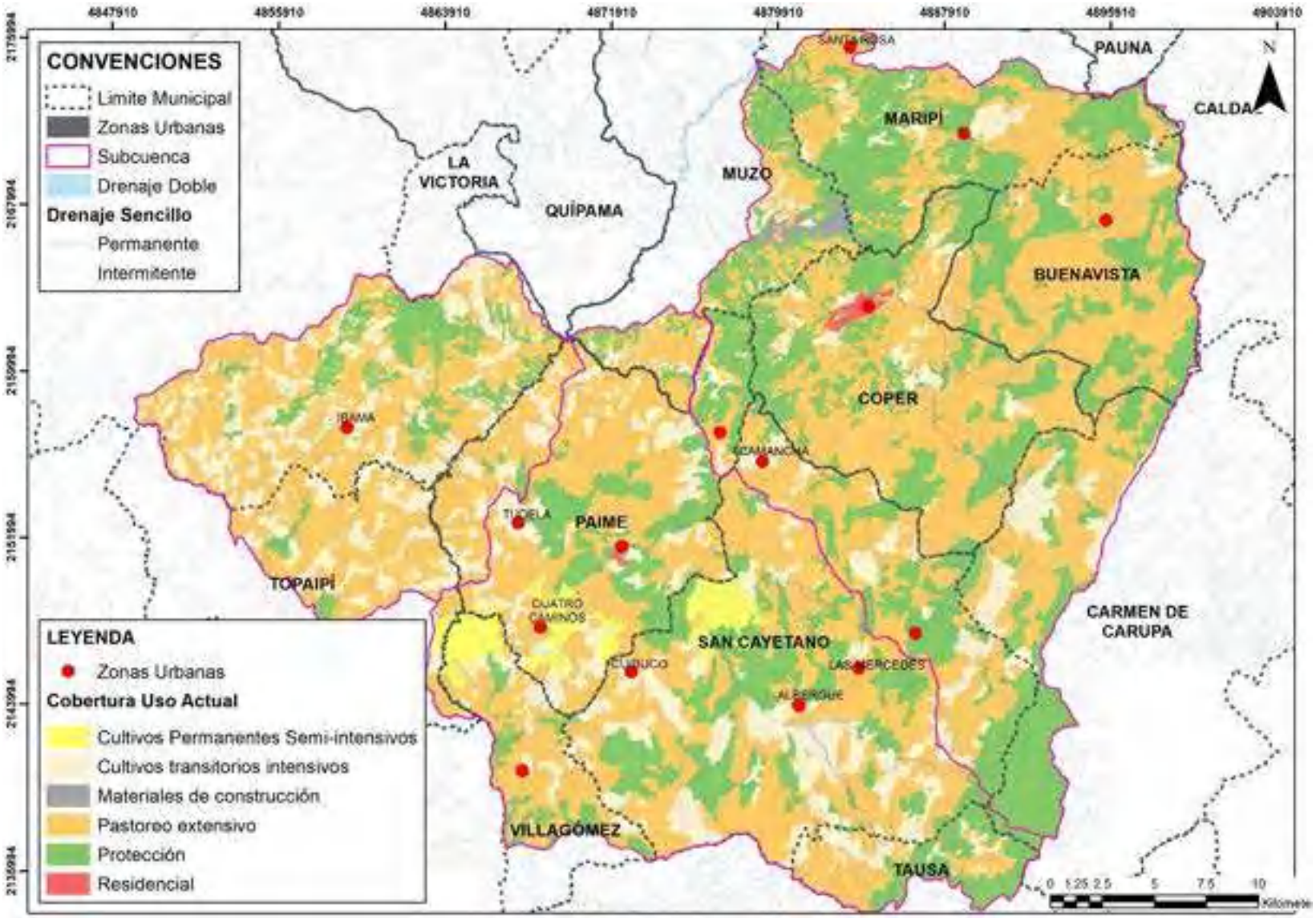
Tabla 7 Centros poblados

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CENTRO POBLADO	ÁREA LIMITE URBANO (M2)
Boyacá	Buenavista	Buenavista	253023.214
Boyacá	Coper	Coper	275562.315
Boyacá	Maripí	Santa Rosa	21354.961
Boyacá	Maripí	Maripí	160557.194
Cundinamarca	Paime	Venecia	28725.592
Cundinamarca	Paime	Tudela	48476.324
Cundinamarca	Paime	Cuatro Caminos	19489.002

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CENTRO POBLADO	ÁREA LIMITE URBANO (M2)
Cundinamarca	Paime	Paime	76364.989
Cundinamarca	San Cayetano	Las Mercedes	37013.390
Cundinamarca	San Cayetano	Camancha	40992.940
Cundinamarca	San Cayetano	Cuibuco	19017.784
Cundinamarca	San Cayetano	San Cayetano	209128.650
Cundinamarca	San Cayetano	Albergue	66048.387
Cundinamarca	Villagómez	Villagómez	223880.394
Cundinamarca	Yacopí	Ibama	68350.091

Fuente: Base cartográfica DANE

Figura 24 Usos y coberturas del suelo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.6 PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS

Conforme a la información suministrada las unidades objeto de ordenación cuentan con 4 PSMV aprobados, relacionados a los municipios de San Cayetano, Paime, Villa Gómez y Buenavista. Donde únicamente el municipio de Buenavista cuenta con sistema de tratamiento de aguas residuales.

En relación a dicha información de acuerdo a los centros poblados identificados, solo el 26.67% de ellos cuentan con PSMV y solo el 6.67% cuenta con sistema de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 8 Resumen Municipios con planes de saneamiento y manejo de vertimientos

NOMBRE CENTRO POBLADO	PSMV	STAR		NOMBRE CENTRO POBLADO	PSMV	STAR
LAS MERCEDES				IBAMA		
COPER				BUENAVISTA	Y	Y
SANTA ROSA				TUDELA		
CAMANCHA				CUATRO CAMINOS		
VENECIA				ALBERGUE		
CUIBUCO				MARIPÍ		
SAN CAYETANO	Y			PAIME	Y	
VILLAGÓMEZ	Y					

Fuente: Prorroga Objetivos de Calidad de Agua Río Carare Minero

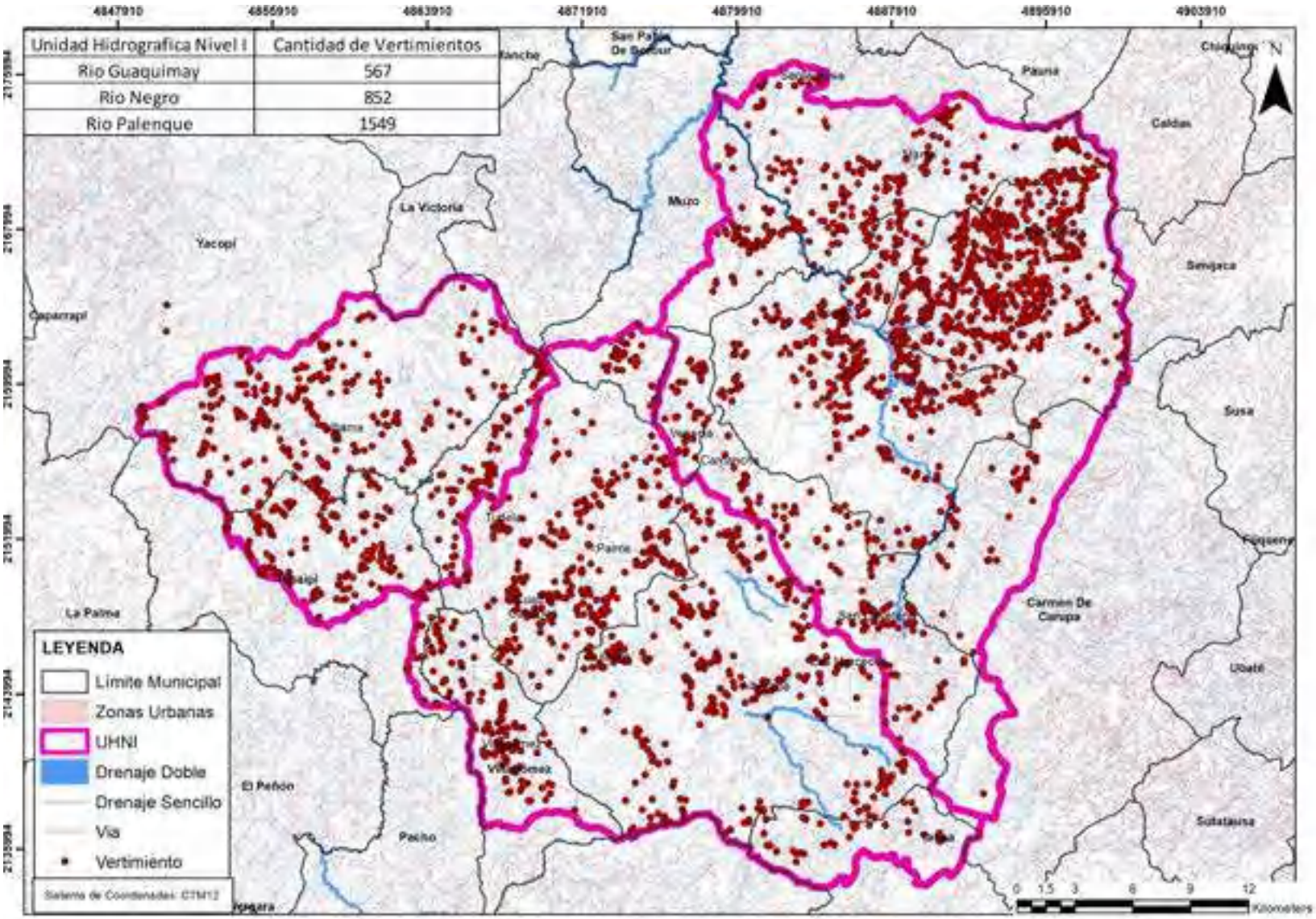
1.1.2.6.1 CENSO DE USUARIOS

De acuerdo a la información levantada en el censo de usuarios, se identifica que la mayor proporción de los vertimientos son de tipo dispersos, donde gran parte de los usuarios provee un punto de descarga. Se encuentra en mayor proporción para las tres unidades hidrográficas vertimientos de tipo doméstico seguido de descargas agrícolas y pecuarias, solo en UH Río Negro y UH Rio Palenque se encuentran unas descargas de tipo industrial. Los vertimientos se realizan a través de sistemas de tratamiento en sitio o vertimientos directos y-gran parte de los sistemas de tratamiento no se encuentran en condiciones adecuadas de funcionamiento situación que ha venido generando conflictos entorno al recurso hídrico. Por la estructuración de los vertimientos la mayoría de estos no se relaciona una entrega a cuerpos de agua, y los que lo hacen no se encuentran asociados a las corrientes de agua en segmentación. Dentro de la revisión también se identifica que, si bien hay presencia de algunos vertimientos localizados sobre las corrientes de agua en segmentación, estos no se consideran representativos dentro de los análisis, dichos vertimientos corresponden a usuarios pequeños que plantean baja alteración en las características de la calidad del agua´.

Los únicos elementos pertinentes contemplados corresponden a los vertimientos generados por los centros poblados, la característica de los efluentes se define por entregas a los drenajes naturales más próximos. La incorporación de los vertimientos se tiene en cuenta de la siguiente manera; se definen tramos sobre los cursos principales aferentes a las descargas de los centros poblados, en el caso de que las descargas sean realizadas sobre un tributario, se efectúa una separación para poder valorar los efectos del efluente considerada como una carga puntal hacia aguas abajo.

Los principales centros poblados fueron identificados anteriormente y su correspondiente vertimiento se define a partir de la información del censo de usuarios.

Figura 25 Vertimientos identificados en el censo de usuarios



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.7 CALIDAD DEL AGUA

1.1.2.7.1 PROGRAMA GENERAL DE MUESTREO CUENCA DEL RÍO MINERO

Corresponde un instrumento desarrollado por la CAR y aprobado en julio de 2007, con el cual se realiza el seguimiento del estado del recurso hídrico, la temporalidad de su muestreo se realiza en correlación con el régimen de lluvias de tipo bimodal ajustando dos muestreos al año abarcando el periodo de lluvias y el periodo seco, respectivamente los meses de febrero – mayo y septiembre – Diciembre para el periodo de lluvias y los meses de enero y junio – agosto para el periodo seco. Seguidamente se presentan los puntos de monitoreo para la cuenca río Carare – Minero.

El programa de monitoreo por su estructuración centra sus esfuerzos en el monitoreo y seguimiento en el tiempo de las características de la calidad de agua de la unidad hidrográfica del Río Negro como se puede observar mediante la siguiente tabla.

Tabla 9 Puntos de monitoreo río Carare Minero

No	DESCRIPCIÓN	RÍO (R), AFLUENTE (A),	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD
1	Quebrada Los Robles	R	1077856	1003799	2019
2	Aguas abajo Quebrada Los Robles	R	1077909	998366	1956
3	Aguas arriba río Blanco	R	1086370	992248	907
4	Río Blanco	A	1086345	991041	850
5	Aguas abajo Río Blanco	R	1082810	986566	864
6	Aguas arriba Río Mencipá	R	0	0	0
7	Río Mencipá	A	1082810	986566	847
8	Aguas abajo Río Mencipá	R	1088233	990670	830
9	Aguas arriba Río Guaquimay	R	1095707	989202	594
10	Río Guaquimay	A	1095486	989006	634
11	Aguas abajo Río Guaquimay	R	1096536	989249	583

Fuente: Programa de monitoreo cuenca Río Minero

1.1.2.7.2 PREDISEÑO PLAN DE MONITOREO PORH

El prediseño del plan de monitoreo se efectúa bajo las recomendaciones especificadas por las corporaciones, con las cuales se definen un total de 22 puntos de monitoreo, respectivamente se definen 6 puntos para el río Guaquimay, 8 para e río Negro y 8 adicionales para el río Palenque. Seguidamente se presenta la localización de las estaciones de monitoreo de calidad y cantidad de agua sobre los cauces de las unidades hidrográficas.

Adicionalmente, en el anexo de cartografía se presenta el Mapa 3. Red de monitoreo, en donde se encuentra espacialmente la red de monitoreo del PORH.

Tabla 10 Localización puntos de muestreo para el plan de monitoreo de calidad de agua

PUNTO	SUBCUENCA	FUENTE_HÍDRICA	MUNICIPIO	ESTE	NORTE
Punto 1	Río Guaquimay	Quebrada La Mina	YACOPÍ	4852885.25	2158679.87
Punto 2	Río Guaquimay	Quebrada Yacopí grande	YACOPÍ	4853609.34	2159427.15
Punto 3	Río Guaquimay	Quebrada El Lajón	YACOPÍ	4856289.36	2159815.13
Punto 4	Río Guaquimay	Quebrada Capira	YACOPÍ	4856330.21	2157914.15
Punto 5	Río Guaquimay	Quebrada La Mina	YACOPÍ	4859516.33	2156062.06
Punto 6	Río Guaquimay	Quebrada Cardonal	YACOPÍ	4859700.45	2156194.97
Punto 7	Río Guaquimay	Quebrada Negra	TOPAIPÍ	4863355.61	2154080.82
Punto 8	Río Guaquimay	Quebrada Honda	YACOPÍ	4862582.84	2157975.91
Punto 9	Río Guaquimay	Quebrada Tauche	PAIME	4864788.28	2156449.24
Punto 10	Río Guaquimay	Río Guaquimay	PAIME	4864733.28	2156417.29
Punto 11	Río Guaquimay	Quebrada Aguafría	YACOPÍ	4865877.53	2158419.69
Punto 12	Río Guaquimay	Quebrada El Monte	YACOPÍ	4866216.5	2158574.88
Punto 13	Río Guaquimay	Quebrada La Embarrada	YACOPÍ	4868093.67	2160385.43
Punto 14	Río Guaquimay	Río Guaquimay	PAIME	4868621.45	2159982.06
Punto 15	Río Guaquimay	Río Guaquimay	QUÍPAMA	4869818.74	2161635.84
Punto 16	Río Guaquimay	Quebrada Taupa	YACOPÍ	4869575.66	2161415.53
Punto 17	Río Negro	Río Negro	PAIME	4869930.12	2161606.41
Punto 18	Río Negro	Quebrada Isabí	MUZO	4871625.74	2160123.84
Punto 19	Río Negro	Río Mencipa	PAIME	4871631.24	2154337.94
Punto 20	Río Negro	Río Negro	PAIME	4871700.57	2154352.05
Punto 21	Río Negro	Quebrada El Cobre	PAIME	4871603.03	2151998.91
Punto 22	Río Negro	PTAR PAIME	PAIME	4872297.38	2151629.39
Punto 23	Río Negro	Río Negro	PAIME	4872949.27	2152273.75
Punto 24	Río Negro	Río Mencipa	PAIME	4867246.57	2148751.38
Punto 25	Río Negro	Quebrada Mamercha	VILLAGÓMEZ	4864558.19	2148362.97
Punto 26	Río Negro	Río Mencipa	VILLAGÓMEZ	4868230.78	2143292.03
Punto 27	Río Negro	Quebrada Mundo Nuevo	VILLAGÓMEZ	4868138.09	2143293.09
Punto 28	Río Negro	Quebrada Mundo Nuevo	VILLAGÓMEZ	4868128.05	2141882.17
Punto 29	Río Negro	PTAR VILLAGÓMEZ	VILLAGÓMEZ	4867696.83	2141025.17
Punto 30	Río Negro	Quebrada Mundo Nuevo	VILLAGÓMEZ	4868163.26	2140928.81
Punto 31	Río Negro	Río Negro	SAN CAYETANO	4876473.71	2147781.48
Punto 32	Río Negro	Quebrada Alcaparral	SAN CAYETANO	4881264.62	2144585.26
Punto 33	Río Negro	Quebrada de la Tabaquera	SAN CAYETANO	4880352.65	2142871.62
Punto 34	Río Negro	Quebrada La Chorrera	SAN CAYETANO	4881376.58	2142798.73
Punto 35	Río Negro	Río Negro	SAN CAYETANO	4884233.83	2142647.93
Punto 36	Río Negro	Río Negro	SAN CAYETANO	4887929.67	2139432.2
Punto 37	Río Palenque	Quebrada El Espejo	SAN CAYETANO	4888554.17	2146714.19
Punto 38	Río Palenque	Vertimiento San Cayetano	SAN CAYETANO	4887039.01	2147760.54
Punto 39	Río Palenque	Río Palenque	COPER	4890049.36	2151958.54

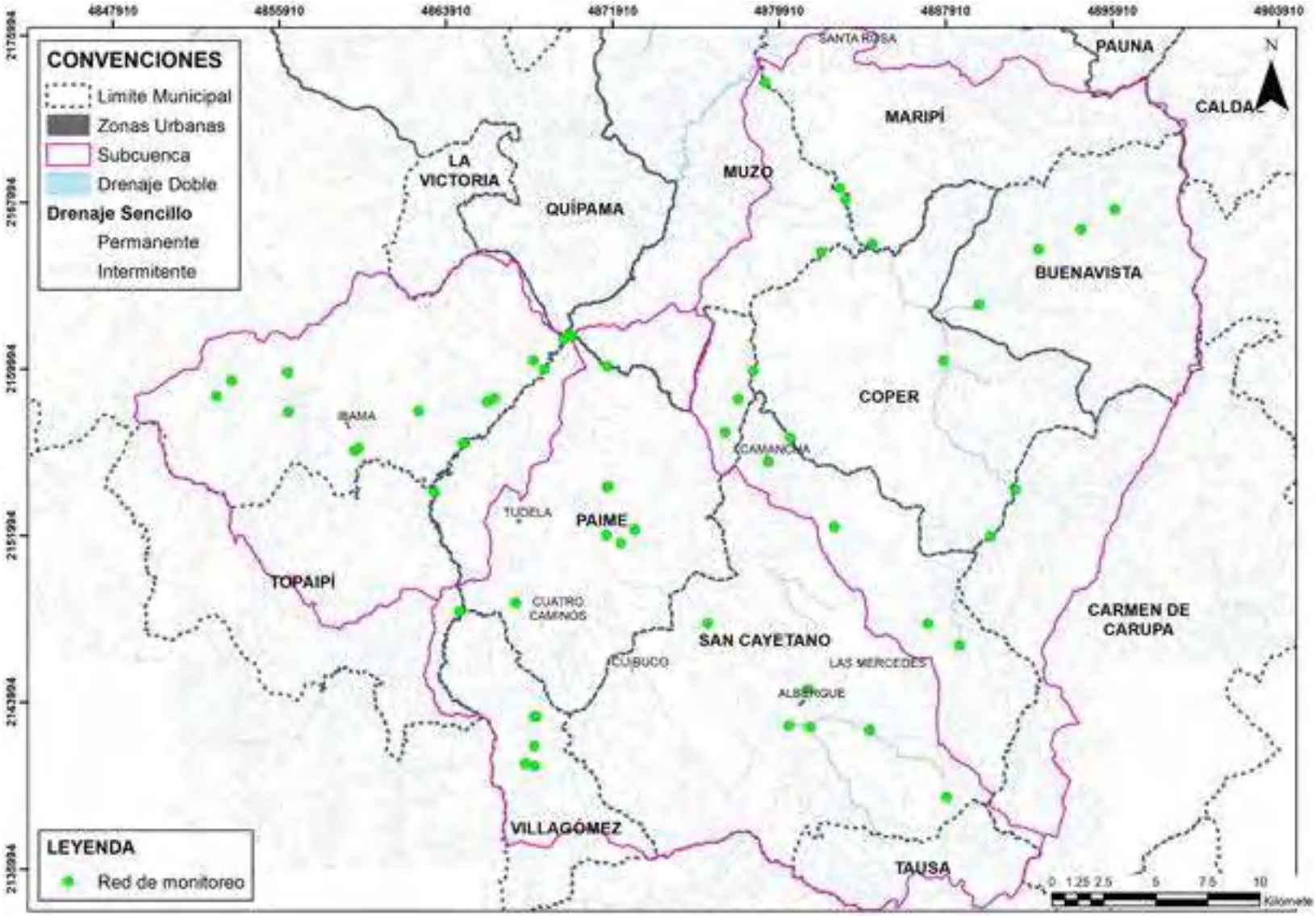
Fuente: CAR, CORPOBOYACA

Tabla 11 Continuación

PUNTO	SUBCUENCA	FUENTE_HÍDRICA	MUNICIPIO	ESTE	NORTE
Punto 40	Río Palenque	Quebrada Los Órganos	CARMEN DE CARUPA	4891241.17	2154189.19
Punto 41	Río Palenque	Río Villamizar	SAN CAYETANO	4882551.11	2152418.57
Punto 42	Río Palenque	Vertimiento Camacha	SAN CAYETANO	4879357.94	2155542.17
Punto 43	Río Palenque	Río Villamizar	COPER	4880444.57	2156668.75
Punto 44	Río Palenque	Vertimiento Paime	PAIME	4877297.94	2156941.97
Punto 45	Río Palenque	Quebrada Venecia	PAIME	4877916.3	2158539.81
Punto 46	Río Palenque	Río Villamizar	PAIME	4878657.05	2159901.63
Punto 47	Río Palenque	Río Palenque	COPER	4887796.9	2160388.22
Punto 48	Río Palenque	Quebrada Chipichipi	BUENAVISTA	4889495.11	2163074.55
Punto 49	Río Palenque	Quebrada La Honda	BUENAVISTA	4892360.39	2165724.13
Punto 50	Río Palenque	Quebrada La Honda	BUENAVISTA	4894382	2166696.43
Punto 51	Río Palenque	Vertimiento Buenavista	BUENAVISTA	4894382	2166696.43
Punto 52	Río Palenque	Quebrada La Vergara	BUENAVISTA	4895995.94	2167656.44
Punto 53	Río Palenque	Río Villamizar	MUZO	4881904.45	2165603.81
Punto 54	Río Palenque	Río Palenque	MARIPÍ	4884374.72	2165982.97
Punto 55	Río Palenque	Río Palenque	MARIPÍ	4883086.23	2168121.72
Punto 56	Río Palenque	Quebrada Upane	MARIPÍ	4882806.46	2168666.45
Punto 57	Río Palenque	Río Palenque	MARIPÍ	4879221	2173743.08

Fuente: CAR, CORPOBOYACA

Figura 26 Red de monitoreo PORH



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.7.3 OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCIÓN 3436 DE 2009

Para los casos que apliquen, se tuvieron en cuenta los objetivos de calidad definidos en la resolución 3463 del 28 de diciembre de 2009 "Por la cual se establecen los objetivos de calidad para la cuenca del río Minero, a lograr en el 2020". Prorrogados mediante la resolución CAR DGEN No 20207101155 de 2020 hasta la emisión de los nuevos objetivos de calidad definidos en el actual instrumento de planificación. En dicho acto administrativo se definieron los siguientes usos de del agua:

- Industrial, Consumo humano y doméstico.
- Preservación de flora y planta.
- Agrícola
- Pecuario

Igualmente, en esta resolución se presenta la clasificación de los usos del agua para la cuenca del río Minero de la siguiente forma:

Clase I: Usos del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.
Clase II: Usos del agua para consumo humano y doméstico contratamiento convencional, uso agrícola con restricciones y pecuario e industrial.
Clase III: Calidad de agua para lagos, lagunas, humedales y demás cuerpos lenticos ubicados dentro de la cuenca del río Negro.
Clase IV: corresponde a los usos agrícola con restricciones, pecuario e industrial.

1.1.2.7.3.1 CUENCA DEL RÍO PALENQUE. CÓDIGO: 2312-01

1.1 El río El Salto v sus afluentes desde su nacimiento hasta la confluencia con la Quebrada los Órganos, corresponden a Clase I.
1.2 La quebrada Cañaveral y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada El Retiro, corresponden a Clase I.
1.3 El río Herradura y demás afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Palenque incluyéndolo, corresponden a Clase IV.

1.1.2.7.3.2 CUENCA DEL RÍO VILLAMIZAR. CÓDIGO: 2312-02

2.1 Comprendida por el río Villamizar y sus afluentes, desde su cabecera hasta su la salida de la Jurisdicción de la Corporación, corresponden a Clase IV.

1.1.2.7.3.3 CUENCA DE LA RÍO NEGRO. CÓDIGO: 2312-03

3.1 El río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Negro incluyéndolo, corresponden a Clase I.
3.2 Las quebradas La Chorrera y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada Guatical incluyéndola, corresponden a Clase I.
3.3 La quebrada Guananí y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada las Lajas incluyéndola, corresponden a Clase I.
3.4 La quebrada Nuevo Mundo y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Mencipá, corresponden a Clase I.
3.5 El río Negro y sus afluentes, desde su confluencia con el río Sabaneque hasta el río Guaquimay, corresponden a Clase IV.

3.6 El río Mencipá y demás afluentes, desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Negro, corresponden a Clase IV.

3.7 El río Blanco y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Negro, corresponden a Clase II.

1.1.2.7.3.4 CUENCA DEL RÍO GUAQUIMAY. CÓDIGO: 2312-04

4.1 La quebrada de Maya y sus afluentes desde su cabecera hasta su confluencia con la quebrada Guadualón incluyéndola, corresponde a Clase

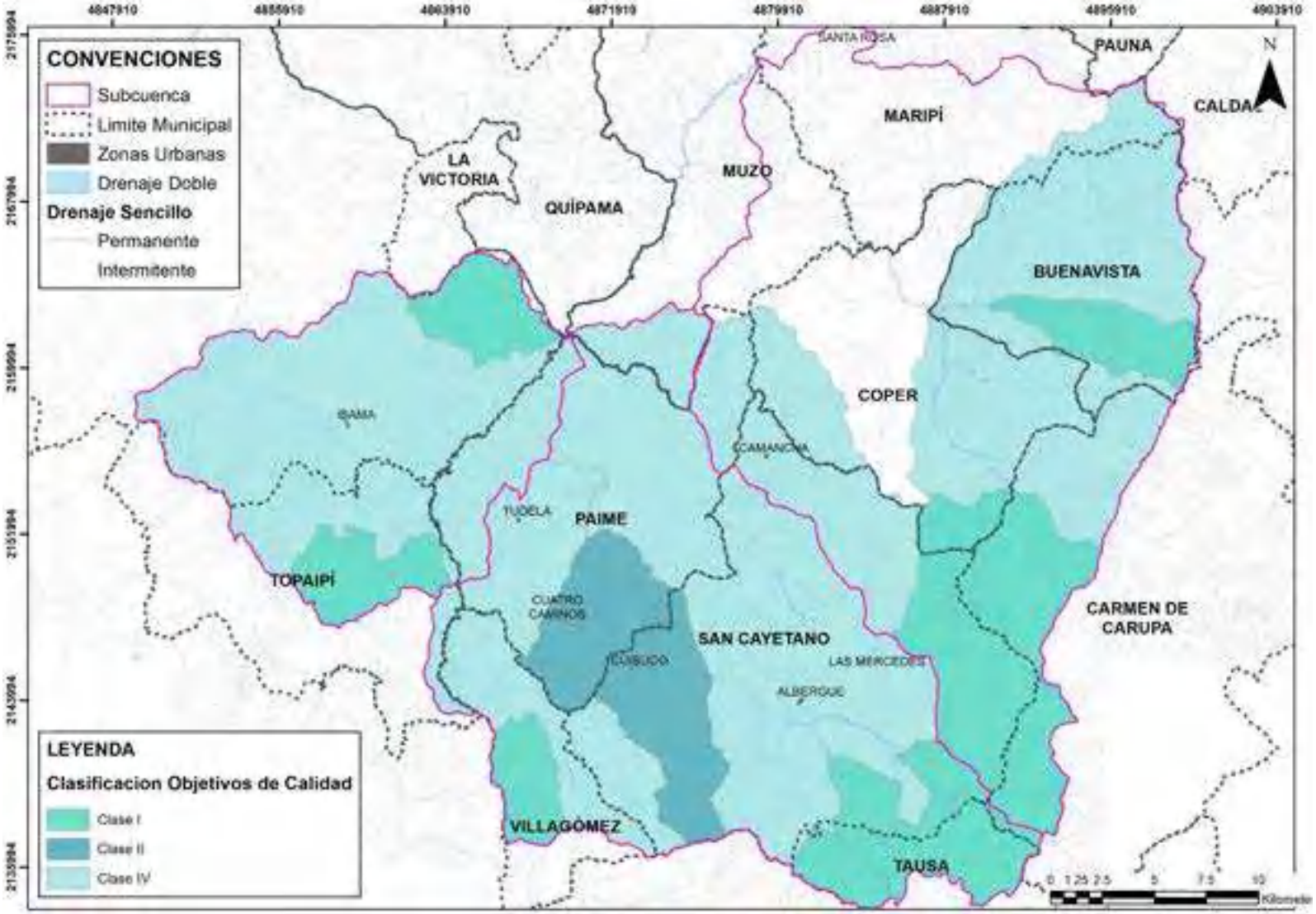
4.2 La quebrada Honduras y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada Montealegre, corresponde a Clase I.

4.3 La quebrada el Silencio y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en la quebrada Honduras, corresponde a Clase I

4.4 La Quebrada Tapua y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Guaquimay, corresponde a Clase I

4.5 El río Guaquimay y sus afluentes desde su cabecera y hasta la confluencia con el río Negro, corresponden a Clase IV.

Figura 27 Objetivos de calidad resolución 3436 de 2009



Fuente: CAR, CORPOBOYACA

1.1.2.8 TRAMOS DEFINIDOS POR UNIDAD DE ANÁLISIS

En este numeral, se presentan los segmentos, unidades mínimas de análisis para el desarrollo de la línea base, planteamientos de escenarios y definición de los nuevos objetivos de calidad. Metódicamente la selección de tramos consistió en la superposición de los aspectos recomendados en la guía, la discretización alcanzada permite incluir los elementos relevantes con el fin de obtener resultados acordes con las necesidades del sistema analizado, así como pertinentes para las entidades reguladoras.

Como fue mencionado al inicio de este documento, aunque se analizaron múltiples criterios, se identificaron los componentes que generan particularidades resaltando sobre las condiciones homogéneas. Dichas particularidades comprenden; usuarios y usos del suelo, asociados a centro poblados, actividades de extracción minera y actividades de producción agrícola de cultivos permanentes semi intensivos, el proceso jerárquico de adición de caudales, la pendiente de los cauces característica fisca que permite valorar la relación intrínseca de los flujos de agua con el habitad fluvial y los objetivos de calidad referenciados en la resolución 3436 de 2009.

Se definen en total 64 segmentos para el desarrollo de los análisis posteriores, distribuidos de la siguiente manera 17 para la unidad hidrográfica del río Guaquimay, 27 para la unidad hidrográfica del río Negro, 15 para el río Palenque y 5 para el río Villamizar. La discretización diseñada pretende un mayor esfuerzo sobre la unidad hidrográfica del río Negro, basada en la mayor actividad antrópica evidenciada. Dentro del anexo de cartografía se encuentra el Mapa 6. Tramos para el análisis, en donde se pueden encontrar los tramos espacializados.

A continuación, se presenta para cada tramo la identificación, la delimitación espacial, la longitud, la pendiente promedio y los criterios para su definición.

Donde para la tabla con el resumen de los criterios de selección tiene la siguiente nomenclatura

1. Jerarquía de adición de caudales
2. Cambios de clasificación del objetivo de calidad de la resolución
3. Vertimientos importantes.
4. Hidráulica de la corriente, cambios importantes en la pendiente realizando un análisis frente a la sección previa.

Tabla 12 Resumen criterios de selección tramos y sectores de análisis

TRAMO	CORRIENTE	CRITERIO				DESCRIPCIÓN DEL VERTIMIENTO
		1	2	3	4	
RG_01	Río Guaquimay	x				
RG_02	Río Guaquimay	x			x	
RG_03	Río Guaquimay	x			x	
RG_04	Río Guaquimay				x	
RG_05	Río Guaquimay			x	x	Descarga centro poblado de Ibama
RG_06	Río Guaquimay	x				
RG_07	Río Guaquimay	x			x	
RG_08	Río Guaquimay	x			x	
RG_09	Río Guaquimay				x	
RG_10	Río Guaquimay				x	
RG_11	Río Guaquimay				x	
RG_12	Río Guaquimay	x			x	
RG_QH_01	Quebrada Honduras	x	x			
RG_QH_02	Quebrada Honduras	x			x	
RG_QM_01	Quebrada Maya	x	x			
RG_QM_02	Quebrada Maya	x				
RG_QM_03	Quebrada Maya				x	
RN_01	Río Negro	x	x			
RN_02	Río Negro				x	
RN_03	Río Negro				x	
RN_04	Río Negro			x	x	Descarga centro poblado de Alberge
RN_05	Río Negro	x				
RN_06	Río Negro	x			x	
RN_07	Río Negro			x		Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_08	Río Negro				x	
RN_09	Río Negro	x				
RN_10	Río Negro				x	
RN_11	Río Negro	x			x	
RN_12	Río Negro				x	
RN_13	Río Negro	x			x	
RN_14	Río Negro	x				
RN_15	Río Negro	x			x	
RN_QC_01	Quebrada Chorrera	x	x			
RN_QT_01	Quebrada Tabaquera	x	x			
RN_QT_02	Quebrada Tabaquera				x	
RN_QT_03	Quebrada Tabaquera				x	
RN_RB_01	Río Blanco	x		x		Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RB_02	Río Blanco			x	x	Descarga centro poblado de Paime
RN_RM_01	Río Mencipá	x	x	x		Descarga centro poblado de Villa Gómez

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 13 Resumen criterios de selección tramos y sectores de análisis (Continuación)

TRAMO	CORRIENTE	CRITERIO				DESCRIPCCION DEL VERTIMIENTO
		1	2	3	4	
RN_RM_02	Río Mencipá				x	
RN_RM_03	Río Mencipá				x	
RN_RM_04	Río Mencipá			x		Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RM_05	Río Mencipá			x		Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RM_06	Río Mencipá			x		Descarga centro poblado de Tudela
RP_01	Río Palenque	x		x		Descarga centro poblado de San Cayetano
RP_02	Río Palenque				x	
RP_03	Río Palenque				x	
RP_04	Río Palenque				x	
RP_05	Río Palenque	x			x	
RP_06	Río Palenque	x	x			
RP_07	Río Palenque				x	
RP_08	Río Palenque				x	
RP_09	Río Palenque	x			x	
RP_10	Río Palenque	x	x			
RP_11	Río Palenque	x			x	
RP_12	Río Palenque	x		x	x	Descargas zona de extracción minera
RP_13	Río Palenque	x				
RP_14	Río Palenque	x				
RP_RH_01	Río La Herradura	x	x	x		Descarga centro poblado de Buenavista
RV_01	Río Villamizar	x		x		Descarga centro poblado de Camacha
RV_02	Río Villamizar				x	
RV_03	Río Villamizar			x	x	Descarga centro poblado de Venecia
RV_04	Río Villamizar		x			
RV_05	Río Villamizar				x	

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

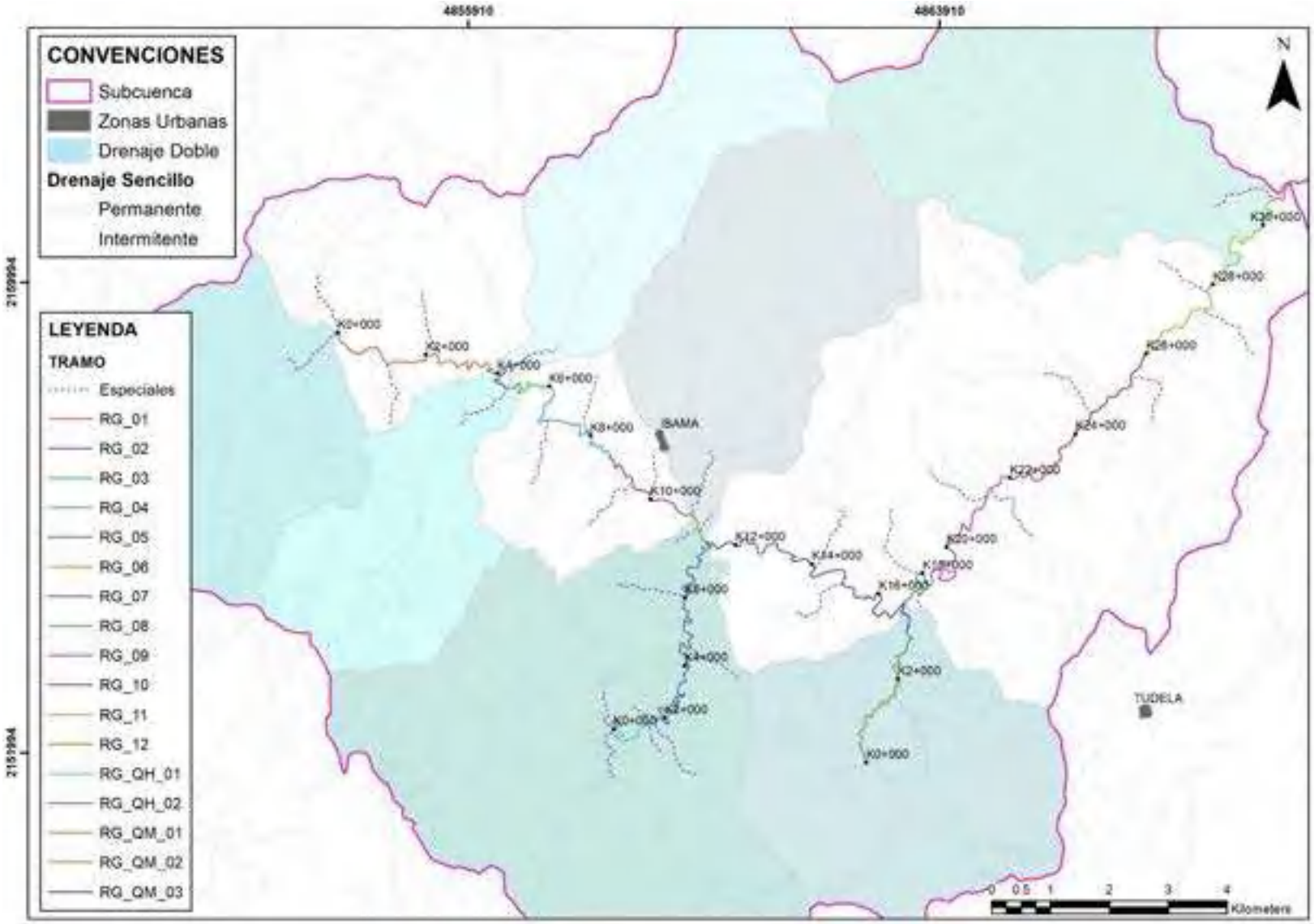
1.1.2.8.1 RÍO GUAQUIMAY

Tabla 14 Tramos de análisis río Guaquimay

TRAMO	CORRIENTE	X_i	Y_i	X_j	Y_j	COTA MÁXIMA (m.s.n.m)	COTA MÍNIMA (m.s.n.m)	DESNIVEL (m)	ABSCISA i (km)	ABSCISA j (km)	LONGITUD (km)	So (%)
RG_01	Río Guaquimay	4853687	2159134	4856536	2158475	1050	973	77	0.00	4.23	4.23	1.83%
RG_02	Río Guaquimay	4856536	2158475	4856543	2158192	973	967	5	4.23	4.76	0.53	0.97%
RG_03	Río Guaquimay	4856543	2158192	4857328	2158180	967	940	27	4.76	6.07	1.30	2.11%
RG_04	Río Guaquimay	4857328	2158180	4858296	2157088	940	915	25	6.07	8.67	2.60	0.95%
RG_05	Río Guaquimay	4858296	2157088	4859711	2156035	915	878	37	8.67	10.83	2.16	1.73%
RG_06	Río Guaquimay	4859711	2156035	4859960	2155569	878	870	8	10.83	11.42	0.59	1.34%
RG_07	Río Guaquimay	4859960	2155569	4863301	2154545	870	822	47	11.42	17.11	5.69	0.83%
RG_08	Río Guaquimay	4863301	2154545	4863780	2154955	822	800	22	17.11	18.20	1.09	2.06%
RG_09	Río Guaquimay	4863780	2154955	4865945	2156958	800	767	33	18.20	23.40	5.20	0.64%
RG_10	Río Guaquimay	4865945	2156958	4867420	2158783	767	671	96	23.40	26.01	2.61	3.68%
RG_11	Río Guaquimay	4867420	2158783	4869598	2161403	671	618	53	26.01	30.73	4.72	1.12%
RG_12	Río Guaquimay	4869598	2161403	4869848	2161672	618	600	18	30.73	31.00	0.27	6.63%
RG_QH_01	Quebrada Honduras	4858366	2152397	4859075	2152504	950	924	26	0.00	1.55	1.55	1.69%
RG_QH_02	Quebrada Honduras	4859075	2152504	4859960	2155569	924	875	49	1.55	7.40	5.85	0.83%
RG_QM_01	Quebrada Maya	4862663	2151826	4863147	2152960	875	842	33	0.00	1.68	1.68	1.94%
RG_QM_02	Quebrada Maya	4863147	2152960	4863354	2154040	842	828	15	1.68	2.60	0.92	1.60%
RG_QM_03	Quebrada Maya	4863354	2154040	4863301	2154545	828	825	3	2.60	3.71	1.11	0.23%

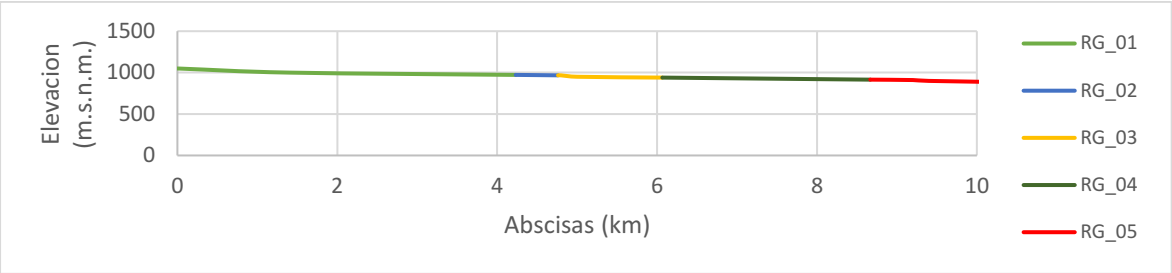
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 28 Localización tramos y sectores de análisis río Guaquimay

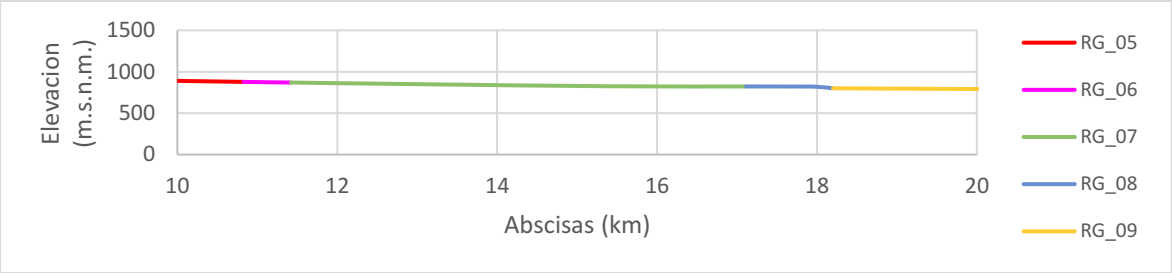


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

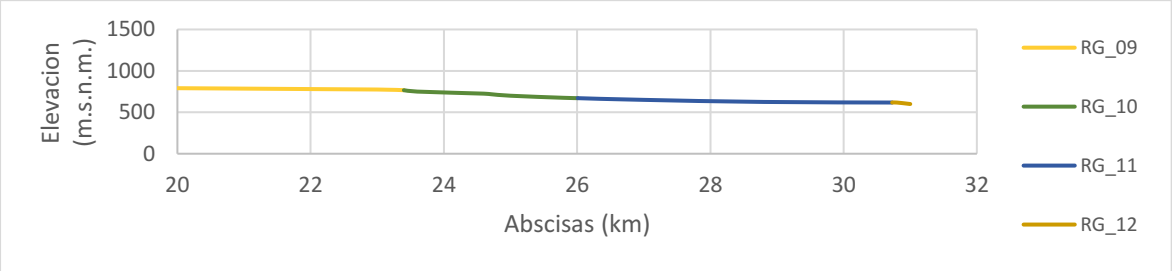
Figura 29 Perfiles tramos de análisis río Guaquimay



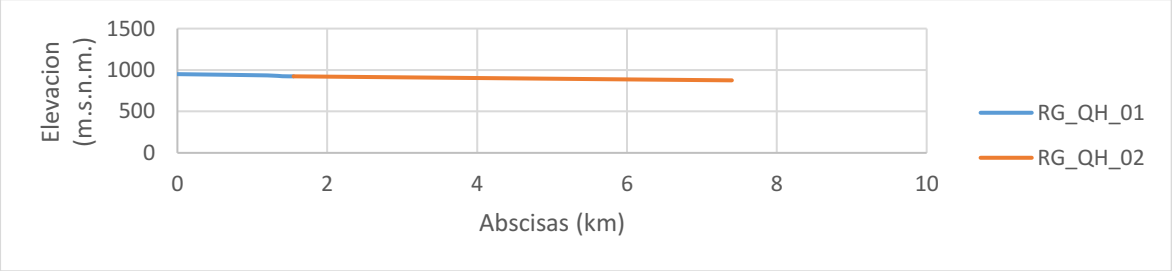
a) Perfil 1 río Guaquimay (RG)



b) Perfil 2 río Guaquimay (RG)



c) Perfil 3 río Guaquimay (RG)



d) Perfil quebrada Honda (QH)

e) Perfil quebrada Maya (QM)

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

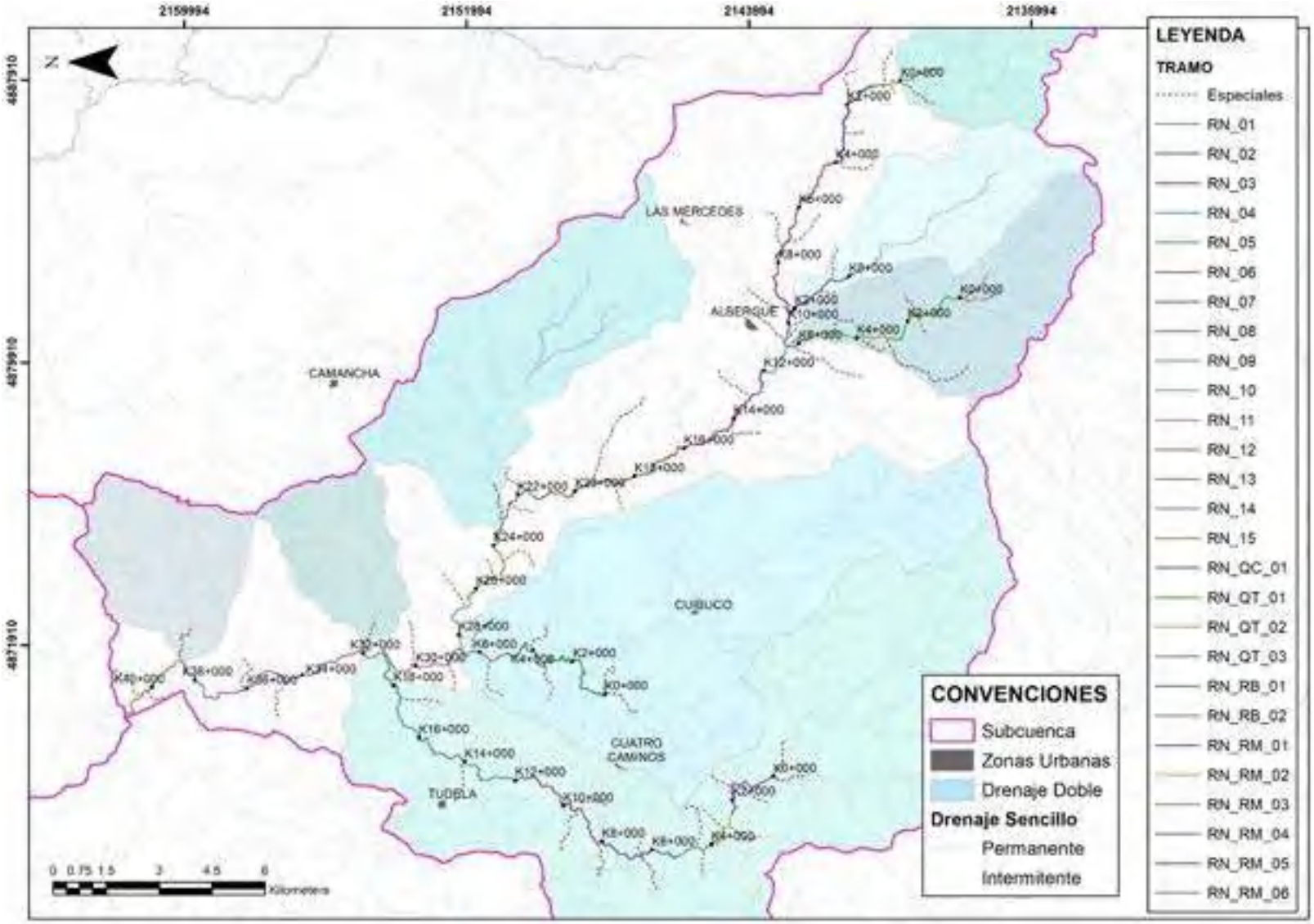
1.1.2.8.2 RÍO NEGRO

Tabla 15 Tramos de análisis río Negro

TRAMO	CORRIENTE	X_i	Y_i	X_j	Y_j	COTA MÁXIMA (m.s.n.m)	COTA MÍNIMA (m.s.n.m)	DESNIVEL (m)	ABSCISA i (km)	ABSCISA j (km)	LONGITUD (km)	So (%)
RN_01	Río Negro	4887898	2139706	4887726	2140514	3200	3121	79	0.00	1.00	1.00	7.86%
RN_02	Río Negro	4887726	2140514	4885588	2141412	3121	2669	452	1.00	3.86	2.86	15.81%
RN_03	Río Negro	4885588	2141412	4881292	2142868	2669	1969	700	3.86	9.74	5.88	11.90%
RN_04	Río Negro	4881292	2142868	4880361	2142927	1969	1827	142	9.74	10.78	1.04	13.64%
RN_05	Río Negro	4880361	2142927	4879682	2143656	1827	1714	113	10.78	12.09	1.30	8.66%
RN_06	Río Negro	4879682	2143656	4877528	2146003	1714	1408	306	12.09	16.20	4.11	7.44%
RN_07	Río Negro	4877528	2146003	4876139	2150095	1408	1094	314	16.20	21.45	5.25	5.99%
RN_08	Río Negro	4876139	2150095	4875476	2150988	1094	1013	81	21.45	22.99	1.54	5.27%
RN_09	Río Negro	4875476	2150988	4873156	2151899	1013	924	88	22.99	26.60	3.61	2.45%
RN_10	Río Negro	4873156	2151899	4871814	2152204	924	871	53	26.60	28.42	1.82	2.93%
RN_11	Río Negro	4871814	2152204	4871281	2154067	871	850	21	28.42	30.80	2.38	0.89%
RN_12	Río Negro	4871281	2154067	4871701	2154374	850	823	27	30.80	31.35	0.55	4.95%
RN_13	Río Negro	4871701	2154374	4871684	2154943	823	812	10	31.35	32.01	0.66	1.56%
RN_14	Río Negro	4871684	2154943	4871459	2160103	812	700	112	32.01	38.77	6.76	1.65%
RN_15	Río Negro	4871459	2160103	4869857	2161677	700	600	100	38.77	41.39	2.61	3.84%
RN_QC_01	Quebrada Chorrera	4882354	2141161	4881292	2142868	2383	1977	406	0.00	2.23	2.23	18.21%
RN_QT_01	Quebrada Tabaquera	4881749	2138016	4880614	2140133	2800	2245	555	0.00	3.05	3.05	18.21%
RN_QT_02	Quebrada Tabaquera	4880614	2140133	4880578	2142440	2245	1964	282	3.05	5.81	2.76	10.20%
RN_QT_03	Quebrada Tabaquera	4880578	2142440	4880361	2142927	1964	1825	139	5.81	6.39	0.59	23.65%
RN_RB_01	Río Blanco	4870522	2148085	4871681	2150880	1150	911	239	0.00	5.06	5.06	4.73%
RN_RB_02	Río Blanco	4871681	2150880	4871814	2152204	911	875	36	5.06	6.73	1.67	2.13%
RN_RM_01	Río Mencipá	4868186	2143311	4867088	2144489	1425	1336	89	0.00	2.54	2.54	3.51%
RN_RM_02	Río Mencipá	4867088	2144489	4866306	2144915	1336	1244	92	2.54	3.74	1.20	7.63%
RN_RM_03	Río Mencipá	4866306	2144915	4865938	2146002	1244	1204	40	3.74	5.15	1.41	2.83%
RN_RM_04	Río Mencipá	4865938	2146002	4866334	2148339	1204	1125	80	5.15	8.18	3.03	2.62%
RN_RM_05	Río Mencipá	4866334	2148339	4868124	2150351	1125	1029	96	8.18	11.69	3.50	2.74%
RN_RM_06	Río Mencipá	4868124	2150351	4871701	2154374	1029	825	204	11.69	19.23	7.54	2.70%

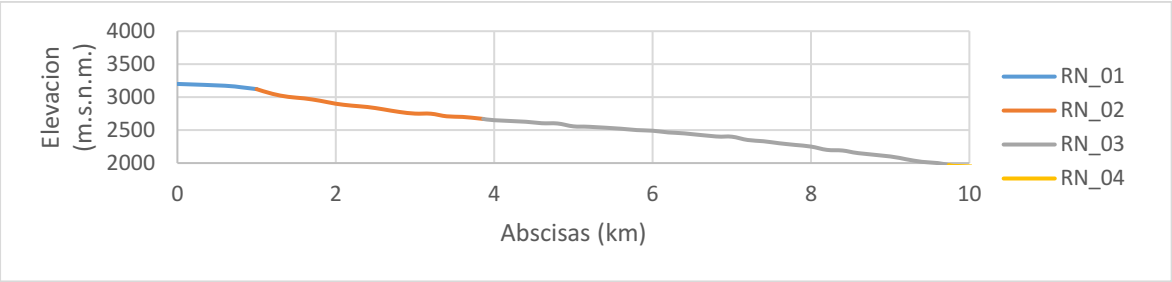
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 30 Localización tramos y sectores de análisis río Negro

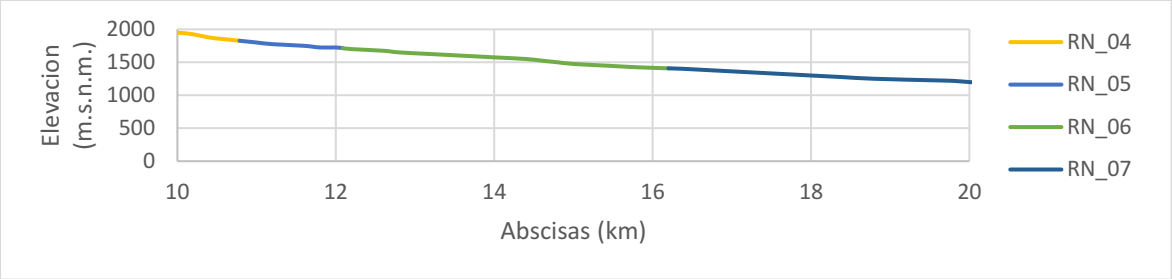


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

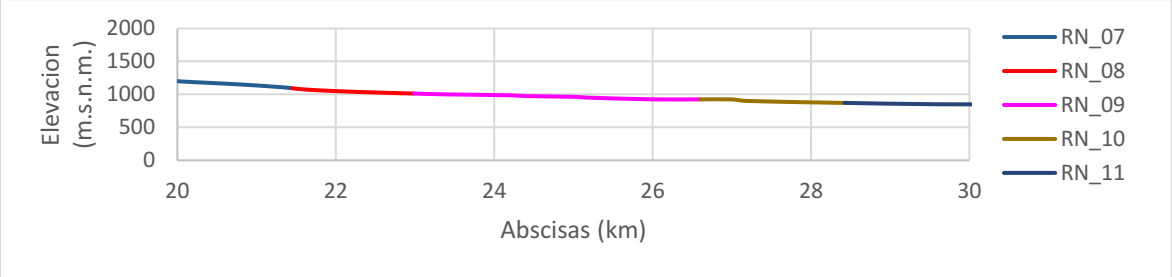
Figura 31 Perfil tramos de análisis río Negro



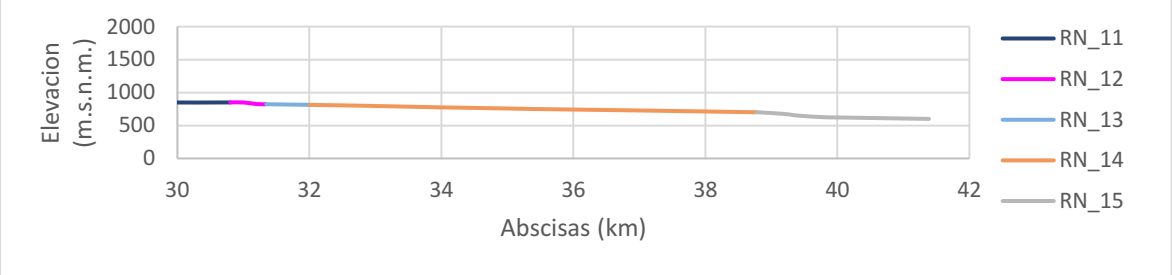
a) Perfil 1 río Negro (RN)



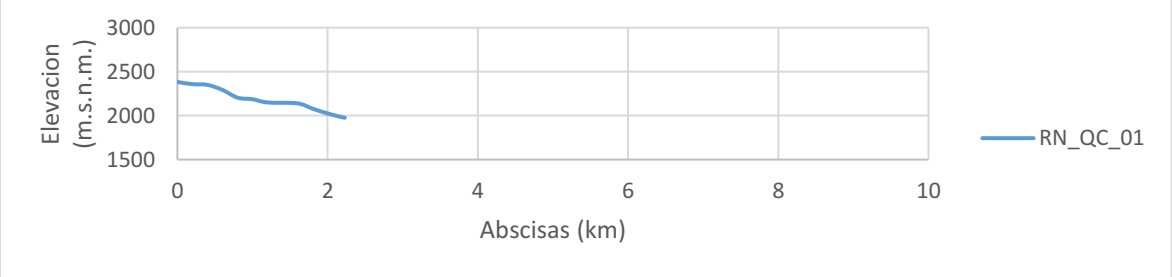
b) Perfil 2 río Negro (RN)



c) Perfil 3 río Negro (RN)



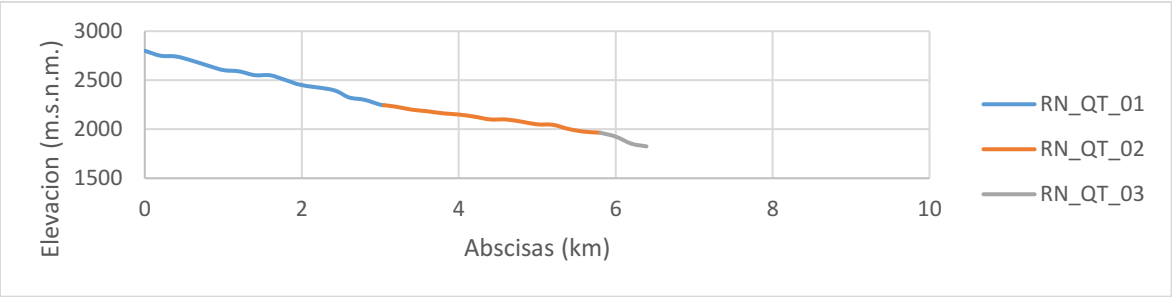
d) Perfil 4 río Negro (RN)



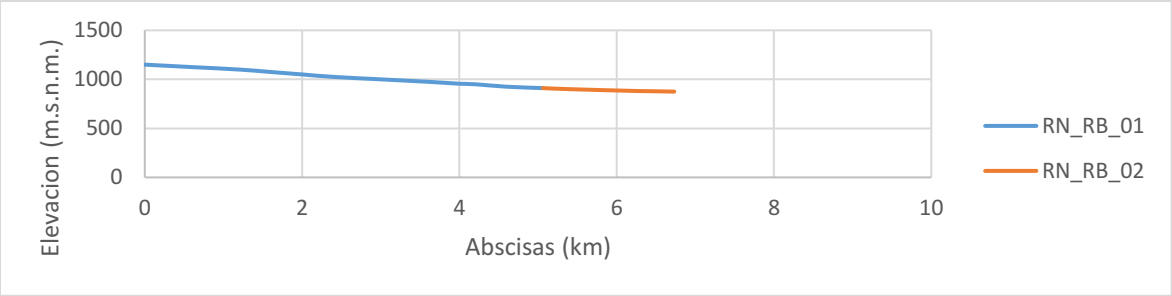
e) Perfil quebrada Chorrera (QH)

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

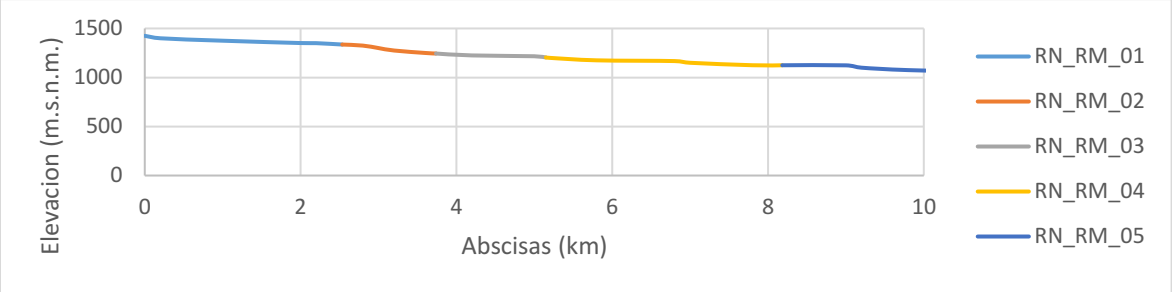
Figura 32 Perfil tramos de análisis río Negro (Continuación)



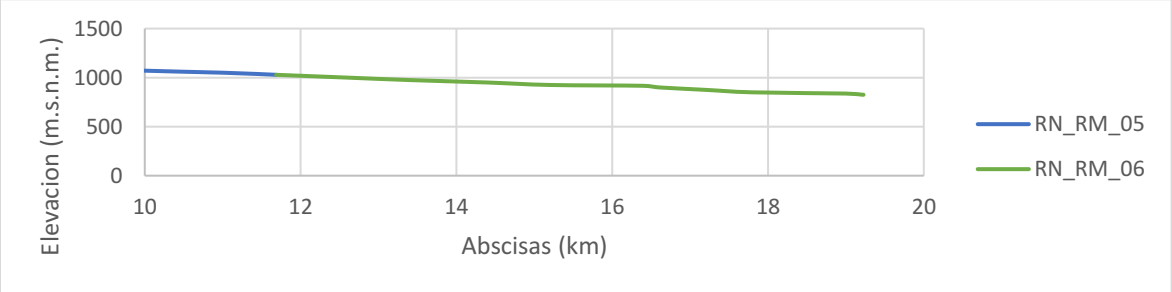
a) Perfil quebrada Tabasquera (QT)



b) Perfil río Blanco (RB)



c) Perfil 1 río Mencipá (RM)



d) Perfil 2 río Mencipá (RM)

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.2.8.3 RÍO PALENQUE Y río VILLAMIZAR

Tabla 16 Tramos de análisis río Palenque y Villamizar

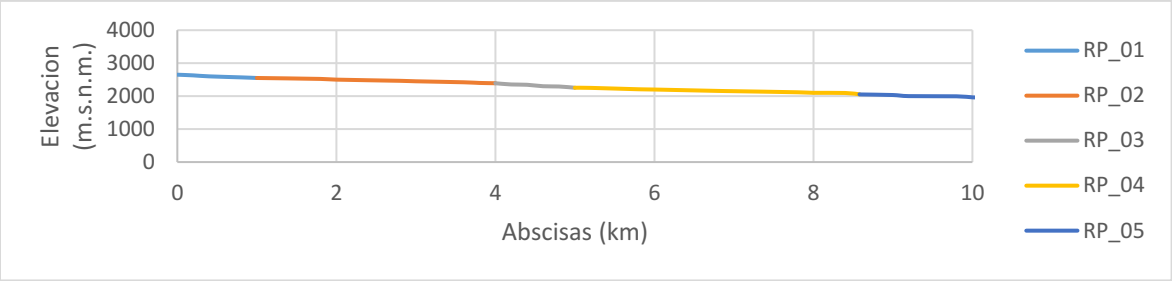
TRAMO	CORRIENTE	X_i	Y_i	X_j	Y_j	COTA MÁXIMA (m.s.n.m)	COTA MÍNIMA (m.s.n.m)	DESNIVEL (m)	ABSCISA i (km)	ABSCISA j (km)	LONGITUD (km)	So (%)
RP_01	Río Palenque	4888558	2146951	4888341	2147787	2650	2550	100	0.00	1.00	1.00	10.00%
RP_02	Río Palenque	4888341	2147787	4888697	2150000	2550	2391	159	1.00	4.00	3.00	5.30%
RP_03	Río Palenque	4888697	2150000	4889213	2150734	2391	2254	137	4.00	5.00	1.00	13.70%
RP_04	Río Palenque	4889213	2150734	4890709	2152879	2254	2055	199	5.00	8.58	3.58	5.57%
RP_05	Río Palenque	4890709	2152879	4891172	2154178	2055	1939	116	8.58	10.34	1.76	6.57%
RP_06	Río Palenque	4891172	2154178	4888584	2156189	1939	1488	450	10.34	15.00	4.66	9.67%
RP_07	Río Palenque	4888584	2156189	4887717	2157076	1488	1409	79	15.00	16.60	1.60	4.95%
RP_08	Río Palenque	4887717	2157076	4887831	2160073	1409	886	523	16.60	20.61	4.01	13.03%
RP_09	Río Palenque	4887831	2160073	4887118	2162726	886	710	176	20.61	24.00	3.39	5.20%
RP_10	Río Palenque	4887118	2162726	4886041	2163146	710	695	15	24.00	25.38	1.38	1.09%
RP_11	Río Palenque	4886041	2163146	4884054	2165746	695	548	147	25.38	30.69	5.31	2.76%
RP_12	Río Palenque	4884054	2165746	4882794	2168609	548	514	34	30.69	34.91	4.23	0.81%
RP_13	Río Palenque	4882794	2168609	4880326	2172699	514	472	43	34.91	41.05	6.13	0.69%
RP_14	Río Palenque	4880326	2172699	4878935	2174685	472	450	22	41.05	44.05	3.01	0.72%
RP_RH_01	Río La Herradura	4889999	2162958	4887118	2162726	1000	750	250	0.00	2.60	2.60	9.62%
RV_01	Río Villamizar	4881782	2154816	4880134	2157096	1400	1194	206	0.00	3.50	3.50	5.88%
RV_02	Río Villamizar	4880134	2157096	4879149	2158692	1194	1104	90	3.50	6.49	2.99	3.00%
RV_03	Río Villamizar	4879149	2158692	4878534	2162607	1104	863	242	6.49	11.50	5.01	4.83%
RV_04	Río Villamizar	4878534	2162607	4880733	2164378	863	650	213	11.50	15.00	3.50	6.07%
RV_05	Río Villamizar	4880733	2164378	4884054	2165746	650	550	100	15.00	20.93	5.93	1.69%

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

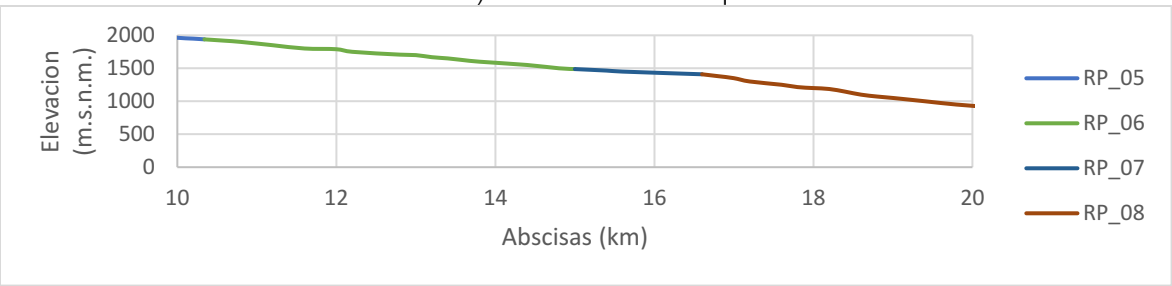
Figura 33 Localización tramos y sectores de análisis río Palenque y Villamizar

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

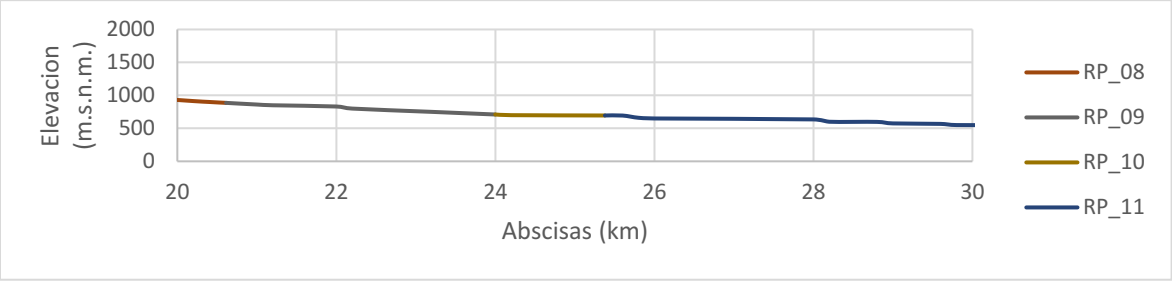
Figura 34 Perfil tramos de análisis río Palenque



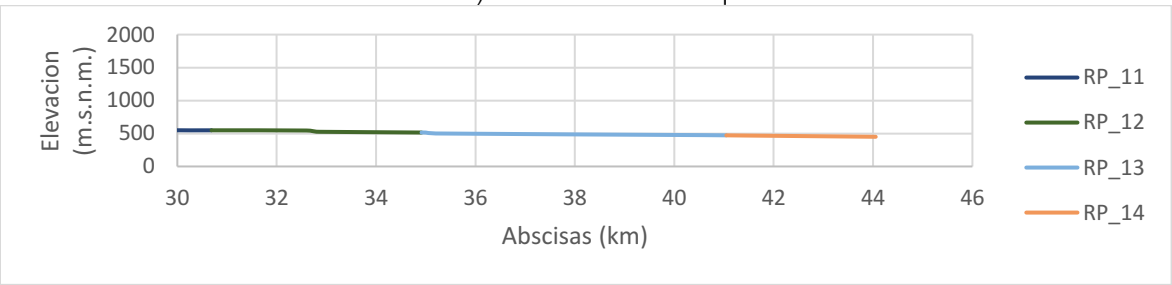
a) Perfil 1 río Palenque



b) Perfil 2 río Palenque



c) Perfil 3 río Palenque

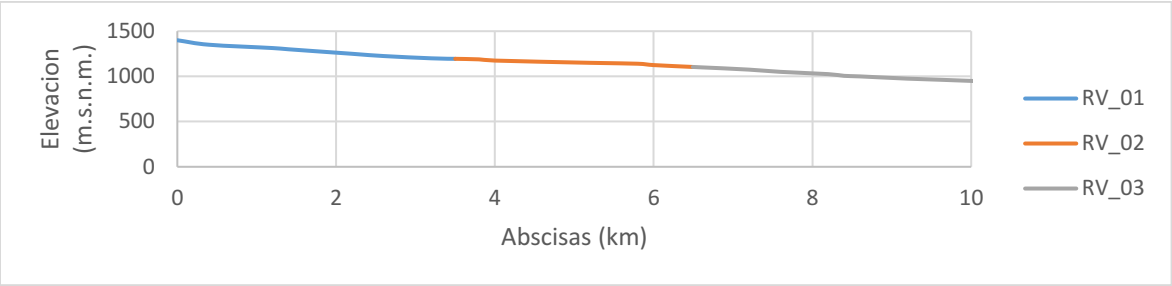


d) Perfil 4 río Palenque

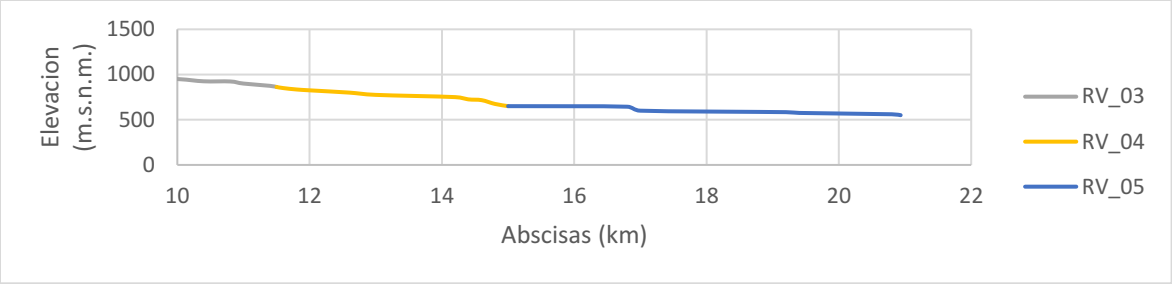
e) Perfil río La Herradura

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 35 Perfil tramos de análisis río Palenque (Continuación)



a) Perfil 1 río Villamizar



b) Perfil 2 río Villamizar

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

En el presente documento, se plantea la propuesta de definición de la estructura o modelo conceptual para la modelación de la calidad del agua para los cauces principales de las unidades hidrográficas de nivel uno (I) del río Palenque, río Guaquimay y río Negro en la subzona hidrográfica del río Carare (Minero).

Como línea de referencia para la definición de la estructura o modelo conceptual para la modelación de la calidad del agua se tiene en cuenta las recomendaciones citadas en el numeral 3.3.2 de la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial (MINAMBIENTE, 2018).

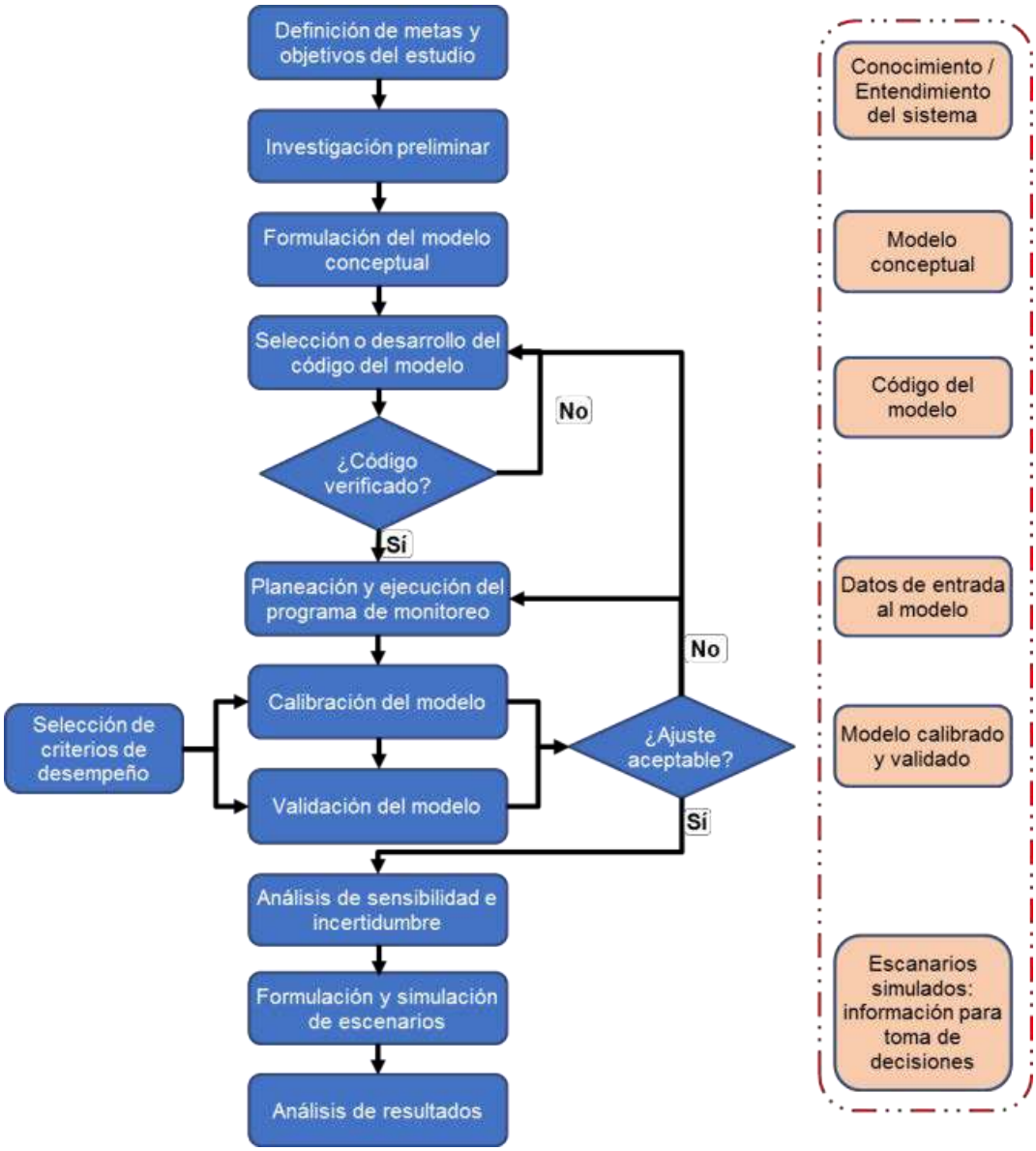
El protocolo recomendado para la implementación, calibración y validación de modelos de calidad del agua fue propuesto por MINAMBIENTE (2018) en la Guía Nacional de modelación del Recurso Hídrico superficial continental. En dicha guía se incluyen los procesos para efectuar una correcta calibración, validación y planteamiento de los escenarios futuros bajo diferentes condiciones propuestas, en el que se encuentra de manera detallada la metodología de definición de la estructura o modelo conceptual para la modelación de la calidad del agua.

1.1.3.1 PROTOCOLO DE MODELACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

Siguiendo las recomendaciones de la Guía Nacional de modelación (MINAMBIENTE, 2018) adoptada por medio de la resolución 959 del 2018, se seguirá el proceso metodológico establecido en protocolo de modelación presentado en la siguiente figura. Este recoge las ideas presentadas de Fischer et al (1979), Thomann (1987), Chapra (1997), así como también las presentadas en el

protocolo de Camacho & Díaz-Granados (2003), uno de los más utilizados a nivel nacional para estudios de modelación de calidad de agua.

Figura 36 Protocolo de modelación de la calidad del agua



Fuente: MINAMBIENTE (2018)

1.1.3.1.1 DEFINICIÓN DE METAS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En esta etapa se identificó el problema que se intenta responder por medio de la modelación. En este caso particular en concordancia con el objeto de los planes de ordenamiento del recurso hídrico como instrumento de planificación que permitirla fijar la destinación y uso de los cuerpos de agua de las unidades hidrográficas: Río Palenque, Río Guaquimay y Río Negro en la subzona hidrográfica del Río Carare (Minero), en un horizonte de 10 años.

1.1.3.1.1.1 OBJETIVOS

1.1.3.1.1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Establecer el comportamiento más probable a escala regional de los Ríos Palenque, Guaquimay y Negro en la subzona hidrográfica del Río Carare (Minero) en términos de su capacidad de asimilación y de autodepuración bajo diferentes escenarios de caudal en el cuerpo receptor y de carga contaminante en los tributarios y vertimientos, que permitan orientar la toma de decisiones.

1.1.3.1.1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calibrar y validar un modelo de calidad de agua a escala regional que represente adecuadamente las transformaciones y procesos que ocurren en los Ríos Palenque, Guaquimay y Negro en la subzona hidrográfica del Río Carare (Minero)
- Proponer diferentes escenarios al corto mediano y largo plazo que consideren las diferentes herramientas de planificación y administración como los PSMV, metas de carga contaminante, planes de reconversión a tecnologías limpias y demás herramientas relacionadas con la gestión integral del recurso hídrico.
- Simular por medio del modelo de calidad de agua regional debidamente calibrado y validado los escenarios propuestos al corto mediano y largo plazo que permitan apoyar la toma de decisiones en fases posteriores.

1.1.3.1.2 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Consiste en la búsqueda de datos históricos disponibles de hidrología, hidráulica y calidad del agua; la revisión de la normatividad ambiental aplicable al caso de estudio (decretos y resoluciones promulgados por entidades de nivel nacional, regional y municipal) en relación con los usos actuales y potenciales en la zona y las restricciones sobre la calidad del agua (Objetivos de Calidad); investigación sobre fuentes de contaminación, identificando el tipo (doméstico, industrial), naturaleza (puntual, distribuida o difusa), origen y principales características (cantidad, calidad y localización). Como resultado de esta etapa, se obtiene una idea más clara del tipo de modelo a utilizar, los requisitos adicionales de información y los estándares y restricciones sobre la calidad del agua.

Adicionalmente, se desarrolla el reconocimiento de campo con el fin de confirmar la información preliminar obtenida e identificar nuevas fuentes de contaminación o características particulares del sistema natural receptor que puedan incluirse en la modelación y/o análisis de resultados. Posteriormente, a partir del recorrido a lo largo del tramo de estudio, se definen los sitios de medición, los procesos dominantes y la complejidad requerida para representar de forma apropiada el modelo.

1.1.3.1.2.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE INSTRUMENTOS EXISTENTES

Se realizó la investigación preliminar de las tres unidades hidrográficas: Río Palenque, Río Guaquimay y Río Negro en la subzona hidrográfica del Río Carare (Minero). La siguiente tabla presenta la disponibilidad de instrumentes existentes en cada uno de los municipios que hacen parte de las unidades hidrográficas objeto de estudio.

Tabla 17 Disponibilidad de instrumentos por municipio.

MUNICIPIO	EOT/ POT	PSMV	PMAA	PUEAA
Paime	Si	No	Si	No
San Cayetano	Si	No	Si	No
Villagómez	Si	No	Si	No
Muzo	No	Si	Si	Si
Carmen de Carupa	No	No	No	No
La Victoria	SI	Si	No	No
Pauna	Si	No	No	No

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Asimismo, se verifico la disponibilidad de concesión de agua por municipio las cuales se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 18 Concesión de agua por municipio.

MUNICIPIO	RESOLUCIÓN	PREDIO	USO	CAUDAL	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA
Paime	Res 3809/2019	Predio San Agustín	Doméstico – 674 personas	Caudal 1,17 (l/s), 3033 (m3/mes)	Si
San Cayetano	Res 50207100826/2020	Municipio de San Cayetano	Doméstico y pecuario	Caudal 2,06(l/s), 5329 (m3/mes)	Si
	Res 0630/2014	Municipio de San Cayetano	Doméstico	Caudal 1,23(l/s), 3187 (m3/mes)	No
La Victoria	Res 1639/2016	Municipio de La Victoria	Doméstico, 458 permanentes y 175 transitorios (usuarios)	Caudal 1,628(l/s)	No
Pauna	Res 1595/2017	Municipio de La Victoria	Doméstico, 2870 permanentes y 1300 transitorios (usuarios)	Caudal 7,169(l/s)	No

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.1 ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL-EOT

A continuación, se presenta un pequeño resumen de la información en relevancia evidenciada en los Esquemas de Ordenamiento Territorial-EOT.

1.1.3.1.2.1.1.1 Paime

El esquema de ordenamiento territorial del municipio de Paime cuenta con un acuerdo de aprobación No. 004 de marzo 9 del 2.001. Dentro del EOT se puede observar que cuentan con objetivos de interés relacionados al saneamiento ambiental como se puede observar en la siguiente tabla, adicionalmente cuenta con el capítulo 1.5.2 relacionado a Proyectos Saneamiento Básico, en donde se busca implementar el Programa de Manejo Integrado de Residuos Sólidos debido a que no cuentan con un manejo adecuado de los residuos que en su mayoría son arrojados a las fuentes hídricas como el Río Blanco, Río negro, Río Mencipa y otras quebradas de menor tamaño.

Tabla 19 Contenido de interés de EOT Paime

TIPO DE COMPONENTE	COMPONENTE ESPECIFICO	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS APLICABLES
General	1.1 Garantizar el desarrollo territorial del municipio en forma equilibrada y ambientalmente sostenible	Lograr el desarrollo adecuado con las condiciones socioculturales del municipio de Paime de tal forma que se mitiguen los impactos ambientales.	3.Conservar y proteger las cuencas y subcuencas abastecedoras del municipio.
	1.2 Crear una infraestructura urbano - regional que permita impulsar el desarrollo agropecuario y mejorar así la calidad de vida de la población	Propiciar la localización estratégica de equipamientos y servicios como puntos clave de la reactivación del sector agropecuario.	3. Generar una adecuada infraestructura de servicios públicos y de telecomunicaciones que aumenten el valor al casco urbano para las actividades económicas.
			4. Aprovechar las fuentes hídricas para la realización de programas de piscicultura a gran escala como fuente de ingresos para la población.
Rural	3.2 Mejoramiento de los servicios públicos y sociales en el sector rural	Mejorar la calidad de vida y la prestación de servicios de los habitantes en el sector rural.	2. Construcción de la infraestructura de acueductos y alcantarillados veredales.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.1.2 San Cayetano

Dentro de los documentos aportados se pueden detallar políticas territoriales que incluyen la recuperación, conservación y preservación las zonas de importancia estratégica para el mantenimiento del recurso hídrico en el municipio de San Cayetano; formulación y aprobación de los

planes maestros de acueducto y alcantarillado, con los cuales se pueda solucionar los problemas de calidad del agua potable y la de los vertimientos que se presentan en forma directa a cauces de agua, así mismo implementando el (PGIRS) Plan de gestión Integral de Residuos Sólidos, buscando con esto no se genere exclusión social, contaminación y deterioro del medio ambiente. Asimismo, se observan acciones estratégicas tales como implementación de mecanismos de participación ciudadana que conlleven a la protección y uso sostenible del recurso hídrico y de tecnologías apropiadas que permitan solucionar problemas de disponibilidad y calidad del recurso, aumento en la capacidad de resiliencia de los ecosistemas asociados a los ecosistemas de importancia hídrica, que permitan el equilibrio del ciclo hídrico, y la continuidad del recurso a través de la recuperación de áreas degradas en rondas hídricas, nacimientos de agua y áreas de recarga de acuíferos. También se observan programas y proyectos relacionados hacía el recurso hídrico como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 20 Resumen de programas y proyectos EOT San Cayetano

CAPITULO	PROGRAMAS Y PROYECTOS
5.1.9.2.2 Recurso hídrico	Prevenir y controlar la contaminación ambiental generada por el uso inadecuado de agroquímicos, la disposición de aguas residuales y de los residuos sólidos y los procesos erosivos evidenciados en el municipio.
	Restablecer las áreas de regulación hídrica del municipio.
	Mantener la calidad y disponibilidad del recurso hídrico del municipio.
	Mejorar la eficiencia en el uso del agua.
5.1.9.2.5 Agua potable y saneamiento básico	Disminuir el desperdicio y contaminación del recurso hídrico
	Dotar a la población de servicios públicos adecuados en cuanto a calidad y cantidad

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.1.3 Villagómez

El esquema de ordenamiento territorial del municipio de Villagómez cuenta con un acuerdo No. 09 del 2.001 en el mes de marzo. Dentro del EOT se observan estrategias relacionadas a la construcción, ampliación y mejoramiento del acueducto para el casco urbano, también por medio de educación ambiental buscan la capacitación a la comunidad para la preservación del recurso hídrico. Respecto a las políticas sectoriales, se detalla la política en agua potable y saneamiento básico que hace referencia a la inversión con ampliación de las coberturas y el mejoramiento de la calidad del agua por medio del tratamiento de agua potable, asimismo se presentan estrategias relacionadas al servicio público de alcantarillado y acueducto como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 21 Resumen de estrategias EOT Villagómez

TIPO DE COMPONENTE	CAPITULO	ESTRATEGIA
General	Servicio público domiciliario de alcantarillado	Implementación de un programa de construcción de pozos sépticos con especificaciones técnicas que solucionen la problemática, acompañado de la construcción de baños con inodoros, campañas de salud, saneamiento básico y educación ambiental, con el fin de evitar que se continúe con la contaminación de las fuentes de agua y los suelos.

TIPO DE COMPONENTE	CAPITULO	ESTRATEGIA
Urbano	Servicios públicos domiciliarios / acueducto	Adecuar el predio con una zona de parqueo para acceder a las labores de suministro de insumos de manera fácil y construir el cerramiento para garantizar la seguridad y calidad del agua.
Rural	Acueducto	Implementación de un programa de construcción de pozos sépticos con especificaciones técnicas que solucionen la problemática, acompañado de la construcción de baños con inodoros, campañas de salud y educación ambiental, con el fin de evitar que se continúe con la contaminación de las fuentes de agua y suelos.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.1.4 La Victoria

El esquema de ordenamiento territorial del municipio de La Victoria cuenta con un acuerdo No. 04 del 2.000 con fecha de mayo 19 del 2000. Dentro del EOT se puede observar que tienen como objetivos tales como la preservación y conservación de los ecosistemas de interés y los recursos naturales en la localidad y en la región. También se puede observar las estrategias planteadas para el recurso hídrico en la Tabla 22.

Tabla 22 Estrategias del EOT para el municipio de La Victoria en el recurso hídrico.

SECCIÓN	SECCIÓN	ESTRATEGIA
Parte IV- Capítulo I	I- Políticas de racionalización y uso	Artículo 158. La Oficina de Planeación Municipal y la Empresa de Servicios Públicos reglamentará el programa institucional para el control de pérdidas en el sistema de acueducto y el programa de mantenimiento por parte de la empresa prestadora del servicio de agua potable alcantarillado. Se busca con esta medida una mayor eficiencia en la cobertura, validad y uso racional del recurso.
		Artículo 159. Reglamentación de términos y especificaciones técnicas para el adecuado desarrollo de proyectos que tienden a evitar el deterioro de los drenajes y desagües; de igual manera el control y a supervisión de redes.
		Artículo 160. Implementación de un programa de Control de estaciones de bombeo, planta de tratamiento y estructuras de control de drenajes.
	II- Manejo de aguas residuales	Artículo 162. La Oficina de Planeación Municipal y la Empresa de Servicios Públicos Municipales será la instancia encargada de tratar las aguas servidas provenientes de la cabecera municipal y garantizar una retención del 70% de materia orgánica y materiales contaminantes antes de su vertimiento final a las fuentes receptoras de las mismas.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.1.5 Pauna

Según el documento técnico de soporte del EOT con fecha de 10 de julio del 2015 aportado, se puede observar que buscan implementar una mejora en el seguimiento y optimización del recurso hídrico en el municipio, también buscan restaurar las fajas de protección hídricas de las quebradas La Paunera y La Manotera. Asimismo, plantean estrategias dentro del plan de servicios públicos domiciliarios como se puede observar dentro de la siguiente tabla.

Tabla 23 Estrategias del EOT para el municipio de Pauna en el recurso hídrico.

TIPO DE COMPONENTE	CAPÍTULO	ESTRATEGIA
Rural	3.3 Plan de servicios públicos domiciliarios	Concretar la terminación del sistema de alcantarillado, evitando el vertimiento de aguas negras a las fuentes presentes en las zonas sin cobertura.
		Gestionar la construcción de redes separadas de alcantarillado pluvial y de aguas servidas, en especial en zonas de desarrollo.
Urbano	4.2 Sistemas de aprovisionamiento de los servicios de agua potable, saneamiento básico y energía eléctrica en el suelo rural	Apoyo en la construcción de unidades sanitarias en suelo rural, se dará prioridad a los predios localizados en los suelos de protección para el abastecimiento de acueductos.
		Mantenimiento y puesta en marcha de las plantas de tratamiento de agua veredales.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.2 PLANES DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS- PSMV

A continuación, se presenta un pequeño resumen de la información en relevancia evidenciada en los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos-PSMV.

1.1.3.1.2.1.2.1 Muzo

Según el PSMV del municipio de Muzo para el periodo de 2019 – 2029 presentan como objetivos y metas de calidad la reducción de cargas contaminantes, renovación el 48% del total de redes de alcantarillado a mediano plazo con el fin de optimizar las mismas a largo plazo (2.025), eliminación de vertimientos puntuales para un horizonte de planificación a corto, mediano y largo plazo.

Respecto la reducción de cargas contaminantes tales como la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) es una actividad contemplada en el PSMV a mediano plazo (2.024 – 2.028) para esto se construirá la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales junto con el Interceptor Norte, el Interceptor Sur y la línea de descarga.

La Planta de Tratamiento de Agua Residual cuenta con 3 pre-alternativas que están relacionadas en la siguiente tabla, pero según lo informado en el PSMV la propuesta seleccionada como pre-alternativa para el tratamiento de aguas residuales más favorable es la alternativa 2; el Interceptor Sur recolectaría los Vertimientos La Chama, así como las cargas no cuantificadas; el Interceptor Norte captará las aguas residuales del Vertimiento El Bosque Sector Hospital y del Vertimiento El

Bosque Sector Matadero; y la línea de descarga unificará las aguas residuales de los interceptores que será conducida hasta la PTAR.

Asimismo, se muestran objetivos y metas de calidad de reducción de cargas contaminantes que tenían como finalidad mantener los usos de las Quebradas La Chama y Matadero, los cuales son de dilución o asimilación y uso estético. Además, se observa un plan de acción para poder cumplir con estos objetivos.

Tabla 24 Alternativas PTAR municipio de Muzo.

ALTERNATIVAS					
PROYECTO	No.	TRATAMIENTO PRELIMINAR:	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SEGUNDARIO	POS-TRATAMIENTO
Construcción de la PTAR.	1	Canal de entrada, canal de cribado: rejilla gruesa y final, desarenador.	-	Filtro percolador, sedimentador, lecho de secado de lodos	Humedal artificial de flujo sumergido
	2	Canal de entrada, canal de cribado: rejilla gruesa y final, desarenador.	Tanque Imhoff, filtro anaerobio, de flujo ascendente (FAFA), lechos de secado de lodos, antorcha de biogás.	-	-
	3	Canal de entrada, canal de cribado: rejilla gruesa y final, trampa de grasas desarenador.	Reactor UASB, reactor RAP-sedimentador, lecho de secado de lodos, antorcha de biogás.	-	-

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.2.2 La Victoria

Según el PSMV del municipio de La Victoria para el periodo (2.009 – 2.018) presentan como objetivos y metas buscan la ampliación de la red de alcantarillado, reducción de la contaminación generada por los vertimientos de agua residual de origen doméstico que genera problemas en la salud y alteraciones al medio ambiente, para esto se debe realizar el trazado y construcción del emisario final y/o interceptor para la unificación de vertimientos en el año 2010 finalizando así con la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales para mediano plazo (2.013).

Para la construcción de la PTAR se tienen en cuenta 2 alternativas relacionadas en la siguiente tabla. Asimismo, se busca ampliar la red de alcantarillado en el municipio en mediano plazo (2.011 – 2.013).

Tabla 25 Alternativas PTAR municipio de La Victoria.

ALTERNATIVA	PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS
1	Aliviadero	Filtro anaerobio
	Rejilla y Tamiz	Campo de Absorción
	Desarenador	Lechos de secado
2	Aliviadero	Humedal Artificial de Flujo Sumergido
	Rejilla y Tamiz	Lechos de secado
	Desarenador	

Fuente: Adaptada por Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.1.3 PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA –POMCA DEL RÍO CARARE MINERO

A continuación, se presenta un pequeño resumen de la información en relevancia evidenciada en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca –POMCA del Río Carare Minero.

El río Palenque se encuentra ubicado en la región montañosa de la Cordillera Oriental, donde el relieve es escarpado a moderado con rangos de pendientes entre 0 a 75%, aunque la mayor parte del área presenta pendientes mayores al 50%, propiciando la formación de microclimas y condiciones morfométricas con características locales muy particulares.

Los problemas de contaminación presentes en la cuenca se deben principalmente a los vertimientos residuales de las áreas urbanas de Paime y Buenavista y en general a los residuos orgánicos provenientes de las cabeceras municipales, lo que ha ido en detrimento no sólo del paisaje sino de la calidad del agua y de los suelos.

La fase de diagnóstico - Caracterización medio físico y Biótico del POMCA del Río Carare Minero (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019) estableció, la demanda de agua de acuerdo al uso (Doméstico DUD, Agrícola DUA, pecuario DUP e industrial DUI) la cual se resume en la siguiente tabla.

Tabla 26 Demanda de agua estimada por usos.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	DUD (l/seg)	DUA (l/seg)	DUP (l/seg)	DUI (l/seg)	DH (l/seg)
Río Palenque	1,87	1,57	0,17	1,21	4,5
Río Negro	0,12	0,12	0,17	0,25	1,5
Río Guaquimay	0,345	0,025	0,0175	0,25	0,41
SUMATORIA	2,335	1,715	0,3575	1,71	6,41

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

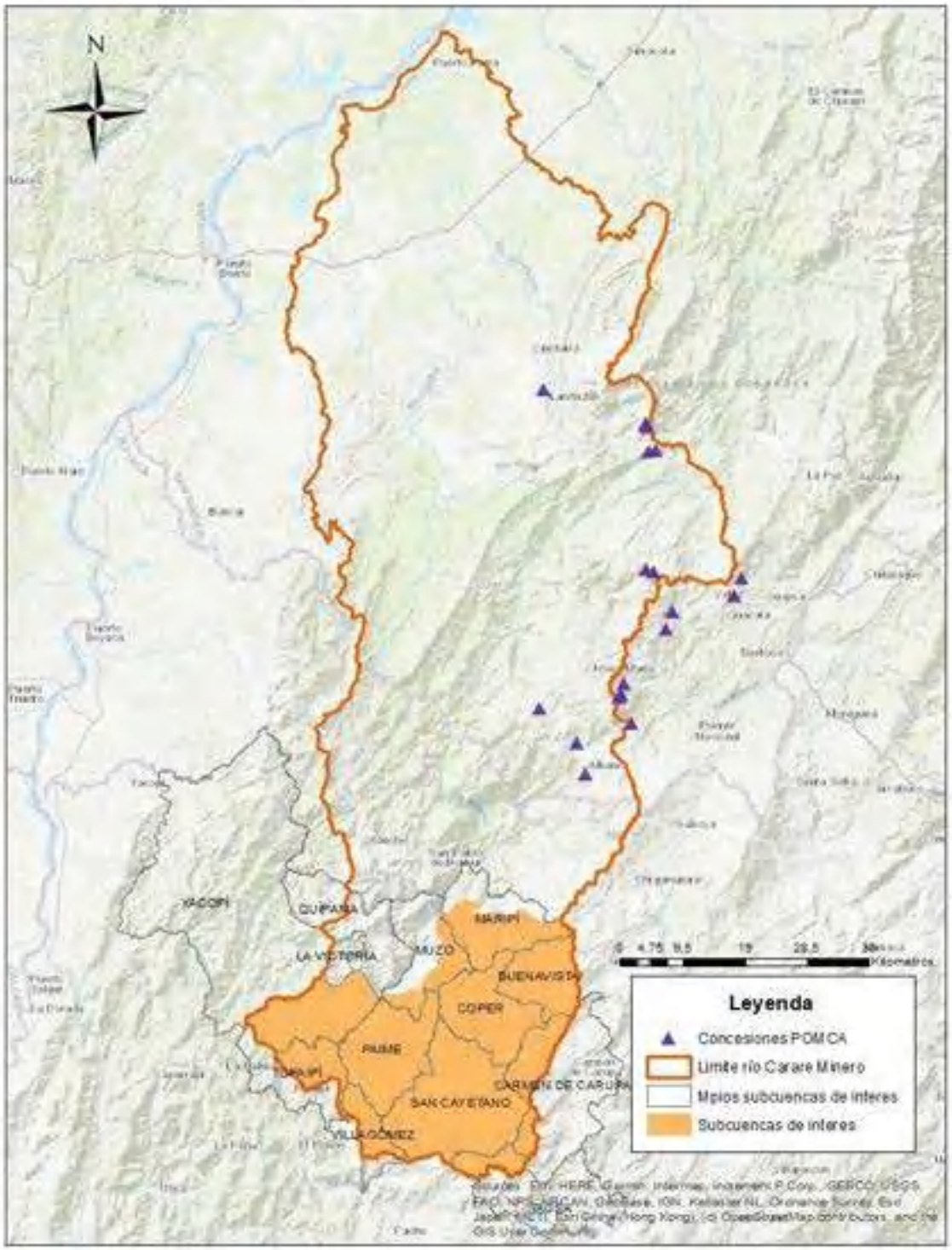
Específicamente se reportan los usuarios contenidos en la Tabla 27 y se ubican como se muestra en la Figura 37.

Tabla 27 Usuarios del recurso hídrico

MUNICIPIO	TIPO	CAUDAL (l/s)	COORDENADAS		USUARIOS	USO
			Este	Norte		
Albania	Captación	1,6	1020349	1129996	168	Sin información
Bolívar	Captación	2	1032745	1152192	411	Consumo humano y servicio doméstico
Bolívar	Pozo		1033659	1154915	Sin información	Sin información
El Peñon	Captación	2	1029803	1161298	214	Consumo humano y servicio doméstico
El Peñon	Captación		1030977	1160941	Sin información	Sin información
Florián	Captación	15	1019122	1134680	420	Consumo humano y servicio doméstico
Jesús María	Captación	2	1025884	1142147	Sin información	Sin información
Jesús María	Captación	3	1027552	1137872	Sin información	Sin información
La Belleza	Concesión	4	1013418	1140134	Sin información	Sin información
Landázuri	Concesión	1,4	1029786	1183155	700	Consumo humano y servicio doméstico
Landázuri	Sin información	2	1029763	1183656	Sin información	Sin información
Landázuri	Sin información		1029790	1183742	Sin información	Sin información
Landázuri	Concesión	3	1031338	1179547	Sin información	Sin información
Landázuri	Concesión	3,3	1030207	1179482	Sin información	Sin información
Sucre	Sin información	5	1025625	1141879	280	Consumo humano y servicio doméstico
Sucre	Sin información	2	1026404	1143882	130	Consumo humano y servicio doméstico
Vélez	Concesión	0,4	1043246	1157282	Sin información	Sin información
Vélez	Concesión	8	1044317	1160000	Sin información	Sin información
Vélez	Concesión	38	1033659	1154915	Sin información	Sin información
Cimitarra	Concesión	80	1013946	1189000	3000	Sin información
Cimitarra	Concesión	80	1182544	1011503	3000	Sin información
Puerto Parra	Sin información		1230132	1005895	667	Consumo humano y servicio doméstico
Puerto Parra	Sin información		1230989	1007769	667	Consumo humano y servicio doméstico

Fuente: tomado y adaptado de (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, Diagnostico, 2019)

Figura 37 Captaciones reportadas en el POMCA de la Cuenca del Río Carare Minero



Fuente: tomado y adaptado de (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, Diagnostico, 2019)

Adicionalmente, se presenta la información sobre la carga contaminante aportada por usos la cual se encuentra contenida en la Tabla 28, Tabla 29 y Tabla 30.

Tabla 28 Carga Contaminante uso doméstico y sacrificio.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	Doméstico					Sacrifico		
	DBO_5	DQO-DBO	NT	PT	SST	DBO_5	DQO-DBO	SST
	(Ton/año)	(Ton/año)	(Ton/año)	(Ton/año)	(Ton/año)	(Ton/año)	(Ton/año)	(Ton/año)
Río Palenque	44,26	37,43	5,8	1,16	42,12	-	-	-
Río Negro	33,73	20,76	3	0,6	34,93	-	-	-
Río Guaquimay	55,79	82,1	13,67	3,98	81,11	0,0011	-	0,00053

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

Tabla 29 Carga Contaminante uso agrícola.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	DBO_5 (ton/año)	DQO-DBO (ton/año)	NT (ton/año)	PT (ton/año)	SST (ton/año)
Río Palenque	1.188,27	1.782,41	59,41	11,88	792,18
Río Negro	90,82	136,23	4,54	0,94	60,54
Río Guaquimay	18,92	28,38	0,94	0,47	12,61

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

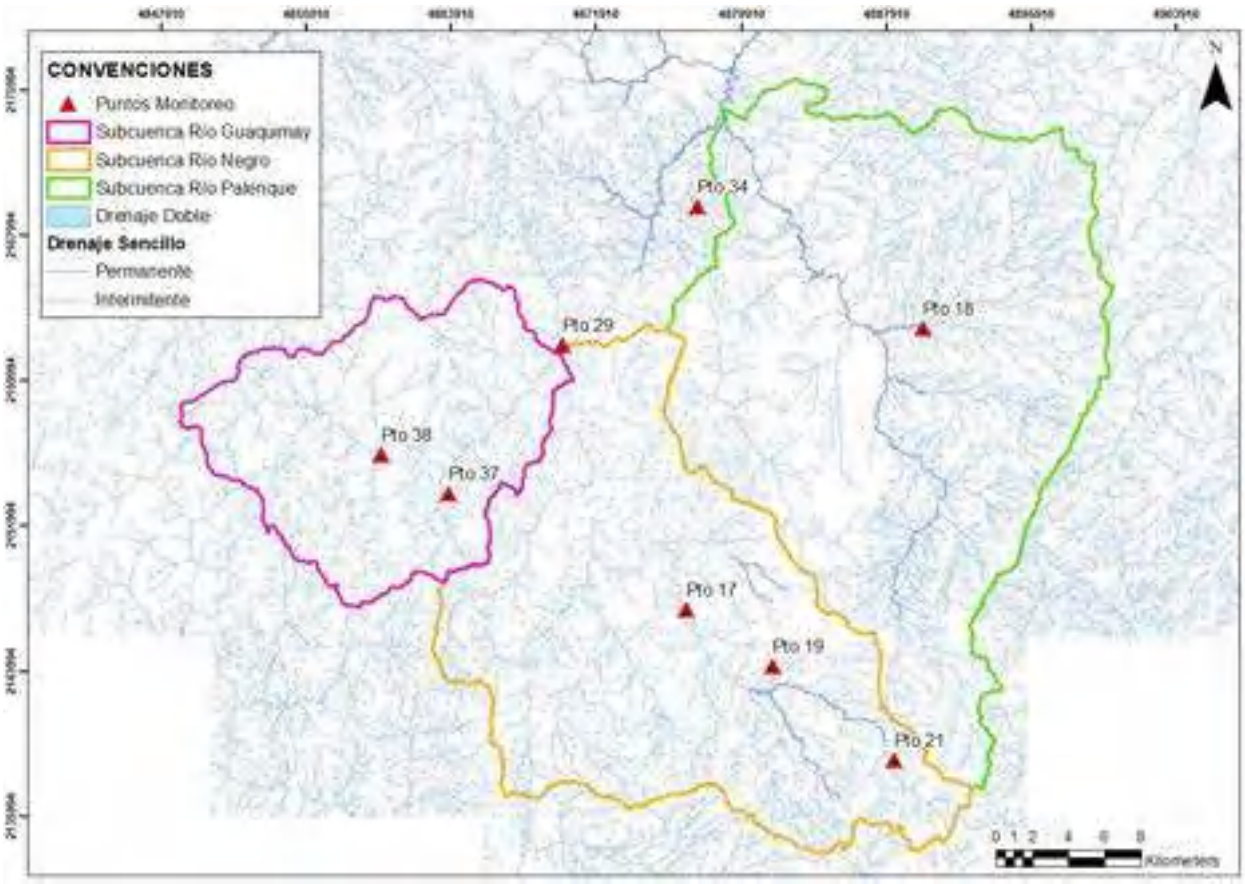
Tabla 30 Carga Contaminante uso pecuario.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	DBO_5 (Ton/año)	DQO-DBO (Ton/año)	NT (Ton/año)	PT (Ton/año)	SST (Ton/año)
Río Palenque	48,25	48,25	2.41	0,48	42,88
Río Negro	48,25	48,25	2,41	0,48	42,88
Río Guaquimay	4,96	4,96	0,24	0.04	4,41

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

Se realizó el monitoreo de calidad de agua en 40 puntos de muestreo en el marco del POMCA del Río Carare Minero el cual comprendió la temporada de transición de mayor a menor precipitación en diciembre de 2016 en el cauce principal y los tributarios del Río Carare minero. La ubicación de los puntos de monitoreo dentro de las Unidades Hidrográficas de interés se presenta en la Figura 38.

Figura 38 Localización puntos de monitoreo.



Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

La siguiente tabla presenta algunos de los resultados del monitoreo en los puntos asociados a las unidades hidrográficas objeto de estudio.

Tabla 31 Valores de monitoreo

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO PUNTO DE MUESTREO POMCA	OD% saturación	OD (mgO2/L)	SST (mg/l)	DQO (mgO2/L)	DBO_5 (mg/l)	CT (NMP/100ml)	FT (mgPO4-P/L)
Río Palenque	18	95	6.43	57.5	8.75	0.11	200	0.282
Río Negro	17	95	6.45	246	56.4	0.02	105	1
	19	94,4	6.41	10	15.6	0.06	3.1	0,24
	21	94,8	6.43	10	5.81	0.17	31.2	0,31
Río Guaquimay	37	94,4	6.4	5.51	10.4	0.10	28.8	0,133
	38	97	6.57	16.4	21.5	0.5	23.1	0,367

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

A partir del monitoreo se realizó el cálculo de los índices de contaminación (ICOMO índice de contaminación por materia orgánica, ICOSUS: índice de contaminación por solidos suspendidos e ICOTRO índice de contaminación trófico) y presenta para las unidades hidrográficas río Palenque, Río Negro y Río Guaquimay los siguientes resultados:

Tabla 32 Valores de los índices de contaminación ICOMO e ICOSUS

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO PUNTO DE MUESTREO POMCA	ICOMO		ICOSUS		ICOTRO
Río Palenque	18	0.233	Baja	0,153	Ninguna	Eutrófico
Río Negro	17	0,350	Baja	0,718	Alta	Hipertrófico
	19	0,111	Ninguna	0,00	Ninguna	Eutrófico
	21	0,351	Baja	0,00	Ninguna	Eutrófico
Río Guaquimay	37	0,199	Ninguna	0,00	Ninguna	Eutrófico
	38	0,228	Baja	0,029	Ninguna	Eutrófico

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

Rio Palenque: ICOMO: tanto el valor de DBO_5, como el porcentaje de saturación de oxígeno, no afectan el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica, el valor de los coliformes totales, 5360 NMP/100ml, genera un índice de contaminación baja. ICOSUS: las bajas concentraciones de solidos suspendidos en este punto, generan un índice de contaminación nula. ICOTRO: las concentraciones de fosforo en este punto, indican que este es eutrófico.

Rio Negro: ICOMO tanto el valor de DBO_5, como el porcentaje de saturación de oxígeno, no afectan el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica, el valor de los coliformes totales, se encuentra entre 1160 y 41060 NMP/100ml, genera un índice de contaminación baja para los puntos 17 y 21; y para el punto 19 no se observa contaminación. ICOSUS: Las bajas concentraciones de solidos suspendidos en los puntos 19 y 21generan un índice de contaminación nula, pero en el caso del punto 1, se observan concentraciones de 246 mg/l lo que ocasiona una alta concentración de este parámetro. ICOTRO: Las concentraciones de fosforo en este cuerpo de agua se encuentran entre 0,01 y >1, indicando que los puntos 19 y 22 son eutróficos y el punto 17 Hipertrófico.

Rio Guaquimay: ICOMO: tanto el valor de DBO_5, como el porcentaje de saturación de oxígeno, no afectan el cálculo del índice de contaminación por materia orgánica, el valor de los coliformes totales, se encuentra por encima de los límites permisibles por la normatividad vigente, generando un índice de contaminación baja para el punto 38 y para el punto 37 no se observa contaminación. ICOSUS: las bajas concentraciones de solidos suspendidos en estos puntos, generan un índice de contaminación nula. ICOTRO: las concentraciones de fosforo en estos puntos, indican que este es eutrófico.

Respecto al Índice de calidad de agua (ICA) entendido de acuerdo al IDEAM como: *el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en*

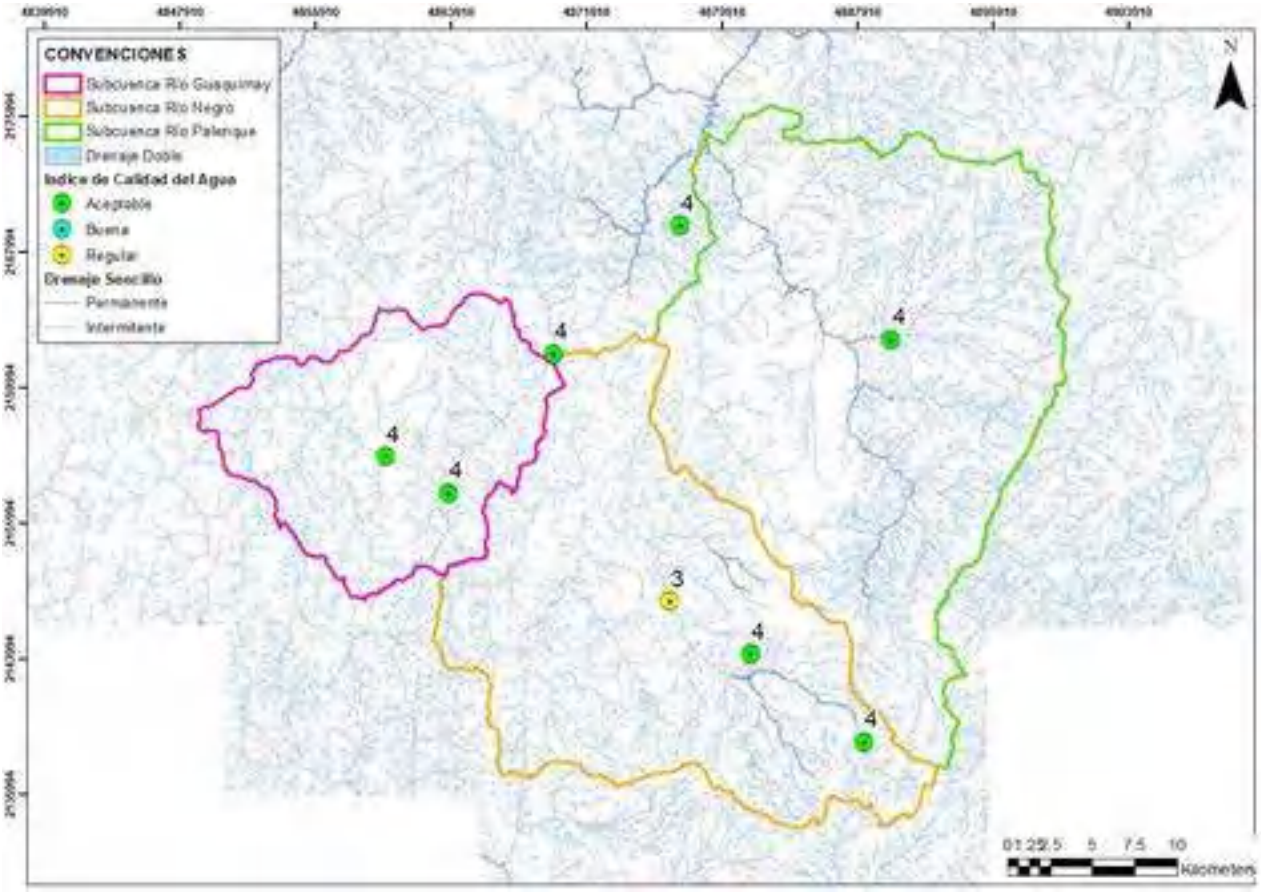
las mediciones obtenidas para un conjunto variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t. La siguiente tabla presenta el ICA para las unidades hidrográficas en estudio donde se observan los puntos con una calidad aceptable, buena o regular. La siguiente tabla relaciona la ubicación de los puntos muestreados.

Tabla 33 Índice de calidad de agua (ICA).

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO PUNTO DE MUESTREO POMCA	ICA 6 VARIABLES		ICA 7 VARIABLES	
Río Palenque	18	0,81	Aceptable	0.82	Aceptable
Río Negro	17	0,58	Regular	0,64	Aceptable
	19	0,79	Aceptable	0,82	Aceptable
	21	0.78	Aceptable	0,81	Aceptable
Río Guaquimay	37	0,83	Aceptable	0,86	Aceptable
	38	0,80	Aceptable	0,83	Aceptable

Fuente: (CAR, CAS, Corpoboyaca, 2019)

Figura 39 ICA 2016 época de poca lluvia 6 variables



Fuente: (CAR, 2018)

La Evaluación Regional del Agua-ERA del Río Minero, realizada por la CAR en 2016, presento los resultados de criticidad presentados en la siguiente tabla señalando que el resultado de criticidad obtenido corresponde a la suma de los valores y posterior división en el número de indicadores involucrados:

Tabla 34 Resultados Ponderación por subcuenca.

INDICADOR		RÍO PALENQUE		RÍO NEGRO		RÍO GUAQUIMAY	
Índice de Aridez	IA	1	Excedentes de agua	1	Altos excedentes de agua	1	Altos excedentes de agua
Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico	IVDH	5	Muy alto	5	Muy alto	5	Muy alto
Índice de Calidad de Agua	ICA					1	Buena
Índice de alteración potencial de calidad de agua	IACAL Acumulado					1	Baja
Índice de Vulnerabilidad a eventos torrenciales	IVET	4	Alta	4	Alta	4	Alta
Índice de extracción de agua subterránea	IEAS	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo
Índice de reservas temporalmente aprovechable	IRTA		Muy Bajo	1	Muy Bajo	1	Muy Bajo
Criticidad			2,6		2,14		2,14

Fuente: (CAR, 2016)

De acuerdo con las categorías de criticidad determinadas por el estudio regional del agua para el Río Minero, concluye; *para las cuencas objeto de este estudio: la subcuenca del río Palenque está en categoría "media" en cuanto a disponibilidad, calidad, cantidad, reserva, vulnerabilidad y riesgo asociado al recurso hídrico, mientras que las subcuencas del río Negro y río Guaquimay presentan criticidad baja,* y determina el orden de cuencas de interés ambiental, para la implementación de estrategias de gestión ambiental, reglamentación, recuperación, restauración *1. Subcuenca río Palenque, 4. Subcuenca río Negro y 5. Subcuenca río Guaquimay.*

Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL);

Siendo el referente de la presión sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales, o interpretado también como un reflejo de la amenaza por contaminación a la que puede estar sometida una subzona hidrográfica, y el cual, fue evaluado a partir del promedio de las jerarquías asignadas a las cargas contaminantes de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes ejercidas por el sector doméstico, industrial y agrícola versus la oferta hídrica superficial.

El POMCA presenta la siguiente información:

Tabla 35 IACAL por Unidad Hidrográfica

UNIDAD HIDROGRÁFICA	IACAL CAUDAL MÍNIMO (AÑO SECO)		IACAL (CAUDAL MEDIO)	
Río Palenque	Alta	4	Media – Alta	3
Río Negro	Moderada	2	Moderada	2
Río Guaquimay	Media - Alta	3	Moderada	2

Fuente: (CAR, 2016)

La afectación de la calidad del recurso hídrico se puede entender como una amenaza, cuya magnitud depende de la disponibilidad natural y/o regulada de dicho recurso (la cual no es constante debido a la variabilidad climática), y de la presión ejercida sobre éste por cuenta de los usos y el consumo que realiza la población asentada en sus alrededores, y de los vertimientos que dicha población descarga en las corrientes.

En la medida que se incrementan las cargas vertidas por los diferentes sectores, se reduce la capacidad natural de autodepuración del sistema hídrico superficial que las recibe, se pierde su aptitud para ciertos usos específicos y se afecta la calidad de los beneficios ambientales que prestan estos sistemas hídricos

1.1.3.1.2.1.4 NIVEL DE PRIORIDAD DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE NIVEL I (CAR 2021)

En 2021, la Dirección de Gestión del Ordenamiento Ambiental y Territorial -DGOAT de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, realizó la actualización de la priorización para adelantar los planes de ordenamiento del recurso hídrico - PORH en la jurisdicción CAR, cuyo método de priorización implementado está inmerso en la denominada Teoría de la Decisión, que se fundamenta en la lógica según la cual una decisión es la elección entre varias alternativas (Ordóñez Galan & Martínez-Alegría, 2003). Los criterios fueron i) los establecidos en el artículo 2.2.3.3.1.5, del Decreto 1076 de 2015, ii) establecidos por la CAR y iii) propuesto por Uniandes en 2002, tal como se presentan en la Tabla 36, y los resultados obtenidos para la cuenca del Río Carare – Minero se presentan en la Tabla 37.

Tabla 36 Criterios de priorización utilizados.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
1	Cuerpos de agua objeto de ordenamiento definitivos en la formulación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas	Decreto de 1076 de 2015
2	Cuerpos de agua donde la autoridad ambiental está adelantando el proceso para el establecimiento de las metas de reducción de que trata el capítulo 7 “tasas retributivas, pero vertimientos puntuales al agua” o la norma que lo modifique o sustituya	
3	Cuerpos de agua en donde se estén adelantando proceso de reglamentación de uso de las aguas o en donde estos se encuentren establecidos	

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
4	Cuerpos de agua en donde se estén adelantando procesos de reglamentación de vertimientos o en donde estos se encuentren establecidos	
5	Cuerpos de agua que sean declarados como reserva o agotados, según lo dispuesto en el artículo 2.2.3.3.1.5 del Decreto 1076 de 2015	
6	Cuerpos de agua en los que exista conflicto por el uso de recurso	
7	Cuerpos de agua que abastecen poblaciones mayores a 2.500 habitantes	
8	Regulación hídrica en los Cuerpos de agua	
9	Cuerpos de agua cuya calidad permita la presencia y el desarrollo de especies hidrobiológicos importantes para la conservación y/o el desarrollo socioeconómico.	
10	Cuerpos de agua con mayor porcentaje de presión por ilegalidad de captaciones	
11	Índice de alteración potencial de la calidad del Agua (IACAL)	CAR
12	Índice de aridez en las cuencas hidrográficas (IA)	
13	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVDH)	
14	Índice del uso del agua (IUA)	
15	Presencia de especies que se encuentran en grado de peligro o vulnerabilidad en las cuencas hidrográficas	Uniandes

Fuente: (DGOAT-CAR, 2020)

Tabla 37 Matriz de calificación para determinar el nivel de prioridad de las unidades hidrográficas de nivel.

CÓDIGO	UINI	CRITERIO															PUNTAJE FINAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
		FACTOR DE PONDERACIÓN															
		0.07	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.08	0.05	0.06	0.07	0.06	0.08	0.05	0.08	
2312-01	Rio Palenque	1	1	0	0	1	0.5	0.5	1	0.25	0.2	0.75	0	0.5	0.75	1	0.59
2312-03	Rio Negro	1	1	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0.2	0.25	0	0.5	0.25	1	0.57
2312-04	Rio Guaquimay	1	1	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0.4	0.5	0	0.5	0	1	0.47

Fuente: (DGOAT-CAR, 2020)

La priorización de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento del recurso hídrico se desarrolló con base en la evaluación multicriterio como herramienta fundamental en los procesos de planificación la cual permite la integración de criterios de acuerdo con la opinión de actores en un solo marco de

análisis para dar una visión integral. De esta forma, se toman como base diversos criterios, los decisores pueden integrar, en un contexto prospectivo o retrospectivo la diversidad de las opiniones relativas a los proyectos para emitir un juicio con una adecuada objetividad en torno al fin que se busca lograr.

Con base en la aplicación de esta metodología por parte de las corporaciones que conforman la comisión conjunta del Río Carare Minero y teniendo como base los criterios de ponderación expuestos dentro de la guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018).

1.1.3.1.2.1.5 OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCIÓN 3436 DE 2009

Para los casos que apliquen, se tuvieron en cuenta los objetivos de calidad definidos en la resolución 3463 del 28 de diciembre de 2009 "Por la cual se establecen los objetivos de calidad para la cuenca del río Minero, a lograr en el 2020". Prorrogados mediante la resolución CAR DGEN No 20207101155 de 2020 hasta la emisión de los nuevos objetivos de calidad definidos en el actual instrumento de planificación. En dicho acto administrativo se definieron los siguientes usos de del agua:

- Industrial, Consumo humano y doméstico.
- Preservación de flora y planta.
- Agrícola
- Pecuario

Igualmente, en esta resolución se presenta la clasificación de los usos del agua para la cuenca del río Minero de la siguiente forma:

Clase I: Usos del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.
Clase II: Usos del agua para consumo humano y doméstico contratamiento convencional, uso agrícola con restricciones y pecuario e industrial.
Clase III: Calidad de agua para lagos, lagunas, humedales y demás cuerpos lenticos ubicados dentro de la cuenca del río Negro.
Clase IV: corresponde a los usos agrícola con restricciones, pecuario e industrial.

1.1.3.1.2.1.5.1 CUENCA DEL RÍO PALENQUE. CÓDIGO: 2312-01

1.1 El río El Salto v sus afluentes desde su nacimiento hasta la confluencia con la Quebrada los Órganos, corresponden a Clase I.
1.2 La quebrada Cañaveral y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada El Retiro, corresponden a Clase I.
1.3 El río Herradura y demás afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Palenque incluyéndolo, corresponden a Clase IV.

1.1.3.1.2.1.5.2 CUENCA DEL RÍO VILLAMIZAR. CÓDIGO: 2312-02

2.1 Comprendida por el río Villamizar y sus afluentes, desde su cabecera hasta su la salida de la Jurisdicción de la Corporación, corresponden a Clase IV.

1.1.3.1.2.1.5.3 CUENCA DE LA RÍO NEGRO. CÓDIGO: 2312-03

3.1 El río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Negro incluyéndolo, corresponden a Clase I.

3.2 Las quebradas La Chorrera y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada Guatical incluyéndola, corresponden a Clase I.

3.3 La quebrada Guananí y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada las Lajas incluyéndola, corresponden a Clase I.

3.4 La quebrada Nuevo Mundo y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Mencipá, corresponden a Clase I.

3.5 El río Negro y sus afluentes, desde su confluencia con el río Sabaneque hasta el río Guaquimay, corresponden a Clase IV.

3.6 El río Mencipá y demás afluentes, desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Negro, corresponden a Clase IV.

3.7 El río Blanco y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Negro, corresponden a Clase II.

1.1.3.1.2.1.5.4 CUENCA DEL RÍO GUAQUIMAY. CÓDIGO: 2312-04

4.1 La quebrada de Maya y sus afluentes desde su cabecera hasta su confluencia con la quebrada Guadualón incluyéndola, corresponde a Clase

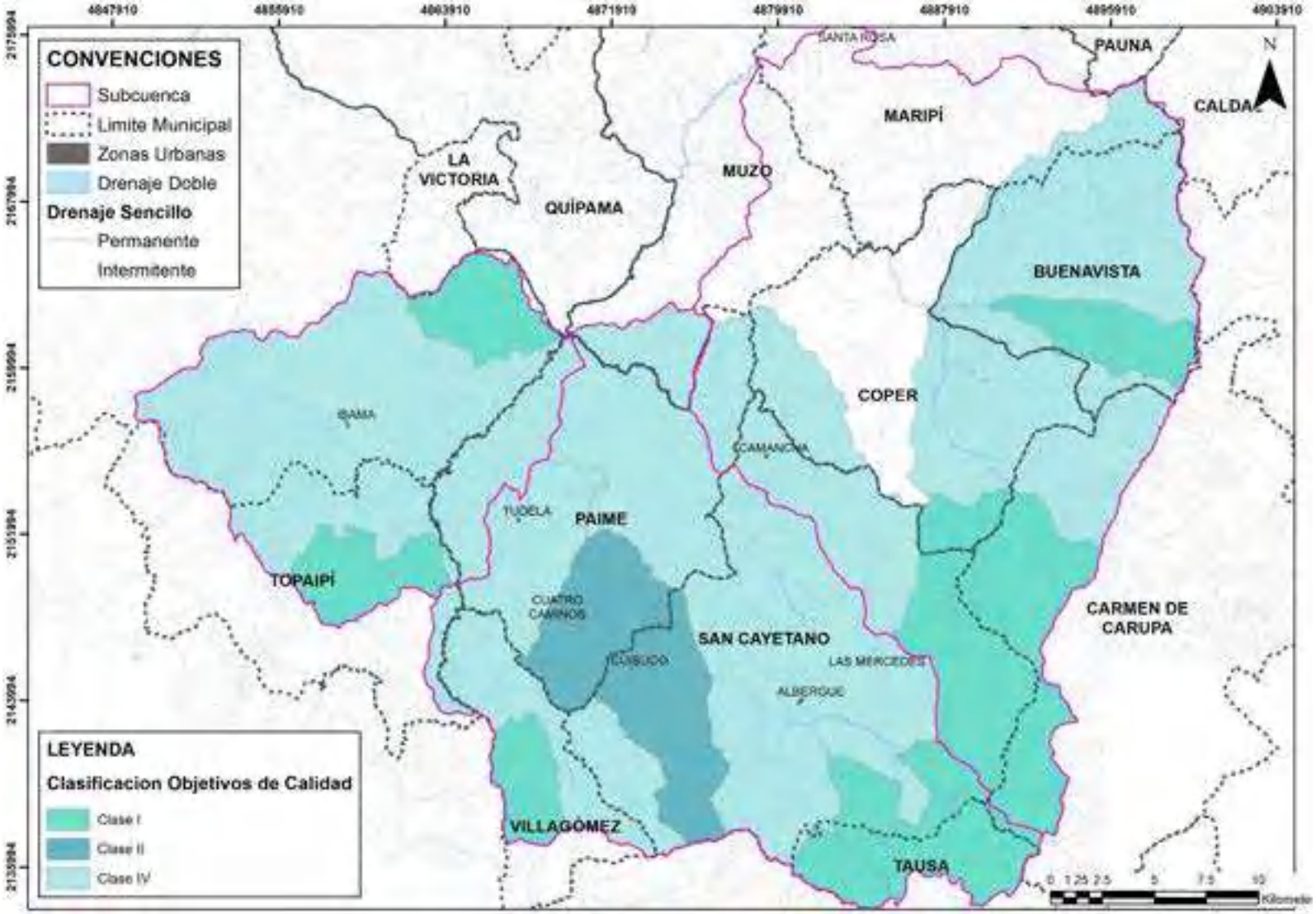
4.2 La quebrada Honduras y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la quebrada Montealegre, corresponde a Clase I.

4.3 La quebrada el Silencio y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en la quebrada Honduras, corresponde a Clase I

4.4 La Quebrada Tapua y sus afluentes desde su cabecera hasta su desembocadura en el río Guaquimay, corresponde a Clase I

4.5 El río Guaquimay y sus afluentes desde su cabecera y hasta la confluencia con el río Negro, corresponden a Clase IV.

Figura 40 Objetivos de calidad resolución 3436 de 2009



Fuente: CAR, CORPOBOYACA

1.1.3.1.2.2 DATOS HISTÓRICOS DISPONIBLES

1.1.3.1.2.2.1 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

De acuerdo con el Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH del IDEAM, las unidades hidrográficas Río Palenque (2312-01), Río Negro (2312-03) y Río Guaquimay (2312-04) no cuentan con estaciones e información de monitoreo de calidad de agua.

1.1.3.1.2.2.2 PROGRAMA GENERAL DE MUESTREO CUENCA DEL RÍO MINERO

El programa corresponde a un instrumento desarrollado por la CAR y aprobado en julio de 2007, con el cual se realiza el seguimiento del estado del recurso hídrico, la temporalidad de su muestro se realiza en correlación con el régimen de lluvias de tipo bimodal ajustando dos muestreos al año abarcando el periodo de lluvias y el periodo seco, respectivamente los meses de febrero – mayo y septiembre – Diciembre para el periodo de lluvias y los meses de enero y junio – agosto para el periodo seco. En la siguiente tabla se presentan los puntos de monitoreo disponibles para la cuenca río Carare – Minero

Tabla 38 Puntos de monitoreo río Carare Minero

No	DESCRIPCIÓN	RÍO (R), AFLUENTE (A),	ESTE (M)	NORTE (M)	ALTITUD
1	Quebrada Los Robles	R	1077856	1003799	2019
2	Aguas abajo Quebrada Los Robles	R	1077909	998366	1956
3	Aguas arriba río Blanco	R	1086370	992248	907
4	Río Blanco	A	1086345	991041	850
5	Aguas abajo Río Blanco	R	1082810	986566	864
6	Aguas arriba Río Mencipá	R	0	0	0
7	Río Mencipá	A	1082810	986566	847
8	Aguas abajo Río Mencipá	R	1088233	990670	830
9	Aguas arriba Río Guaquimay	R	1095707	989202	594
10	Río Guaquimay	A	1095486	989006	634
11	Aguas abajo Río Guaquimay	R	1096536	989249	583

Fuente: Programa de monitoreo cuenca Río Minero

1.1.3.1.2.2.3 PLAN DE MONITOREO PORH

El prediseño del plan de monitoreo se efectúa bajo las recomendaciones especificadas por las corporaciones, con las cuales se definen un total de 22, respectivamente se definen 6 puntos para el río Guaquimay, 8 para en río Negro y 8 adicionales para el río Palenque. Seguidamente se presenta la localización de las estaciones de monitoreo de calidad y cantidad de agua sobre los cauces de las unidades hidrográficas.

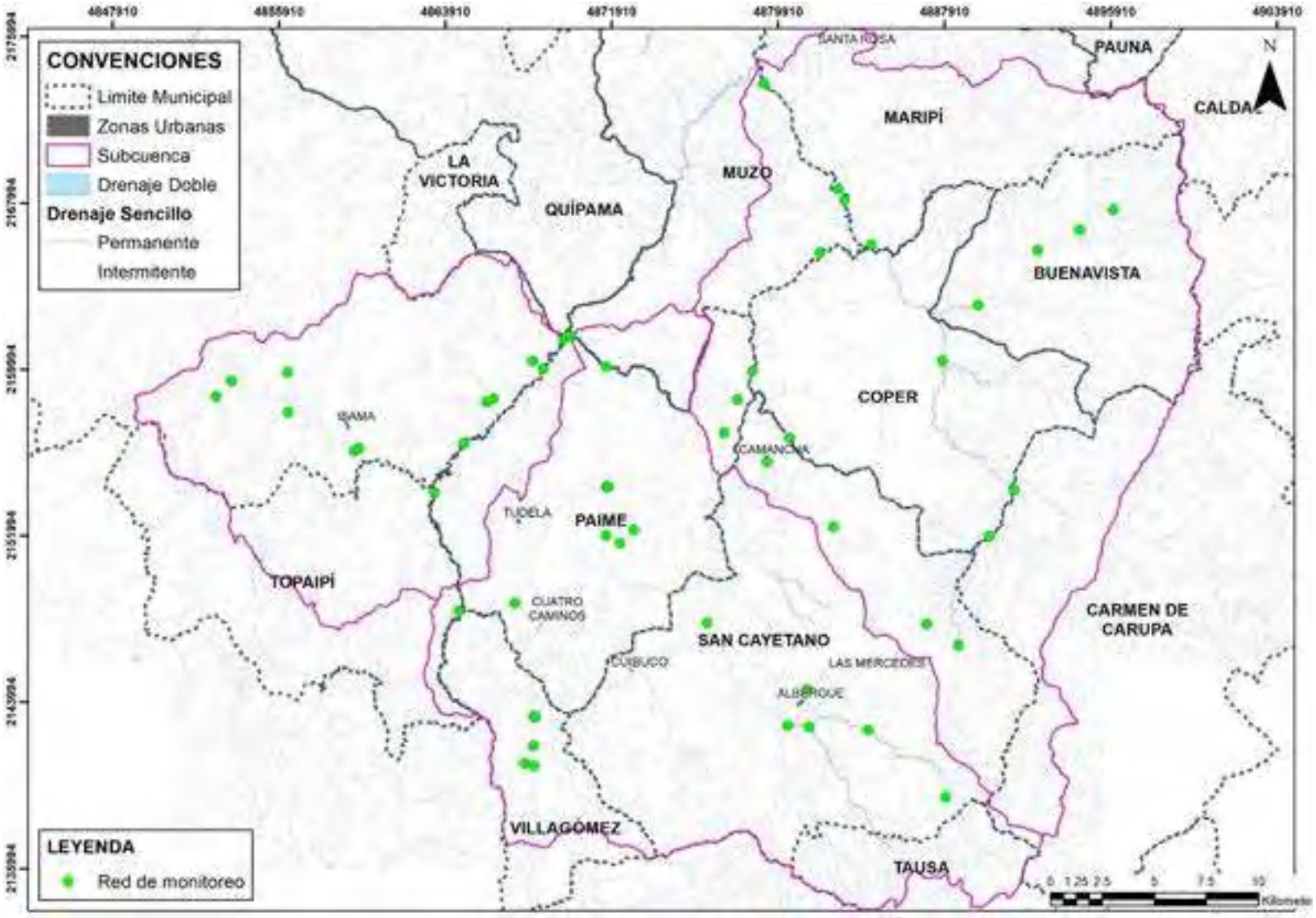
Tabla 39 Localización puntos de muestreo para el plan de monitoreo de calidad de agua

ID	UNIDAD NIVEL I	DESCRIPCIÓN	ESTE (m)	NORTE (m)
1	Río Guaquimay	Quebrada La Mina (R Guaquimay aguas arriba)	4852885.3	2158679.9
2	Río Guaquimay	Medición sobre R Guaquimay	4859516.3	2156062.1
3	Río Guaquimay	Medición sobre R Guaquimay	4864753.6	2156415.2

ID	UNIDAD NIVEL I	DESCRIPCIÓN	ESTE (m)	NORTE (m)
4	Río Guaquimay	Quebrada Tauche	4864791.1	2156451.3
5	Río Guaquimay	Medición sobre R Guaquimay	4868594.4	2160013.6
6	Río Guaquimay	Cierre cuenca R Guaquimay	4869824	2161628
1	Río Negro	Rio Negro (POMCA)	4887952.5	2139419.5
2	Río Negro	Rio Negro	4884233.8	2142647.9
3	Río Negro	Quebrada La Chorrera	4881376.6	2142798.7
4	Río Negro	Quebrada de La Tabaquera	4880352.7	2142871.6
5	Río Negro	Rio Negro (POMCA)	4876476.6	2147780.4
6	Río Negro	Rio Negro Aguas arriba Paime	4872949.3	2152273.8
7	Río Negro	Rio Negro aguas arriba Mencipá	4871723.5	2154341.8
8	Río Negro	Cierre cuenca R Rionegro	4869925	2161603
1	Rio Palenque	Cabecera R Palenque	4888554.2	2146714.2
2	Rio Palenque	R Palenque	4890049.4	2151958.5
3	Rio Palenque	Quebrada Los Órganos	4891241.2	2154189.2
4	Rio Palenque	R Palenque	4887796.9	2160388.2
5	Rio Palenque	R Palenque aguas arriba R Villamizar	4884374.7	2165983
6	Rio Palenque	R Palenque Aguas arriba de Q Upane	4883086.2	2168121.7
7	Rio Palenque	Quebrada Upane	4882806.5	2168666.5
8	Rio Palenque	R Palenque Cierre de Cuenca	4879221	2173743.1

Fuente: CAR, CORPOBOYACA

Figura 41 Red de monitoreo Prediseñada



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.3 INFORMACIÓN SOBRE USOS Y USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO

El censo de usuarios es una herramienta a través del cual se identifican tanto los usos como los usuarios del agua, con el objetivo de identificar su manejo, estimar demanda actual y potencial del recurso hídrico sobre las diferentes actividades socioeconómicas del territorio de análisis, que para el caso particular corresponde a las *Unidades Hidrográficas Nivel I* Palenque, Guaquimay y Río Negro (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-, 2021).

Esta recopilación de información comprende el análisis de los diferentes habitantes de la zona de estudio, por lo cual incluye:

- Usuarios que cuenten con permiso ambiental (concesión de agua, Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos; permiso de vertimientos)
- Inventario de obras y sistemas hidráulicos
- Obras de ocupación de cauce
- Actividades de extracción, aprovechamiento y de explotación de material de arrastre en todos los cuerpos de agua, tanto en la corriente principal como en todos los tributarios que lo alimentan (lagos, lagunas y humedales)

Como parte de la consolidación de la información dentro de la matriz de análisis a nivel de cuenca o unidad hidrográfica de nivel I se relaciona a continuación de manera sintética las generalidades frente al censo y los usos que están siendo otorgados por parte de los diferentes actores al recurso hídrico evidenciando de manera general la gestión del recurso hídrico.

Es importante resaltar que, la información con mayor detalle a nivel de cada encuesta usos y otros aspectos se encuentra consignado en el documento de Censo de Usuarios.

1.1.3.1.2.3.1 Río Guaquimay

Por medio del recorrido del censo y el diligenciamiento de encuestas del RURH realizado en la Unidad Hidrográfica Nivel I del Río Guaquimay, se puede identificar que los usos predominantes son el uso doméstico, avícola, pecuario, agrícola y piscícola,

Dentro del uso piscícola se encuentran especies como mojarras y cachamas. Para el uso agrícola, los cultivos más comunes son de cacao, café, caña de azúcar, plátano, además de cultivos frutales. En el sector avícola predominan las gallinas y en el pecuario las reses.

Las captaciones de agua en su mayoría son artesanales e informales, se realizan directamente de los nacimientos. Allí se forma una estructura con baldes, los cuales son cubiertos con tela o mallas para filtrar el agua. A los baldes se conectan mangueras las cuales van directamente a los predios. Por lo general el agua captada es turbia, “calichosa” como lo mencionan las personas de las diferentes veredas visitadas.

Algunos de los habitantes recolectan agua lluvia para el uso de la misma y aproximadamente en 17 veredas se cuenta con acueducto veredal.

La mayor parte de los vertimientos se realizan directamente al suelo o en pozos sépticos.

Dentro de la Unidad Hidrográfica Nivel I no se ha encontrado hasta el momento algún tipo de actividad minera o industrial.

1.1.3.1.2.3.2 Río Negro

Por medio del recorrido del censo y el diligenciamiento de encuestas del RURH realizado en la Unidad Hidrográfica Nivel I del Río Negro, se puede identificar que los usos predominantes son el uso doméstico, avícola, agrícola, pecuario y piscícola.

Dentro del uso agrícola, se encuentran principalmente cultivos de papa en zonas de pre-paramo, en zonas más cálidas se puede encontrar cultivos de caña de azúcar, café, plátano, cacao y naranja. Para el uso piscícola se encuentran especies como mojarras y trucha entre los 1.000 a 1.500 m.s.n.m. y cachama. En el sector avícola predominan las gallinas y en el pecuario las reses, utilizadas en su mayor parte en la producción de lechera y carne.

Las captaciones de agua en su mayoría son artesanales e informales. Estas se realizan en nacimientos que se encuentran a mayor altura para evitar la contaminación generada por el ganado o por actividades antrópicas. Para captar y conducir el agua, se crean estructuras con botellas, ollas o baldes, los cuales son cubiertos con tela o mallas para filtrar el agua. De allí se conectan mangueras las cuales van directamente a los predios. Sin embargo, en algunas veredas se cuenta con acueductos veredales. La contaminación de las del recurso hídrico se da por la presencia de ganado cerca de las captaciones de agua, pesticidas usados en los cultivos, además de los vertimientos de aguas residuales domésticas que se realizan directamente en las fuentes.

La mayor parte de los vertimientos se realizan directamente al suelo, en las fuentes hídricas y en menor cantidad en pozos sépticos, debido a que no se cuenta con ellos. En algunos casos, el agua residual de los baños va a los pozos sépticos y el agua residual de la cocina, lavadero o lavadora, van directamente al suelo o se vierten directamente en corrientes superficiales por medio de mangueras. En los caseríos, suelen encontrarse sistema de alcantarillado, los cuales también vierten directamente a la fuente hídrica sin ningún tratamiento previo, afectando las actividades y la salud de los habitantes que se encuentran aguas abajo.

En lugares donde predominan los cultivos de café, la Federación Nacional de Cafeteros, a través de un proyecto, proporciono algunos pozos sépticos a algunos habitantes, pero debido a que estos se rebosaban, las personas decidieron utilizar letrinas o realizar los vertimientos directamente en el suelo.

En la mayor parte de la Unidad Hidrográfica Nivel I se evidencio que el agua es incolora, no tiene olor, aun así, en las temporadas de invierno, esta se vuelve turbia debido a la gran cantidad de sedimentos.

La vereda Centro, cuenta con Planta de Tratamiento de Agua Potable, la cual se encuentra funcionando a media capacidad por mantenimiento de las instalaciones y la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio de Muzo funciona de la madera adecuada por falta de recursos.

Dentro de la Unidad Hidrográfica Nivel I hay presencia de industria minera. Los excedentes de estas actividades son descargados directamente en las fuentes hídricas, además las fuentes son contaminadas al realizar el lavado de material.

1.1.3.1.2.3.3 Río Palenque

Por medio del recorrido del censo y el diligenciamiento de encuestas del RURH realizado en la Unidad Hidrográfica Nivel I del Río Palenque, se puede identificar que el uso predominante es el uso doméstico, también hay uso avícola, agrícola y pecuario.

Para el uso agrícola, los cultivos más comunes son de caña, aguacate, cacao, plátano y cítricos. En el sector avícola predominan las gallinas.

Las captaciones de agua en su mayoría son artesanales e informales, se realizan directamente de los nacimientos, donde se entierran mangueras y sobre estas se ponen piedras, o por medio de canecas a las cuales se les conectan mangueras y estas van directamente a los predios. A pesar de que muchas de las captaciones están cercadas para evitar la contaminación por ganado, las fuentes se contaminan con pesticidas utilizados en los cultivos.

La mayor parte de los vertimientos de las aguas residuales domésticas, se realizan directamente al suelo o en la fuente, debido a que no hay muchos pozos sépticos. En la mayoría de las viviendas visitadas no se cuenta con baño.

En el sector industrial se encuentran trapiches para la producción de panela.

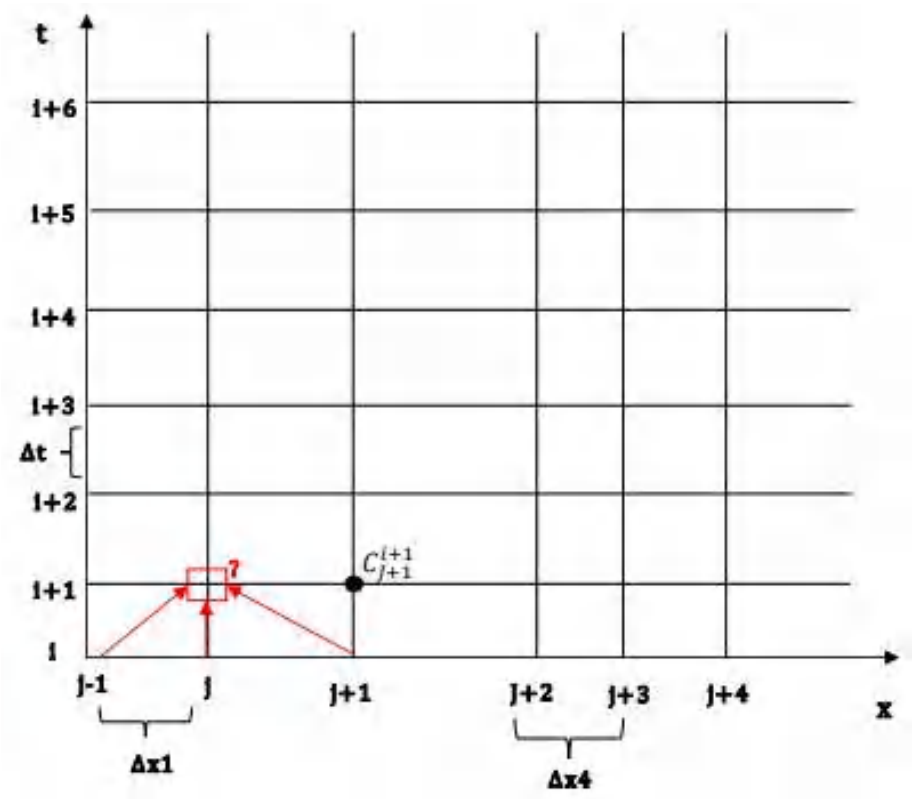
1.1.3.1.2.4 EJERCICIOS DE MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DISPONIBLES

Por medio del CONTRATO No. 1595 DE 2016 el cual tuvo como objeto " *Desarrollar, implementar y trasferir conocimiento mediante un modelo dinámico de calidad de agua (software libre), en nueve (9) cuencas en jurisdicción CAR, para actualizar y fortalecer los instrumentos utilizados en la planificación y toma de decisiones concernientes a la calidad del recurso hídric*o" se realizó la modelación de la CUENCA CARARE MINERO, la cual pretendió otorgar a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, un modelo de calidad de agua, ajustado a la realidad y complejidad socioambiental que incide directa o indirectamente en la calidad del agua de las fuentes hídricas analizadas. (CONSGA, 2017).

Para el modelamiento matemático de los procesos se utilizaron herramientas numéricas dado que la solución analítica de las ecuaciones no es viable. Se utilizó el método de diferencias finitas donde se usan ecuaciones diferenciales para aproximar derivadas (CONSGA, 2017).

En el caso unidimensional desarrollado, para un fluido advectivo-dispersivo-reactivo, se consideró una representación en el plano x, t, como se presenta en la Figura 42. Los seis puntos en la malla representan la situación de tres secciones transversales, respectivamente, en la coordenada x-1, x y x+1 y en los dos instantes de tiempo t y t+1. Cada punto se caracteriza por un valor específico de velocidad U, en la dirección x y por una concentración de contaminantes C. Si Δt es el intervalo entre los dos instantes de tiempo y Δx es la distancia entre las dos secciones transversales en la ubicación x-1 y x y entre x y x+1. (CONSGA, 2017).

Figura 42 Malla x,t para la interpretación numérica



Fuente: CONSGA (2017)

Esta herramienta utilizó una discretización variable en el espacio, por lo que no es necesario establecer los puntos en un espaciamiento fijo, sino que puede ser establecidos según la conveniencia de la topografía y/o lugares específicos de monitoreo. Adicionalmente se utilizó un modelo bidireccional diferenciado, el cual tiene en cuenta cambios en la dirección de la velocidad que puedan ser dados por la topografía o fuentes no convencionales. Aplicando estos principios, se realizó la discretización de la ecuación de transporte dependiendo de los fenómenos predominantes:

- Advectivo
- Difusivo
- Advectivo difusivo
- Completo

La discretización se aplicó para cada uno de los parámetros fisicoquímicos simulados, con el fin de completar el modelo para la totalidad del sistema donde es necesario hacer la discretización de cada una de las reacciones. Finalmente, dado que existe una interdependencia o correlación entre algunos de los parámetros fisicoquímicos, se tuvo en cuenta un orden lógico en la solución de los sistemas de ecuaciones diferenciales de transporte. La secuencia de solución fue:

1) Temperatura;

2) Parámetros no dependientes de otras concentraciones: Coliformes Totales, Coliformes fecales, TDS, TSS, Fosfato disuelto, Alcalinidad y pH;

3) Dependientes a primer nivel: Fosfato particulado, conductividad Grasas y aceites.

Interdependientes: Amonio, Nitratos, Nitritos, DBO, DQO y Oxígeno disuelto

El modelo concluye que ante la presencia de una concentración de oxígeno y compuestos de nitrógeno de formación primaria como son amonio y nitritos en el caudal de entrada al volumen de control, en la mayoría de las horas de monitoreo, lleva a un incremento en los valores de nitratos. Sin embargo, existe un decaimiento debido a el proceso de desnitrificación que va teniendo lugar una vez que hay abundancia de nitratos y ausencia de oxígeno. (CONSGA, 2017).

Adicionalmente, las condiciones de frontera después de trascurridas las primeras 3 horas trae una carga menos de nitratos que también propicia el fenómeno. El caso de la temperatura y los sólidos disueltos totales, se observan cambios pequeños dado la poca diferencia entre las condiciones iniciales del medio y la entrada de estos parámetros en la condición de frontera. De igual forma las fuentes ubicadas a lo largo de la cuenca no afectan de manera significativa estos parámetros. (CONSGA, 2017).

Finalmente, se concluye que en términos generales no pudo ser notorio en este sistema natural la capacidad de modificar la composición o calidad del agua que reciben eliminando contaminantes para algunos parámetros fisicoquímicos; este proceso es conocido como autodepuración o auto purificación. Esto es debido a que las cinéticas de las reacciones que tienen lugar en estos sistemas naturales no son tan rápidas de tal forma que para llegar al equilibrio se necesitan días. Además, el perfil de velocidades que presenta el fluido tiene una predominancia en el sistema, lo cual lleva a que la masa de contaminante tenga un tiempo de viaje dentro del volumen de control inferior al necesario para su depuración. (CONSGA, 2017).

Algunas limitaciones del modelo CONSGA (2017) incluyen:

- Ausencia de documentación específica de la metodología de calibración.
- Posibilidad de utilizar contaminante genérico como determinante de calidad de agua a simular, en aras de replicar metales pesados y/o elementos fitosanitarios de interés.
- Modelo dinámico en el tiempo, el cual permite ingresar diferentes concentraciones por vertimiento; si bien, este aspecto es adecuado para ejercicios de simulación, no es práctico para la calibración de los parámetros del modelo, dado que estas deben ser computadas al hacer monitoreo de calidad de agua siguiendo una misma masa de agua.

- Ausencia de módulo de calibración sistemático, el cual permita establecer graficas de dispersión paramétrica que permitan evidenciar para cada tasa de decaimiento y velocidad de sedimentación si tienen óptimos locales o globales y si son parámetros identificables. Cabe notar que la pagina 61 de la guía nacional hace énfasis en las diferentes técnicas de Calibración (Metodología GLUE, Algoritmos genéticos, SGCE-UA, Optimización multiobjetivos), metodologías que no se encuentran disponibles en el modelo CONSGA, toda vez que fue concebido previo a la adopción de la guía.

El modelo puede ser operativo al incluir tasas calibradas y validadas para casos específicos de modelación, sin embargo, es posible encontrar software libre que cubra estas limitaciones e incluyen las ventajas asociadas al modelo CONSGA. Asimismo, se recomienda que, una vez calibradas y verificadas las tasas de decaimiento y velocidades de sedimentación (obtenidas bajo otro software libre), dichas sean incorporadas posteriormente en el modelo CONSGA, en aras de actualizar su uso.

1.1.3.1.2.4.1 ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA

Con la información recopilada en las etapas anteriores, se desarrolla el modelo conceptual. Para ello se realiza un esquema del sistema a modelar, indicando claramente las entradas, salidas, fuentes, sumideros y procesos considerados. Igualmente, en esta etapa se definen los determinantes de la calidad del agua a simular.

De acuerdo con la guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales (MINAMBIENTE, 2018), Un modelo conceptual es una representación de los procesos físicos, químicos y biológicos predominantes en el área de estudio en conjunto con las simplificaciones y los límites que se suponen como aceptables, con el fin de alcanzar los objetivos de la modelación. El modelo conceptual es el resultado de un análisis detallado de los procesos que ocurren en la realidad, es un esquema en el cual se localizan y definen las entradas, las salidas y las características físicas del sistema por modelar. El modelo conceptual permite ubicar todos los elementos que influyen en la calidad del agua, como los vertimientos más contaminantes, los tributarios más significativos, las variables por monitorear, entre otros

La formulación del modelo conceptual debe considerar como mínimo los siguientes aspectos:

- Esquematización del sistema
- Definición de los procesos y variables a simular
- Determinación de la condición climática y estacional a simular

Conforme a los tramos y sectores de análisis establecidos en la presente consultoría en el documento que presenta la definición de tramos o sectores de análisis, definidos desde aguas arriba hacia aguas abajo (sentido nacimiento hacia la desembocadura) y bajo los criterios de i) localización de estaciones de monitoreo, ii) objetivos de calidad y iii) Aspectos morfométricos, se propusieron los tramos para cada unidad hidrográfica y cuyos detalles georreferencia se presentan en Tabla 40 para el Río Palenque, Tabla 41 para el Río Guaquimay y en la Tabla 42 para el Río Negro:

Tabla 40 Tramos de análisis – Cauce principal río Palenque y Villamizar

TRAMO	CORRIENTE	X_i	Y_i	X_j	Y_j	COTA MÁXIMA (m.s.n.m)	COTA MÍNIMA (m.s.n.m)	DESNIVEL (m)	ABSCISA i (km)	ABSCISA j (km)	LONGITUD (km)	So (%)
RP_01	Río Palenque	4888558	2146951	4888341	2147787	2650	2550	100	0.00	1.00	1.00	10.00%
RP_02	Río Palenque	4888341	2147787	4888697	2150000	2550	2391	159	1.00	4.00	3.00	5.30%
RP_03	Río Palenque	4888697	2150000	4889213	2150734	2391	2254	137	4.00	5.00	1.00	13.70%
RP_04	Río Palenque	4889213	2150734	4890709	2152879	2254	2055	199	5.00	8.58	3.58	5.57%
RP_05	Río Palenque	4890709	2152879	4891172	2154178	2055	1939	116	8.58	10.34	1.76	6.57%
RP_06	Río Palenque	4891172	2154178	4888584	2156189	1939	1488	450	10.34	15.00	4.66	9.67%
RP_07	Río Palenque	4888584	2156189	4887717	2157076	1488	1409	79	15.00	16.60	1.60	4.95%
RP_08	Río Palenque	4887717	2157076	4887831	2160073	1409	886	523	16.60	20.61	4.01	13.03%
RP_09	Río Palenque	4887831	2160073	4887118	2162726	886	710	176	20.61	24.00	3.39	5.20%
RP_10	Río Palenque	4887118	2162726	4886041	2163146	710	695	15	24.00	25.38	1.38	1.09%
RP_11	Río Palenque	4886041	2163146	4884054	2165746	695	548	147	25.38	30.69	5.31	2.76%
RP_12	Río Palenque	4884054	2165746	4882794	2168609	548	514	34	30.69	34.91	4.23	0.81%
RP_13	Río Palenque	4882794	2168609	4880326	2172699	514	472	43	34.91	41.05	6.13	0.69%
RP_14	Río Palenque	4880326	2172699	4878935	2174685	472	450	22	41.05	44.05	3.01	0.72%
RP_RH_01	Río La Herradura	4889999	2162958	4887118	2162726	1000	750	250	0.00	2.60	2.60	9.62%
RV_01	Río Villamizar	4881782	2154816	4880134	2157096	1400	1194	206	0.00	3.50	3.50	5.88%
RV_02	Río Villamizar	4880134	2157096	4879149	2158692	1194	1104	90	3.50	6.49	2.99	3.00%
RV_03	Río Villamizar	4879149	2158692	4878534	2162607	1104	863	242	6.49	11.50	5.01	4.83%
RV_04	Río Villamizar	4878534	2162607	4880733	2164378	863	650	213	11.50	15.00	3.50	6.07%
RV_05	Río Villamizar	4880733	2164378	4884054	2165746	650	550	100	15.00	20.93	5.93	1.69%

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 41 Tramos de análisis – Cauce principal río Guaquimay.

TRAMO	CORRIENTE	X_i	Y_i	X_j	Y_j	COTA MÁXIMA (m.s.n.m)	COTA MÍNIMA (m.s.n.m)	DESNIVEL (m)	ABSCISA i (km)	ABSCISA j (km)	LONGITUD (km)	So (%)
RG_01	Río Guaquimay	4853687	2159134	4856536	2158475	1050	973	77	0.00	4.23	4.23	1.83%
RG_02	Río Guaquimay	4856536	2158475	4856543	2158192	973	967	5	4.23	4.76	0.53	0.97%
RG_03	Río Guaquimay	4856543	2158192	4857328	2158180	967	940	27	4.76	6.07	1.30	2.11%
RG_04	Río Guaquimay	4857328	2158180	4858296	2157088	940	915	25	6.07	8.67	2.60	0.95%
RG_05	Río Guaquimay	4858296	2157088	4859711	2156035	915	878	37	8.67	10.83	2.16	1.73%
RG_06	Río Guaquimay	4859711	2156035	4859960	2155569	878	870	8	10.83	11.42	0.59	1.34%
RG_07	Río Guaquimay	4859960	2155569	4863301	2154545	870	822	47	11.42	17.11	5.69	0.83%
RG_08	Río Guaquimay	4863301	2154545	4863780	2154955	822	800	22	17.11	18.20	1.09	2.06%
RG_09	Río Guaquimay	4863780	2154955	4865945	2156958	800	767	33	18.20	23.40	5.20	0.64%
RG_10	Río Guaquimay	4865945	2156958	4867420	2158783	767	671	96	23.40	26.01	2.61	3.68%
RG_11	Río Guaquimay	4867420	2158783	4869598	2161403	671	618	53	26.01	30.73	4.72	1.12%
RG_12	Río Guaquimay	4869598	2161403	4869848	2161672	618	600	18	30.73	31.00	0.27	6.63%
RG_QH_01	Quebrada Honduras	4858366	2152397	4859075	2152504	950	924	26	0.00	1.55	1.55	1.69%
RG_QH_02	Quebrada Honduras	4859075	2152504	4859960	2155569	924	875	49	1.55	7.40	5.85	0.83%
RG_QM_01	Quebrada Maya	4862663	2151826	4863147	2152960	875	842	33	0.00	1.68	1.68	1.94%
RG_QM_02	Quebrada Maya	4863147	2152960	4863354	2154040	842	828	15	1.68	2.60	0.92	1.60%
RG_QM_03	Quebrada Maya	4863354	2154040	4863301	2154545	828	825	3	2.60	3.71	1.11	0.23%

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 42 Tramos de análisis – Cauce principal río Negro.

TRAMO	CORRIENTE	X_i	Y_i	X_j	Y_j	COTA MÁXIMA (m.s.n.m)	COTA MÍNIMA (m.s.n.m)	DESNIVEL (m)	ABSCISA i (km)	ABSCISA j (km)	LONGITUD (km)	So (%)
RN_01	Río Negro	4887898	2139706	4887726	2140514	3200	3121	79	0.00	1.00	1.00	7.86%
RN_02	Río Negro	4887726	2140514	4885588	2141412	3121	2669	452	1.00	3.86	2.86	15.81%
RN_03	Río Negro	4885588	2141412	4881292	2142868	2669	1969	700	3.86	9.74	5.88	11.90%
RN_04	Río Negro	4881292	2142868	4880361	2142927	1969	1827	142	9.74	10.78	1.04	13.64%
RN_05	Río Negro	4880361	2142927	4879682	2143656	1827	1714	113	10.78	12.09	1.30	8.66%
RN_06	Río Negro	4879682	2143656	4877528	2146003	1714	1408	306	12.09	16.20	4.11	7.44%
RN_07	Río Negro	4877528	2146003	4876139	2150095	1408	1094	314	16.20	21.45	5.25	5.99%
RN_08	Río Negro	4876139	2150095	4875476	2150988	1094	1013	81	21.45	22.99	1.54	5.27%
RN_09	Río Negro	4875476	2150988	4873156	2151899	1013	924	88	22.99	26.60	3.61	2.45%
RN_10	Río Negro	4873156	2151899	4871814	2152204	924	871	53	26.60	28.42	1.82	2.93%
RN_11	Río Negro	4871814	2152204	4871281	2154067	871	850	21	28.42	30.80	2.38	0.89%
RN_12	Río Negro	4871281	2154067	4871701	2154374	850	823	27	30.80	31.35	0.55	4.95%
RN_13	Río Negro	4871701	2154374	4871684	2154943	823	812	10	31.35	32.01	0.66	1.56%
RN_14	Río Negro	4871684	2154943	4871459	2160103	812	700	112	32.01	38.77	6.76	1.65%
RN_15	Río Negro	4871459	2160103	4869857	2161677	700	600	100	38.77	41.39	2.61	3.84%
RN_QC_01	Quebrada Chorrera	4882354	2141161	4881292	2142868	2383	1977	406	0.00	2.23	2.23	18.21%
RN_QT_01	Quebrada Tabaquera	4881749	2138016	4880614	2140133	2800	2245	555	0.00	3.05	3.05	18.21%
RN_QT_02	Quebrada Tabaquera	4880614	2140133	4880578	2142440	2245	1964	282	3.05	5.81	2.76	10.20%
RN_QT_03	Quebrada Tabaquera	4880578	2142440	4880361	2142927	1964	1825	139	5.81	6.39	0.59	23.65%
RN_RB_01	Río Blanco	4870522	2148085	4871681	2150880	1150	911	239	0.00	5.06	5.06	4.73%
RN_RB_02	Río Blanco	4871681	2150880	4871814	2152204	911	875	36	5.06	6.73	1.67	2.13%
RN_RM_01	Río Mencipá	4868186	2143311	4867088	2144489	1425	1336	89	0.00	2.54	2.54	3.51%
RN_RM_02	Río Mencipá	4867088	2144489	4866306	2144915	1336	1244	92	2.54	3.74	1.20	7.63%
RN_RM_03	Río Mencipá	4866306	2144915	4865938	2146002	1244	1204	40	3.74	5.15	1.41	2.83%
RN_RM_04	Río Mencipá	4865938	2146002	4866334	2148339	1204	1125	80	5.15	8.18	3.03	2.62%
RN_RM_05	Río Mencipá	4866334	2148339	4868124	2150351	1125	1029	96	8.18	11.69	3.50	2.74%
RN_RM_06	Río Mencipá	4868124	2150351	4871701	2154374	1029	825	204	11.69	19.23	7.54	2.70%

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

La siguiente tabla presenta los tramos en los que se identificaron las mayores descargas de vertimientos

Tabla 43 Tramos y sectores de análisis seleccionados por el ingreso de vertimientos

TRAMO	CORRIENTE	DESCRIPCIÓN DEL VERTIMIENTO
RG_05	Río Guaquimay	Descarga centro poblado de Ibama
RN_04	Río Negro	Descarga centro poblado de Alberge
RN_07	Río Negro	Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RB_01	Río Blanco	Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RB_02	Río Blanco	Descarga centro poblado de Paime
RN_RM_01	Río Mencipá	Descarga centro poblado de Villa Gómez
RN_RM_04	Río Mencipá	Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RM_05	Río Mencipá	Descarga cultivos permanentes semi intensivos
RN_RM_06	Río Mencipá	Descarga centro poblado de Tudela
RP_01	Río Palenque	Descarga centro poblado de San Cayetano
RP_12	Río Palenque	Descargas zona de extracción minera
RP_RH_01	Río La Herradura	Descarga centro poblado de Buenavista
RV_01	Río Villamizar	Descarga centro poblado de Camacha
RV_03	Río Villamizar	Descarga centro poblado de Venecia

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Conforme a lo anterior, se presenta la esquematización propuesta en la Figura 43 para el río Palenque y Villamizar, Figura 44 para el río Guaquimay y la Figura 45 para el río Negro, en la que se recogen los efectos acumulativos de los drenajes secundarios, sin embargo, teniendo en cuenta el censo de usuarios y la claridad de la localización espacial de las fuentes puntuales se incluirán de manera explícita las captaciones y vertimientos, tanto puntuales como difusos adicionales. Adicionalmente, se presenta la salida gráfica de la ubicación geográfica de cada uno de los modelos conceptuales.

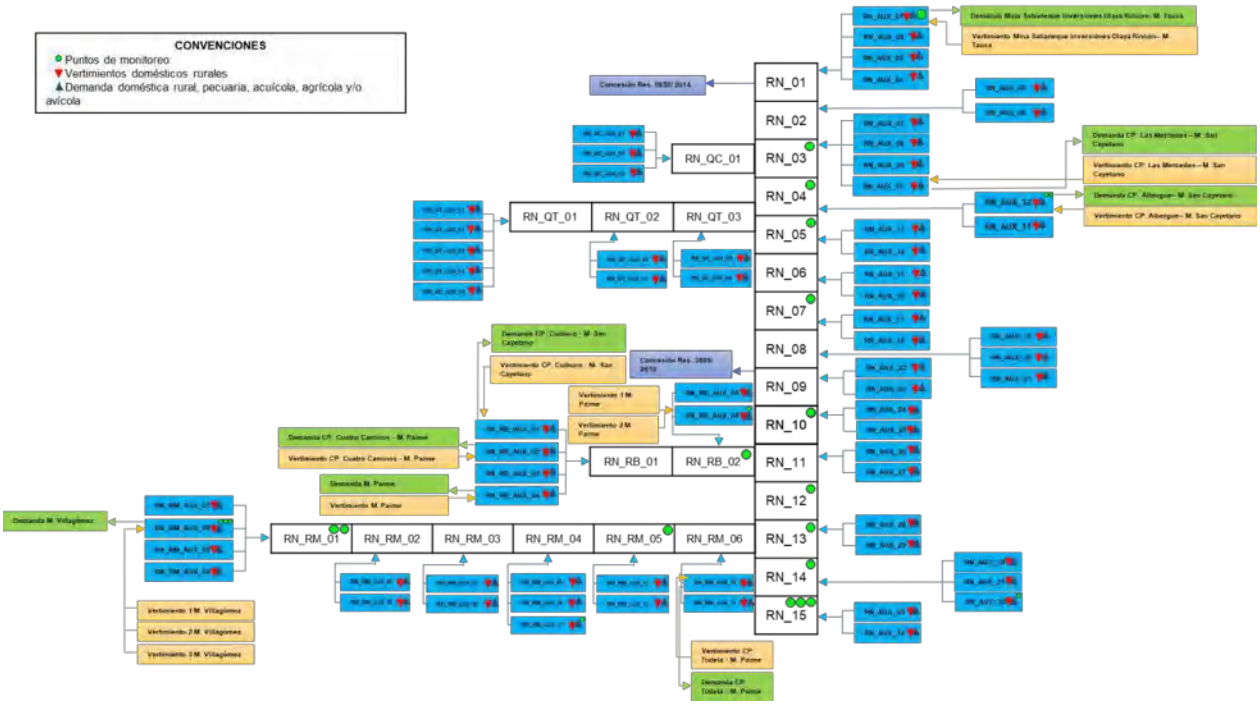
Figura 43 Esquematización – Río Palenque y Villamizar

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 44 Esquematización – Río Guaquimay

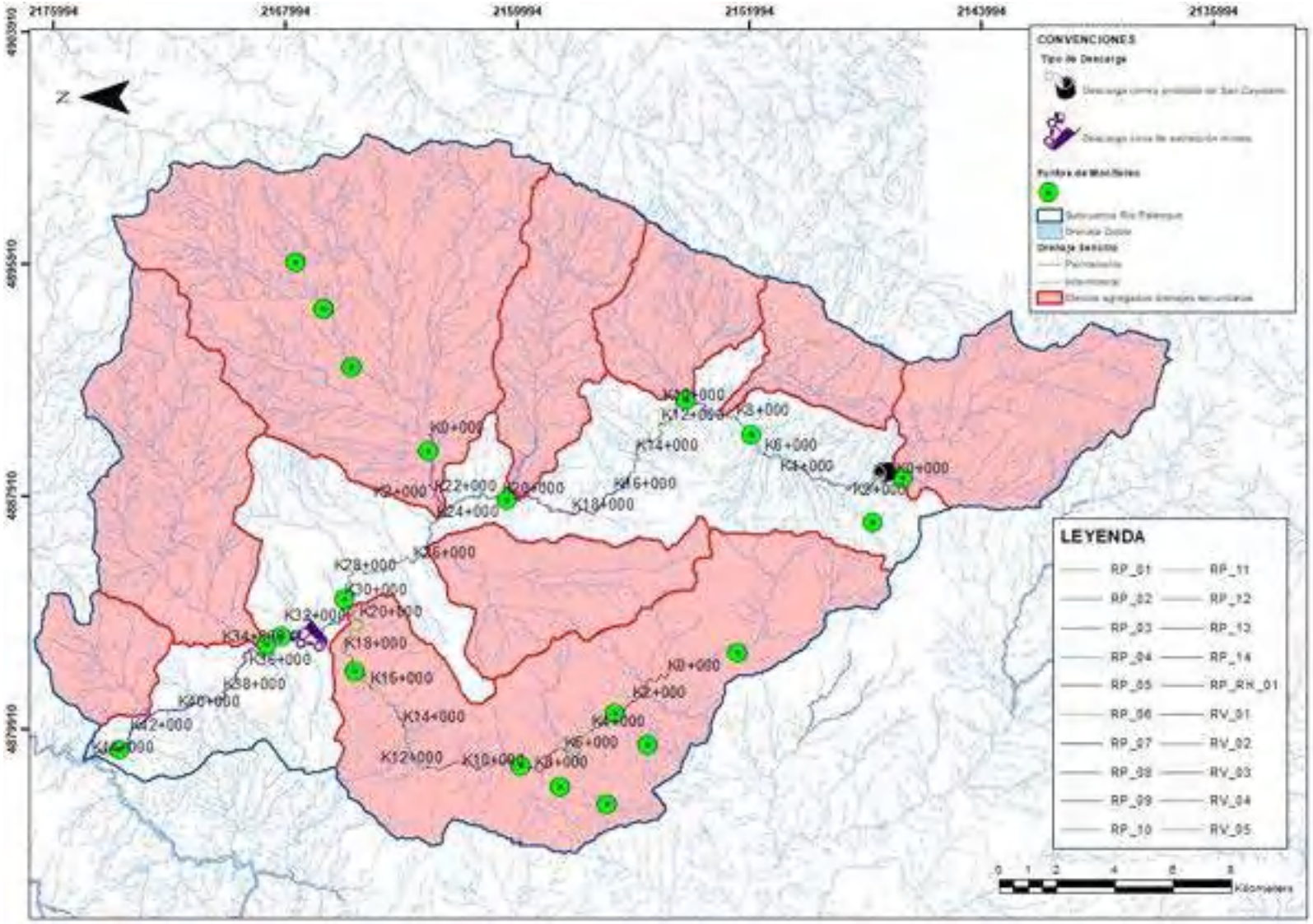
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 45 Esquematización – Río Negro



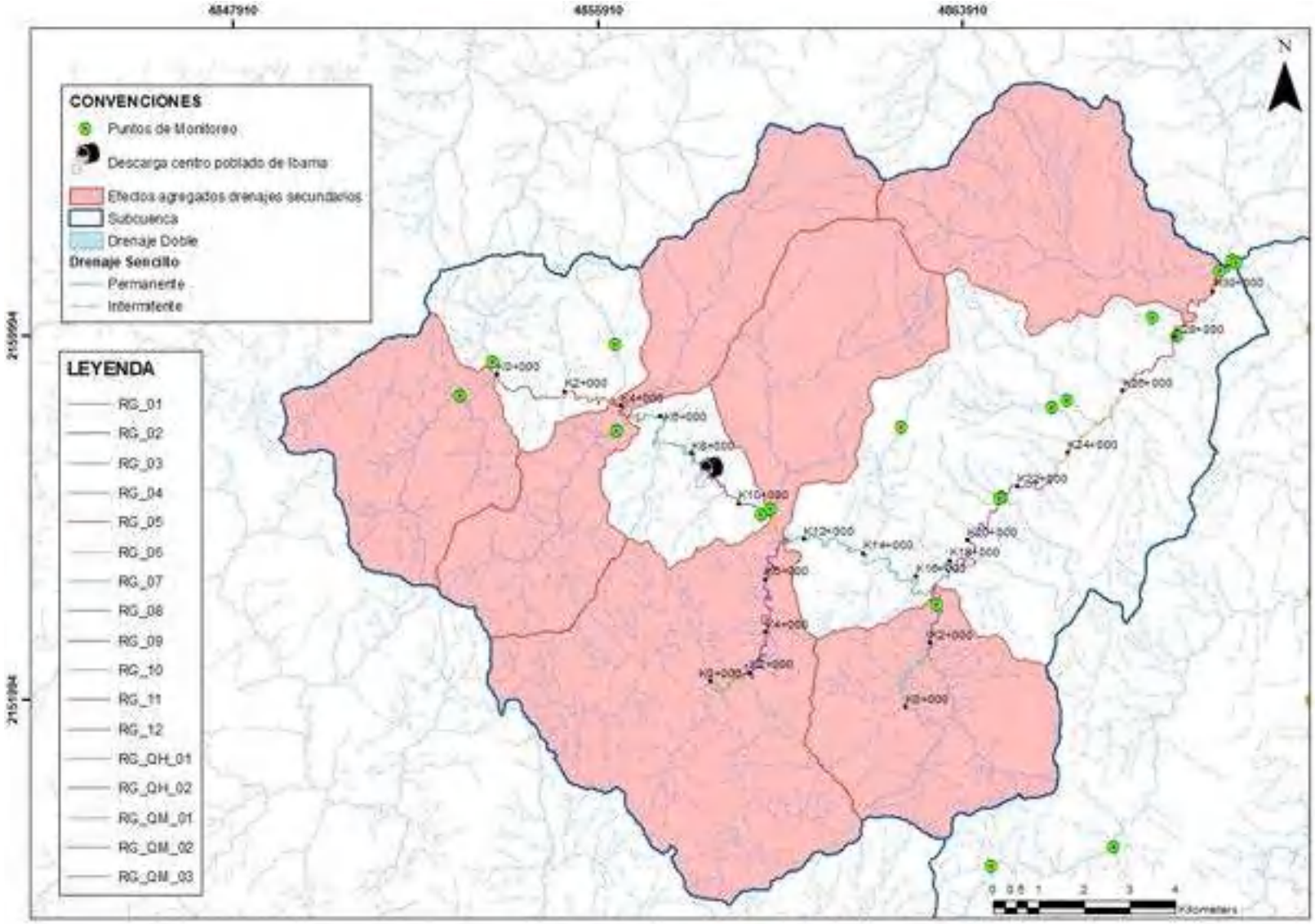
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 46 Localización de esquematización de Río Palenque.



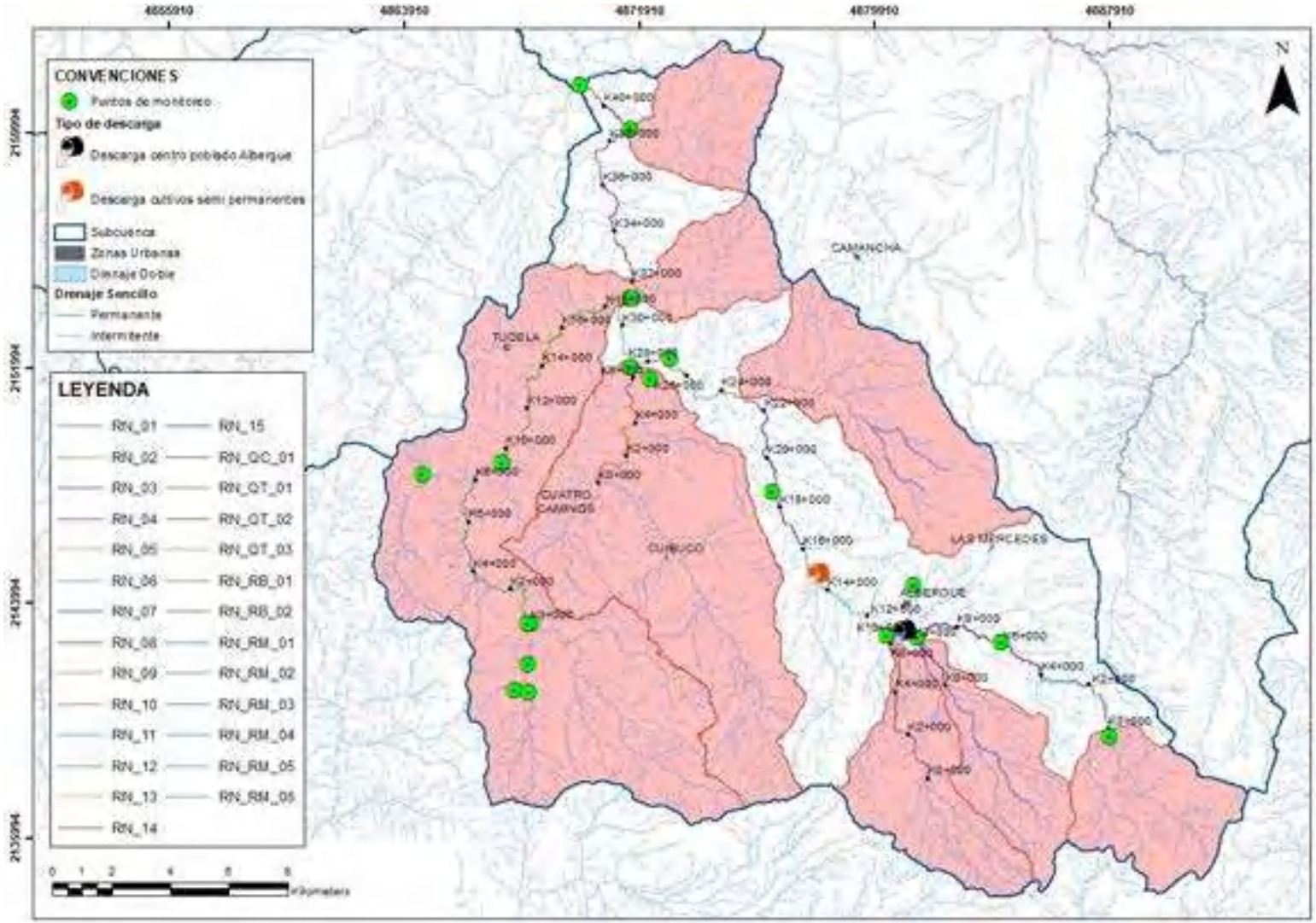
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 47 Localización de esquematización de Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 48 Localización de esquematización de Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.1.3.1.2.5 DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS Y VARIABLES A SIMULAR

A partir del análisis de la información revisada en la información preliminar, las visitas de campo realizadas y de la esquematización inicial del sistema a modelar, es posible contar con un conocimiento preliminar de los procesos predominantes en el sistema, lo cual permite definir las principales variables a incorporar en el modelo. Dichas variables son seleccionadas teniendo en cuenta los usuarios y actividades económicas presentes, las principales problemáticas de contaminación identificadas, y los objetivos principales del PORH entre otros aspectos. Los parámetros seleccionados son:

- pH

Evidencia las reacciones químicas y biológicas en el agua; su escala (0 a 14), clasifica las aguas como acidas, resultados inferiores a 7, valores iguales o muy cercanos en 7 neutras y aguas con valores superiores a este valor como alcalinas.

- Oxígeno Disuelto

Refiere la cantidad de oxígeno libre en el agua, y que no está asociado a ningún hidrógeno (formando agua H_2O), ni a sólidos existentes en esta. Este, es vital para los seres vivos, ya que en su ausencia moriría (Creus, 2005). Es considerado un indicador significativo al evaluar la calidad del agua. Los valores normales oscilan entre 7.0 - 8.0 mg/l. la principal fuente de oxígeno es el aire, que llega al agua a través de la turbulencia en los ríos, y por el viento en los lagos. Su medición se usa para determinar la productividad primaria y deducir el estado de eutrofización. La solubilidad del oxígeno está afectada por la temperatura, y entre más elevada sea la temperatura, menor será la solubilidad (Roldan, 2003).

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto dependerá del balance entre todos estos fenómenos. Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta el sistema, el tenor de O_2 caerá, alcanzando niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia (bajas [OD]; la siguiente tabla presenta los rangos de concentración de oxígeno disuelto y las posibles consecuencias en el ecosistema de acuerdo con las diferentes condiciones de concentración:

Tabla 44 Rango de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistemas frecuentes.

OD (mg/l)	CONDICIÓN	CONSECUENCIAS
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0 – 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5,1 – 8	Aceptable	OD adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8,1 – 12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: Lynch y Poole, 1979

- Saturación Oxígeno Disuelto

Este porcentaje hace referencia a la cantidad máxima de Oxígeno Disuelto que puede disolverse en el agua a una presión y una temperatura determinada, los valores obtenidos de OD se pueden contrastar con el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto obtenido, que se refiere a la cantidad de oxígeno del agua con relación a la cantidad máxima de oxígeno que puede tener a la misma temperatura y presión.

Si la saturación es menor que el 60% el cuerpo de agua lotico, se considera malas condiciones, si el porcentaje de saturación es mayor del 101%, es decir, sobresaturación se puede reflejar un crecimiento excesivo de algas, conocido como eutrofización (Roldán y Ramírez, 2008), la siguiente tabla presenta la relación de la calidad de agua a partir del porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto:

Tabla 45 Relación de Calidad de Agua VS porcentaje de saturación de Oxígeno.

NIVEL OXÍGENO DISUELTO	PORCENTAJE DE SATURACIÓN OXÍGENO DISUELTO
Supersaturación	>101%
Excelente	90-100%
Adecuado	80-89%
Aceptable	60-79%
Pobre	<60%

Fuente: Lynch y Poole (1979)

- Demanda Bioquímica del Oxígeno BDO_5:

La determinación de la DBO indica la presencia y la biodegradabilidad del material orgánico presente, es la forma de medir la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico, un aumento en la DBO provoca la disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, que es indispensable para mantener la vida en los ecosistemas acuáticos; la siguiente tabla establece los criterios de calidad del agua respecto a este parámetro:

Tabla 46 Calidad de Agua – Valores de DBO5.

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	IDENTIFICADOR
$DBO_5 \leq 3$	Excelente No contaminada	
$3 < DBO_5 \leq 6$	Buena calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	
$6 < DBO_5 \leq 30$	Aceptable: Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	
$30 < DBO_5 \leq 120$	Contaminada: Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	
$DBO_5 > 120$	Fuertemente contaminada: Aguas superficiales con un fuerte impacto de descarga de aguas residuales crudas municipales o no municipales	

Fuente: Conagua, 2014

- Demanda Química del Oxígeno DQO

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo, lo cual es útil para determinar las concentraciones que pueden minimizar la vida biológica.

Tabla 47 Calidad del Agua - DQO.

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	IDENTIFICADOR
DQO≤10	Excelente No contaminada	
10<DQO≤20	Buena calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	
20<DQO≤40	Aceptable: Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	
40<DQO≤200	Contaminada: Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	
DQO>200	Fuertemente contaminada: Aguas superficiales con un fuerte impacto de descarga de aguas residuales crudas municipales o no municipales	

Fuente: Conagua, 2014

- Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica está relacionada con el contenido de sólidos disueltos en las aguas. Según los resultados obtenidos, los cuerpos de agua presentan valores importantes de conductividad, lo cual indica que en éstos se presenta un alto grado de mineralización.

- Fosforo Total

El fósforo es un nutriente esencial para los organismos vivientes; en aguas frescas y sistemas marinos está sujeto a procesos de transformación continua que incluyen consumo o desprendimiento del elemento en sus diferentes formas o especies.

La presencia de fósforo en los cursos de agua proviene del uso de fertilizantes, jabones, detergentes, o del suelo, que a mediano plazo pueden producir en las aguas continentales procesos de eutrofización con proliferación de algas y otros vegetales acuáticos.

Por lo anterior, es considerado un parámetro crítico en la calidad de aguas debido a su influencia en el proceso de eutrofización

- Nitrógeno Total

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoniaco, nitratos y nitritos.

Si un cuerpo de agua recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos, este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO2) son solubles en agua, se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoniaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas,

- Coliformes Totales y fecales

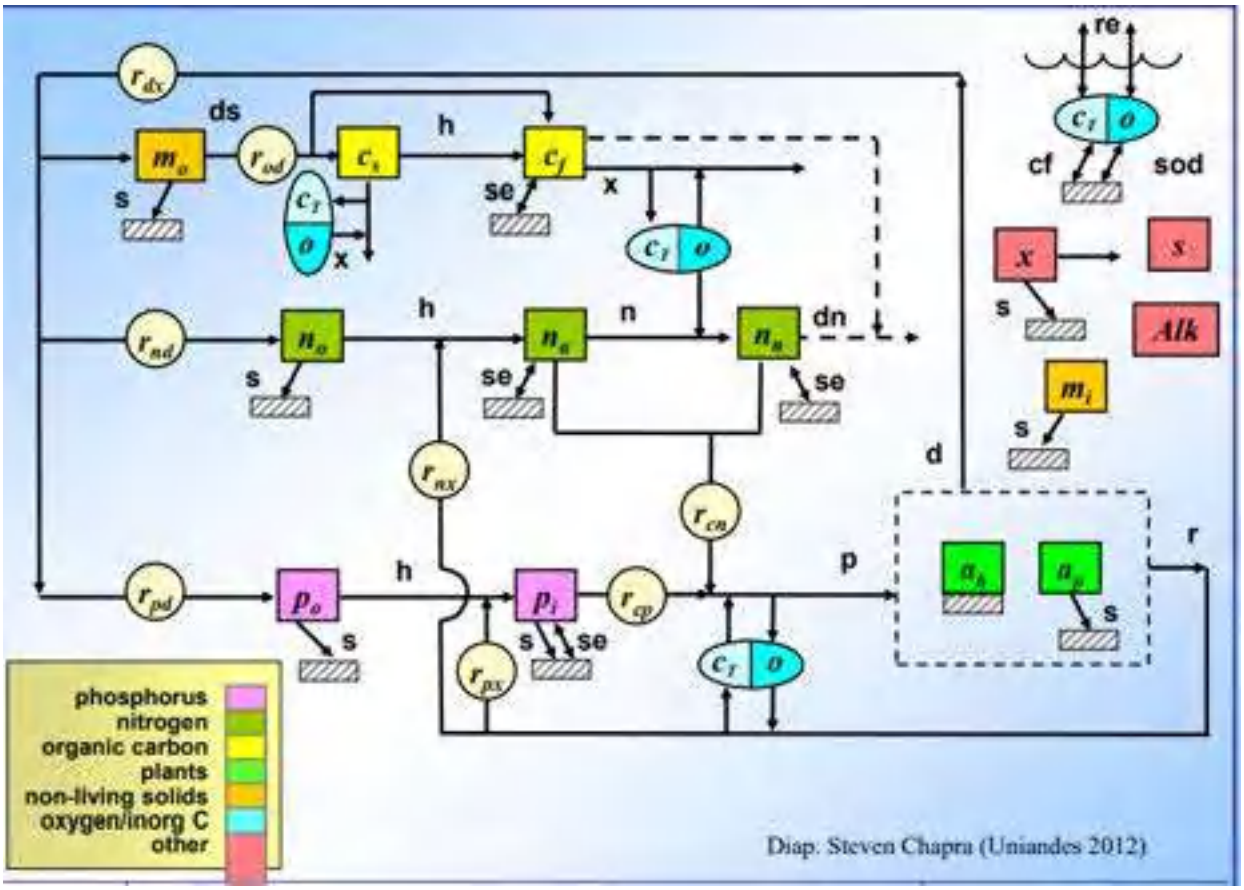
La calidad microbiológica y sanitaria de las aguas se ha medido durante casi un siglo por análisis de microorganismos indicadores, y más específicamente por coliformes totales y coliformes fecales.

El grupo de coliformes totales incluye varios géneros, todos los cuales pueden ser de origen fecal. Algunas especies de coliformes son asociadas frecuentemente a desechos vegetales o pueden ser habitantes comunes del suelo o de las aguas superficiales, por ende, no se puede considerar al grupo de los coliformes totales como indicador de organismos exclusivamente fecales, especialmente en países de altas temperaturas, donde pueden encontrarse muchas coliformes no fecales (Roldan, 2008).

La medición de las coliformes fecales en forma específica, es un mejor indicador de contaminación por materia fecal. Si bien la especie que predomina es la *Escherichia coli* (fecal), otras cepas como *Klebsiella pneumoniae y Enterobacter* podrían también estar presentes. Aunque se debe tener en cuenta que estas dos últimas se encuentran presentes en climas cálidos y pueden estar relacionadas con materiales orgánicos y maderas húmedas (OMS, 1983).

Los parámetros: pH. Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, alcalinidad, Demanda Bibliológica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de oxígeno (DQO). Solidos suspendidos totales (SST), Fósforo total, nitrógeno total, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, Coliformes totales y fecales, serán las variables seleccionadas a modelar conforme a los usuarios del recurso y actividades económicas presentes, en las tres unidades hidrográficas Río Palenque, Río Negro, Río Guaquimay.

Figura 49 Esquema conceptual – proceso de calidad de agua



Los parámetros a monitorear corresponderán a los descritos en los alcances del proyecto y conforme a los relacionados en la Guía para formulación de PORH. En la siguiente tabla se relacionan los parámetros objeto de monitoreo para análisis fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico

Tabla 48 Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a monitorear.

PARÁMETROS	UNIDADES	ANALIZAR EN:	
		Vertimientos	Cuerpos de agua superficial
Alcalinidad	[mg/L CaCO3]	X	X
Dureza Total	[mg/L CaCO3]		X
DBO5 Total	[mg/L O2]	X	X
DBO5 Filtrada	[mg/L O2]	X	X
DBO5 Soluble	[mg/L O2]	X	X
DQO Total	[mg/L O2]	X	X
Sólidos suspendidos totales	[mg/L]	X	X
Sólidos sedimentables	[mL/L]	X	
Turbiedad	[UNT]	X	X
Nitrógeno total	[mg/L N]	X	X

PARÁMETROS	UNIDADES	ANALIZAR EN:	
		Vertimientos	Cuerpos de agua superficial
Nitrógeno amoniacal	[mg/L N-NH3]	X	X
Nitritos	[mg/L N-NO2]	X	X
Nitratos	[mg/L N-NO3]	X	X
Fósforo total	[mg/L P]	X	X
Fósforo Reactivo Disuelto	[mg/L P-PO4]	X	X
Grasas y aceites	[mg/L]	X	X
Tensoactivos aniónico método SAAM	[mg/L]	X	X
Fenoles	[mg/L]	X	X
Hidrocarburos totales del petróleo	[mg/L]	X	X
Arsénico (As)	[mg/L]	X	X
Bario (Ba)	[mg/L]	X	X
Cadmio (Cd)	[mg/L]	X	X
Cinc (Zn)	[mg/L]	X	X
Cobre (Cu)	[mg/L]	X	X
Cromo Total (Cr)	[mg/L]	X	X
Hierro (Fe)	[mg/L]	X	X
Manganeso (Mn)	[mg/L]	X	X
Mercurio (Hg)	[mg/L]	X	X
Níquel (Ni)	[mg/L]	X	X
Plomo (Pb)	[mg/L]	X	X
Selenio (Se)	[mg/L]	X	X
Vanadio (Va)	[mg/L]	X	X
Cianuros	[mg/L CN-]	X	X
Cloruros	[mg/L Cl-]	X	X
Sulfatos	[mg/L SO42-]	X	X
Calcio	[mg/L]		X
Magnesio	[mg/L]		X
Sodio	[mg/L]		X
Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]	X	X
Coliformes totales	[NMP/100mL]	X	X
E. Coli	[NMP/100mL]	X	X
Macroinvertebrados acuáticos			X
Perifiton			X
macrófitas			X
Peces			X

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

1.1.3.1.3 DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ESTACIONAL A SIMULAR

De acuerdo con la guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales, la capacidad de asimilación y dilución, así como el impacto local de las cargas

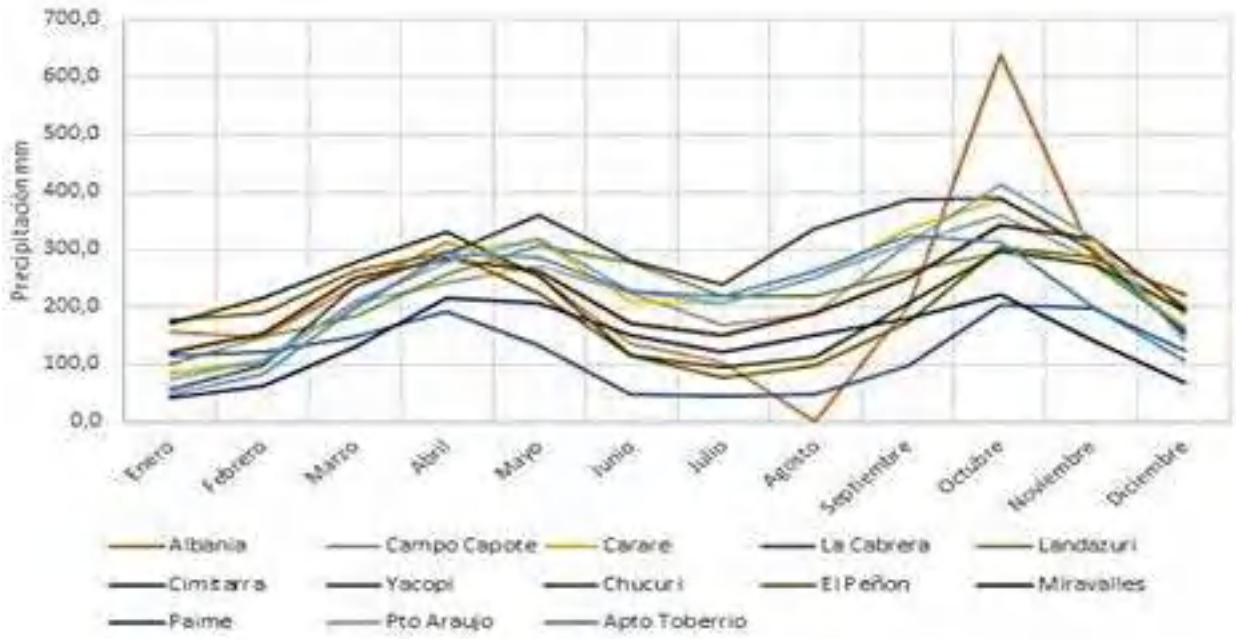
contaminantes sobre los cuerpos de agua receptores se ven influenciados por la magnitud de la carga vertida y el flujo o volumen con que cuente el cuerpo de agua.

La asimilación de la carga contaminante es función de las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua, en términos de flujos, características de transporte y condiciones de calidad aguas arriba o propias del cuerpo de agua.

Como resultado de las variaciones estacionales y de alta precipitación en las cuencas que generan cargas distribuidas asociadas a la escorrentía, las cuales causan diferentes impactos en la calidad del agua del recurso hídrico, el significado e importancia generado por las cargas distribuidas en los procesos de calidad del agua es específico del lugar donde ocurre el impacto y difícil de caracterizar explícitamente. A su vez en las condiciones húmedas de alta precipitación, el régimen de flujo permite un mejor transporte y capacidad de asimilación.

De acuerdo con el POMCA del Río Minero (ver Figura 50), el régimen de lluvias es bimodal, donde mayo y noviembre son los periodos de mayores precipitaciones y enero y agosto registra las menores lluvias, los caudales medios, máximos, mínimos, la oferta hídrica.

Figura 50 Variabilidad de la precipitación total anual (mm) en el periodo de 1985 - 2014 de la cuenca del Río Carare



Fuente: (CAR, 2015)

La oferta hídrica disponible fue calculada a partir de la información disponible en las estaciones hidrométricas Borbur,(Río Minero – Estación Limnigráfica) FCA Barradero (Rio Carare – estación Limnimétrica) y Santa Rosa (Rio Carare – Estación Limnimétrica). Los caudales estimados para las unidades hidrográficas Río Palenque, Río Negro y Río Guaquimay, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 49 Caudales estimados.

Unidad Hidrográfica	Caudal medio (m^3/s)	Caudal máximo (m^3/s)	Caudal mínimo (m^3/s)	Oferta hídrica (m^3/s)	Oferta hídrica superficial disponible (m^3/s)
Río Palenque	76,1 -155,2	236,5 - 440,2	168,4 – 216,6	91,8-169,4	45,9-84,7
Río Negro	102,6 -155,2	304.5 - 440,2	168,4 – 204,5	117,8-169,4	58,9-84,7
Río Guaquimay	102,6 -155,2	304,5 – 440,2	180,4 – 204,5	117,8-168,4	58,9-84,7

Fuente: (CAR, 2016)

La oferta hídrica superficial disponible estimada, a partir de la curva de caudales al 50% del tiempo, menos el caudal ambiental (25% de descuento por caudal ecológico y 25% de descuento por calidad de agua) definido por el decreto 3930 de 2010 *como el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades económicas de los usuarios aguas debajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas.* es decir, el caudal estimado disponible se encuentra en un rango de 45.9m^3/s a 84,7m^3/s para el Río Palenque, 58,8m^3/s a 84,7m^3/s para el Río Negro y en 58,9m^3/s a 84,7m^3/s para el Río Guaquimay

La oferta hídrica estimada, a partir de la curva de caudales al 50% del tiempo, es decir, el caudal estimado disponible se encuentra en un rango de 91,8m^3/s a169,4 m^3/s para el Río Palenque, 117,8m^3/s a 169,4m^3/s para el Río Negro y en 117,8 m^3/s a 168,4 m^3/s para el Río Guaquimay.

Teniendo en cuenta las disposiciones de la guía; en condiciones de estiaje, *los patrones climatológicos e hidrológicos de caudales bajos presentan las condiciones críticas de asimilación o dilución de los cuerpos de agua, por lo cual dichos periodos se consideran normalmente como los críticos para evaluar las condiciones más desfavorables de los impactos de las cargas contaminantes sobre un cuerpo de agua. Adicionalmente, con dichas condiciones hidrológicas bajo un escenario temporal constante, entiéndase la ejecución de un modelo en estado estable, es posible representar de una mejor manera los impactos de cargas contaminantes puntuales, ya que se minimizan los aportes de cargas distribuidas o las variaciones en términos de cantidad de dichos vertimientos puntuales, lo cual permite un mejor control de las entradas o salidas del sistema a modelar*.

Mientras que; *en condiciones de caudales altos asociados a temporadas de alta precipitación, el transporte de sustancias contaminantes o su dilución es mayor. En el caso de las corrientes, esta condición permite un rápido transporte de las sustancias contaminantes, así como una mezcla rápida y corta residencia con un posible menor impacto ecológico. Por el contrario, en condiciones de caudales bajos o volúmenes mínimos, los procesos de asimilación y dilución de las cargas contaminantes son menores, sumado a largos tiempos de residencia que brindan como resultado impactos ecológicos adversos como niveles de oxígeno disuelto bajos, concentraciones altas de nutrientes y materia orgánica en el cuerpo de agua y problemas de eutrofización, por lo cual el escenario de caudales bajos o mínimos puede ser significativo como escenario a modelar. Teniendo en cuenta el efecto de fenómenos de variabilidad climática en las condiciones hidrológicas colombianas*, recordando el régimen de lluvias y caudales bimodal de las unidades hidrográficas en

estudio y su influencia de fenómenos como El Niño – Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases húmeda (La Niña) y seca (El Niño).

1.1.3.1.3.1 SELECCIÓN O DESARROLLO DEL CÓDIGO DEL MODELO

Para llevar a cabo la modelación de calidad del agua el modelo seleccionado debe garantizar el manejo de la mayor cantidad de variables de calidad de interés para la Corporación en el marco del establecimiento de objetivos de calidad, metas de carga contaminante e implementación de la tasa retributiva.

Existen diferentes tipos de modelos de calidad que podrían responder satisfactoriamente a las condiciones de estudio planteadas, sin embargo, la elección de uno de ellos depende principalmente de las características conceptuales del mismo y lo asequible que resulte, tanto su consecución como su manejo y entendimiento. Se considera únicamente software libre y por la cantidad de constituyentes fisicoquímicas a modelar los modelos Qual2kw y el WASP.

No se consideró el modelo CONSGA (2017) debido a limitaciones como:

- Ausencia de documentación para su uso adecuado, ya que no cuenta con manuales de usuario que permitan su utilización adecuada.
- Ausencia de módulo de calibración lo que implica calibración manual, limitando su alcance.

Teniendo en cuenta lo anterior, y por la facilidad de implementar, proceso de calibración y amigabilidad para interpretar los resultados, al igual que es un software frecuentemente implementado en las Autoridades Ambientales del país, para el presente estudio se implementará el modelo Qual2kw en su versión 5, el cual permite realizar simulaciones para flujo estacionario con condiciones de frontera repetitivas, asume que el canal está bien mezclado vertical y lateralmente.

El modelo QUAL2Kw, simula el transporte de contaminantes y permite evaluar la capacidad asimilativa de agua de una corriente determinando el impacto de cargas contaminantes puntuales o no puntuales, realizando la simulación de varios constituyentes de calidad del agua, utilizando una solución de estado estable en diferencias finitas de las ecuaciones de advección y dispersión de masa y de reacción. El programa asume un río como un canal unidimensional con flujo estacionario no uniforme, el balance de calor y temperatura es función de datos meteorológicos.

1.1.3.1.4 FUNDAMENTOS DEL MODELO QUAL2KW

El modelo QUAL2Kw (Pelletier et al., 2008) es un modelo de estado estable que considera flujo a pistón, desarrollado por Steve Chapra, Hua Tao y Greg Pelletier y avalado por la US.EPA (Environmental Protection Agency, US), es de libre distribución y uso que integra como mecanismos de cálculo:

- Balance de flujo: Establece un balance de flujo estacionario para cada elemento. Un elemento corresponde a cada subdivisión del cuerpo de agua a analizar dentro del modelo.
- Características hidráulicas: El modelo calcula el calado y la velocidad del río aplicando la fórmula de Manning.
- Modelo de temperatura: El balance térmico tiene en cuenta la transferencia de calor entre elementos adyacentes, vertidos, detracciones, la atmósfera y los sedimentos.

- Reacciones bioquímicas simuladas: Las ecuaciones químicas relacionadas para representar las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar en el modelo corresponden a: fotosíntesis de las plantas y respiración, nitrificación y desnitrificación.

El modelo toma en cuenta los siguientes criterios:

- Canal bien mezclado vertical y lateralmente.
- Hidráulica de estado estacionario, no uniforme, el flujo simulado es permanente y puede ser definido por medio de tres métodos. Sin embargo, se tendrán en cuenta la ecuación de manning y curvas de gasto
- Balance de calor y temperatura simulado en función de la meteorología en una escala de tiempo diurno.
- Todas las variables de calidad de agua son simuladas en una escala de tiempo diurno.
- El calor y la entrada de masas, cargas puntuales y no puntuales y abstracciones son simuladas.

Dentro de los parámetros utilizados por el modelo Qual2Kw se encuentra la temperatura, caudal, DBO de oxidación lenta y DBO de oxidación rápida (DBO_5), Conductividad, G&A, pH, Alcalinidad, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Nitrógeno orgánico, Nitrógeno Inorgánico, temperatura, Solidos suspendidos inorgánicos, Oxígeno disuelto, Fosforo orgánico, Fosforo inorgánico.

Para las microcuencas Guaquimay, Palenque y Río Negro se realizó una caracterización ambiental a partir de información secundaria y primaria verificada en campo de acuerdo con los requerimientos de datos de entrada para la ejecución del software QUAL2Kw, y el balance de masas anteriormente mencionados.

1.1.3.1.5 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

El QUAL2Kw es una adaptación del modelo de QUAL2K que fue desarrollado originalmente por el Dr. Steven C. Chapra de la Universidad de Tufts (Pelletier et al., 2006). Es un software libre, desarrollado para estudios de calidad de aguas en ríos y corrientes, el cual está programado en fortran 90, con una interfaz gráfica programada en Visual Basic for Aplications que trabaja en Excel (Chapra & Pelletier, 2003).

El modelo matemático mediante el cual se determina la evolución de un constituyente a lo largo de la corriente; considera el contenido de materia orgánica biodegradable que se vierte en un punto de esta, la concentración de oxígeno disuelto, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, temperatura, patógenos, nitrógeno y fósforo en sus especies orgánicas e inorgánicas, entre otros.

El modelo permite realizar una auto calibración mediante la técnica de algoritmos genéticos. De igual forma, el modelo QUAL2Kw permite evaluar la capacidad asimilativa de agua residual de un sistema de corrientes mediante la simulación de varios constituyentes de calidad del agua en el sistema, utilizando una solución en diferencias finitas de las ecuaciones de advección y dispersión de masa y de reacción.

Qual2kw presenta las siguientes características:

- Dimensionalidad: es un modelo unidimensional (en la dirección del flujo).
- Se parte del supuesto de que el río o canal se encuentra bien mezclado tanto vertical como horizontalmente.
- Segmentación del modelo: No presenta limitaciones en cuanto al número de tramos a modelar, por tanto, se pueden incluir múltiples vertimientos y extracciones a lo largo de cada tramo.
- Hidrodinámica: Hidráulica en estado estable. Se simula el flujo en estado estable (permanente), simulando periodos de caudal y cargas constantes en el tiempo.
- Variación diaria del calor: El calor del volumen de agua y la temperatura son simulados como función de aspectos meteorológicos en una escala de variación diaria (24 horas).
- Cinética diaria de la calidad del agua: Todas las variables de la calidad del agua son simuladas en escala de tiempo diaria (24 horas).
- Entradas de calor y de masa al sistema: Se simulan vertimientos y extracciones puntuales y no puntuales.

El modelo simula parámetros como la 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.

Bajo condiciones anaeróbicas calcula endógenamente la degradación de la materia orgánica en la metanogénesis y modela la desnitrificación en la columna de agua y en los sedimentos. Este modelo representa la tasa de descomposición de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas, teniendo en cuenta la anoxia mediante la asignación de un valor de cero (0) a las reacciones de oxidación a bajas concentraciones de OD. En estas condiciones, la tasa de descomposición ocurre a la tasa de reaireación superficial con un déficit de oxígeno máximo igual al nivel de oxígeno de saturación.

Adicionalmente, el modelo presenta una corrección en la tasa de nitrificación (inhibición) bajo niveles muy bajos de oxígeno y modela la desnitrificación en la columna de agua y en los sedimentos como una reacción de primer orden que empieza a ser importante en bajos niveles de oxígeno.

Interacciones agua-sedimentos: Los flujos de agua-sedimentos, de oxígeno disuelto y de nutrientes pueden ser simulados. Es decir, el oxígeno (demanda béntica de oxígeno) y los flujos de nutrientes son simulados como función del asentamiento de la materia orgánica particulada.

Patógenos: Se simula un patógeno genérico. La remoción de patógenos se determina como una función de la temperatura, luz y asentamiento.

Vertederos naturales y cascadas: La hidráulica de los vertederos y cascadas, así como su efecto en la transferencia de gases se incluyen de manera explícita.

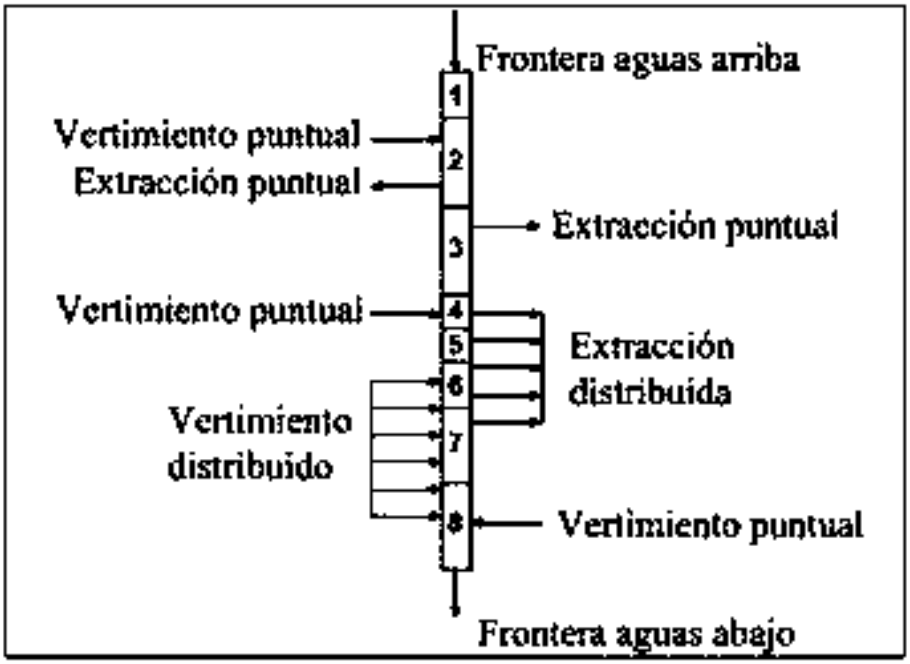
Extinción de la luz. La extinción de la luz al interior de la columna de agua se calcula como función de las algas, el detritus y los sólidos inorgánicos

pH: Inicialmente se simula la alcalinidad y el carbón inorgánico total. Después el pH en el río se modela basado en las dos cantidades anteriores.

1.1.3.1.6 BASE ESTRUCTURAL DEL MODELO

En el modelo Qual2Kw está representada la corriente hídrica en una serie de tramos, numerados en orden ascendente a partir de la cabecera del tronco principal de los Ríos tal y como se ilustra en la siguiente figura, y para cada uno son definidas características hidráulicas (pendiente, elevación, ancho de fondo, etc.). Los resultados proporcionados por el software también son calculados para cada segmento.

Figura 51 Esquema modelo qual2kw para un río con tributarios representados como vertimientos puntuales



Fuente: (Pelletier et al., 2006)

De acuerdo con lo anterior, la esquematización de un modelo matemático de simulación comienza con la representación de las características del sistema que se requiere modelar (segmentación). En el caso de la modelación en corrientes superficiales dicha representación se refiere a las características hidrogeométricas y la definición de las fronteras del modelo (fronteras internas y externas).

De acuerdo con el modelo conceptual presentado y la figura anterior, las condiciones de fronteras corresponden al inicio del tramo modelado ubicado aguas arriba y aguas abajo del segmento en estudio. Las fronteras internas corresponden a los ríos tributarios, las captaciones de agua y los vertimientos para los cuales se dispone de información de caudales y calidad de agua, además de os efectos agregados de drenajes secundarios.

En cada elemento computacional, el Qual2kw realiza un balance hidrológico en términos del caudal [Q], balance térmico en términos de la temperatura [T], y un balance de masa en términos de concentración [C] de cada constituyente de calidad del agua considerado. En estos elementos puede haber ganancia o pérdida de masa debido a procesos de transporte (advección y dispersión), fuentes externas o sumideros por ejemplo vertimiento de aguas residual o captaciones o por fuentes internas y sumideros, como por ejemplo demanda béntica o transformaciones bioquímicas.

La modelación se realiza teniendo en cuenta los cambios en las características hidráulicas del río, la entrada de un tributario importante, el aporte de una carga contaminante, captaciones de agua y la capacidad del software que permita que la distancia no sea tan pequeña que el modelo se torne insensible a los cambios y no tan largo que se pierda precisión de los resultados.

1.1.3.1.6.1 PROCESAMIENTO DE LAS VARIABLES MODELADAS

Para la modelación de la calidad del agua con el modelo Qual2kw se requiere calibrarlo y alimentarlo con información de monitoreos de calidad de agua. Teniendo en cuenta los resultados del monitoreo, algunos de estos parámetros se ingresan directamente al modelo en las unidades reportadas por el laboratorio para la Temperatura del agua, Conductividad, SST, Oxígeno disuelto, Coliformes totales, Alcalinidad y pH.

A continuación, se presenta la metodología para realizar los cálculos correspondientes para ingresar los valores de las variables de estado de la calidad del agua modeladas de DBO_5, nitrógeno y fosforo.

1.1.3.1.6.1.1 MODELACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA CARBONÁCEA

El QUAL2Kw separa la fracción soluble y particulada de la materia orgánica carbonácea. La primera se puede modelar mediante dos especies de CDBO, una de degradación rápida (*CDBOL*) y otra de degradación lenta (*CDBOR*), ambas en equivalentes de oxígeno. La fracción particulada se modela en equivalentes de peso seco (mg/L D) y es semejante a la materia orgánica particulada o detritos (*POM*). De acuerdo con la teoría del código del modelo QUAL2Kw, la CDBO última (*CDBOu*) se expresa como:

$$\mathrm{CDBO}_u = \mathrm{CDBO}_L + \mathrm{CDBO}_R + r_{oc} a_{cd} * \mathrm{POM} \qquad (1)$$

En la expresión (1), r_{oc} es la relación oxígeno-carbono de la descomposición de la materia orgánica (2.69gO/1gC) y a_{cd} la constante estequiométrica de conversión de peso seco a peso de carbono (40gC/100gD).

La POM se obtiene de la diferencia entre el Carbono Orgánico Total COT y el Carbono Orgánico Disuelto COD. Y en caso de no ser medidos en campo este valor se asume como 0. Para el vertimiento, la CDBOL se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CDBO_L = r_{oc} COD - 1.46 DBO_5 \qquad (2)$$

Generalmente se considera que la DBO varía con el tiempo según una ecuación de primer orden, que puede escribirse:

$$DBO_5 = DBO_u * e^{-kt} \qquad (3)$$

Donde:

DBOt: DBO a t días

DBOu: DBO última

t: tiempo de incubación en días

k: constante cinética medida en 1/d

De la anterior expresión (3) se despeja DBO ultima asumiendo un k de decaimiento de 0.08.

1.1.3.1.6.1.2 MODELACIÓN DEL CICLO DE NITRÓGENO

El procesamiento relacionado con las variables de nitrógeno consistirá en la preparación de los valores que se deben ingresar en QUAL2Kw de nitrógeno orgánico (NO), nitrógeno amoniacal (NH_4) y nitratos (NO_3) a partir de las mediciones de NTK, nitrógeno amoniacal, nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3).

Teniendo en cuenta que los nitritos, al tratarse de una especie intermedia entre el amonio y los nitratos que tiende a presentar valores muy bajos de concentración en cuerpos de agua, QUAL2Kw incluye las siguientes relaciones (sin considerar los equivalentes en nitrógeno del fitoplancton):

$$NTK = NH_4 + NO \quad (4)$$

$$NO_3 = NO_{3m} + NO_2 \quad (5)$$

$$NT = NTK + NO_3 = NH_4 + NO + NO_{3m} + NO_2 \quad (6)$$

El subíndice m hace referencia al valor medido en laboratorio. NT es el nitrógeno total.

1.1.3.1.6.1.3 MODELACIÓN DEL CICLO DE FÓSFORO

Para este ejercicio de modelación se considerarán los fosfatos (*INP*) como la fracción del fósforo total (*PT*) que es soluble y está disponible para el crecimiento de la vegetación acuática. El fósforo orgánico (PO) se calcula despejándolo de la expresión siguiente (la cual no considera el aporte de fósforo por el fitoplancton). De manera similar para el nitrógeno, los valores de fósforo en QUAL2Kw se expresan en µg/L P.

$$PT = PI + PO \quad (7)$$

1.1.3.1.6.2 SEGMENTACIÓN INICIAL DEL SISTEMA

La segmentación del tramo de modelación considera la información recopilada en campo y tendrá en cuenta criterios de estabilidad numérica y precisión.

Para la modelación los cuerpos de aguas o tramos definidos serán segmentados ya que el modelo requiere balances en cada uno de los segmentos para estimar la calidad del agua al final de cada uno; la segmentación se realiza empleando como criterios de Peclet, longitud de mezcla y localización de sitios de muestreo en la corriente, con el fin de asegurar en lo posible los requisitos del modelo

Qual2kw una vez obtenido esto, y con la información geográfica, geométrica e hidráulica de cada tramo se alistará el modelo qual2kw, para lo cual se segmentan los tramos con longitudes variables teniendo en cuenta el criterio de estabilidad de Péclet, el cual es importante al momento de solucionar ecuaciones diferenciales parciales. El número de Peclet es calculado por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 8. Número de Peclet

$$Pe = \frac{Vi\ \Delta xi}{2\ Dx}$$

Donde:

- Pe: Número de Peclet, estimado para el elemento i
- Vi: Velocidad de flujo en el elemento i (m/s)
- Δxi: Longitud del elemento i (m)
- Dx: Dispersión estimada en el elemento i (m^2/s)

Por tal razón, se considera que el Δxi máxima que garantiza estabilidad en los resultados está dado por:

Ecuación 9. Δxi

$$\Delta xi \leq \frac{Pe\ Dx}{Vi/2}$$

Según Chapra (Chapra, 1997) el número de peclet debe ser menor o igual a 10, debido a que la modelación está influenciada por el transporte advectivo y difusivo. Además, el modelo supone una mezcla completa en la sección transversal del elemento, lo cual permite la aproximación del modelo a un reactor de flujo mixto. Se considera entonces que la longitud del elemento (Δxi) debe ser superior a la longitud de mezcla calculada por el laboratorio.

1.1.3.1.7 VENTAJAS DEL MODELO

- Facilidad de implementación
- Facilidad de interpretación de los resultados de la modelación.
- Está bien documentado (cuenta con manuales de usuario).
- Es de distribución gratuita.
- Está en formato de Microsoft MS Excel lo que facilita el manejo e ingreso de datos.
- Es posible acoplar dentro del algoritmo de cálculo rutinas de análisis de sensibilidad de variables referidas a parámetros numéricos, lo que facilita la calibración del modelo.
- El modelo es unidimensional y por tanto asume que los Ríos Guaquimay, Palenque y Río Negro tienen una mezcla perfecta lateral y vertical en cada segmento o elemento del sistema, cuando los ríos son particularmente anchos, profundos o tienen un movimiento lento. En estos casos debería considerarse un modelo bidimensional.

1.1.3.1.8 LIMITACIONES

- El modelo no es muy flexible y por tanto se encuentra limitado en cuanto a los parámetros y procesos que pueden ser simulados.
- El modelo es unidimensional y por tanto se asume que el río tiene una mezcla perfecta lateral y vertical.
- Cuando los ríos son anchos, profundos o tienen un movimiento lento debería considerarse un modelo bidimensional.
- Tiene implícita una serie de simplificaciones e incertidumbres que limitan su aplicación a condiciones específicas.

1.1.3.1.9 SUPUESTOS

Para la modelación es necesario la estimación de los siguientes procedimientos de cálculo y métodos de integración, los cuales dependerán de la naturaleza de cada cuerpo de agua, así como también de la estabilidad del modelo

- Número de días simulados
- Paso de tiempo se definirá en minutos.
- Método de integración
- Método de solución para el pH será el de Brent.
- Se asignará una conductividad térmica del sedimento de 1.7 W/m/°C y una difusión térmica del sedimento de 0.0051 cm2/s, valores típicos para lodos.
- Los parámetros de luz y calor se dejarán con los valores por defecto asignados en el software.
- Los parámetros no convencionales incluidos en los objetivos de calidad de la cuenca, serán modelados como constituyentes genéricos, los cuales incluyen una tasa de sedimentación y de decaimiento de primer orden las cuales serán calibradas y validadas.

1.1.3.1.10 CRITERIOS PARA LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

De acuerdo con la Guía de Modelación (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018), la Calibración es el procedimiento mediante el cual se ajustan los valores de los parámetros de un modelo, con el fin de reproducir de forma tan acertada como sea posible las características observadas en la realidad, de acuerdo con el nivel aceptabilidad establecido en los criterios de desempeño.

En este paso se deben definir los criterios para la calibración y validación del modelo, lo cual incluye la descripción de la función objetivo, las tasas, constantes y velocidades de transformación por calibrar y rangos y algoritmo(s) de calibración y validación.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de parámetros involucrados que considera el modelo Qual2kw, la calibración de los modelos constituye un proceso que requiere el mayor esfuerzo computacional. Según la guía de modelación, no es posible obtener buenos resultados de calibración empleando métodos manuales, por lo que se han desarrollado técnicas y algoritmos de calibración automática que permiten realizar gran cantidad de simulaciones en cortos tiempos, agilizando el procedimiento de selección de las tasas óptimas para cada aplicación. La técnica de calibración será la implementada en el software Qual2kw que consiste en algoritmos genéticos.

La función objetivo es la medida de la bondad de ajuste de la calibración y validación del modelo, entendida como la representación numérica del grado de ajuste entre la respuesta del modelo y los

datos medidos. Se utilizará el coeficiente de eficiencia (Cef) de Nash-Sutcliffe (Nash & Sutcliffe, 1970) (3) .Es importante mencionar que se utilizarán campañas de monitoreo independientes para la calibración y validación del modelo.

Ecuación 10. Coeficiente de eficiencia (Cef) de Nash-Sutcliffe

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}\right]$$

1.1.3.1.11 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARAMÉTRICA

El término precisión se asocia a la proximidad de concordancia entre valores obtenidos por medio de varias mediciones de un mismo objeto o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. A diferencia de la incertidumbre que es un concepto que se relaciona con la precisión al obtener resultados analíticos basados en mediciones, pero considera todas las fuentes posibles de error que intervienen en el resultado final de la medición (OIML, 2008).

Se desconocen demasiadas heterogeneidades espaciales y temporales de los sistemas físicos y son muchos los procesos que interactúan entre sí, adicionalmente la observación mediante mediciones puntuales de campo también es incompleta y puede presentar errores. Toda esta incertidumbre dificulta la modelación con precisión, por lo que se ha vuelto un procedimiento común incluir límites de confianza asociados con todos los resultados de modelos numéricos que cuantifican la incertidumbre (Camacho & DiazGranados, 2003).

La evaluación de incertidumbre requiere de dos fases: la formulación por parte del especialista, del modelo de medición a partir del conocimiento de los fenómenos que rigen el sistema; y el cálculo realizado por el estadístico a partir del análisis numérico y programas de computadora. De lo anterior se infiere que, para el cálculo de la incertidumbre, es necesario conocer la magnitud de los parámetros de la distribución utilizada, como sus valores máximos y mínimos o las restricciones físicas o de cualquier otra índole que puede tener un parámetro de estudio. Un programa de computadora podrá identificar errores de cálculo, pero nunca errores lógicos, por lo que a pesar de que el modelo funcione correctamente, se puede incurrir en errores por el mal dimensionamiento de los parámetros (Varcárcel Gomez, 2016).

Una vez realizado el proceso de calibración y validación del modelo, se realiza el análisis de sensibilidad de los parámetros involucrados, en este caso por medio de la Herramienta MONTE-CARLO ANALYSIS TOOLBOX- MCAT. El análisis de sensibilidad consiste en la estimación de la influencia de los parámetros sobre la respuesta del modelo.

Un parámetro con alta sensibilidad es aquel que tiene una alta influencia sobre los resultados del modelo. El análisis de sensibilidad realizado incluye la estimación de la identificabilidad de los parámetros del modelo, la cual se define como la extensión del espacio paramétrico para la cual es posible identificar un valor óptimo del parámetro respectivo. Este proceso permite identificar posibles problemas de equifinalidad, entendida como la posibilidad de encontrar resultados iguales con combinaciones diferentes de parámetros.

Se utilizan los gráficos de puntos ("Dotty Plots") para las tasas de los parámetros calibrados por medio de Qual2Kw, los cuales representan una proyección del espacio paramétrico en una dimensión. Cada punto representa el valor objetivo o variable asociado con un solo conjunto de parámetros. Si la "superficie" del gráfico de puntos, que representa la mejor parametrización del modelo para un valor observado, tiene una definición clara, se puede considerar que el parámetro es identificable.

El mejor valor del parámetro, el cual corresponde al mejor valor de la función objetivo global respecto al valor observado, se muestra como un rectángulo magenta en el gráfico de puntos. El diagrama de puntos muestra que existe un rango considerable de rendimiento del modelo producido por los conjuntos de parámetros del modelo muestreado, evaluando así la sensibilidad del modelo ante variaciones de las diferentes tasas definidas para la auto calibración.

El Análisis de sensibilidad regional (RSA, Hornberger & Spear, (1981); Hornberger & Spear, (1980) es un método para evaluar la sensibilidad de los parámetros del modelo donde la sensibilidad se define como el efecto de los parámetros en el rendimiento general del modelo (como lo indican la función objetivo) El enfoque adoptado utiliza la extensión introducida por Freer, Beven, & Ambroise, (1996). Los conjuntos de parámetros se clasifican según el objetivo seleccionado, que se transforma en un valor de probabilidad.

Los conjuntos de parámetros se dividen en 10 grupos, para cada grupo, las probabilidades se normalizan dividiendo por su total, y la distribución de frecuencia acumulada se calcula y se representa gráficamente. Si el rendimiento del modelo es sensible a un parámetro particular, habrá una gran diferencia entre la frecuencia acumulativa. El parámetro tiene un efecto significativo en la salida del modelo.

Para el análisis de incertidumbre se muestra la salida del modelo de almacenamiento lineal con Intervalos de confianza del 95%. Este gráfico permite evidenciar a la salida de la serie de tiempo con intervalos de confianza asociados calculados, utilizando la metodología GLUE. Por cada punto en el tiempo acumulativo la distribución de frecuencia se genera utilizando el objetivo seleccionado (convertido a una probabilidad) y los intervalos de confianza calculados mediante interpolación lineal.

Es importante mencionar que para el análisis se tomará el valor del oxígeno disuelto, ya que es el parámetro con mayor representatividad por su interrelación con la mayoría de los parámetros evaluados.

1.1.3.1.12 ESCENARIOS DE MODELACIÓN A CONSIDERAR

De acuerdo con los Términos de referencia, en el modelo de calidad de aguas, se simularán diversos escenarios, con el objetivo de ser utilizados en herramientas como:

- Establecer los usos actuales y potenciales del agua por tramos.
- Actualización de objetivos de calidad a corto, mediano y largo plazo.
- Actualización de usos genéricos del recurso hídrico.
- Prohibiciones o condicionamientos.

Los escenarios de modelación contemplados corresponden, como mínimo a los mismos establecidos en la Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico. Sin embargo, el planteamiento de los escenarios de simulación debe ser coordinado por el equipo de trabajo incluyendo las Autoridades Ambientales, teniendo en consideración entre otros aspectos la participación de actores que tengan amplio conocimiento de la dinámica del cuerpo de interés.

La siguiente tabla incluye los escenarios preliminares a simular, los cuales serán complementados en mesas de trabajo posteriores.

Tabla 50 Escenario de modelación a desarrollar dentro de la fase prospectiva del PORH para los Ríos Guaquimay, Palenque y Río Negro.

<table>
<tr><th rowspan="2">Escenario</th><th colspan="2">Cuerpo de Agua Receptor (principal)</th><th colspan="2">Tributarios</th><th colspan="2">Cargas Puntuales o Difusas (vertimientos)</th></tr>
<tr><th>Caudal</th><th>Calidad del Agua - Cabecera</th><th>Caudal</th><th>Calidad del Agua</th><th>Caudal</th><th>Calidad del Agua</th></tr>
<tr><td>Línea Base</td><td rowspan="5">Caudal característico de condiciones mínimas.</td><td rowspan="5">Condiciones medidas para el escenario base con caudal bajo</td><td rowspan="5">Caudal característico de condiciones mínimas.</td><td>Condiciones medidas para el escenario base con caudal bajo</td><td colspan="2">Condiciones actuales</td></tr>
<tr><td>Carga Máxima Permisible</td><td>Condiciones de escenario(s) crítico(s) definidos</td><td colspan="2">Proceso iterativo de verificación para determinar las cargas máximas permisibles para cada vertimiento puntual</td></tr>
<tr><td>Corto plazo</td><td>Escenario base (caudal bajo) o con medidas o acciones planificadas</td><td>Máximo proyectado al corto plazo</td><td>Concentraciones máximas proyectadas al corto plazo</td></tr>
<tr><td>Mediano plazo</td><td rowspan="2">Con medidas o acciones planificadas a los escenarios</td><td>Máximo proyectado al mediano plazo</td><td>Concentraciones máximas proyectadas al mediano plazo</td></tr>
<tr><td>Largo plazo</td><td>Máximo proyectado al largo plazo</td><td>Concentraciones máximas proyectadas al largo plazo</td></tr>
</table>

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], 2018)

1.2 TRABAJO DE CAMPO

1.2.1 CENSO DE USUARIOS Y CONSOLIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN (INVENTARIO DE USUARIOS)

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) es un instrumento de planificación orientado bajo el marco de la *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico* (PNGIRH), donde establece los lineamientos sobre los cuales las Autoridades Ambientales Competentes (AAC) en ejercicio de sus funciones dan cumplimiento a los objetivos, estrategias, indicadores y líneas de acción para el manejo, uso eficiente y preservación del recurso hídrico dispuesto por la política nacional (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), a través de la ejecución de actividades de ordenamiento identifican, clasifican cuerpos de agua priorizados para determinar la destinación del recurso hídrico como fuente de suministro para el abastecimiento de las necesidades de consumo humano doméstico y de las diversas actividades económicas requeridas (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

En tal sentido, el ordenamiento del recurso hídrico, cuya definición se encuentra contenida por el artículo 4 del Decreto 3930 de 2010 como: *"..." el proceso de planificación del mismo, mediante el cual la autoridad ambiental competente: (i) Establece clasificación de aguas; (ii) Fija su destinación y sus posibilidades de uso, con fundamento en la priorización definida para tales efectos en el artículo 41 del Decreto 1541 de 1978; (iii) Define los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo; (iv) Establece las normas de preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies; (v) Determina los casos en que deba prohibirse el desarrollo de actividades como la pesca, el deporte y otras similares, en toda la fuente o en sectores de ella, de manera temporal o definitiva; (vi) Fija las zonas en las que se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales, subterráneas, o marinas y (vii) Establece el programa de seguimiento al recurso hídrico con el fin de verificar la eficiencia y efectividad del ordenamiento del recurso* "…" (IDEAM_CAR, 2014), en articulación con los demás instrumentos de planificación y manejo del recurso hídrico busca que las fuentes hídricas y formas de vida acuáticas mantengan óptimas condiciones de calidad y cantidad contribuyendo al desarrollo de la gestión ambiental del recurso y de los ecosistemas (IDEAM, 2012). Es a partir de esto, que mediante la Resolución 751 de 2018 el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible adopta la Guía Técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico-PORH, con el fin de establecer las directrices generales para la formulación de dichos planes, así como una metodología que permita estandarizar estos instrumentos conforme la normatividad que anteriormente descrita.

Por otra parte, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACÁ, mediante la formulación y desarrollo del *Plan de Gestión Ambiental Regional* (PGAR) *2021 - 2031*, establece este instrumento de planificación ambiental regional [1] para el manejo, administración y aprovechamiento de los recursos naturales propios de la región que permita consolidar alternativas de desarrollo sostenible acorde con las características dinámicas, biofísicas, culturales, económicas y sociales del territorio [2], determinando escenarios de sostenibilidad, como resultado de un trabajo participativo

1 (Decreto 1076, 2015). Artículo 2.2.8.6.3.1 Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR

2 (Decreto 1076, 2015). Artículo 2.2.8.6.1.1.1. De la Planificación Ambiental Regional

con actores sociales, económicos, políticos, culturales y ambientales con alta incidencia en el territorio mediante el desarrollo de ocho líneas estratégicas (CORPOBOYACA, 2021)

1. "Planeación territorial y paz con la naturaleza*";*
2. *"Biocentrismo y contribuciones de la naturaleza";*
3. *"Ambiente y economía regenerativa";*
4. *"Gestión de la crisis climática";*
5. *"Conservación, respeto y aprovechamiento del agua";*
6. *"Fortalecimiento de la gestión ambiental territorial";*
7. *"Ciudadanía ecológica";*
8. *"Prevención, seguimiento, y control del deterioro y daño ambiental".*

Dentro de la Línea 1. Planeación territorial y paz con la naturaleza cuyo objetivo es planear las acciones que se encaminen a proteger y conservar el territorio de la jurisdicción de la Corporación, desde la formulación de instrumentos de planeación ambiental tales como los Planes de Ordenamiento y Ordenamiento de Cuencas (POMCA), Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), Planes de manejo de páramos y ecosistemas estratégicos, así como los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios, instrumentos necesarios que permitan orientar la toma de decisiones sobre los territorios, se contempla como parte del Área temática 2. Planeación de la gestión integral del agua - Objetivo 2. Orientar la toma de decisiones sobre el desarrollo sostenible en el territorio, con base en la formulación, adopción y seguimiento de los diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico. – Indicador 3. PORH formulados y/o actualizados, adoptados y con seguimiento.

Por tanto, El PGAR es un elemento fundamental para la formulación del PORH en cuanto al enclave y desarrollo de mecanismos y procesos participativos, en el cual la intervención de los actores sociales permite a las AAC's como administradoras de los recursos naturales lograr una visión holística sobre la situación ambiental regional, sus potencialidades, oportunidades y restricciones de tal manera que puedan generar decisiones con enfoque sistemático, teniendo en cuenta las particularidades de las comunidades y su influencia en la región.

Por tal motivo, el *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de las Unidades Hidrográficas Nivel I Palenque, Guaquimay y Río Negro* en el marco del desarrollo sostenible, en armonía con el uso del recurso hídrico para las diferentes actividades humanas desarrolladas por la región, la preservación de los elementos naturales y frente a los retos presentes del cambio climático, aplica de forma integral diversos elementos, lineamientos y herramientas de la PNGIRH, del PGAR, así como también de otros instrumentos de orden nacional, regional, departamental, municipal e institucional cuya finalidad es presentar un panorama sobre el estado del cuerpo de agua o corriente, determinando la calidad de la misma para poder establecer bajo el ordenamiento el adecuado manejo del recurso en atención a las diversas necesidades regionales.

Así pues, este documento presenta el desarrollo metodológico del CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HIDRICO enmarcado en la Fase II del *PORH de las Unidades Hidrográficas Nivel I Palenque, Guaquimay y Río Negro* que busca establecer la situación actual de los cuerpos de agua teniendo en cuenta los aspectos sociales, físicos, bióticos y antrópicos del área objeto de ordenamiento.

El censo de usuarios es una herramienta a través del cual se identifican tanto los usos como los usuarios del agua, con el objetivo de identificar su manejo, estimar demanda actual y potencial del recurso hídrico sobre las diferentes actividades socioeconómicas del territorio de análisis, que para el caso particular corresponde a las *Unidades Hidrográficas Nivel I* Palenque, Guaquimay y Río Negro (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-, 2021).
Esta recopilación de información comprende el análisis de los diferentes habitantes de la zona de estudio, por lo cual incluye:

- Usuarios que cuenten con permiso ambiental (concesión de agua, Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos; permiso de vertimientos).
- Inventario de obras y sistemas hidráulicos.
- Obras de ocupación de cauce.
- Actividades de extracción, aprovechamiento y de explotación de material de arrastre en todos los cuerpos de agua, tanto en la corriente principal como en todos los tributarios que lo alimentan (lagos, lagunas y humedales).

Por lo cual, buscando recopilar toda la información disponible se analizó tanto información secundaria como la información levantada en campo a través de encuestas, captación a captación, permitiendo conocer el número de consumidores y vertedores actuales. Esta información permitió identificar el impacto que se ha generado sobre las fuentes de agua superficial a partir de la identificación de los diferentes usos y usuarios que emplean el agua para el desarrollo de las actividades socioeconómicas, permitiendo a través de análisis y modelación de la calidad del recurso hídrico trazar objetivos que permitan el manejo adecuado entre el aprovechamiento y la conservación del recurso hídrico (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-, 2021).

1.2.1.1 OBJETIVO Y ALCANCE

Se tiene como objetivo la consolidación y actualización del Registro de Usuarios del Recurso Hídrico – RURH. De acuerdo con el análisis documental, cartográfico, y visitas en campo se desarrolló el censo de usuarios del recurso hídrico para las tres unidades hidrográficas de nivel I, las cuales son río Palenque, río Guaquimay y río Negro de la subzona hidrográfica del Río Carare Minero, se realizó mediante la identificación de los usuarios del recurso a lo largo Cuenca, a fin de determinar las condiciones de intervención que se realicen ya sea a nivel de captación o vertimiento, bajo una situación de localización geográfica específica.

Los alcances del presente censo de usuarios dentro del proceso de PORH son los siguientes:

- Identificar, delimitar y georreferenciar las áreas de intervención para el censo con mayor detalle, resultado de visitas de campo, socializaciones con líderes comunales, comunidad y usuarios del recurso hídrico.
- Generar la cartografía catastral de los predios identificados en el censo de usuarios.
- Consolidación y actualización del Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH

1.2.1.2 METODOLOGÍA

Para la elaboración del censo de usuarios se siguió las normas metodológicas y especificaciones técnicas definidas en la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial definida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible- MADS 2018, además del Manual

técnico operativo censo de usuarios del recurso hídrico CAR Cundinamarca 2021, para ello fue preciso contar con una *Fase I Actividades preliminares*, que permitieran definir las rutas y tiempos idóneos para el levantamiento de la información en los municipios de Buenavista, Muzo, Pauna, San Cayetano, Coper, Paime, Carmen de Carupa, Maripí, Caldas, Villagómez, Topaipí, Tausa, La victoria y Yacopí; permitiendo adentrarse a los diferentes cuerpos de agua y tributarios en las 239 veredas que comprende el área de interés de las *Unidades Hidrográficas Nivel I* del Río Palenque, Río Negro y Río Guaquimay.

En este orden, se establecieron criterios de definición que permitieran reconocer los tramos o sectores de análisis dentro de los que se encuentra la localización de estaciones de monitoreo, definición previa de objetivos de calidad, aspectos morfométricos y finalmente la definición de los tramos o sectores de análisis
Por lo cual dicha información, en lo posible, conto con georreferenciación y/o ubicación veredal, buscando tener la mayoría de los datos posibles para así, contar con la distribución geográfica de los usuarios. Lo anterior, previa convocatoria de las personas que conozcan el territorio, articulando esfuerzos para trazar las rutas y recorridos más seguros.

Posterior a ello se contará, en la *Fase II Levantamiento de información*, con el mecanismo de geoposicionamiento donde cada una de las personas del equipo de trabajo que estará en campo podrá conocer las coordenadas de cada punto de análisis, por lo que cada predio a visitar que sea usuario del recurso hídrico contara con la localización, así como las características del sistema que lo compone, es decir: bocatomas, plantas, vertimientos, entro otros. Para ello se empleará una aplicación de código libre que sea compatible con IOS y Android, respectivamente. Para el primer caso se contará con la aplicación denominada *GPS & Maps (2kit consulting)* y en el segundo caso se contará con la aplicación denominada *Avenza Maps (Avenza Systems Inc.).* Estas aplicaciones permiten identificar la ubicación del dispositivo en un mapa base debidamente georreferenciado cargado previamente, sin embargo, la precisión de la ubicación depende de los dispositivos móviles y de las antenas de comunicación cercanas al lugar, los cuales tienen una precisión de 10 a 50 metros. Cada persona del equipo de trabajo en campo recopilara la información en un formato en físico.

Para la *Fase III Análisis de información* una vez revisados y escaneados los formatos de campo, cada profesional procederá a incluir la información en el formato digital adjunto al archivo de formato de campo, con la única modificación de incluir de manera consecutiva el nombre y las fotografías de cada estructura, sector, paisaje, etc., identificado en cada salida. Luego de tener los datos consolidaos de manera digital, se procede a llenar la matriz general del registro de usuarios del Recurso Hídrico- RURH.

1.2.1.3 FASE I. ACTIVIDADES PRELIMINARES

Durante esta fase se planifico, verifico y evaluó la información de los usuarios del recurso hídrico existentes tanto en la Corporación autónoma Regional de Cundinamarca, como en la Corporación autónoma regional de Boyacá. Para lo cual, fue preciso recopilar los instrumentos existentes que almacenen la información, identificación y clasificación de los usos actuales levantada y, finalmente, analizando la información asociada a conflictos por uso del recurso hídrico (CORPOBOYACA & CAR, 2021). Esto dio como resultado la consolidación de los municipios con jurisdicción en las *Unidades*

Hidrográficas Nivel I de ordenamiento del recurso hídrico, contando así con una primera versión de usuarios.

Una vez verificada, ajustada y complementada la información secundaria aportada desde las CAR's, se procedió a actualizar la información de los inventarios con los que cuentan, por lo que se solicitó información respecto a concesiones de agua, planes de saneamiento y manejo de vertimientos, permisos de vertimientos, inventario georreferenciado y descripción de obras hidráulicas, sistemas de tratamiento de aguas residuales (urbanas, industriales y agroindustriales), así como obras de captación y ocupación del cauce.

1.2.1.4 FASE II. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Una vez alistada y analizada la información existente, aportada desde las corporaciones autónomas regionales, lo cual se logra a través del cumplimiento del objetivo de alcance (se menciona adelante), se procede a realizar la clasificación de la información recopilada en el trabajo de campo a través del Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH). Por medio de esto, se construyó una línea base de censo.
El objetivo de esta fase es reconocer el impacto ambiental en los cuerpos de agua involucrados, por lo que dentro de las encuestas se cuenta con variables físicas, químicas y bióticas, así como aspectos antrópicos que permiten determinar la cantidad y calidad del Río Palenque, Río Guaquimay y Río Negro.

1.2.1.5 FASE III. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Finalmente, para esta fase, se consolido la información secundaria y la información primaria levantada en campo, para proceder a sistematizar y analizar los resultados obtenidos.

Como parte de la estrategia del consorcio para el ágil procesamiento de la información, se contó con un equipo de trabajo en oficina de 8 personas, las cuales recibían de manera diaria los archivos cargados (PDF de formatos digitalizados, KMZ, fotos) por el equipo en campo con el fin de digitalizar cada uno de los formatos, integrando la información espacial, así como el registro fotográfico de cada uno de los puntos, disminuyendo los tiempos de digitalización posterior a la finalización del trabajo de campo, así como su procesamiento y análisis de la información.

Durante el desarrollo de esta fase, se procedió a realizar la organización, consolidado, sistematización y análisis de la información recolectada a través del desarrollo del censo. En este sentido y con el fin de contar con una información de fácil consulta para cada persona que lo requiera, se estableció el proceso mediante el cual se digitalizaran las encuestas aplicadas y se incorporarán en ellas los registros fotográficos de cada uno de los puntos visitados.

1.2.1.6 EJECUCIÓN CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO

El desarrollo completo de la metodología anteriormente relacionada se encuentra como anexo al presente documento, teniendo en cuenta la extensión de dicho informe para facilitar su lectura y revisión. Adicionalmente, en el anexo de cartografía se encuentra el Mapa 15. Consolidación de la información de usuarios del recurso hídrico.

1.2.2 DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO

1.2.2.1 DISEÑO PLAN DE MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE NIVEL UNO (1), RÍO GUAQUIMAY, RÍO NEGRO Y RÍO PALENQUE, EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARARE (MINERO).

Con el fin de establecer las condiciones de calidad y cantidad en los cuerpos de agua objeto de estudio del PORH, se define el plan de monitoreo correspondiente para su desarrollo en dos condiciones hidrológicas de alta y baja precipitación.

1.2.2.1.1 INTRODUCCIÓN

Acorde con lo definido por la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación del Recurso Hídrico "El recurso agua, es el eje articulador de todas las actividades en un territorio y por ende de las poblaciones, puesto que estas desarrollan distintas actividades productivas que no sólo dependen de la cantidad y calidad de este recurso, sino que además generan alteraciones al estado natural del mismo".

El deterioro de los ecosistemas producto de la acción del hombre, el inadecuado manejo de los residuos sólidos, la contaminación, la sobreexplotación, la introducción de especies invasoras, el cambio climático, así como la falta de conciencia ambiental, han generado efectos negativos como la contaminación y degradación de la integridad en los cuerpos de agua del país, caso que no es ajeno al recurso hídrico del territorio en estudio de este Plan.

Las problemáticas del recurso hídrico aumentan con el desarrollo de actividades en los sectores domésticos, industriales y de actividades agrícolas y pecuarias, los cuales pueden afectar directamente las fuentes hídricas, favoreciendo los procesos de contaminación de estas.

Desde la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), desarrollada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2010, se establecen objetivos específicos para cumplir con la gestión integral del agua. Dentro de estos objetivos se establece el Objetivo 3. Calidad, el cual busca mejorar la calidad del recurso y minimizar la contaminación de este. Para el cumplimiento del objetivo mencionado se diseñan las siguientes 3 estrategias: 1) Ordenamiento y reglamentación de los usos del recurso hídrico, 2) Reducción de la contaminación del recurso hídrico y, 3) Monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). A partir de esta última estrategia, se orienta que la gestión eficiente del agua debe ser a través de la mejora de las prácticas y herramientas utilizadas para el monitoreo y seguimiento del recurso hídrico, por tanto, se definen programas nacionales de monitoreo del recurso, guías y protocolos para el seguimiento y monitoreo del agua, programas de acreditación y certificación de laboratorios ambientales, optimización de las redes de monitoreo de calidad del agua, mejora de los sistemas de monitoreo y evaluación de vertimientos, entre otros.

Según lo mencionado anteriormente, corresponde a una actividad fundamental realizar la determinación del estado de la calidad del agua para las tres unidades hidrográficas objeto de estudio, mediante la incorporación y análisis de la información secundaria disponible, así como el levantamiento de información primaria con el fin de determinar las características fisicoquímicas,

microbiológicas e hidrobiológicas de los cuerpos de agua definiendo puntos representativos y de interés según las necesidades de información existentes en el territorio.

De acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, se deben realizar un total de 114 muestras correspondientes para análisis fisicoquímico y microbiológicos en cuerpos de agua superficial y vertimientos, además, un total de 104 muestras para monitoreo hidrobiológico en puntos ubicados sobre cuerpos de agua superficial. Estas muestras deben estar soportadas en dos (2) jornadas de toma de muestras, una correspondiente a época de alta precipitación y la otra correspondiente a época de baja precipitación.

El presente documento tiene como fin presentar la propuesta metodológica para el desarrollo de la jornada de monitoreo de la calidad del agua para la época hidrológica de altas precipitaciones, presentando los puntos propuestos de monitoreo según lo definido en los alcances técnicos del proyecto y conforme a los protocolos establecidos por el IDEAM. Es importante aclarar que, tal como lo clarifica dicha entidad, los resultados de la campaña de monitoreo proporcionarán resultados puntuales para un tiempo específico de la toma de muestra, mas no reflejarán condiciones crónicas dado el tipo y la intensidad del monitoreo.

1.2.2.1.2 JUSTIFICACIÓN

Acorde con los lineamientos establecidos para el proyecto, se deben realizar dos campañas de monitoreo de la calidad del agua en distintas condiciones hidrológicas (altas y bajas precipitaciones); esto con el fin de tener dos puntos representativos de los factores contaminantes y parámetros de interés, para realizar un ejercicio comparativo con respecto a condiciones como el aumento o disminución de las lluvias, aspectos que sugieren variaciones en los caudales y a su vez en las cargas contaminantes. Según lo mencionado anteriormente, se plantea que la campaña de monitoreo de calidad del agua para la época de altas precipitaciones sea desarrollada en el transcurso de la segunda semana del mes de noviembre del 2021, asimismo, la propuesta planteada para que el desarrollo de la segunda campaña de monitoreo, correspondiente a la época hidrológica de baja precipitación, sea realizada entre los meses de febrero y marzo del 2022 dando cumplimiento a lo descrito en los alcances técnicos y en la Guía de formulación de PORH.

1.2.2.1.3 OBJETIVOS

1.2.2.1.3.1 GENERAL

Establecer el estado de la calidad del agua de las unidades hidrográficas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, pertenecientes a la subzona hidrográfica del Río Carare Minero, mediante el muestreo y análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos.

1.2.2.1.3.2 ESPECÍFICOS

- Definir los puntos representativos y los parámetros de interés para la toma de muestras.
- Realizar la toma de muestras de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos en los cuerpos de agua objeto de análisis.
- Llevar a cabo aforos de caudal de los cuerpos de agua a monitorear.
- Analizar los resultados de laboratorio y desarrollar los índices de calidad.

1.2.2.1.4 ANÁLISIS DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

"La precipitación se refiere a todas las formas de humedad provenientes de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre sea en forma de lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada" (Monsalve, 1995), se mide en altura de precipitación por unidad de área y esta corresponde a la altura de agua que cubriría un suelo totalmente impermeable.

El análisis de la precipitación se realizó a nivel regional para la cuenca del río Carare, teniendo en cuenta información histórica a escala mensual de los registros de 13 estaciones; Albania, Campo capote, Carare, la Cabrera, Landázuri, Cimitarra, Yacopi, Chucurí, El peñón, Miravalles, Paime, puente Araujo y Apto Toberrio; en un periodo de 29 años comprendido entre enero de 1985 hasta diciembre de 2014. Acorde con lo descrito anteriormente, a continuación, se relaciona la información recopilada y analizada en el POMCA del río Carare Minero en el cual se destacan las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en los municipios de Yacopí y Paime con presencia dentro del área del presente estudio.

Figura 52 Variabilidad anual de la precipitación en (mm), en el periodo 1985-2014 para cuenca del río Carare Minero

Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

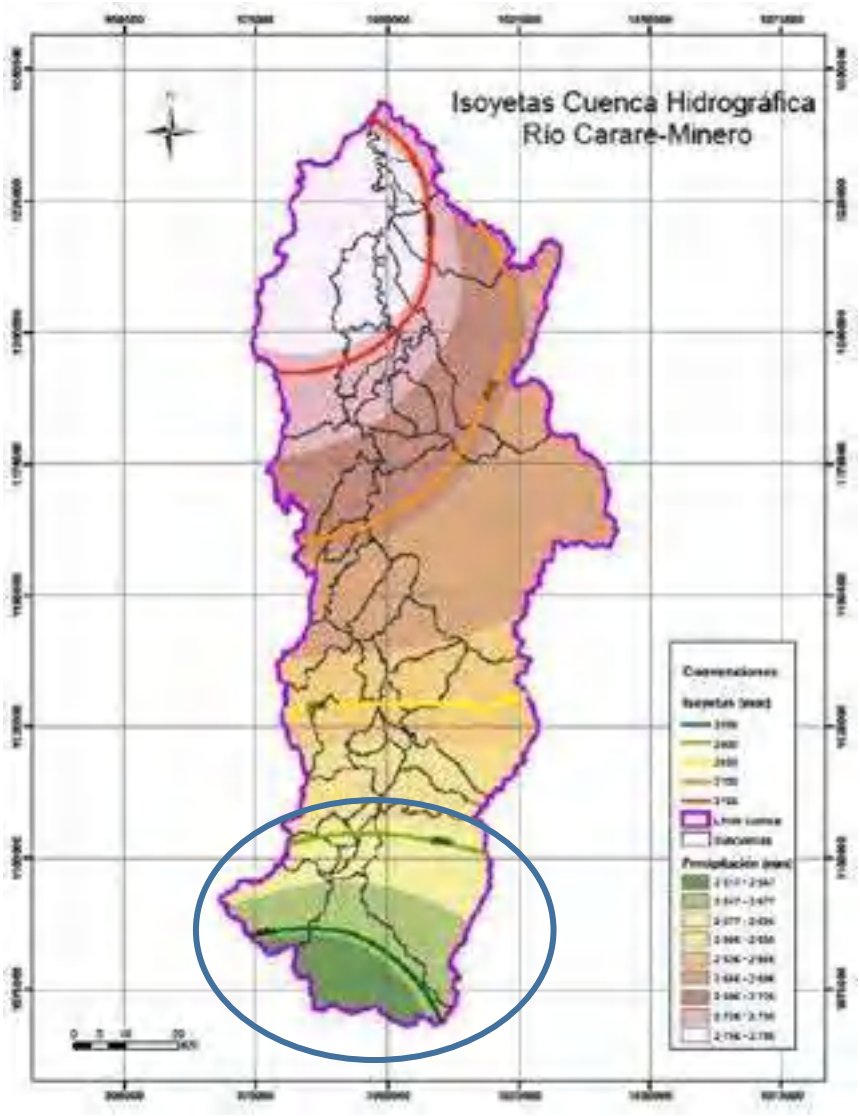
Mediante el análisis de la Figura 52, es posible evidenciar que la cuenca del río Carare posee un régimen de precipitaciones de tipo bimodal, el cual explica la presencia de dos épocas de altas precipitaciones ubicadas entre los meses de marzo a mayo y los meses de septiembre a noviembre, entre estos periodos se encuentran los periodos de baja pluviosidad comprendidos entre junio a agosto y diciembre a febrero.

Tabla 51 Precipitación por subcuencas

CÓDIGO	CUENCA	PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)
2312-04	Río Guaquimay	2400-2600
2312-03	Río Negro	2100-2500
2312-01	Río Palenque	2200-2500

Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

Figura 53 Distribución espacial de la precipitación en la Cuenca del Río Carare Minero



Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

En concordancia con el análisis anteriormente realizado y teniendo en cuenta la información revisada en el atlas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para el parámetro de precipitación, en la zona correspondiente a la cuenca hidrográfica del Río Carare Minero, se identifica un comportamiento de lluvias bimodal, con periodos de alta precipitación correspondiente a los periodos de septiembre - noviembre y marzo – mayo. Teniendo como base

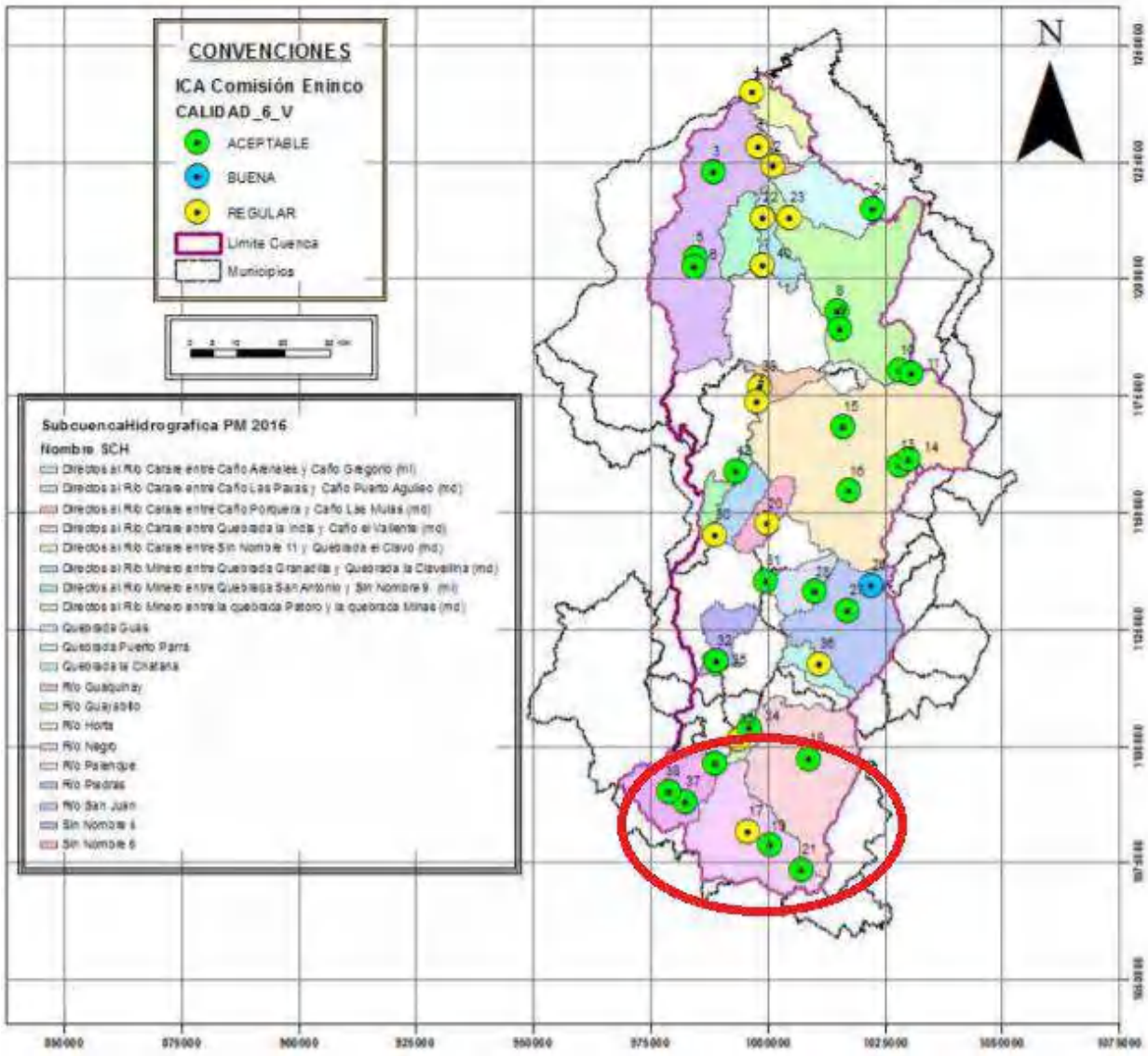
estas dos fuentes de información, y teniendo en cuenta los tiempos de ejecución del proyecto y la necesidad del desarrollo de dos campañas de monitoreo en épocas hidrológicas diferentes pero representativas se establece para el mes de noviembre el desarrollo de la primera campaña de monitoreo en condiciones de alta precipitación. Por otro lado, la propuesta acorde con el comportamiento del régimen hidrológico del área de estudio se identifica que los periodos de baja precipitación se presentan principalmente en el periodo comprendido por los meses diciembre – febrero, por lo cual se propone llevar a cabo la segunda campaña de monitoreo, correspondiente a la temporada de baja precipitación, en el mes de febrero o inicios del mes de marzo.

1.2.2.1.5 ANTECEDENTES

Como parte del ejercicio de formulación del plan de monitoreo que forma parte integral del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH, se inicia con el análisis de la información disponible en términos de calidad del agua, en este sentido con base a la información proporcionada por parte de las corporaciones en cabeza del proceso correspondiente a la fase de alistamiento, se encuentra la información de monitoreos de la calidad del agua en dos temporalidades de alta y baja precipitación realizados en la formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Carare Minero (2019). Dicha información es fundamental teniendo en cuenta que, en primera medida, permite evidenciar puntos de interés que han sido determinados previamente para el monitoreo y que serán la base para ubicar algunos de los puntos a monitorear en el presente proyecto, y en segunda medida será un factor determinante de línea base para evidenciar el comportamiento de la calidad del agua en puntos específicos y que pudiera ser un comparativo para determinar si la calidad del agua ha mejorado o empeorado en cuanto a los parámetros comunes para el análisis de las dos temporalidades hidrológicas, así como una variación de cerca de 5 años teniendo en cuenta que el monitoreo del POMCA fue desarrollado en el año 2016.

Con base en lo descrito anteriormente, desde la formulación del POMCA para el Río Carare Minero en el año 2019, se puede identificar un estado preliminar de la calidad del agua de las tres unidades hidrográficas que son objeto de estudio del PORH. A continuación, se presentan los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) para el Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque:

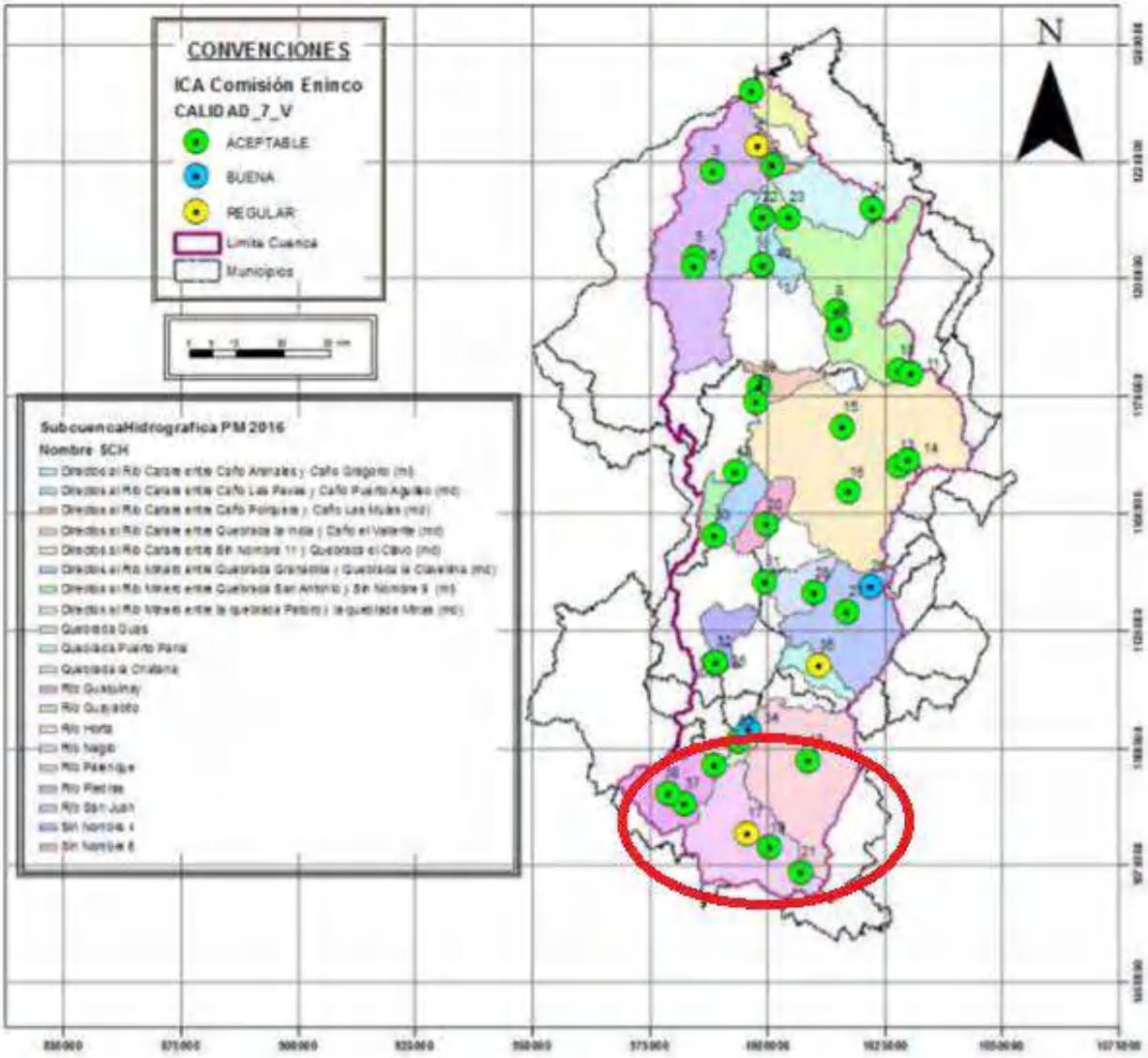
Figura 54 Resultados del ICA para época de Alta precipitación, POMCA Río Carare Minero.



Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

En la figura anterior se puede observar los resultados obtenidos del desarrollo del ICA para época de alta precipitación llevada a cabo en diciembre de 2016 para el POMCA del Río Carare Minero. Se puede identificar que para el Río Guaquimay se tomaron un total de 2 puntos, los cuales arrojaron un ICA Aceptable; de otra parte, para el Río Negro, se tomaron 3 puntos, arrojando valores de ICA Aceptable para 2 de estos y, 1 punto con ICA Regular ubicado en la parte media de la unidad hidrográfica; por último, para el Río Palenque se tomó un punto de monitoreo, el cual arrojó un ICA Aceptable.

Figura 55 Resultados del ICA para época de Baja precipitación, POMCA Río Carare Minero.



Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

En la figura anterior se puede observar los resultados obtenidos del desarrollo del ICA para época de Baja precipitación llevada a cabo en diciembre de 2016 para el POMCA del Río Carare Minero. Se puede identificar que para el Río Guaquimay se tomaron un total de 2 puntos, los cuales arrojaron un ICA Aceptable; de otra parte, para el Río Negro, se tomaron 3 puntos, arrojando valores de ICA Aceptable para 2 de estos y, 1 punto con ICA Regular ubicado en la parte media de la unidad hidrográfica; por último, para el Río Palenque se tomó un punto de monitoreo, el cual arrojó un ICA Aceptable. Cabe recalcar que los valores de ICA para ambas épocas hidrológicas son iguales, por tanto, se puede inferir que el aumento o disminución de los caudales del territorio no se ven muy afectados, ya que, la cantidad de agua sigue siendo suficiente para mantener la asimilación de las cargas contaminantes.

A continuación, se presentan los resultados del ICA de manera tabular para comparar fácilmente la dinámica contaminante de las subzonas hidrográficas.

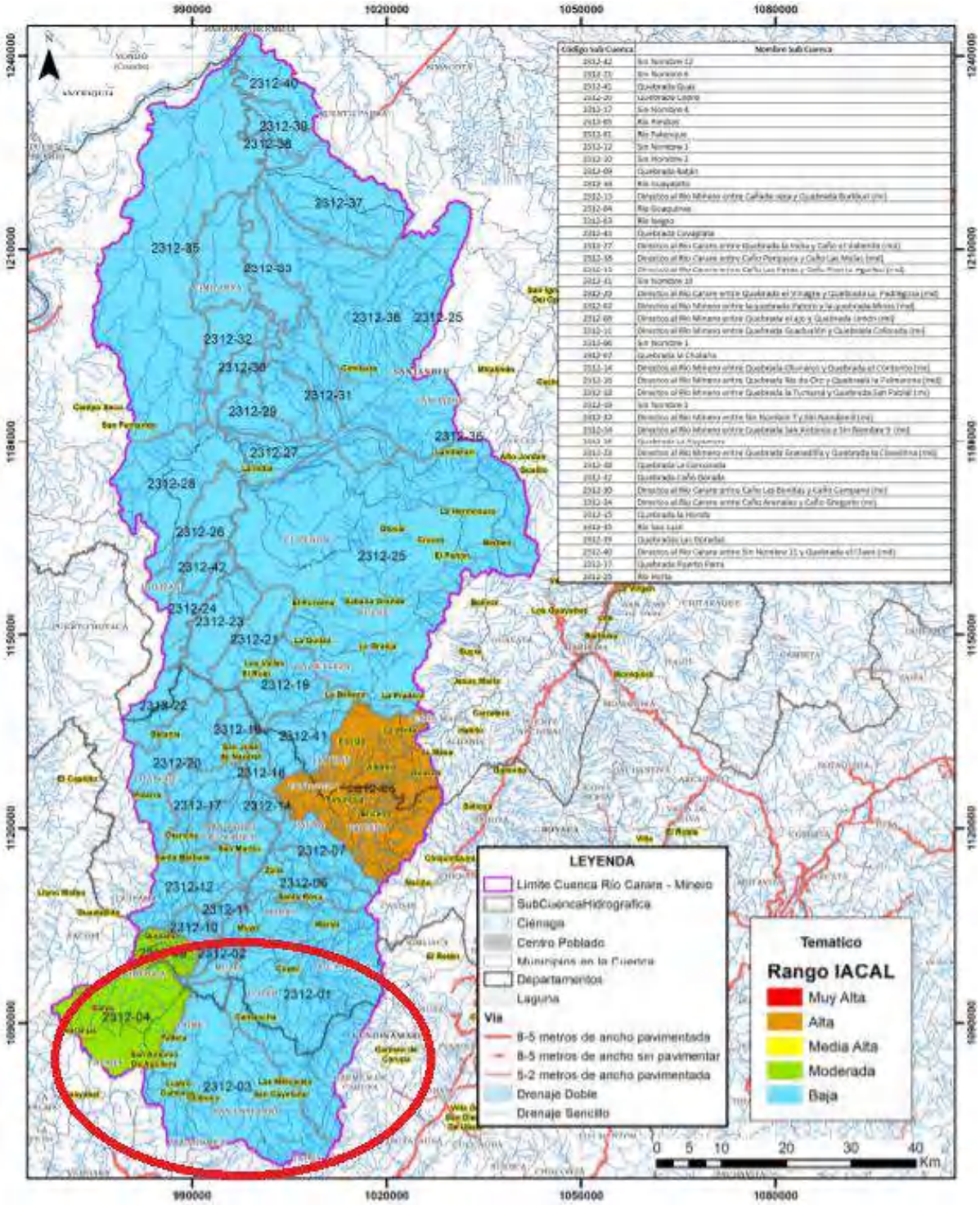
Tabla 52 Resultados del ICA – POMCA Carare Minero, 2019.

SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	ICA ÉPOCA DE ALTAS PRECIPITACIONES	ICA ÉPOCA DE BAJAS PRECIPITACIONES
Río Guaquimay	Quebrada sin nombre (37)	Aceptable	Aceptable
	Quebrada sin nombre (38)	Aceptable	Aceptable
Río Negro	Río Negro (17)	Regular	Regular
	Quebrada La Virgen (19)	Aceptable	Aceptable
	Quebrada La Virgen (21)	Aceptable	Aceptable
Río Palenque	Quebrada La Virgen (18)	Aceptable	Aceptable

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, en las siguientes gráficas se presentan los resultados del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) obtenidos del POMCA del Río Carare Minero, 2019. A continuación, se presenta el resultado del IACAL para caudal medio:

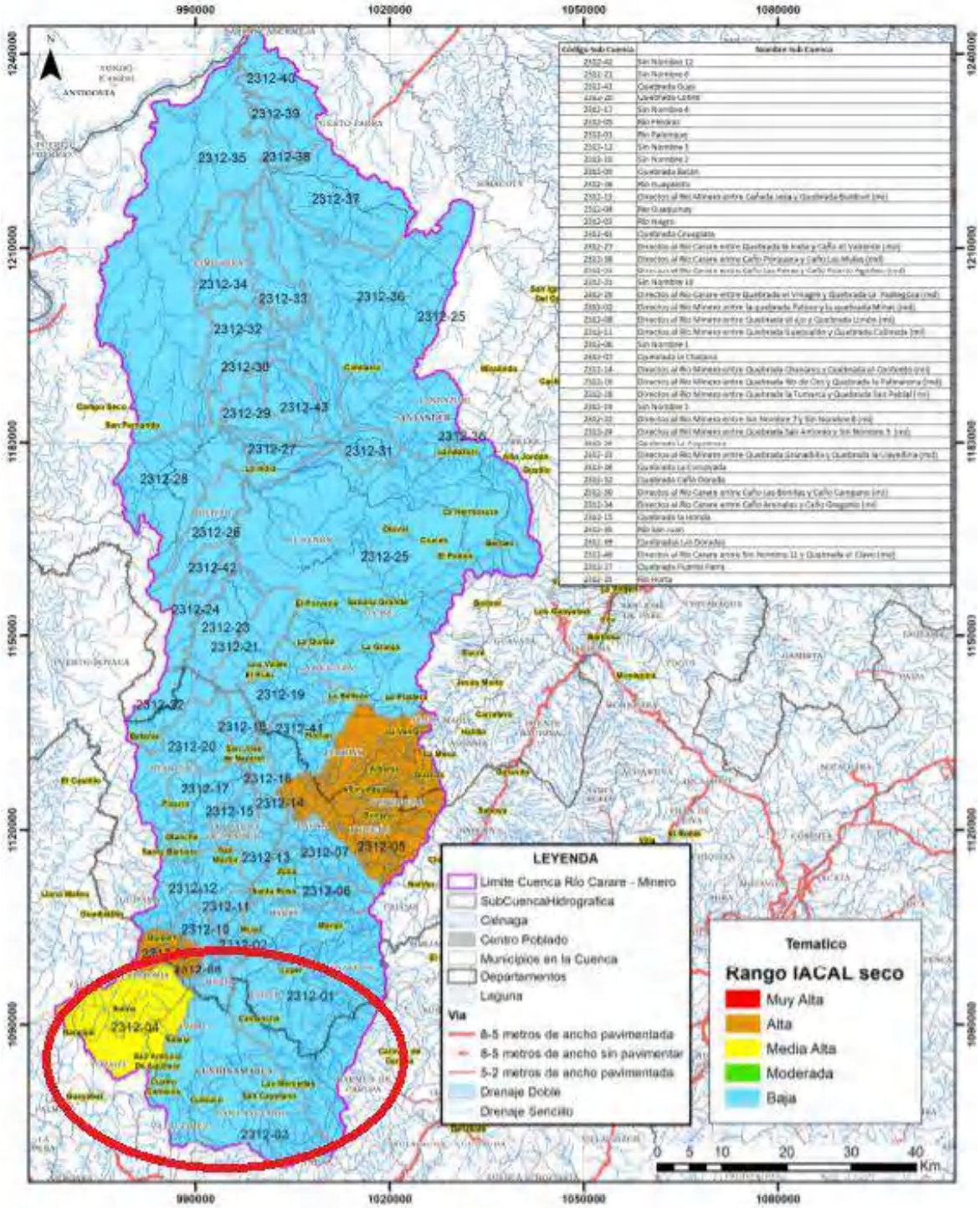
Figura 56 Resultados del IACAL para caudal medio, POMCA Río Carare Minero.



Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

En la figura anterior, se identifica el IACAL para la cuenca del Río Carare Minero con condiciones de caudal medio, arrojando un resultado de IACAL Bajo para el Río Negro y Río Palenque, mientras que, para el Río Guaquimay se identifica un IACAL Moderado.

Figura 57 Resultados del IACAL para caudal seco, POMCA Río Carare Minero.



Fuente: (CAS, CAR, Corpoboyacá, 2019)

La figura anterior, se identifica el IACAL para la cuenca del Río Carare Minero con condiciones de caudal seco, arrojando un resultado de IACAL Bajo para el Río Negro y Río Palenque, los cuales se mantienen con la misma clasificación de las condiciones de caudal medio, mientras que, para el Río

Guaquimay se identifica un IACAL Medio alto, el cual representa una mayor amenaza que la clasificación obtenida en condiciones de caudal medio, refiriendo que la disminución de los caudales puede representar una amenaza para la calidad del agua de esta unidad hidrográfica. A continuación, se presentan los resultados del IACAL de manera tabular para comparar fácilmente la dinámica contaminante de las subzonas hidrográficas.

Tabla 53 Resultados del IACAL – POMCA Carare Minero, 2019.

SUBZONA HIDROGRÁFICA	IACAL CAUDAL SECO	IACAL CAUDAL MEDIO
Río Guaquimay	Media Alta	Moderada
Río Negro	Baja	Baja
Río Palenque	Baja	Baja

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Como se mencionó previamente estos puntos de monitoreo serán tenidos en cuenta para el establecimiento de los puntos de interés del presente proyecto con el fin de establecer unos puntos de línea base o comparativos para el monitoreo en términos de calidad y los índices de calidad del agua (ICA).

1.2.2.1.6 METODOLOGÍA

Acorde con los alcances técnicos de la consultoría para el presente proyecto, las metodologías que se implementaron refiere a lo dispuesto dentro del protocolo de monitoreo del agua elaborado por el IDEAM en el 2018, en este documento se relacionan las prácticas y metodologías realizadas para llevar a cabo procesos y estudios referentes a las variables de calidad y cantidad del recurso hídrico en las diferentes fuentes de agua, permitiendo fortalecer el conocimiento de los sistemas hídricos de tal forma que, se permita mejorar la gestión y planificación del territorio desde el manejo del recurso hídrico.

De acuerdo con los alcances técnicos, se precisaron un total de 114 muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos y, un total de 102 muestras de parámetros hidrobiológicos, las cuales se dividen en dos campañas con condiciones hidrológicas diferentes (Alta y baja precipitación).

Con base en las diferentes metodologías planteadas en el protocolo de monitoreo del agua del IDEAM y, acorde con los alcances del proyecto en cuanto al monitoreo de las 3 subcuencas del Río Carare Minero, se realizó toma de muestra de tipo puntual tanto para los puntos ubicados sobre cuerpos de agua superficial, como para los puntos de vertimientos de interés para el proceso. Con base a lo anterior, a continuación, se relacionan aquellos parámetros que son objeto de monitoreo por parte de la consultoría y análisis por los laboratorios:

Tabla 54 Parámetros objeto de monitoreo en el PORH de las subcuencas Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

NO.	PARÁMETROS	UNIDADES	ANALIZAR EN:	
			VERTIMIENTOS	CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL
In situ				
1	pH*	[Unidades de pH]	X	X
2	Conductividad eléctrica	[µS/cm]	X	X
3	Oxígeno disuelto	[mg/L O2]	X	X
4	Temperatura del agua	[°C]	X	X
5	Medición de caudal	L/s	X	X
Fisicoquímicos básicos				
6	Alcalinidad	[mg/L CaCO3]	X	X
7	Dureza Total	[mg/L CaCO3]		X
8	DBO5 Total	[mg/L O2]	X	X
9	DBO5 Filtrada	[mg/L O2]	X	X
10	DBO5 Soluble	[mg/L O2]	X	X
11	DQO Total	[mg/L O2]	X	X
12	Sólidos suspendidos totales	[mg/L]	X	X
13	Sólidos sedimentables	[mL/L]	X	
14	Turbiedad	[UNT]	X	X
15	Nitrógeno total	[mg/L N]	X	X
16	Nitrógeno amoniacal	[mg/L N-NH3]	X	X
17	Nitritos	[mg/L N-NO2]	X	X
18	Nitratos	[mg/L N-NO3]	X	X
19	Fósforo total	[mg/L P]	X	X
20	Fósforo Reactivo Disuelto	[mg/L P-PO4]	X	X
21	Grasas y aceites	[mg/L]	X	X
22	Tensoactivos aniónico método SAAM	[mg/L]	X	X
23	Fenoles	[mg/L]	X	X
24	Hidrocarburos totales del petróleo	[mg/L]	X	X
Metales y metaloides				
25	Arsénico (As)	[mg/L]	X	X
26	Bario (Ba)	[mg/L]	X	X
27	Cadmio (Cd)	[mg/L]	X	X
28	Cinc (Zn)	[mg/L]	X	X
29	Cobre (Cu)	[mg/L]	X	X
30	Cromo Total (Cr)	[mg/L]	X	X
31	Hierro (Fe)	[mg/L]	X	X
32	Manganeso (Mn)	[mg/L]	X	X
33	Mercurio (Hg)	[mg/L]	X	X
34	Níquel (Ni)	[mg/L]	X	X
35	Plomo (Pb)	[mg/L]	X	X

NO.	PARÁMETROS	UNIDADES	ANALIZAR EN:	
			VERTIMIENTOS	CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL
36	Selenio (Se)	[mg/L]	X	X
37	Vanadio (Va)	[mg/L]	X	X
Iones				
38	Cianuros	[mg/L CN-]	X	X
39	Cloruros	[mg/L Cl-]	X	X
40	Sulfatos	[mg/L SO42-]	X	X
41	Calcio	[mg/L]		X
42	Magnesio	[mg/L]		X
43	Sodio	[mg/L]		X
Microbiológicos				
44	Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]	X	X
45	Coliformes totales	[NMP/100mL]	X	X
46	*E. Coli*	[NMP/100mL]	X	X
Hidrobiológicos				
47	Perifiton	[# individuos/unidad de área] o [biomasa]		X
48	Macroinvertebrados	[# individuos/unidad de área] o [total de individuos por taxón] o [biomasa]		X
49	Macrófitas	[# individuos/unidad de área] o [total de individuos por taxón] o [biomasa]		X
50	Peces	[# individuos por especie] o [biomasa]		X

Fuente: Tomado de los alcances técnicos del proyecto.

1.2.2.1.6.1 MEDICIÓN DE CAUDALES

El caudal expresado en unidades de volumen por unidad de tiempo es la tasa a la que el agua discurre a través de una sección transversal, y se expresa en metros cúbicos por segundo (m3/s) o en litros por segundo (l/s), cuando se manejan pequeñas magnitudes. El caudal en un instante dado puede medirse utilizando diferentes métodos, y la selección entre éstos dependerá de las condiciones existentes en un emplazamiento dado. Por lo general, el valor del caudal se expresará en función de la altura correspondiente del agua en una estación de aforo (IDEAM, INVEMAR, 2017).

En el caso particular a este proyecto se desarrolló la medición de caudales como una estrategia para complementar el monitoreo de la calidad del agua de cara a la modelación de este componente, asimismo, es de utilidad para contribuir con el establecimiento de la oferta hídrica de las cuencas objeto de estudio, de las cuales depende la posibilidad de atender la demanda de agua para distintos fines.

La ubicación de los puntos para la medición se dio a partir de la localización de puntos de interés para el componente de calidad del agua, sin embargo, para la ubicación en campo se evaluaron los siguientes criterios:

- La sección debe estar situada a un tramo recto de la corriente. En lo posible, la longitud del tramo tendrá un mínimo equivalente a cinco (5) veces el ancho de la sección.
- La sección debe ser profunda y tener márgenes naturales altas, para evitar desbordamientos en aguas máximas, con lo cual se garantiza la calibración de caudales máximos.
- La pendiente longitudinal del cauce debe ser uniforme, evitándose tramos con quiebres fuertes de pendiente que desequilibran la velocidad de la corriente. Se deberá evitar áreas de aguas muertas y contracorrientes o remolinos.
- El lecho del río debe tener geometría regular, cauce estable y no tener obstáculos (troncos de árboles, grandes rocas, vegetación, etc.). Se debe evitar los lechos fangosos.
- La corriente debe mostrar líneas de flujo uniformes y paralelas a las márgenes de la corriente y deben ser normales a la sección transversal de aforos, de tal manera que la medición de la velocidad sea precisa para la obtención del caudal. Cualquier desviación en las líneas de flujo produce alteración en la magnitud, por cuanto vectorialmente no corresponde al 100 % de la velocidad, sino a una componente de la misma.
- La geología del terreno deberá facilitar la construcción de las obras para medición como tarabitas, puentes, pasarelas, etc.

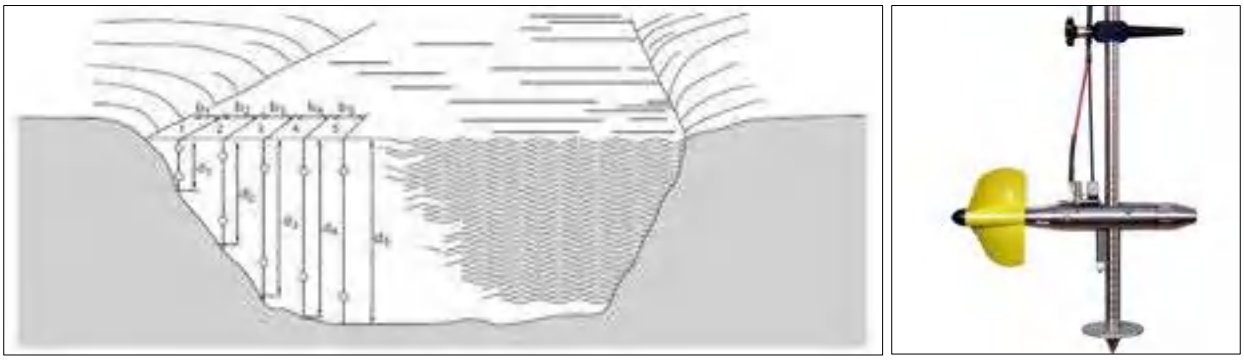
Para la medición del caudal en una corriente se han desarrollado diversos métodos de aforo que se aplican según el tamaño del cauce, la magnitud del caudal, las características hidráulicas del flujo, la necesidad de contar con datos inmediatos o a corto plazo y, en general, las dificultades para realizar el aforo, entre otros. en el caso particular la metodología a utilizar corresponderá a la de área-velocidad.

Método Área-Velocidad

Este procedimiento se basa en la determinación de las variables; área de la sección ocupada por el agua y la velocidad media del flujo. Este sistema de aforo es el de mayor uso y requiere que el flujo tenga un comportamiento laminar y que las líneas de flujo sean normales a la sección transversal de aforo (IDEAM, INVEMAR, 2017). En el caso particular del área de estudio el método será aplicado haciendo uso de Molinete Hidrométrico (vadeo, suspensión, angular, bote cautivo, lancha en movimiento).

Teniendo en cuenta las diferentes alternativas de medir el caudal, se determina el tipo de aforo con molinete hidrométrico (vadeo y/o suspensión) que es el que mejor se ajusta a las condiciones existentes, en el momento de la campaña de monitoreo, específicamente la magnitud de la profundidad, el ancho, la velocidad, la disposición de estructuras de apoyo como puentes o tarabitas y el tipo de régimen de caudales predominante (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Figura 58 Método de aforo de caudal área – velocidad (molinete hidrométrico)



Fuente: (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Aforo por vadeo

Se utiliza cuando la profundidad es menor de un metro (< 1 m), esta condición permite que los operarios y los equipos se metan al cauce con seguridad, garantizando de esta manera que la medición se realice con comodidad y sin riesgo.

1.2.2.1.6.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO DE CALIDAD

Con base a los criterios generales que se aplicaron en la campaña de monitoreo anteriormente planteados, este numeral describe los métodos específicos para la medición de parámetros y toma de muestras de calidad del proceso. El primer criterio para definirlo, es el tipo de muestra a ser tomada, en este caso, acorde con las especificaciones técnicas del proyecto se tomaron muestras puntuales para el monitoreo de la calidad del agua.

Muestra puntual: Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un tiempo determinado. Representa condiciones y características de la composición de un cuerpo de agua, está indicado para los casos en que el flujo y la composición del líquido (agua o aguas residuales) no difieren significativamente (en tiempo y/o espacio) (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Equipos y materiales:

Con base en los diferentes parámetros de interés para el monitoreo de la calidad del agua a continuación se relacionan los diferentes equipos y materiales que se utilizaron en el desarrollo de las campañas:

Tabla 55 Equipos y materiales

MATERIALES	EQUIPOS
a) Mapas red de calidad del agua o puntos de monitoreo georreferenciados previamente seleccionados. b) Libreta de campo c) Marcadores o rotuladores d) Cinta enmascarar e) Bolsas	a) Multiparámetros (Conductividad, pH, T°, Oxígeno Disuelto) b) Cámara Fotográfica c) Equipo fotómetro para medición in situ de cianuro.

MATERIALES	EQUIPOS
f) Documentos (Formato captura de datos, etiquetas, cadena de custodia) g) Dotación y elementos de protección personal (Guantes, Botas, traje fontanero, chalecos, cascos) h) Envases de laboratorio previamente esterilizados. i) Reactivos para preservar muestras, reactivos para análisis in-situ) j) Aguas Destilada.	d) Anemómetro medidor de temperatura y velocidad del aire.

Fuente: (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Para la toma de parámetros in situ, se utilizó un equipo multiparámetro marca HANNA HI 98194 y HANNA 9810-6, con sonda multiparamétrica con capacidad de medir parámetros tales como pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Para la toma de muestras de agua, se utilizó el método de llenado de recipientes sobre la fuente; cuando las condiciones del cuerpo de agua no lo permitieron, se hizo la recolección con balde y posteriormente el llenado de recipiente. Para la toma de caudales en los cuerpos de agua se utilizó un equipo molinete marca OTT con aspa en plástico y micromolinete con aspa en aluminio.

Figura 59 Equipos de trabajo en campo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Acorde con los materiales requeridos para campo, es de resaltar que el Consorcio fue el responsable de suministrar los materiales correspondientes a frascos y demás recipientes necesarios para la colecta de las muestras, los cuales fueron entregados al laboratorio para su alistamiento y preservación hasta el momento del análisis. Todos los recipientes estaban rotulados, con el fin de identificar cada una de las muestras, además, se diligenció la cadena de custodia donde se referenciaba la fecha y hora del muestreo, lugar de muestreo, tipo de muestra, matriz y tipo de preservación. A continuación, se relaciona una tabla con los envases que se utilizaron para la recolección de muestras.

Tabla 56 Material para recolección de muestras en campo

ENVASE	IMAGEN
Botella Winkler de 300 ml con tapa	
Botella tipo Schott vidrio transparente o ámbar de 250 ml	
Botella de vidrio de boca ancha de 1 L, con tapa que ajuste correctamente.	
Plástico de 150 ml, con tapa que ajuste correctamente	

ENVASE	IMAGEN
Garrafa Plástica de 1000 ml, con tapa que ajuste correctamente.	
Garrafa Plástica de 2000 ml, con tapa que ajuste correctamente.	

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

De acuerdo con el protocolo del IDEAM de monitoreo del agua antes de salir a la campaña de monitoreo fue indispensable tener en cuenta la lista de chequeo:

- Verificación de equipos para la toma de muestra in-situ teniendo en cuenta los manuales de cada equipo.
- Reactivos para la toma y preservación de muestras.
- Ubicación exacta de los puntos de monitoreo.
- Documentación requerida (manuales, protocolos, formatos de campo).
- Neveras con material de laboratorio.
- Reactivos para preservación in situ de muestras.
- Botiquín primeros auxilios.
- Demás elementos necesarios de acuerdo con la programación previa de la campaña.

Métodos para la toma de muestras

Los procedimientos de muestreo dependían de las condiciones del sitio, tales como profundidad, velocidad, caudal y ancho del cauce. En campo, antes de iniciar con la toma de muestras, el personal estaba equipado de acuerdo con sus artículos de dotación (botas de seguridad, chaleco, casco, guantes, mascara, entre otros.) y los equipos y materiales estaban previamente calibrados, esterilizados e identificados de acuerdo con las muestras que se van a tomar (IDEAM, INVEMAR, 2017).

- Antes de tomar las muestras, se seguían las indicaciones dadas por el laboratorio donde se realizaron los análisis de agua, en cuanto si se purga el recipiente donde se tome la muestra o si el recipiente viene previamente muflado y no se deben de purgar.
- Para la toma de muestra, se recomienda identificar el tipo de muestra que se va a tomar, que en este caso se h puntual.
- Cuando la toma de la muestra se hacía desde un puente, la persona se ubicaba en el centro del puente, evitando la remoción de sedimentos del fondo del cauce, y en el momento de subir el balde, evitaba raspar cualquier estructura con el fin de no contaminar la muestra.
- Si la muestra se tomaba en una quebrada o río de poca profundidad, para la medición de parámetros de campo, se tomaba directamente en el río o se tomaba un volumen considerable de agua en un balde limpio y purgado con la misma agua del cuerpo en cuestión, evitando hacer remoción del sedimento. Para la toma de muestras, cogía la botella por debajo del cuello, sumergida en dirección contraria al flujo de agua, evitando tener contacto directo al interior de la misma.
- Para la toma de parámetros como grasas y aceites la toma de muestra se realizó en la superficie del río.
- En las muestras que necesitaban preservación, se dejaba un espacio considerado para el proceso de preservación.
- En las muestras microbiológicas el espacio que se dejó era mayor para el correspondiente suministro de oxígeno para las bacterias.
- En el momento de la toma de muestra para la DBO5, el frasco se llenaba totalmente en forma lenta para evitar así la formación de burbujas.

Medición de Parámetros In-Situ

Los parámetros de medición en campo (in situ) para este plan de monitoreo son pH, conductividad, temperatura del agua, oxígeno disuelto y cianuro. De acuerdo con las recomendaciones de la guía de prácticas hidrológicas de la OMM, la lectura de los valores se hizo de forma inmediata, luego de ser tomada la muestra, ya que el valor puede variar durante el almacenamiento de la muestra. Estas mediciones se registraron de la misma manera en el formato de registro de datos de campo (IDEAM, INVEMAR, 2017).

En este procedimiento, se hizo la limpieza del electrodo del multiparámetro con agua destilada, inmediatamente después que se hacía el registro del dato, con el objetivo de evitar posibles contaminaciones entre las muestras y el deterioro del mismo (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Se realizaban las observaciones de rasgos extraños en la corriente o cuerpo de agua a muestrear, en especial cambios con respecto a muestreos previos, como olores o colores inusuales, capas o películas superficiales, objetos flotantes, así como lluvia, viento fuerte o tormentas en el momento de la medición (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Toma de muestras para análisis de laboratorio

Los volúmenes de cada muestra en particular dependían del tipo y del número de parámetros que se iba a analizar. El personal de laboratorio determinó el volumen de muestra requerido. Para esto se debían tener en cuenta los siguientes puntos:

- El recipiente de la muestra debía llenarse completamente, cuando lo importante era evitar el contacto con el aire.
- El recipiente no se llenaba completamente, cuando era necesario batir rigurosamente las muestras antes del análisis.
- Cuando se tenían que satisfacer ambos requerimientos, llenar completamente la botella, pero añadir unas piezas de un sólido inerte, limpio y esterilizado, como un anillo o reborde.
- Cuando la muestra contenía partículas discretas, como materiales no disueltos, bacterias y algas, era necesario un volumen de muestras mayor que el usual para minimizar errores.

Para la mayoría de análisis físicos y químicos se tomaron 2 litros de muestra, entre estos nitritos, sólidos, DBO5, detergentes, acidez, alcalinidad, color, etc. Para análisis de DQO, nitratos, fósforo total resultaba conveniente un envase plástico de 500 ml preservado con ácido sulfúrico. 500 ml de muestra para la determinación de metales y preservada con ácido nítrico, para metales totales.

Para muestras microbiológicas 250 ml en envase estéril y se llenaba el recipiente hasta un 90% de su volumen total. Para el análisis de fósforo soluble un frasco de 200 ml enjuagado con HCl es el más conveniente.

Preservación de las muestras

Luego de tomadas las muestras, se adicionó el preservante de acuerdo con cada parámetro a analizar en laboratorio y una vez preservada la muestra se homogenizó y se cerró bien el recipiente. Siguiendo las siguientes recomendaciones:

Figura 60 Recomendaciones para preservación de muestras

Fuente: (IDEAM, INVEMAR, 2017)

Cadena de custodia

Posterior a la toma de la muestra en campo, se diligenció la cadena de custodia, permitiendo la identificación correcta de la muestra y que el error en el análisis para medir el parámetro sea mínimo. La información básica recomendada que debe ir registrado en este documento de campo es:

- Nombre de la campaña de monitoreo
- Nombre de la entidad que realiza la campaña de monitoreo
- Nombre de la persona quien toma las muestras
- Nombre o código del punto de monitoreo
- Tipo de corriente
- Fecha y hora de muestreo
- Número y tipo de envases por punto de muestreo
- Método de preservación de la muestra
- Que parámetro analizar con la muestra
- Observaciones de campo en el momento de la toma de la muestra

Anexo al presente documento se relacionan los diferentes formatos de medición de parámetros, cadena de custodia y medición de caudales utilizados en el proyecto.

Almacenamiento y transporte de muestras.

Los recipientes se almacenaron dentro de las neveras de icopor, con el debido cuidado de tal manera que no se rompan, o queden expuestos a la luz directa. Las neveras se cerraban bien, para el traslado de las muestras de acuerdo a lo recomendado, también se adicionó hielo a cada una de las neveras para que las muestras estuvieran refrigeradas y mantener sus características para su análisis en laboratorio.

Finalmente, El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estuvo a cargo del personal del laboratorio DLIA de la CAR, el cual se encuentra acreditado por el IDEAM mediante resolución 1358 del año 2019. El personal de laboratorio y el personal de campo, garantizó la cadena de custodia de cada una de las muestras, desde la toma hasta su ingreso en el laboratorio ubicado en el municipio de Mosquera, así mismo, se registró en campo las particularidades del punto de muestreo, parámetros in situ tales como pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, debidamente registrado en la cadena de custodia de la muestra y notas generales de las condiciones de la fuente hídrica y el estado del tiempo atmosférico a la hora de recolección de la muestra.

1.2.2.1.6.3 METODOLOGÍA DE MUESTREO HIDROBIOLÓGICO

Por último, la toma y análisis de los parámetros hidrobiológicos estuvo a cargo del laboratorio Servicios Geológicos Integrados (SGI), el cual se encuentra acreditado en dichos parámetros por el IDEAM mediante la Resolución 0502 del 8 de junio de 2021. De igual manera, los materiales y recipientes correspondientes para la toma de muestras de los parámetros hidrobiológicos, estuvo a cargo del laboratorio SGI.

Monitorear las comunidades acuáticas es importante por su carácter integrador de las características del medio acuático. A diferencia de los parámetros físicos y químicos que proporcionan información detallada de las condiciones en el momento del muestreo, las comunidades de organismos proveen información integral sobre el estado del medio en las últimas semanas o meses, según su ciclo biológico, y permiten inferir de qué manera las condiciones ambientales o antrópicas puede afectar el desarrollo de su comunidad (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Acorde con lo descrito en la Tabla 54 son 4 los parámetros que se midieron durante la campaña de monitoreo de calidad del agua en términos de parámetros hidrobiológicos correspondientes a perifíton, macroinvertebrados, macrófitos y peces.

Perifiton

El perifiton es una comunidad acuática constituida por todos los organismos (bacterias, hongos, algas, protozoarios, rotíferos) que están adheridos a un sustrato natural o artificial. La mayor fracción de la biomasa de esta comunidad corresponde a productores primarios por lo que también reciben el nombre de ficoperifiton o algas bénticas. Estas algas tienen un ciclo de vida corto y al estar adheridas responden rápidamente a los cambios físicos, químicos y al disturbio biológico, es así que son buenos indicadores del estado del ecosistema (IDEAM, INVEMAR, 2017).

En cuanto a materiales y equipos en campo para la toma de muestras se contó con:

- Frascos plásticos opacos de 100 o 250 mL de boca ancha, previamente etiquetados, por fuera del frasco.
- Cepillo de cerdas suaves
- Perifitométro o muestreador de área conocida: este se construye con dos jeringas una de 20mL y otra de 60mL
- Pipetas plásticas
- Navaja
- Red de plancton tamaño de poro de 20 µm.
- Rastrillo de mango largo con red fina adherida

El procedimiento para la toma de muestras se realizó según el tipo de sustrato que se requiera muestrear existen diferentes técnicas buscando abordar:

Sustratos duros tales como rocas o madera sumergida (raíces, troncos): Se extraía el sustrato del agua, se raspó el área conocida, utilizando un perifitometro, en caso de no tenerlo, se delimitó el área con un cuadro plástico (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Macroinvertebrados Acuáticos

Los macroinvertebrados bentónicos son animales que habitan el sedimento u otros sustratos en el fondo de los ecosistemas de agua dulce, estuarianos y marinos. Durante sus ciclos de vida, estos organismos pueden construir refugios, como tubos, o redes en donde viven dentro ó pueden estar libremente sobre rocas, desechos orgánicos y otros sustratos (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Las muestras de macroinvertebrados acuáticos pueden ser de tipo cuantitativo o cualitativo, en el caso particular se abordó el método cuantitativo el cual pretende expresar la densidad de individuos por metro cuadrado m^2 teniendo en cuenta su utilidad para la determinación de aspectos de calidad del agua (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Figura 61 Equipo para muestreo de macroinvertebrados

Fuente: Tomado de Google fotos

En cuanto al método de toma de muestra se desplazó la red sobre el área determinada para colectar los organismos presentes en la superficie. Este tipo de hábitat solamente se tuvo en cuenta dentro del porcentaje cuando hay presencia de organismos sobre la superficie.

Macrófitas

El término macrófitas se refiere a diferentes tipos de plantas acuáticas macroscópicas (plantas vasculares, briófitos, macroalgas) presentes en la zona litoral de humedales, lagos, lagunas, embalses o ríos, ya sea en la zona de interfase agua-tierra, sobre la superficie del agua o totalmente sumergidas, con diferentes formas de vida: flotantes, de hojas flotantes, sumergidas, adheridas al sustrato y emergentes. Las plantas vasculares sumergidas pueden estar enraizadas o pueden encontrarse errantes en la columna de agua (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Se realizó un muestreo semi-cuantitativo en el que determinó el porcentaje de cobertura de cada una de las especies de macrófitas, con la ayuda de una definición de sectores de análisis asociados a los puntos de monitoreo de otros parámetros de calidad del agua con el que se buscó determinar la presencia de especies que permitan un análisis referenciado con otros aspectos del recurso hídrico.

Frente a la cuantificación de macrófitas emergentes mediante evaluación visual. La cuantificación de macrófitas estimando los porcentajes de cobertura por medio de las áreas de análisis, asignando un valor en la escala que relaciona la abundancia relativa de cada especie presente. Se usó la siguiente escala de coberturas:

Tabla 57 Evaluación visual y por medio de una escala de cinco niveles

ESCALA	PORCENTAJE DE COBERTURA
1	< 5%
2	6% -25%
3	26% -50%
4	51%-75%
5	76% -100%

Fuente: (IDEAM, INVEMAR, 2017)

1.2.2.1.7 CAPACITACIÓN DE LOS PROFESIONALES DE CAMPO LABORATORIO CAR

Como parte de los requerimientos que se establecen en el contrato de consultoría derivado del convenio interadministrativo entre Corpoboyacá y la CAR para la formulación del PORH en las 3 unidades de interés que forman parte de la cuenca del Río Carare Minero, se tiene la necesidad de capacitar al personal que realizará el monitoreo con el fin de cumplir con los protocolos establecidos por la Dirección de Laboratorios e Innovación Ambiental de la CAR. En este sentido con base al personal del Consorcio se solicitó por parte del laboratorio la entrega y relacionamiento de la siguiente información:

1. Perfil profesional del personal de cada uno de los participantes y conocimiento o experiencia en toma de muestras en matriz de agua e hidrobiología.
2. Listado de personal con Nombres, cédulas, teléfono de contacto, contacto de cada uno de los conductores asignados y placas de los vehículos para tramitar accesos a las instalaciones de la DLIA.
3. Copia de las planillas de pago parafiscales correspondiente al personal a entrenar del mes de septiembre y/o mes de octubre de 2021.
4. Certificado de afiliación a la ARL del personal a entrenar.
5. Copia de carnet de vacunas FIEBRE AMARILLA - TOXOIDE TETÁNICO- HEPATITIS A- HEPATITIS B- INFLUENZA del personal a entrenar.
6. Para acceder a las instalaciones de la DLIA el personal debe contar con bata de laboratorio y cofia.

Asimismo, se solicitó proveer de los siguientes elementos a las personas y disponer de transporte con el fin de realizar las actividades propias de campo correspondientes a la capacitación.

El personal debe contar mínimo con los siguientes elementos de protección personal para las salidas a campo:

- Casco de seguridad (Casco Industrial de Seguridad, Dieléctrico Tipo I Clase G-E. Debe incluir barbuquejo. Norma ANSI / SEA Z 89.1- 2014)
- Gorra
- Bota en PVC caña alta
- Overol

- Gafas de seguridad tipo goggles (Gafas de Seguridad tipo goggles, para impactos y salpicaduras de sustancias químicas. Norma ANSI Z87,1)
- Guante de nitrilo largo
- Protector respiratorio para material particulado N95
- Chaqueta /Capa impermeable
- Traje tipo fontanero (Traje enterizo en PVC y botas caña alta con puntera de acero 100% impermeable. Traje enterizo para pesca)
- Protector solar
- Repelente insectos
- Planillero, esfero, marcador permanente (Sharpie)

Finalmente, la capacitación del personal fue realizada según lo presentado a continuación.

Tabla 58 Cronograma actividades de capacitación

FECHA	ACTIVIDAD
Miércoles 20 de octubre de 2021	Capacitación teórica
Jueves 21 de octubre de 2021	Capacitación teórica
Viernes 22 de octubre de 2021	Capacitación en campo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La capacitación se centró principalmente en garantizar la cadena de custodia de cada una de las muestras, desde la toma hasta su ingreso en el laboratorio ubicado en el municipio de Mosquera, así mismo, el registro en campo, las particularidades del punto de muestreo, parámetros in situ tales como pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, debidamente registrado en la cadena de custodia de la muestra y notas generales de las condiciones de la fuente hídrica y el estado del tiempo atmosférico a la hora de recolección de la muestra.

Figura 62 Proceso de capacitación para la toma de muestra en campo.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

1.2.2.1.8 DEFINICIÓN DE CRITERIOS

Una vez procesada toda la información disponible y pertinente para llevar a cabo el monitoreo, se procede a la determinación de los puntos a muestrear. Para esto se tiene en cuenta una serie de criterios base para definir los puntos de manera representativa. Los criterios a tener en cuenta se mencionan a continuación:

- Ausencia de información de calidad del agua en el punto.
- Evidencia visual o cartográfica de impactos o contaminación sobre el punto.
- Facilidad de acceso.
- Actividades productivas alrededor del punto.
- Confluencia de drenajes sobre el punto.
- Presencia de tejido urbano.
- Puntos monitoreados anteriormente para comparación de la dinámica contaminante.

1.2.2.1.9 MACROLOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO PROPUESTOS

La macrolocalización de los puntos de monitoreo se define teniendo en cuenta la corriente principal de cada una de las unidades hidrográficas y sus principales tributarios, además, se debe tener en cuenta los cuerpos de agua que se ven afectados de una u otra manera por las diferentes actividades que se desarrollan en el territorio.

De acuerdo con los alcances técnicos, se deben definir un total de 114 muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos y, un total de 102 muestras de parámetros hidrobiológicos, las cuales se dividen en dos campañas con condiciones hidrológicas diferentes. A continuación, se presenta los puntos de monitoreo definidos y su ubicación en las tres unidades hidrográficas objeto de estudio, adicionalmente en el anexo de cartografía se presenta el Mapa 7. Diseño red de monitoreo.

Tabla 59 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay.

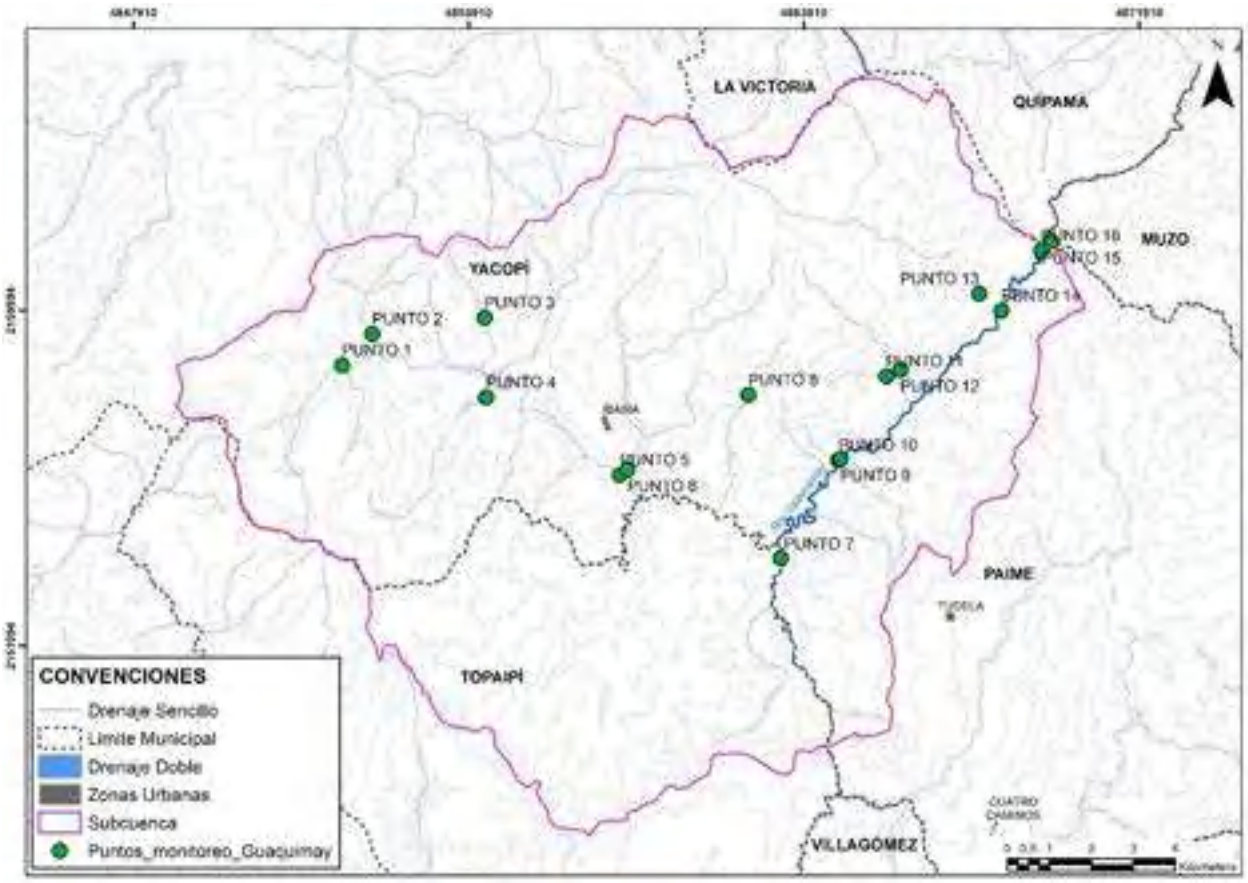
PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
1	Río Guaquimay	Quebrada La Mina	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4852885,25	2158679,87
2	Río Guaquimay	Quebrada Yacopí grande	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4853609,34	2159427,15
3	Río Guaquimay	Quebrada El Lajón	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4856289,36	2159815,13
4	Río Guaquimay	Quebrada Capira	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4856330,21	2157914,15
5	Río Guaquimay	Quebrada La Mina	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4859516,33	2156062,06
6	Río Guaquimay	Quebrada Cardonal	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4859700,454	2156194,971
7	Río Guaquimay	Quebrada Negra	TOPAIPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4863355,613	2154080,816
8	Río Guaquimay	Quebrada Honda	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4862582,84	2157975,914
9	Río Guaquimay	Quebrada Tauche	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4864788,276	2156449,236
10	Río Guaquimay	Río Guaquimay	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4864733,278	2156417,289
11	Río Guaquimay	Quebrada Aguafría	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4865877,53	2158419,69
12	Río Guaquimay	Quebrada El Monte	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4866216,5	2158574,88

PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
13	Río Guaquimay	Quebrada La Embarrada	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4868093,674	2160385,434
14	Río Guaquimay	Río Guaquimay	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4868621,451	2159982,057
15	Río Guaquimay	Río Guaquimay	QUÍPAMA	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4869818,737	2161635,837
16	Río Guaquimay	Quebrada Taupa	YACOPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4869575,663	2161415,533

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La siguiente gráfica, muestra la ubicación espacial de los puntos de monitoreo propuestos para la unidad hidrográfica del Río Guaquimay:

Figura 63 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

A continuación, se presenta los puntos de monitoreo definidos y su ubicación para la unidad hidrográfica del Río Negro.

Tabla 60 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Negro.

PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
17	Río Negro	Río Negro	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4869930,124	2161606,407
18	Río Negro	Quebrada Isabí	MUZO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4871625,738	2160123,844
19	Río Negro	Río Mencipa	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4871631,237	2154337,941

PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
20	Río Negro	Río Negro	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4871700,573	2154352,054
21	Río Negro	Quebrada El Cobre	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4871603,029	2151998,912
22	Río Negro	PTAR PAIME	PAIME	Fisicoquímico y microbiológico.	4872297,38	2151629,39
23	Río Negro	Río Negro	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4872949,27	2152273,75
24	Río Negro	Río Mencipa	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4867246,571	2148751,375
25	Río Negro	Quebrada Mamercha	VILLAGÓMEZ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4864558,188	2148362,97
26	Río Negro	Río Mencipa	VILLAGÓMEZ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4868230,776	2143292,025
27	Río Negro	Quebrada Mundo Nuevo	VILLAGÓMEZ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4868138,087	2143293,086
28	Río Negro	Quebrada Mundo Nuevo	VILLAGÓMEZ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4868128,05	2141882,173
29	Río Negro	PTAR VILLAGÓMEZ	VILLAGÓMEZ	Fisicoquímico y microbiológico.	4867696,83	2141025,17
30	Río Negro	Quebrada Mundo Nuevo	VILLAGÓMEZ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4868163,26	2140928,81
31	Río Negro	Río Negro	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4876473,712	2147781,475
32	Río Negro	Quebrada Alcaparral	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4881264,615	2144585,259
33	Río Negro	Quebrada de la Tabaquera	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4880352,65	2142871,62

PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
34	Río Negro	Quebrada La Chorrera	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4881376,58	2142798,73
35	Río Negro	Río Negro	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4884233,83	2142647,93
36	Río Negro	Río Negro	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4887929,665	2139432,2

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La siguiente gráfica, muestra la ubicación espacial de los puntos de monitoreo propuestos para la unidad hidrográfica del Río Negro:

Figura 64 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

A continuación, se presenta los puntos de monitoreo definidos y su ubicación para la unidad hidrográfica del Río Palenque:

Tabla 61 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Palenque.

PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
37	Río Palenque	Quebrada El Espejo	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4888554,17	2146714,19
38	Río Palenque	Vertimiento San Cayetano	SAN CAYETANO	Fisicoquímico y microbiológico.	4887039,01	2147760,54
39	Río Palenque	Río Palenque	COPER	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4890049,36	2151958,54
40	Río Palenque	Quebrada Los Órganos	CARMEN DE CARUPA	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4891241,17	2154189,19
41	Río Palenque	Río Villamizar	SAN CAYETANO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4882551,11	2152418,57
42	Río Palenque	Vertimiento Camacha	SAN CAYETANO	Fisicoquímico y microbiológico.	4879357,94	2155542,17
43	Río Palenque	Río Villamizar	COPER	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4880444,57	2156668,75
44	Río Palenque	Vertimiento Paime	PAIME	Fisicoquímico y microbiológico.	4877297,94	2156941,97
45	Río Palenque	Quebrada Venecia	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4877916,3	2158539,81
46	Río Palenque	Río Villamizar	PAIME	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4878657,05	2159901,63
47	Río Palenque	Río Palenque	COPER	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4887796,9	2160388,22
48	Río Palenque	Quebrada Chipichipi	BUENAVISTA	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4889495,11	2163074,55

PUNTO	ÁREA DE INFLUENCIA	FUENTE HÍDRICA	MUNICIPIO	TIPO DE MUESTREO	SISTEMA DE COORDENADAS NUEVO ORIGEN ÚNICO NACIONAL - RESOLUCIÓN 471 DE 2020 DEL IGAC	
					ESTE	NORTE
49	Río Palenque	Quebrada La Honda	BUENAVISTA	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4892360,39	2165724,13
50	Río Palenque	Quebrada La Honda	BUENAVISTA	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4894382	2166696,43
51	Río Palenque	Vertimiento Buenavista	BUENAVISTA	Fisicoquímico y microbiológico.	4894382	2166696,43
52	Río Palenque	Quebrada La Vergara	BUENAVISTA	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4895995,94	2167656,44
53	Río Palenque	Río Villamizar	MUZO	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4881904,45	2165603,81
54	Río Palenque	Río Palenque	MARIPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4884374,72	2165982,97
55	Río Palenque	Río Palenque	MARIPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4883086,23	2168121,72
56	Río Palenque	Quebrada Upane	MARIPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4882806,46	2168666,45
57	Río Palenque	Río Palenque	MARIPÍ	Fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico.	4879221	2173743,08

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La siguiente gráfica, muestra la ubicación espacial de los puntos de monitoreo propuestos para la unidad hidrográfica del Río Palenque:

Figura 65 Puntos de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Cabe destacar que todos los puntos propuestos se ubicaron a partir de la información geográfica disponible, por tanto, se debe realizar una actividad de inspección preliminar de los puntos, de tal forma que se avance en el proceso de identificación física y visual de los puntos y desarrollar la microlocalización de los puntos de monitoreo.

1.2.2.1.10 INSPECCIÓN PRELIMINAR

Con el objetivo de hacer el diagnóstico inicial de los cuerpos de agua a modelar, se adelantará previo al desarrollo de las actividades de monitoreo, el recorrido a lo largo del territorio, donde se realizará:

- Identificación, georreferenciación y descripción de la totalidad de los vertimientos y captaciones existentes sobre la corriente principal de cada unidad hidrográfica nivel I, con el fin de identificar usuarios del recurso, las actividades productivas predominantes, la posible existencia de vertimientos difusos, los vertimientos directos representativos sobre la corriente y las abstracciones de caudal más importantes para la posterior definición de los puntos de monitoreo.
- Inventario de usos del suelo en las áreas de ronda de la corriente principal.
- Identificación, verificación y validación de los accesos de cada punto de monitoreo a proponer (sobre el cuerpo de agua principal del río, los tributarios y los vertimientos priorizados), con

el fin de ser presentados a evaluación y aprobación por parte de la CAR; el contratista deberá entregar el archivo “track” o ruta de acceso por cada punto de monitoreo a proponer.

Con el fin de dar cumplimiento a estos criterios se parte de la macrolocalización de los puntos de monitoreo y, con base en las limitantes y condicionamientos que puedan ser identificados en campo, se planteará de ser necesario la reubicación de los puntos teniendo en cuenta las necesidades de contar con puntos representativos frente a la calidad del agua, la identificación de aspectos de interés en campo o problemas de traslados o accesos a los puntos inicialmente planteados.

- Trazadores

Como parte importante para el desarrollo de la actividad de monitoreo de la calidad del agua se establece el ejercicio de trazadores, el cual busca complementar la caracterización hidráulica y determinar los tiempos de viaje entre las secciones de modelación definidas en la red de monitoreo.

Para que las mediciones de caudal tengan aceptabilidad, las sustancias usadas como trazadoras deben tener ciertas características físicas, químicas y ambientales, establecidas como fruto de investigaciones a nivel internacional y nacional. Las principales son:

Su comportamiento debe ser idéntico al del medio a medir, en este caso agua, siendo necesario que se desplace a igual velocidad, lo que implica que no debe efectuar intercambio iónico y tampoco debe sufrir absorción química o física, además de no alterar las propiedades y condiciones del agua, tales como densidad, viscosidad y temperatura (IDEAM, INVEMAR, 2017).

- Si el trazador se inyecta artificialmente al flujo, este no debe contener cantidades apreciables de la sustancia inyectada.
- Es conveniente que sea fácilmente soluble en agua y no se precipite, permitiendo marcar grandes cantidades de fluido con una pequeña masa de trazador.
- Es importante que pueda ser medido "in situ".
- No debe contaminar el medio durante períodos prolongados ni afectar a seres vivos.
- Es importante que su costo sea reducido.
- Que se disuelva rápidamente en el río a temperatura normal.
- Que no se encuentre en el agua del río o sí está presente que lo esté en cantidades mínimas.
- Que no se descomponga, ni sea retenido o absorbida por sedimentos, plantas y organismos.
- Que su concentración sea detectada por métodos sencillos.
- Que sea inofensiva para el ser humano y los animales, en el grado de concentración que alcance en la corriente.

Solamente un trazador ideal puede cumplir con todos estos requerimientos por lo que se hace indispensable tener un conocimiento práctico de cada uno de estos, para utilizar el apropiado de acuerdo a la necesidad del estudio y a las características hidráulicas, morfológicas, físicas y químicas del cauce y el agua de la corriente. Acorde con las disposiciones de los alcances técnicos del proyecto el trazador propuesto para utilizar es el NaCl.

Cloruro de sodio: La sustancia trazadora más económica es la sal común (NaCl). El trazador se inyecta en la corriente, y su detección "in situ" por el método de conductividad es relativamente sencilla, el grado de disolución es de 600 gramos por litro.

Aforo por dilución

En las mediciones del caudal se pueden emplear dos (2) métodos en los que intervengan sustancias trazadoras; el primero basado en la inyección de la sustancia a un caudal constante y el segundo con inyección (vertimiento) instantánea.

La condición fundamental de la selección de los emplazamientos para la medición del caudal mediante el método por dilución es que se produzca una mezcla homogénea de la solución inyectada en el agua de la corriente en un tramo relativamente corto de un canal. La mezcla se ve mejorada por las rugosidades del canal y la presencia de cantos rodados que aumentan la turbulencia de la corriente, tal como cascadas y estrangulamientos abruptos del curso del agua.

Seleccionado el sitio del emplazamiento o de medición, se debe determinar la distancia L aproximada en metros, requerida entre el sitio de inyección y el sitio de medición, la cual se puede calcular a partir de la siguiente expresión definida por:

$$L = 0.13 \times C \times \left(\frac{(0.7 \times C) - 6}{g} \right) \times \frac{b^2}{d}$$

En donde:

b = Ancho medio del río.

d = Profundidad media de la corriente.

C = Coeficiente de Chezy para el tramo ($15 < C < 50$).

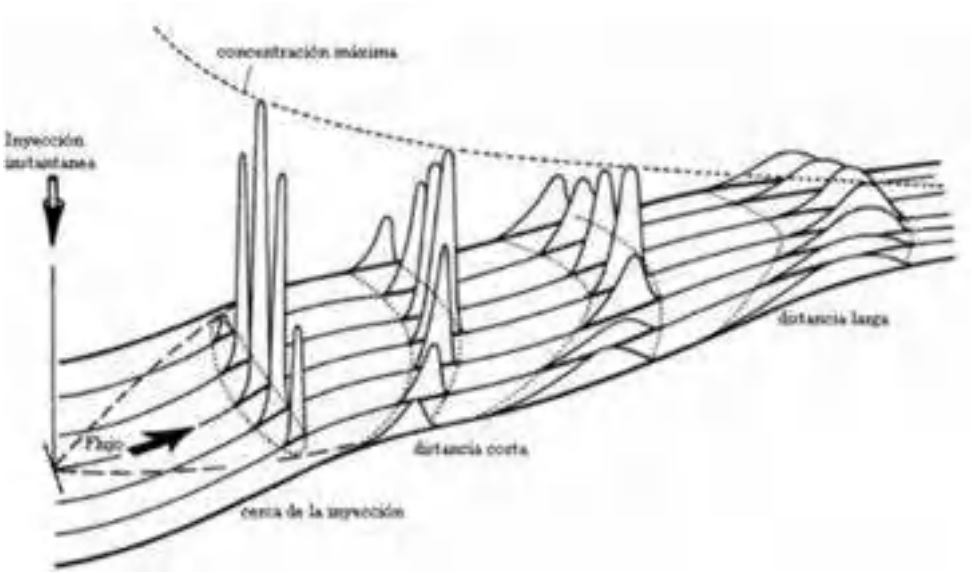
g = Aceleración de la gravedad.

En campo, se vierte en la corriente una solución de un elemento químico estable o radiactivo a un ritmo constante o instantáneamente y la solución se diluirá en la corriente por efecto de la mezcla. La relación entre el caudal constante de la solución inyectada y la determinación de la concentración resultante en la corriente en el sitio de medición.

Determinación del tiempo de medición

Para el caso de disolución de sales y disponiendo en terreno de un conductímetro, es posible graficar la conductividad contra el tiempo, determinado así el comienzo y el final del aforo; las mediciones de conductividad se realizan desde el momento que se inicia la inyección continua o instantánea de la solución y el muestreo comienza cuando se registra el incremento de la conductividad, el cual se continúa a intervalos de tiempo (Δt), hasta que la conductividad se haga constante para el primer caso, mientras que en la inyección instantánea el aforo termina cuando la conductividad es igual al dato inicial, es decir que la corriente recupera su estado natural (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Figura 66 Variación de la curva de respuesta a lo largo del canal



Fuente: (IDEAM, INVEMAR, 2017).

Acorde con lo anteriormente descrito tanto el ejercicio de las visitas preliminares de campo como para el ejercicio de trazadores a continuación se relaciona el cronograma a realizar dichas visitas en campo con base en la macrolocalización de puntos, la cual dará paso a la micro localización de puntos y estaciones previo al monitoreo de la calidad del agua.

Tabla 62 Cronograma para visitas preliminares y pruebas de trazadores

FECHA	PUNTOS DE VERIFICACIÓN						
DIA 1 04-11-21	32	31	30	29	28	27	33
DIA 2 05-11-22	34	35	36	18	19	20	21
DIA 3 06-11-23	22	23	24	26	25	17	57
DIA 4 07-11-24	37	38	39	40	41	42	
DIA 5 08-11-25	50	51	52	53	54	56	
DIA 6 09-11-26	10	11	12	55	1	13	
DIA 7 10-11-27	14	15	16	2	3	4	
DIA 8 11-11-28	5	6	8	9	7	43	
DIA 9 12-11-29	44	45	46	47	48	49	

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.2.2.1.11 MICRO LOCALIZACIÓN DE PUNTOS O ESTACIONES

Se realizó una visita preliminar de los puntos macro localizados que permite presentar la justificación de cada punto de la red de monitoreo seleccionado, en la cual se evidencian los criterios que fueron utilizados para su elección, además se presenta el registro fotográfico para el soporte de cada punto de medición presentado. De igual manera se presenta la cartografía de los puntos que se incorporaron en la GDB del proyecto.

1.2.2.1.12 CRONOGRAMA MONITOREO CALIDAD DEL AGUA

El plan de monitoreo que se llevó a cabo para las unidades hidrográficas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, pertenecientes a la cuenca hidrográfica del Río Carare Minero, se establece en el siguiente cronograma de trabajo para la toma de muestras y posterior entrega en el laboratorio DLIA de la CAR. La siguiente tabla se presenta el cronograma que se ejecutó para la jornada de toma de muestras para la temporada de alta precipitación.

Tabla 63 Cronograma propuesto para la toma de muestras en época de alta precipitación.

Punto	MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA TEMPORADA DE ALTA PRECIPITACIÓN	Noviembre															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
		M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X
1	Quebrada La Mina																
2	Quebrada Yacopí grande																
3	Quebrada El Lajón																
4	Quebrada Capira																
5	Quebrada La Mina																
6	Quebrada Cardonal																
7	Quebrada Negra																
8	Quebrada Honda																
9	Quebrada Tauche																
10	Río Guaquimay																
11	Quebrada Aguafría																
12	Quebrada El Monte																
13	Quebrada La Embarrada																
14	Río Guaquimay																
15	Río Guaquimay																
16	Quebrada Taupa																
17	Río Negro																
18	Quebrada Isabí																
19	Río Mencipa																
20	Río Negro																
21	Quebrada El Cobre																
22	PTAR PAIME																
23	Río Negro																
24	Río Mencipa																
25	Quebrada Mamercha																
26	Río Mencipa																
27	Quebrada Mundo Nuevo																

Punto	MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA TEMPORADA DE ALTA PRECIPITACIÓN	Noviembre															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
		M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X
28	Quebrada Mundo Nuevo																
29	PTAR VILLAGÓMEZ																
30	Quebrada Mundo Nuevo																
31	Río Negro																
32	Quebrada Alcaparral																
33	Quebrada de la Tabaquera																
34	Quebrada La Chorrera																
35	Río Negro																
36	Río Negro																
37	Quebrada El Espejo																
38	Vertimiento San Cayetano																
39	Río Palenque																
40	Quebrada Los Órganos																
41	Río Villamizar																
42	Vertimiento Camacha																
43	Río Villamizar																
44	Vertimiento Paime																
45	Quebrada Venecia																
46	Río Villamizar																
47	Río Palenque																
48	Quebrada Chipichipi																
49	Quebrada La Honda																
50	Quebrada La Honda																
51	Vertimiento Buenavista																
52	Quebrada La Vergara																
53	Río Villamizar																
54	Río Palenque																
55	Río Palenque																
56	Quebrada Upane																
57	Río Palenque																

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El cronograma anterior está sujeto a la cantidad de muestras a recibir por el laboratorio (5 muestras diarias), además, cabe tener en cuenta que la eficiencia de la jornada de monitoreo dependerá de las condiciones que se encuentren en campo y que puedan retrasar de una u otra manera el cronograma propuesto.

Por otro lado, en la siguiente tabla se presenta el cronograma correspondiente planteado para la jornada de toma de muestras para condiciones hidrológicas de Baja precipitación.

Tabla 64 Cronograma propuesto para la toma de muestras en época de baja precipitación.

Punto	TEMPORADA DE BAJA PRECIPITACIÓN	Febrero							Marzo								
		21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8
		L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M
1	Quebrada La Mina																
2	Quebrada Yacopí Grande																
3	Quebrada El Lajón																
4	Quebrada La Venta																
11	Quebrada La Mina																
5	Río Guaquimay																
6	Quebrada Cardonal																
8	Río Guaquimay																
9	Quebrada Honduras																
12	Quebrada Cardonal																
7	Quebrada Honduras																
24	Río Mencipa																
25	Quebrada Mamercha																
27	Quebrada Mundo Nuevo																
26	Río Mencipa																
30	Quebrada Mundo Nuevo																
28	Quebrada Mundo Nuevo																
29	Vertimiento Villagómez																
19	Río Negro																
20	Río Negro																
21	Quebrada El Cobre																
22	Vertimiento Paime																
23	Río Negro																
52	Quebrada La Vergara																
50	Quebrada La Piedra																
51	Vertimiento Buenavista																
49	Quebrada La Honda																
48	Quebrada Chipichipi																
47	Río Palenque																
40	Quebrada Los Órganos																
39	Río Palenque																
36	Río Negro																
37	Quebrada El Espejo																
38	Vertimiento San Cayetano																
35	Río Negro																
32	Quebrada Alcaparral																

Punto	TEMPORADA DE BAJA PRECIPITACIÓN	Febrero							Marzo								
		21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8
		L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M
34	Río Negro																
33	Quebrada NN																
31	Río Negro																
41	Rio Villamizar																
42	Vertimiento Camancha																
43	Río Villamizar																
46	Quebrada Siria																
45	Quebrada Venecia																
17	Río Negro (Desembocadura)																
13	Quebrada Taupa																
15	Río Guaquimay (Desembocadura)																
14	Río Guaquimay																
16	Quebrada NN 2																
10	Quebrada NN 3																
57	Río Palenque (Desembocadura)																
56	Quebrada Upane																
54	Río Palenque																
55	Río Palenque																
18	Quebrada Isabí																
44	Vertimiento Coper (Principal)																
53	Río Villamizar																

Punto	MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA TEMPORADA DE BAJA PRECIPITACIÓN	Febrero												Marzo			
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4
		J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
1	Quebrada La Mina																
2	Quebrada Yacopí grande																
3	Quebrada El Lajón																
4	Quebrada Capira																
5	Quebrada La Mina																
6	Quebrada Cardonal																
7	Quebrada Negra																
8	Quebrada Honda																
9	Quebrada Tauche																
10	Río Guaquimay																

Punto	MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA TEMPORADA DE BAJA PRECIPITACIÓN	Febrero												Marzo			
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4
		J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
11	Quebrada Aguafría																
12	Quebrada El Monte																
13	Quebrada La Embarrada																
14	Río Guaquimay																
15	Río Guaquimay																
16	Quebrada Taupa																
17	Río Negro																
18	Quebrada Isabí																
19	Río Mencipa																
20	Río Negro																
21	Quebrada El Cobre																
22	PTAR PAIME																
23	Río Negro																
24	Río Mencipa																
25	Quebrada Mamercha																
26	Río Mencipa																
27	Quebrada Mundo Nuevo																
28	Quebrada Mundo Nuevo																
29	PTAR VILLAGÓMEZ																
30	Quebrada Mundo Nuevo																
31	Río Negro																
32	Quebrada Alcaparral																
33	Quebrada de la Tabaquera																
34	Quebrada La Chorrera																
35	Río Negro																
36	Río Negro																
37	Quebrada El Espejo																
38	Vertimiento San Cayetano																
39	Río Palenque																
40	Quebrada Los Órganos																
41	Río Villamizar																
42	Vertimiento Camacha																
43	Río Villamizar																
44	Vertimiento Paime																

Punto	MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA TEMPORADA DE BAJA PRECIPITACIÓN	Febrero												Marzo			
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4
		J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
45	Quebrada Venecia																
46	Río Villamizar																
47	Río Palenque																
48	Quebrada Chipichipi																
49	Quebrada La Honda																
50	Quebrada La Honda																
51	Vertimiento Buenavista																
52	Quebrada La Vergara																
53	Río Villamizar																
54	Río Palenque																
55	Río Palenque																
56	Quebrada Upane																
57	Río Palenque																

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El cronograma propuesto se encuentra limitado debido al número de muestras y el horario de recepción de estas por parte de la Dirección de Laboratorios e Innovación Ambiental (DLIA) de la CAR. Además, los posibles condicionamientos o limitantes que se encuentren en campo pueden referir una prolongación de este.

1.2.2.2 EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE TRES UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE NIVEL UNO (1), RÍO GUAQUIMAY, RÍO NEGRO Y RÍO PALENQUE, EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARARE (MINERO)

Con base en lo establecido anteriormente en lo relacionado con el diseño del plan de monitoreo de la calidad del agua, a continuación, se relaciona lo resultante de la ejecución de las dos campañas de monitoreo de la calidad del agua.

1.2.2.2.1 EJECUCIÓN PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO CALIDAD DEL AGUA (TEMPORADA DE ALTA PRECIPITACIÓN)

Teniendo en cuenta la extensión del documento resultante de la ejecución de la primera campaña de monitoreo de la calidad del agua en la temporada de alta precipitación ejecutada entre el 16 de noviembre y el 1 de diciembre del año 2021, el informe completo con sus respectivos complementos se encuentra anexo al presente documento Informe de ejecución primera campaña de monitoreo de la calidad del agua.

1.2.2.2.2 EJECUCIÓN SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO CALIDAD DEL AGUA (TEMPORADA DE BAJA PRECIPITACIÓN)

Teniendo en cuenta la extensión del documento resultante de la ejecución de la primera campaña de monitoreo de la calidad del agua en la temporada de baja precipitación ejecutada entre el 21 de febrero y el 8 de marzo del año 2022, el informe completo con sus respectivos complementos se encuentra anexo al presente documento Informe de ejecución segunda campaña de monitoreo de la calidad del agua.

1.3 CONSTRUCCIÓN DE LÍNEA BASE

1.3.1 CONSOLIDACIÓN DE USOS EXISTENTES DEL RECURSO HÍDRICO

En la salida de campo realizada para el desarrollo del censo de usuarios y el diligenciamiento del RURH en las zonas delimitadas para las Unidades Hidrográficas Nivel I (UHN I) de Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, se obtuvieron una serie de datos relacionados con el uso doméstico, pecuario, agrícola, acuícola, industrial, recreativos y otros, los cuales son analizados de forma global y específica por municipios y zonas que tienen relación directa con los cuerpos de agua. Los datos fueron obtenidos principalmente de los municipios de La victoria, Yacopí, Topaipí, Paime, Muzo, Villagómez, San Cayetano, Tausa, Carmen de Carupa, Maripi, Coper, y Buenavista.

Con respecto a los usos actuales del suelo de la UHN I del Río Guaquimay se identificó que el uso actual predominantes es el pastoreo extensivo, seguido de cultivos transitorios intensivos y áreas de protección. Las coberturas identificadas corresponden a mosaico de pastos y cultivos con una extensión de 4735,91313 hectáreas (Ha) al interior de la cuenca, seguido de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 4466,71188 ha, Mosaico de pastos y espacios naturales con 5452,60975 ha, Pastos arbolados con 2213,3223 ha, Pastos limpios con 620,74059 ha, Pastos enmalezados con 294,335366 ha, vegetación secundaria baja con 1249,30654 ha, Bosque abierto alto de tierra firme con 600,515082 ha y vegetación secundaria alta con 129,058714 ha.

Por otro lado, los usos actuales del suelo de la UHN I del Río Negro, se identificó de acuerdo con el Diagnostico, prospectiva y formulación que se encuentra altamente alterada, esto se puede evidenciar en sus coberturas, donde sólo las unidades de pastos naturales y mosaicos de pastos y cultivos conforman el 60,71% del área total de la cuenca, esto, sin tener en cuenta las áreas de las zonas cultivadas. Son los bosques secundarios, la unidad de cobertura natural con mayor área, con una extensión de 492.13 Km2 que equivale al 11,62%.

Finalmente, para los usos actuales del suelo de la UHN I del Río Minero- Subcuenca Palenque, se identificó de acuerdo con el "*Estudio y Evaluación Socioambiental Cuenca Río Minero"* de la CAR, que el uso actual predominante es el agropecuario, con presencia de cultivos misceláneos y pastos manejados, rastrojos, seguido por la actividad forestal productora – protectora. Las coberturas identificadas corresponden a Bosque Primario, Bosque Secundario, Matorrales y las áreas con dedicación agropecuaria en pastos naturales, manejados y cultivos.

A continuación, se presenta la información de los usos tanto para cada una de las UHN I en general como para los municipios que hacen parte del área de estudio. Cabe aclarar que varios de los

usuarios reportaban más de un uso por lo que para un mejor análisis las figuras no se presentan en términos de porcentaje sino de acuerdo con el número de usuarios.

1.3.1.1 USOS ACTUALES DEL RÍO GUAQUIMAY

1.3.1.1.1 USUARIOS FORMALES IDENTIFICADOS A PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

A partir de la información suministrada por Corpoboyacá, la CAR y consultas realizadas en las plataformas corporativas, a continuación, se presenta la información de los usuarios naturales que cuentan con concesión formal del recurso hídrico con su respectivo número de expediente e identificación.

Tabla 65 Usuarios actuales con expediente activos o archivados persona natural

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
No reporta	298	Concesión	Activo
424002	19652	Concesión	Activo
No reporta	17664	Concesión	Activo
No reporta	58566	Concesión	Activo
No reporta	70449	Concesión	Activo
No reporta	39544	Concesión	Activo
No reporta	34219	Concesión	Activo
No reporta	70556	Concesión	Activo
No reporta	72209	Concesión	Activo
No reporta	21543	Concesión	Activo
No reporta	38504	Concesión	Activo
No reporta	38504	Concesión	Activo
No reporta	70216	Concesión	Activo
No reporta	43165	Concesión	Activo
No reporta	41531	Concesión	Activo
No reporta	36146	Concesión	Activo
No reporta	58659	Concesión	Activo
No reporta	35604	Concesión	Activo
No reporta	65014	Concesión	Activo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

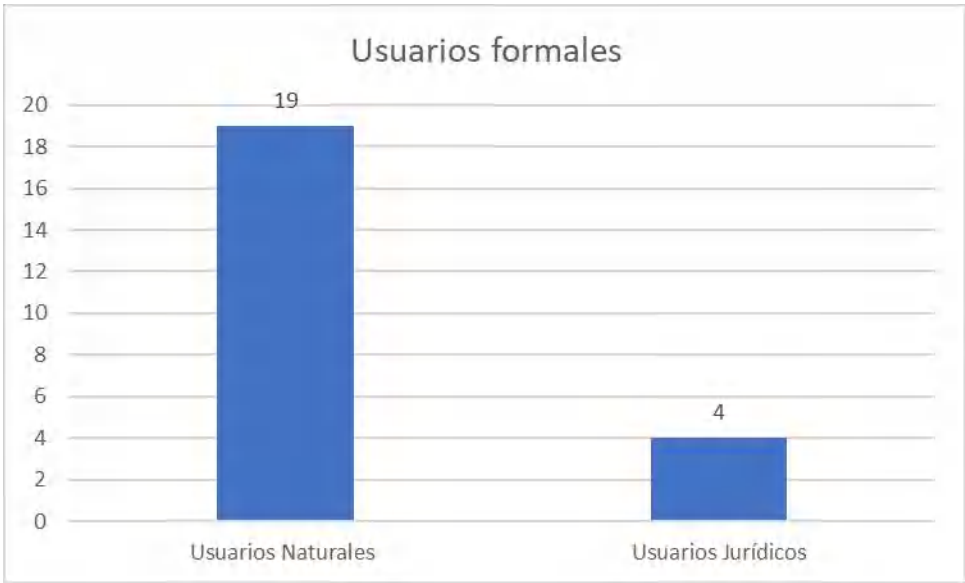
Tabla 66 Usuarios actuales con expediente activos o archivados persona jurídica

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
No registra	43695	Concesión	Activo
800094776-1	41952	Concesión	Activo
800094776-1	41952	Concesión	Activo
800094776-2	42566	Concesión	Activo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Como se puede observar en las tablas anteriores, al interior de la Unidad Hidrográfica Nivel I (UHN I) Río Guaquimay se encuentra un total de 23 usuarios (19 tipo natural y 4 tipo jurídico) con concesión formal activa otorgadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR.

Figura 67 Usuarios con expedientes activos o archivados según información secundaria



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a los vertimientos, de los usuarios que tienen un expediente activo relacionado con vertimientos con la autoridad ambiental, ninguno se ubica al interior de la UHNI Río Guaquimay.

A continuación, se presenta el caudal utilizado por los usuarios para llevar a cabo las diferentes actividades determinadas en el RURH.

Tabla 67 Evidencias de medición de caudales entre usuarios persona natural

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	RECREATIVO	CAUDAL OTORGADO
Natural	298	x		x	x			
Natural	19652	x	x		x			0,038
Natural	17664						x	0,51
Natural	58566	x						0,01
Natural	70449		x			x		0,02
Natural	39544	x						0,02
Natural	34219		x			x		0,8
Natural	70556	x						0,02
Natural	72209	x						0,01
Natural	21543	x						0,07
Natural	38504		x			x		0,01
Natural	38504	x						0,01
Natural	70216		x			x		0,07
Natural	43165	x						0,01
Natural	41531		x			x		0,03
Natural	36146	x						0,01
Natural	58659	x						0,02
Natural	35604		x			x		0,07

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	RECREATIVO	CAUDAL OTORGADO
Natural	65014		x			x		0,14

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

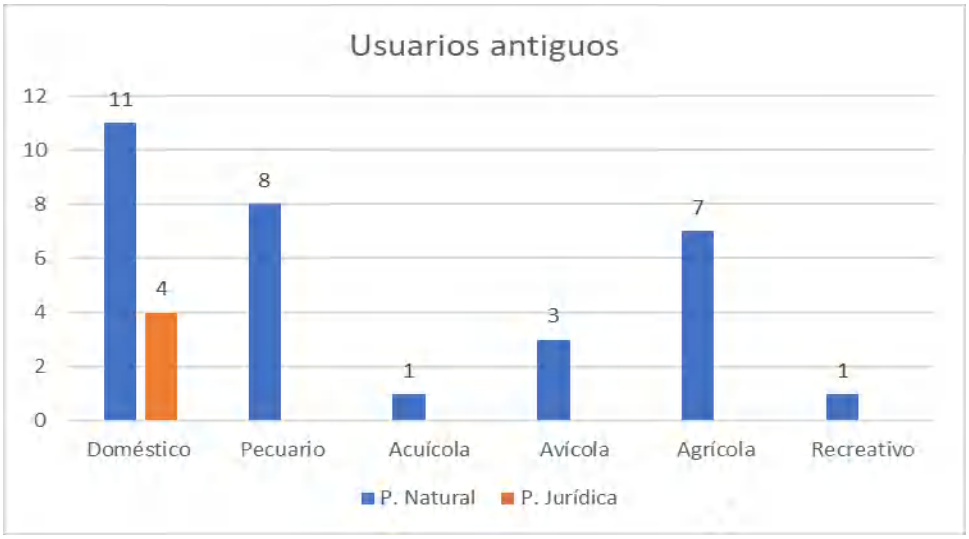
Tabla 68 Evidencias de medición de caudales entre usuarios persona jurídica

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	CAUDAL OTORGADO
Jurídico	43695	X	0,46
Jurídico	41952	X	2
Jurídico	41952	X	4,67
Jurídico	42566	X	No registra

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Según las tablas anteriores, se tiene que 11 de los 19 usuarios de tipo natural y 4 de tipo jurídico con concesión de aguas superficiales cuentan con expedientes activos para las actividades de abastecimiento y consumo humano, 8 usuarios naturales para actividades pecuarias 7 para actividades agrícolas, 3 para actividades avícolas y 1 para actividades acuícolas y recreativas.

Figura 68 Actividades del componente uso del agua registradas en los expedientes de la CAR



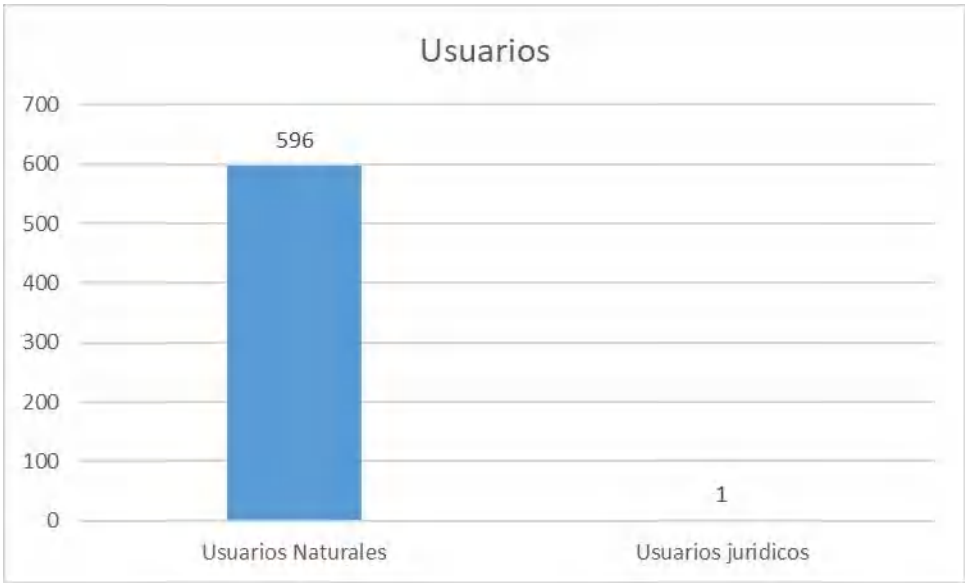
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.1.2 USUARIOS INFORMALES IDENTIFICADOS A PARTIR DEL CENSO DE USUARIOS

En la Unidad Hidrográfica Nivel I Río Guaquimay se identificó un total de 597 usuarios nuevos a los cuales se les solicito según uno de los ítems del formato RURH dar información sobre el tipo de concesión que posee, formal o informal, adicional y según si la respuesta es concesión formal, se le solicitó el número de expediente, resolución, fecha de autorización, caudal autorizado, desde y hasta cuando tiene vigencia la concesión. Sin embargo, muchos de los usuarios que afirman ser usuarios formales no conocen o no aportan la información del expediente.

De los 597 usuarios identificados y censados en el trabajo de campo, 596 se identificaron como usuarios de tipo Natural y 1 como usuario de tipo jurídico, tal y como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 69 Identificación de usuarios nuevos en el uso del recurso hídrico

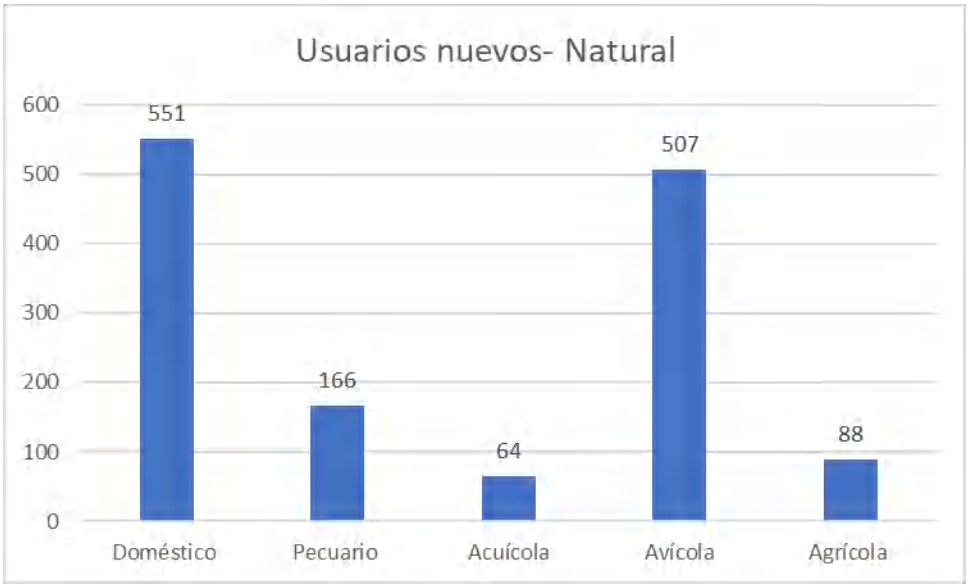


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a los vertimientos, de acuerdo a lo identificado en campo los usuarios vierten las aguas residuales de la siguiente manera: 31 usuarios realizan vertimientos directamente al alcantarillado veredal, 48 a la corriente superficial, 143 al suelo, 322 usuarios cuentan con sistema de pozo séptico que permite el tratamiento previo al vertimiento de aguas residuales y 23 no cuentan con información, para un total de 567 vertimientos identificado al interior de la UHNI Río Guaquimay.

Para usuarios nuevos, el componente uso del agua solicitado en el RURH requiere caudales utilizados en las actividades abastecimiento y consumo humano, pecuarias, acuícolas, avícolas, agrícolas y otros que pueden ser industriales y recreativas. De acuerdo con el censo de usuarios realizado al interior de la UHN I se identificó que 552 usuarios (551 naturales y 1 jurídico) de los 597 censados utilizan el recurso hídrico para actividades domésticas, 166 usuarios de tipo natural para actividades pecuarias, 64 usuarios de tipo natural para actividades acuícolas, 508 (507 naturales y 1 jurídico) para actividades avícolas y 88 para actividades agrícolas. En las tablas que se presentan a continuación se muestra la información descrita anteriormente.

Figura 70 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural

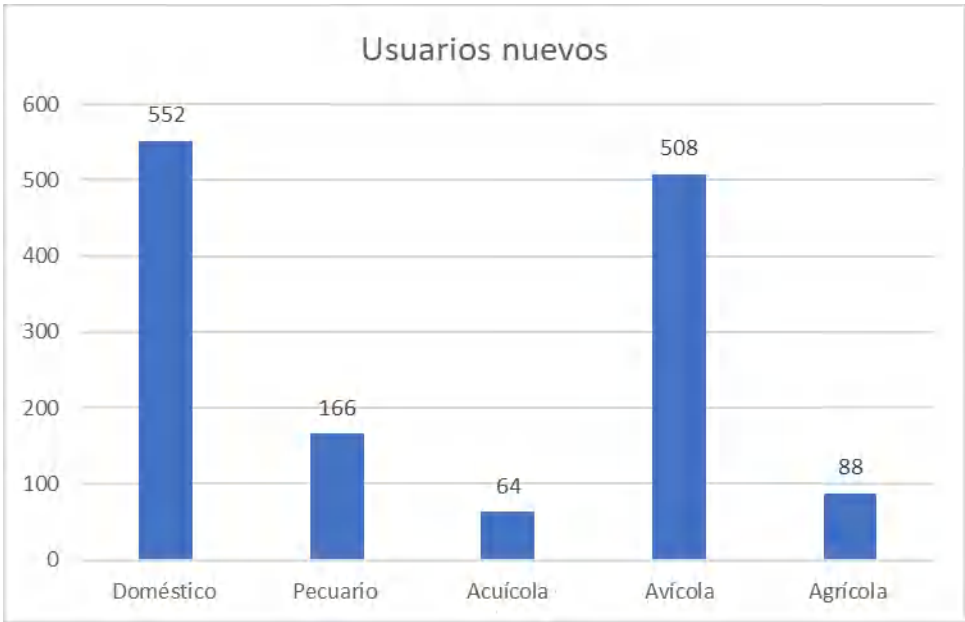


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 71 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

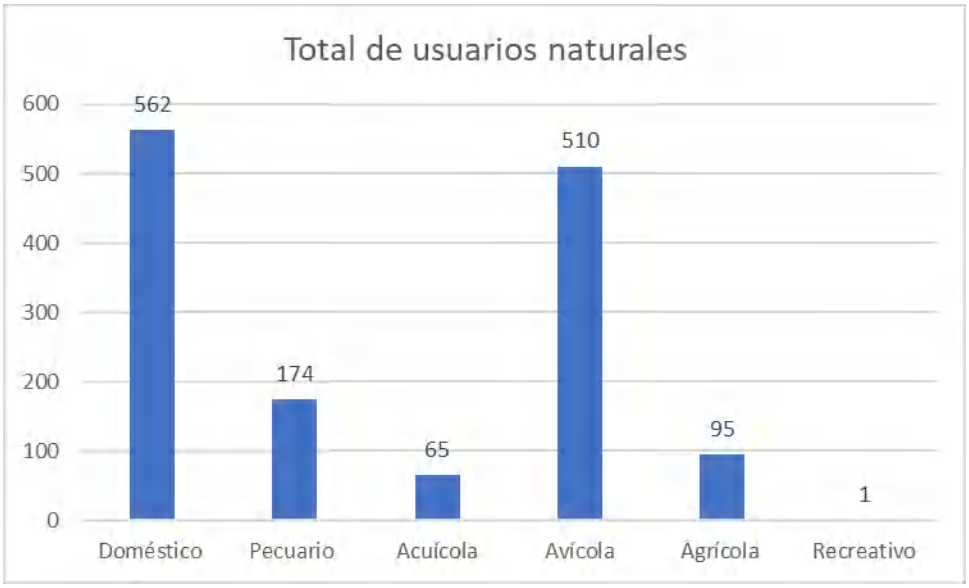
Figura 72 Consolidado general de las actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

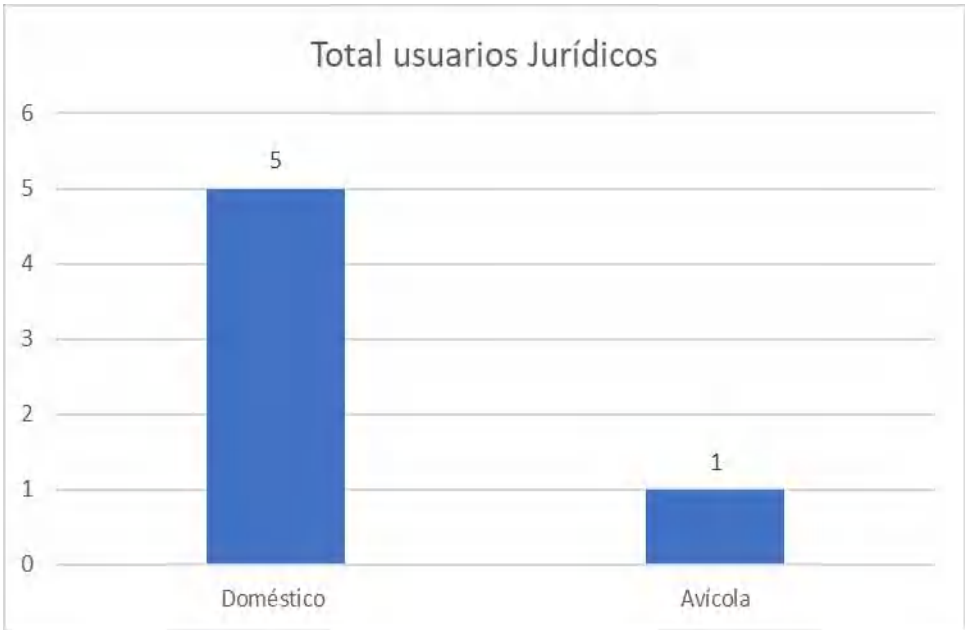
En la siguiente figura se presenta las actividades del componente uso del agua realizadas por la totalidad de usuarios (nuevos y existentes) de tipo natural y jurídico.

Figura 73 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 74 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica



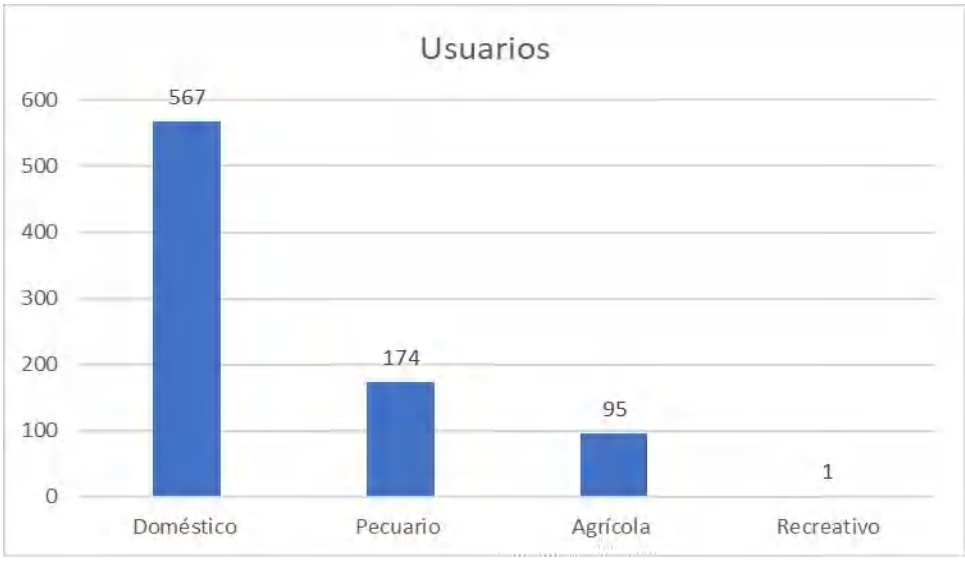
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

A continuación, se realiza un consolidado general y por municipio de los usos actuales del recurso hídrico teniendo en cuenta los usuarios nuevos y existentes al interior de la subcuenca Río Guaquimay.

1.3.1.1.3 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN CUERPO DE AGUA DEL RÍO GUAQUIMAY

El uso actual del cuerpo de agua del Río Guaquimay, se presenta en su mayoría el uso doméstico con una ocupación del 91,5% (567 usuarios) seguido del pecuario con el 28,1% (174 usuarios), el uso agrícola con el 15,3% (95 usuarios) y finalmente el uso recreativo con el 0,2% (1 usuario).

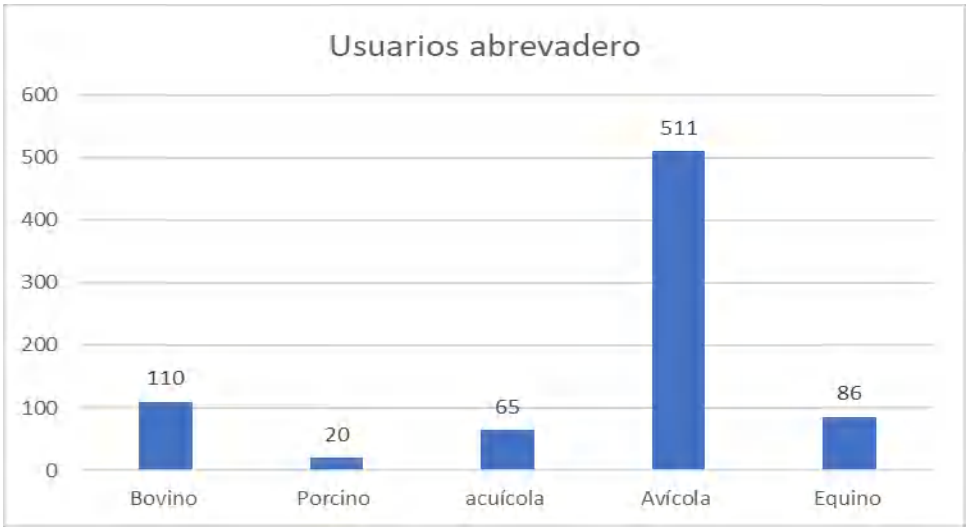
Figura 75 Uso Actual del Cuerpo de Agua del Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

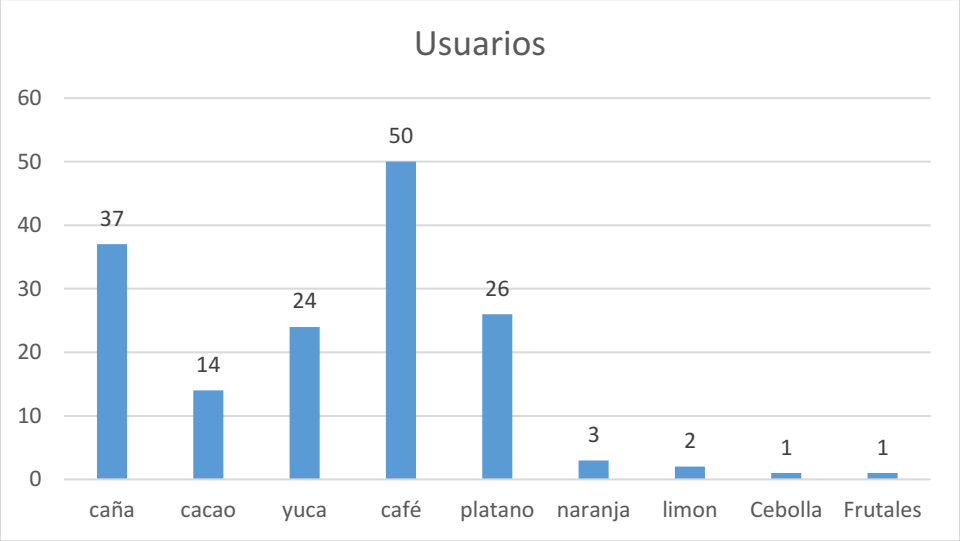
En la siguiente figura se observa la distribución del uso del cuerpo de agua del Río Guaquimay en el uso bovino, porcino, acuícola, avícola y equino. En este caso, el mayor uso del agua se realiza en la actividad avícola con el 82,4% (511 usuarios) seguido por la actividad bovina 17,7% (117 usuarios), equino con el 13,9% (86 usuarios), la actividad acuícola con el 7,8% (65 usuarios) y finalmente la actividad porcina con el 2,6% (21 usuarios). Por otro lado, en el uso agrícola se da que, la producción de cultivos café con el 31,6% (50 usuarios) es la actividad que mayor uso del agua presenta para el Río Guaquimay seguido por los cultivos de caña, plátano, yuca, cacao con porcentajes de 4,8%, 4,5%, 4,1%, 2,5%, respectivamente del total de los usuarios.

Figura 76 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

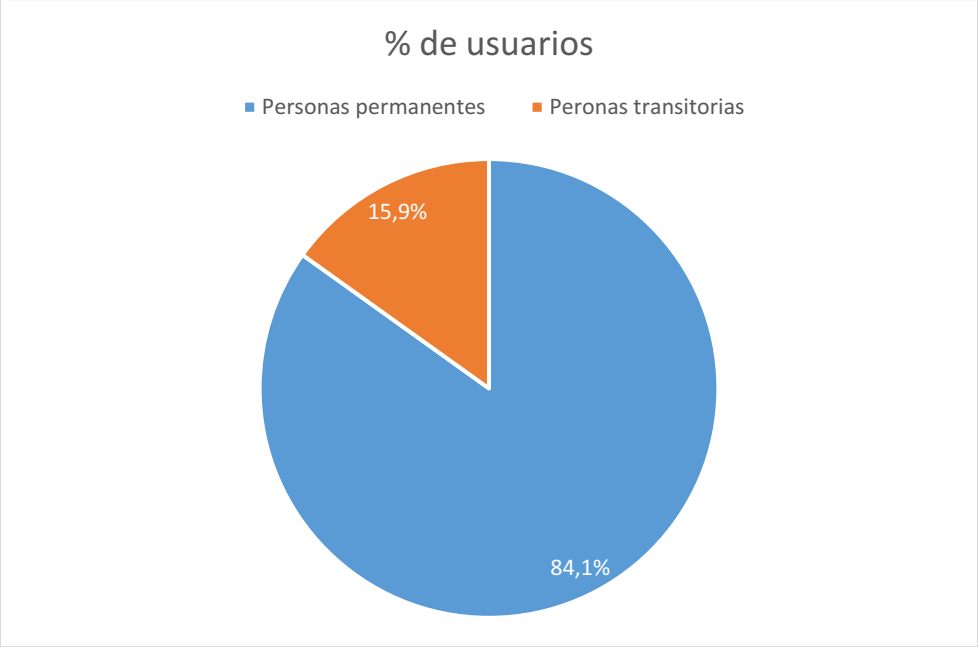
Figura 77 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

El uso doméstico tiende a ser constante para el uso del cuerpo de agua del Río Guaquimay con la presencia del 84,1% de los usuarios permanentes, sin embargo, este aumenta de forma transitoria en un (15,9%) debido a visitas de familiares.

Figura 78 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua Río Guaquimay

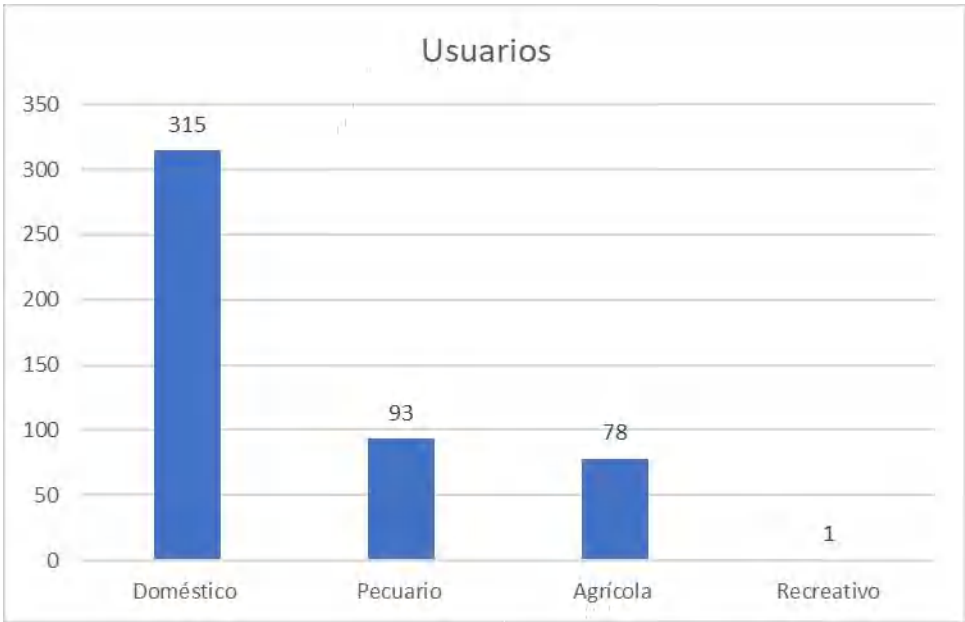


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.1.4 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE YACOPÍ

El uso actual en el municipio de Yacopí se presenta en su mayoría en el uso doméstico con 89,2% (315 usuarios), seguido por el uso pecuario con 26,3% (93 usuarios) uso agrícola con 22,1% (78usuarios) y uso creativo con 0,3% (1 usuario). En la siguiente figura, se presentan los datos mencionados.

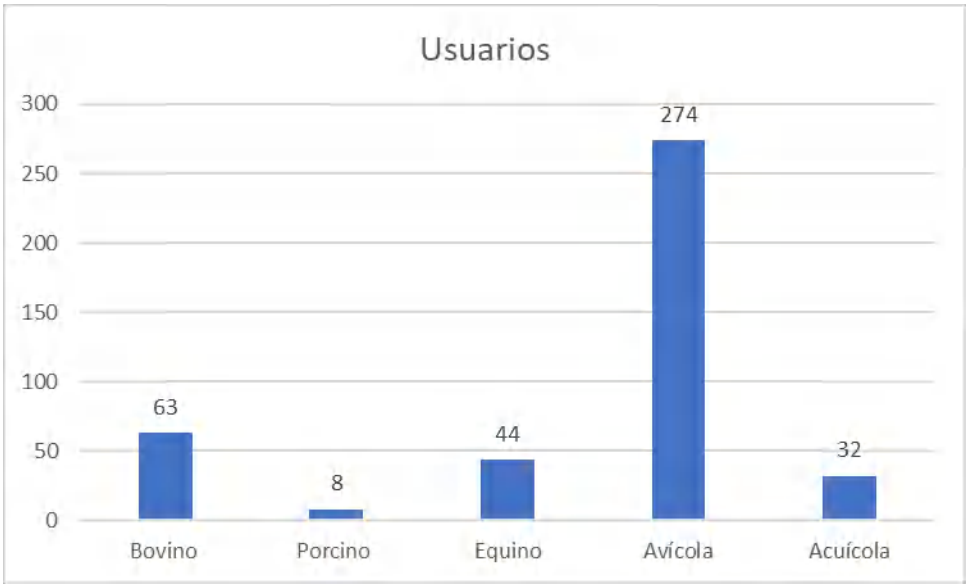
Figura 79 Uso Actual en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

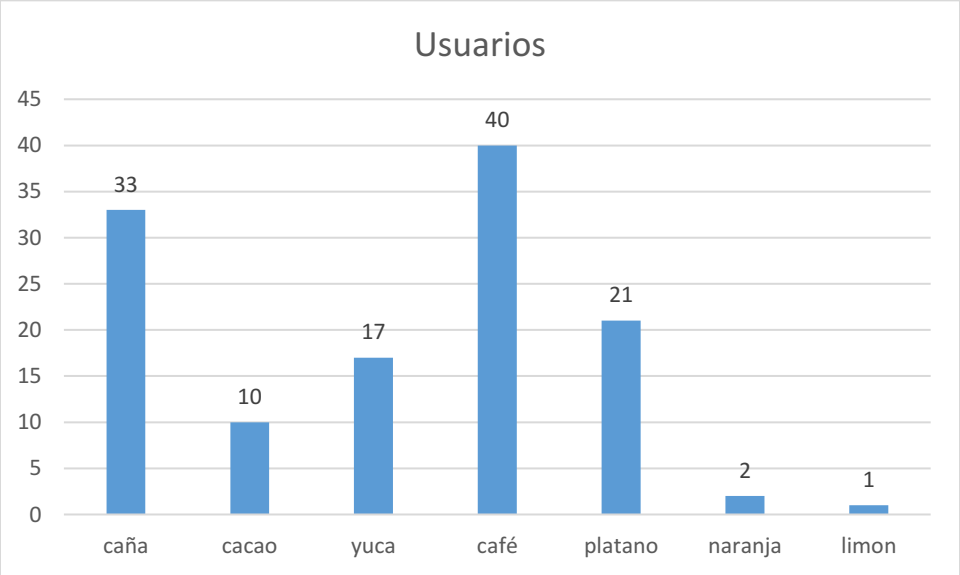
En cuanto al uso por abrevadero y otros, el recurso hídrico se destina en el municipio principalmente para actividades avícolas con el 77,6% (274 usuarios), actividades bovinas con 17,8% (63 usuarios), actividades equinas con 12,5% (44 usuarios) acuícolas con 9% 32 (usuarios) y finalmente porcinas con 3,4% (8 usuarios). En el uso agrícola, el cultivo que predomina en la zona es del café con el 12,6% (41 usuarios), seguido por los cultivos de caña con 36 usuarios, yuca con 21 usuarios, cacao con 12 usuarios, plátano con 9 usuarios y naranja con 2 usuarios. En la siguiente figura, se observa la información anteriormente mencionada.

Figura 80 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

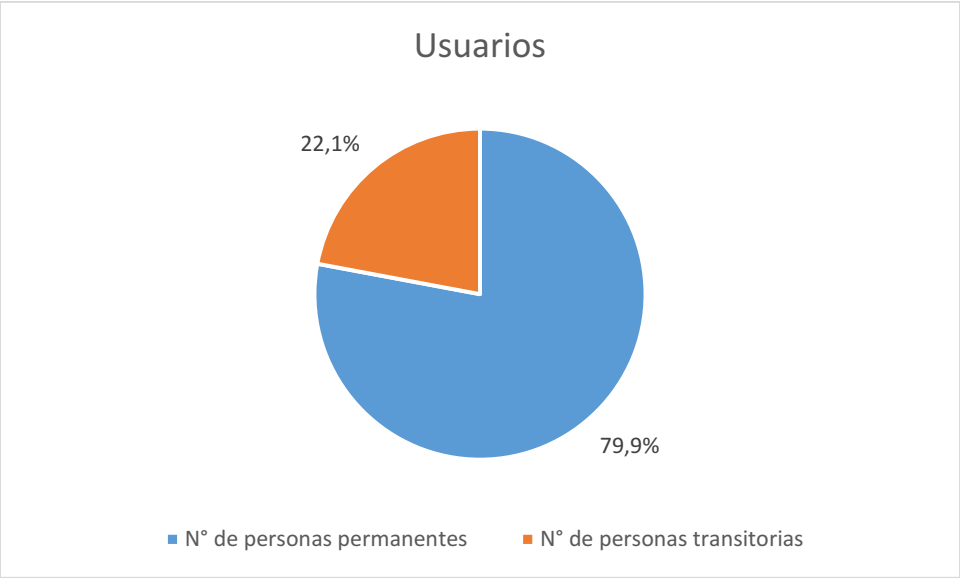
Figura 81 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, se observa que la mayoría de los usuarios son permanentes y representan el 79,9%. Por otro lado, según lo reportado, a lo largo del año los usuarios que se encuentran dentro de la cuenca en el municipio de Yacopí tienen una presencia de 55 visitantes o personas transitorias que representa el 22,1% del total de los usuarios.

Figura 82 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Yacopí

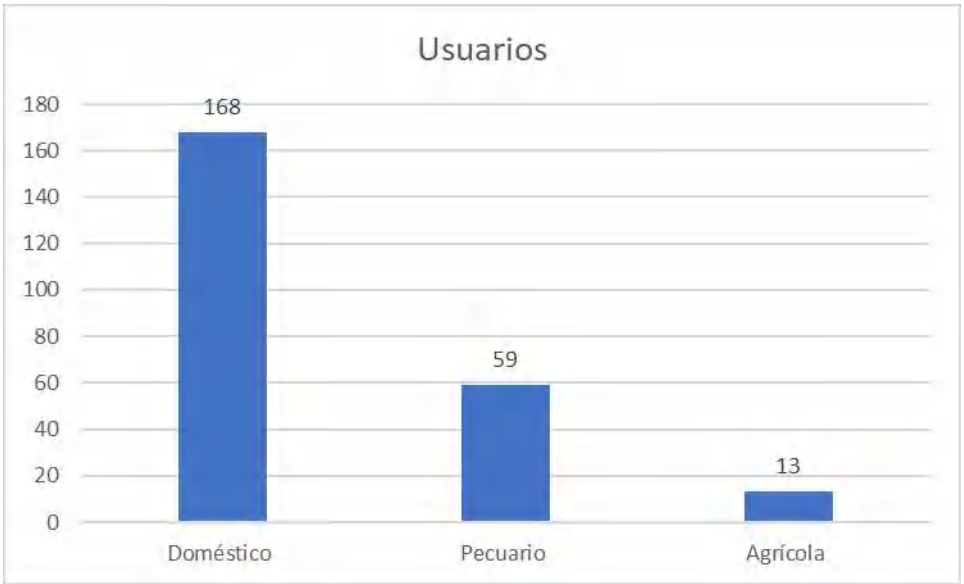


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.1.5 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO DEL MUNICIPIO DE TOPAIPÍ

En el municipio de Topaipí el recurso hídrico es utilizado para actividades domésticas en un 93,9% (168 usuarios), seguido por actividades pecuarias con 33% (59 usuarios) y actividades agrícolas con 7,3% (13 usuarios). En la siguiente figura, se presentan los datos mencionados.

Figura 83 Uso Actual en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí

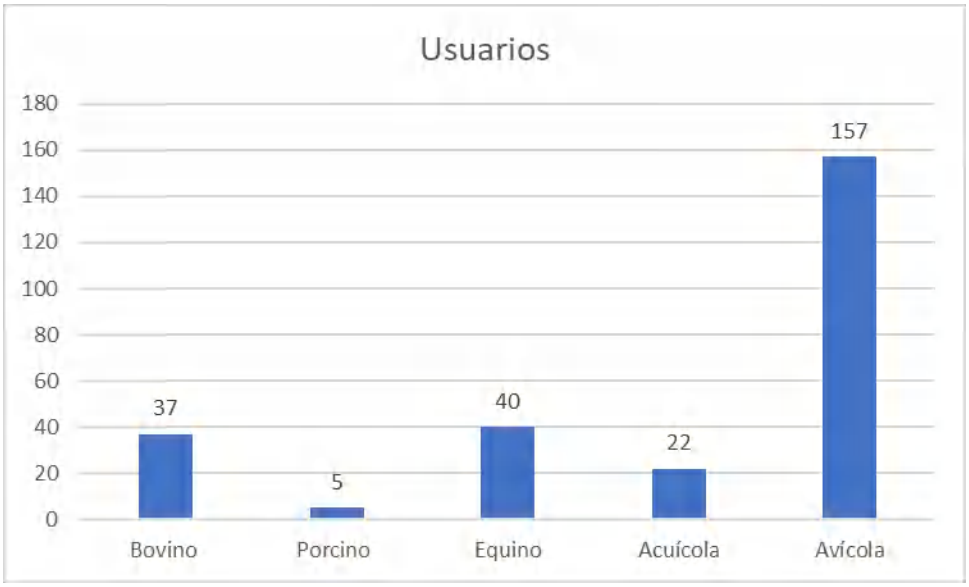


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso por abrevadero, el recurso hídrico se destina en el municipio principalmente para actividades avícolas con el 87,9% (157 usuarios), seguido por actividades equinas con el 22% (40

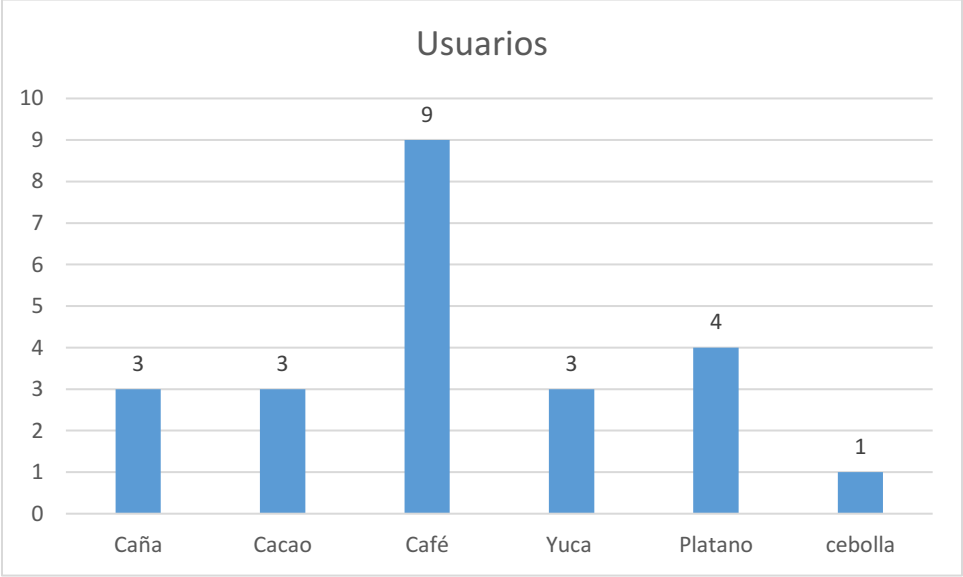
usuarios), actividades bobinas con el 20,3% (37 usuarios), actividades acuícolas con el 12,1% (22 usuarios) y actividades por porcinas con el 2,7% (5 usuarios). Por otro lado, en el uso agrícola el cultivo con mayor predominancia en la zona es del café con el 4,4% (9 usuarios) seguido por los cultivos de plátano (4 usuarios), yuca, caña y cacao con 3 usuarios y la cebolla con 1 usuario.

Figura 84 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 85 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

El uso doméstico tiende a ser constante para el uso del cuerpo de agua en el municipio con una presencia de usuarios permanentes en un 90,5% y a lo largo del año se presentan usuarios transitorios que representan el 9,5%.

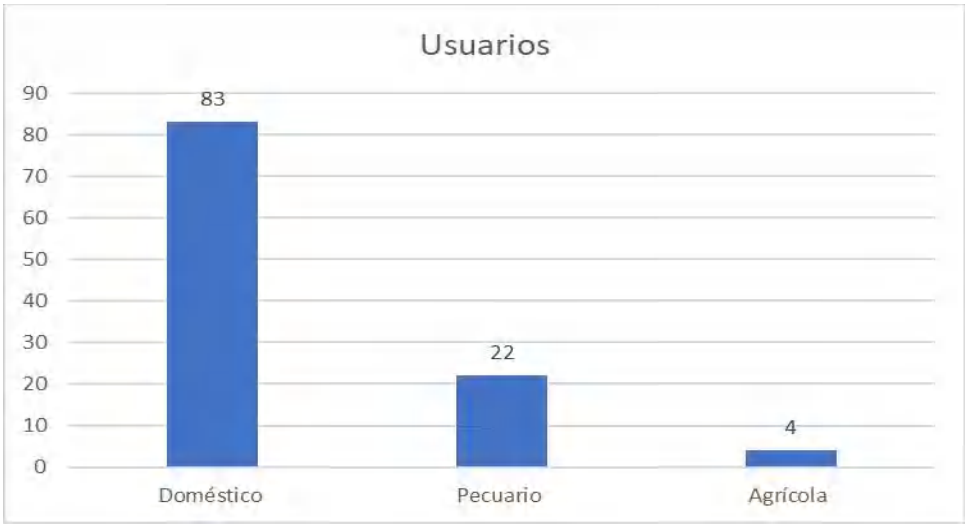
Figura 86 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Topaipí

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.1.6 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO DEL MUNICIPIO DE PAIME

El uso actual del agua en el municipio de Paime se presenta en su mayoría en el uso doméstico con 95,4% (83 usuarios), seguido de la actividad pecuaria con 25,3% (22 usuarios), y agrícola con el 4,6% (4 usuarios), en la siguiente figura, se presentan los datos mencionados.

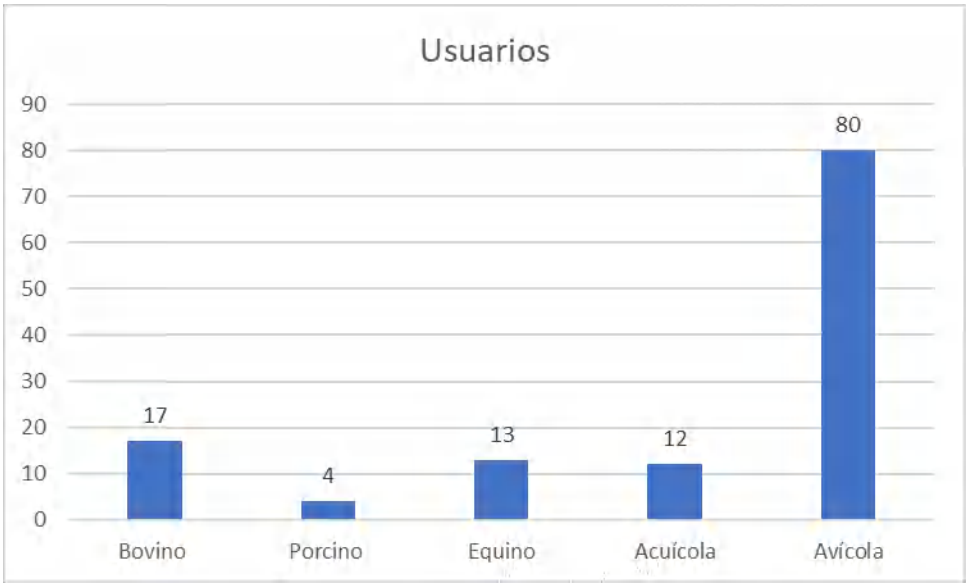
Figura 87 Uso Actual en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

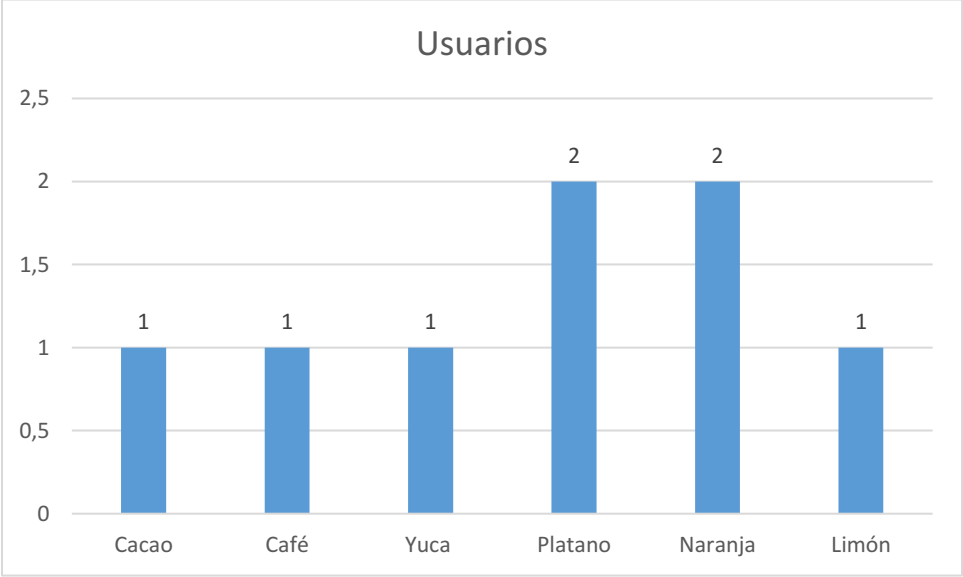
El uso actual del cuerpo de agua en abrevadero y otros al interior del municipio es del 92% (80 usuarios) para actividades avícolas, seguido por actividades bovinas con un 19,5%, Equinas con el 14,4% (13 usuarios) acuícolas en un 11% y porcinas en un 4,4%. En cuanto al uso agrícola, el cacao, café, plátano, yuca y naranja y limón son los cultivos predominantes en la zona.

Figura 88 Uso Actual Abrevadero y otros en Cuerpo de Agua en municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

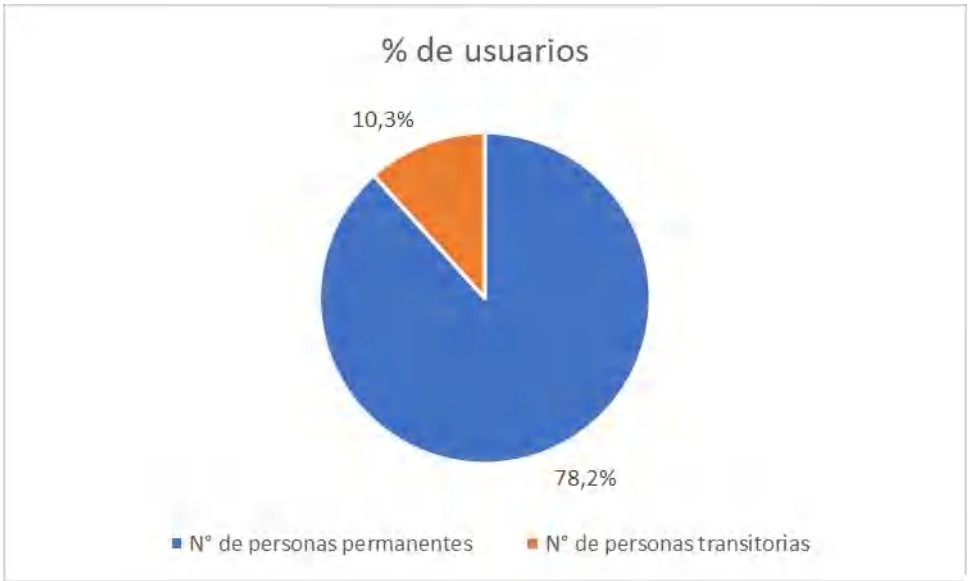
Figura 89 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

El uso doméstico tiende a ser constante en el municipio con un 78,2% de usuarios permanentes, sin embargo, este aumenta de forma transitoria durante el año en un 10,3%. En la en la siguiente figura, se observa dicha información.

Figura 90 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua del municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2 USOS ACTUALES DE RÍO NEGRO

1.3.1.2.1 USUARIOS FORMALES IDENTIFICADOS A PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

A partir de la información suministrada por Corpoboyacá, la CAR y consultas realizadas en las plataformas corporativas, a continuación, se presenta la información de los usuarios naturales y jurídicos que cuentan con concesión formal del recurso hídrico con su respectivo número de expediente e identificación.

Tabla 69 Usuarios con expedientes activos o archivados persona natural

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
344228	30182	Concesión	Activo
342292	20211033970	Concesión	Activo
342292	20211033970	Concesión	Activo
342292	20211033970	Concesión	Activo
No registra	35353	Concesión	Activo
No registra	56852	Concesión	Activo
No registra	32473	Concesión	Activo
No registra	15865	Concesión	Activo
No registra	59680	Concesión	Activo
No registra	32995	Concesión	Activo
No registra	26952	Concesión	Activo
No registra	32995	Concesión	Activo
No registra	40260	Concesión	Activo
No registra	35598	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
No registra	12245	Concesión	Activo
No registra	65888	Concesión	Activo
No registra	65934	Concesión	Activo
No registra	65934	Concesión	Activo
No registra	63046	Concesión	Activo
No registra	11519	Concesión	Activo
No registra	27071	Concesión	Activo
No registra	29931	Concesión	Activo
No registra	35353	Concesión	Activo
No registra	38907	Concesión	Activo
No registra	30192	Concesión	Activo
No registra	19837	Concesión	Activo
No registra	23868	Concesión	Activo
No registra	12320	Concesión	Activo
No registra	62744	Concesión	Activo
No registra	63047	Concesión	Activo
No registra	64861	Concesión	Activo
No registra	41398	Concesión	Activo
No registra	23868	Concesión	Activo
No registra	29570	Concesión	Activo
No registra	29570	Concesión	Activo
No registra	68843	Concesión	Activo
No registra	34394	Concesión	Activo
No registra	32424	Concesión	Activo
No registra	43514	Concesión	Activo
No registra	70203	Concesión	Activo
No registra	32995	Concesión	Activo
No registra	11070	Concesión	Activo
No registra	23588	Concesión	Activo
No registra	62381	Concesión	Activo
No registra	32995	Concesión	Activo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 70 Usuarios con expedientes activos o archivados persona jurídica

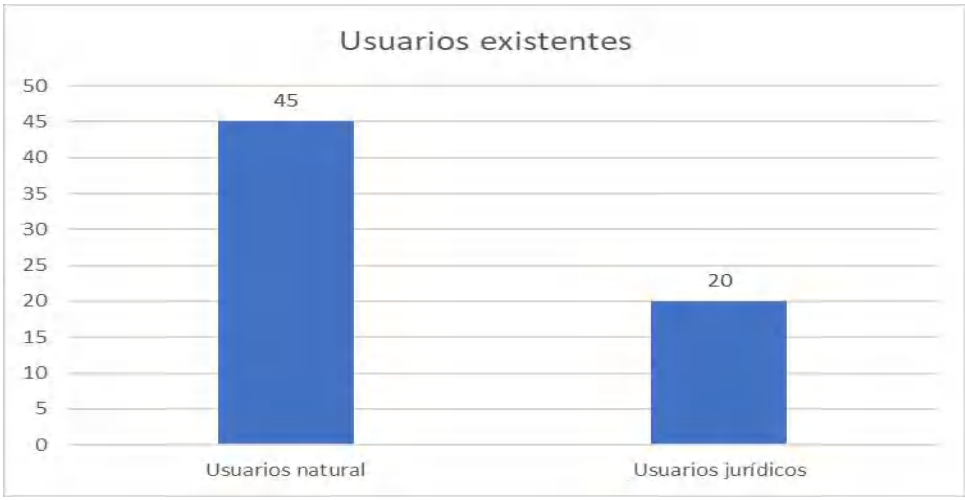
IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
No registra	15878	Concesión	Activo
No registra	24062	Concesión	Activo
No registra	24062	Concesión	Activo
No registra	70426	Concesión	Activo
800094751-8	41196	Concesión	Activo
No registra	42344	Concesión	Activo
No registra	15872	Concesión	Activo
No registra	15872	Concesión	Activo
No registra	15872	Concesión	Activo
No registra	29102	Concesión	Activo
8999994478	58991	Concesión	Activo
8999994478	58991	Concesión	Activo
8999994478	58991	Concesión	Activo
899999704	70426	Concesión	Activo
899999704	70426	Concesión	Activo
899999704	No registra	Concesión	Activo
89999994478	58991	Concesión	Activo
89999994478	58991	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
89999994478	58991	Concesión	Activo
8001743501	271172	Concesión	Activo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Como se observa en las tablas anteriores, la UHN I Río Negro cuenta con 65 expedientes activos para la concesión de aguas por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR de los cuales 45 expedientes son otorgados a personas de tipo natural y 20 a personas de tipo jurídico.

Figura 91 Usuarios con expedientes activos o archivados según información secundaria



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a los vertimientos, en el área de estudio se encontró un total de 7 permisos de vertimiento por parte de la CAR otorgados a personas de tipo jurídico. En la siguiente tabla se muestra el caudal de descarga autorizado y sitio de descarga del vertimiento para cada usuario con su respectivo número de expediente e identificación.

Tabla 71 Usuarios actuales con permiso de vertimientos

TIPO PERSONA	N° DOCUMENTO	N° EXPEDIENTE	CAUDAL DE DESCARGA (L/S)	CAUDAL AUTORIZADO (L/S)	SITIO DE DESCARGA
jurídica	899999704	40867	0,92	0,92	QUEBARDA LA MINA
jurídica	899999704	40867	No registra	0,92	QUEBRADA LA MINA SECTOR MIRAFLORES
jurídica	899999704	30442	No registra	No registra	CORRIENTE SUPERFICIAL
jurídica	89999994478	40871	0,97	0,97	QUEBRADA CASA BLANCA
jurídica	89999994478	82751	0,97	0,97	QUEBRADA CASA BLANCA
jurídica	89999994478	83944	0,97	0,97	QUEBRADA CASA BLANCA Y UNIÓN QUEBRADA MUNDO NUEVO
jurídica	8001743501	34706	No registra	No registra	CORRIENTE SUPERFICIAL

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

A continuación, se presenta el caudal otorgado a los usuarios de tipo natural y jurídico para llevar a cabo una o varias de las actividades determinadas en el RURH.

Tabla 72 Evidencia medición de caudales persona natural

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	INDUSTRIAL	CAUDAL OTORGADO (L/S)
Natural	30182	x	x	x	x	x		0.02
Natural	20211033970	x	x	x	x	x	x	0,02
Natural	20211033970	x	x	x	x	x	x	0,02
Natural	20211033970	x	x	x	x	x	x	0,02
Natural	35353							0,01
Natural	56852	x						0,02
Natural	32473		x			x		0,1
Natural	15865	x						0,02
Natural	59680	x						0,02
Natural	32995	x						0,02
Natural	26952		x			x		0,28
Natural	32995	x						0,02
Natural	40260		x			x		0,01
Natural	35598	x						0,02
Natural	12245	x						0,05
Natural	65888		x			x		0,04
Natural	65934		x			x		0,03
Natural	65934		x			x		0,03
Natural	63046	x						0,02
Natural	11519		x			x		0,05
Natural	27071		x			x		0,32
Natural	29931	x						0,02
Natural	35353		x			x		0,01
Natural	38907		x			x		0,01
Natural	30192		x			x		0,04
Natural	19837		x			x		0,14
Natural	23868		x			x		0,35
Natural	12320	x						0,01
Natural	62744	x						0,01
Natural	63047	x						0,01
Natural	64861		x			x		0,32
Natural	41398	x						0,51
Natural	23868		x			x		0,25

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	INDUSTRIAL	CAUDAL OTORGADO (L/S)
Natural	29570	x						0,01
Natural	29570	x						0,01
Natural	68843	x						0,02
Natural	34394	x						0,02
Natural	32424		x			x		0,45
Natural	43514	x						0,02
Natural	70203							0,06
Natural	32995	x						0,02
Natural	11070		x			x		0,11
Natural	23588	x						0,07
Natural	62381	x						0,02
Natural	32995		x			x		0,1

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 73 Evidencia medición de caudales persona jurídica

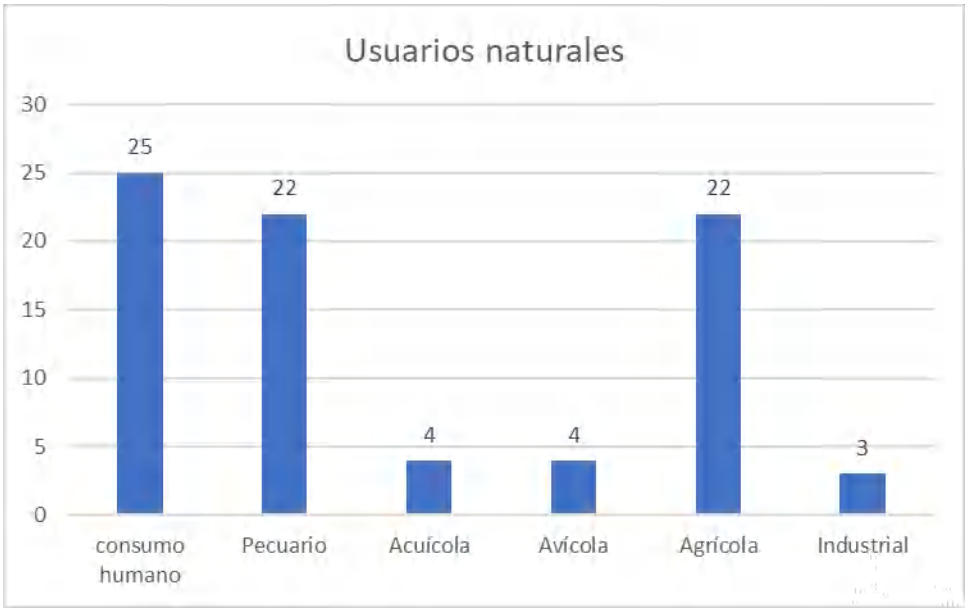
Tipo de usuario	Expediente	Abastecimiento y consumo humano	Pecuario	Agrícola	Industrial	caudal otorgado
Jurídico	15878	X				0,11
Jurídico	24062	X				0,58
Jurídico	24062	X				0,03
Jurídico	70426	X				1,17
Jurídico	41196	X				1,23
Jurídico	42344		X	X		0,73
Jurídico	15872	X				0,98
Jurídico	15872	X				0,42
Jurídico	15872	X				2
Jurídico	29102	X				0,15
Jurídico	58991	X				0,72
Jurídico	58991	X				0,31
Jurídico	58991	X				1
Jurídico	70426	X				1,17
Jurídico	70426	X				1,17
Jurídico	No registra					0.72
Jurídico	58991	X				0.72
Jurídico	58991	X				0.72
Jurídico	58991	X				0,04
Jurídico	271172				X	

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Según la información anterior, se observa que 25 de los 45 usuarios de tipo natural con expedientes activos cuentas con concesión de aguas superficiales para las actividades de abastecimiento y

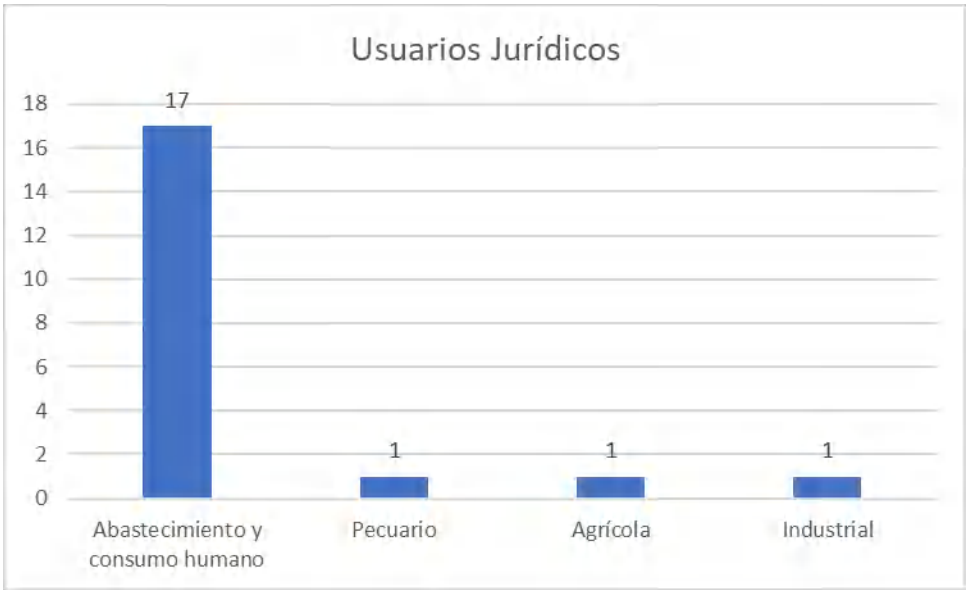
consumo humano, 22 usuarios para actividades pecuarias, 4 para actividades avícolas y acuícolas 22 para actividades agrícolas y 3 para actividades industriales. En cuanto a los usuarios de tipo jurídico 17 utilizan el recurso hídrico para actividades domésticas y 1 para actividades pecuarias, agrícolas e industriales.

Figura 92 Actividades del componente uso del agua registradas en los expedientes CAR persona natural



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 93 Actividades del componente uso del agua Registradas en los expedientes CAR persona jurídica



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.2 USUARIOS INFORMALES IDENTIFICADOS A PARTIR DEL CENSO DE USUARIOS

En la UHN I Río Negro se identificó un total de 1023 usuarios nuevos a los cuales se les solicito según uno de los ítems del formato RURH dar información sobre el tipo de concesión que posee, formal o informal, adicional y según si la respuesta es concesión formal, se le solicitó el número de expediente, resolución, fecha de autorización, caudal autorizado, desde y hasta cuando tiene vigencia la concesión. Sin embargo, muchos de los usuarios que afirman ser usuarios formales no conocen o no aportan la información del expediente.

De los 1023 usuarios identificados y censados en el trabajo de campo, 1022 se identificaron como usuarios de tipo Natural y 1 como usuario de tipo jurídico, tal y como se evidencia en la siguiente figura.

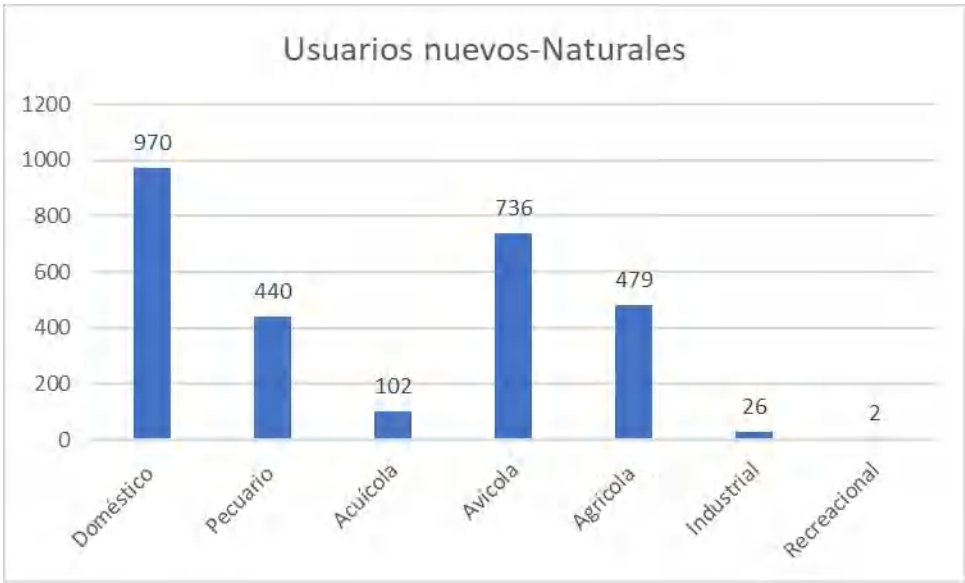
Figura 94 Identificación de usuarios nuevos en el uso del recurso hídrico

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a los vertimientos, se evidenció que 843 usuarios vierten el agua de la siguiente manera: 674 usuarios utilizan sistemas de pozos sépticos que permite el tratamiento previo al vertimiento de aguas residuales, 122 vierten directamente al suelo, 21 a la corriente superficial, 3 al alcantarillado veredal y no se obtuvo respuesta por parte de 25 usuarios.

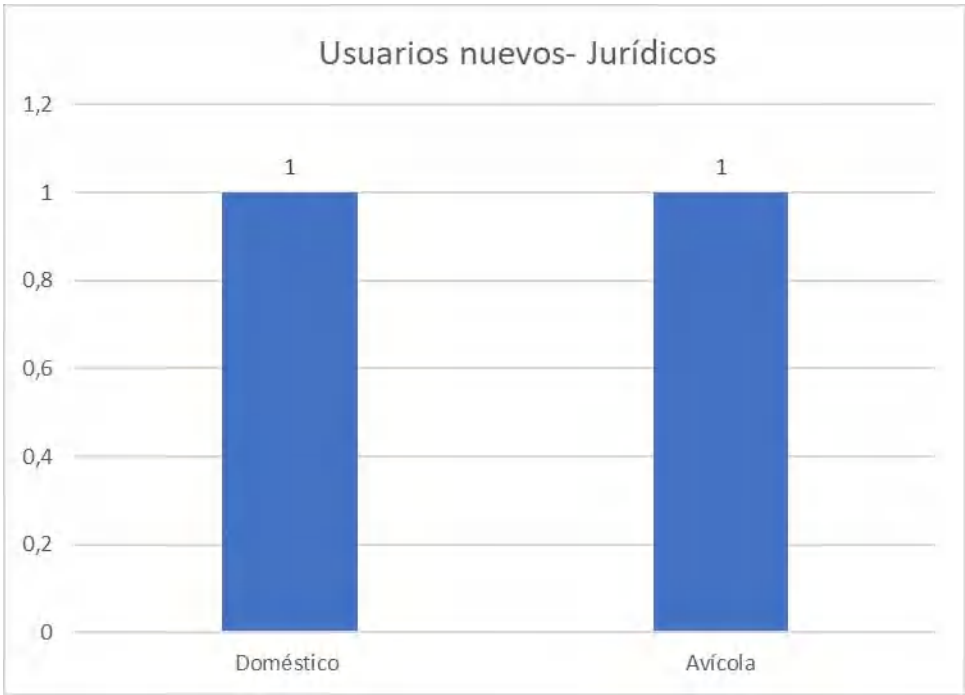
Para los usuarios nuevos en el componente uso del agua solicitado en RURH requiere caudales utilizados en las actividades abastecimiento y consumo humano, pecuarias, acuícolas, avícolas, agrícolas y otros que pueden ser industriales y recreativas. De acuerdo con el censo de usuarios realizado al interior de la UHNI se identificó que 971 usuarios (970 naturales y 1 jurídico) utilizan el recurso hídrico para actividades domésticas, 440 usuarios para actividades pecuarias, 102 para actividades acuícolas, 737 (736 naturales y 1 jurídico) para actividades avícolas, 479 para actividades agrícolas, 26 para actividades industriales y 2 para actividades recreacionales.

Figura 95 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuario tipo natural



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 96 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos- persona jurídica



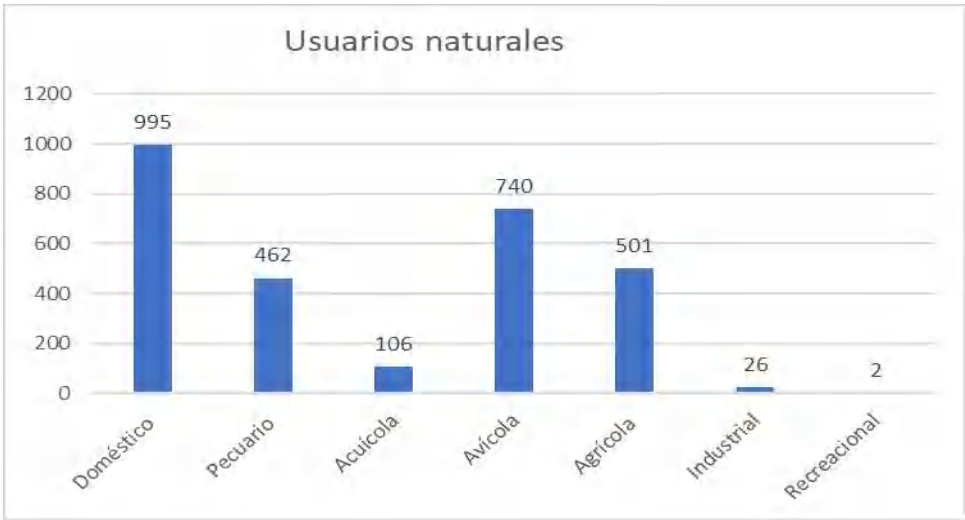
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 97 Consolidado general de las actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En las siguientes figuras se presentan las actividades del componente uso del agua realizadas por la totalidad de usuarios (nuevos y existentes) de tipo natural y jurídico.

Figura 98 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 99 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica

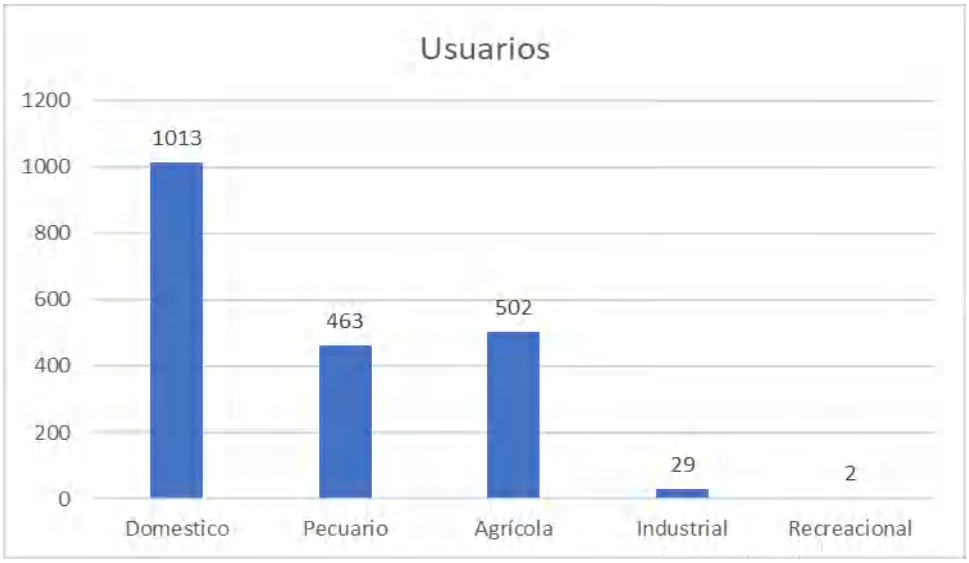
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

A continuación, se realiza un consolidado general de los usos actuales del recurso hídrico teniendo en cuenta los usuarios censados y los encontrados en los expedientes al interior de la subcuenca Río Negro.

1.3.1.2.3 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN CUERPO DE AGUA DE RÍO NEGRO

El Río Negro presenta en su mayoría uso doméstico con un 93,2% equivalente a 1013 usuarios seguido del uso agrícola con 46,1% (502 usuarios), luego pecuario con el 42,2% (463 usuarios), industrial con el 2,9% (29 usuarios) y recreacional con el 0,3% (2 usuarios).

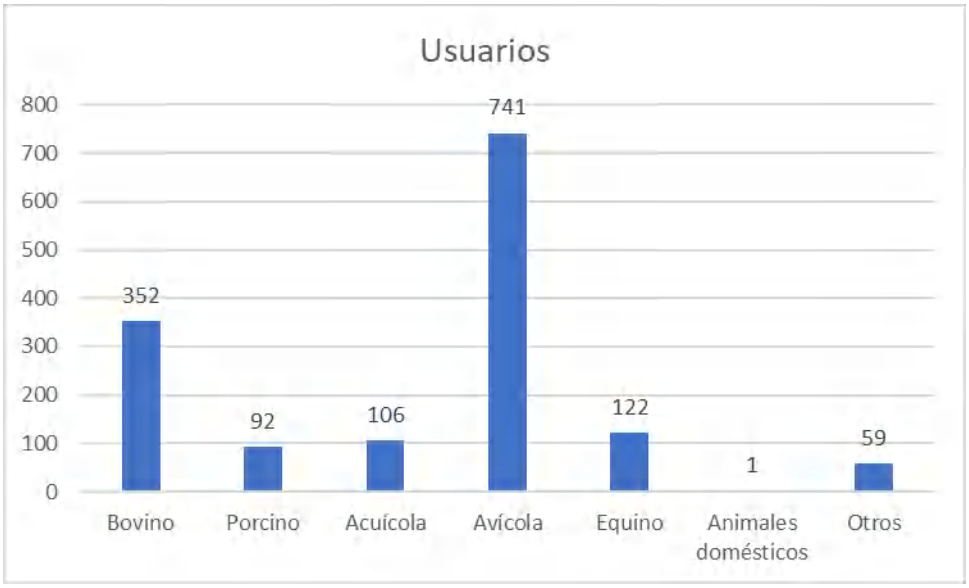
Figura 100 Uso actual en cuerpo de agua Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

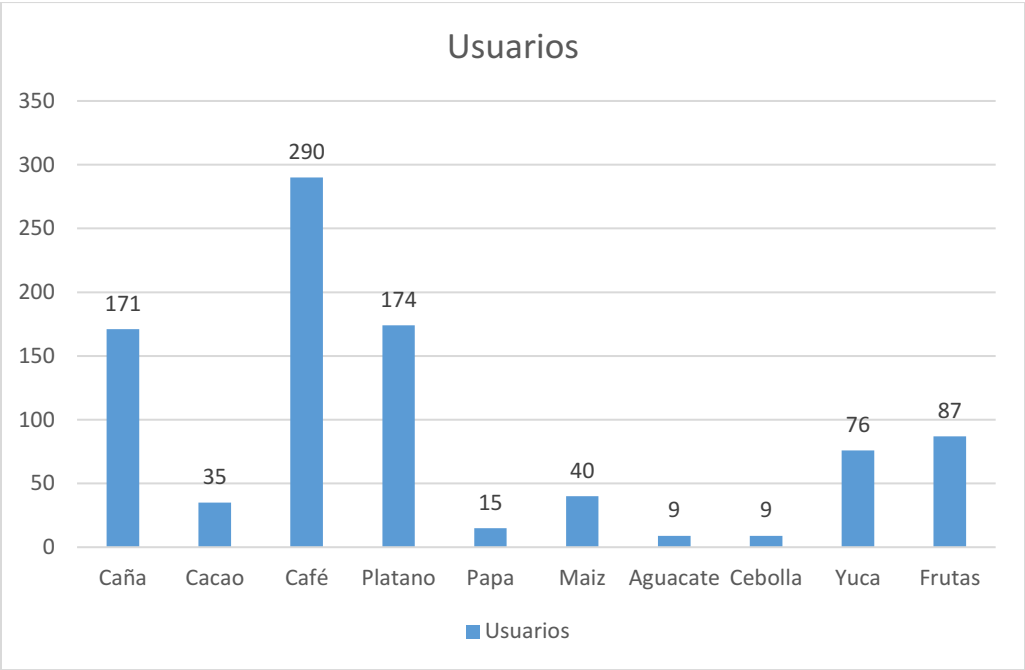
En el abrevadero, el mayor uso es avícola con 741 usuarios reportados, es decir el 68,2%, seguido del uso bovino con 31% (352 usuarios) y luego equino con el 11,8% (122 usuarios), respecto al uso agrícola, los cultivos más representativos son café con el 28% (290 usuarios), plátano con el 16,8% (174 usuarios) y caña con el 16,5% (171 usuarios) respectivamente.

Figura 101 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

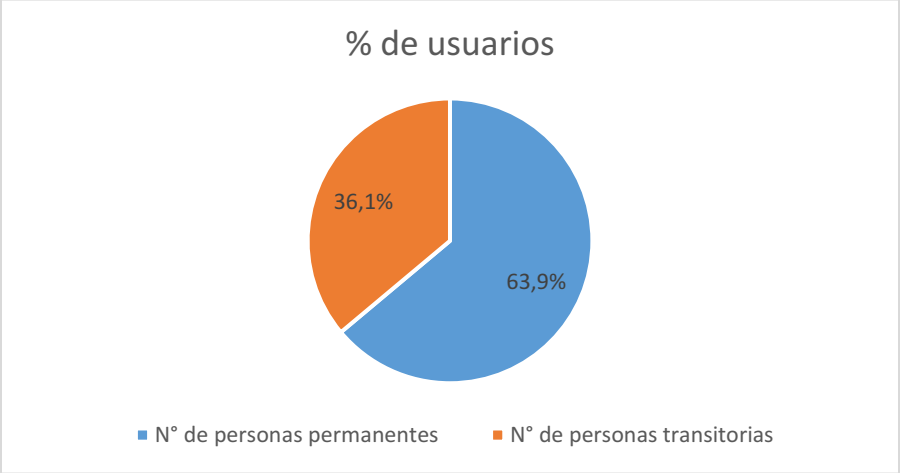
Figura 102 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Como se observa en la en la siguiente figura, para el sector doméstico la mayoría de los usuarios son permanentes y representan el 63,9%, a lo largo del año tienen una presencia de 1573 visitantes o personas transitorias que representa un 36.1%. A continuación, se presentará los datos en el mismo orden mencionado antes, de forma específica por los municipios que hacen parte de la zona hidrográfica del Río Negro.

Figura 103 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua Río Negro



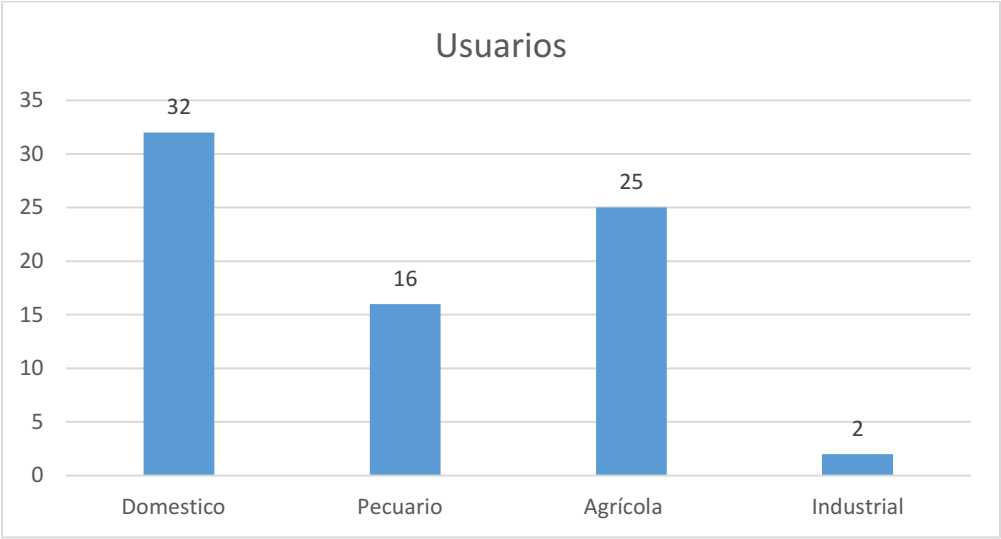
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.4 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE MUZO

El uso actual del recurso hídrico en el municipio de Muzo es en su mayoría doméstico con el 97% de los usuarios (32 usuarios), seguido del uso agrícola con el 75,8% (25 usuarios), el uso pecuario con

el 39% (15 usuarios) y el uso industrial con el 6,2% (2 usuarios), tal y como se observa en la en la siguiente figura.

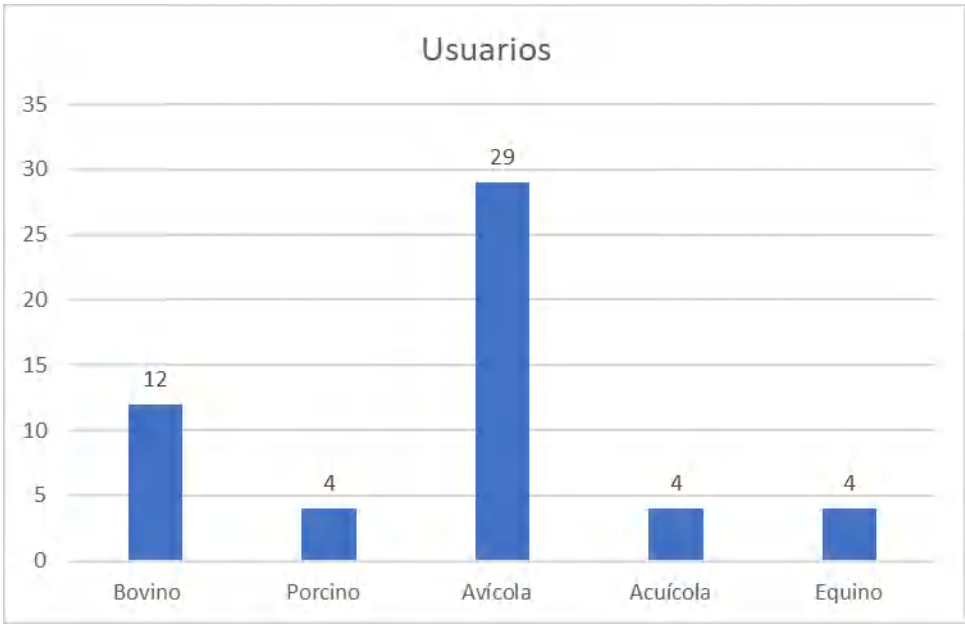
Figura 104 Uso actual en cuerpo de agua en el municipio de Muzo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

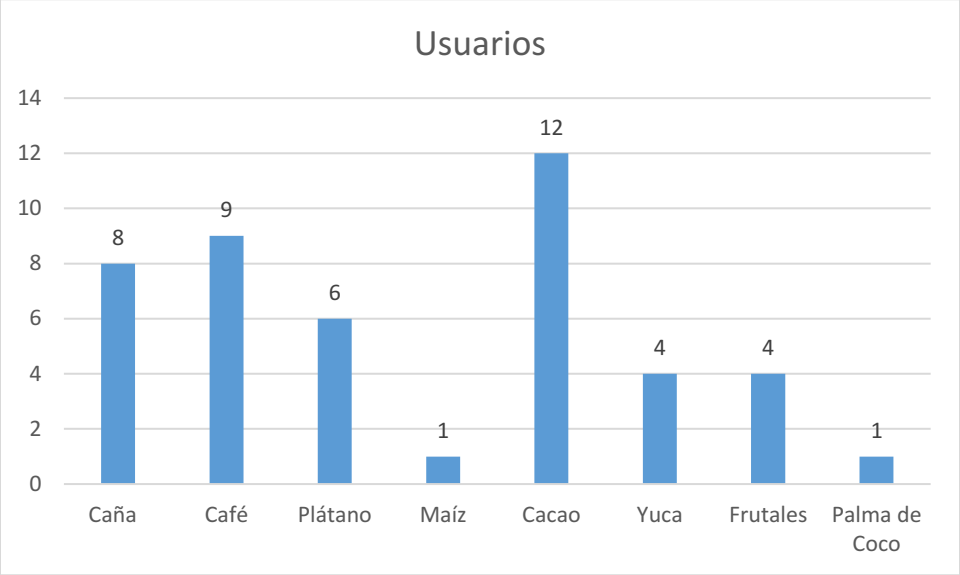
Respecto al abrevadero, 29 usuarios es decir el 87,9% usan el recurso hídrico para actividades avícolas, 12 equivalente al 36,9% para actividades bovinas, 4 (12,1%) para actividades acuícolas, equinas y porcinas. En el uso agrícola los cultivos predominantes son el cacao con el 31,6% (12 usuarios), café con el 26,3% (9 usuarios) y caña con el 23,7% (8 usuarios). A continuación, se presentan la información con mayor detalle.

Figura 105 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Muzo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

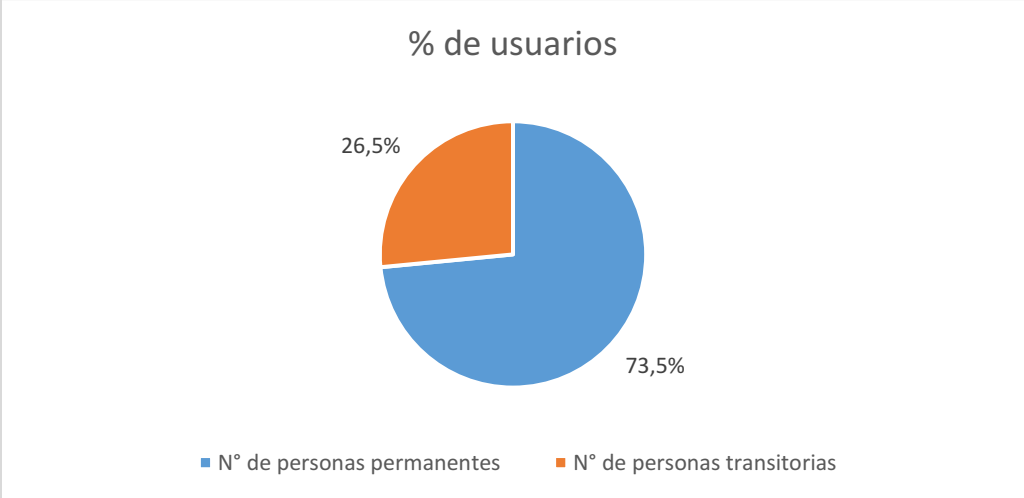
Figura 106 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Muzo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico las personas permanentes para el uso del agua en el municipio de Muzo son 113 lo que representa un 63,84% y aumentan 64 usuarios transitorios en visitas o familiares de los habitantes de la zona.

Figura 107 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Muzo



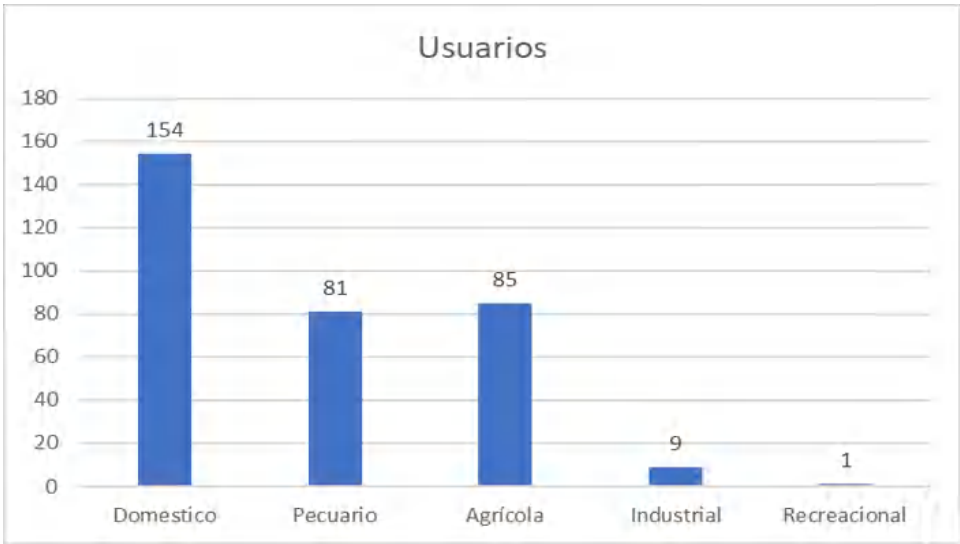
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.5 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE VILLAGÓMEZ

El municipio de Villagómez registra la mayoría de los usuarios en uso doméstico con 154 usuarios es decir el 95,5% seguido del uso agrícola con 85 usuarios (56%), pecuario con 81 usuarios (48,8%)

industrial con una representación del 5,4% (9 usuarios) y uso recreacional con 1 usuario identificado (0,6%), tal y como como se observa en la en la siguiente figura.

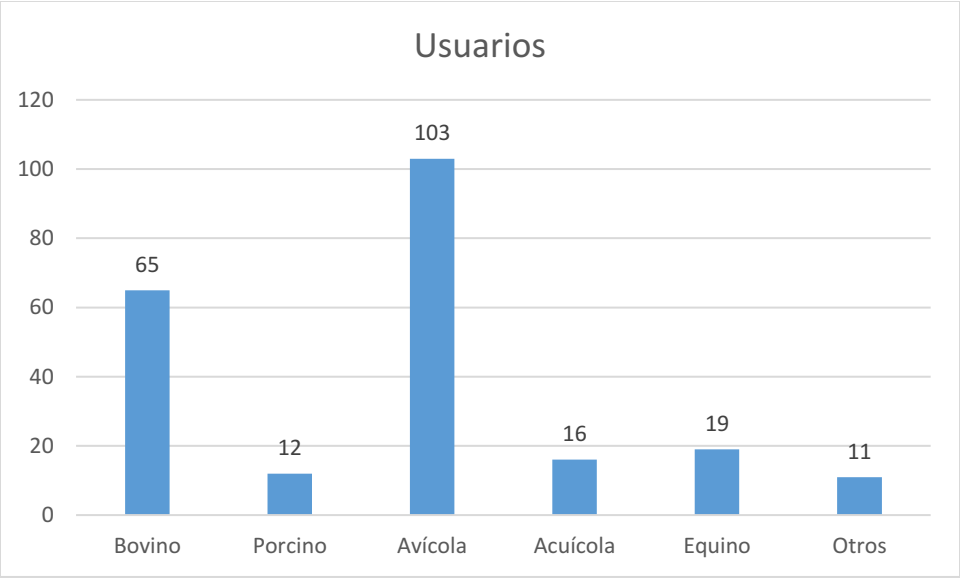
Figura 108 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio Villagómez



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

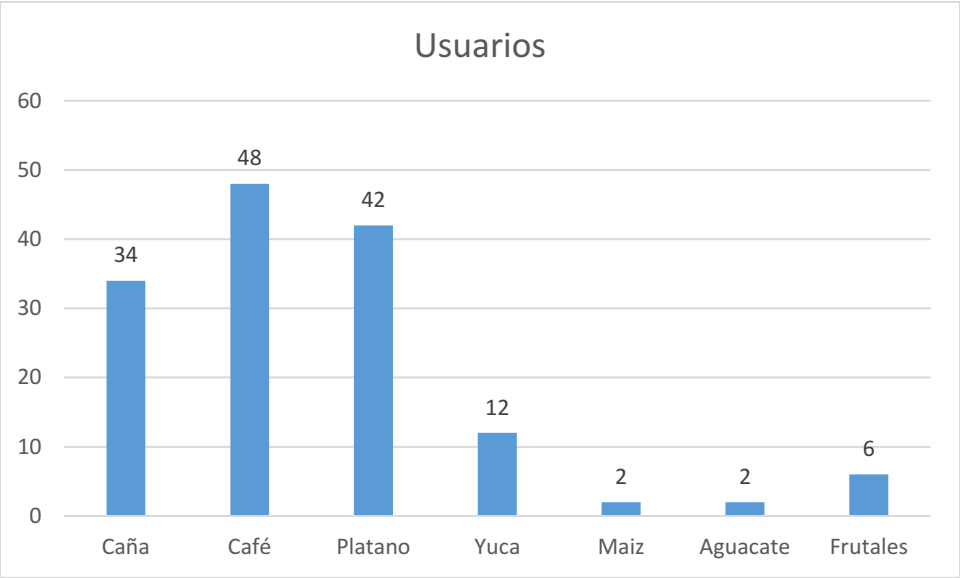
En la siguiente figura, se puede observar que el recurso hídrico en el abrevadero es usado principalmente para aves en un 61,3% (103 usuarios) y bovinos en un 38,9% (65 usuarios), seguido para equinos, uso acuícola con 19 y 16 usuarios respectivamente presentando un 11,3% y 9,5%. En el sector agrícola, la mayor cantidad de usuarios son para cultivos de café con el 36,4% (48 usuarios), plátano con 31,8% (42 usuarios) y caña con 25,8% (34 usuarios).

Figura 109 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio Villagómez



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

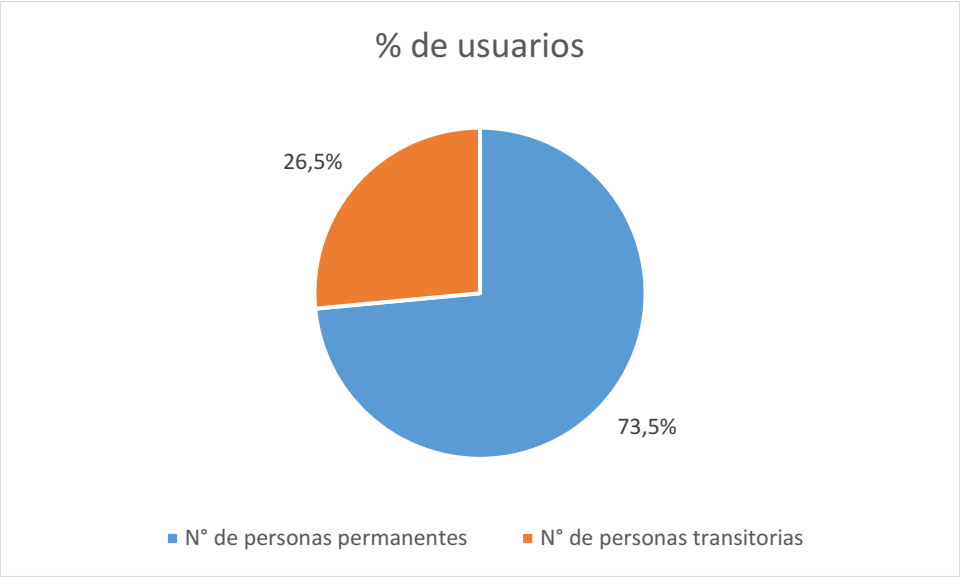
Figura 110 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio Villagómez



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Para el uso doméstico se evidencia la presencia de 392 personas permanentes y 147 transitorias lo que significa porcentajes del 73,5% y 26,5% respectivamente como se observa en la gráfica.

Figura 111 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio Villagómez



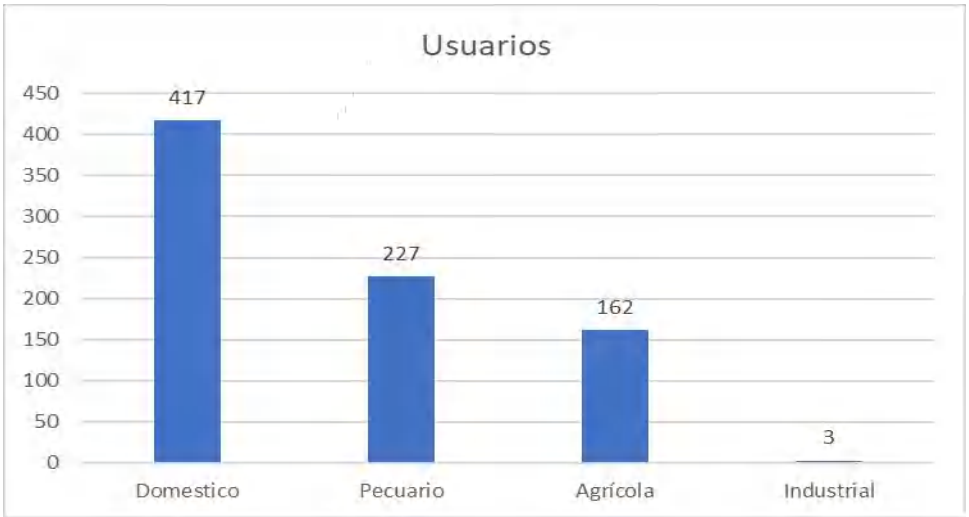
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.6 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO

El municipio de San Cayetano tiene en su mayoría uso doméstico con 417 usuarios y pecuario con 227 usuarios es decir el 94,6% y 51,5% respectivamente, seguido por el uso agrícola con 162

usuarios y el uso industrial con 3 usuarios. En la en la siguiente figura, se presenta la información detallada.

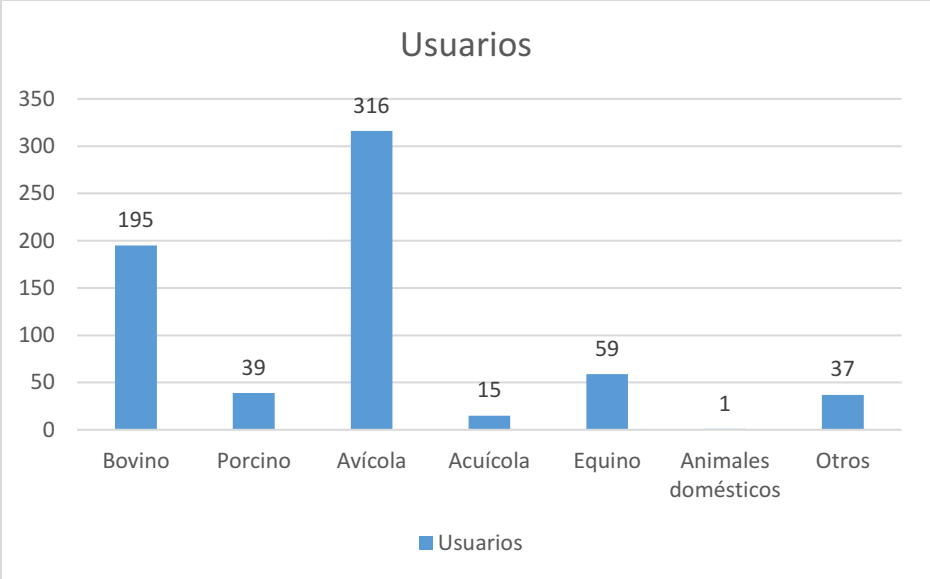
Figura 112 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio San Cayetano



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

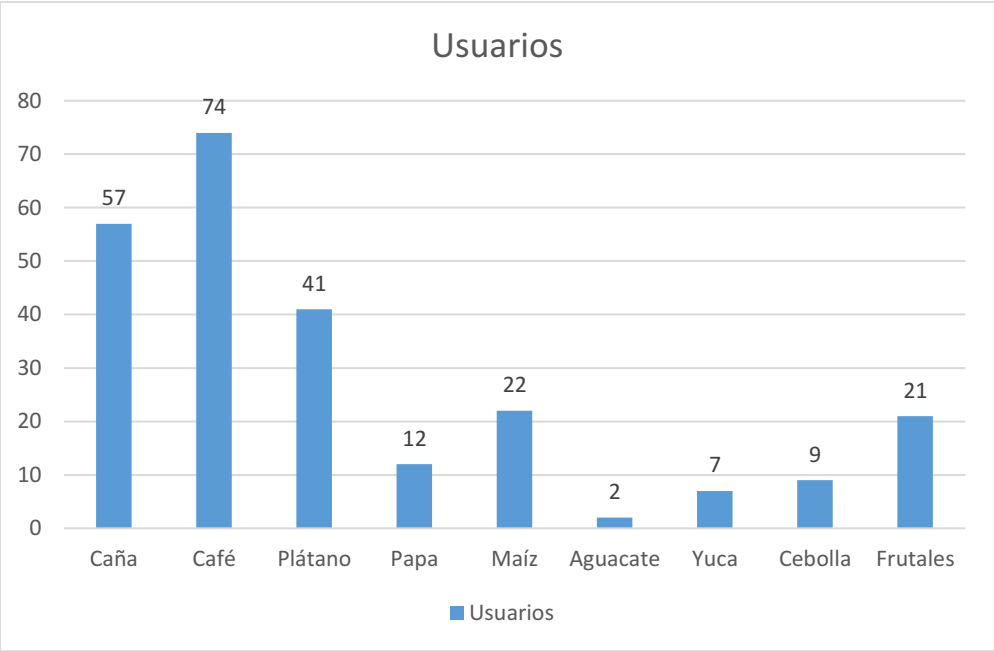
Como se observa en la en la siguiente figura, el agua de abrevadero es usada principalmente para aves en un 74% (316 usuarios) seguido de bovinos con 45,7% (195 usuarios), con la presencia de otros animales. En la categoría de Agrícola, el uso está inclinado a los cultivos de café con el 17,3% (74 usuarios), caña con 13,3% (57 usuarios) y plátano 9,6% (41 usuarios) acompañados de otros especificados en la gráfica.

Figura 113 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio San Cayetano



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

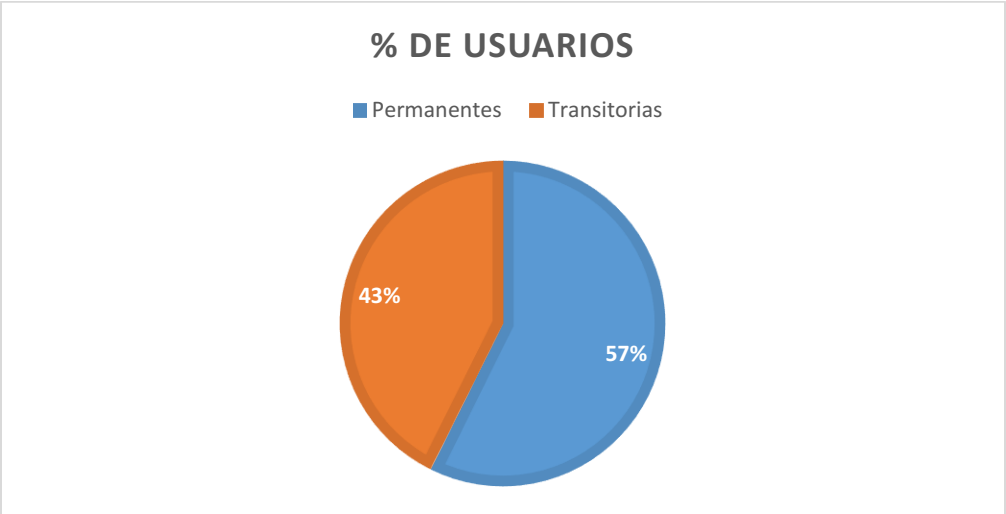
Figura 114 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio San Cayetano



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico en el municipio se observa un registro de 1393 usuarios permanentes que representan el 57,33% y 1061 personas transitorias que pueden ser familiares de los habitantes de la zona o visitantes lo cuales significan un 42,67%.

Figura 115 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio San Cayetano



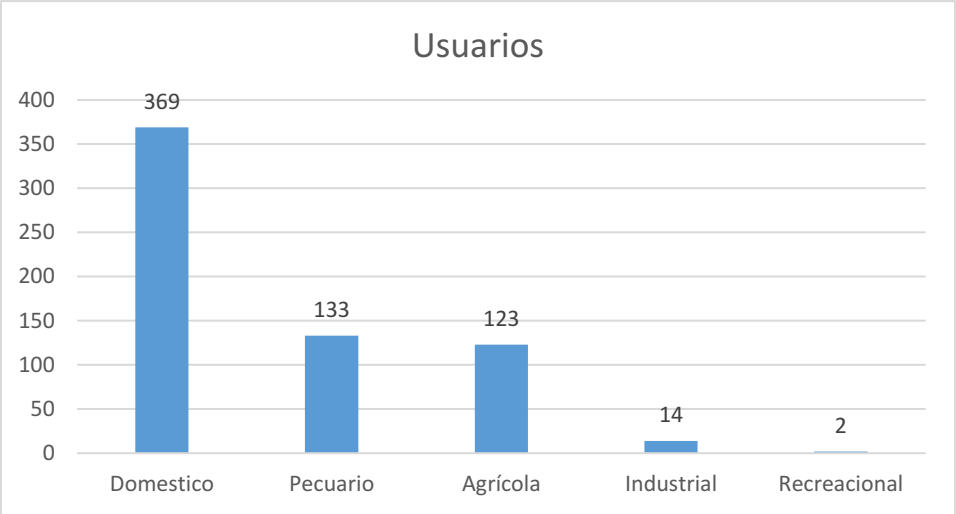
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.7 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE PAIME

El uso actual del agua en el municipio de Paime está en su mayoría destinado al uso doméstico con 350 usuarios es decir el 90,9% de los 385 usuarios registrados, seguido del uso pecuario con 30,9%

(119 usuarios) y agrícola con 55,3% (213 usuarios), además también se evidencian otros usos como el industrial con una representación del 3,6% con (14 usuarios) y el uso recreacional con el 0,5% equivalente a (1 usuarios), lo cual se observa en la en la siguiente figura, en donde se detalla esta información.

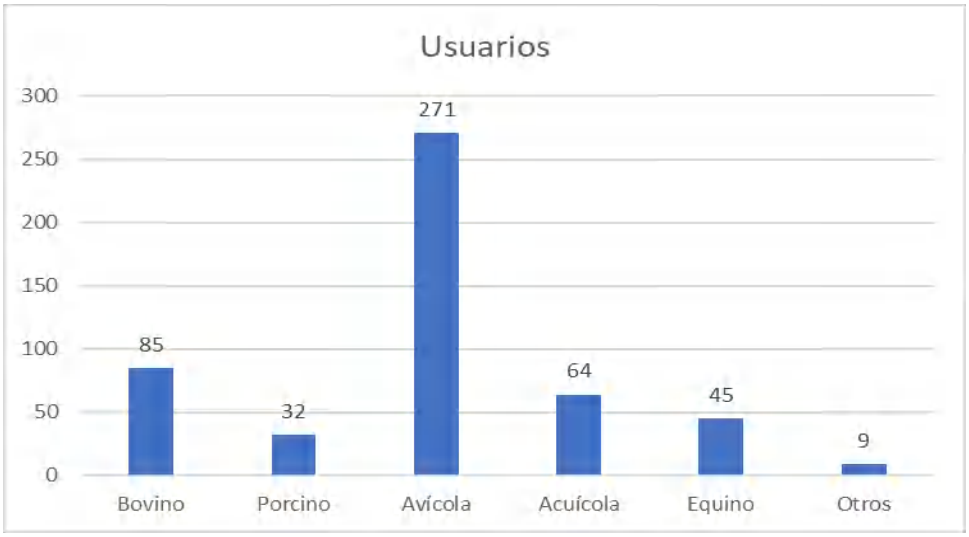
Figura 116 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

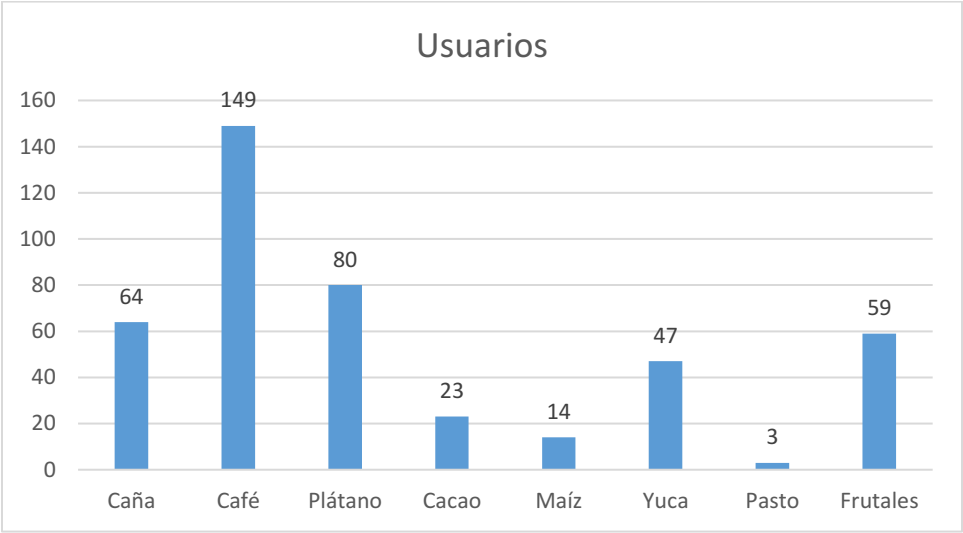
Como se observa en la en la siguiente figura, el agua para abrevadero cuenta con una mayor cantidad de usuarios en la actividad avícola con un 71,4% (271 usuarios) seguido por la actividad bovina con 21,3% (85 usuarios) y acuícola con el 18,4% (64 usuarios). En cuanto al uso agrícola el cultivo con mayor presencia en la zona es el del café con el 39,2% (149 usuarios), seguido del plátano con 21,1% (80 usuarios) y la caña con el 16,8% (64 usuarios). A continuación, se detalla la información anteriormente mencionada.

Figura 117 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

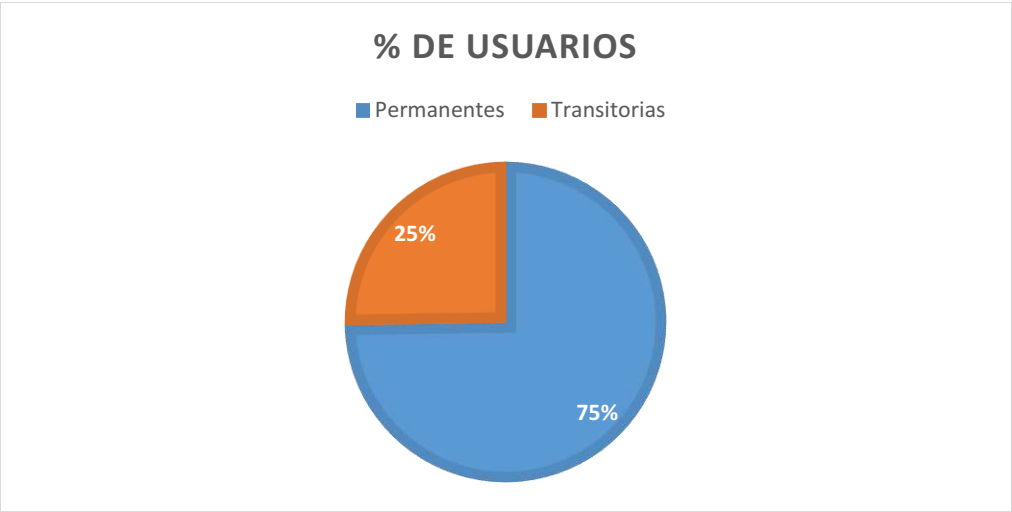
Figura 118 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico se observa en la en la siguiente figura, que de los 380 usuarios 693 personas son permanentes y 232 son transitorias lo cual significa en términos de porcentaje el 74,75 % y 25,25 %, respectivamente.

Figura 119 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Paime

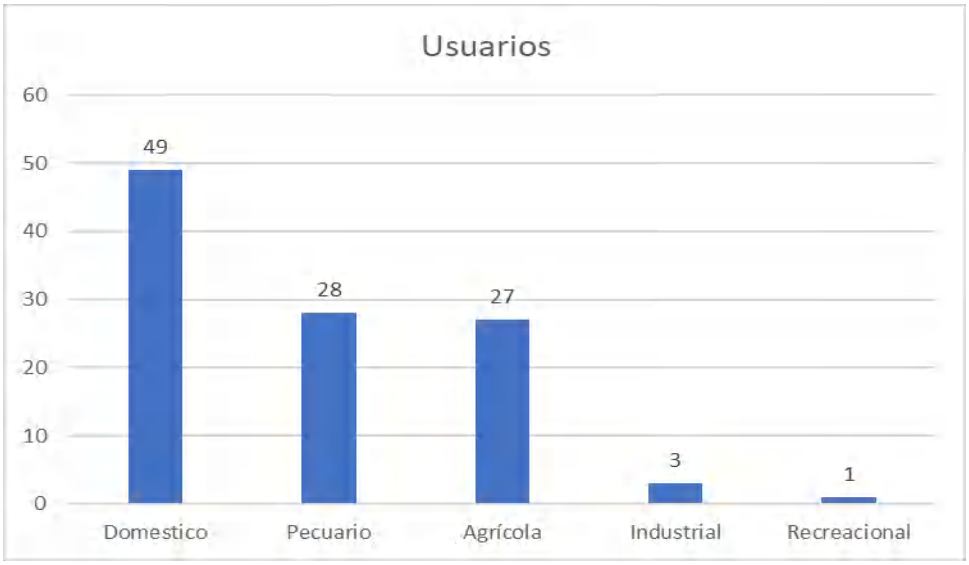


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.8 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN CUERPO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE TOPAIPÍ

El municipio de Topaipí refleja un uso actual doméstico predominante con 92,5% equivalente a 49 usuarios, seguido del uso pecuario con el 52,8% (28 usuarios), agrícola con el 50,9% (27 usuarios), el uso industrial con el 5,7% (3 usuarios) y finalmente, el uso recreativo con el 1,9% (1 usuario).

Figura 120 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio Topaipí

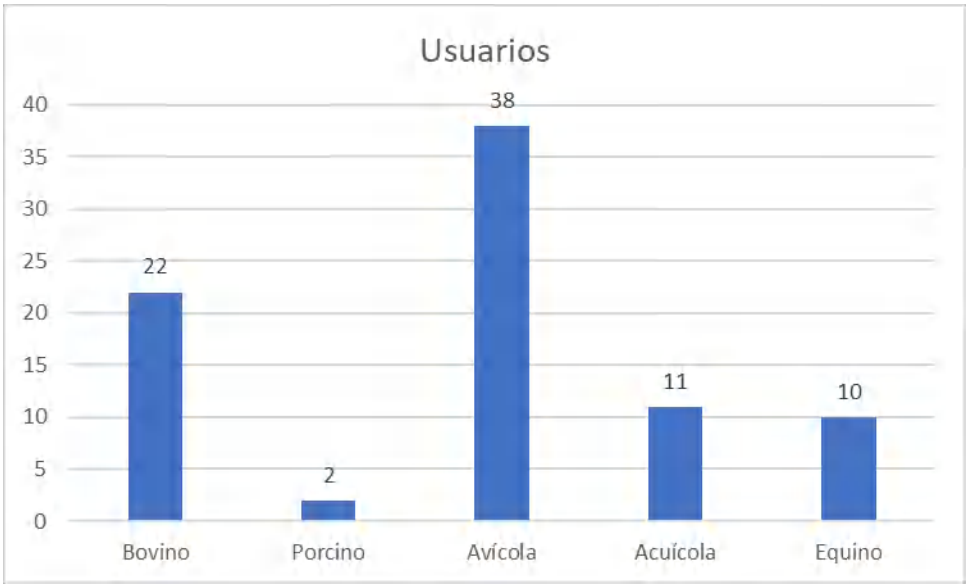


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Para el uso de abrevadero el recurso hídrico es utilizado en su mayoría para actividades avícolas en un 71,5% (38 usuarios), seguido por actividades bovinas en un 41,2% (22 usuarios), actividades acuícolas con 20,8% (11 usuarios) y actividades porcinas y equinas en un 3,7% y 18,9% respectivamente. Respecto al uso agrícola los cultivos con más usuarios son el café y la caña que

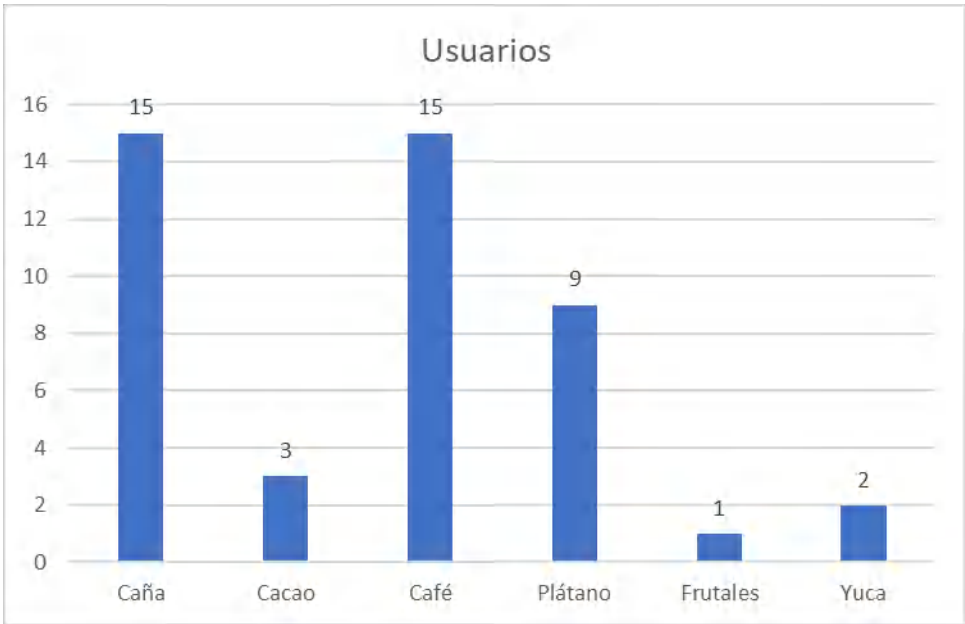
representan el 33,3% (15 usuarios cada uno), seguido por el plátano con 9 usuarios equivalentes al 20,8% cada uno. En la siguiente figura, se puede apreciar la información anteriormente mencionada.

Figura 121 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio Topaipí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 122 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio Topaipí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico el Municipio de Topaipi tiene un número de personas permanentes de 130 y transitorias de 58 usuarios, representando en término de porcentaje el 69,1% y 30,9%.

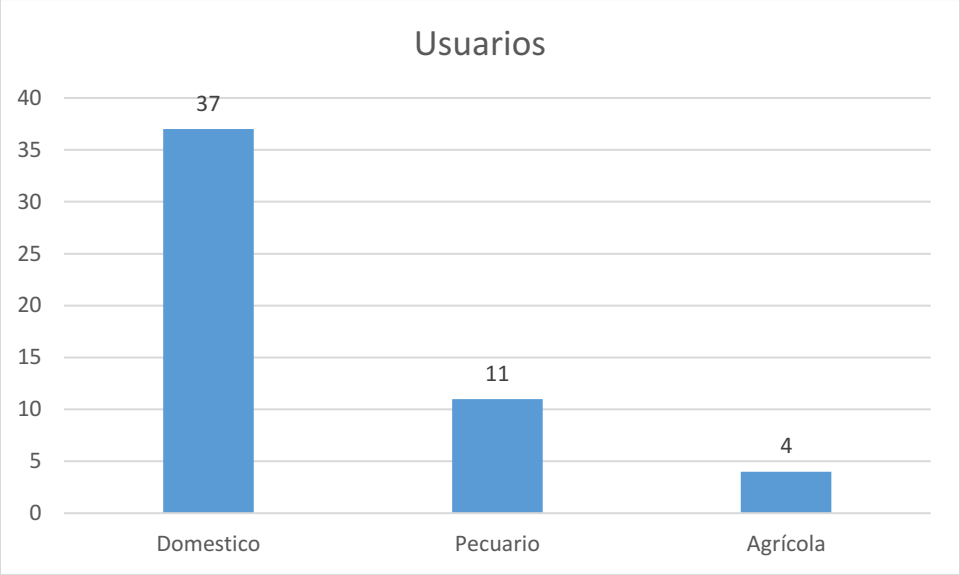
Figura 123 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio Topaipí

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.2.9 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN CUERPO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE TAUSA

El uso actual del recurso hídrico en el municipio de Tausa es en su mayoría doméstico, debido a que el 100% de los usuarios reportan este uso, así mismo 10 de ellos también reportan uso pecuario y 3 uso agrícola representando un 30,3% y 9,1% respectivamente, tal y como se observa en la en la siguiente figura.

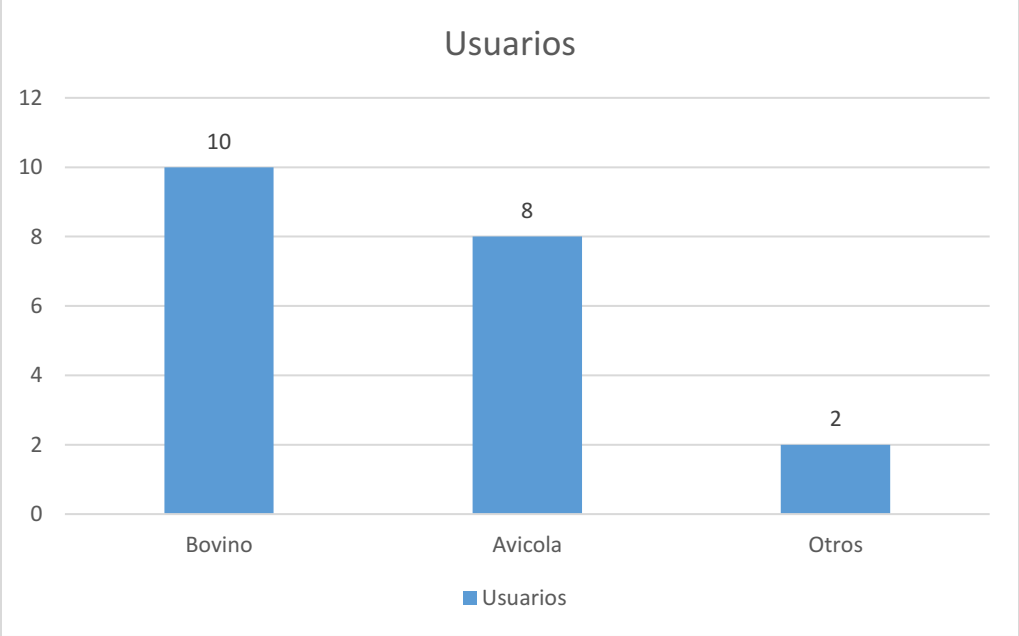
Figura 124 Uso actual en cuerpo de agua en el Municipio de Tausa



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la categoría de pecuario, el uso se encuentra destinado principalmente a la actividad bovina en un 30,3% (10 usuarios) y avícola en un 24,2% y respecto al uso agrícola el uso actual reporta únicamente el 9% es decir, 3 usuarios de cultivo de papa.

Figura 125 Uso Actual Abrevadero y Otros en Cuerpo de Agua en el municipio de Tausa



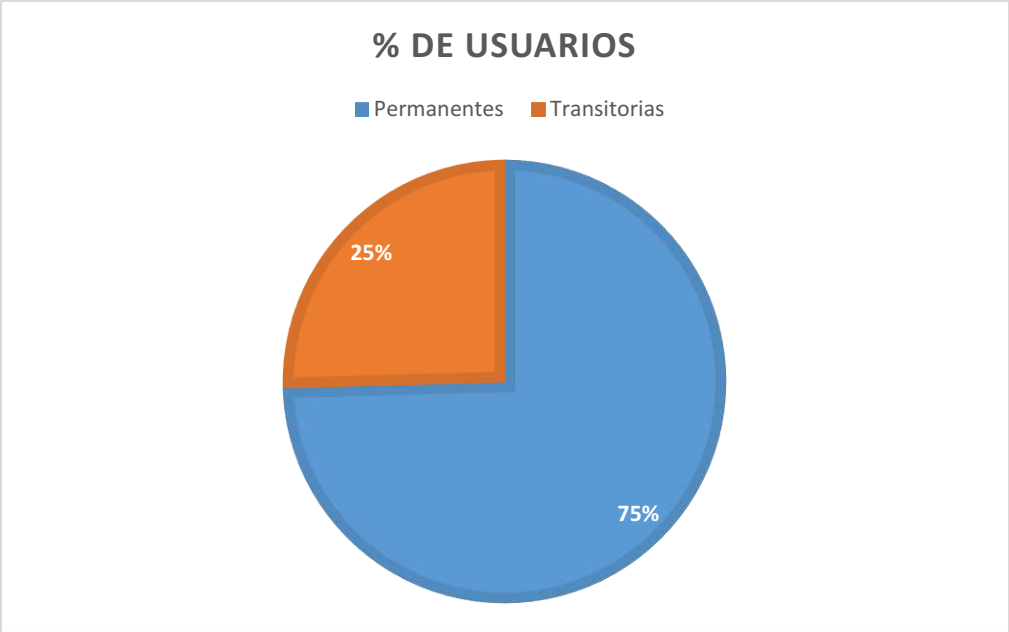
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 126 Uso Actual Agrícola en Cuerpo de Agua en el municipio de Tausa

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, el 74,58% de personas son usuarios permanentes y el 25,42% son usuarios transitorios, es decir 88 y 33 personas respectivamente en la zona identificada con influencia para el Río Negro del municipio de Tausa y registrada en el censo.

Figura 127 Uso Actual Doméstico en Cuerpo de Agua en el municipio de Tausa



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3 USOS ACTUALES DEL RÍO PALENQUE

1.3.1.3.1 USUARIOS FORMALES IDENTIFICADOS A PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

A partir de la información suministrada por Corpoboyacá, la CAR y consultas realizadas en las plataformas corporativas, a continuación, se presenta la información de los usuarios naturales y jurídicos que cuentan con concesión formal del recurso hídrico con su respectivo número de expediente e identificación.

Tabla 74 Usuarios con expedientes activos o archivados persona natural

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
4066038	46808	Concesión	Activo
4067114	34207	Concesión	Activo
1051184152	59060	Concesión	Activo
7011023	60255	Concesión	Activo
4066107	58903	Concesión	Activo
1000128754	58903	Concesión	Activo
7010628	54963	Concesión	Activo
23730211	59035	Concesión	Activo
4065882	49608	Concesión	Activo
7010583	55575	Concesión	Activo
23376248	55324	Concesión	Activo
12102933	64433	Concesión	Activo
4066657	51611	Concesión	Activo
10511850620	53199	Concesión	Activo
23442638	33221	Concesión	Activo
39537987	28607	Concesión	Activo
71010615	58133	Concesión	Activo
23375653	70455	Concesión	Activo
4092814	31767	Concesión	Activo
No Registra	59059	Concesión	Activo
4066079	56706	Concesión	Activo
23375340	59062	Concesión	Activo
23375407	37906	Concesión	Activo
23375319	41479	Concesión	Activo
No Registra	43744	Concesión	Activo
9497791	44472	Concesión	Activo
23731174	44472	Concesión	Activo
19133858	41768	Concesión	Activo
4066435	67537	Concesión	Activo
373960	58813	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
218914478	733	Concesión	Activo
19489801	46658	Concesión	Activo
No Registra	46658	Concesión	Activo
20804507	46658	Concesión	Activo
23490778	56861 y 58323	Concesión	Activo
No Registra	1381	Concesión	Activo
20443819	12753	Concesión	Activo
206050	12753	Concesión	Activo
2983568	12753	Concesión	Activo
373922	64510	Concesión	Activo
20891585	57761	Concesión	Activo
4066047	39217	Concesión	Activo
4066047	41613	Concesión	Activo
20407355	47246	Concesión	Activo
4066657	57022	Concesión	Activo
20891086	36862	Concesión	Activo
No Registra	69461	Concesión	Activo
23375683	42957	Concesión	Activo
80759478	66790	Concesión	Activo
No Registra	24090	Concesión	Activo
No Registra	29007	Concesión	Activo
No Registra	35554	Concesión	Activo
No Registra	42661	Concesión	Activo
23374569	55191	Concesión	Activo
No Registra	47584	Concesión	Activo
No Registra	47585	Concesión	Activo
4066129	52635	Concesión	Activo
23376192	49543	Concesión	Activo
No Registra	56305	Concesión	Activo
23376836	56306	Concesión	Activo
7276963	42953	Concesión	Activo
15895295	47513	Concesión	Activo
23375457	51085	Concesión	Activo
4065762	70098	Concesión	Activo
No Registra	29871	Concesión	Activo
12101045	48112	Concesión	Activo
19241994	66216	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
No Registra	46134	Concesión	Activo
No Registra	29906	Concesión	Activo
No Registra	37061	Concesión	Activo
23376364	42960	Concesión	Activo
4065621	66789	Concesión	Activo
1068952493	30724	Concesión	Activo
79160473	71605	Concesión	Activo
206029	30859	Concesión	Activo
7010547	54978	Concesión	Activo
4083045	68158	Concesión	Activo
4066126	42092	Concesión	Activo
7310795	65717	Concesión	Activo
4065922	58760	Concesión	Activo
4082544	68565	Concesión	Activo
4082544	68566	Concesión	Activo
No Registra	27309	Concesión	Activo
79455343	62804	Concesión	Activo
4895472	69282	Concesión	Activo
7010732	67820	Concesión	Activo
7010552	69123	Concesión	Activo
No Registra	63425	Concesión	Activo
4065663	42097	Concesión	Activo
No Registra	51379	Concesión	Activo
No Registra	51779	Concesión	Activo
23375385	55590	Concesión	Activo
No Registra	29820	Concesión	Activo
23375382	57396	Concesión	Activo
4094525	42954	Concesión	Activo
7011220	69757	Concesión	Activo
51571165	67537	Concesión	Activo
23376858	70459	Concesión	Activo
23376591	58133	Concesión	Activo
23376591	71604	Concesión	Activo
1083115	55065	Concesión	Activo
20317024	68947	Concesión	Activo
20931083	41999	Concesión	Activo
23376587	54963	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
4065600	55834	Concesión	Activo
No Registra	29817	Concesión	Activo
No Registra	35307	Concesión	Activo
52350437	63428	Concesión	Activo
23376030	43744	Concesión	Activo
No Registra	49728	Concesión	Activo
23485138	41768	Concesión	Activo
23485138	41768	Concesión	Activo
23375374	55199	Concesión	Activo
23380083	59292	Concesión	Activo
23380083	59291	Concesión	Activo
23375046	47054	Concesión	Activo
41703473	65718	Concesión	Activo
39743022	67818	Concesión	Activo
23374670	45138	Concesión	Activo
No Registra	34714	Concesión	Activo
891808260-0	28670	Concesión	Activo
891808260-0	28671	Concesión	Activo
1022966	57245	Concesión	Activo
4082873	69285	Concesión	Activo
23729732	55203	Concesión	Activo
23729732	55203	Concesión	Activo
23799514	65716	Concesión	Activo
23375257	57557	Concesión	Activo
4158707	70223	Concesión	Activo
4158707	71606	Concesión	Activo
19129930	47511	Concesión	Activo
No Registra	30182	Concesión	Activo
No Registra	31519	Concesión	Activo
4157139	43393	Concesión	Activo
1011551	41731	Concesión	Activo
No Registra	37934	Concesión	Activo
7010933	59060	Concesión	Activo
No Registra	35683	Concesión	Activo
4065751	59067	Concesión	Activo
4197998	47936	Concesión	Activo
1012088	49548	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
23375184	45013	Concesión	Activo
23376284	55067	Concesión	Activo
23376295	69756	Concesión	Activo
79705728	55489	Concesión	Activo
2986497	51032	Concesión	Activo
No Registra	39541	Concesión	Activo
No Registra	31101	Concesión	Activo
4067091	33114	Concesión	Activo
No Registra	46508	Concesión	Activo
23729448	51184	Concesión	Activo
23490385	65712	Concesión	Activo
23376186	44203	Concesión	Activo
23376186	66031	Concesión	Activo
23376186	37905	Concesión	Activo
12102933	64433	Concesión	Activo
1012015	42616	Concesión	Activo
No Registra	44345	Concesión	Activo
4065882	27309	Concesión	Activo
No Registra	0590-2018	Concesión	Activo
No Registra	28561	Concesión	Activo
No Registra	40907	Concesión	Activo
No Registra	40907	Concesión	Activo
105550548	68748	Concesión	Activo
No Registra	82823	Concesión	Activo
No Registra	77259	Concesión	Activo
1015422133	40468	Concesión	Activo
1051184188	82033	Concesión	Activo
79900345	55581	Concesión	Activo
79900345	78521	Concesión	Activo
79900345	No registra	Concesión	Activo
79900345	No registra	Concesión	Activo
79900345	No registra	Concesión	Activo
No Registra	64510	Concesión	Activo
No Registra	57761	Concesión	Activo
No Registra	36862	Concesión	Activo
No Registra	58813	Concesión	Activo
3222067	60944	Concesión	Activo

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
No Registra	51032	Concesión	Activo
No Registra	43165	Concesión	Activo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

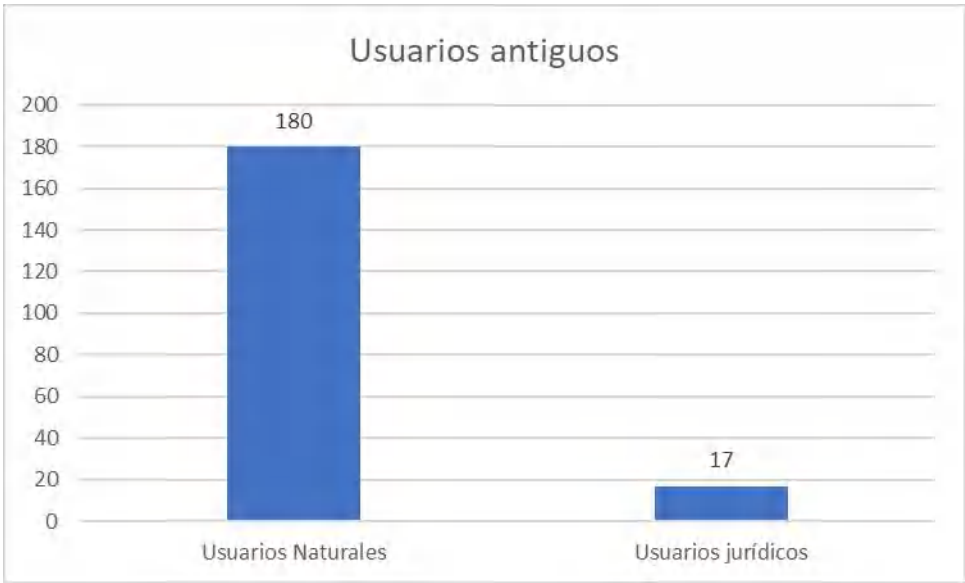
Tabla 75 Usuarios con expedientes activos o archivados persona jurídica

IDENTIFICACIÓN	N° EXPEDIENTE	TIPO DE EXPEDIENTE	ESTADO
9003276481	50017	Concesión	Activo
900867050-4	59805	Concesión	Activo
900867050-4	59809	Concesión	Activo
900836215-1	67819	Concesión	Activo
900395930-4	38152	Concesión	Activo
89808260-0	28669	Concesión	Activo
No Registra	15638	Concesión	Activo
801004314-1	73628	Concesión	Activo
891808260-0	58707	Concesión	Activo
891808260-0	28667	Concesión	Activo
891808260-0	40907	Concesión	Activo
891808260-0	40907	Concesión	Activo
No Registra	12925	Concesión	Activo
No Registra	12925	Concesión	Activo
899999704	No Registra	Concesión	Activo
800094751	No Registra	Concesión	Activo
800094751	No Registra	Concesión	Activo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Como se observa en las tablas anteriores, la UHN I Río Palenque cuenta con 197 expedientes activos para la concesión de aguas por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR de los cuales 180 expedientes son otorgados a personas de tipo natural y 17 a personas de tipo jurídico.

Figura 128 . Usuarios con expedientes activos o archivados según información secundaria



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a los vertimientos, en el área de estudio se encontraron 13 usuarios con permiso de vertimientos por parte de la CAR, de los cuales 7 son usuarios de tipo natural y 6 usuarios de tipo jurídico. En la siguiente tabla se muestra el caudal de descarga autorizado y sitio de descarga del vertimiento para cada usuario con su respectivo número de expediente e identificación.

Tabla 76 Usuarios actuales con permiso de vertimiento

TIPO PERSONA	N° DOCUMENTO	N° EXPEDIENTE	CAUDAL DE DESCARGA (L/S)	CAUDAL AUTORIZADO (L/S)	SITIO DE DESCARGA
JURÍDICA PÚBLICA	9003276481	0512100682	No registra	No registra	tratamiento
JURÍDICA PÚBLICA	800024789-8	No registra	No registra	No registra	corriente superficial
JURÍDICA PÚBLICA	900327646	41171	1	1	corriente superficial
NATURAL	1061654361	No registra	No registra	No registra	pozo séptico
NATURAL	1072496063	No registra	<1	No registra	pozo séptico
NATURAL	No registra	56238	No registra	No registra	corriente superficial
NATURAL	No registra	79359	1,5-2	No registra	corriente superficial
NATURAL	79900345	40914	No registra	No registra	No registra
NATURAL	79900345	45197	5	No registra	corriente superficial
NATURAL	79900345	45197	5	No registra	corriente superficial
JURÍDICA PÚBLICA	899999704	40867	0,3	0,3	quebrada venecia
JURÍDICA PÚBLICA	800094751	45197	1,8	1,8	quebrada robledal

TIPO PERSONA	N° DOCUMENTO	N° EXPEDIENTE	CAUDAL DE DESCARGA (L/S)	CAUDAL AUTORIZADO (L/S)	SITIO DE DESCARGA
JURÍDICA PÚBLICA	800094751	45197	0,3	0,3	quebrada santa maría

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

A continuación, se presenta el caudal otorgado a los usuarios de tipo natural y jurídico para llevar a cabo una o varias de las actividades determinadas en el RURH.

Tabla 77 Evidencia medición de caudales personas naturales

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	CAUDAL OTORGADO
Natural	46808	x	x		x	x	0.01
Natural	34207	x	x		x		0.02
Natural	59060						0.094
Natural	60255	x	x		x		0.14
Natural	58903	x					0.107
Natural	58903	x					0.107
Natural	54963		x		x	x	0.15
Natural	59035	x		x	x	x	0,25
Natural	49608	x	x		x		0,022
Natural	55575	x				x	0.02
Natural	55324	x	x	x	x	x	0.04
Natural	64433	x	x		x	x	2
Natural	51611, 02152	x	x		x	x	0,05
Natural	53199	x	x		x	x	No Registra
Natural	33221	x			x	x	0.02
Natural	28607	x			x	x	0.05
Natural	58133	x			x		0.313
Natural	70455	x				x	0.07
Natural	31767	x			x	x	0.01
Natural	59059						0.046
Natural	56706	x			x	x	0,01
Natural	59062	x			x		0.02
Natural	37906	x	x		x		0.03
Natural	41479	x			x		0.15
Natural	43744	x					0,2
Natural	44472	x			x	x	0,2
Natural	44472	x					0,3
Natural	41768	x	x		x	x	0.04
Natural	67537	x				x	No Registra

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	CAUDAL OTORGADO
Natural	58813	x					0.02
Natural	733					x	2
Natural	46658	x					1,23
Natural	46658						1,23
Natural	46658	x					1,23
Natural	56861 y 58323	x		x	x		0.01 y 0.01
Natural	1381						No Registra
Natural	12753	x					0,175
Natural	12753	x				x	0,175
Natural	12753	x				x	0,175
Natural	64510						1,56
Natural	57761						0,02
Natural	39217						0,01
Natural	41613						0,01
Natural	47246						0,02
Natural	57022						0,04
Natural	36862						0,02
Natural	69461						0,006
Natural	42957						0,02
Natural	66790						0,226
Natural	24090						1,12
Natural	29007						0,02
Natural	35554						0,02
Natural	42661						0,12
Natural	55191						0,01
Natural	47584						0,7
Natural	47585						0,7
Natural	52635						0,09
Natural	49543						0,01
Natural	56305						0,28
Natural	56306						0,1
Natural	42953						0,02
Natural	47513						0,03
Natural	51085						0,03
Natural	70098						0,21
Natural	29871						0,01
Natural	48112						0,02
Natural	66216						0,014
Natural	46134						1,34

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	CAUDAL OTORGADO
Natural	29906						0,02
Natural	37061						0,07
Natural	42960						0,02
Natural	66789						0,101
Natural	30724						0,34
Natural	71605						0,01
Natural	30859						0,82
Natural	54978						0,088
Natural	68158						0,011
Natural	42092						0,03
Natural	65717						0,035
Natural	58760						0,138
Natural	68565						0,033
Natural	68566						0,17
Natural	27309						0,08
Natural	62804						0,091
Natural	69282						0,035
Natural	67820						0,01
Natural	69123						0,03
Natural	63425						0,01
Natural	42097						0,01
Natural	51379						0,09
Natural	51779						0,65
Natural	55590						0,02
Natural	29820						0,02
Natural	57396						0,008
Natural	42954						0,02
Natural	69757						0,112
Natural	67537						0,14
Natural	70459						0,036
Natural	58133						0,313
Natural	71604						0,02
Natural	55065						0,13
Natural	68947						0,02
Natural	41999						0,02
Natural	54963						0,15
Natural	55834						0,03
Natural	29817						0,01
Natural	35307						0,02

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	CAUDAL OTORGADO
Natural	63428						0,01
Natural	43744						0,02
Natural	49728						0,01
Natural	41768						0,04
Natural	41768						0,04
Natural	55199						0,04
Natural	59292						0,029
Natural	59291						0,01
Natural	47054						0,25
Natural	65718						0,03
Natural	67818						0,01
Natural	45138						0,02
Natural	34714						0,13
Natural	28670						0,61
Natural	28671						0,53
Natural	57245						0,094
Natural	69285						0,037
Natural	55203						0,24
Natural	55203						0,24
Natural	65716						0,035
Natural	57557						0,01
Natural	70223						0,07
Natural	71606						0,07
Natural	47511						0,2
Natural	30182						0,02
Natural	31519						0,01
Natural	43393						0,02
Natural	41731						0,02
Natural	37934						0,03
Natural	59060						0,094
Natural	35683						0,02
Natural	59067						0,021
Natural	47936						0,09
Natural	49548						0,03
Natural	45013						0,01
Natural	55067						0,04
Natural	69756						0,064
Natural	55489						0,15
Natural	51032						0,11

TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	CAUDAL OTORGADO
Natural	39541						0,02
Natural	31101						0,01
Natural	33114						0,02
Natural	46508						0,01
Natural	51184						0,01
Natural	65712	x					0,046
Natural	44203						0,06
Natural	66031						0,063
Natural	37905						0,03
Natural	64433				x	x	0,14
Natural	42616						0,02
Natural	44345						0,16
Natural	27309	x	x		x		0,08
Natural	0590-2018	x					No Registra
Natural	28561		x			x	0,13
Natural	40907	x					0,38
Natural	40907	x					1,51
Natural	68748	x	x	x	x	x	No Registra
Natural	82823	x	x	x	x	x	No Registra
Natural	77259						No Registra
Natural	40468	x					No Registra
Natural	82033	x					No Registra
Natural	55581						No Registra
Natural	78521	x					2,06
Natural	No Registra						No Registra
Natural	No Registra						No Registra
Natural	No Registra						No Registra
Natural	64510		x			x	1,56
Natural	57761	x					0,02
Natural	36862	x					0,02
Natural	58813	x					0,02
Natural	60944	x					0,01
Natural	51032		x			x	0,11
Natural	43165	x					0,01

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tabla 78 Evidencia medición de caudales persona jurídica

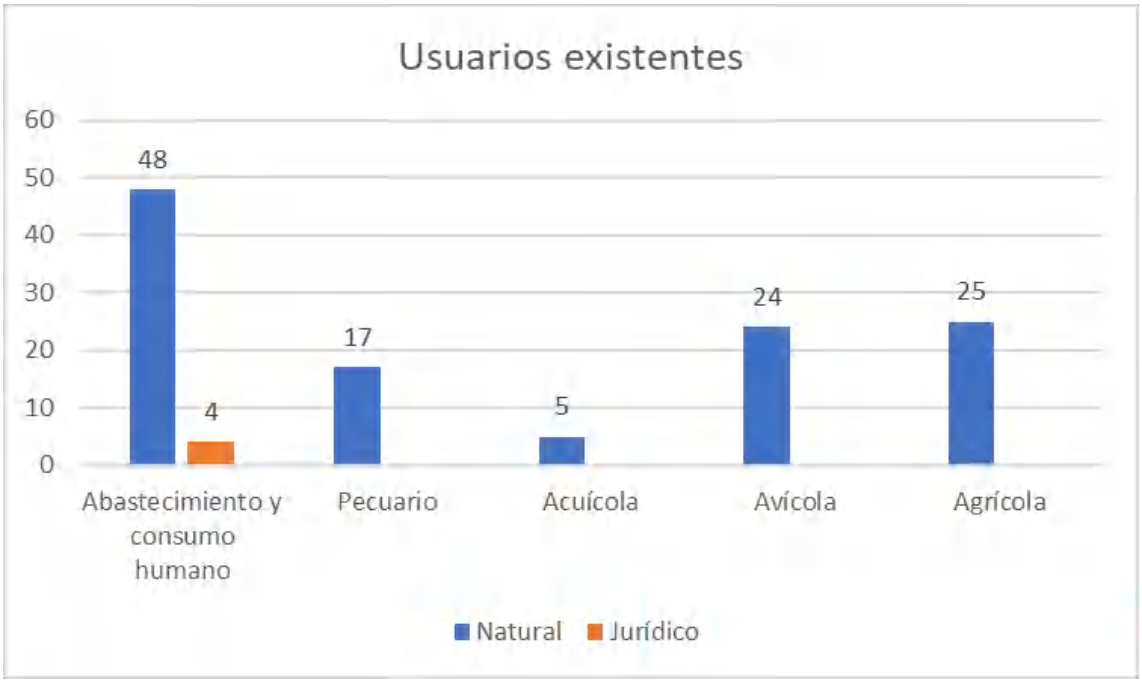
TIPO DE USUARIO	EXPEDIENTE	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO HUMANO	PECUARIO	ACUÍCOLA	AVÍCOLA	AGRÍCOLA	CAUDAL OTORGADO (L/S)

Jurídico	50017						Null
Jurídico	59805						0,192
Jurídico	59809						0,255
Jurídico	67819						0,32
Jurídico	38152						0,18
Jurídico	28669						0,34
Jurídico	15638						0,729
Jurídico	73628						0,06
Jurídico	58707						0,2
Jurídico	28667						0,58
Jurídico	40907						0,9
Jurídico	40907						0,3
Jurídico	12925						0,46
Jurídico	12925	X					0,46
Jurídico	No registra	X					No registra
Jurídico	No registra	X					No registra
Jurídico	No registra	X					No registra

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Tal y como se observa en las tablas anteriores, de los 197 usuarios que cuentan con expedientes activos, únicamente 53 usuarios de tipo natural y 4 usuarios de tipo de jurídico cuentan con información del uso que le dan al recurso hídrico en donde 52 usuarios (48 naturales y 4 jurídicos) utilizan el recurso para abastecimiento humano, 17 usuarios lo utilizan para actividades pecuarias, 5 para actividades acuícolas, 24 para actividades avícolas y 25 para actividades agrícolas.

Figura 129 Actividades del componente uso del agua registradas en los expedientes CAR persona natural



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.2 USUARIOS INFORMALES IDENTIFICADOS A PARTIR DEL CENSO DE USUARIOS

En la UHN I Río Palenque se identificó un total de 1931 usuarios a los cuales se les solicito según uno de los ítems del formato RURH dar información sobre el tipo de concesión que posee, formal o informal, adicional y según si la respuesta es concesión formal, se le solicitó el número de expediente, resolución, fecha de autorización, caudal autorizado, desde y hasta cuando tiene vigencia la concesión. Sin embargo, muchos de los usuarios que afirman ser usuarios formales no conocen o no aportan la información del expediente.

De los 1931 usuarios identificados y censados en el trabajo de campo, 1910 se identificaron como usuarios de tipo Natural y 21 como usuarios de tipo jurídico, tal y como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 130 Identificación de usuarios nuevos en el censo para el uso del recurso hídrico

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

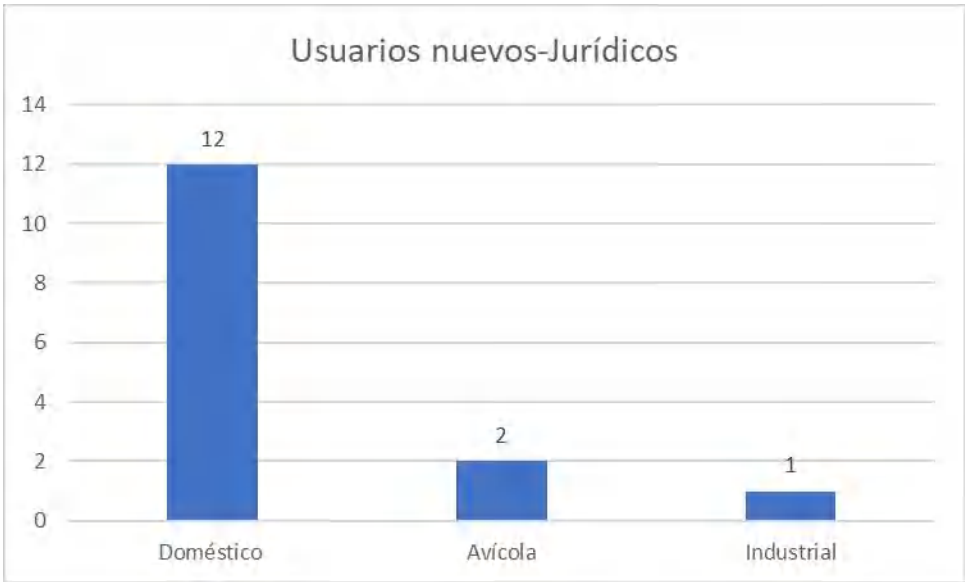
En cuanto a los vertimientos, se evidencio que 1555 usuarios vierten el agua de la siguiente manera: 1302 usuarios utilizan sistemas de pozos sépticos que permite el tratamiento previo al vertimiento de aguas residuales, 138 los vierten directamente al suelo, 43 a la corriente superficial, 4 alcantarillado veredal y de 49 usuarios no se tuvo respuesta.

Para los usuarios nuevos en el componente uso del agua solicitado en el RURH requiere caudales utilizados en las actividades de abastecimiento y consumo humano, pecuarias, acuícolas, avícolas, agrícolas y otros que pueden ser industriales y recreativas. De acuerdo con el censo de usuarios realizado al interior de la subcuenca se identificó que 1765 usuarios (1753 personas naturales y 12 personas jurídicas) utilizan el recurso hídrico para actividades domésticas, 554 para actividades pecuarias, 69 para actividades acuícolas, 841 (839 personas naturales y 2 persona jurídica) para actividades avícolas, 695 para actividades agricolas,15 (14 usuarios naturales y 1 jurídico) para actividades industriales y 4 para actividades recreativas.

Figura 131 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos-persona natural

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 132 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos- Persona jurídica



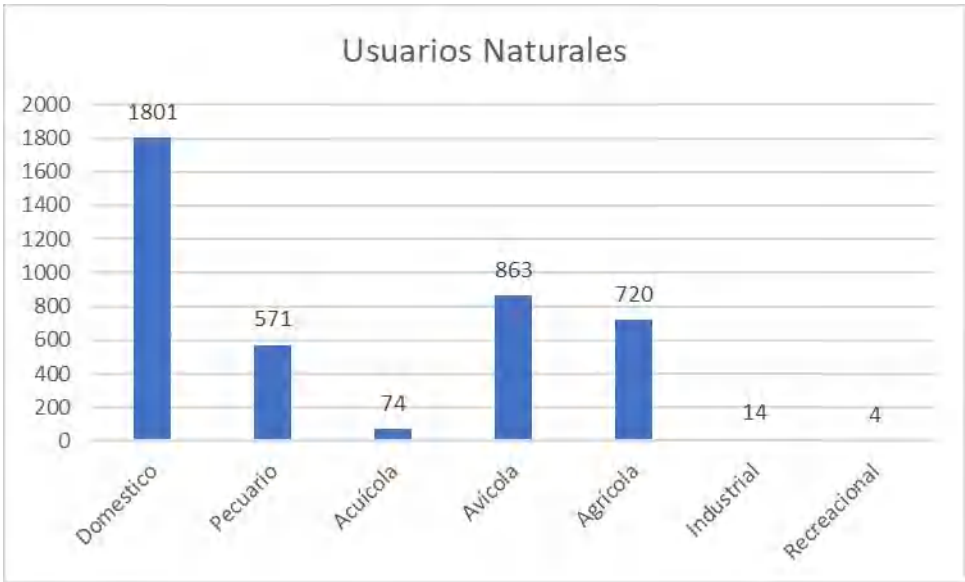
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 133 Consolidado general de las actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) usuarios nuevos

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

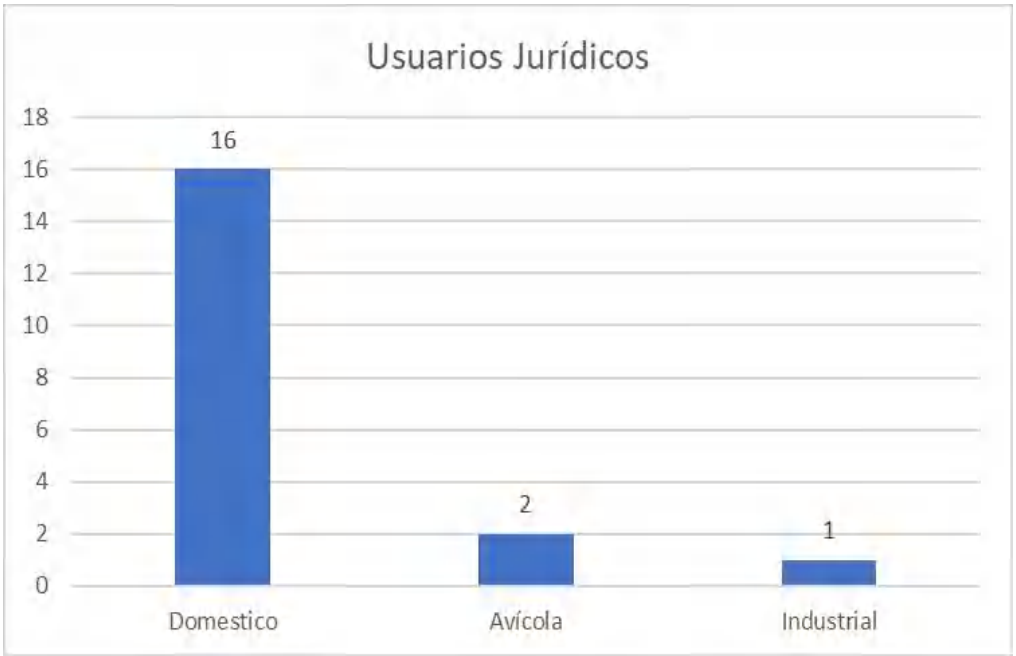
En las siguientes figuras se presentan las actividades del componente uso del agua realizadas por la totalidad de usuarios (nuevos y existentes) de tipo natural y jurídico identificados en censo.

Figura 134 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona natural



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 135 Actividades del componente uso del agua Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) en persona jurídica



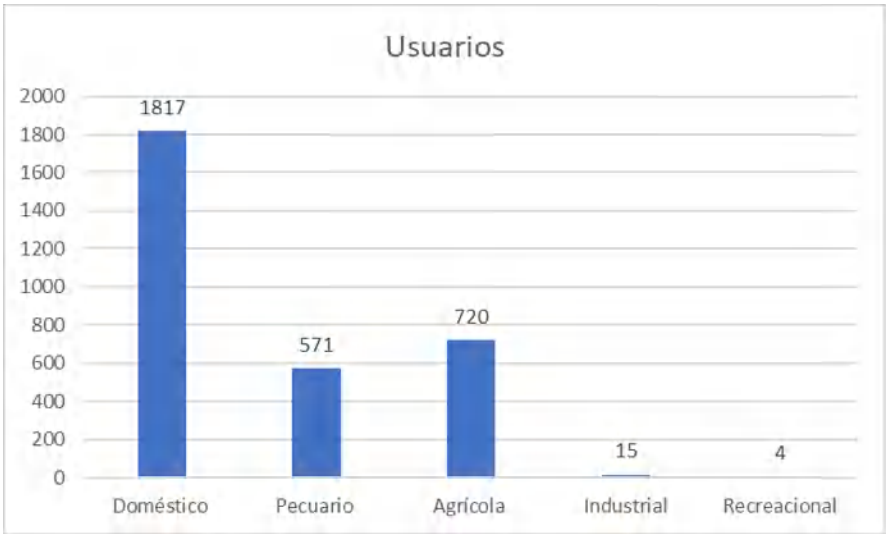
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

A continuación, se realiza un consolidado general de los usos actuales del recurso hídrico teniendo en cuenta los usuarios censados y los encontrados en expedientes al interior de la subcuenca Río Palenque.

1.3.1.3.3 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN CUERPO DE AGUA DEL RÍO PALENQUE

En el Río Palenque, el uso actual predominante es el doméstico con 1817 usuarios, es decir, el 85,5% seguido del uso agrícola con el 33,8% (720 usuarios), uso pecuario con el 26,9% (571 usuarios), uso industrial con el 0,7% (15 usuarios) y uso recreacional con el 0,2% (4 usuarios).

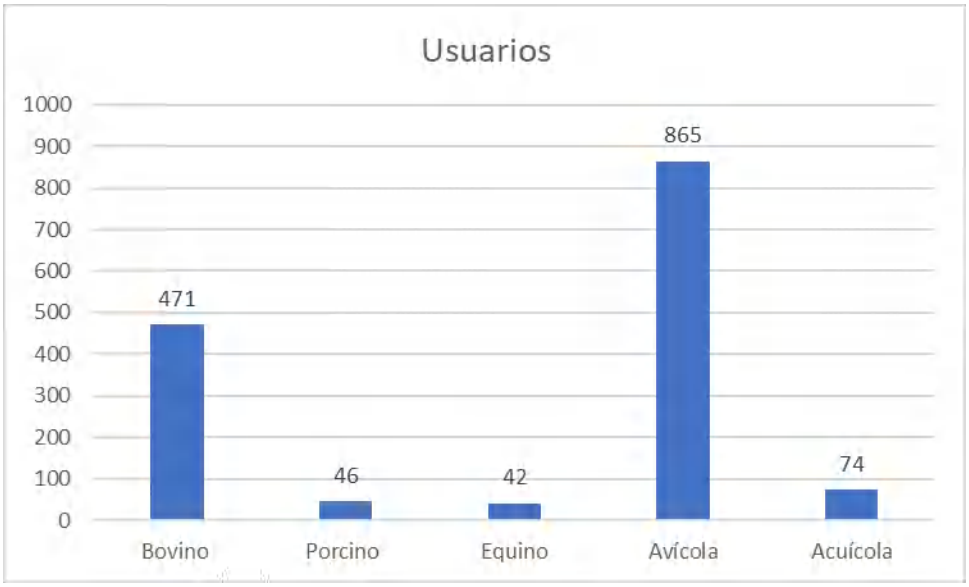
Figura 136 Usos y usuarios de agua en la cuenca del río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

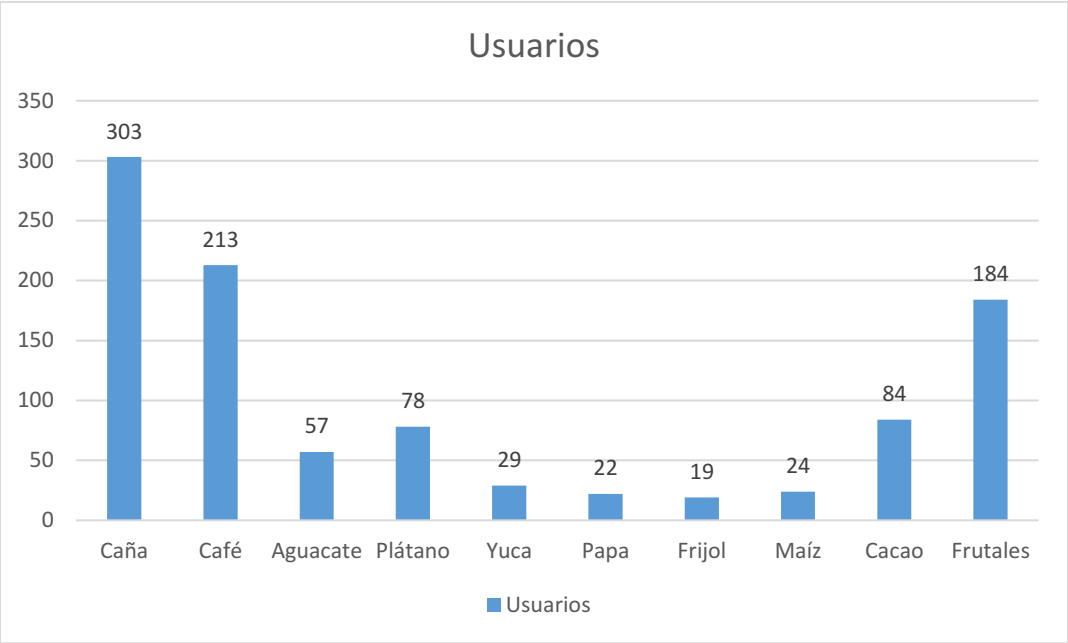
Específicamente en el sector pecuario 865 usuarios (47,8%) utilizan el recurso hídrico para actividades avícolas, 471 usuarios (23,5%) en actividades bovinas y (1,9%) en el sector acuícola, en la siguiente figura se observa detalladamente esta información. Para el sector agrícola el mayor uso esta para los cultivos de caña con 15,9% (303 usuarios), café con el 11,2% (213 usuarios) y frutales con 9,7% (184 usuarios), en la en la siguiente figura, se completa la información anteriormente mencionada.

Figura 137 Usos de agua Abrevadero y Otros en la cuenca del Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

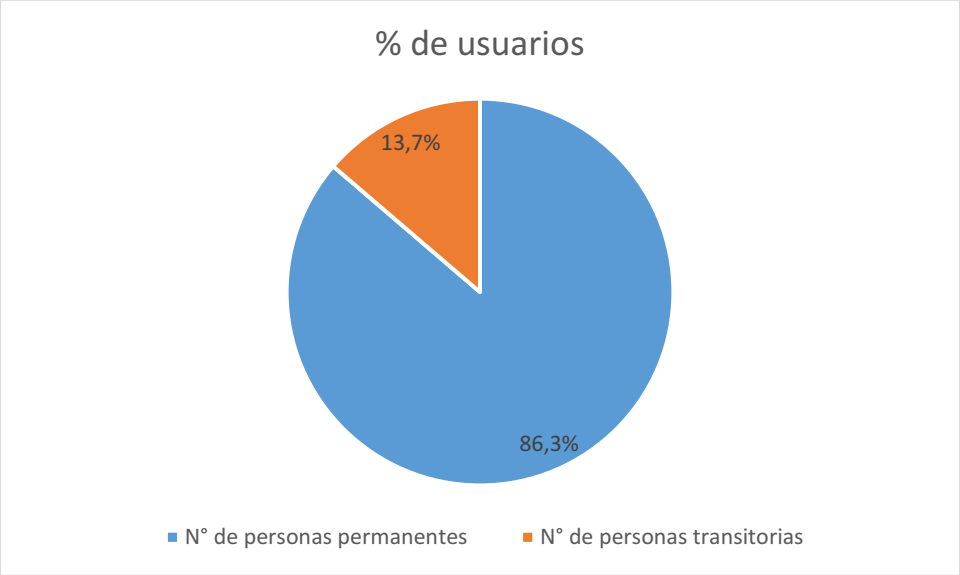
Figura 138 Usos de agua Agrícola en la cuenca del Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En el uso doméstico como se observa en la en la siguiente figura, la mayoría de los usuarios son permanentes y representan el 86,3%, a lo largo del año tienen una presencia de 2246 visitantes o personas transitorias que representa un 13,7%.

Figura 139 Usos de agua Doméstico en la cuenca del Río Palenque

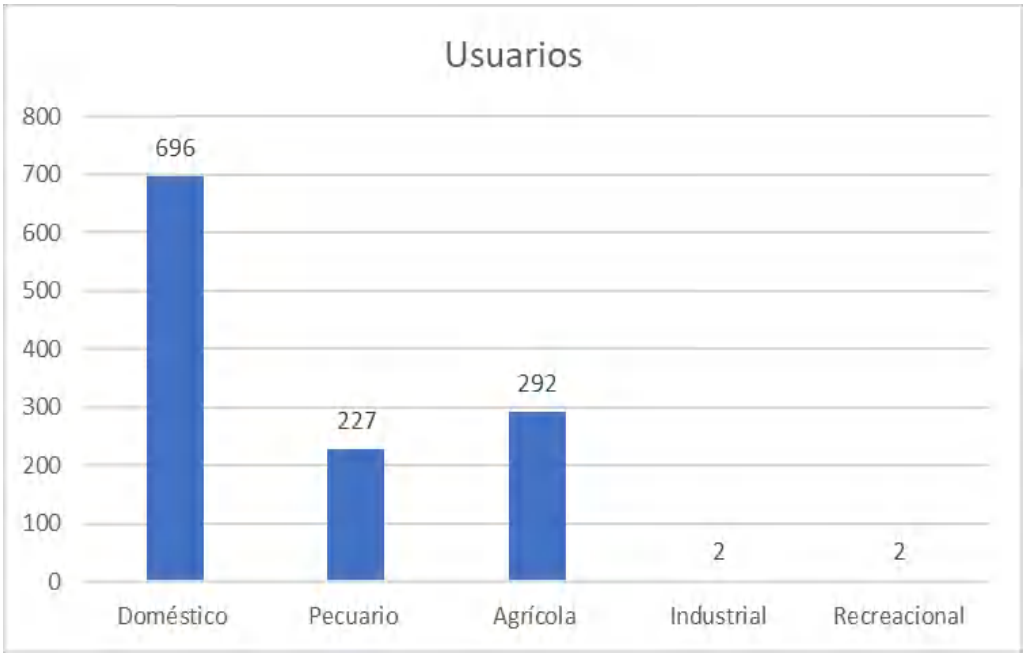


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.4 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE BUENAVISTA

Para el municipio de Buenavista el recurso hídrico se destina en un 78,7% (696 usuarios) para la actividad doméstica siendo este el uso que mayor se presenta en la UHN I Río Palenque, seguido por el uso agrícola con el 33,8% (292 usuarios), el uso pecuario con el 25,8% (227 usuarios) y el uso industrial y recreativo con el 0,2% (2 usuarios). En la siguiente figura, se presenta el uso actual del recurso hídrico al interior del municipio.

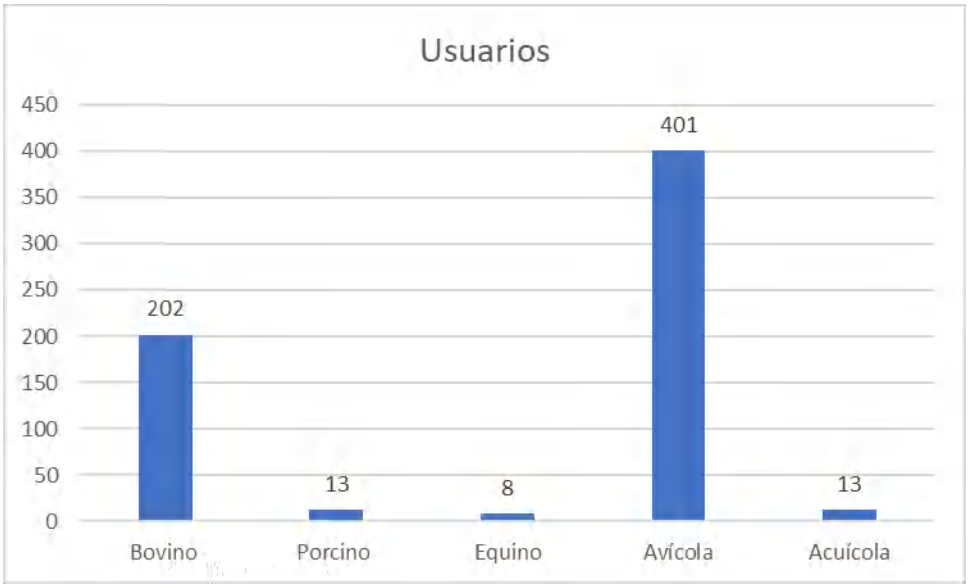
Figura 140 Usos y usuarios de agua en el municipio de Buenavista



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

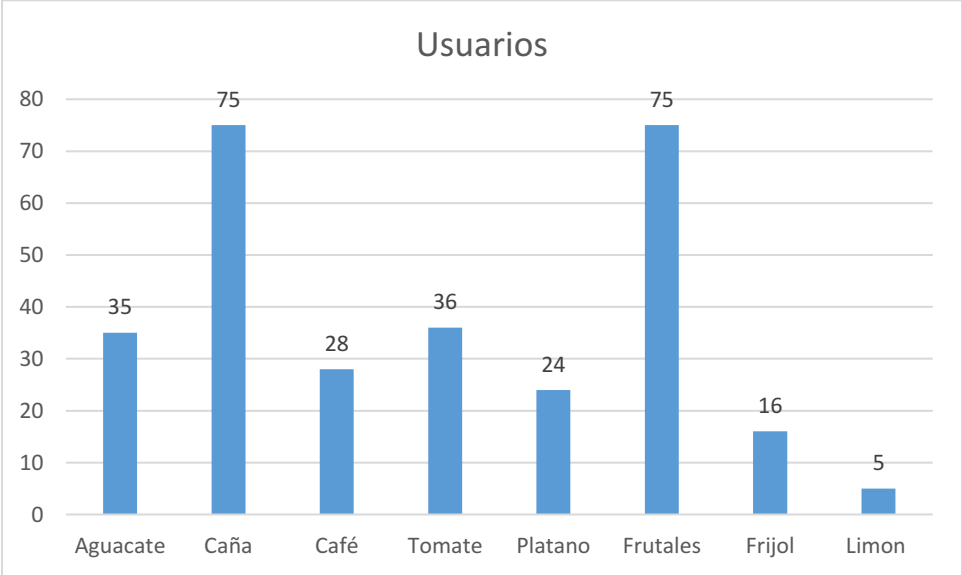
En el uso por abrevadero, la actividad avícola es la que tiene mayor presencia en la zona con el 44,1% es decir, 401 usuarios, seguido por la actividad bovina con 202 usuarios equivalente al 22,9% del total de los usuarios y las actividades porcinas y acuícolas con el 15% (13 usuarios). En cuanto al uso agrícola, el cultivo de frutas y caña son las actividades con mayor uso del cuerpo de agua con 75 usuarios cada uno, es decir el 10,4% del uso total, A continuación, se presenta la información anteriormente mencionada.

Figura 141 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Buenavista



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

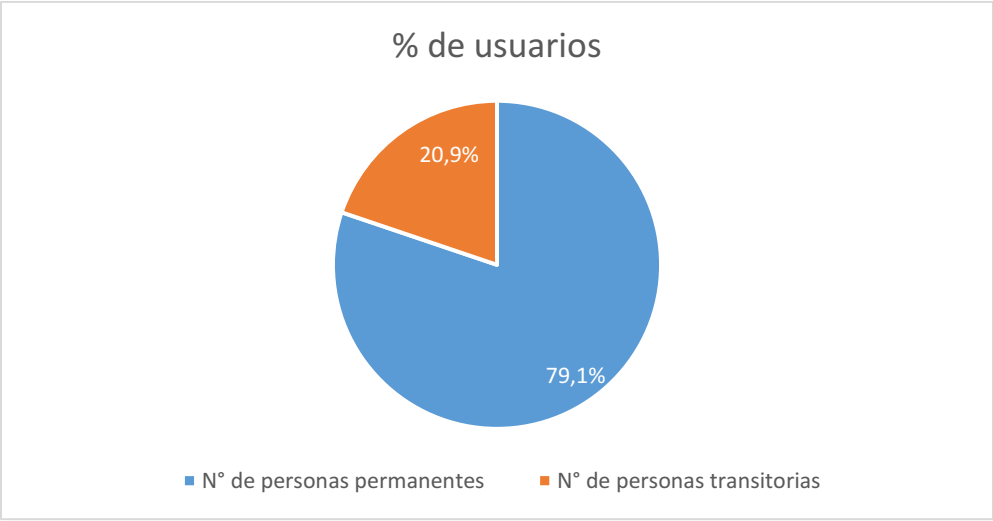
Figura 142 Usos de agua Agrícola en el municipio de Buenavista



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, se observa que la mayoría de los usuarios son permanentes y representan el 79,1%. Por otro lado, según lo reportado, a lo largo del año la microcuenca tiene una presencia de 1165 visitantes o personas transitorias que representa el 20,9% del total de los usuarios.

Figura 143 Usos de agua Doméstico en el municipio de Buenavista

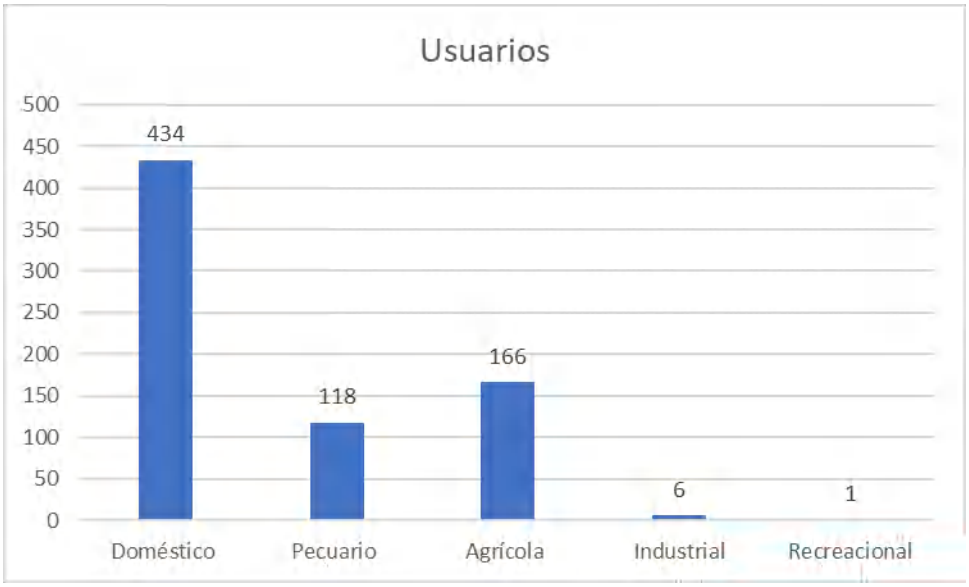


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.5 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO DEL MUNICIPIO DE COPER

Para el municipio de Coper se registra el 93,1% es decir 434 usuarios para uso doméstico siendo este el uso predominante de la zona, seguido del uso agrícola con el 33,1% (166 usuarios), el uso pecuario con el 24,4% (1178usuarios), industrial con el 1,2% (6 usuarios) y la actividad recreacional con el 0,4% con 1 usuario. En la en la siguiente figura, se presenta el uso actual del recurso hídrico al interior del municipio.

Figura 144 Usos y usuarios de agua en el municipio de Coper

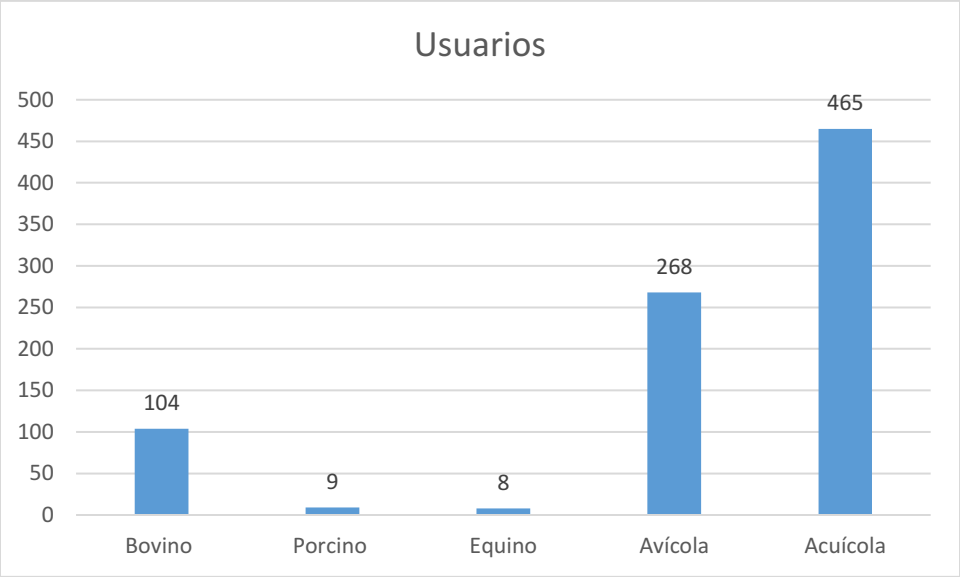


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso por abrevadero y uso agrícola el recurso hídrico es utilizado en el municipio principalmente para los sectores acuícola con una participación del 51,1% (465 usuarios), seguido

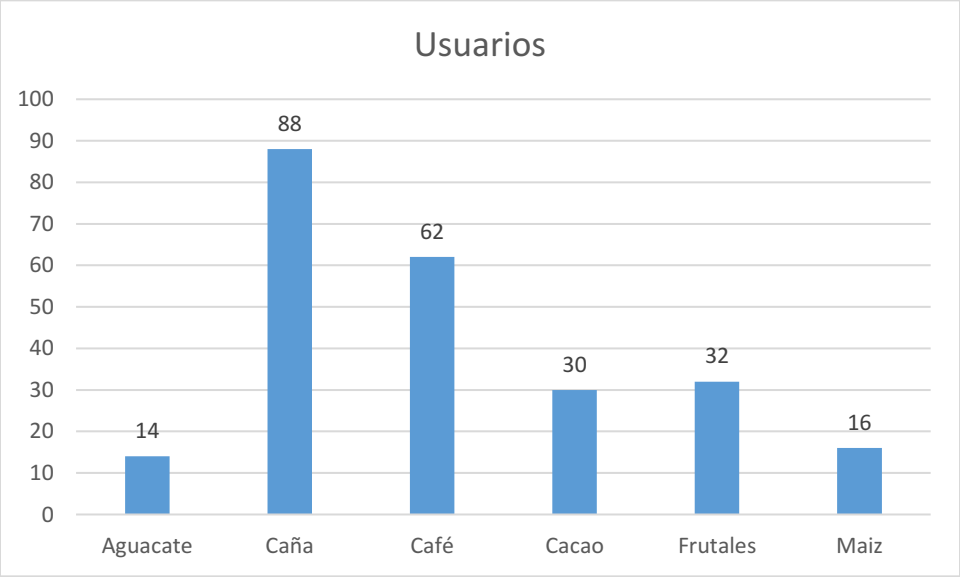
del uso avícola con el 22,1% (268 usuarios), el uso bovino con el 21,2% (104 usuarios), el uso porcino con 1,8% (9 usuarios) y equino con 1,6% (8 usuarios). Así mismo, el cultivo que predomina en la zona es el de la caña con 88 usuarios que equivale al 18,3% seguido por el cultivo del café (12,9%), cacao (6,3%), frutas (5,4%) y aguacate (2,9%). En las siguientes figuras, se presenta la información mencionada.

Figura 145 Usos de agua de Abrevaderos en el municipio de Coper



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

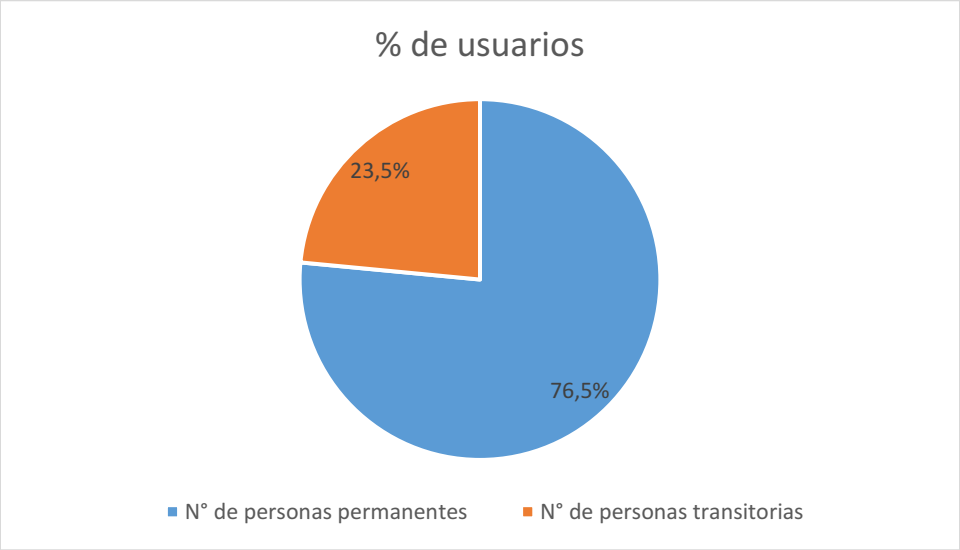
Figura 146 Usos de agua Agrícola en el municipio de Coper



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, se observa que la mayoría de los usuarios presentes en el municipio son permanentes (60,4%) y a lo largo del año se presentan usuarios transitorios que representan el 39,6%.

Figura 147 Usos de agua Doméstico en el municipio de Coper

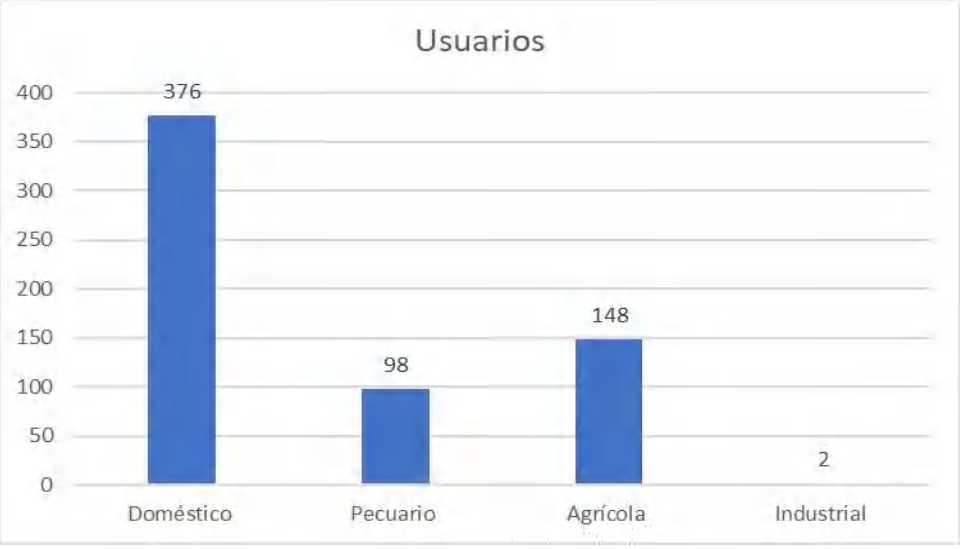


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.6 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO DEL MUNICIPIO DE MARIPI

En el municipio de Maripí el recurso hídrico se destina principalmente para uso doméstico en un 97,4% que equivale a 376 usuarios, seguido por la actividad agrícola con 40,2% (148 usuarios), pecuaria con 24,7% (98 usuarios), industrial con 0,9% (2 usuarios). En la en la siguiente figura, se presenta el uso actual del recurso hídrico al interior del municipio.

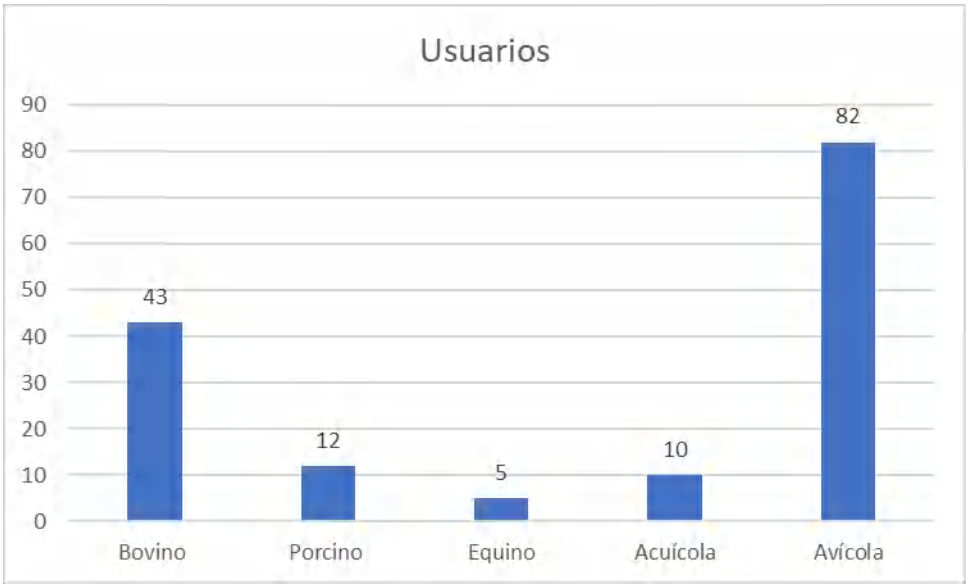
Figura 148 Usos y usuarios de agua en el municipio de Maripí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

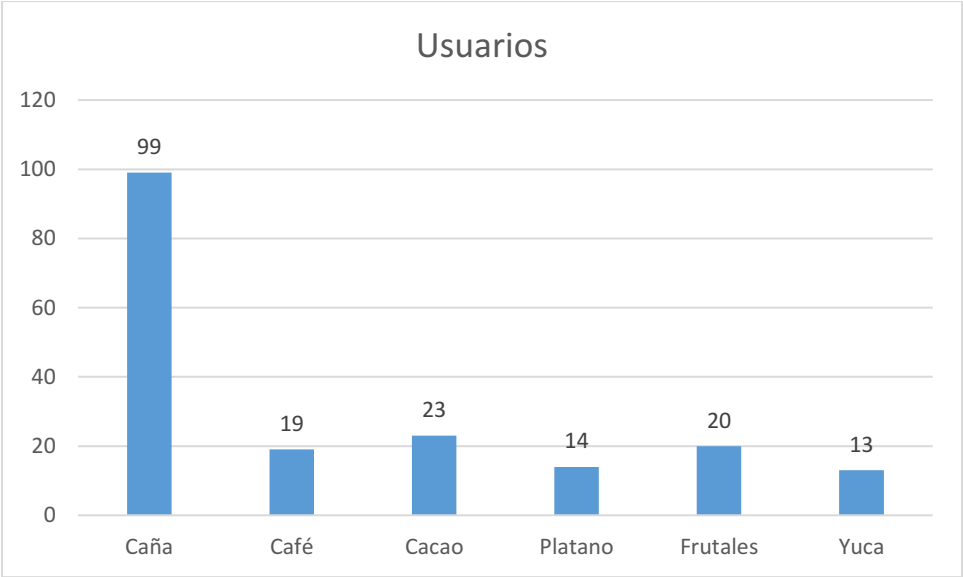
En cuanto al uso por abrevadero el recurso hídrico del municipio de Maripí es utilizado principalmente para la actividad avícola con el 36,2% (82 usuarios), seguido por la actividad bovina con el 10,4% (43 usuarios) y porcino con el 2,8% (12 usuarios). En el uso agrícola el cultivo con mayor predominancia en la zona es el de caña con el 30,6% (99 usuarios), seguido por el cacao con el 5,9% (23 usuarios), los frutales con el 4,7% (20 usuarios), el café con el 8,7% (19 usuarios) y el plátano con el 4,5% (14 usuarios). En las siguientes figuras, se presenta la información mencionada.

Figura 149 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Maripí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

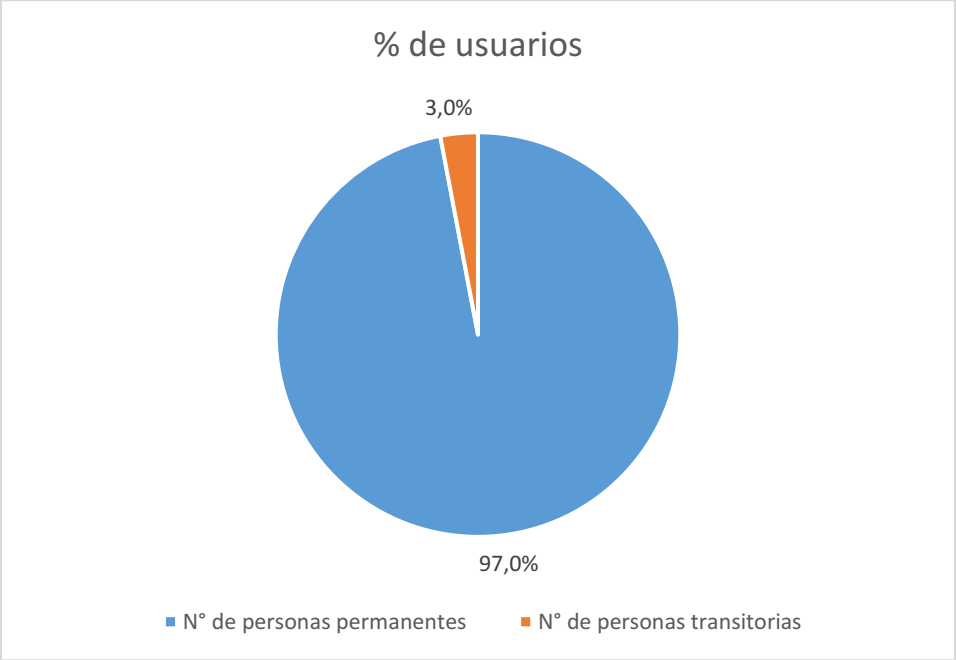
Figura 150 Usos de agua Agrícola en el municipio de Maripí



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, se observa que la mayoría de los usuarios presentes en el municipio son permanentes (75,1%) y a lo largo del año se presentan usuarios transitorios que representan el 24,9%.

Figura 151 Usos de agua Doméstico en el municipio de Maripí

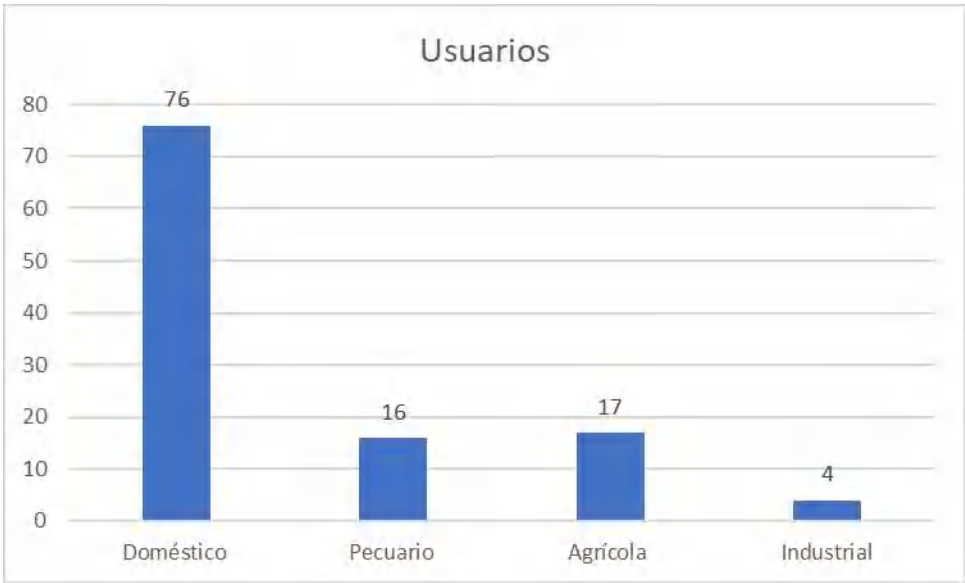


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.7 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO DEL MUNICIPIO DE MUZO

El uso actual del recurso hídrico en el municipio de Muzo es principalmente doméstico con 76 usuarios equivalente al 92,9% del total del uso del recurso, seguido por la actividad agrícola con el 21% (17 usuarios) y la actividad pecuaria con el 19,8% (16 usuarios) y la actividad industrial con el 4% (4 usuarios). En la en la siguiente figura, se presentan los usos actuales del recurso al interior del municipio.

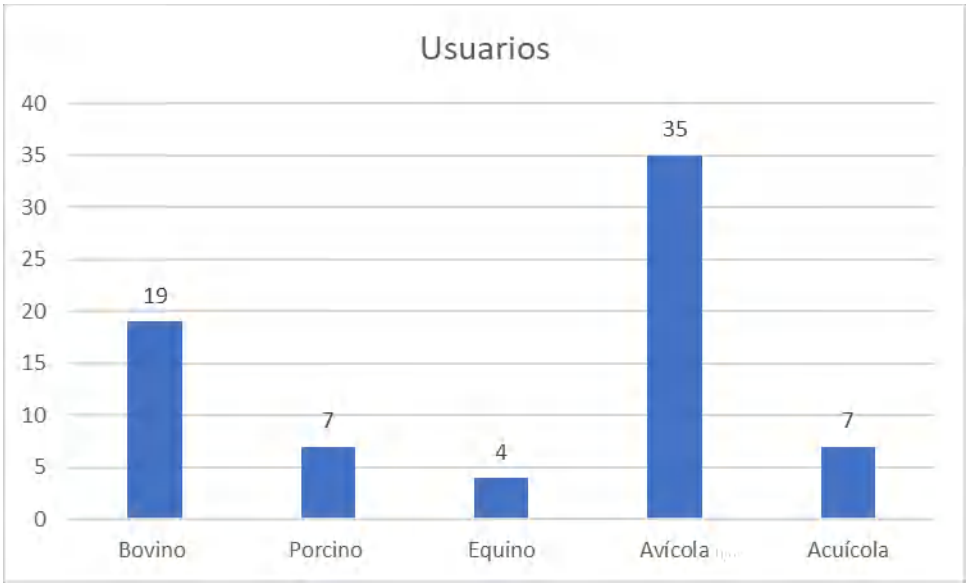
Figura 152 Usos y usuarios de agua en el municipio de Muzo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

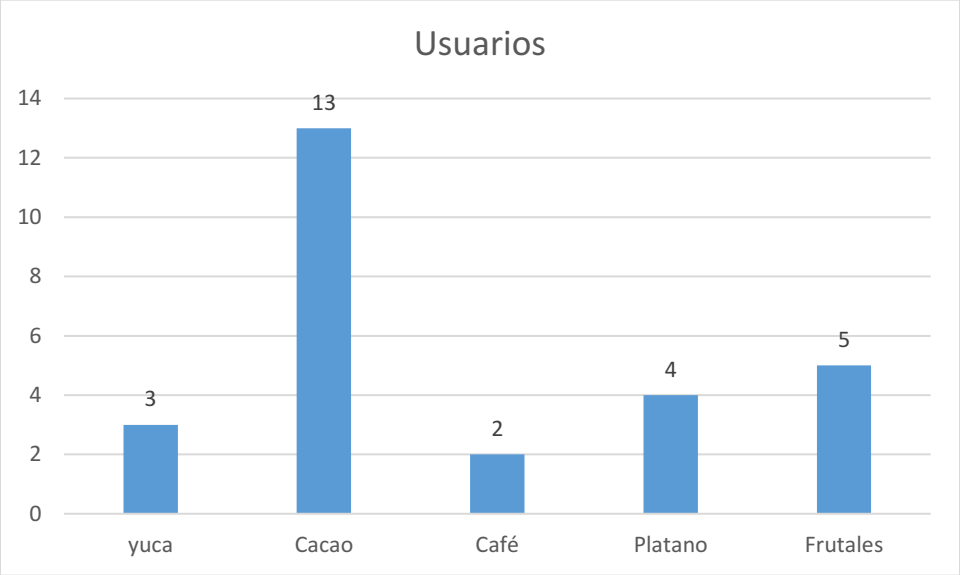
En cuanto al uso por abrevadero y uso agrícola el recurso hídrico del Río Palenque es utilizado en el municipio de Muzo principalmente para la actividad avícola con el 47,5% equivalente a 35 usuarios, seguido por la actividad bovina con el 19,2% (19 usuarios), acuícola con el 8,1% (7 usuarios), porcino con 6,9% (7 usuarios) y equino con el 4% (4 usuarios), así mismo, el cultivo que predomina en la zona es el cacao con 13 usuarios (13,1%), seguido por los cultivos de café, plátano, yuca y frutales. A continuación, se presenta la información mencionada.

Figura 153 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Muzo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

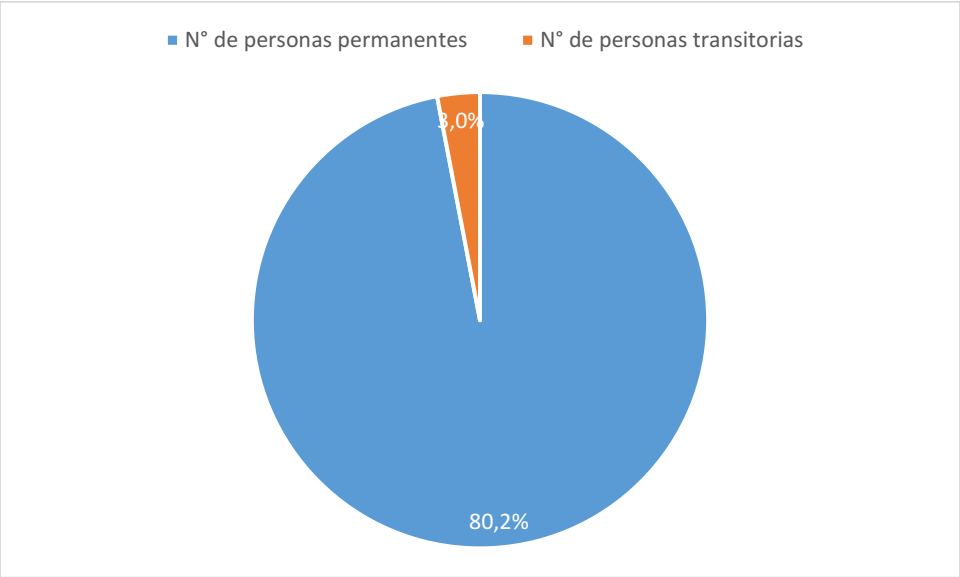
Figura 154 Usos de agua Agrícola en el municipio de Muzo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, se observa que la mayoría de los usuarios presentes en el municipio son permanentes (80,2%) y a lo largo del año se presentan usuarios transitorios que representan el 3,0%.

Figura 155 Usos de agua Doméstico en el municipio de Muzo

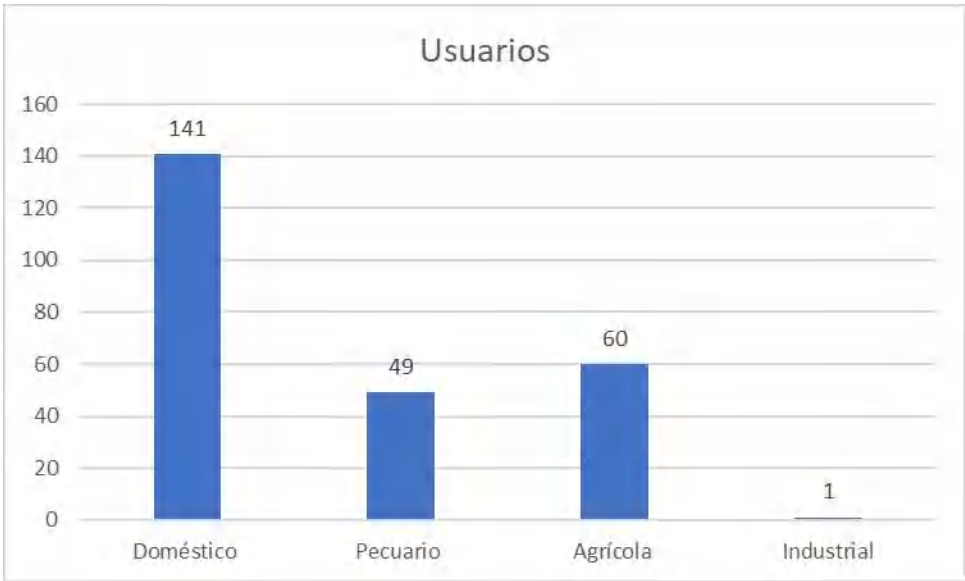


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.8 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO DEL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO

El uso actual del recurso hídrico en el municipio de San Cayetano es principalmente doméstico con el 86% (141 usuarios), seguido de la actividad agrícola con el 36,1% (60 usuarios), pecuaria con el 29,9% (49 usuarios) y finalmente industrial con el 4,8% (1 usuario), en la en la siguiente figura, se observa el uso actual del recurso hídrico en el municipio de San Cayetano.

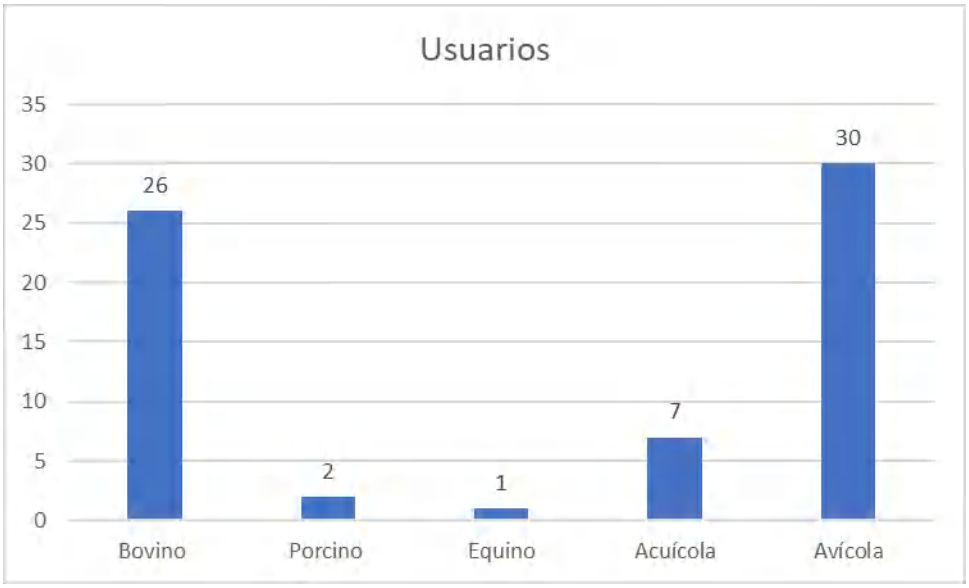
Figura 156 Usos de agua en el municipio de San Cayetano



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

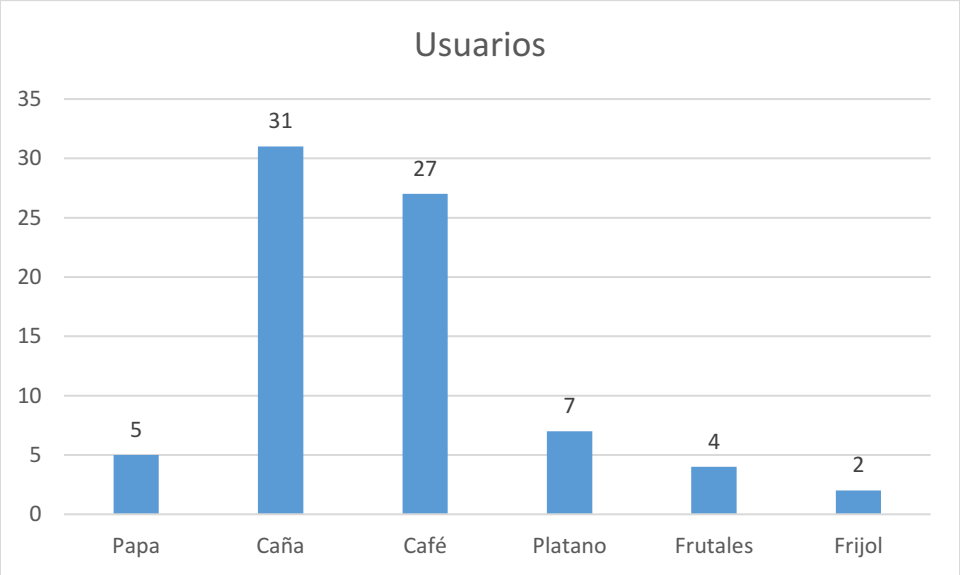
En cuanto al uso por abrevadero y uso agrícola el recurso hídrico del Río Palenque en el municipio de San Cayetano es utilizado principalmente las actividades avícolas con 16% (30 usuarios) y bovinas con el 19,3% (26 usuarios). Por otro lado, el cultivo que predomina en la zona es la caña con el 22,8% equivalente a 31 usuarios, seguido por cultivos de café con 19,9% (27 usuarios), plátano con 5,1% equivalente a 7 usuarios, papa con 6% (5 usuarios), y futas tales como naranja y mandarina con 4,8% (4 usuarios). A continuación, se presenta la información mencionada.

Figura 157 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de San Cayetano



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

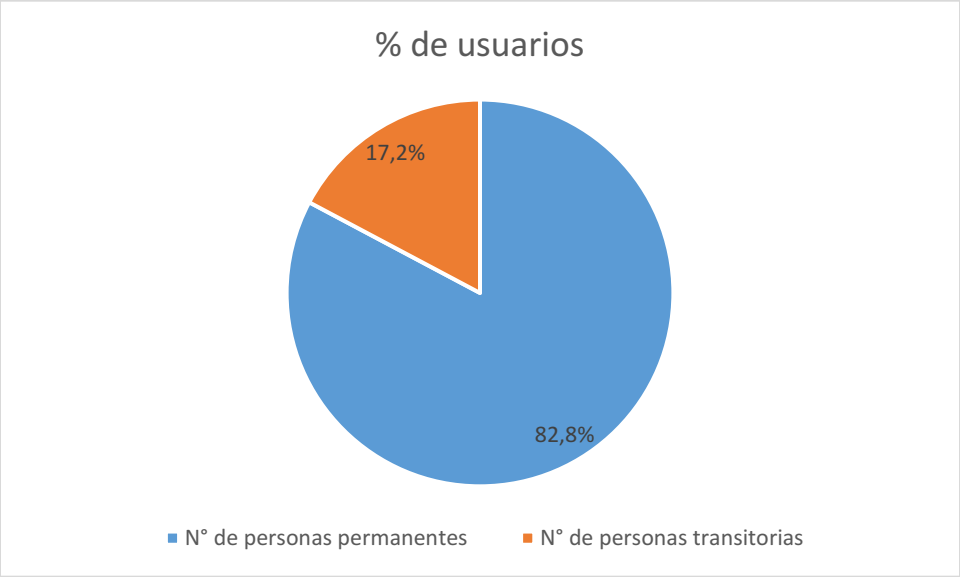
Figura 158 Usos de agua Agrícola en el municipio de San Cayetano



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto al uso doméstico, se observa que la mayoría de los usuarios presentes en el municipio son permanentes (85,5%) y a lo largo del año se presentan usuarios transitorios que representan el 14,5%.

Figura 159 Usos de agua Doméstico en el municipio de San Cayetano

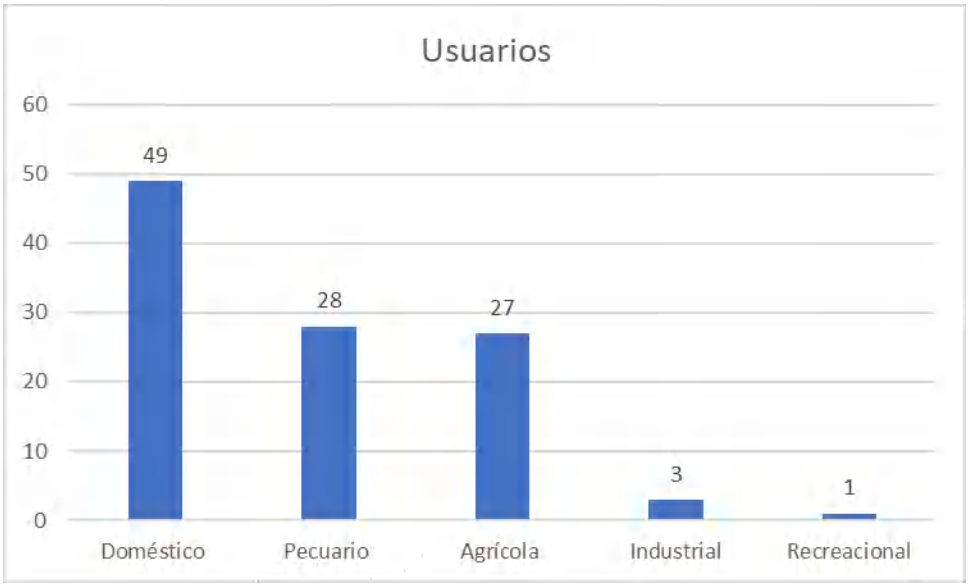


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.1.3.9 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE PAIME

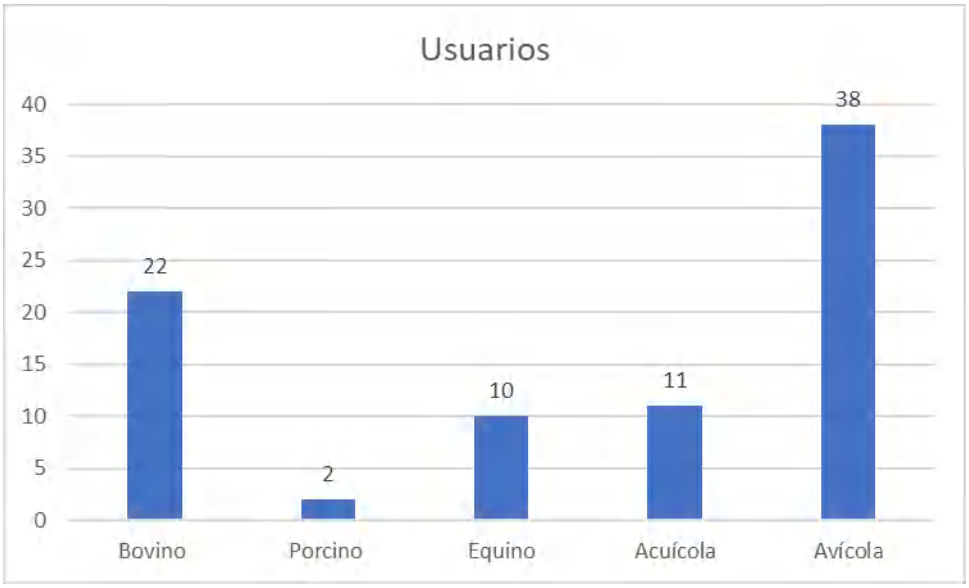
El municipio de Paime tiene un uso actual doméstico predominante con el 90,3% seguido del uso pecuario con el 52%, el uso agrícola con el 50,9%, el uso industrial con el 9,6% y el uso recreativo con el 1,8%. Como se observa en la gráfica el uso de abrevadero es mayor para aves (58%) y bovinos (32,2%); y respecto al uso agrícola los cultivos con más usuarios son café, plátano y caña.

Figura 160 Usos y usuarios de agua actual en el Municipio de Paime



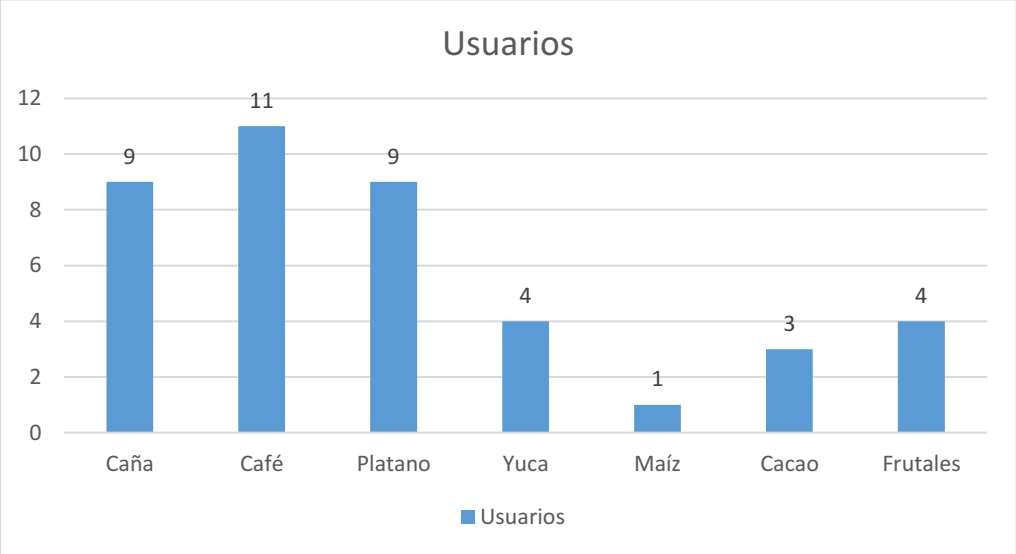
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 161 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio de Paime



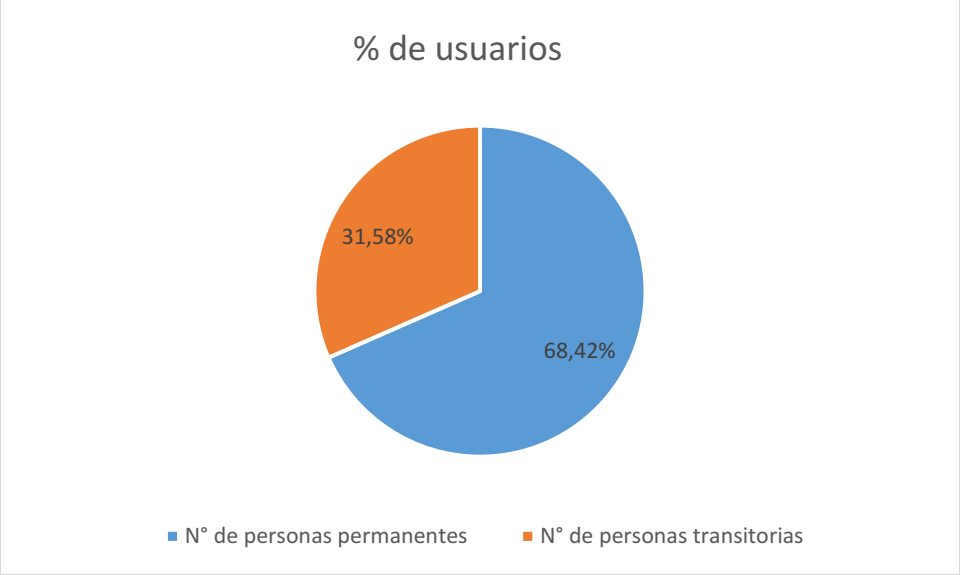
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 162 Usos de agua Agrícola en el municipio Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 163 Usos de agua Doméstico en el municipio de Paime



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la en la siguiente figura, se observa que 130 personas son permanentes y 58 transitorias que significan en términos de porcentaje el 68,42 % y 31,58 % respectivamente.

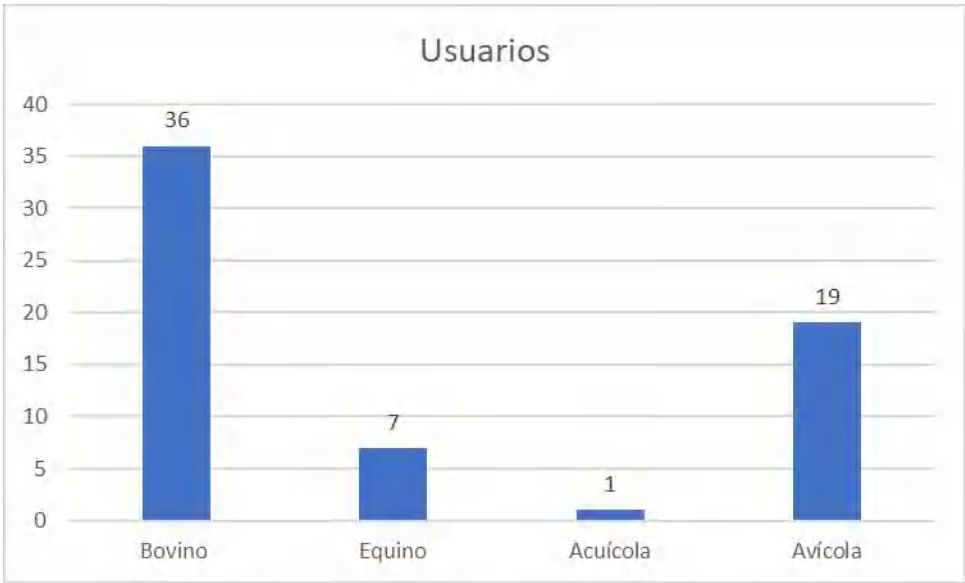
1.3.1.3.10 USO ACTUAL PECUARIO, AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO EN EL MUNICIPIO DE CARMEN DE CARUPA

El uso actual del recurso hídrico en el municipio de Carmen de Carupa es de mayoría doméstico con el 72,2%, seguido por el pecuario con el 54,7% y el agrícola con el 15%, respecto al uso pecuario la mayoría de los usuarios tienen bovinos en un 45% y aves en un 28,7%; como lo refleja la gráfica con detalle en el sector agrícola el número de usuarios más alto es por cultivo de papa y maíz.

Figura 164 Usos y usuarios de agua en el Municipio Carmen de Carupa

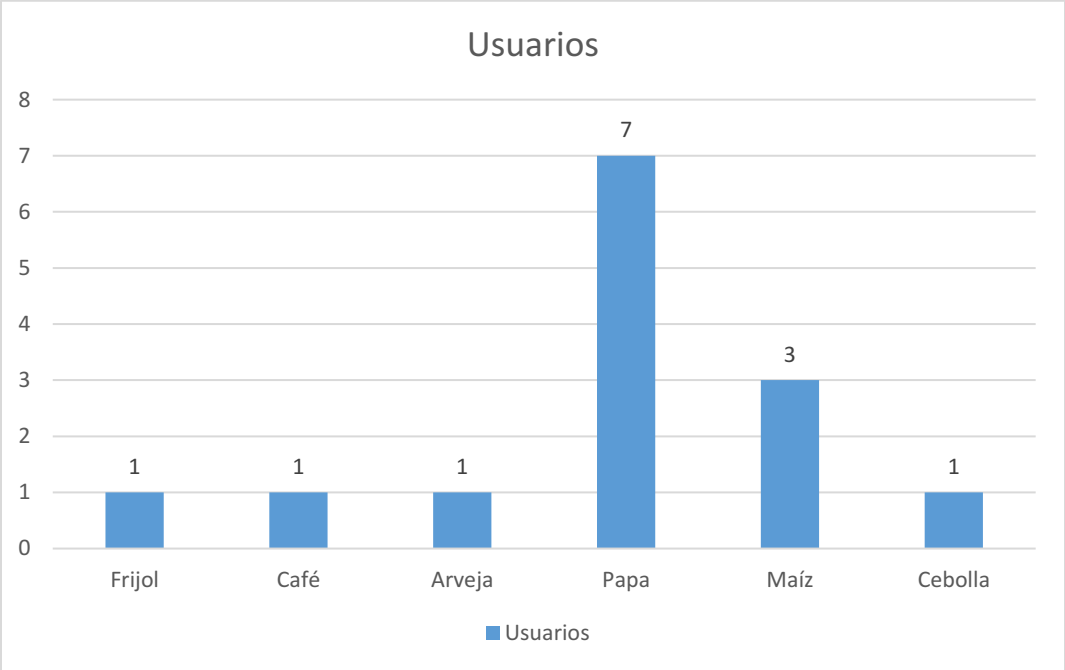
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 165 Usos de agua Abrevadero y Otros en el municipio Carmen de Carupa



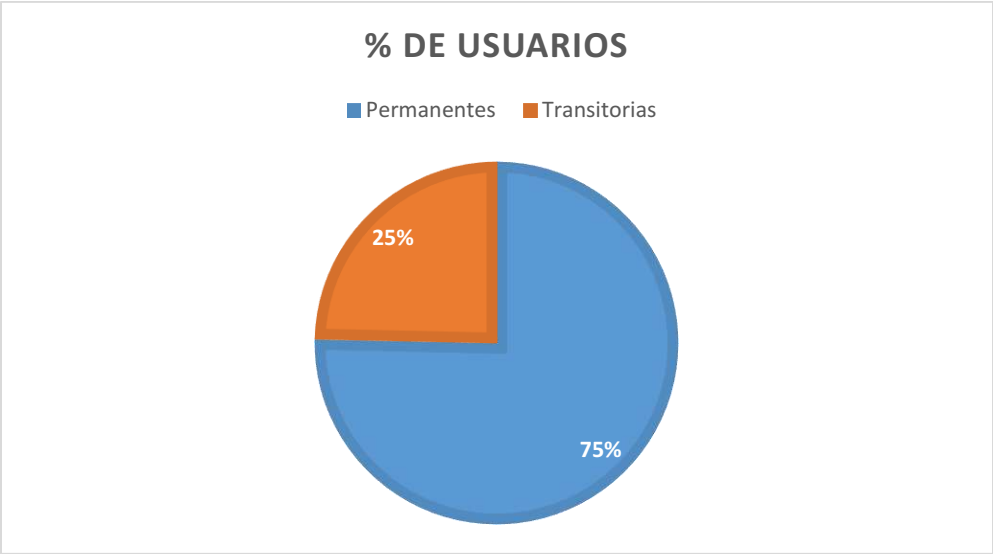
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 166 Usos de agua Agrícola en el municipio Carmen de Carupa



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Figura 167 Usos de agua Doméstico en el municipio Carmen de Carupa



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la zona del municipio de Carmen de Carupa que tiene influencia en el Río Palenque y se registró en el censo se observa 159 usuarios permanentes que representan el 75,35% y 52 personas transitorias que pueden ser familiares de los habitantes o visitantes lo cuales significan un 24,65%.

1.3.2 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA TOTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE E INDICADORES DE ESTADO

1.3.2.1 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

El presente documento referencia la caracterización climatológica para la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico- PORH, para tres unidades hidrográficas de nivel uno (I) río Palenque, río Guaquimay y río Negro en la subzona hidrográfica del río Carare (minero), donde se realiza el análisis y selección de la red meteorológica aferente a la zona de estudio, tratamiento de datos meteorológicos, estimación de valores faltantes, prueba de normalidad, tendencia y estacionalidad, homogeneidad, detención de datos atípicos, interpolación espacial y caracterización de los parámetros climatológicos.

1.3.2.1.1 METODOLOGÍA

Se realiza la descripción general de la caracterización climatológica teniendo en cuenta lo siguiente.

1.3.2.1.1.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Se identifica y preselecciona la red de monitoreo climatológica aferente a las unidades hidrográficas de nivel I objeto de ordenación. La información meteorológica es solicitada en la plataforma web del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), entidad responsable de la generación, administración y tratamiento de la información hidroclimatológica del país. La red de monitoreo es clasificada y ordenada de acuerdo con su código, nombre, localización, categoría,

altitud sobre el nivel del mar, actividad, corriente hídrica asociada y parámetros de medición meteorológica registrados.

1.3.2.1.1.2 PRESELECCIÓN DE ESTACIONES.

La selección preliminar consiste en la determinación del *buffer* que pondera la representatividad de las proximidades a la línea divisoria del área hidrográfica en mención, considerando la densidad de estaciones internas y contiguas que categoricen régimen climático similar. El buffer es estimado de acuerdo a la densidad de estaciones de monitoreo activas, teniendo en cuenta que en promedio cada estación representa aferencia de $500\ km^2$ respecto a su entorno (OMM, Guía de Prácticas Climatológicas, 2011); si se supone el caso de mayor separación aferente entre una estación y la línea divisoria de la unidad hidrográfica, el diámetro de dicha circunferencia con área geométrica es de 500 km^2 será equivalente al buffer definido para la cuenca hidrográfica.

Sin embargo, dicho tamaño puede fluctuar en valores por debajo y por encima del definido, teniendo en cuenta que la naturaleza caracteriza variaciones climáticas más complejas y su nivel de representación espacial es diferente para zonas específicas. A continuación, se presenta la esquemática conceptual de la definición del buffer, así como la respectiva expresión que define su longitud de aferencia.

Figura 168 Definición del tamaño del buffer.

$$500\ km^2 = \pi * (Buffer)^2$$

$$Buffer = \sqrt{\frac{4 * 500\ km^2}{\pi}} = 25.2\ km$$

1.3.2.1.1.3 SELECCIÓN DE LA VENTANA DE TIEMPO.

Después de identificar dichos puntos de monitoreo, se procede a caracterizar la ventana de tiempo, la cual se define considerando el compendio de medición de la variable de precipitación, de tal forma que se relacione la mayor convergencia de estaciones teniendo en cuenta el periodo mínimo de análisis de 15 años e ideal de 30 años (OMM, Guía de Prácticas Climatológicas, 2011), caracterizando como mínimo la persistencia de fenómenos de variabilidad climática, principalmente El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases cálidas y frías.. El nuevo filtro de estaciones se materializa evaluando la extensión y continuidad de los registros, teniendo en cuenta un máximo de

20% de vacíos en la escala de tiempo móvil, con excepciones más flexibles para cuencas hidrográficas cuya densidad y distribución de monitoreo es deficiente. Es de destacar que en la mayoría de las caracterizaciones climatológicas la ventana de tiempo no coincide con la fecha actual de realización del respectivo análisis, estableciendo generalmente una distancia temporal de uno (1) hasta tres (3) años.

1.3.2.1.1.4 TRATAMIENTO DE DATOS METEOROLÓGICOS.

El tratamiento de datos meteorológicos determina el set de estaciones con determinada confiabilidad, para la respectiva caracterización hidroclimática. Dicho análisis se realiza utilizando los criterios de homogeneidad, consistencia, detección de datos atípicos, aleatoriedad y tendencias, donde se revisa cada punto de monitoreo de forma independiente y se consolida su evaluación a partir de los resultados de las pruebas mencionadas.

1.3.2.1.1.4.1 ESTIMACIÓN DE VALORES FALTANTES.

Los datos con información vacía de las estaciones que pertenecen al grupo aferente a la unidad hidrográfica deben ser completados por alguno de los numerables métodos de estimación presentes en la literatura. Para el caso de la variable de precipitación, se propone la metodología de Razón de Valores, contrastándose a partir de la evaluación del coeficiente de correlación de Pearson (R) de las estaciones independientes respecto a la estación con datos a estimar (estación dependiente). La expresión se define:

$$x(t) = \frac{1}{n}\left[\frac{x_{med}}{x_{1,med}}x_1(t) + \frac{x_{med}}{x_{2,med}}x_2(t) + \frac{x_{med}}{x_{3,med}}x_3(t) \dots + \frac{x_{med}}{x_{n,med}}x_n(t)\right]$$

Donde,

x_{med}: Media de la variable en cuestión de la serie incompleta.
$x_{i,med}$: Media de las tres series de información con alta correlación.
$x_i(t)$: Datos correspondientes a las series vecinas.
n: Número de estaciones de referencia.

Las estaciones propias de referencia para aquella donde se completan los datos faltantes deben corresponder a la mejor evaluación relacionada al coeficiente de correlación de Pearson (r), precisando en el régimen hidrológico definido por las estaciones independientes. La expresión de Pearson se calcula como.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(f_{ik} - \overline{f_i}\right) * \left(f_{jk} - \overline{f_j}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n}\left(f_{ik} - \overline{f_i}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\sum_{i=1}^{n}\left(f_{jk} - \overline{f_j}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde,

r_{ij}: Correlación entre los valores de las estaciones i y j.
f_{ik}: Valor del parámetro del período k de la estación i.
$\overline{f_j}$: Valor promedio del parámetro en la estación i.

1.3.2.1.1.4.2 PRUEBA DE NORMALIDAD

Para describir el comportamiento estadístico de los datos hidro climatológicos se han utilizado diversas funciones de distribución, pero de hecho la mayoría de los modelos suponen una distribución normal de la variable, lo cual implica realizar una prueba estadística confirmatoria para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de los datos sigue ese tipo de distribución teórica. Las pruebas más utilizadas son las de Smirnov Kolmogorov, Anderson Darling, Lilliefors, Cramer Von Misesy Shapiro Wilk, entre otras. Los resultados de la prueba indican si se debe rechazar o no la hipótesis nula de que los datos provienen de una población normalmente distribuida con lo cual se permite caracterizar las series entre paramétricos o no paramétricos.

Para definir la normalidad se recomienda realizar una prueba por cualquiera de los métodos mencionados anteriormente y producir una gráfica de probabilidad normal. Para este caso específico se emplea la prueba de Anderson Darling, si bien todas las pruebas tienen buen desempeño para identificar una distribución no normal cuando la distribución es asimétrica, las pruebas distinguen menos cuando la distribución subyacente es una distribución t y la no normalidad se debe a la curtosis. En dicho escenario la prueba de Anderson-Darling tiende a ser más efectiva para detectar desviaciones en las colas de la distribución por lo cual muchos profesionales se decantan por esta prueba como primera opción.

1.3.2.1.1.4.2.1 PRUEBA DE ANDERSON DARLING

El estadístico A^2 mide el área entre la línea ajustada basada en la distribución elegida y la función de paso no paramétrica, basado en los puntos de la gráfica. El estadístico es una distancia elevada al cuadrado que tiene mayor ponderación en las colas de la distribución, por lo tanto, un valor pequeño de Anderson-Darling indica que la distribución se ajusta mejor a los datos (Minitab, 2020). El estadístico de Anderson-Darling -A2- está dado por:

$$A^2 = -N - S$$

Donde N es el número de caso o tamaño de la muestra y S la desviación estándar. Expresado también de la siguiente forma:

$$A_n^2 = -\sum_{i=1}^{N} \frac{(2 * i - 1)}{n} * [LnF(Y_i) + Ln(1 - F * (Y_{n+1-i})]$$

El valor del estadístico calculado A es comparado con el correspondiente valor critico de la distribución teórica y se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal si el valor de A estimado es superior al valor crítico.

1.3.2.1.1.4.3 TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD

1.3.2.1.1.4.3.1 ALEATORIEDAD

La OMM afirma que “En un contexto hidrológico, aleatoriedad significa esencialmente que las fluctuaciones de la variable se deben a causas naturales. Por ejemplo, los flujos de crecida no son naturales, en consecuencia no se pueden considerar como aleatorios, a menos que se eliminen antes los efectos de la regulación.” (OMM, 2011, pág. II.5-9).

El análisis de la aleatoriedad se realiza utilizando el test de Rachas, el cual permite evaluar la aleatoriedad del orden de aparición de dos (2) datos de una variable dicotómica. En este caso se diferencian los valores por encima y por debajo de la media, considerando una muestra de tamaño n que ha sido dividida en dos (2) categorías, con $n1$ y $n2$ observaciones cada una, entendiéndose racha como una sucesión de valores de la misma categoría. La condición no aleatoria puede indicar una condición de tendencia, periodicidad o alternancia.

1.3.2.1.1.4.3.2 ANÁLISIS DE TENDENCIAS.

Para comprobar que no existe tendencia en la serie, es decir que no hay correlación entre el orden en que se tomaron las observaciones y el incremento (o decremento) en magnitud de los datos de la serie (Dahmen y Hall, 1990), se usa el método de rango de correlación de Spearman, cuya expresión es una medida de la asociación lineal entre los rangos y números de orden de la serie original y la serie ordenada en forma creciente. También existe el coeficiente de correlación de Pearson como una medida de asociación lineal; dos variables pueden estar perfectamente relacionadas, pero si la relación no es lineal, el coeficiente de correlación de Pearson no será un estadístico adecuado para medir su asociación y, mucho menos, si el supuesto de normalidad es violado.

El estadístico de Rho de Spearman es una prueba de rango no paramétrica que determina la existencia de correlación entre pares de datos consecutivos en una serie de tiempo. La variación de sus resultados se encuentra dentro del rango de -1 y 1, cuyos resultados cercanos a uno (1) califican correlación positiva perfecta, y valores próximos a cero (0) categorizan ausencia de correlación.

$$\rho = 1 - \left[\frac{6\sum d^2}{N(N^2-1)}\right]$$

Donde,

N: Tamaño de la muestra.
d: Diferencias de los rangos de valores x-y.

Para muestras de gran tamaño, la prueba de Rho de Spearman se distribuye aproximadamente normal con una varianza $V(\rho)$ y un estadístico Z estandarizado; entonces para todo valor de $Z > 1.96$ con significancia del 5%, se rechaza la hipótesis nula de no tendencia.

$$V(\rho) = \frac{1}{N-1}$$

$$Z = \frac{\rho}{\sqrt{V(\rho)}}$$

1.3.2.1.1.4.4 HOMOGENEIDAD

De acuerdo con la OMM, “homogeneidad significa que todos los elementos de la serie de datos provienen de una misma población”, en las series en las que se presentan fenómenos extremos como crecidas, la homogeneidad puede verse afectada al igual que cuando se presentan cambios o daños en los instrumentos de medición, así como las modificaciones en el ambiente, fenómenos de la variabilidad climática y alteraciones antrópicas.

Evaluando la homogeneidad de una serie se pretende determinar si el compendio de registros es estable en su media y en su varianza, para ello en la literatura se encuentran pruebas gráficas, pruebas paramétricas y pruebas no paramétricas, sin embargo, las de mayor difusión y aplicación corresponden a la prueba paramétrica F de Fisher y la prueba no paramétrica de Siegel y Turkey para la valoración del cambio en la varianza y la prueba paramétrica T de Studend y la prueba no paramétrica de U de Mannwhitney para la valoración del cambio en la media. Del mismo modo se empelan métodos gráficos como lo son las curvas de masa siempre y de doble masa.

Se recomienda hacer en primer lugar el test para la estabilidad de la varianza, debido básicamente a dos razones: la inestabilidad de la varianza implica que la serie cronológica no es estacionaria, así que no se puede usar para análisis posteriores; y algunos tests de estabilidad en la media requieren que haya estabilidad en la varianza (Dahmen y Hall, 1990).

1.3.2.1.1.4.4.1 SIEGEL Y TURKEY

Es una prueba no paramétrica utilizada para determinar si uno de los dos grupos (subconjunto de la serie original) tiene a tener más valores extremos que el otro grupo, o dicho de otra manera determina si uno de los dos grupos presenta mayor dispersión que el otro con respecto a la medida de tendencia central (Shenskin, 1997)

1.3.2.1.1.4.4.2 U DE MANNWHITNEY

El procedimiento llamando prueba U de MannWhitney fue originalmente propuesto por Wilcoxon (1945) para el caso de tamaños muestras iguales (n1 = n2). Festinger (1946) desarrolló independientemente un procedimiento equivalente al de Wilcoxon. Pero fueron Mann y Whitney (1947) los primeros en extender el procedimiento al caso de tamaños muestras desiguales y los primeros también en proporcionar tablas para poder utilizar el procedimiento con muestras pequeñas. Fueron precisamente las aportaciones de Mann y Whitney las que más contribuyeron a la divulgación del procedimiento; de ahí que, generalmente, sea conocido como prueba de Mann-Whitney (Pardo Merino & Ruiz Diaz, 2002).

La prueba consiste en generar dos (2) subconjuntos de la serie original, sobre las cuales se aplica el test de comparación de medias, en las que se consideran dos muestras de la serie, de tamaño p y q donde ($p \leq q$), de tal forma que la suma de dichas dos muestras, consolidan la totalidad de los datos, es decir $N = p + q$. Los datos son ordenados en rangos ascendentes y se suman los rangos asignados obteniendo el valor de R y se toman las siguientes consideraciones.

$$U_1 = p * q + \frac{p*(p+1)}{2} - R_1 \qquad ; \qquad U_2 = p * q + \frac{q*(q+1)}{2} - R_2$$

Donde R es la suma de los rangos de los elementos de la primera muestra de tamaño p en la serie combinada, U_1 y U_2 son calculados a partir de R, p y q, que representa el número de veces que un ejemplar de la primera muestra sigue en rango a un ejemplar de la segunda muestra.

La estadística U se define mediante el menor de los valores de U_1 y U_2. Cuando $N > 20$ y p, $q > 3$, y a su vez se verifica la hipótesis de ecuanimidad de que ambas muestras provienen de la misma población, U presenta una distribución aproximadamente normal, cuya media y varianza sin considerar la corrección por empates técnicos se expresan como:

$$\overline{U} = \frac{pq}{2}$$

$$Var(U) = \frac{p * q * (p + q + 1)}{12}$$

La corrección de continuidad necesaria para la adecuada aproximación de la distribución se realiza mediante la siguiente expresión

$$|Z| = \frac{|U - \overline{U}| - 0.5}{Var(U)}$$

Para una prueba con un nivel de significancia específico, la cantidad es comparada con el cuartil normalizado $u_{\frac{\alpha}{2}}$ para la significancia escogida, es decir el nivel de significancia del 5% repartido en dos colas, aceptaría la hipótesis nula de *No Homogeneidad* cuando Z>1.96.

1.3.2.1.1.4.4.3 GRÁFICO DE CURVA DE MASA SIMPLE.

Para el análisis de consistencia de los datos, se utiliza el método gráfico de la curva de masa simple, donde se acumulan los valores registrados en cada una de las estaciones a escala anual con el fin de definir cambios en el tiempo, construyendo dicha grafica al definir la serie acumulada S_t como.

$$S_t = \sum_{i=1}^{t} X_t \text{ Para t=1, 2… N.}$$

Es de anotar que una serie sin cambio en la media tendrá una gráfica de masas simple similar a una línea recta con pendiente constante, mientras que una serie con una variación en la media presentará movimientos en su pendiente con representación curvilínea.

1.3.2.1.1.4.5 DETECCIÓN DE DATOS ATÍPICOS.

El dato atípico se identifica como aquel “que aparece alejado del conjunto de los datos” (OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, 2011), su tratamiento es un tema discutido en la hidrología, consolidándose diversos métodos estadísticos y gráficos para su reconocimiento. Es necesario resaltar que dicho análisis debe de implementarse con especial cuidado, debido a que no es pertinente eliminar todos los datos atípicos sin definir estrictamente el comportamiento normal del parámetro hidroclimático.

Con el fin de realizar un tratamiento metódico con la menor cantidad de subjetividades posibles, se utiliza la expresión definida por Baker (1994) con un chequeo temporal de la información propia de la estación. La examinación de los valores atípicos se basa en la premisa de que un valor individual deberá ser razonablemente similar al valor del mismo período para los otros años. El dato anómalo se identifica utilizando el principio del Rango Intercuartílico (RI), con la distribución propia de la estación para cada mes de la ventana de tiempo seleccionada. La expresión se describe como.

$$|X_i - Q_2| > f * RI$$

$$RI = Q_3 - Q_1$$

Donde,

X_i: Valor mensual de un período para el año i.
Q_2: Mediana o percentil 50.
RI: Rango Intercuatílico.
f: Factor de multiplicación ($4 \leq f \leq 3$).

El dato atípico es identificado a partir de la prueba en mención, y es contrastado con la estimación de los diagramas de cajas, donde es posible detectar los registros atípicos y extremadamente atípicos de acuerdo a la estimación de los límites utilizando el rango intercuartílico. Adicionalmente, cada monitoreo es comparado con las demás estaciones en el mismo periodo donde se detectan las anomalías, con el fin de percibir si son probables errores o hacen parte de un evento natural de variabilidad climática en la zona.

1.3.2.1.1.5 INTERPOLACIÓN ESPACIAL.

La espacialización de las variables climatológicas de precipitación, humedad relativa, brillo solar y evaporación se materializa a partir del método de interpolación del Inverso de la Distancia al Cuadrado (Inverse Distance Weighted, IDW), el cual se fundamenta en el peso en función de la proximidad de las estaciones de medición a interpolar, considerando mayor ponderación a las estaciones más cercanas. A continuación, se presenta la estructura general de la ecuación.

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} {Z_i}/{D^2}}{\sum_{i=1}^{m} {1}/{D^2}}$$

Donde:
Z_i: Valor a ser interpolado.
m: El número de puntos independientes a Z_j.
D: Distancia entre Z_i y Z_j.

Para el caso específico del parámetro de temperatura, la espacialización se determina considerando el gradiente altitudinal, el cual asocia la sensibilidad entre dicha variable climatológica y la altitud sobre el nivel del mar en la primera capa de la atmósfera terrestre. La expresión se genera al relacionar el registro de temperatura de cada estación de monitoreo y su posición altitudinal, conformando la ecuación general para todo tipo de elevación. A continuación, se presenta la forma general de la curva que relaciona la temperatura y la elevación media (m.s.n.m.), así como la gráfica del parámetro de temperatura anual.

$$Temp_i = -G_i * h + C_i$$

Donde,

G_i: Gradiente altitudinal i.
h: Altitud asociada $(m.s.n.m.)$.
C: Constante correspondiente al mes i.

1.3.2.1.1.6 CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

La densificación de dicha caracterización se aplica de acuerdo con la importancia del parámetro climatológico, teniendo mayor cobertura las variables de precipitación y temperatura, seguido de las mediciones de humedad relativa, brillo solar, así como la velocidad y dirección del viento.

1.3.2.1.1.6.1 PRECIPITACIÓN.

Se determina el régimen hidrológico en la totalidad de la extensión de la cuenca unidad de interés, asociando a su vez los periodos secos y húmedos, la variación interanual a nivel de la red de estaciones pluviométricas, así como la focalización de los estadísticos zonales del área de influencia física. Además, se establece el análisis interanual, determinando la correlación y sensibilidad de los valores de precipitación respecto a los fenómenos de variabilidad climática asociados a El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), a partir de los registros de Índices Océano Atmosféricos (IOA) tales como el Best Index y el Oceanic Niño Index; Temperatura.

La variación de la magnitud en relación con el Modelo Digital de Elevaciones (DEM) es de gran importancia para la interpretación de dicha variable, donde se realiza el análisis espacial y temporal a escala interanual ye interanual, en comparación al régimen de precipitación. Adicionalmente se calcula el gradiente altitudinal para la media anual multianual y la media anual, caracterizando a su vez la variación media-mínima y media-máxima.

1.3.2.1.1.6.2 OTRAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS.

Estas variables climatológicas se encuentran son, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento, donde se caracteriza la media mensual multianual para cada una de las estaciones meteorológicas, estableciendo el rango de fluctuación promedio entre las diferentes estaciones aferentes a la unidad hidrográfica, así como su respectiva representación gráfica de la distribución temporal anual de cada uno de los puntos de monitoreo.

En el caso de la velocidad del viento, se realiza la respectiva espacialización siempre y cuando exista la suficiente cantidad de estaciones con medición de dicho parámetro, si no, se caracterizan las estaciones de acuerdo a su información temporal, considerando el análisis en función de la magnitud y dirección a partir de análisis de frecuencia del registro disponible; resultando la rosa de los vientos donde se aprecian las ponderaciones por rango de magnitud y persistencia en su dirección.

1.3.2.1.1.6.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.

La ETP se determina en primera posición, a partir de la metodología propuesta por Penman-Monteith, sin embargo, en los casos donde la cobertura de la información sea insuficiente, la estimación se realiza con fundamentaciones empíricas tales como Turc, Hargreaves, Thornthwaite, entre otros.

El método de Penman-Monteith combina el balance energético con el método de la transferencia de masa, derivando una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de brillo solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento (FAO, 2006). Dicho método fue estandarizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), considerándolo como el de mayor representatividad en comparación a otros, precisamente por su proximidad de estimación en cualquier lugar evaluado y

por considerar bases físicas sólidas, incorporando parámetros fisiológicos y aerodinámicos. A continuación, se relaciona la expresión en mención.

$$ET_O = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma\,\frac{900}{T+273}\,u_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,u_2)}$$

Donde,

ET_O: Evapotranspiración de referencia (mm/día).
R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m^2-día).
R_a: Radiación extraterrestre (mm/día).
G: Flujo del calor de suelo (MJ/ m^2-día).
T: Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).
u_2: Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s).
e_s: Presión de vapor de saturación (kPa).
e_a: Presión real de vapor (kPa).
$e_s - e_a$: Déficit de presión de vapor (kPa).
Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C).
γ: Constante psicrométrica (kPa/°C).

La constante psicométrica (γ) se encuentra definida por la siguiente expresión.

$$\gamma = \frac{c_p * P}{\varepsilon * \lambda}$$

γ: Constante psicrométrica $[kPa\ °C^{-1}]$.
P: Presión atmosférica a la elevación z $[kPa]$.
λ: Calor latente de vaporización 2.45 $[MJ\ kg^{-1}]$.
c_p: Calor específico a presión constante $1.013 * 10^{-3}$ $[MJ\ kg^{-1}\ °C^{-1}]$.
ε: Cociente del peso molecular de vapor de agua/aire seco 0.622.

El calor latente de vaporización (λ) expresa la energía requerida para cambiar el agua líquida a vapor de agua bajo presión y temperaturas constantes. Por otra parte, el calor específico, corresponde a la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de una unidad de masa de aire en un grado Celsius (*1°C)* a presión constante.

La presión de saturación (e_s) de vapor es calculada en función de la temperatura del aire, pues depende de dicho parámetro meteorológico. La ecuación es.

$$e_s = 0.6108 * exp\left[\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right]$$

Sin embargo, dicha presión de saturación por su característica no-linear, se calcula a partir del promedio de la estimación de los parámetros de temperatura mínima y máxima media; esto debido a que la temperatura media determina subestimaciones de la presión media de saturación de vapor.

$$e_{s,media} = \frac{e^{\circ}(T_{máx}) + e^{\circ}(T_{mín})}{2}$$

Dentro del cálculo de evapotranspiración, se requiere calcular la pendiente de la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura.

$$\Delta = \frac{4098 * \left[0.6108 * \exp\left(\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right)\right]}{(T + 237.3)^2}$$

Como la temperatura del punto de rocío es la temperatura a la cual el aire necesita ser enfriado para saturarlo, la presión real de vapor (e_a) es la presión de saturación de vapor a la temperatura del punto de rocío ($T_{rocío}$). Sin embargo, en los casos donde la $T_{rocío}$ no se encuentre disponible, dicha presión de vapor se estimación considerando la expresión alterna teniendo en cuenta la humedad relativa.

Si $T_{rocío}$ es conocido:

$$e_a = 0.6108 * exp\left[\frac{17.27 * T_{rocío}}{T_{rocío} + 237.3}\right]$$

Si no,

$$e_a = \frac{HR_{media}}{100} * e_{s,media}$$

La intensidad de radiación que incide sobre un área determinada es variable de acuerdo al ángulo entre la dirección de los rayos solares y la superficie de la atmósfera, teniendo diferentes magnitudes de acuerdo a la latitud, la época del año y la hora del día.

$$R_a = \frac{24 * 60}{\pi} * G_{s,c} * d_r * [\omega_s \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\sin(\omega)]$$

$$d_r = 1 + 0.033 * cos\left(\frac{2\pi}{365}J\right)$$

$$\delta = 0.409 * sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right)$$

$$\omega_s = arctan[-\tan(\varphi)\tan(\delta)]$$

$G_{s,c}$: Constante solar $0.082\ [MJ\ m^{-2}min^{-1}]$.
d_r: Distancia relativa inversa Tierra-Sol.
ω_s: Ángulo de radiación a la puesta del sol.
φ: Latitud, positiva en el hemisferio norte.
δ: Declinación solar.
J: Número del día en el año entre 1 y 365.
N: Duración máxima de la insolación.

$$N = \frac{24}{\pi}\omega_s$$

La radiación atraviesa la atmósfera para llegar a la superficie terrestre, parte de ella se dispersa, refleja o se absorbe por los gases, las nubes y el polvo atmosféricos. La cantidad de radiación que llega a un plano horizontal en la superficie terrestre se conoce como radiación solar R_s.

$$R_s = \left(0.25 + 0.5 * \frac{n}{N}\right) * R_a$$

A su vez, se relaciona la radiación solar en un día despejado R_{so}, la cual se presenta cuando $n = N$. Esta variable se estima a partir de la siguiente expresión.

$$R_{so} = (0.75 + +2 * 10^{-5} * z) * R_a$$

La radiación neta solar (R_{ns}), es la fracción de la radiación solar R_s que no se refleja en la superficie.

$$R_{ns} = (1 - 0.23) * R_s$$

La tierra transforma la radiación solar absorbida en energía térmica, la cual al tener una temperatura mucho más baja que el sol, emite energía radiante con longitudes de onda más largas que el sol. La superficie terrestre emite y recibe radiación de onda larga, al realizar la diferencia entre dicha energía saliente y entrante, se conoce como radiación neta de onda larga R_{nl}.

$$R_{nl} = 4.903 * 10^{-9} * \left[\frac{(T_{max} + 273.16)^4 + (T_{mín} + 273.16)^4}{2}\right] * \left(0.34 - 0.14 * \sqrt{e_a}\right) * \left(1.35 * \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right)$$

El equilibrio entre la energía absorbida, reflejada y emitida se conoce como radiación neta, la cual se calcula como la diferencia entre la radiación neta de onda corta y larga.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

El flujo del calor del suelo $G_{mes,i}$, corresponde a la energía que se utiliza para calentar el suelo considerando una capacidad calorífica constante del suelo de 2.1 $MJ\ m^{-3}\ °C^{-1}$. Dicha variable puede estimarse considerando la diferencia entre la temperatura consecuente y precedente al mes en cuestión, o teniendo en cuenta la temperatura del mes en cuestión y el mes antecedente.

$$G_{mes,i} = 0.07 * \left(T_{mes,i+1} - T_{mes,i-1}\right)$$

Si no se conoce el valor de $T_{mes,i+1}$.

$$G_{mes,i} = 0.14 * \left(T_{mes,i} - T_{mes,i-1}\right)$$

El flujo del aire sobre una región homogénea puede tener variaciones relativamente grandes en el transcurso de un día, sin embargo, para periodos de estimación más largos (décadas, meses) dichas variaciones son pequeñas, por lo cual su asignación dentro del cálculo puede tener simplificaciones más superficiales en los casos de la ausencia de su registro. Para el cálculo de la evapotranspiración,

se requiere la velocidad del viento medida a dos (2) metros sobre la superficie, por lo tanto, para aquellas estaciones con medición diferente a dicha altura, se propone usar la relación logarítmica.

$$u_2 = u_z * \frac{4.87}{\ln(67.8 * z - 5.42)}$$

u_2: Velocidad del viento a 2 m sobre la superficie.
u_z: Velocidad del viento medida a z m sobre la superficie.
z: Altura de medición sobre la superficie.

1.3.2.1.1.6.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

Se establece la descripción general del parámetro, cuya estimación se realiza a partir de la expresión de (Budyko, 1974), el cual representa la ETR en función de variables climatológicas tales como la ETP y la precipitación.

$$ETR = \left[ETP * P * \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) * \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right)\right]^{1/2}$$

1.3.2.1.1.6.5 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Se emplea la metodología de Caldas-Lang, teniendo en cuenta los lineamientos de la metodología estándar para Colombia, como lo propone (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), la cual es una unificación de las clasificaciones de Francisco José de Caldas y de Richard Lang.

1.3.2.1.1.6.5.1 CLASIFICACIÓN DE CALDAS

La clasificación de Caldas se realiza teniendo la correlación entre la altura (m.s.n.m.) y la temperatura (°C) de la cuenca, delimitando las zonas de acuerdo con la siguiente clasificación. Es importante mencionar que las características locales de temperatura afectan el rango de altura en la cual se localiza el piso térmico.

Tabla 79 Clasificación climática según Caldas.

PISO TÉRMICO	RANGO DE ALTURA (M)	TEMPERATURA (°C)
Cálido	0-800	T > 24
Templado	800-1800	24 > T > 18
Frío	1800-2800	18 > T > 12
Muy Frío	2800-3700	12 > T > 6
Extremadamente Frío	3700-4700	6> T > 0
Nival	>4700	T < 0

Fuente: propone (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

1.3.2.1.1.6.5.2 CLASIFICACIÓN DE LANG

Para obtener la clasificación es necesario estimar el índice de efectividad de la precipitación o también conocido como coeficiente de Lang, el cual resulta de una relación entre la precipitación media anual (mm) y la temperatura media (°C), calculándose a partir de la siguiente expresión.

$$C_{Lang} = \frac{P}{T}$$

Donde,
C_{Lang}: Coeficiente de Lang (mm/°C).
P: Precipitación media anual (mm).
T: Temperatura media anual (°C).

Debido a que estas variables son insumos para calcular el coeficiente de Lang, es necesario estimar y especializar la precipitación y la temperatura promedio anual. Una vez se haya obtenido el índice de Lang es necesario delimitar las zonas de acuerdo con su clasificación.

Tabla 80 Clasificación climática según Lang

COEFICIENTE P/T	CLASES DE CLIMA
0 a 20.0	Desértico
20.1 a 40.0	Árido
40.1 a 60.0	Semiárido
60.1 a 100.0	Semihúmedo
100.1 a 160	Húmedo
Mayor a 160.0	Superhúmedo

Fuente: HIMAT.

1.3.2.1.2 RESULTADOS

Se realiza la descripción general de la caracterización climatológica comprendiendo lo siguiente.

1.3.2.1.2.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.

La red hidrometeorológica aferente a la zona de estudio, se consolida a partir de las estaciones administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Dichas estaciones, se encuentran en una proximidad de 25 km en el parámetro de precipitación y 54 Km en las demás variables climáticas, superior para considerar estaciones con la mínima densidad superficial recomendada por la OMM según la unidad fisiográfica propia de la zona.

1.3.2.1.2.2 PRESELECCIÓN DE ESTACIONES.

Para el análisis de las cuencas aferentes, se identifican un total de 167 estaciones meteorológicas preseleccionadas, clasificadas en 2 Agrometeorológicas, 27 Climáticas Ordinarias, 23 Climáticas Principales, 18 Meteorológicas Especiales, 1 Sinóptica Principal y 96 estaciones entre Pluviográficas y Pluviométricas. A continuación, se presenta la red meteorológica preseleccionada en aferencia.

Tabla 81 Red meteorológica preseleccionada en aferencia a la zona de estudio.

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Aeropuerto Furatena - Aut [23125140]	5.520833	-74.182417	Boyacá	Quípama
Aeropuerto Palanquero [23035020]	5.471389	-74.654722	Cundinamarca	Puerto Salgar

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Albania [23120100]	5.783333	-73.916667	Santander	Albania (Santander)
Albania [23125060]	5.758333	-73.913333	Santander	Albania (Santander)
Alizos Los [24011150]	5.329389	-73.850056	Cundinamarca	Carmen De Carupa
Alto Del Trigo - Aut [2306500106]	5.001903	-74.537586	Cundinamarca	Guaduas
Amoladero El [35060200]	4.857972	-73.745389	Cundinamarca	Guatavita
Arrancaplumas [21230090]	5.20275	-74.729278	Cundinamarca	Guaduas
Bascula La [23040050]	5.433333	-74.716667	Caldas	La Dorada
Base Palanquero - Aut [23035030]	5.492861	-74.658	Cundinamarca	Puerto Salgar
Belen [35070370]	5.083333	-73.566667	Cundinamarca	Machetá
Belleza La [21230120]	4.985389	-74.581111	Cundinamarca	Chaguaní
Bilbao Maximo Poti [21206630]	4.751139	-74.091583	Bogotá	Bogota, D.C
Bolivar [24010640]	5.986111	-73.770833	Santander	Bolivar (Santander)
Borbur 1 [23120080]	5.65	-74.066667	Boyacá	San Pablo De Borbur
Borbur 2 [23120250]	5.649639	-74.068722	Boyacá	San Pablo De Borbur
Brasilia Finca [24011130]	5.55	-73.733333	Boyacá	San Miguel De Sema
Buenavista [23125100]	5.514917	-73.943111	Boyacá	Buenavista (Boyacá)
C.Univ.Agrop-Udca [21206260]	4.798639	-74.049722	Bogotá	Bogota, D.C
Cabrera La [23060270]	5.133333	-74.15	Cundinamarca	Pacho
Cabrera La [23065120]	5.141556	-74.139361	Cundinamarca	Pacho
Caparrapi [23060110]	5.352194	-74.494778	Cundinamarca	Caparrapí
Carmen De Carupa - Aut [24015380]	5.347222	-73.898333	Cundinamarca	Carmen De Carupa
Carmen De Carupa [24010610]	5.351278	-73.904472	Cundinamarca	Carmen De Carupa
Carmen El [24015230]	5.65	-73.516667	Boyacá	Villa De Leiva
Chilagua Finca [23060260]	5.064639	-74.382028	Cundinamarca	Nocaima
Col Abraham Lincol [21206500]	4.756639	-74.061583	Bogotá	Bogota, D.C
Col Buckingham [21206670]	4.792056	-74.049583	Bogotá	Bogota, D.C

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Col Miguel A. Caro [21206690]	4.813167	-74.031111	Bogotá	Bogota, D.C
Col Nuevo Retiro [21206680]	4.734111	-74.037028	Bogotá	Bogota, D.C
Colombiano El [21205850]	5.033889	-73.848194	Cundinamarca	Sesquilé
Coper [23120210]	5.474667	-74.045917	Boyacá	Coper
Corazon El [21201070]	4.865361	-74.289417	Cundinamarca	Facatativá
Corito [21206250]	4.8	-74.366667	Cundinamarca	Facatativá
Cucunuba	5.25	-73.77	Cundinamarca	Cucunubá
Cucunuba Automatica [24010140]	5.219558	-73.784542	Cundinamarca	Cucunubá
Cucunuba1	5.25	-73.77	Cundinamarca	Cucunubá
Emporio El Hacienda [24010410]	5.602083	-73.545278	Boyacá	Villa De Leiva
Escuela Col Ingenieria [21201570]	4.783333	-74.05	Bogotá	Bogota, D.C
Escuela Col Ingenieria [21206050]	4.783333	-74.05	Bogotá	Bogota, D.C
Esperanza La [21201140]	4.802167	-74.179972	Cundinamarca	Tenjo
Esperanza La [23025020]	5.262639	-74.729139	Tolima	Honda
Esperanza La Hacienda [23030010]	5.466667	-74.633333	Cundinamarca	Puerto Salgar
Estancia La [23060370]	4.966667	-74.366667	Cundinamarca	La Vega
Flores Chibcha [21205880]	4.789722	-74.264778	Cundinamarca	Madrid
Flores Colombianas [21206210]	4.73625	-74.157333	Cundinamarca	Funza
Floresta La [21200840]	4.85	-73.783333	Cundinamarca	Guasca
Gachaneca [24015290]	5.433333	-73.55	Boyacá	Samacá
Gachantiva [24010810]	5.750806	-73.548917	Boyacá	Gachantivá
Guacheta [24010170]	5.385889	-73.691056	Cundinamarca	Guachetá
Guanata [21205890]	4.885944	-74.054333	Cundinamarca	Chía
Guanquica	5.184278	-73.941111	Cundinamarca	Tausa
Guasca [21205700]	4.879861	-73.868111	Cundinamarca	Guasca
Guavata [24010820]	5.961389	-73.7025	Santander	Guavatá
Hacienda Santa Ana - Aut [21206790]	5.09	-73.88	Cundinamarca	Nemocón
Hacienda Santa Ana - Aut [21206790]	5.0905	-73.88125	Cundinamarca	Nemocón

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Hacienda Santa Ana [21205970]	5.09	-73.88	Cundinamarca	Nemocón
Hacienda Santa Ana [21205970]	5.0905	-73.88125	Cundinamarca	Nemocón
Hato Alto [21206490]	4.835083	-74.139917	Cundinamarca	Tenjo
Hato El [21201210]	4.866389	-74.153861	Cundinamarca	Tenjo
Hato Grande Hacienda [35070490]	4.959389	-73.584361	Cundinamarca	Manta
Idema-Dorada [23040030]	5.479194	-74.676167	Caldas	La Dorada
Idema-Honda [23010080]	5.201417	-74.749583	Tolima	Honda
Institucion Agricola Santa Sofia [24015090]	5.710667	-73.602278	Boyacá	Santa Sofía
Isla Del Santuario [24011100]	5.467278	-73.734806	Cundinamarca	Fúquene
Isla Del Santuario [24015120]	5.467278	-73.734806	Cundinamarca	Fúquene
Jassa La [24011120]	5.533333	-73.483333	Boyacá	Samacá
Jesus Maria [24010210]	5.873333	-73.781667	Santander	Jesús María
La Boyera - Aut [24015110]	5.303806	-73.85175	Cundinamarca	Ubaté
La Cosecha - Aut [21205910]	4.989222	-74.001194	Cundinamarca	Zipaquirá
Lagunitas [21201190]	5.214528	-73.90725	Cundinamarca	Tausa
Leticia [24010070]	5.303194	-73.70975	Cundinamarca	Lenguazaque
Llano El [21205990]	4.927778	-73.95	Cundinamarca	Sopó
Loretoki Hacienda [21206010]	5.089028	-73.80275	Cundinamarca	Suesca
Lourdes [21201050]	4.982889	-73.864667	Cundinamarca	Gachancipá
Macheta Granja Agrop [35070230]	5.075111	-73.579417	Cundinamarca	Machetá
Manta [35070360]	5.016667	-73.55	Cundinamarca	Manta
Maripi [23120150]	5.55	-74.016667	Boyacá	Maripí
Minas Las [24010800]	5.483333	-73.533333	Boyacá	Samacá
Miravalles [24010750]	5.925833	-73.609167	Boyacá	Moniquirá
Moniquira [24010710]	5.852167	-73.576417	Boyacá	Moniquirá
Museo El [24011050]	5.65	-73.533333	Boyacá	Villa De Leiva
Muzo [23120050]	5.534806	-74.101222	Boyacá	Muzo

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Norcasia [23050070]	5.566667	-74.716667	Caldas	Victoria
Nueva Generacion - Aut [21206600]	4.782222	-74.094333	Bogotá	Bogota, D.C
Nuevo Colon [35075010]	5.352694	-73.453778	Boyacá	Nuevo Colón
Otanche [23120260]	5.661722	-74.184611	Boyacá	Otanche
Otanche [23125080]	5.661722	-74.184611	Boyacá	Otanche
Paime [23120240]	5.371389	-74.154639	Cundinamarca	Paime
Palma La [23060170]	5.349361	-74.389111	Cundinamarca	La Palma
Palmar El Hacienda [23040060]	5.433333	-74.733333	Caldas	La Dorada
Panonia [21200160]	5.057972	-73.734333	Cundinamarca	Chocontá
Pantano Redondo 1 [21201060]	5.04325	-74.033389	Cundinamarca	Zipaquirá
Paraiso El [24011140]	5.55	-73.8	Cundinamarca	Simijaca
Paramo Alto - Aut [2120500050]	5.158861	-74.043444	Cundinamarca	Cogua
Paramo Guacheneque - Aut [21206950]	5.236056	-73.525083	Cundinamarca	Villapinzón
Paramo Guerrero - Aut [21206930]	5.086444	-74.022167	Cundinamarca	Zipaquirá
Paramo Rabanal - Aut [35075080]	5.392389	-73.562778	Boyacá	Ventaquemada
Pasadena [24015170]	5.683333	-73.6	Boyacá	Villa De Leiva
Pauna [23120140]	5.65	-73.983333	Boyacá	Pauna
Pauna [23125090]	5.649472	-73.981028	Boyacá	Pauna
Penon El [23060180]	5.253444	-74.2945	Cundinamarca	El Peñón (Cundinamarca)
Piscis [21200620]	5.079167	-73.696861	Cundinamarca	Chocontá
Potreritos [35060160]	4.828806	-73.769278	Cundinamarca	Guatavita
Potrero Ceba [24011110]	5.833333	-73.55	Boyacá	Moniquirá
Potrero Largo [21200780]	4.929222	-73.780472	Cundinamarca	Guatavita
Pradera La [23120220]	5.870833	-73.913333	Santander	Jesús María
Providencia Granja [21205980]	4.792389	-74.200917	Cundinamarca	Tenjo
Puente Guillermo - Aut [2401500052]	5.796417	-73.726667	Santander	Puente Nacional

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Puerto Libre [23060150]	5.758278	-74.627333	Cundinamarca	Puerto Salgar
Puerto Nino [23110030]	5.937528	-74.421778	Boyacá	Puerto Boyacá
Quebrada Negra - Aut [23065190]	5.137611	-74.48125	Cundinamarca	Quebradanegra
Raquira [24010040]	5.538778	-73.631361	Boyacá	Ráquira
Raquira [24010180]	5.538778	-73.631361	Boyacá	Ráquira
Roble El [21201550]	4.796667	-74.226389	Cundinamarca	Madrid
Rosales Los [35070380]	5.083333	-73.616667	Cundinamarca	Machetá
Sabaneta [23065100]	4.90175	-74.307389	Cundinamarca	La Vega
Saboya La Granja [24015360]	5.696222	-73.759	Boyacá	Saboyá
San Cayetano - Aut [23125170]	5.333333	-74.016667	Cundinamarca	San Cayetano (Cundinamarca)
San Cayetano [21206030]	4.916833	-74.181667	Cundinamarca	Subachoque
San Cayetano [23125070]	5.3	-74.066667	Cundinamarca	San Cayetano (Cundinamarca)
San Francisco [21201080]	4.9	-73.95	Cundinamarca	Sopó
San Isidro [21201610]	4.850289	-73.890722	Cundinamarca	Guasca
San Miguel [23050100]	5.73075	-74.726083	Antioquia	Sonsón
San Pablo [23060160]	5.485083	-74.462417	Cundinamarca	Caparrapí
San Pablo De Borbur - Aut [23125160]	5.647028	-74.071306	Boyacá	San Pablo De Borbur
San Pedro [21201250]	4.871639	-73.966667	Cundinamarca	Sopó
San Pedro Iguaque [24010830]	5.64	-73.450444	Boyacá	Chíquiza
Santa Cruz De Siecha - Aut [21206980]	4.784278	-73.870806	Cundinamarca	Guasca
Santa Rosita [21201650]	5.115917	-73.757389	Cundinamarca	Suesca
Santa Teresa [23065060]	4.842167	-74.461694	Cundinamarca	Guayabal De Síquima
Santillana [21206020]	4.898528	-74.104833	Cundinamarca	Tabio
Silencio El [23060290]	4.973167	-74.412056	Cundinamarca	Sasaima
Silos [21205740]	5.117722	-73.701417	Cundinamarca	Chocontá
Simijaca [24010150]	5.511306	-73.863694	Cundinamarca	Simijaca

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Simijaca [24011010]	5.616667	-73.85	Cundinamarca	Simijaca
Suasuque [21205920]	4.820833	-73.963889	Cundinamarca	Sopó
Sucre [24010670]	5.919722	-73.796389	Santander	Sucre (Santander)
Suesca [21201620]	5.109583	-73.796972	Cundinamarca	Suesca
Supata [23060200]	5.059694	-74.239167	Cundinamarca	Supata
Susa [24011060]	5.462444	-73.801556	Cundinamarca	Susa
Tabio Granja [21201630]	4.933056	-74.065611	Cundinamarca	Tabio
Tachi [21205960]	4.939056	-74.152583	Cundinamarca	Subachoque
Termozipa [21206450]	4.983333	-73.933333	Cundinamarca	Tocancipá
Tibachoque Hacienda [21205950]	4.759056	-74.205167	Cundinamarca	Funza
Tibar El [21201270]	4.816667	-74.233333	Cundinamarca	Madrid
Trapiche El [23065200]	5.028194	-74.503917	Cundinamarca	Villeta
Tres Esquinas [24010690]	5.716667	-73.633333	Boyacá	Santa Sofía
Trique El [23110040]	5.880889	-74.568342	Boyacá	Puerto Boyacá
Turmeque [35070030]	5.31775	-73.496361	Boyacá	Turmequé
Tuscolo El [23060140]	5.069444	-74.608056	Cundinamarca	Guaduas
Ubate Granja [24011090]	5.327333	-73.791444	Cundinamarca	Ubaté
Unisalle Norte [21205013]	4.794444	-74.030556	Bogotá	Bogota, D.C
Universidad De La Sabana - Aut [2120500135]	4.85475	-74.032669	Cundinamarca	Chía
Utica [23060190]	5.196083	-74.4855	Cundinamarca	Útica
Velez Granja [24015270]	5.997222	-73.672778	Santander	Vélez
Ventaquemada [35070020]	5.383056	-73.602889	Boyacá	Ventaquemada
Villa Carmen [24015220]	5.509389	-73.495778	Boyacá	Samacá
Villa De Leiva - Aut [24015300]	5.655833	-73.543944	Boyacá	Villa De Leiva
Villa De Leiva [24010160]	5.633333	-73.533333	Boyacá	Villa De Leiva
Villa Ines - Aut [21205940]	4.834972	-74.383972	Cundinamarca	Facatativá

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Villa Rosa [21205930]	4.833333	-74.1	Cundinamarca	Cota
Villagomez [23125150]	5.27175	-74.196778	Cundinamarca	Villagómez
Villapinzon Granja [21201640]	5.26375	-73.590861	Cundinamarca	Villapinzón
Villeta - Aut [23065180]	5.016861	-74.470972	Cundinamarca	Villeta
Yacopi - Aut [23065110]	5.484167	-74.354583	Cundinamarca	Yacopí
Yacopi [23060090]	5.5	-74.366667	Cundinamarca	Yacopí

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se observa que 52 estaciones se encuentran suspendidas hasta el año 2001, por lo tanto no caracterizan representatividad para la climatología de la zona, las estaciones corresponden a Albania [23120100], Bascula La [23040050], Belen [35070370], Bilbao Maximo Poti [21206630], Brasilia Finca [24011130], Cabrera La [23060270], Carmen De Carupa [24010610], Carmen El [24015230], Col Abraham Lincol [21206500], Col Buckingham [21206670], Col Nuevo Retiro [21206680], Colombiano El [21205850], Corito [21206250], Cucunuba, Escuela Col Ingenieria [21201570], Escuela Col Ingenieria [21206050], Esperanza La Hacienda [23030010], Flores Colombianas [21206210], Floresta La [21200840], Gachaneca [24015290], Hacienda Santa Ana [21205970], Hato Alto [21206490], Isla Del Santuario [24011100], Jassa La [24011120], Llano El [21205990], Manta [35070360], Maripi [23120150], Minas Las [24010800], Museo El [24011050], Norcasia [23050070], Otanche [23120260], Palmar El Hacienda [23040060], Paraiso El [24011140], Pasadena [24015170], Pauna [23120140], Potrero Ceba [24011110], Raquira [24010040], Rosales Los [35070380], San Francisco [21201080], San Pedro [21201250], Simijaca [24011010], Suesca [21201620], Termozipa [21206450], Tibachoque Hacienda [21205950], Tibar El [21201270], Trapiche El [23065200], Tres Esquinas [24010690], Ubate Granja [24011090], Unisalle Norte [21205013], Villa De Leiva [24010160], Villa Rosa [21205930] Y Yacopi [23060090]. Adicionalmente, se descartan 8 estaciones que han sido instaladas hace menos de 15 años, puesto que no referencian la extensión temporal suficiente para la caracterización en mención.

1.3.2.1.2.3 SELECCIÓN DE LA VENTANA DE TIEMPO.

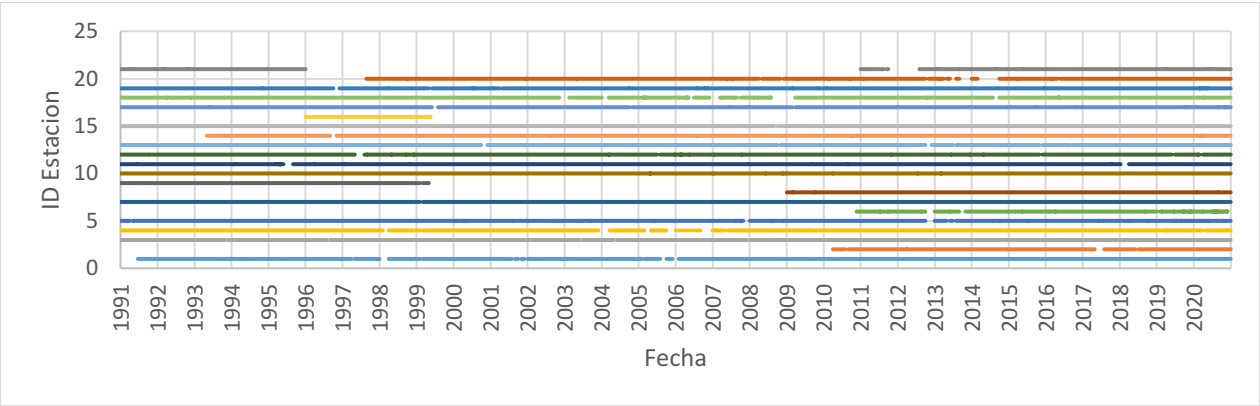
La ventana de tiempo, se establece a partir del análisis de continuidad y extensión de los parámetros de precipitación y temperatura, considerando el resumen de mediciones de tal manera que se relacione la mayor proximidad de las estaciones teniendo en cuenta un periodo de análisis de 30 años (OMM, 2018), caracterizando como mínimo la persistencia de fenómenos de variabilidad climática, principalmente El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases cálidas (El Niño) y frías (La Niña). Se observa que la mayoría de las estaciones con mayor ponderación en la cuenca, convergen en registros continuos desde el año 1986, siendo mucho más representativos desde el año 1990, por lo tanto, se define la ventana de tiempo de caracterización y modelación desde 01/01/1991 hasta 31/12/2020, considerando 30 años en total. A continuación, se presentan el porcentaje de datos en la ventana de tiempo, para los parámetros climatológicos.

Tabla 82 Porcentaje de datos en la ventana de tiempo para el parámetro de precipitación (%).

ID	Nombre	Código	% Datos contenidos en la ventana de tiempo
1	Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	93.58%
2	Alizos Los	24011150	34.44%
3	Borbur 1	23120080	98.42%
4	Buenavista	23125100	93.05%
5	Cabrera La	23065120	96.88%
6	Carmen De Carupa - Aut	24015380	30.94%
7	Coper	23120210	99.63%
8	Guanquica	21201180	39.96%
9	La Boyera – Aut	24015110	27.47%
10	Lagunitas	21201190	99.88%
11	Muzo	23120050	98.16%
12	Otanche	23125080	97.76%
13	Paime	23120240	97.76%
14	Pauna	23125090	91.29%
15	Penon El	23060180	99.66%
16	San Cayetano	23125070	11.24%
17	San Pablo	23060160	98.52%
18	Simijaca	24010150	93.29%
19	Susa	24011060	98.71%
20	Villagomez	23125150	72.78%
21	Yacopi - Aut	23065110	46.48%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 169 Continuidad de los datos parámetro de Precipitación.



Fuente: Elaboración propia, 2022

Es de anotar que, de las 21 estaciones de precipitación asociadas inicialmente en el análisis preliminar, 14 estaciones caracterizan la continuidad requerida 80%, puesto que las restantes inician su registro muy recientemente, o han sido suspendidas.

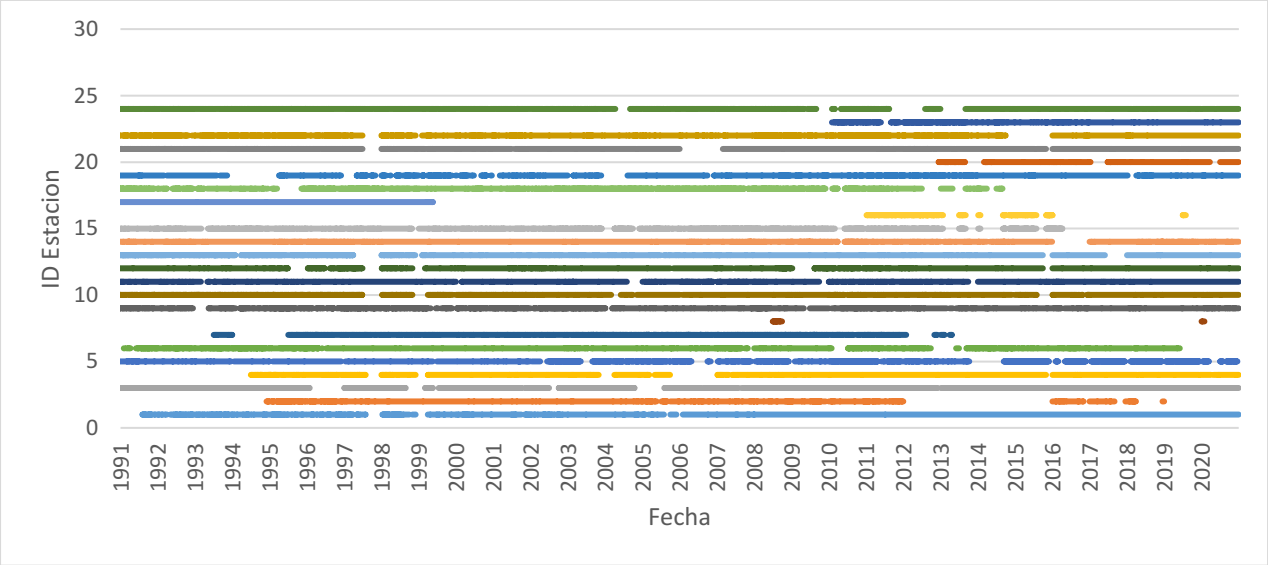
Para la variable temperatura media se presentan el porcentaje de datos en la ventana de tiempo, a continuación: El conjunto de estaciones, determinan vacíos promedios de 3.10%.

Tabla 83 Porcentaje de datos contenidos en la ventana de tiempo para el parámetro de temperatura media (%).

ID	Nombre	Código	% Datos contenidos en la ventana de tiempo
1	Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	87.33%
2	Aeropuerto Palanquero	23035020	58.53%
3	Albania	23125060	77.08%
4	Buenavista	23125100	76.36%
5	C.Univ.Agrop-Udca	21206260	76.93%
6	Cabrera La	23065120	80.00%
7	Esperanza La	23025020	51.41%
8	Guanata	21205890	0.86%
9	Guasca	21205700	78.86%
10	Institucion Agrícola Santa Sofia	24015090	82.85%
11	Isla Del Santuario	24015120	91.74%
12	Nuevo Colon	35075010	85.18%
13	Otanche	23125080	86.11%
14	Providencia Granja	21205980	89.93%
15	Sabaneta	23065100	63.53%
16	San Cayetano	21206030	7.28%
17	San Cayetano	23125070	27.85%
18	Santa Teresa	23065060	58.21%
19	Silos	21205740	76.87%
20	Suasuque	21205920	21.21%
21	Villa Carmen	24015220	88.05%
22	Villa De Leiva - Aut	24015300	82.26%
23	Villa Inés - Aut	21205940	31.31%
24	Yacopí - Aut	23065110	82.22%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 170 Continuidad de los datos parámetro de Temperatura media.



Fuente: Elaboración propia, 2022

Para la variable temperatura de las 24 estaciones de temperatura media asociadas inicialmente en el análisis preliminar, 10 estaciones caracterizan la continuidad requerida 80%. El conjunto de estaciones, determinan vacíos promedios de 14.45%. También se analiza el porcentaje de datos en la ventana de tiempo para la variable humedad relativa, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

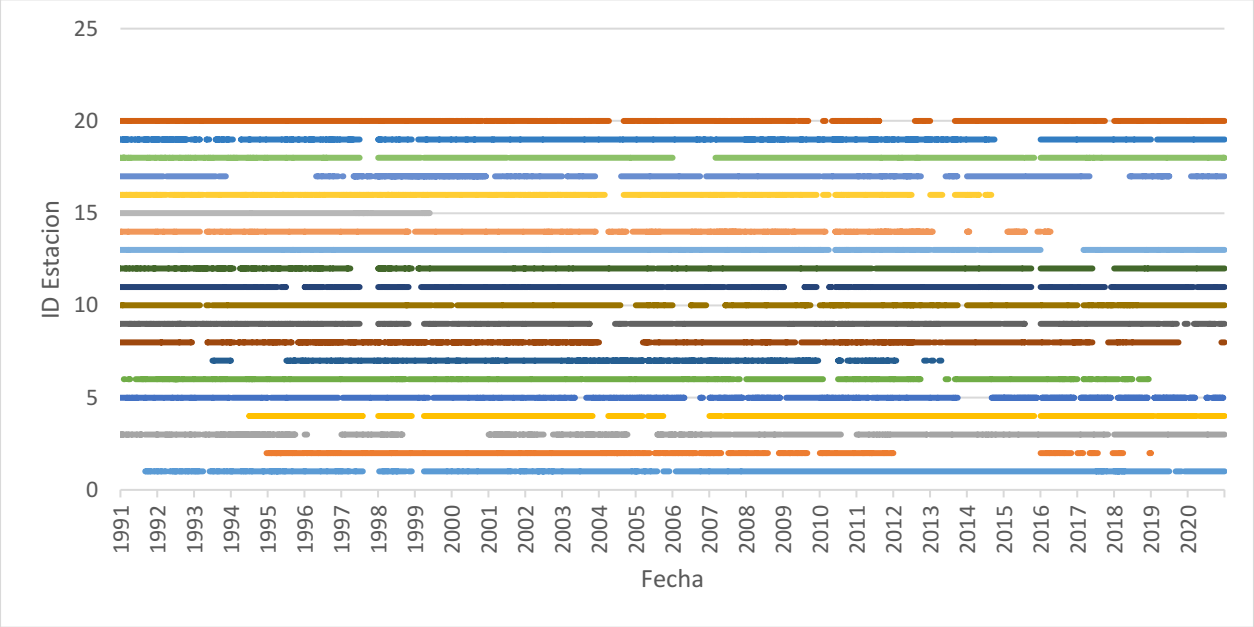
Tabla 84 Porcentaje de datos en la ventana de tiempo para el parámetro Humedad Relativa (%).

ID	NOMBRE	CÓDIGO	% DATOS CONTENIDOS EN LA VENTANA DE TIEMPO
1	Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	87.36%
2	Aeropuerto Palanquero	23035020	55.31%
3	Albania	23125060	76.84%
4	Buenavista	23125100	77.17%
5	C.Univ.Agrop-Udca	21206260	80.62%
6	Cabrera La	23065120	82.90%
7	Esperanza La	23025020	50.02%
8	Guasca	21205700	77.86%
9	Institución Agrícola Santa Sofia	24015090	86.69%
10	Isla Del Santuario	24015120	89.74%
11	Nuevo Colon	35075010	86.65%
12	Otanche	23125080	90.82%
13	Providencia Granja	21205980	93.91%
14	Sabaneta	23065100	69.03%

ID	NOMBRE	CÓDIGO	% DATOS CONTENIDOS EN LA VENTANA DE TIEMPO
15	San Cayetano	23125070	27.75%
16	Santa Teresa	23065060	68.27%
17	Silos	21205740	71.62%
18	Villa Carmen	24015220	92.34%
19	Villa De Leiva - Aut	24015300	86.77%
20	Yacopí - Aut	23065110	85.13%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 171 Continuidad de los datos parámetro de Humedad Relativa.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para la Humedad Relativa de las 20 estaciones asociadas inicialmente en el análisis preliminar, 11 estaciones caracterizan la continuidad requerida 80%. El conjunto de estaciones, determinan vacíos promedios de 12.46%.

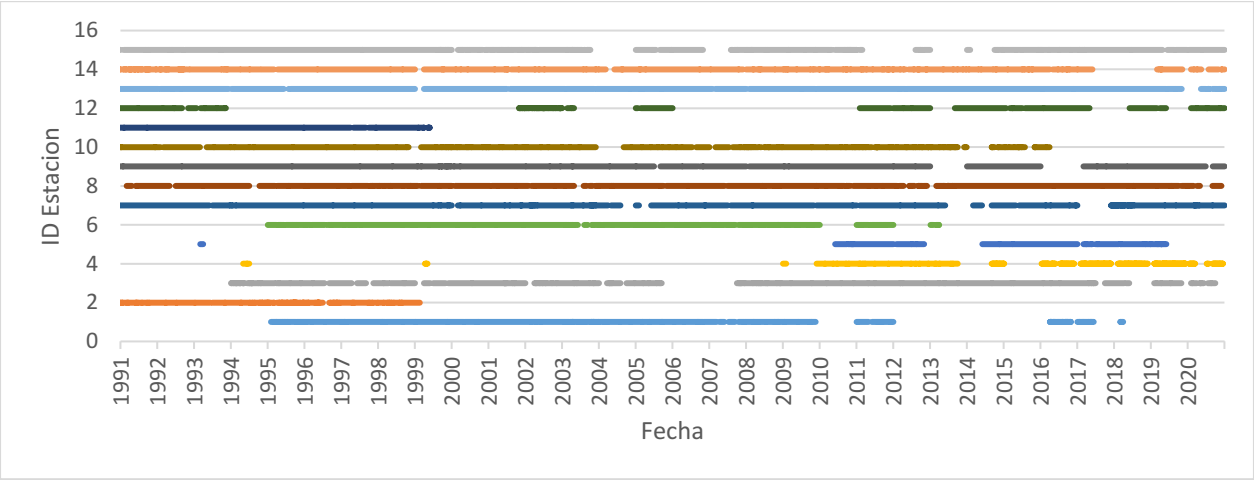
Adicionalmente, son estimados el porcentaje de datos de la variable de Brillo Solar, siguiendo la ventana de registro 1991-2020, donde se observa lo siguiente:

Tabla 85 Porcentaje de datos en la ventana de tiempo para el parámetro Brillo Solar (%).

ID	NOMBRE	CÓDIGO	% DATOS CONTENIDOS EN LA VENTANA DE TIEMPO
1	Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	53.50%
2	Buenavista	23125100	24.55%
3	Albania	23125060	70.63%
4	C.Univ.Agrop-Udca	21206260	24.36%
5	Cabrera La	23065120	23.40%
6	Esperanza La	23025020	50.01%
7	Isla Del Santuario	24015120	87.67%
8	Nuevo Colon	35075010	88.81%
9	Providencia Granja	21205980	90.34%
10	Sabaneta	23065100	72.04%
11	San Cayetano	23125070	27.01%
12	Silos	21205740	39.38%
13	Villa Carmen	24015220	94.12%
14	Villa De Leiva - Aut	24015300	86.52%
15	Yacopi - Aut	23065110	78.06%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 172 Continuidad de los datos parámetro de Brillo Solar.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para la variable Brillo Solar de las 15 estaciones asociadas inicialmente en el análisis preliminar, 5 estaciones caracterizan la continuidad requerida 80%. El conjunto de estaciones, determinan vacíos promedios de 10.51%.

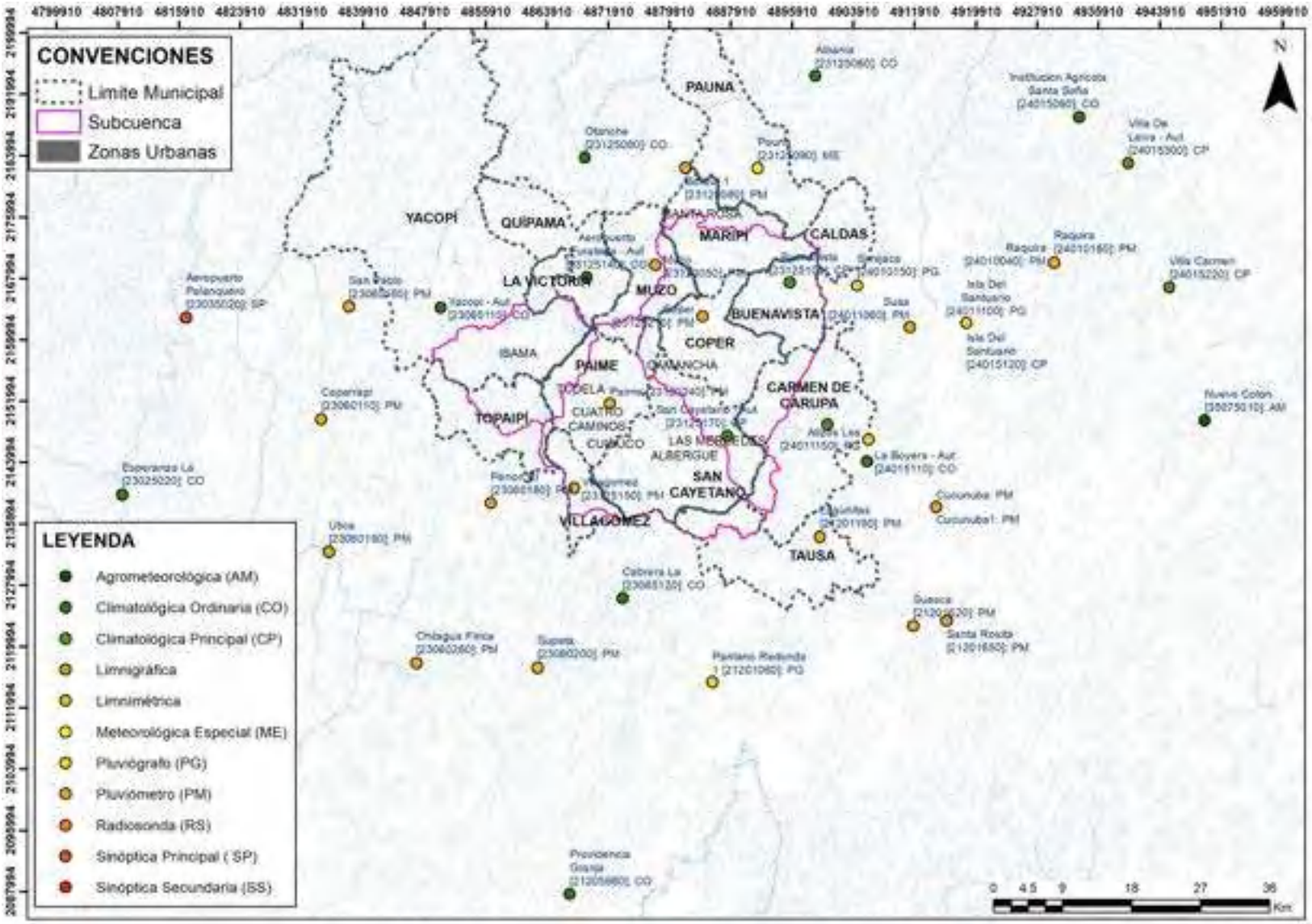
En la siguiente figura, se presenta la red meteorológica preseleccionada según la continuidad temporal de cada parámetro de medición de precipitación, temperatura media, humedad relativa y brillo solar; donde se asocian 41 estaciones clasificadas en 9 Climatológicas Ordinarias (CO), 6 Climatológicas Principales (CP), 1 Meteorológica Especial (ME), 4 Pluviógrafos (PG), 19 Pluviómetros (PM), 1 Agrometeorológica (AM) y 1 Sinóptica Principal (SP).

1.3.2.1.2.4 TRATAMIENTO METEOROLÓGICO

El tratamiento de series meteorológicas caracteriza la fase donde se identifica la calidad de las estaciones a partir de diversas pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) señala la importancia del criterio conservador en cuanto a la alteración de las series mediante la eliminación y agregación de datos, en vista de que los supuestos estarán siempre fundamentados en evidencias, y no en conjeturas; para lo cual existe diversa de métodos gráficos y estadísticos que permiten tener cierta certeza de las condiciones de la serie.

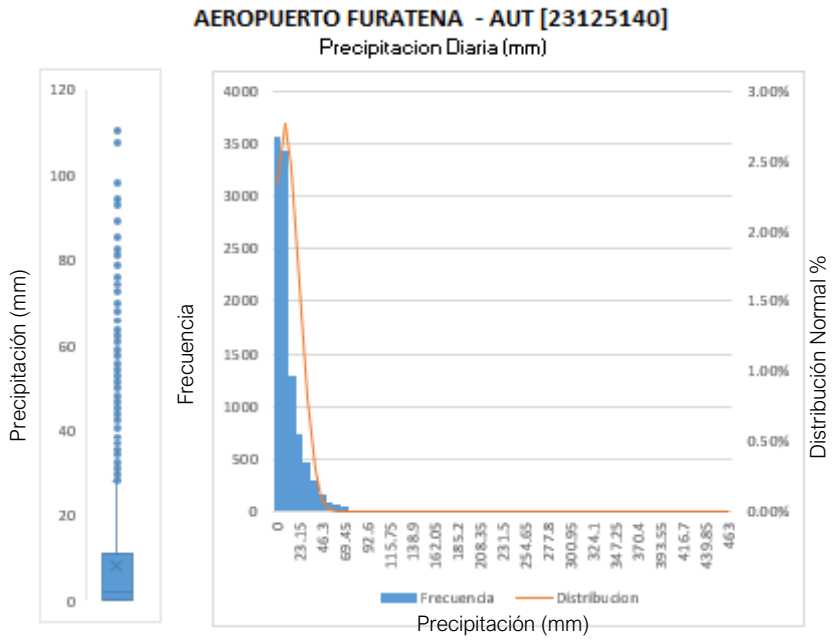
A continuación, se muestra el análisis exploratorio de las series para el parámetro precipitación y temperatura media.

Figura 173 Red meteorológica preseleccionada según continuidad temporal.

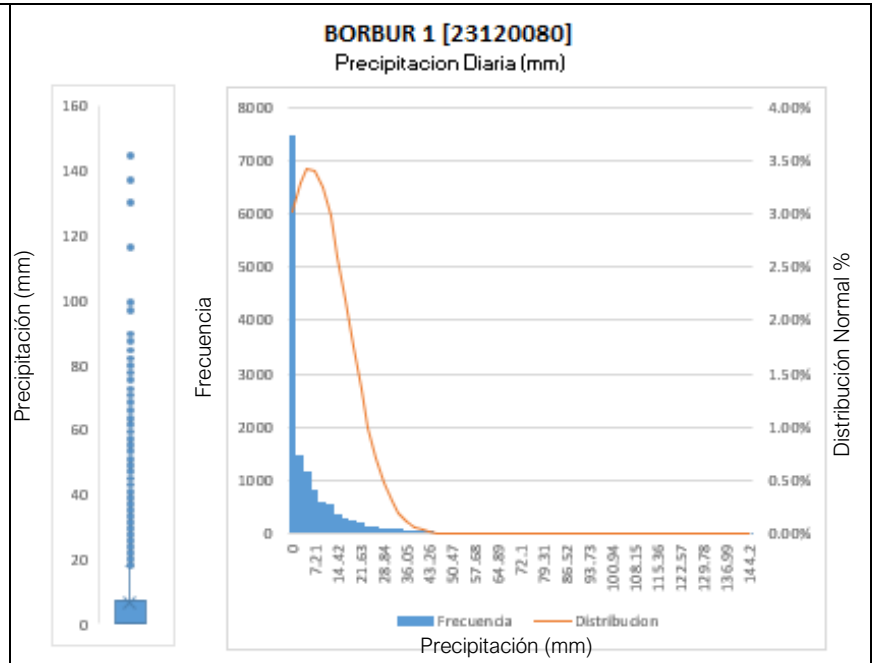


Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 86 Análisis exploratorio variable Precipitación



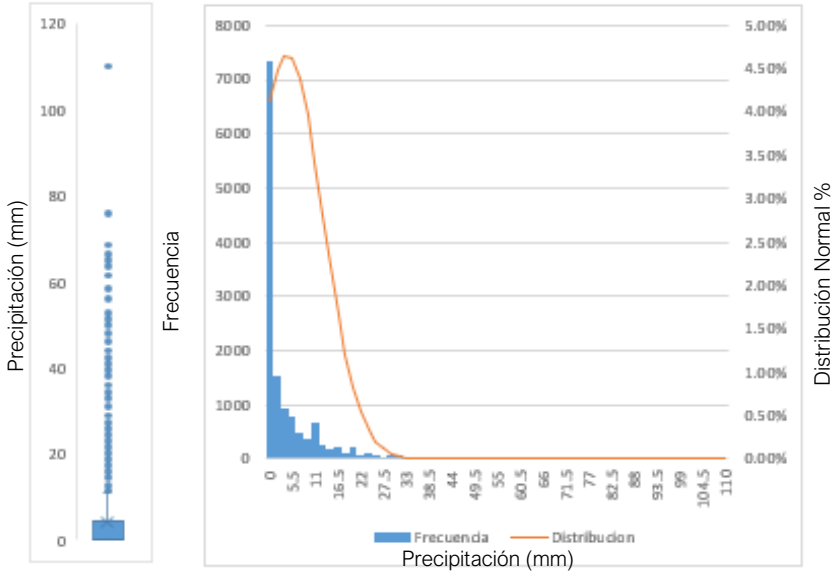
Media	8.38
Error típico	0.14
Mediana	2.00
Moda	0.00
Desviación estándar	14.43
Varianza de la muestra	208.34
Curtosis	103.66
Coeficiente de asimetría	5.37
Rango	463.00
Mínimo	0.00
Máximo	463.00
Suma	85885.90
Cuenta	10255.00



Media	5.81
Error típico	0.10
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	11.61
Varianza de la muestra	134.89
Curtosis	18.15
Coeficiente de asimetría	3.55
Rango	144.20
Mínimo	0.00
Máximo	144.20
Suma	83626.70
Cuenta	14385.00

BUENAVISTA [23125100]

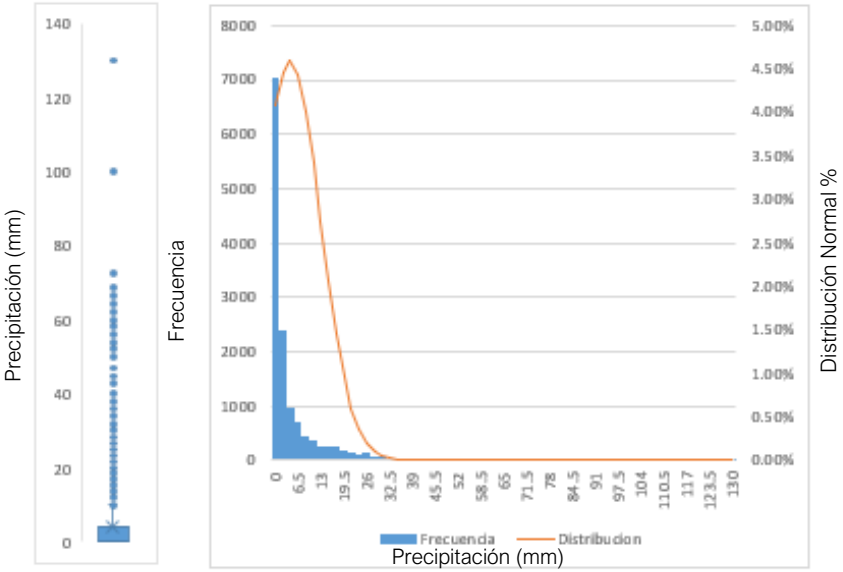
Precipitacion Diaria (mm)



Media	4.28
Error típico	0.07
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	8.55
Varianza de la muestra	73.09
Curtosis	16.62
Coeficiente de asimetría	3.45
Rango	110.00
Mínimo	0.00
Máximo	110.00
Suma	59200.70
Cuenta	13848.00

CABRERA LA [23065120]

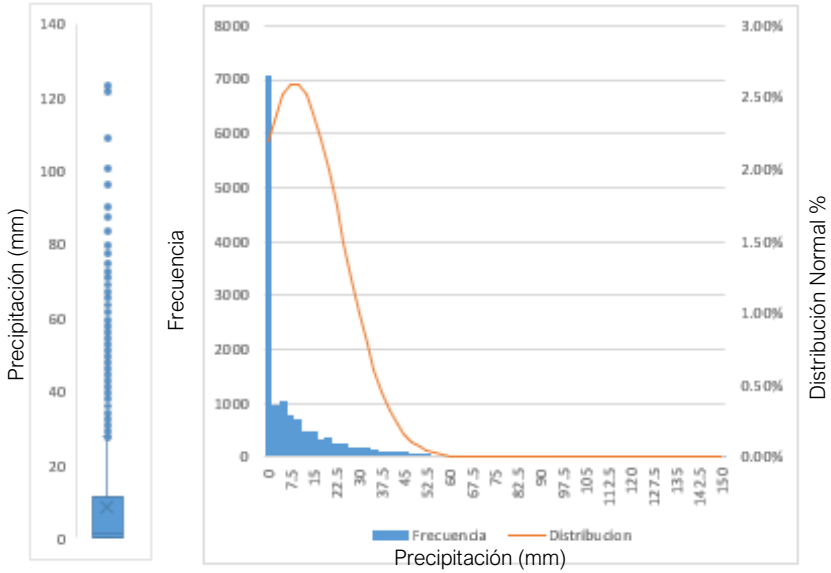
Precipitacion Diaria (mm)



Media	4.17
Error típico	0.07
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	8.69
Varianza de la muestra	75.57
Curtosis	16.64
Coeficiente de asimetría	3.43
Rango	130.00
Mínimo	0.00
Máximo	130.00
Suma	57333.90
Cuenta	13740.00

COPER [23120210]

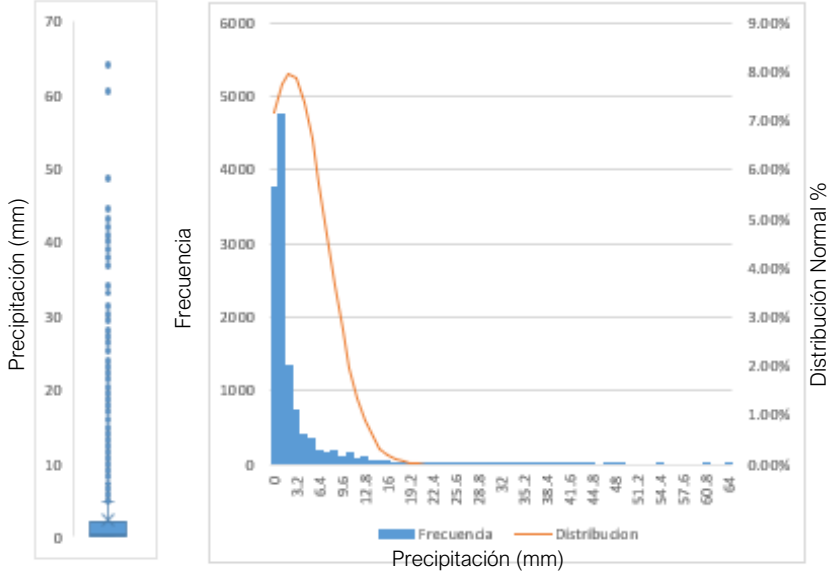
Precipitacion Diaria (mm)



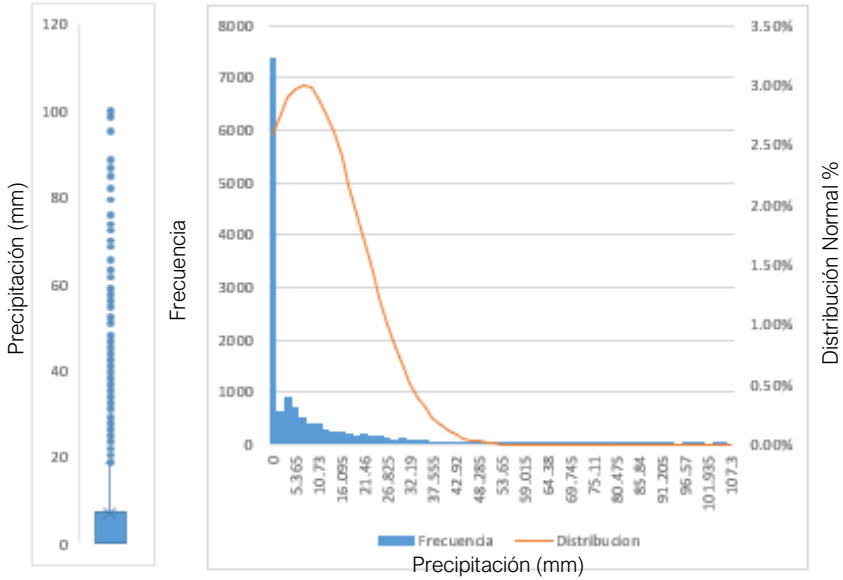
Media	8.85
Error típico	0.13
Mediana	0.70
Moda	0.00
Desviación estándar	15.36
Varianza de la muestra	236.05
Curtosis	8.12
Coeficiente de asimetría	2.58
Rango	150.00
Mínimo	0.00
Máximo	150.00
Suma	127824.80
Cuenta	14448.00

LAGUNITAS [21201190]

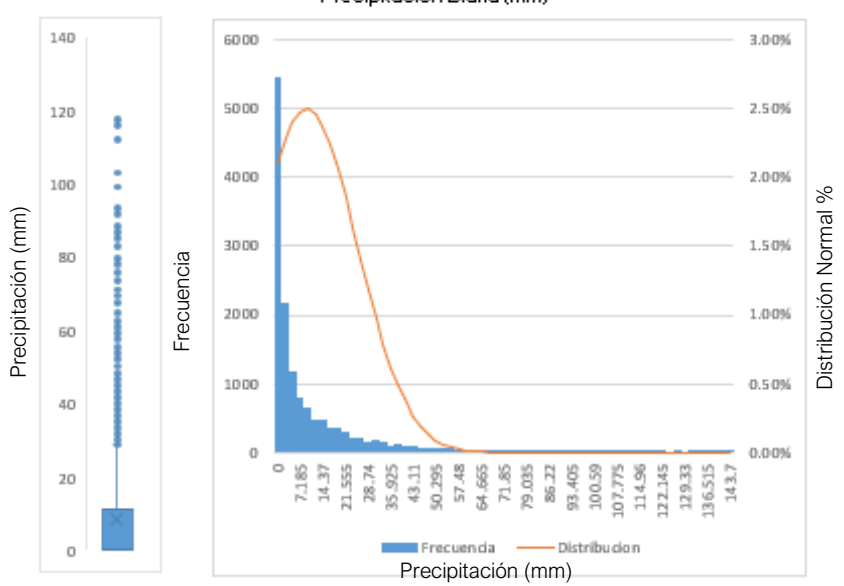
Precipitacion Diaria (mm)



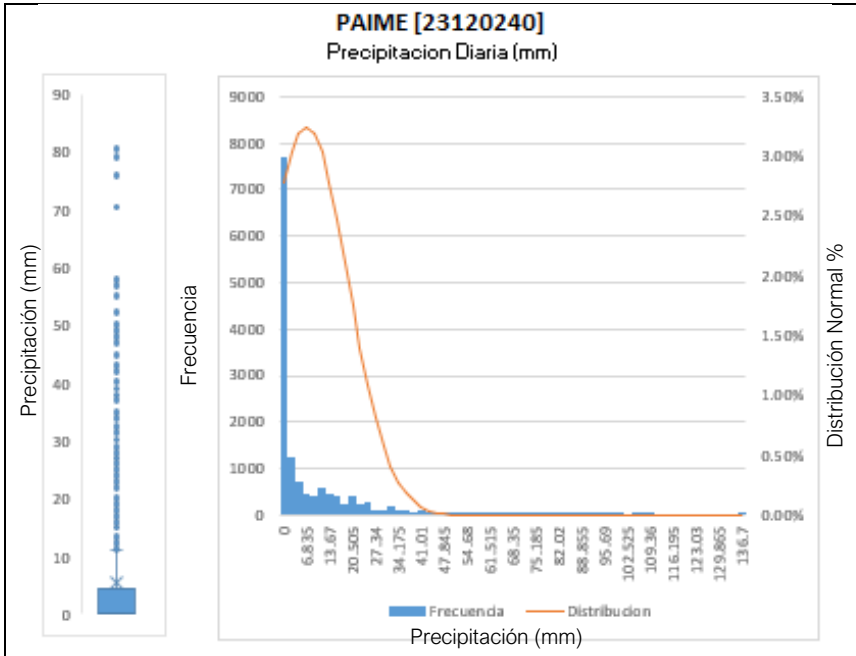
Media	2.32
Error típico	0.04
Mediana	0.40
Moda	0.00
Desviación estándar	5.00
Varianza de la muestra	24.96
Curtosis	23.79
Coeficiente de asimetría	4.17
Rango	64.00
Mínimo	0.00
Máximo	64.00
Suma	30273.20
Cuenta	13065.00



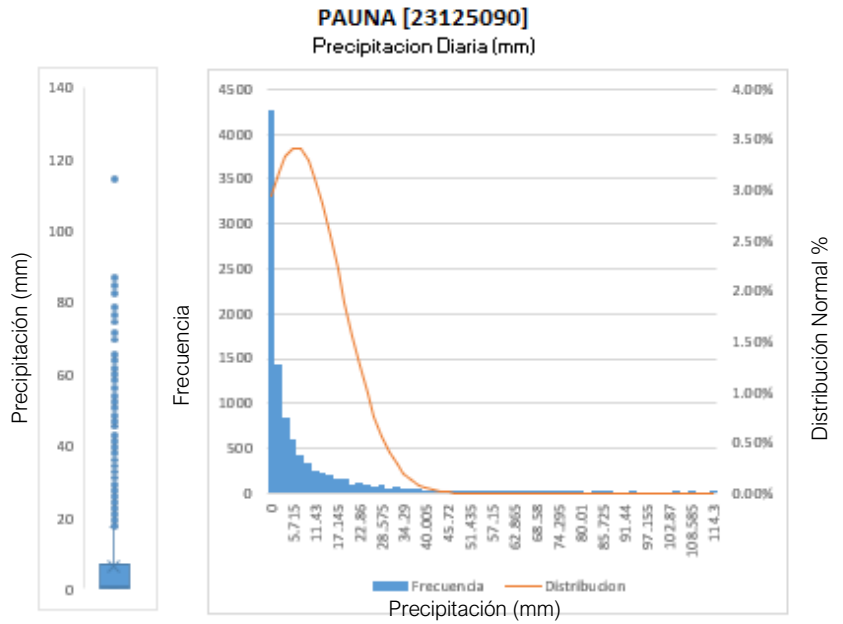
Media	7.20
Error típico	0.11
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	13.29
Varianza de la muestra	176.59
Curtosis	8.81
Coeficiente de asimetría	2.71
Rango	107.30
Mínimo	0.00
Máximo	107.30
Suma	100968.60
Cuenta	14019.00



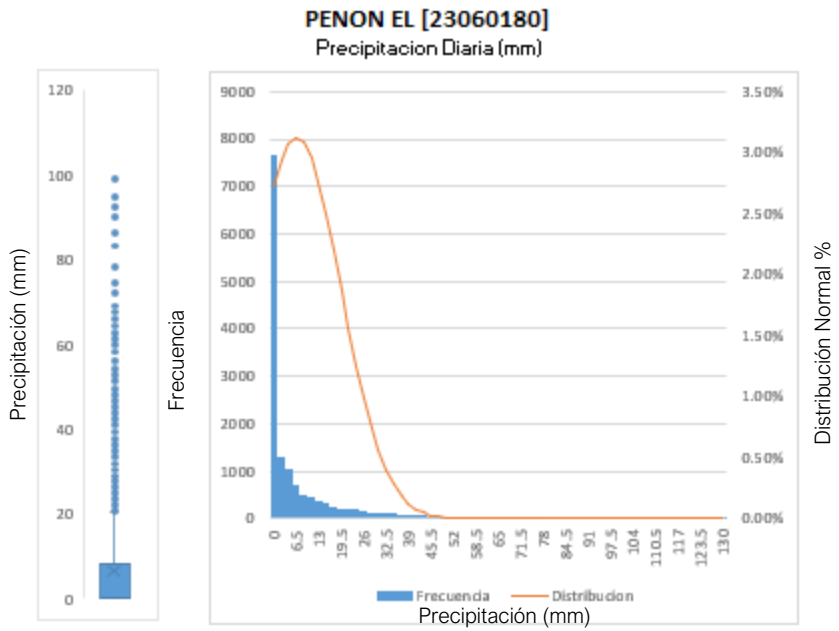
Media	9.24
Error típico	0.13
Mediana	1.70
Moda	0.00
Desviación estándar	15.99
Varianza de la muestra	255.79
Curtosis	9.90
Coeficiente de asimetría	2.78
Rango	143.70
Mínimo	0.00
Máximo	143.70
Suma	132667.60
Cuenta	14362.00



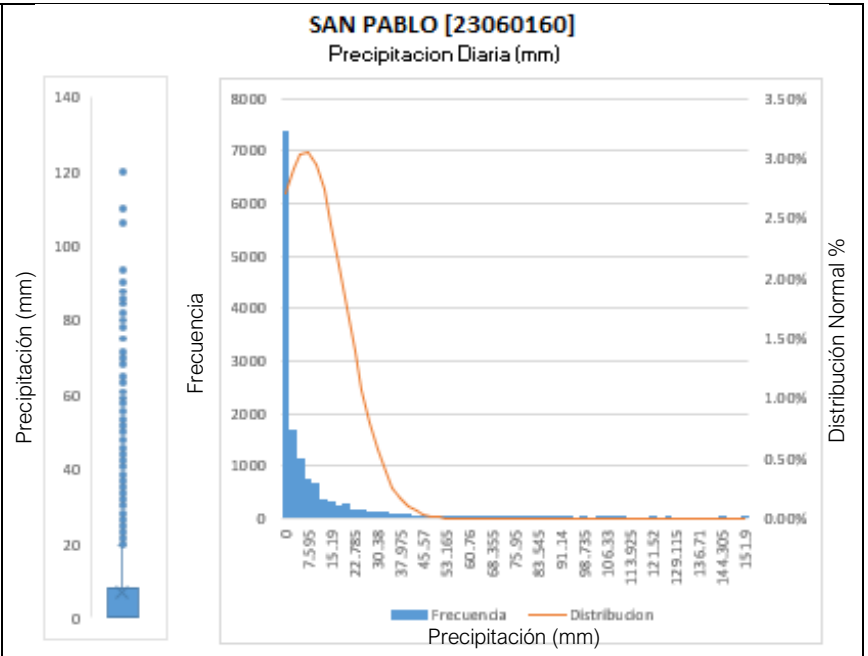
Media	6.85
Error típico	0.10
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	12.30
Varianza de la muestra	151.18
Curtosis	10.23
Coeficiente de asimetría	2.70
Rango	136.70
Mínimo	0.00
Máximo	136.70
Suma	98346.60
Cuenta	14359.00



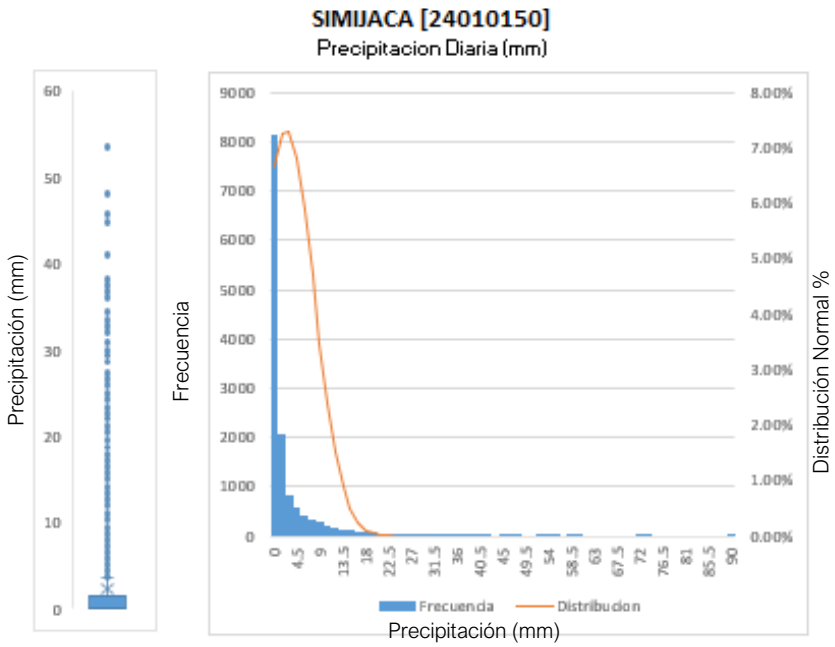
Media	6.36
Error típico	0.12
Mediana	1.00
Moda	0.00
Desviación estándar	11.66
Varianza de la muestra	135.94
Curtosis	10.55
Coeficiente de asimetría	2.91
Rango	114.30
Mínimo	0.00
Máximo	114.30
Suma	63589.00
Cuenta	10004.00



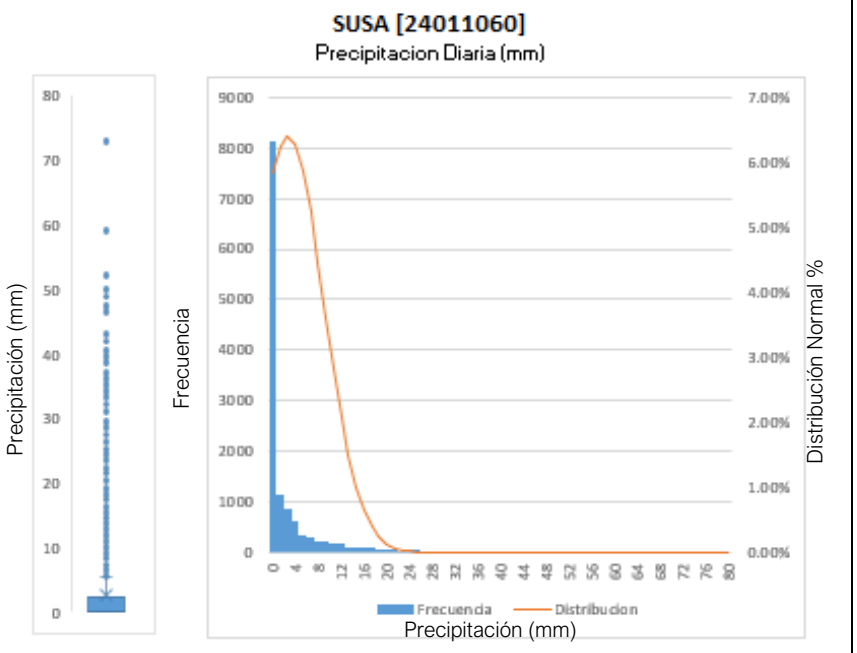
Media	6.63
Error típico	0.11
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	12.75
Varianza de la muestra	162.66
Curtosis	10.41
Coeficiente de asimetría	2.88
Rango	130.00
Mínimo	0.00
Máximo	130.00
Suma	96624.20
Cuenta	14573.00



Media	6.50
Error típico	0.11
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	13.03
Varianza de la muestra	169.65
Curtosis	13.30
Coeficiente de asimetría	3.22
Rango	151.90
Mínimo	0.00
Máximo	151.90
Suma	93838.70
Cuenta	14445.00



Media	2.38
Error típico	0.05
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	5.42
Varianza de la muestra	29.39
Curtosis	24.10
Coeficiente de asimetría	3.95
Rango	90.00
Mínimo	0.00
Máximo	90.00
Suma	32967.80
Cuenta	13874.00

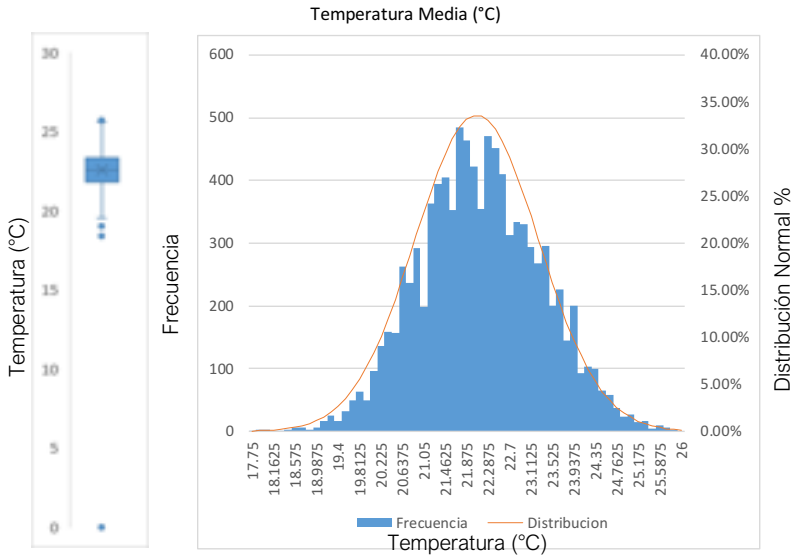


Media	2.70
Error típico	0.05
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	6.23
Varianza de la muestra	38.80
Curtosis	19.48
Coeficiente de asimetría	3.76
Rango	80.00
Mínimo	0.00
Máximo	80.00
Suma	35593.60
Cuenta	13159.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

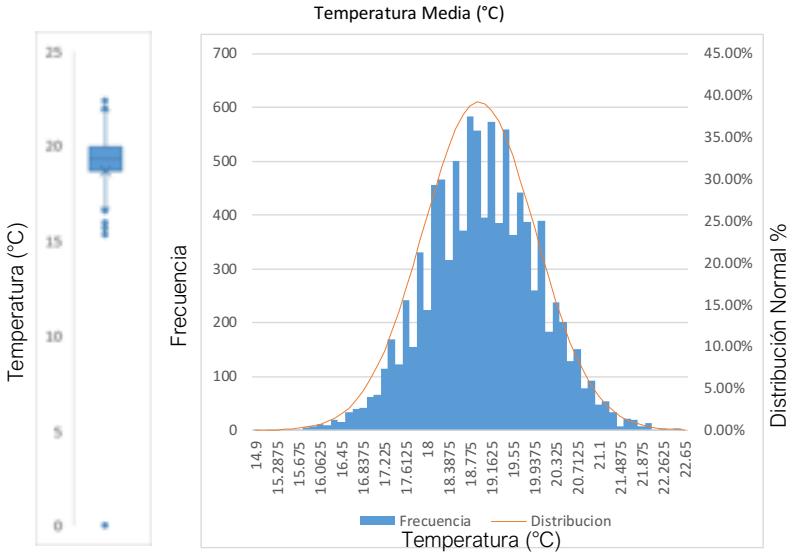
Tabla 87 Análisis exploratorio variable Temperatura Media

AEROPUERTO FURATENA - AUT [23125140]



Media	22.07
Error típico	0.01
Mediana	22.05
Moda	22.20
Desviación estándar	1.19
Varianza de la muestra	1.41
Curtosis	-0.12
Coeficiente de asimetría	0.06
Rango	8.25
Mínimo	17.75
Máximo	26.00
Suma	211198.08
Cuenta	9570.00

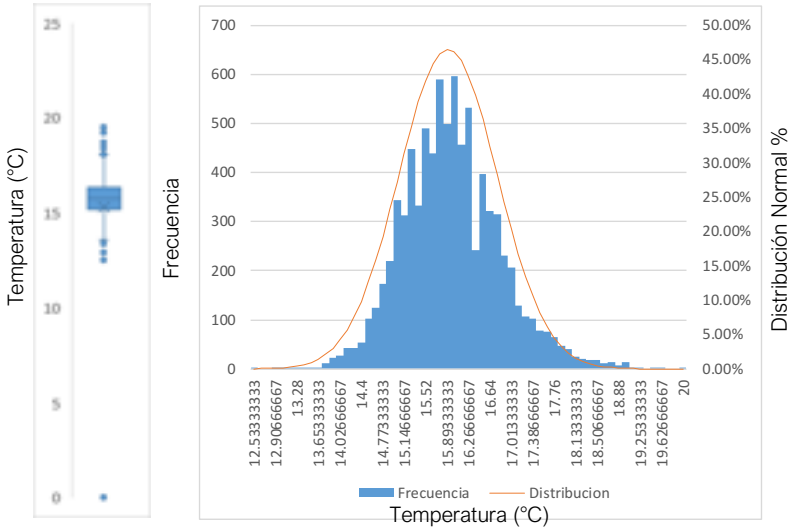
ALBANIA [23125060]



Media	18.94
Error típico	0.01
Mediana	18.95
Moda	18.75
Desviación estándar	1.02
Varianza de la muestra	1.03
Curtosis	0.07
Coeficiente de asimetría	-0.01
Rango	7.75
Mínimo	14.90
Máximo	22.65
Suma	188806.65
Cuenta	9970.00

BUENAVISTA [23125100]

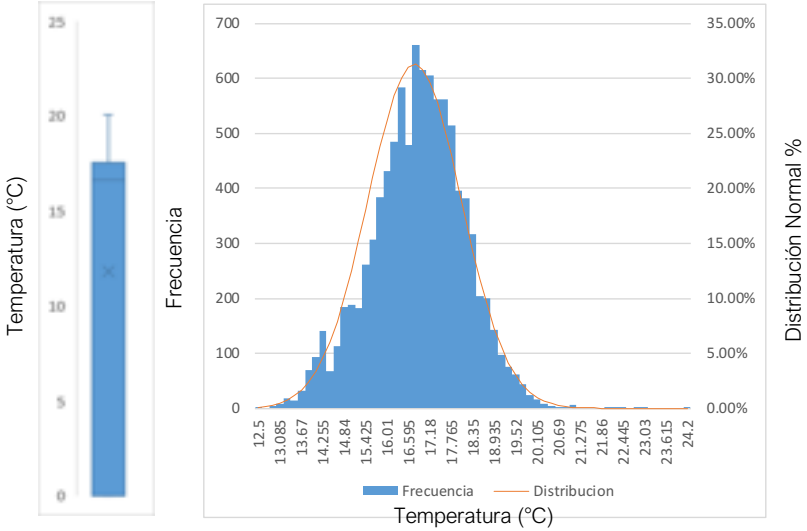
Temperatura Media (°C)



Media	15.91
Error típico	0.01
Mediana	15.87
Moda	16.00
Desviación estándar	0.86
Varianza de la muestra	0.73
Curtosis	0.70
Coeficiente de asimetría	0.43
Rango	7.47
Mínimo	12.53
Máximo	20.00
Suma	133140.52
Cuenta	8368.00

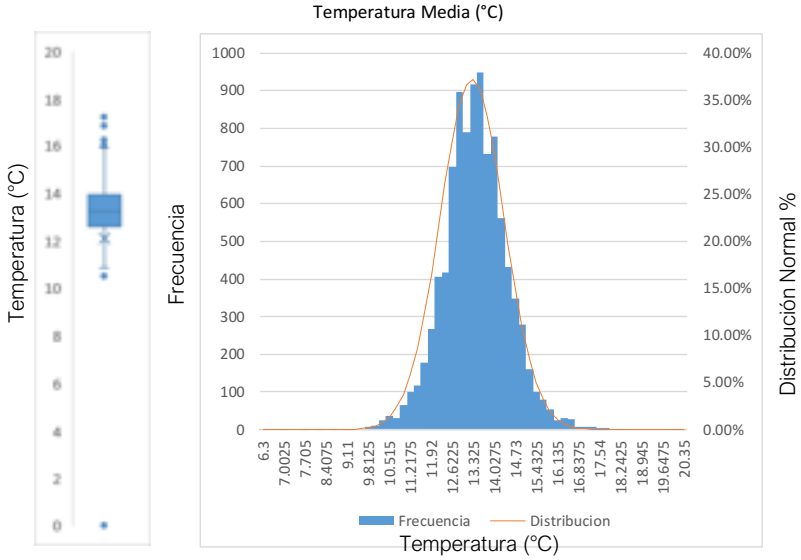
CABRERA LA [23065120]

Temperatura Media (°C)



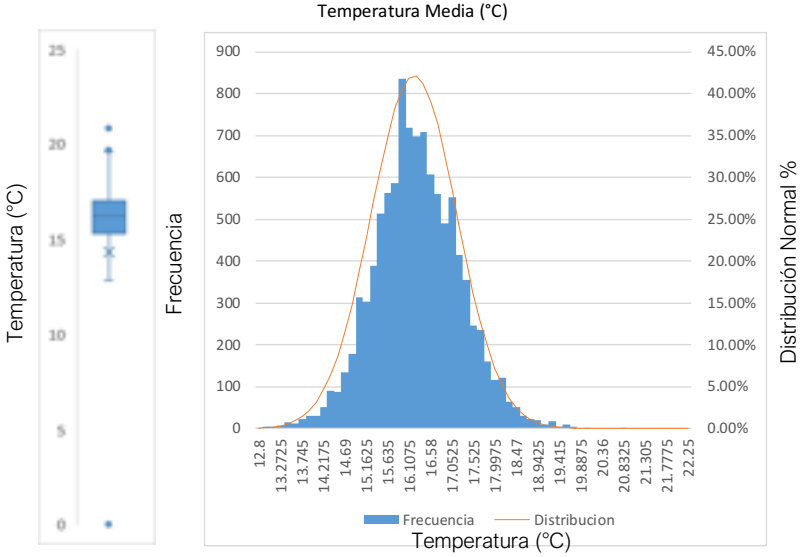
Media	16.76
Error típico	0.01
Mediana	16.80
Moda	16.65
Desviación estándar	1.27
Varianza de la muestra	1.62
Curtosis	0.27
Coeficiente de asimetría	-0.12
Rango	11.70
Mínimo	12.50
Máximo	24.20
Suma	160343.98
Cuenta	9566.00

GUASCA [21205700]



Media	13.28
Error típico	0.01
Mediana	13.27
Moda	13.00
Desviación estándar	1.07
Varianza de la muestra	1.15
Curtosis	1.45
Coeficiente de asimetría	0.05
Rango	14.05
Mínimo	6.30
Máximo	20.35
Suma	127007.43
Cuenta	9561.00

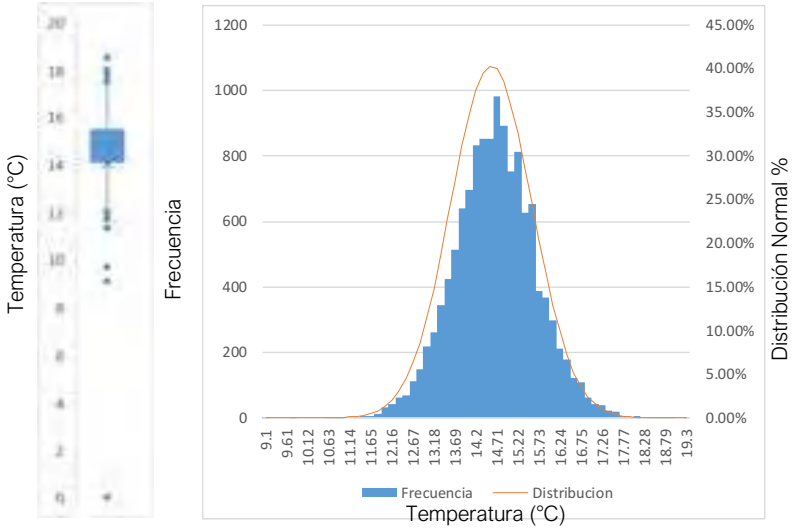
INSTITUCION AGRICOLA SANTA SOFIA [24015090]



Media	16.22
Error típico	0.01
Mediana	16.20
Moda	16.00
Desviación estándar	0.95
Varianza de la muestra	0.90
Curtosis	0.51
Coeficiente de asimetría	0.14
Rango	9.45
Mínimo	12.80
Máximo	22.25
Suma	168412.01
Cuenta	10386.00

ISLA DEL SANTUARIO [24015120]

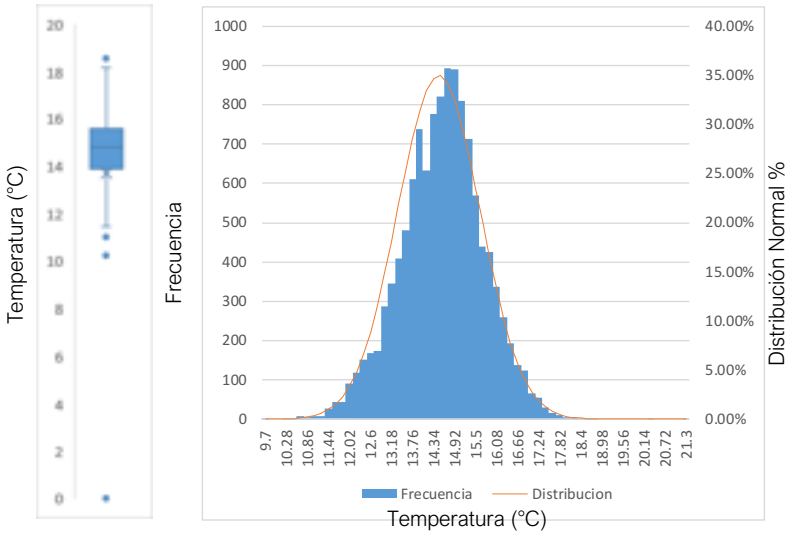
Temperatura Media (°C)



Media	14.58
Error típico	0.01
Mediana	14.58
Moda	14.75
Desviación estándar	0.99
Varianza de la muestra	0.98
Curtosis	0.40
Coeficiente de asimetría	0.03
Rango	10.20
Mínimo	9.10
Máximo	19.30
Suma	185732.06
Cuenta	12742.00

NUEVO COLON [35075010]

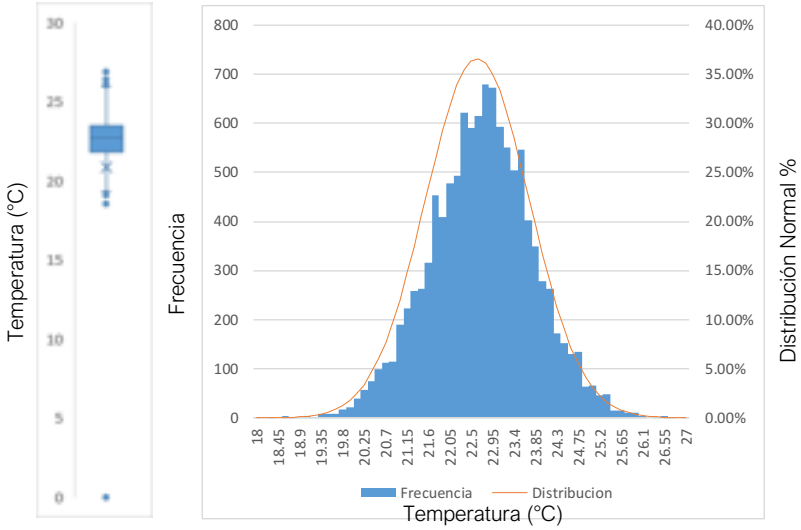
Temperatura Media (°C)



Media	14.49
Error típico	0.01
Mediana	14.55
Moda	15.00
Desviación estándar	1.14
Varianza de la muestra	1.30
Curtosis	0.38
Coeficiente de asimetría	-0.10
Rango	11.60
Mínimo	9.70
Máximo	21.30
Suma	172959.78
Cuenta	11937.00

OTANCHE [23125080]

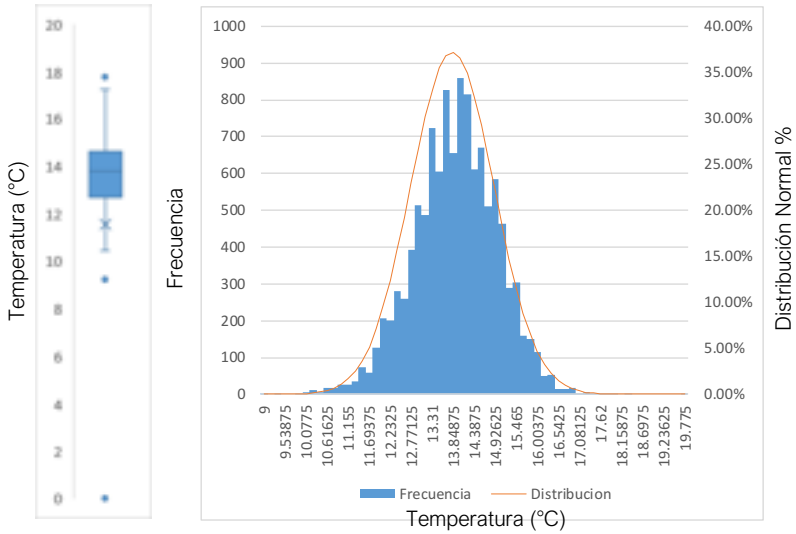
Temperatura Media (°C)



Media	22.63
Error típico	0.01
Mediana	22.65
Moda	23.00
Desviación estándar	1.09
Varianza de la muestra	1.19
Curtosis	0.19
Coeficiente de asimetría	-0.06
Rango	9.00
Mínimo	18.00
Máximo	27.00
Suma	253456.26
Cuenta	11201.00

PROVIDENCIA GRANJA [21205980]

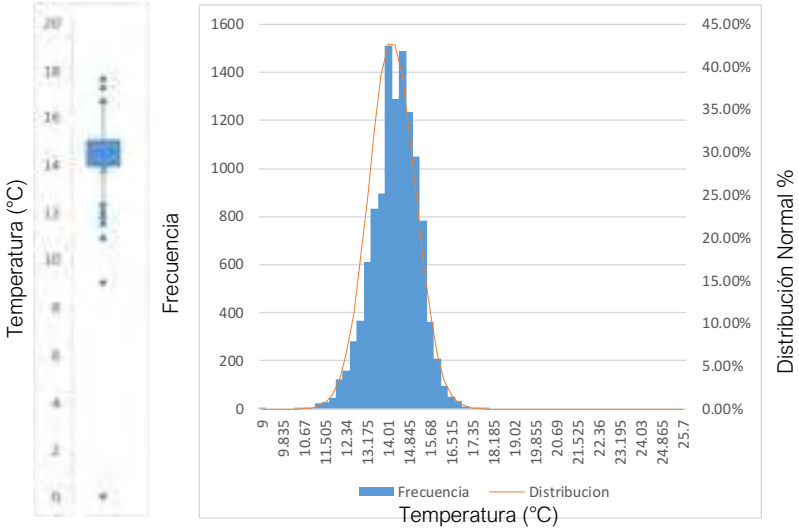
Temperatura Media (°C)



Media	13.82
Error típico	0.01
Mediana	13.85
Moda	14.00
Desviación estándar	1.07
Varianza de la muestra	1.15
Curtosis	0.43
Coeficiente de asimetría	-0.14
Rango	10.78
Mínimo	9.00
Máximo	19.78
Suma	155899.52
Cuenta	11278.00

VILLA CARMEN [24015220]

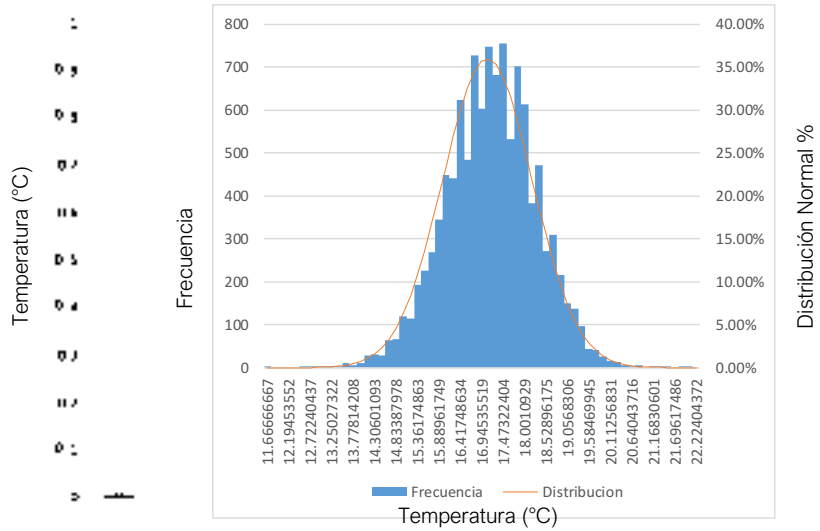
Temperatura Media (°C)



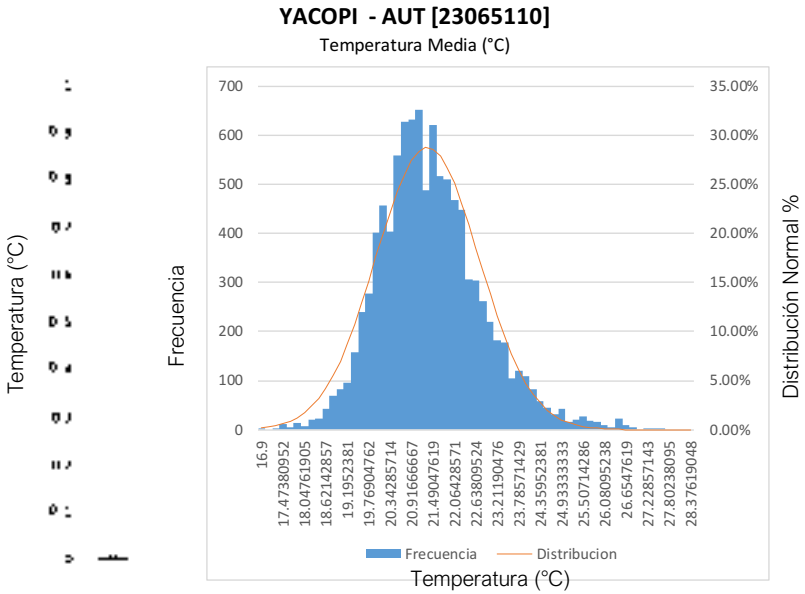
Media	14.15
Error típico	0.01
Mediana	14.20
Moda	14.00
Desviación estándar	0.93
Varianza de la muestra	0.86
Curtosis	2.41
Coeficiente de asimetría	-0.14
Rango	16.70
Mínimo	9.00
Máximo	25.70
Suma	162829.66
Cuenta	11511.00

VILLA DE LEIVA - AUT [24015300]

Temperatura Media (°C)



Media	17.09
Error típico	0.01
Mediana	17.10
Moda	17.00
Desviación estándar	1.11
Varianza de la muestra	1.23
Curtosis	0.21
Coeficiente de asimetría	-0.08
Rango	10.73
Mínimo	11.67
Máximo	22.40
Suma	189194.03
Cuenta	11073.00



Media	21.34
Error típico	0.01
Mediana	21.20
Moda	21.00
Desviación estándar	1.39
Varianza de la muestra	1.93
Curtosis	1.13
Coeficiente de asimetría	0.65
Rango	12.05
Mínimo	16.90
Máximo	28.95
Suma	214324.19
Cuenta	10043.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.1.2.4.1 PRUEBA DE ANDERSON DARLING

El valor del estadístico calculado A es comparado con el correspondiente valor critico de la distribución teórica y se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal si el valor de A estimado es superior al valor crítico.

Tabla 88 Prueba de Anderson Darling Variable Precipitación

NOMBRE	CÓDIGO	RESULTADO PRUEBA DE NORMALIDAD
Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Borbur 1	23120080	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Buenavista	23125100	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Cabrera La	23065120	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Coper	23120210	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Lagunitas	21201190	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Muzo	23120050	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Otanche	23125080	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Paime	23120240	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Pauna	23125090	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Penon El	23060180	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
San Pablo	23060160	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Simijaca	24010150	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Susa	24011060	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con la prueba de Normalidad Anderson Darling de las estaciones de precipitación, se identifica que la totalidad rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal.

Tabla 89 Prueba de Anderson Darling Variable Temperatura Media

NOMBRE	CÓDIGO	RESULTADO PRUEBA DE NORMALIDAD
Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Cabrera La	23065120	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Institucion Agrícola Santa Sofia	24015090	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Isla Del Santuario	24015120	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad
Nuevo Colon	35075010	Acepta La Hipótesis - Hay normalidad
Otanche	23125080	Acepta La Hipótesis - Hay normalidad
Providencia Granja	21205980	Acepta La Hipótesis - Hay normalidad
Villa Carmen	24015220	Acepta La Hipótesis - Hay normalidad
Villa De Leiva - Aut	24015300	Acepta La Hipótesis - Hay normalidad
Yacopí - Aut	23065110	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con la prueba de Normalidad Anderson Darling de las estaciones de temperatura media, se identifica que 5 rechazan la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal,

mientras que las estaciones Nuevo Colon, Otanche, Providencia Granja, Villa Carmen Y Villa De Leiva - Aut aceptan la hipótesis de que los datos pertenecen a una distribución normal.

1.3.2.1.2.4.2 PRUEBA DE TENDENCIA RHO DE SPEARMAN

De acuerdo con los resultados obtenidos de los estadísticos Rho de Spearman en los parámetros de precipitación y temperatura media, se presenta la siguiente tabla resumen.

Tabla 90 Estadístico de Rho Spearman Variable Precipitación

NOMBRE	CÓDIGO	RESULTADO PRUEBA DE TENDENCIA
Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Borbur 1	23120080	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Buenavista	23125100	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Cabrera La	23065120	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Coper	23120210	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Lagunitas	21201190	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Muzo	23120050	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Otanche	23125080	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.
Paime	23120240	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.
Pauna	23125090	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.
Penon El	23060180	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.
San Pablo	23060160	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.
Simijaca	24010150	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.
Susa	24011060	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto al parámetro de precipitación, no se evidencian tendencias significativas para el periodo de análisis de 30 años (1991-2020).

Tabla 91 Estadístico de Rho Spearman Variable Temperatura Media

Nombre	Código	Resultado Prueba de Tendencia
Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	Rechaza La Hipótesis - No hay Tendencia
Cabrera La	23065120	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Institucion Agrícola Santa Sofia	24015090	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Isla Del Santuario	24015120	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Nuevo Colon	35075010	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Otanche	23125080	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Providencia Granja	21205980	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Villa Carmen	24015220	Acepta La Hipótesis - Hay tendencia
Villa De Leiva - Aut	24015300	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia
Yacopí - Aut	23065110	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto al parámetro de temperatura media, se relacionan Tendencias en 1 de 10 estaciones, la cual corresponde a Villa Carmen.

1.3.2.1.2.4.3 HOMOGENEIDAD

El análisis estadístico en mención se realiza con las series históricas de la totalidad de las estaciones meteorológicas en el parámetro de Precipitación y Temperatura media. El nivel de significancia aceptado fue del 5%, rechazando la hipótesis nula de no homogeneidad cuando Z>1.96. En las siguientes tablas, se presenta el resumen de la evaluación.

Tabla 92 Análisis de homogeneidad. Parámetro Precipitación

NOMBRE	CÓDIGO	SIEGEL Y TURKEY	U DE MANN WHITNEY
Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	Homogéneo	Homogéneo
Borbur 1	23120080	No Homogéneo	Homogéneo
Buenavista	23125100	Homogéneo	Homogéneo
Cabrera La	23065120	Homogéneo	Homogéneo
Coper	23120210	Homogéneo	Homogéneo
Lagunitas	21201190	Homogéneo	Homogéneo
Muzo	23120050	Homogéneo	Homogéneo
Otanche	23125080	Homogéneo	Homogéneo
Paime	23120240	No Homogéneo	No Homogéneo
Pauna	23125090	Homogéneo	Homogéneo
Penon El	23060180	Homogéneo	Homogéneo
San Pablo	23060160	Homogéneo	No Homogéneo
Simijaca	24010150	No Homogéneo	Homogéneo
Susa	24011060	No Homogéneo	Homogéneo

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En las pruebas, se determina que, de las estaciones analizadas, son Homogéneas 10 de las 14 estaciones de acuerdo con la prueba de Siegel y Turkey, clasificadas como no homogéneas las estaciones Borbur 1, Paime, Simijaca y Susa, mientras que según la prueba de Mann Whitney 12 de 14 estaciones se clasifican como homogéneas, siendo no homogéneas las estaciones Paime y San Pablo.

Tabla 93 Análisis de homogeneidad. Parámetro Temperatura Media

NOMBRE	CÓDIGO	SIEGEL Y TURKEY	U DE MANN WHITNEY
Aeropuerto Furatena - Aut	23125140	No Homogéneo	No Homogéneo
Cabrera La	23065120	No Homogéneo	No Homogéneo
Institucion Agrícola Santa Sofia	24015090	No Homogéneo	Homogéneo
Isla Del Santuario	24015120	No Homogéneo	No Homogéneo
Nuevo Colon	35075010	No Homogéneo	No Homogéneo
Otanche	23125080	No Homogéneo	No Homogéneo
Providencia Granja	21205980	No Homogéneo	No Homogéneo
Villa Carmen	24015220	No Homogéneo	No Homogéneo
Villa De Leiva - Aut	24015300	No Homogéneo	No Homogéneo

NOMBRE	CÓDIGO	SIEGEL Y TURKEY	U DE MANN WHITNEY
Yacopí - Aut	23065110	No Homogéneo	No Homogéneo

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En las pruebas, se determina que, las estaciones analizadas para el parámetro Temperatura Media, son No Homogéneas.

1.3.2.1.2.4.4 DETECCIÓN DE DATOS ATÍPICOS

Una vez realizada la prueba estadística, se presenta la siguiente tabla resumen de los datos atípicos identificados en el parámetro de precipitación y temperatura media.

Tabla 94 Datos atípico-detectados parámetro Precipitación

NOMBRE	AÑO	MES	OBSERVACIÓN
Aeropuerto Furatena - Aut [23125140]	2002	3	Error de imputación
Borbur 1 [23120080]	1988	10	Fuera del periodo de trabajo
Borbur 1 [23120080]	2018	4	Fenómeno ENOS
Buenavista [23125100]	2011	4	Fenómeno ENOS
Lagunitas [21201190]	10	1991	Fuera del periodo de trabajo
Lagunitas [21201190]	10	2011	Fenómeno ENOS
Lagunitas [21201190]	10	2012	Fenómeno ENOS
Lagunitas [21201190]	10	2016	Fenómeno ENOS
Lagunitas [21201190]	10	2016	Fenómeno ENOS
Lagunitas [21201190]	10	2020	Fenómeno ENOS
Muzo [23120050]	1986	4	Fuera del periodo de trabajo
Simijaca [24010150]	1986	10	Fuera del periodo de trabajo
Susa [24011060]	2011	4	Fenómeno ENOS

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 95 Datos atípico detectados parámetro Temperatura Media

NOMBRE	AÑO	MES	OBSERVACIÓN
Cabrera La [23065120]	1991	6	Dato diario fuera de rango
Cabrera La [23065120]	1997	10	Dato diario fuera de rango
Cabrera La [23065120]	2000	7	Dato diario fuera de rango
Cabrera La [23065120]	2002	12	Dato diario fuera de rango
Institucion Agrícola Santa Sofia [24015090]	1999	8	Dato diario fuera de rango
Institucion Agrícola Santa Sofia [24015090]	2002	9	Dato diario fuera de rango
Institucion Agrícola Santa Sofia [24015090]	2016	7	Dato diario fuera de rango
Isla Del Santuario [24015120]	1998	12	Dato diario fuera de rango
Isla Del Santuario [24015120]	1999	5	Dato diario fuera de rango
Isla Del Santuario [24015120]	2017	1	Dato diario fuera de rango
Nuevo Colon [35075010]	2003	2	Dato diario fuera de rango
Nuevo Colon [35075010]	2003	2	Dato diario fuera de rango
Nuevo Colon [35075010]	2003	2	Dato diario fuera de rango
Providencia Granja [21205980]	2001	12	Dato diario fuera de rango

NOMBRE	AÑO	MES	OBSERVACIÓN
Providencia Granja [21205980]	2004	1	Dato diario fuera de rango
Providencia Granja [21205980]	2017	1	Dato diario fuera de rango
Providencia Granja [21205980]	1987	1	Fuera del periodo de Análisis
Providencia Granja [21205980]	1987	1	Fuera del periodo de Análisis
Villa Carmen [24015220]	2004	1	Dato diario fuera de rango
Yacopí - Aut [23065110]	2003	8	Anomalía en la medición
Yacopí - Aut [23065110]	2003	9	Anomalía en la medición
Yacopí - Aut [23065110]	2003	10	Anomalía en la medición
Yacopí - Aut [23065110]	2003	11	Anomalía en la medición
Yacopí - Aut [23065110]	2004	2	Anomalía en la medición
Yacopí - Aut [23065110]	2004	3	Anomalía en la medición

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se relacionan atípicos en diferentes fechas, sin embargo, todas se encuentran dentro de los órdenes de magnitud esperados según la variabilidad natural del clima y los casos atípicos asociados a características intrínsecas que influyen en el clima de la zona de estudio.

1.3.2.1.2.4.5 SELECCIÓN DE ESTACIONES

Después de realizar el proceso de selección por continuidad y extensión de la información climática disponible, así como del tratamiento de datos a partir de las pruebas de consistencia, homogeneidad, aleatoriedad y análisis de atípicos; se logra establecer el set de estaciones meteorológicas definitivo que consta de 19 estaciones, de las cuales 1 es Agrometeorológica, 6 Climáticas Ordinarias, 4 Climáticas Principales, 1 Meteorológica Especial y 7 estaciones entre Pluviográficas y Pluviométricas. De dicha red meteorológica; se destaca que 12 estaciones referencian la caracterización en el variable precipitación (Aeropuerto Furatena - Aut, Borbur 1, Buenavista, Cabrera La, Coper, Muzo, Otanche, Pauna, Peñón El, San Pablo, Simijaca y Susa), 8 en la variable temperatura media (Aeropuerto Furatena – Aut, Cabrera La, Institución Agrícola Santa Sofía, Isla del Santuario, Nuevo Colon, Providencia Granja, Villa Carmen y Villa de Leiva), 9 estaciones relacionadas a humedad relativa (Aeropuerto Furatena – Aut, Institución Agrícola Santa Sofía, Isla del Santuario, Nuevo Colon, Otanche, Providencia Granja, Villa Carmen, Villa de Leiva y Yacopí -Aut), 5 en brillo solar (Isla Del Santuario, Nuevo Colon, Providencia Granja, Villa Carmen, Villa De Leiva – Aut).

Tabla 96 Red meteorológica seleccionada en aferencia a la zona de estudio.

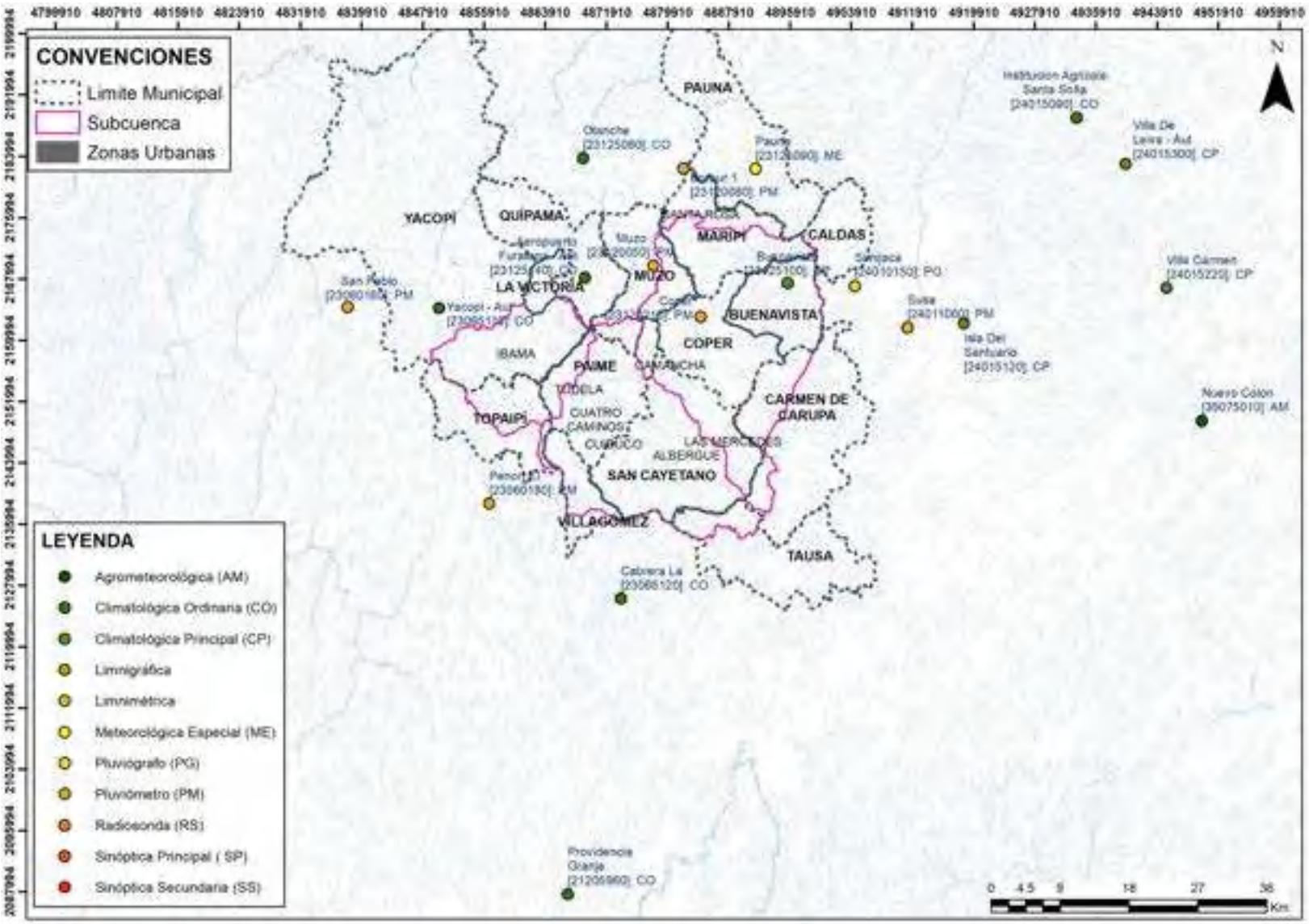
NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Aeropuerto Furatena - Aut [23125140]	5.520833	-74.182417	Boyacá	Quípama
Borbur 1 [23120080]	5.65	-74.066667	Boyacá	San Pablo De Borbur
Buenavista [23125100]	5.514917	-73.943111	Boyacá	Buenavista (Boyacá)
Cabrera La [23065120]	5.141556	-74.139361	Cundinamarca	Pacho
Coper [23120210]	5.474667	-74.045917	Boyacá	Coper

NOMBRE ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Institución Agrícola Santa Sofia [24015090]	5.710667	-73.602278	Boyacá	Santa Sofía
Isla Del Santuario [24015120]	5.467278	-73.734806	Cundinamarca	Fúquene
Muzo [23120050]	5.534806	-74.101222	Boyacá	Muzo
Nuevo Colon [35075010]	5.352694	-73.453778	Boyacá	Nuevo Colón
Otanche [23125080]	5.661722	-74.184611	Boyacá	Otanche
Pauna [23125090]	5.649472	-73.981028	Boyacá	Pauna
peñón El [23060180]	5.253444	-74.2945	Cundinamarca	El Peñón (Cundinamarca)
Providencia Granja [21205980]	4.792389	-74.200917	Cundinamarca	Tenjo
San Pablo [23060160]	5.485083	-74.462417	Cundinamarca	Caparrapí
Simijaca [24010150]	5.511306	-73.863694	Cundinamarca	Simijaca
Susa [24011060]	5.462444	-73.801556	Cundinamarca	Susa
Villa Carmen [24015220]	5.509389	-73.495778	Boyacá	Samacá
Villa De Leiva - Aut [24015300]	5.655833	-73.543944	Boyacá	Villa De Leiva
Yacopi - Aut [23065110]	5.484167	-74.354583	Cundinamarca	Yacopí

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A continuación, se presenta la distribución espacial de las estaciones meteorológicas seleccionadas de forma definitiva, considerando su aferencia dentro de las unidades hidrográficas objeto de ordenación, así como la ubicación de los municipios que intersecan su jurisdicción con las cuencas hidrográficas en mención. Es de anotar, que dichas estaciones se clasifican en 6 Climatológicas Ordinarias (CO), 4 Climatológicas Principales (CP), 1 Meteorológica Especial (ME), 1 Pluviográfica (PG), 6 Pluviométricas (PM) y 1 Agrometeorológica (AM), donde cada una de ellas pueden ser identificadas por su respectivo nombre y codificación según la base de datos del IDEAM.

Figura 174 Localización de estaciones seleccionadas para el análisis ventada de tiempo 1991 – 2020.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.1.2.5 CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

El clima se encuentra atribuido a aquellas condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo específicos, considerando sus fluctuaciones naturales dentro del alcance analizado. Su comprensión puede determinarse mediante descripciones estadísticas de las tendencias, así como la variabilidad de los elementos pertinentes (OMM, 2018). En los siguientes ítems, se establece la caracterización climática para los parámetros de precipitación, temperatura media, brillo solar y humedad relativa, así como la evapotranspiración potencial y real.

1.3.2.1.2.5.1 PRECIPITACIÓN

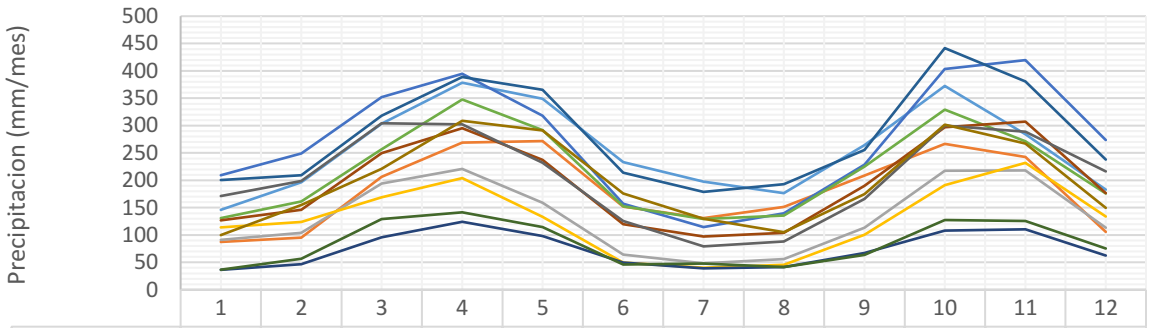
1.3.2.1.2.5.1.1 ANÁLISIS TEMPORAL

Se realiza la caracterización mensual interanual e interanual por estaciones del parámetro de precipitación, siguiendo el análisis de acuerdo con los procesos climáticos en la zona. El clima de la zona destaca por su variabilidad con tendencia bimodal cuya temporada de lluvias está definida por las circulaciones océano-atmosféricas, principalmente por la zona de convergencia intertropical (ZCIT), la cual realiza un movimiento latitudinal de ascenso y descenso en la región ecuatorial, fortaleciendo la nubosidad y las magnitudes de precipitación durante su paso, es por esto que la tendencia bimodal presentada en el parámetro de precipitación, coincide con dicho comportamiento de variabilidad interanual, cuyos meses húmedos se encuentran comprendidos entre marzo a mayo y octubre a diciembre, con los dos periodos de baja precipitación entre cada uno de los periodos en mención.

Respecto a la variación mensual multianual en la ventana temporal de 1991-2020, se observa que la estación Otanche [23125080] presenta el pico máximo de precipitación mensual en el mes de noviembre (442 mm/mes), sin embargo, no se dispersa dentro del orden de magnitud de variación del conjunto de estaciones. En contraste a la Otanche [23125080], se observa el pico mínimo de precipitación mensual multianual en la estación Simijaca [24010150], asociado al mes de enero con 36 mm/mes; los demás resultados mensuales, se encuentran agrupados entre estos valores límites, siguiendo la magnitud del régimen bimodal de la zona de estudio, con ligera variación en las estaciones de Simijaca [24010150], y Susa [24011060], las cuales presentan un régimen bimodal más atenuado; dichas estaciones, se localizan al noreste de la cuenca hidrográfica UHN1 del Río Palenque, aproximadamente a unos 5 km (Simijaca) y 11 km (Susa) de distancia desde el límite hidrográfico en mención.

A continuación, se presentan las estadísticas mensuales multianuales de las estaciones seleccionadas, donde se han consolidado un total de 12 estaciones de registro en el proceso de postratamiento.

Figura 175 Precipitación media mensual multianual (mm).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23125140	146	197	303	378	349	233	197	177	264	373	284	183
23120080	87	96	207	269	272	152	131	151	209	266	243	106
23125100	91	104	194	221	159	65	48	56	113	218	218	114
23065120	114	124	169	204	133	50	40	46	100	191	232	134
23120210	209	249	352	394	318	157	115	140	228	404	420	274
23120050	131	162	257	348	292	152	129	136	225	329	272	176
23125080	201	209	318	389	365	214	179	193	255	442	381	238
23125090	127	146	249	295	237	120	97	104	190	297	307	177
23060180	171	199	304	303	232	126	79	88	166	300	289	216
23060160	100	155	221	309	291	176	130	105	175	301	267	149
24010150	36	47	96	124	98	50	39	41	67	108	111	63
24011060	37	57	129	142	114	46	48	42	64	127	126	75

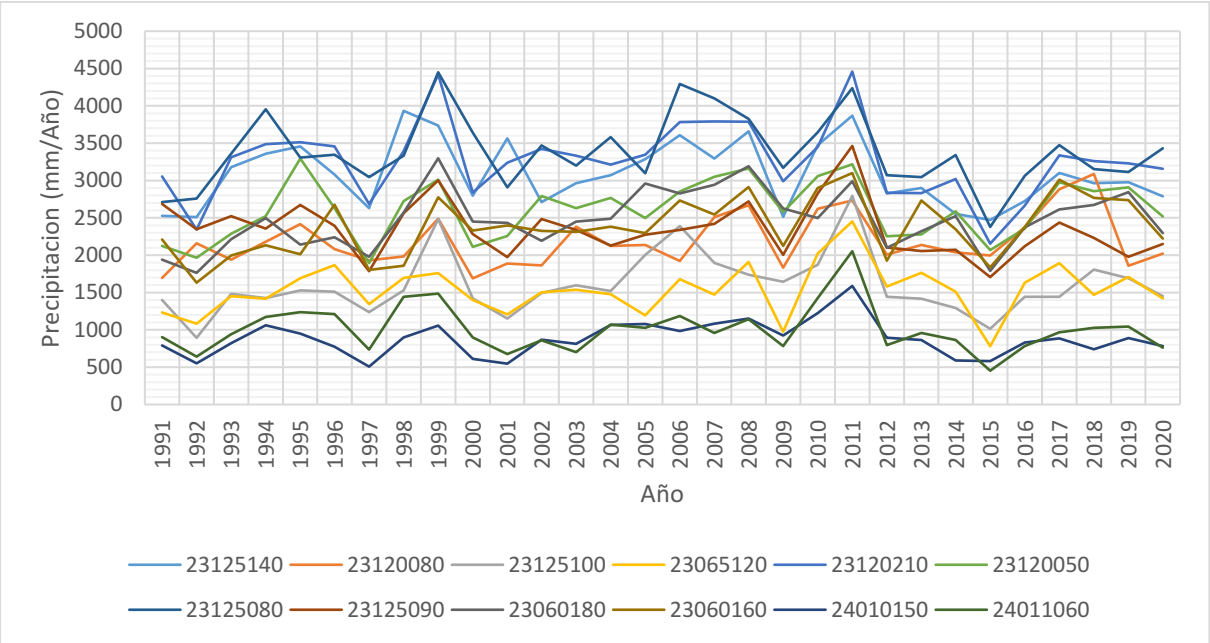
Mes (Número)

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Adicionalmente, se incluye la distribución media anual de la precipitación registrada en las estaciones aferentes a las unidades de cuenca, donde se observa gran magnitud de lluvia en la estación Otanche [23125080], registrando un valor medio anual cercano a los 3383 milímetros; en contraste, a la estación Simijaca [24010150], relacionando lluvias medias anuales de 879 milímetros. Adicionalmente, se observa la similitud de los picos de precipitación atenuados en las estaciones Simijaca [24010150], y Susa [24011060], respecto a la variación del set de estaciones.

Las fluctuaciones interanuales de cada estación obedecen principalmente a la respuesta de la variabilidad climática en la zona, establecida principalmente por el fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases frías (La Niña) y cálidas (El Niño), destacándose los años 1999 y 2011 (La Niña), así como los años 1997 y 2015 (El Niño), siendo el 2011 y 2015, los extremos de mayor fuerza asociados al fenómeno ENSO. La representación media anual del parámetro de precipitación se presenta en la siguiente figura siguiente.

Figura 176 Precipitación anual (mm).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.1.2.5.1.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Con relación a la variación interanual de la cuenca, se realiza el respectivo análisis de cambios de magnitud de la precipitación asociados a fenómenos ENSO, los cuales son trazados por desplazamientos de las masas de aguas cálidas o frías en el océano Pacífico ecuatorial y subtropical, entre las áreas terrestres occidentales de Suramérica y Asia. Para el presente estudio se utiliza el Índice Oceánico de El Niño (ONI), donde dicho indicador, es estimado a partir de la media móvil durante tres meses consecutivos de las anomalías de la temperatura en la superficie del mar (TSM), específicamente en el centro del Pacífico (Niño 3+4).

Los períodos de TSM por debajo y por encima de lo normal (+/- 0.5 °C), se colorean en azul y rojo cuando se alcanza el umbral durante un mínimo de 5 temporadas consecutivas superpuestas. El ONI es una medida de El Niño-Oscilación del Sur, y otros índices pueden confirmar si características consistentes con un fenómeno acoplado océano-atmósfera acompañaron estos períodos, tal como se muestra en la Tabla y Figura mostrados a continuación. Es de resaltar, que la sucesión intranual de dichos eventos (≥5) puede indicar la persistencia de hasta 2 fenómenos ENSO por cada año.

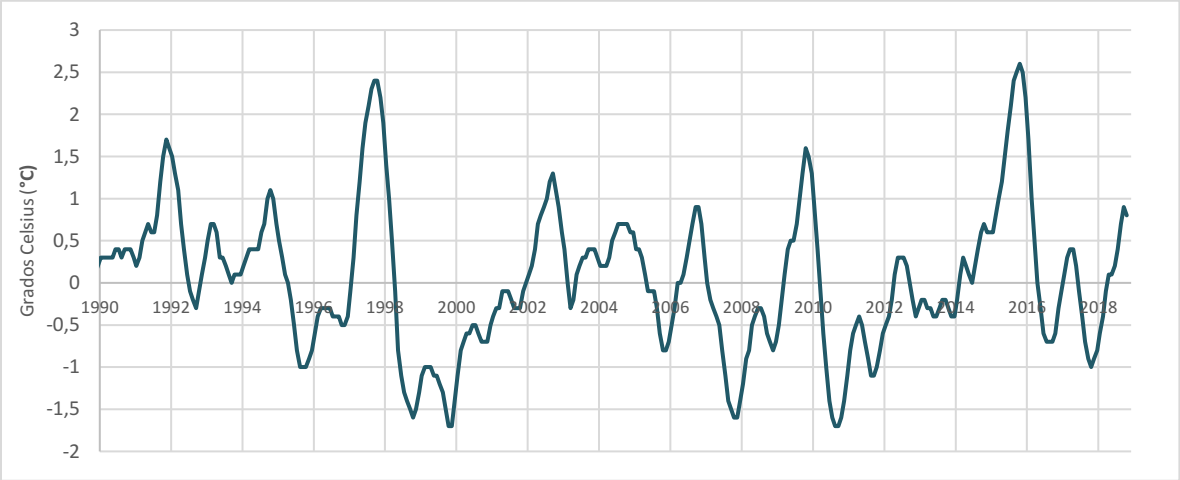
Tabla 97 Periodos de eventos de variabilidad climática según Índice oceánico de El Niño.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Niña	Niño	Normal
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5		Niño	
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1		Niño	Normal
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0	0.1			Normal
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1	1.1			Normal
1995	1	0.7	0.5	0.3	0.1	0	-0.2	-0.5	-0.8	-1	-1	-1	Niña		

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Niña	Niño	Normal
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5			Normal
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4		Niño	
1998	2.2	1.9	1.4	1	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	Niña	Niño	
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1	-1	-1	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7	Niña		
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	Niña		
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3			Normal
2002	-0.1	0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.1		Niño	Normal
2003	0.9	0.6	0.4	0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4			Normal
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7		Niño	Normal
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8			Normal
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9			Normal
2007	0.7	0.3	0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6	Niña		Normal
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	Niña		
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1	1.3	1.6		Niño	
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6	Niña		
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1	Niña		
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0	-0.2			Normal
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3			Normal
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6	0.7			Normal
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6		Niño	
2016	2.5	2.2	1.7	1	0.5	0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	Niña	Niño	
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1			Normal
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8			Normal
2019	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5		Niño	Normal
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2	Niña		Normal

Fuente: Centro de Predicción Climática – CPC/NOAA (2022)

Figura 177 Índice oceánico de El Niño (ONI) mensual. Ventana 1990-2020.



Fuente: Centro de Predicción Climática – CPC/NOAA (2022)

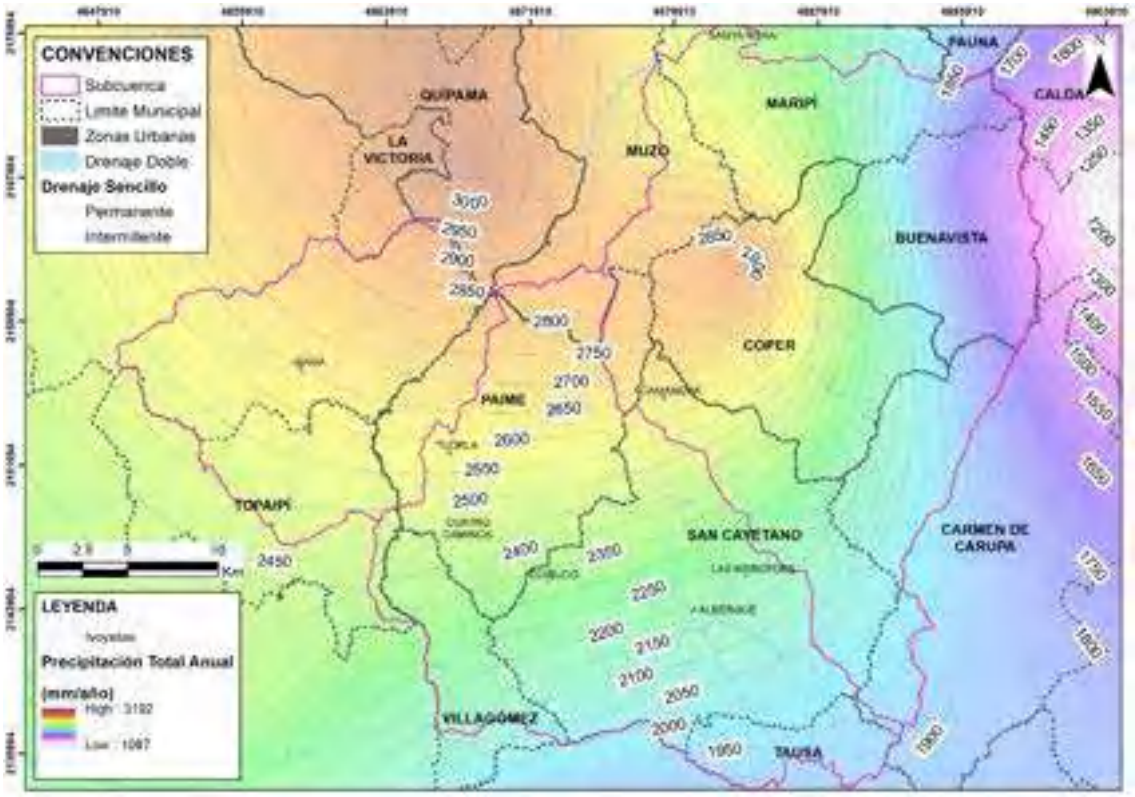
De acuerdo al Índice oceánico de El Niño (ONI), se puede establecer los años donde se presentan los fenómenos de variabilidad climática, donde 1995, 1998, 1999, 2000, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2016, se generó la respuesta relacionada al fenómeno de La Niña, Adicionalmente, se identifica la fase cálida del ENSO en cuestión, donde se establecen los años de 1991, 1992, 1997, 1998, 2002, 2004, 2009, 2015 y 2016; los demás, se atribuyen a años hidrológicos con normales descripciones climáticas. Es de anotar, la presencia de una ligera a moderada correlación entre Índice Oceánico de El Niño (ONI) y el conjunto de estimaciones medias anuales para las estaciones de precipitación entre los años 1991 a 2020.

1.3.2.1.2.5.1.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.

Respecto al análisis espacial, se pueden identificar las zonas donde se presenta la diferencia de la pluviosidad en la cuenca, donde se observa mayor precipitación al Noroeste del límite de las unidades objeto de ordenación; en contraste, la menor precipitación se distribuye al Este de la misma. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual de precipitación, con rango conformado por valores entre los 1087 mm/año a 3192 mm/año.

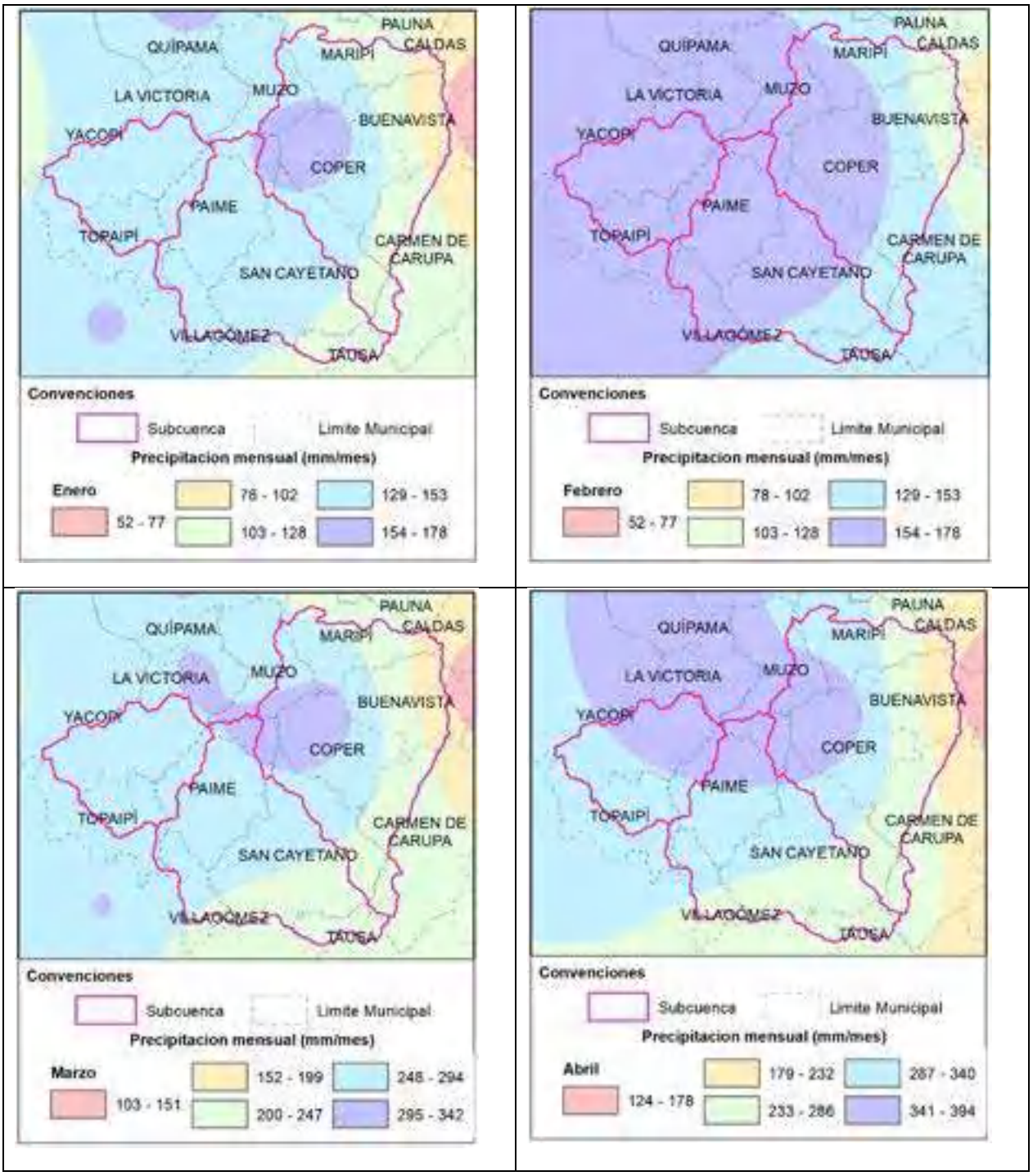
Adicionalmente, se presentan los mapas mensuales donde se puede observar que las zonas de alta precipitación se encuentran al Noroeste de las cuencas, presentando su mayor registro en el mes de octubre con un valor cercano a 441 milímetros. Las bajas precipitaciones se registran al noroeste de la cuenca objeto de estudio, con un valor medio estimado de 104.2 mm en el mes de agosto.

Figura 178 Variación espacial de la precipitación media anual (mm).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 179 Variación espacial de la precipitación media mensual (mm).

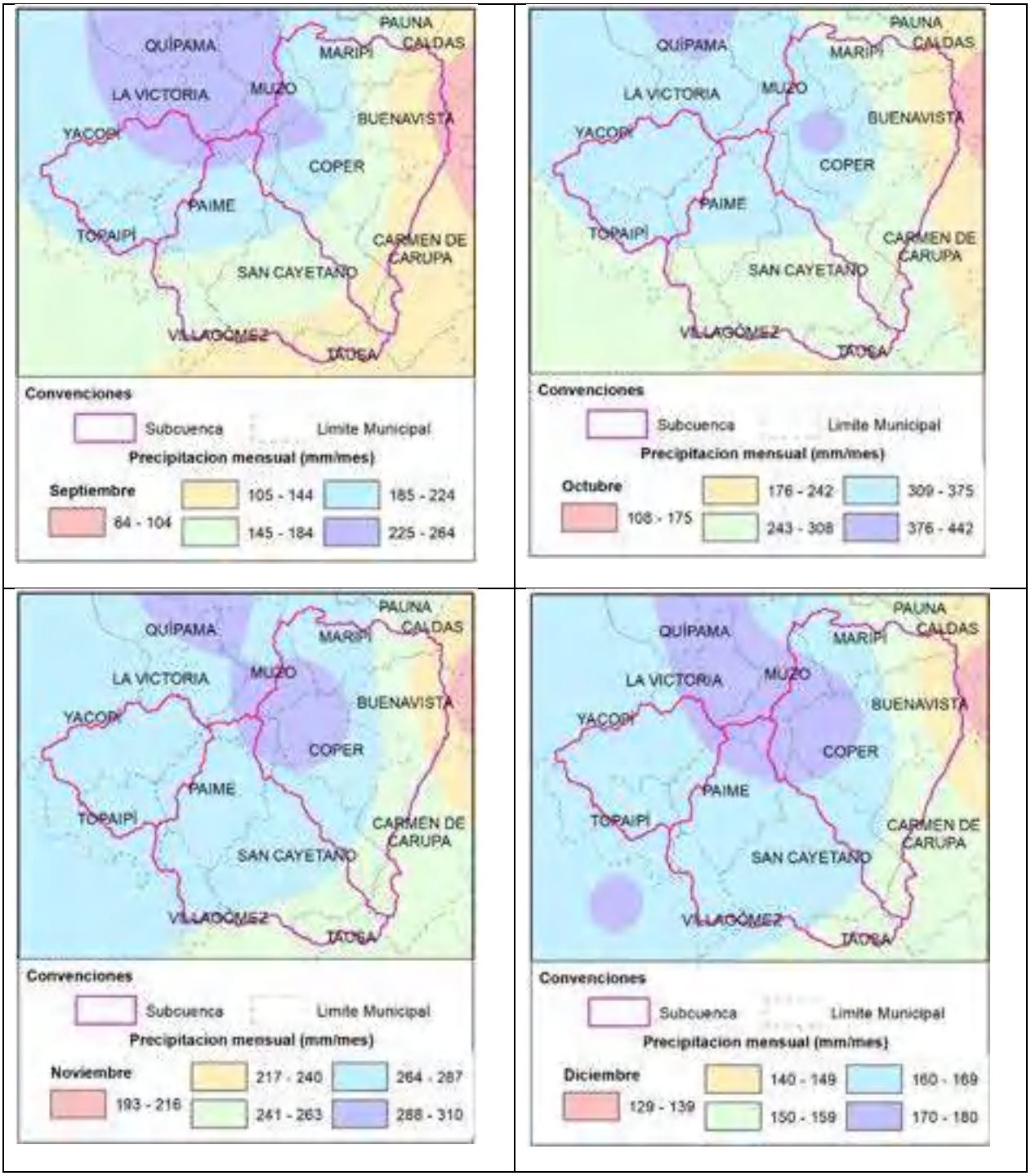


PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Precipitacion mensual (mm/mes)
Mayo
98 - 152
153 - 205
206 - 258
259 - 312
313 - 365

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Precipitacion mensual (mm/mes)
Junio
46 - 84
85 - 121
122 - 158
159 - 196
197 - 233

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Precipitacion mensual (mm/mes)
Julio
39 - 71
72 - 103
104 - 134
135 - 166
167 - 197

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Precipitacion mensual (mm/mes)
Agosto
41 - 72
73 - 102
103 - 132
133 - 163
164 - 193



Fuente: Elaboración propia, 2022

Respecto a los mapas mensuales, se observa que las zonas de alta precipitación se encuentran al noroeste de la zona aferente al estudio, presentando su mayor registro en el mes de octubre con un valor cercano al rango entre los 376 mm/mes a 442 mm/mes. Las bajas precipitaciones se registran al este y noreste de la región de análisis, con un valor próximo al rango conformado entre los 39 mm/mes y 71 mm/mes en el mes de julio.

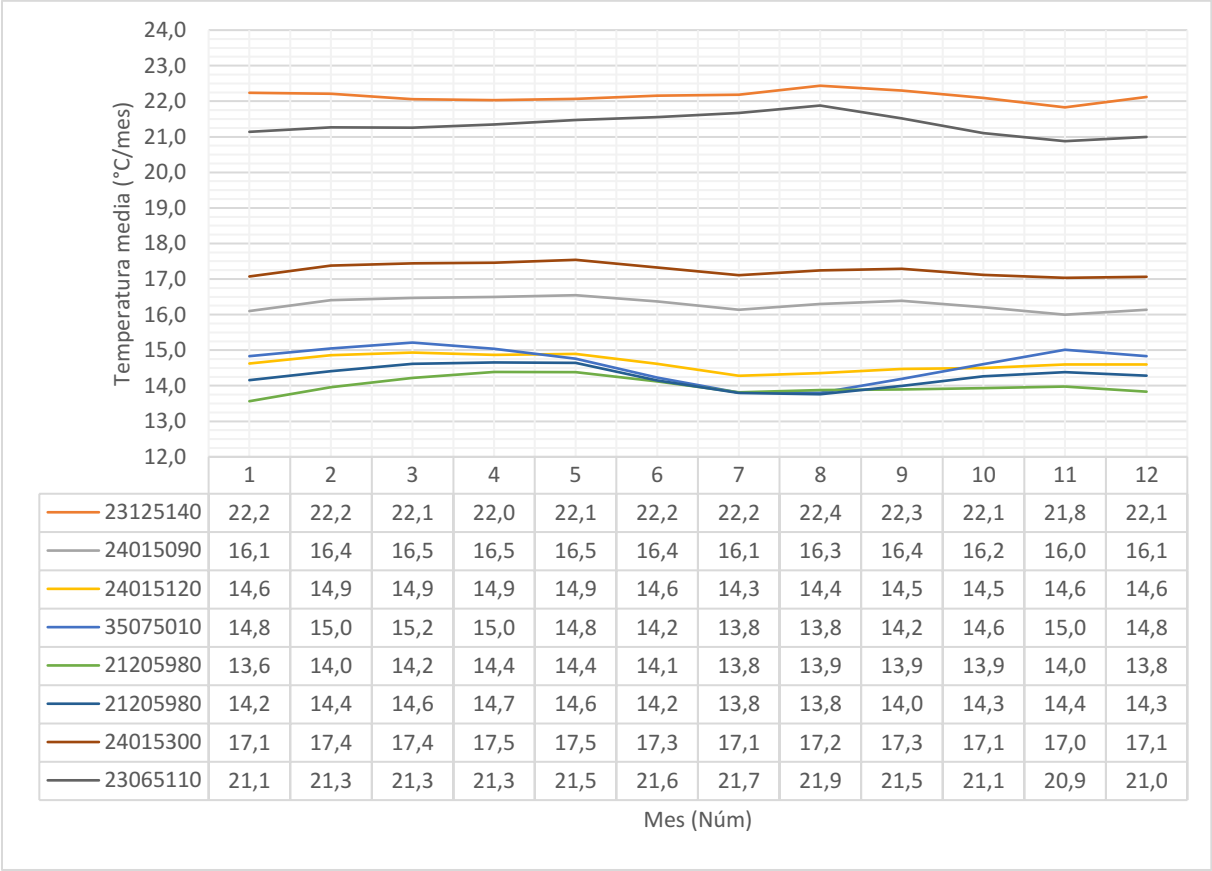
1.3.2.1.2.5.2 TEMPERATURA

1.3.2.1.2.5.2.1 ANÁLISIS TEMPORAL

El parámetro de temperatura constituye una de las variables climatológicas de mayor importancia para definir la caracterización climática, siendo insumo principal en el balance hidroclimático. El análisis de la variable en mención, se realiza a partir de los registros de la información disponible en el periodo de análisis 1991-2020, donde se determina la caracterización intranual e interanual del parámetro en cuestión.

La temperatura media a escala mensual no presenta una variación tan marcada como la precipitación, sin embargo, se identifica el régimen temporal característico con un comportamiento inversamente proporcional al régimen de precipitación. Las estaciones de registro, determinan su magnitud temporal en función a la ubicación altitudinal, siendo inversamente proporcional al aumento de la altitud sobre el nivel del mar. Es de anotar que la mayoría de las estaciones, representan un rango de variación de temperatura muy cercano entre sí; exceptuando la estación Aeropuerto Furatena - Aut [23125140] y Yacopi - Aut [23065110], localizadas en la zona norte, a una altitud cercana a los 1250 m.s.n.m. y 1347 m.s.n.m. respectivamente. A continuación, se presenta el resumen de las temperaturas medias mensuales para cada una de las estaciones aferentes a la cuenca y su respectiva distribución gráfica.

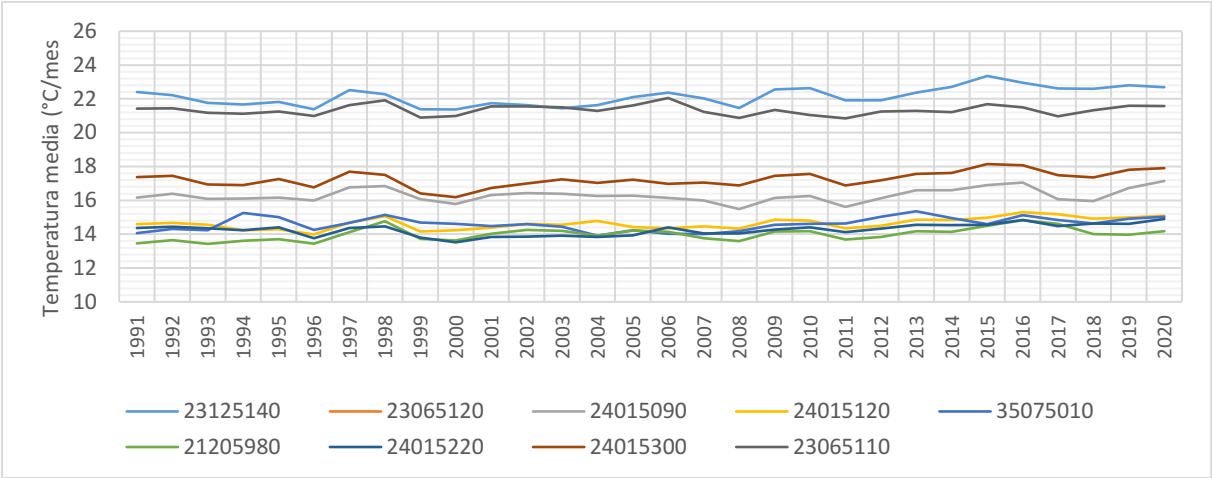
Figura 180 Temperatura media mensual (°C).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23125140	22,2	22,2	22,1	22,0	22,1	22,2	22,2	22,4	22,3	22,1	21,8	22,1
24015090	16,1	16,4	16,5	16,5	16,5	16,4	16,1	16,3	16,4	16,2	16,0	16,1
24015120	14,6	14,9	14,9	14,9	14,9	14,6	14,3	14,4	14,5	14,5	14,6	14,6
35075010	14,8	15,0	15,2	15,0	14,8	14,2	13,8	13,8	14,2	14,6	15,0	14,8
21205980	13,6	14,0	14,2	14,4	14,4	14,1	13,8	13,9	13,9	13,9	14,0	13,8
21205980	14,2	14,4	14,6	14,7	14,6	14,2	13,8	13,8	14,0	14,3	14,4	14,3
24015300	17,1	17,4	17,4	17,5	17,5	17,3	17,1	17,2	17,3	17,1	17,0	17,1
23065110	21,1	21,3	21,3	21,3	21,5	21,6	21,7	21,9	21,5	21,1	20,9	21,0

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 181 Temperatura media anual (°C).



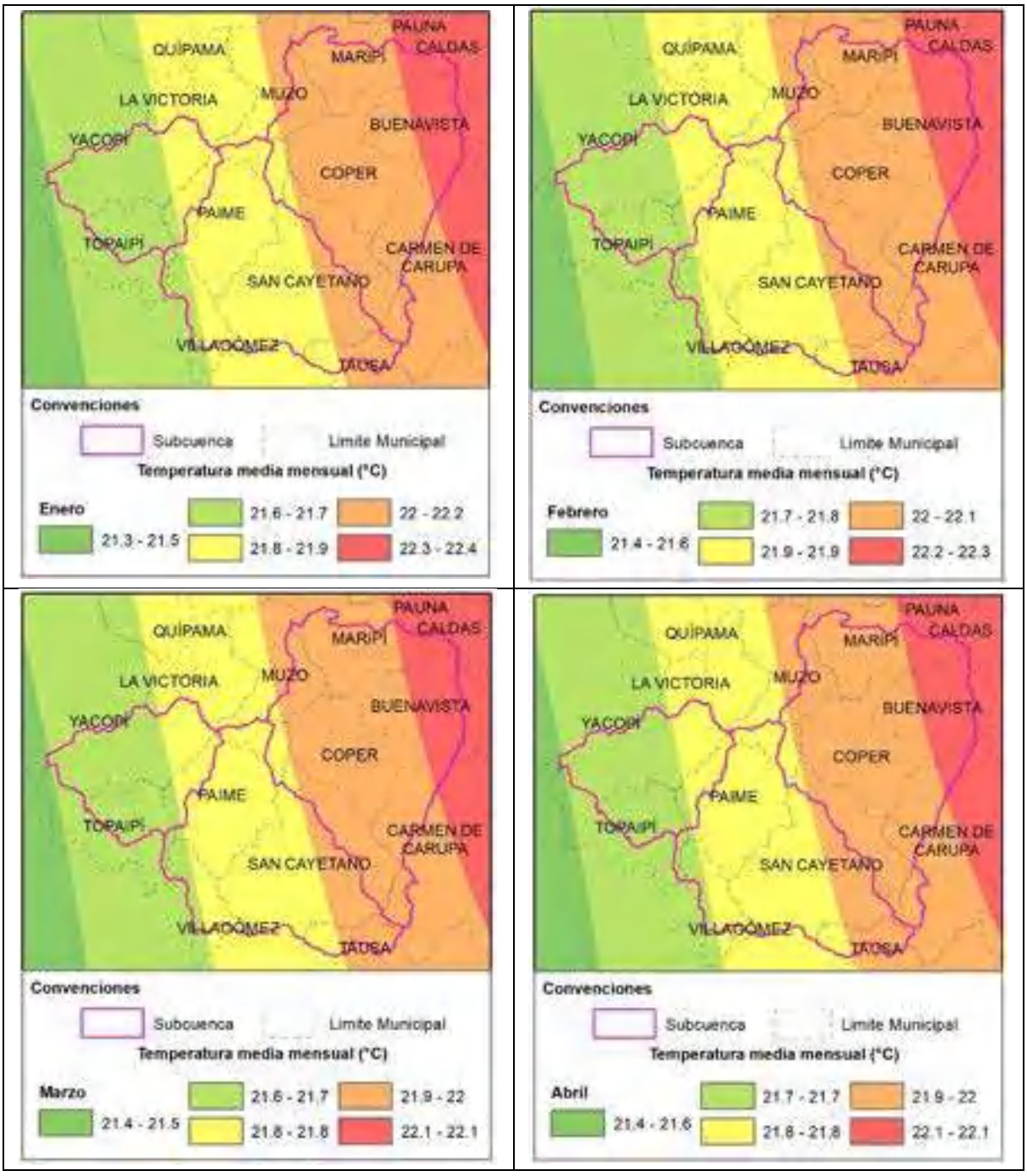
Fuente: Elaboración propia, 2022.

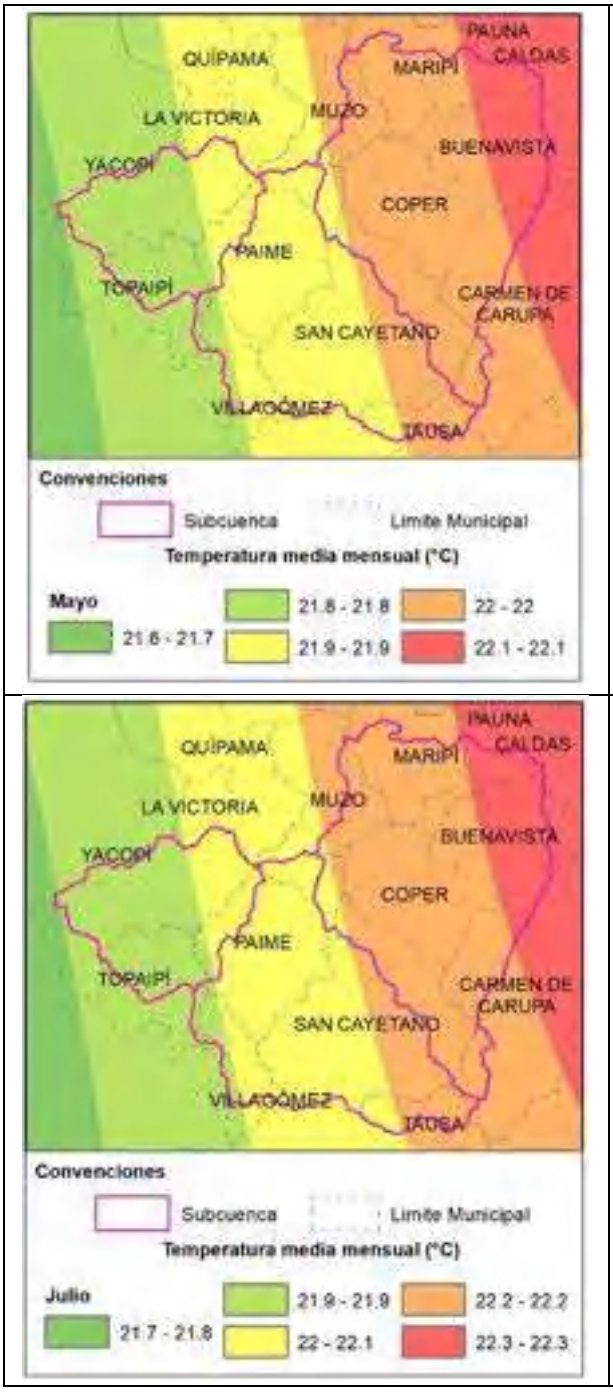
1.3.2.1.2.5.2.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

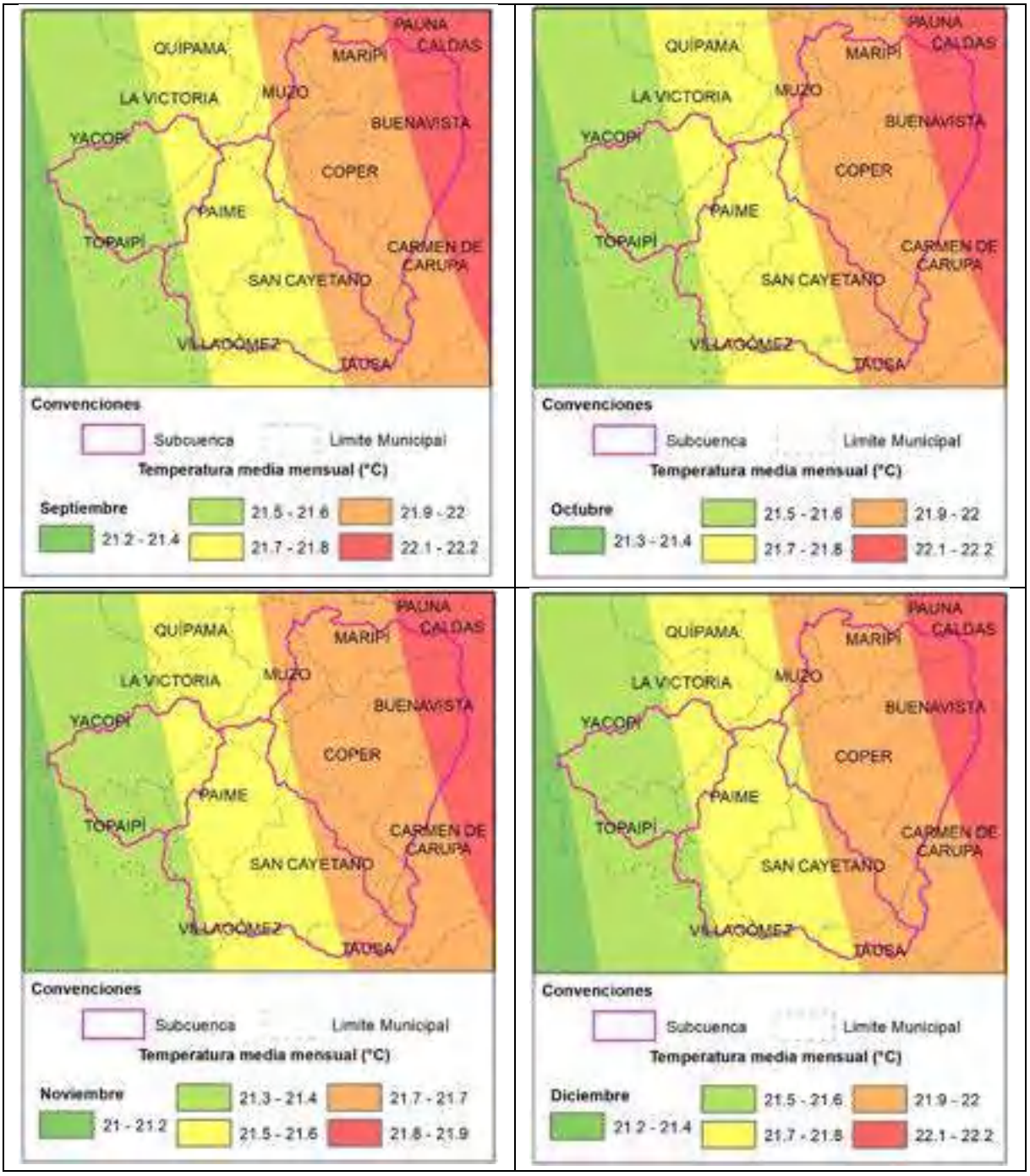
Respecto al análisis espacial, se pueden identificar el comportamiento de la temperatura, como un gradiente descendiente que va en sentido este oeste. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual de la Temperatura Media, con rango conformado por valores entre los 21.42 °C/año a 22.22 °C/año.

Figura 182 Variación espacial de la Temperatura media anual (°C).

Figura 183 Variación espacial de la Temperatura media mensual (°C).




PAUNA
CALDAS
QUÍPAMA
MARIPÍ
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
JENISA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Temperatura media mensual (°C)
Mayo
21.6 - 21.7
21.8 - 21.8
21.9 - 21.9
22 - 22
22.1 - 22.1
Junio
21.6 - 21.8
21.9 - 21.9
22 - 22
22.1 - 22.1
22.2 - 22.2
Julio
21.7 - 21.8
21.9 - 21.9
22 - 22.1
22.2 - 22.2
22.3 - 22.3
Agosto
21.9 - 22.1
22.2 - 22.2
22.3 - 22.3
22.4 - 22.4
22.5 - 22.5



Fuente: Elaboración propia, 2022.

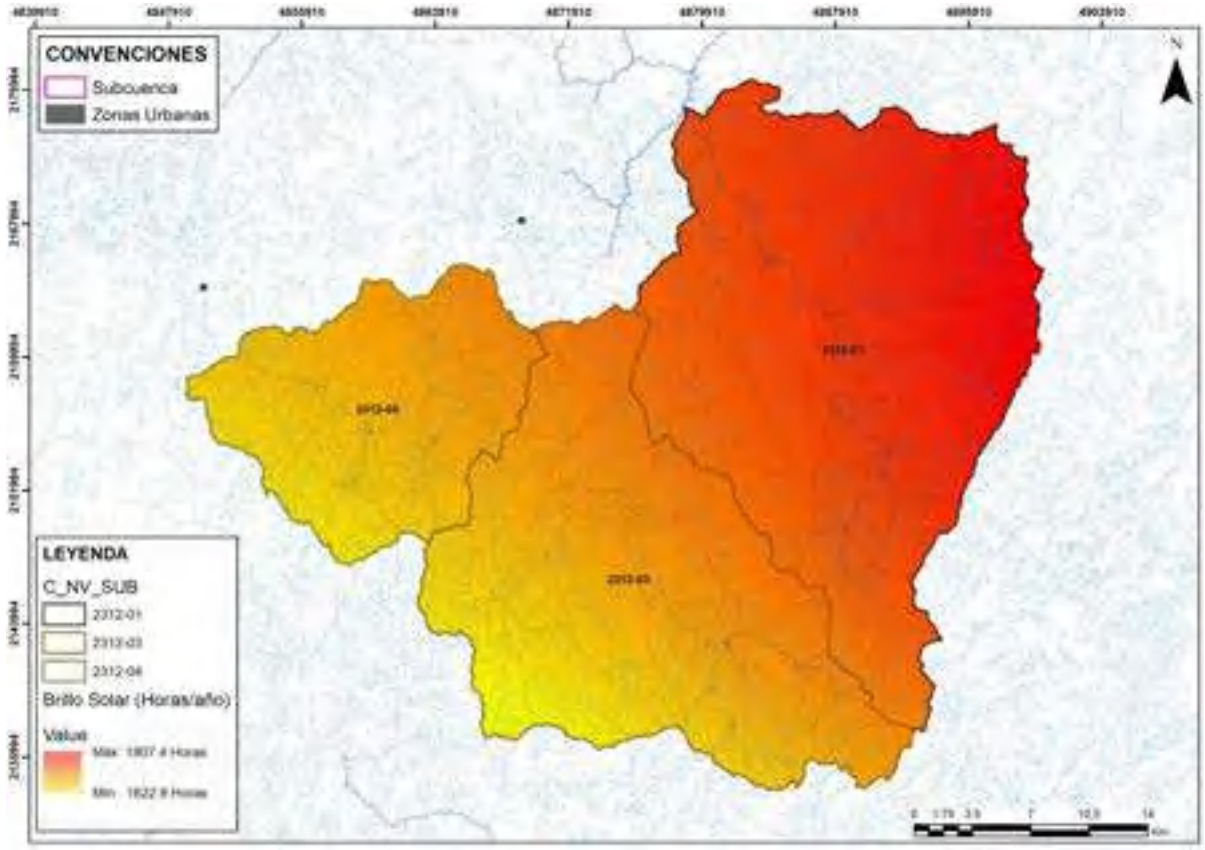
Respecto a los mapas mensuales de temperatura media, se puede observar el mismo comportamiento relacionado para la temperatura anual, acotando la fluctuación entre los meses de agosto, donde se presenta la mayor temperatura, y el mes de noviembre con menor temperatura, en determinada asociación al inverso del régimen bimodal de lluvias, con sus respectivas variaciones asociadas a la naturaleza de la variable de temperatura.

1.3.2.1.2.5.3 ANÁLISIS TEMPORAL DEL BRILLO SOLAR

El brillo solar es el parámetro que mide la cantidad de insolación solar que recibe un área. La duración de brillo solar en horas representa el tiempo total durante el cual incide la luz solar directa sobre algún sitio, entre el alba y el atardecer.

Respecto al análisis espacial, se pueden identificar el comportamiento del brillo solar, como un gradiente descendiente que va en sentido este a oeste, siendo mayor al norte de las unidades de análisis. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual del parámetro en mención, con rango conformado por valores entre los 1622.9 horas/año a 1907.4 horas/año.

Figura 184 Variación espacial del brillo Solar (Horas/año)



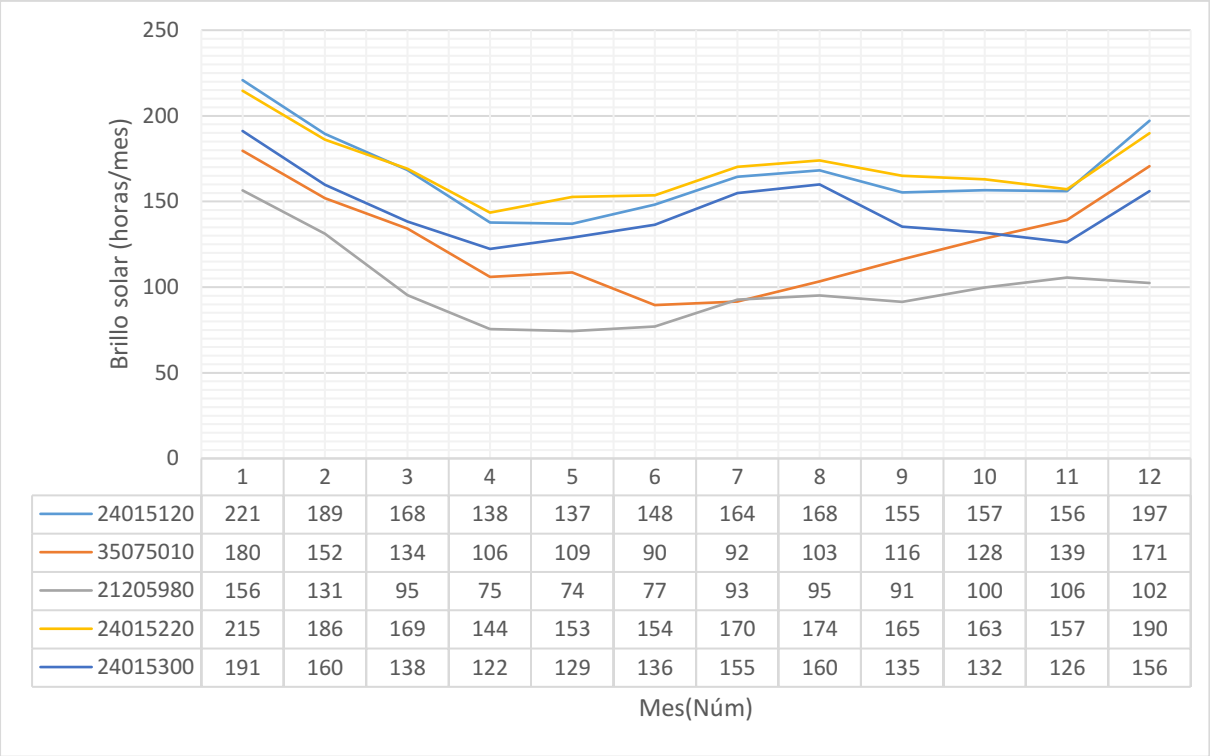
Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.1.2.5.3.1 ANÁLISIS TEMPORAL

Se presenta a continuación, la variación intranual del parámetro de brillo solar, donde se identifican las horas de luz solar con relación inversa a la tendencia del régimen de precipitación, relacionada con la radiación extraterrestre presente en latitudes cercanas a la línea del Ecuador (-10°N a +10°N); siendo enero el mes de mayor brillo solar según el registro de las estaciones meteorológicas.

Es de anotar, la variación del régimen fluctúa en las estaciones Villa Carmen [24015220] y Villa De Leiva - Aut [24015300], las cuales presentan una disminución del brillo solar entre los meses de julio a septiembre, donde se espera una tendencia al crecimiento entre estos meses, como se observa en el resto de las estaciones meteorológicas; influenciado principalmente por la aferencia distante a la zona de estudio, referenciando un poco más de 40 km de distancia al noroeste del límite hidrográfico.

Figura 185 Brillo Solar Mensual (horas).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24015120	221	189	168	138	137	148	164	168	155	157	156	197
35075010	180	152	134	106	109	90	92	103	116	128	139	171
21205980	156	131	95	75	74	77	93	95	91	100	106	102
24015220	215	186	169	144	153	154	170	174	165	163	157	190
24015300	191	160	138	122	129	136	155	160	135	132	126	156

Fuente: Elaboración propia, 2022.

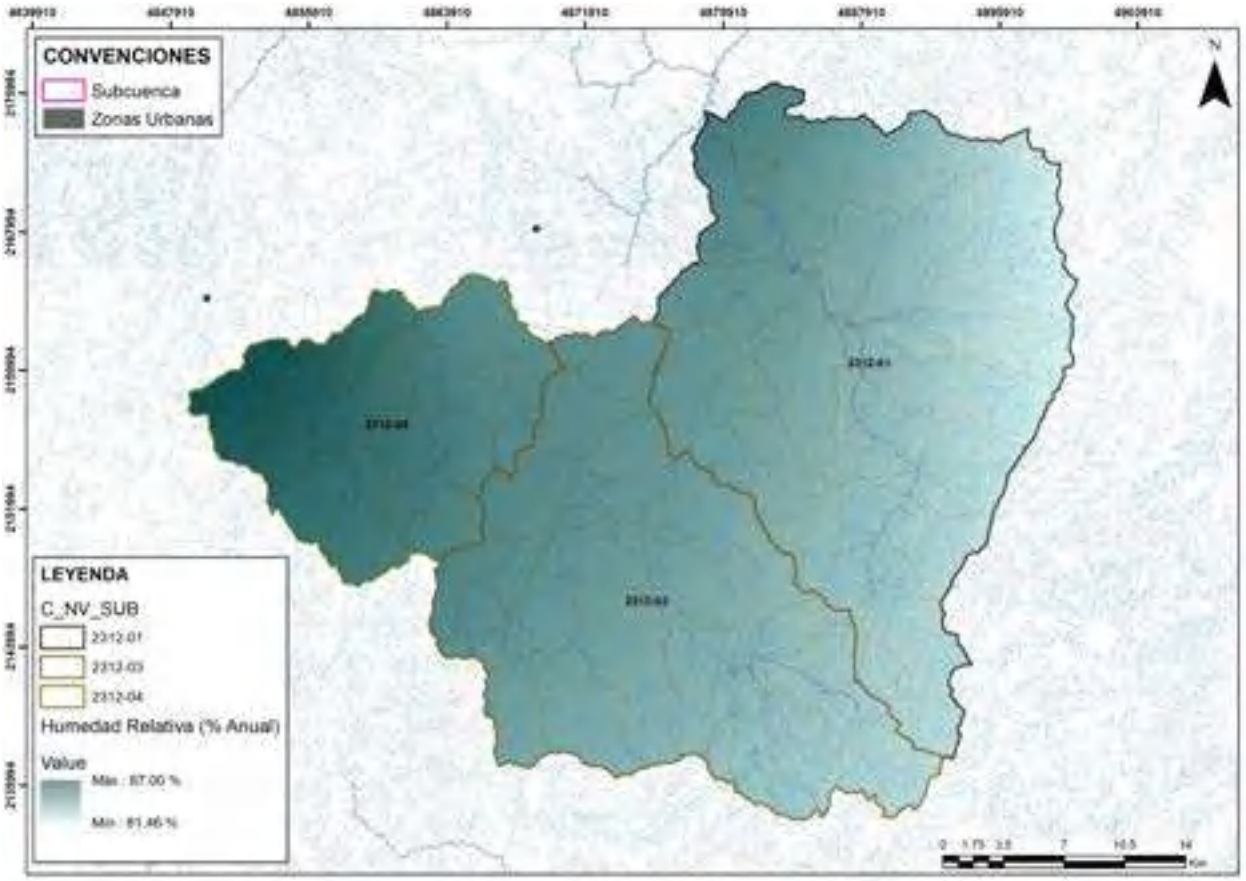
1.3.2.1.2.5.4 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la variable con la cual se mide la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera, posee relación con el comportamiento y distribución de las precipitaciones, la nubosidad y la radiación solar.

En referencia al análisis espacial, se pueden identificar el comportamiento de la humedad relativa, es ligeramente mayor en la zona noroeste y norte de las unidades de análisis, presentando los valores mínimos en la zona sureste.

A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual del parámetro de humedad relativa, con rango fluctuante entre los valores medios anuales de 81.46% a 87.00%

Figura 186 Variación espacial de la humedad relativa (%)



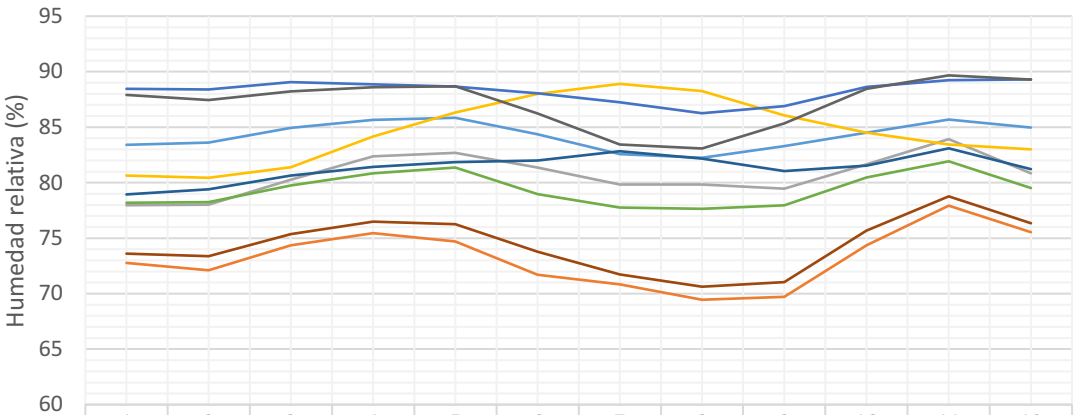
Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.1.2.5.4.1 ANÁLISIS TEMPORAL

En la cuenca aferente al área de estudio, se identificaron un total de 9 estaciones procesadas en la extensión de la ventana de tiempo 1991-2020, donde las estaciones denominadas Institución Agrícola Santa Sofia [24015090] y Villa De Leiva - Aut [24015300], presentan una disminución significativa de la humedad relativa entre los meses de julio a septiembre, influenciado principalmente por la aferencia distante a la zona de estudio, referenciando alrededor de los 39 km de distancia al noroeste del límite hidrográfico. Es de importancia anotar, mayor fluctuación de la de la humedad relativa (%) en los meses entre julio y septiembre para el conjunto de estaciones, disminuyendo en los meses entre noviembre y enero.

En la siguiente figura, se presenta la variación mensual multianual del parámetro de humedad relativa (%) de las estaciones aferentes a la zona de estudio.

Figura 187 Humedad Relativa mensual (%).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23125140	83	84	85	86	86	84	83	82	83	85	86	85
24015090	73	72	74	75	75	72	71	69	70	74	78	76
24015120	78	78	80	82	83	81	80	80	79	82	84	81
35075010	81	80	81	84	86	88	89	88	86	85	83	83
23125080	88	88	89	89	89	88	87	86	87	89	89	89
21205980	78	78	80	81	81	79	78	78	78	80	82	80
24015220	79	79	81	81	82	82	83	82	81	82	83	81
24015300	74	73	75	76	76	74	72	71	71	76	79	76
23065110	88	87	88	89	89	86	83	83	85	88	90	89

Mes(Núm)

Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.1.2.5.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ETP

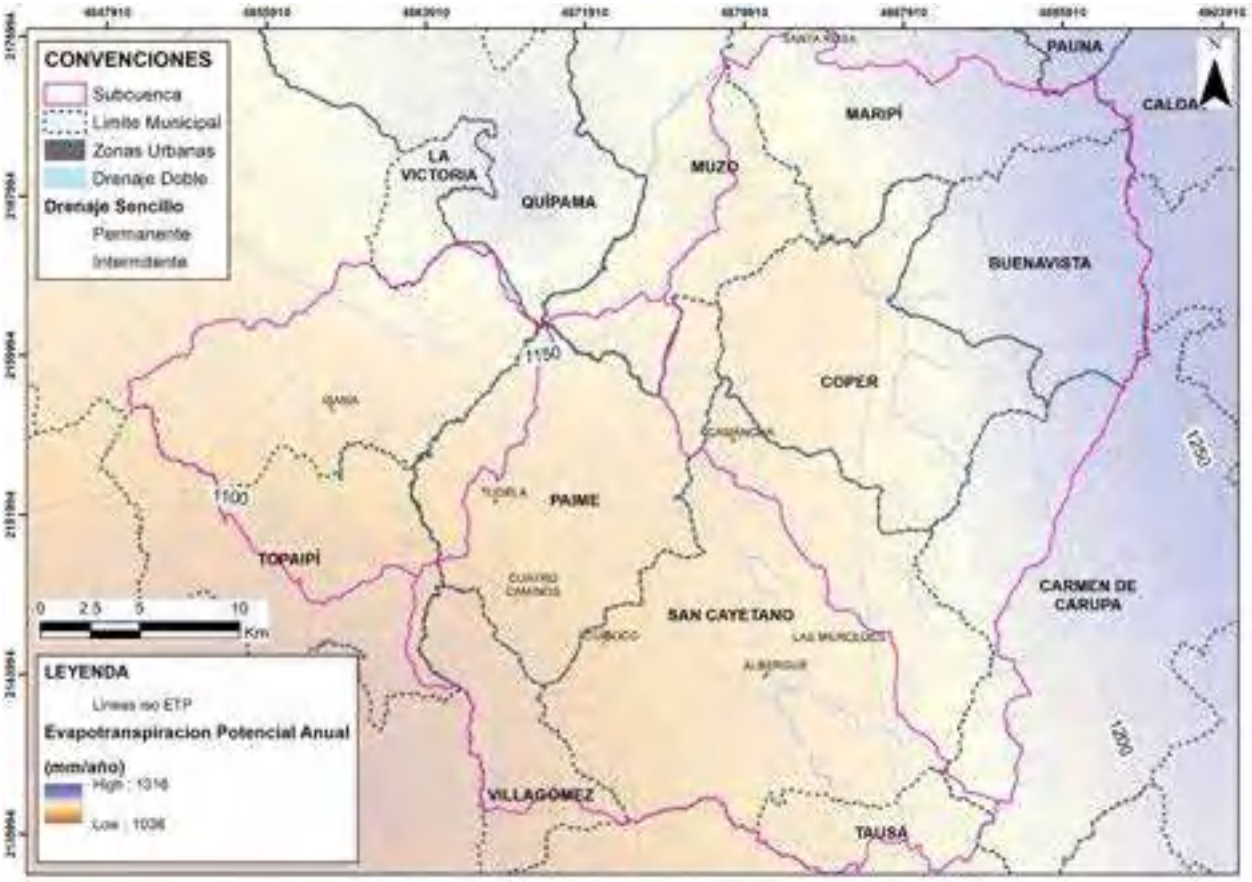
La Evapotranspiración Potencial (ETP), es calculada a partir de la metodología propuesta por Penman-Monteith, donde se combina el balance energético con el método de la transferencia de masa, derivando una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de brillo solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

1.3.2.1.2.5.5.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La espacialización de La Evapotranspiración Potencial (ETP), es realizada a partir de las variables climatológicas de insumo interpoladas en la longitud diaria 1991-2020.

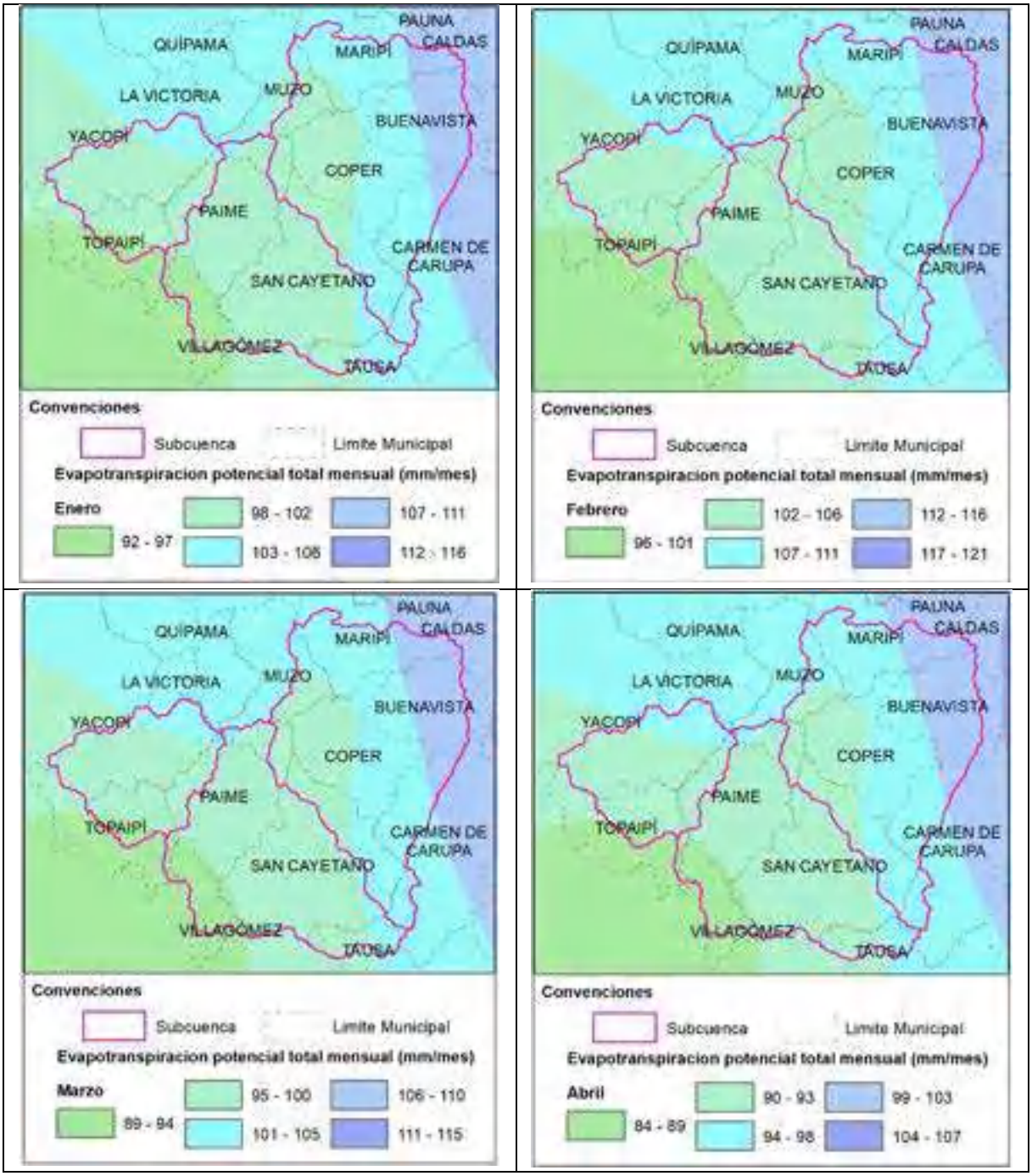
A continuación, se incluye la salida cartográfica que relaciona la variación de la ETP, con rango conformado por valores entre los 1036 mm/año hasta los 1316 mm/año, donde la mayor ETP se presenta especialmente al este de la zona de análisis, disminuyendo progresivamente en sentido sureste hacia la zona localizada en los municipios de Villagómez y Topaipí.

Figura 188 Variación espacial de la ETP anual (mm).



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 189 Variación espacial de la ETP media mensual (mm).

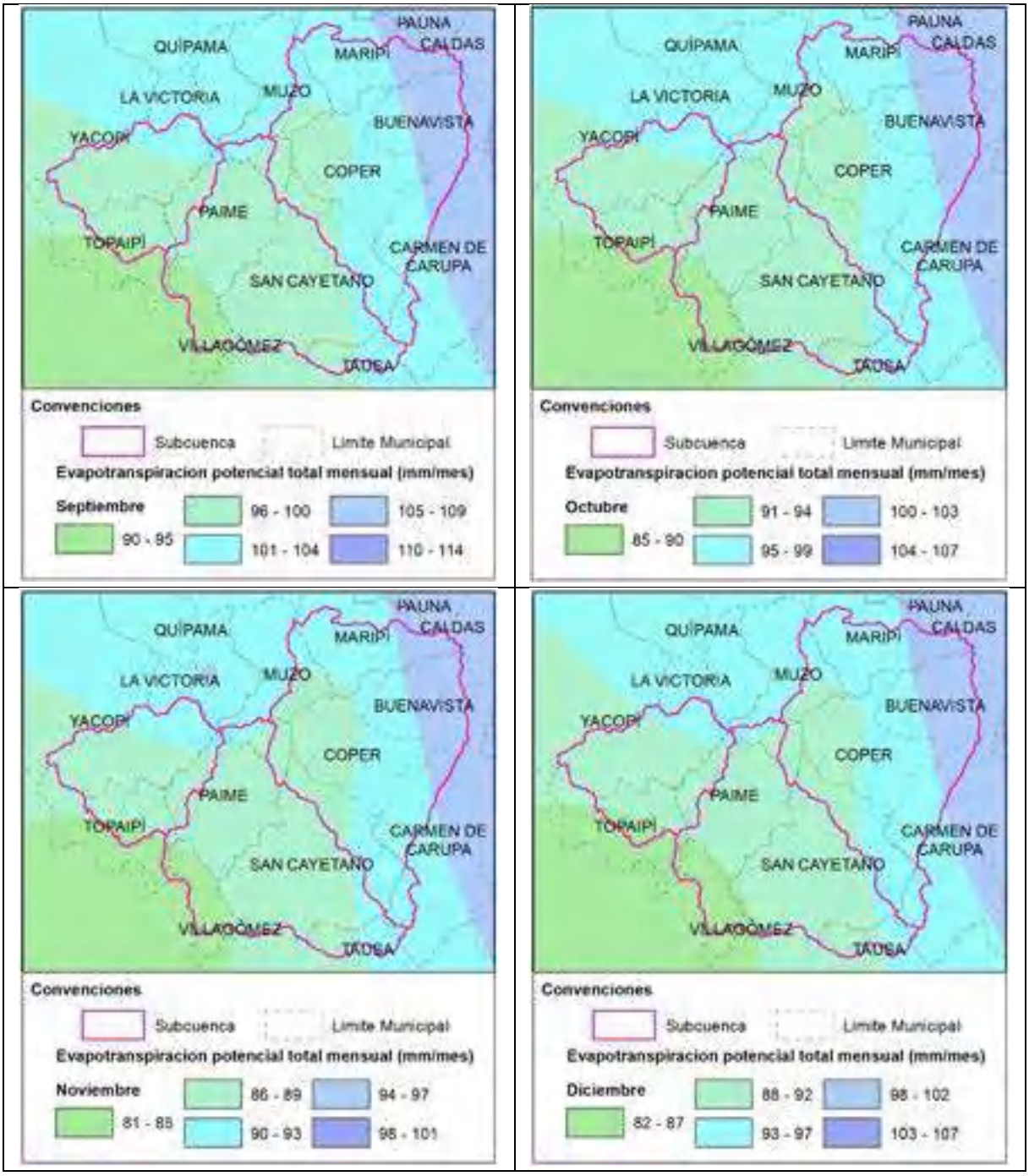


PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁDSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion potencial total mensual (mm/mes)
Mayo
81 - 85
86 - 90
91 - 94
95 - 98
99 - 103

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁDSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion potencial total mensual (mm/mes)
Junio
80 - 85
86 - 90
91 - 94
95 - 99
100 - 103

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁDSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion potencial total mensual (mm/mes)
Julio
85 - 90
91 - 95
96 - 99
100 - 104
105 - 109

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁDSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion potencial total mensual (mm/mes)
Agosto
90 - 95
96 - 99
100 - 104
105 - 109
110 - 114



Fuente: Elaboración propia, 2022

Respecto a la distribución espacial mensual, se observa que las zonas de alta ETP, se encuentran al noroeste de la zona aferente al estudio, presentando su mayor registro en el mes de septiembre con un valor cercano al rango entre los 110 mm/mes a 114 mm/mes. Las bajas precipitaciones se registran al este y noreste de la región de análisis, con un valor próximo al rango conformado entre los 81 mm/mes y 85 mm/mes en el mes de mayo.

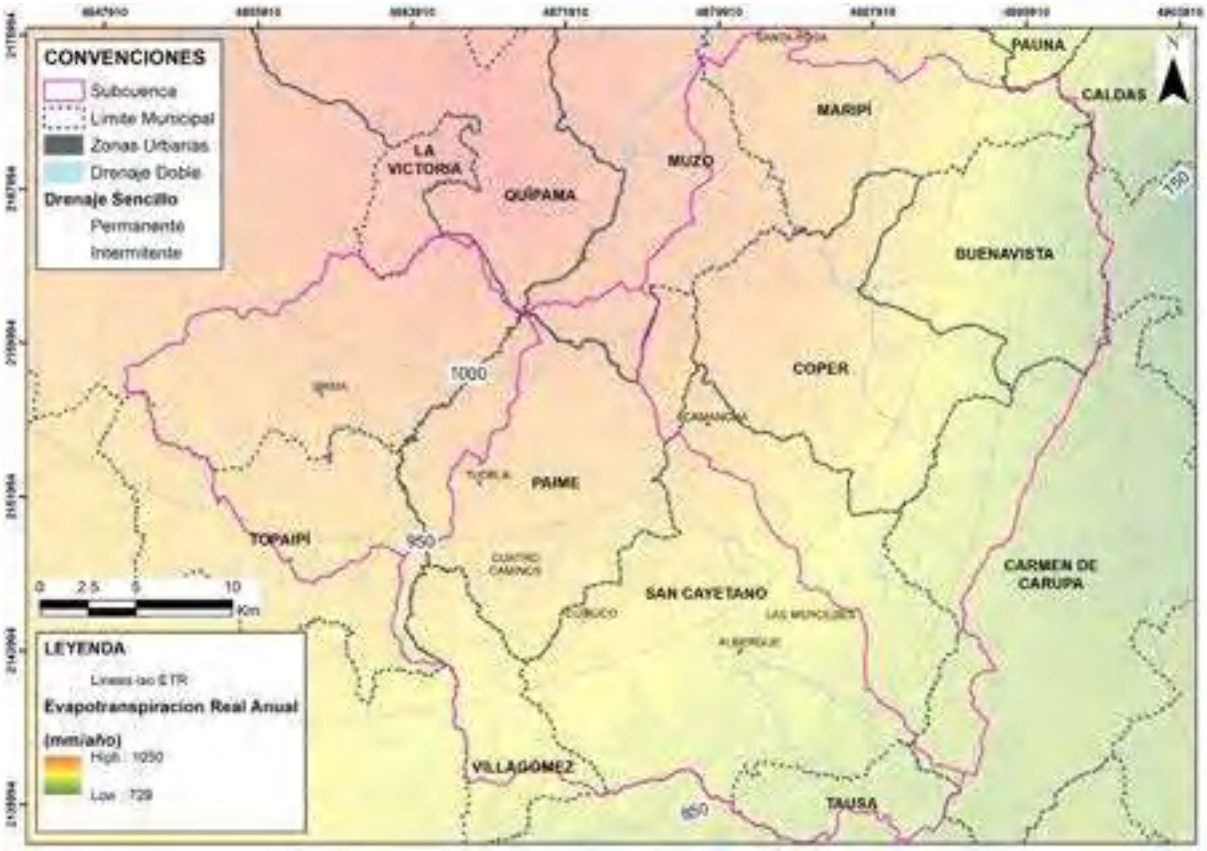
1.3.2.1.2.5.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ETR

El método utilizado para el cálculo de la Evapotranspiración Real (ETR), fue el descrito por (Budyko, 1974), el cual representa la ETR en función de variables climatológicas tales como la ETP y la precipitación (P).

1.3.2.1.2.5.6.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

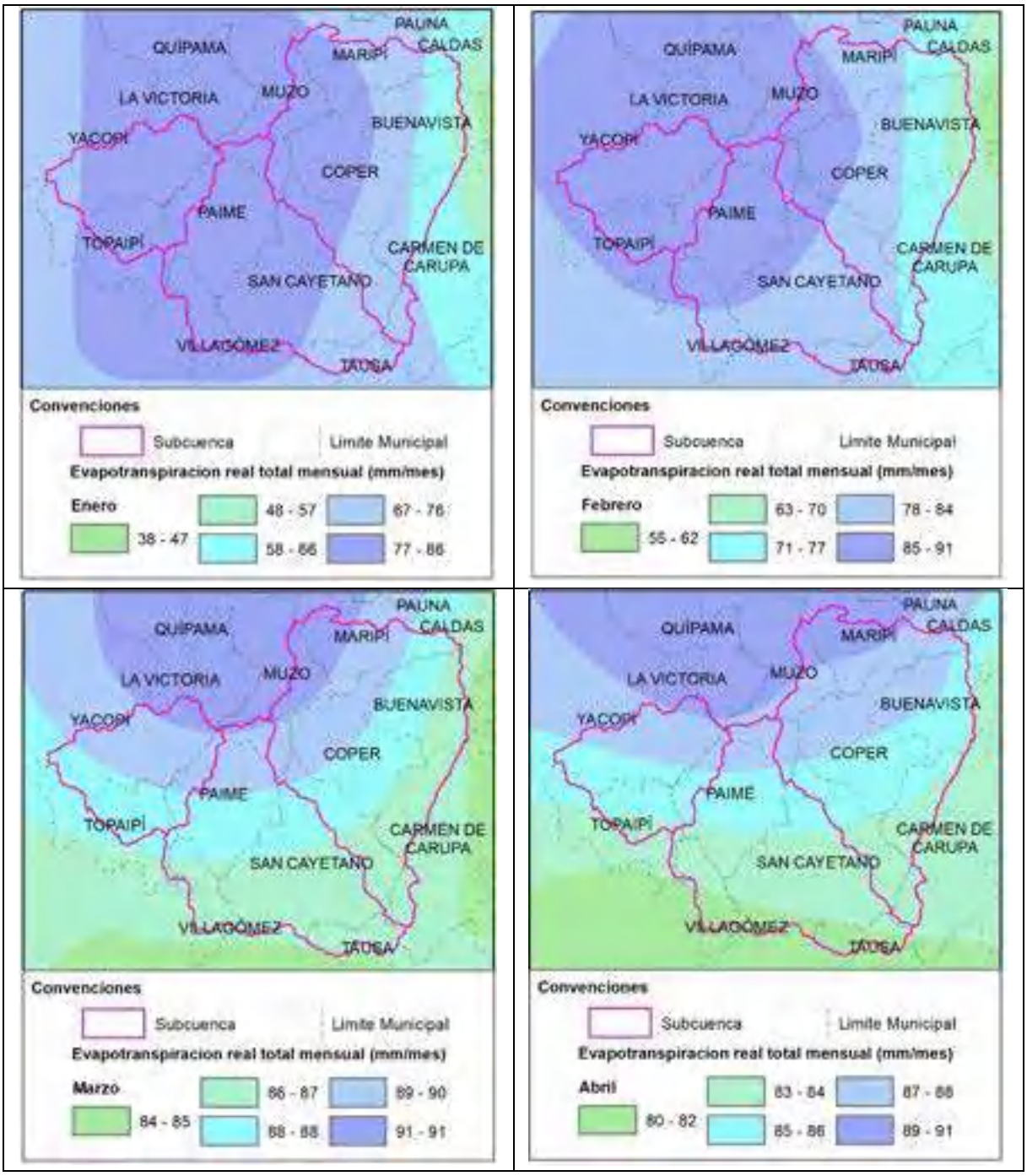
La espacialización de la ETR es realizada a partir de las variables climatológicas de insumo (ETP y Precipitación), interpoladas en la longitud mensual multianual. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual del ETR, con rango conformado por valores entre los 729 mm hasta los 1050 mm/ año, donde la mayor Evapotranspiración Real se presenta al noroeste de la zona de análisis, disminuyendo progresivamente en sentido suroeste hacia áreas cercanas a los municipios de Tausa y Carmen de Carupa.

Figura 190 Variación espacial de la ETR anual (mm).



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 191 Variación espacial de la ETR media mensual (mm).

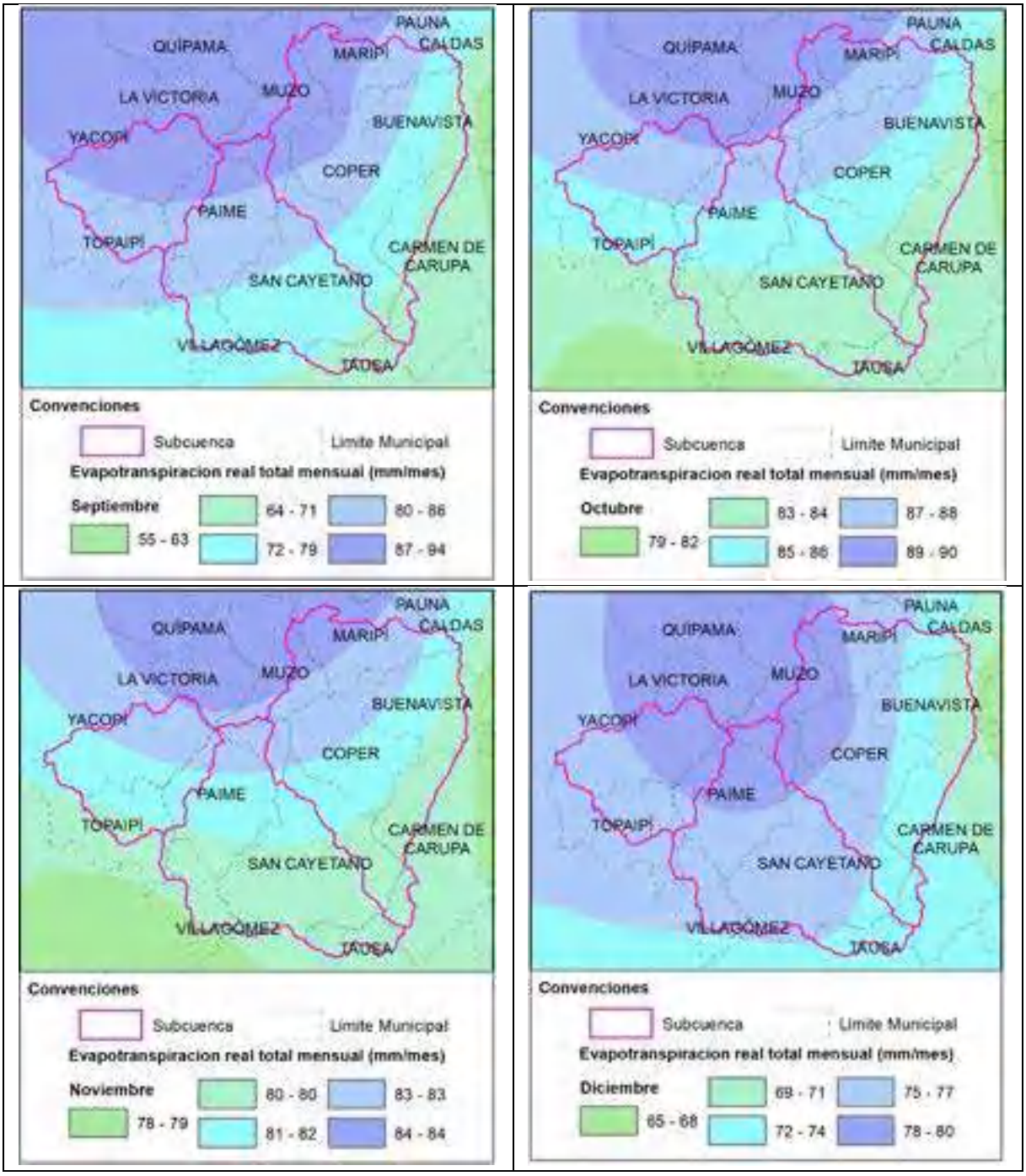


PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion real total mensual (mm/mes)
Mayo
69 - 73
74 - 77
78 - 81
82 - 84
85 - 88

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion real total mensual (mm/mes)
Junio
42 - 51
52 - 59
60 - 68
69 - 76
77 - 84

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion real total mensual (mm/mes)
Julio
37 - 47
48 - 57
58 - 67
68 - 76
77 - 86

PAUNA
QUÍPAMA
MARIPÍ
CALDAS
LA VICTORIA
MUZO
BUENAVISTA
YACOPÍ
COPER
PAIME
TOPAIPÍ
CARMEN DE CARUPA
SAN CAYETANO
VILLAGÓMEZ
TÁUSA
Convenciones
Subcuenca
Limite Municipal
Evapotranspiracion real total mensual (mm/mes)
Agosto
39 - 49
50 - 58
59 - 68
69 - 78
79 - 88



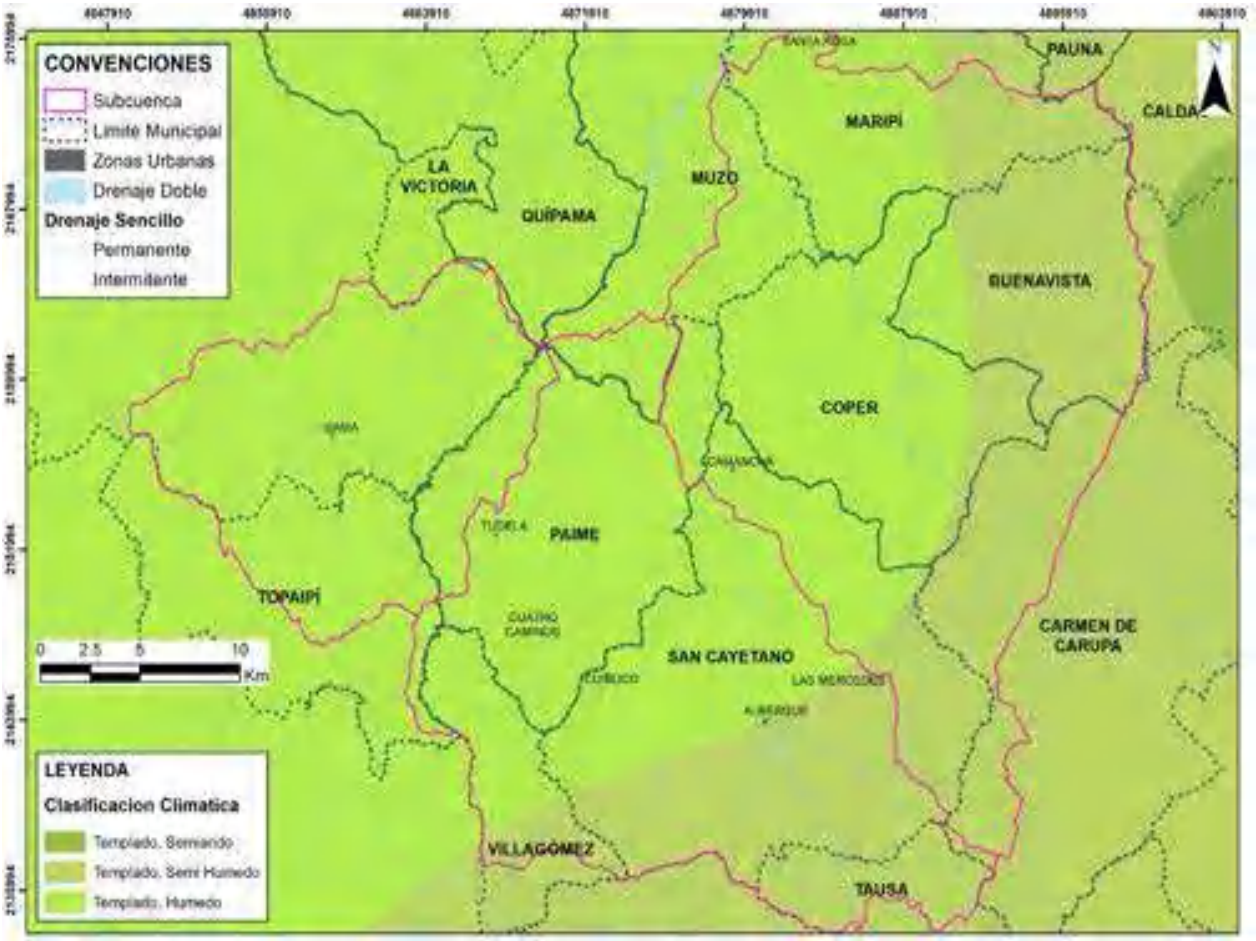
Fuente: Elaboración propia, 2022

Respecto a la distribución espacial mensual, se observa que las zonas de alta ETR, se encuentran al noroeste de la zona aferente al estudio, presentando su mayor registro en el mes de septiembre con un valor cercano a los 91 mm/mes. Las bajas precipitaciones se registran al este y noreste de la región de análisis, con un valor próximo al rango conformado entre los 37 mm/mes y 47 mm/mes en el mes de julio.

1.3.2.1.2.5.7 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

La zona de aferencia climática al presente estudio, se encuentra caracterizada principalmente por tener un clima Templado y Húmedo, especialmente por la alta pluviosidad marcada al noreste de la de las unidades hidrográficas objeto de ordenación, seguido por la clasificación de Templado Semihúmedo, la cual se focaliza principalmente en un fragmento al este de la zona de interés, específicamente en parte de los municipios de Buenavista, Carmen de Carupa, Tausa y San Cayetano. En la siguiente figura, se presenta la distribución espacial de la clasificación climática según la metodología de Caldas Lang.

Figura 192 Clasificación climática del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2 ESTUDIO MORFOMÉTRICO

1.3.2.2.1 METODOLOGÍA.

Dentro de la caracterización morfométrica, se tiene como objeto realizar la descripción de las formas de las unidades hidrográficas de manera cuantitativa a través de atributos medibles, tales como el área, perímetro, longitud, ancho promedio, elevación máxima, elevación mínima entre otros, con los cuales se pueden establecer relaciones con la respuesta hídrica. Es de resaltar que dichos parámetros físicos de las unidades hidrográficas y/o puntos de interés hidrológico se obtienen a partir de Sistemas de Información Geográfico (SIG).

1.3.2.2.1.1 CARTOGRAFÍA BÁSICA.

El insumo principal, corresponde a la reposada y administrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25000, complementada con la cartografía temática oficial de las Corporaciones Autónomas Regionales en jurisdicción, constituida por curvas de nivel, red de drenaje, límites municipales, departamentales y límite actual de la cuenca. El sistema de referencia de coordenadas para la producción cartográfica, corresponde al establecido en la Resolución 471 de 2020, con Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS, definido en un único origen de coordenadas, el cual se basa en la proyección cartográfica Transverse de Mercator, Elipsoide GRS80, Origen Latitudinal de 4°N, Origen Longitudinal de 73°W, Falso Este de 5000000, Falso Norte de 2000000 y Factor de Escala de 0.9992.

1.3.2.2.1.2 ÁREA Y PERÍMETRO

El área de la cuenca hidrográfica tiene gran importancia en lo que a la estimación de la magnitud del caudal se refiere. Se define como la proyección horizontal delimitada por la línea de divorcio o parteaguas, siendo ésta la que define el límite de la cuenca uniendo los puntos topográficos de mayor elevación, la longitud de la línea de divorcio representa el perímetro de la cuenca caracterizada.

1.3.2.2.1.3 LONGITUD AXIAL Y ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA.

La longitud axial de la cuenca se mide mediante una línea desde la desembocadura hasta el punto más alto en los límites de la cuenca. El ancho promedio de la cuenca se define como la relación existente entre el área de la cuenca y su longitud axial; se denota con la letra W y matemáticamente se expresa como:

$$W = \frac{Ac}{Lax}$$

Donde,
W: Ancho de la cuenca.
Ac: Área de la cuenca.
Lax: Longitud axial de la cuenca.

1.3.2.2.1.4 FACTOR DE FORMA (Kf)

Es la relación entre el ancho medio (W) y la longitud axial de la cuenca (Lax). Este factor permite la comparación entre cuencas hidrográficas, una cuenca con un factor de forma bajo (cercano a cero), esta menos propensa a que se presenten eventos de crecientes máximas, que otras cuencas del

mismo tamaño, pero con mayor factor de forma. El factor de forma de Horton se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Kf = \frac{W}{Lax} = \frac{\frac{Ac}{Lax}}{Lax} = \frac{Ac}{Lax^2}$$

Donde:
Kf: Coeficiente de forma.
Lax: Longitud axial de la cuenca.
W: Ancho de la cuenca.

Tabla 98 Clasificación del factor de forma (Kf).

RANGO DE VALORES	FORMA DE LA CUENCA
< 0,22	Muy alargada
0,22 - 0,30	Alargada
0,30 - 0,37	Ligeramente alargada
0,37 - 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 - 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 - 0,80	Ensanchada
0,80 -1,20	Muy ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: Horton (1945).

1.3.2.2.1.5 COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)

Consiste en la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia cuya área es igual a la de la cuenca. Una cuenca circular posee un coeficiente de compacidad mínimo igual a 1.0, a medida que kc se aproxime a la unidad hay una mayor tendencia a las crecientes. La siguiente tabla, muestra los rangos de clasificación de forma del Kc.

$$Kc = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * A}} = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:
Kc: Coeficiente de compacidad.
P: Perímetro de la cuenca
A: Área de la cuenca.

En función del coeficiente de compacidad de la cuenca podrá ser clasificada acorde a los rangos presentados en la siguiente tabla; el índice de compacidad permite hacer referencia a la respuesta rápida o lenta del agua en los drenajes y su potencial erosivo o de arrastre.

Tabla 99 Rangos de clasificación coeficiente de compacidad (Kc).

RANGOS kc	COMPACIDAD
1-1.25	Redonda a Oval redonda
1.25-1.50	Oval redonda a Oval oblonga

RANGOS kc	COMPACIDAD
1.50-1.75	Oval oblonga a Rectangular
>1.75	Rectangular-muy lobuladas

Fuente: Instituto nacional de Ecología, 2004

1.3.2.2.1.6 ÍNDICE DE ALARGAMIENTO

Este índice muestra el comportamiento de la forma en la cuenca respecto a la tendencia de que dicha forma, sea alargada en relación a la longitud axial y el ancho de la cuenca. El índice de alargamiento fue propuesto igualmente por Horton y se define mediante la siguiente expresión:

$$Ia = \frac{Lax}{W}$$

Donde:
Ia: Índice de alargamiento.
Lax: Longitud axial de la cuenca.
W: Ancho de la cuenca.

En función del índice de alargamiento la cuenca podrá ser clasificada acorde a los rangos presentados en la siguiente tabla; el índice de alargamiento permite hacer referencia a la respuesta rápida o lenta del agua en los drenajes y su potencial erosivo o de arrastre.

Tabla 100 Clasificación del Índice de alargamiento (Ia)

RANGOS Ia	CLASES ALARGAMIENTO
0.0-1.4	Poco alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
2.9-4.2	Muy alargada

Fuente: Instituto nacional de Ecología, 2004.

1.3.2.2.1.7 ALTURA Y ELEVACION

Es uno de los parámetros más determinantes de la oferta hídrica y del movimiento del agua a lo largo de la cuenca, de ella depende en gran medida a la cobertura vegetal, la biota, el clima, el tipo y uso del suelo y otras características fisiográficas de un territorio. Las siguientes características se calculan mediante la herramienta de análisis de estadística zonal incluida en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde se tiene como insumo el Modelo Digital de Elevación (MDE).

1.3.2.2.1.7.1 COTA MAYOR DE LA CUENCA

Es la mayor altura a la cual se encuentra la divisoria de la cuenca

1.3.2.2.1.7.2 COTA MENOR DE LA CUENCA

Es la cota sobre la cual la cuenca entrega sus aguas a un cauce superior

1.3.2.2.1.8 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (L_c)

La longitud del cauce principal corresponde a la distancia medida desde el punto de desembocadura hasta el de nacimiento localizado en la parte alta de la cuenca, esta característica generalmente se

expresa en kilómetros (km) y es de gran importancia en la definición de otros parámetros como la pendiente y el tiempo de concentración.

Para el caso presente en las subcuencas cuya superficie descarga directamente sobre el río principal de la cuenca (directos), se toma como longitud de cauce principal aquella correspondiente a la corriente visualmente más extensa y en el caso de la no existencia de corrientes, se define dicha longitud como la longitud axial, parámetro que se analiza más adelante. Cabe anotar, además, que la definición de los cauces principales, se realiza utilizando la red de drenaje perteneciente a la base cartográfica del IGAC

1.3.2.2.1.9 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S_o)

La pendiente del cauce principal es un parámetro importante al momento de definir la velocidad de escurrimiento del agua por los canales fluviales de la cuenca, para su estimación, se genera un mapa de pendientes a partir del MDE de la zona y se extraen de él mediante la herramienta de estadísticas zonales, los valores de pendientes medias de los cauces principales ubicados en las diferentes unidades hidrográficas estudiadas.

Es determinada a partir de la relación entre la diferencia de la cota de nacimiento y cota de confluencia, respecto a la longitud total del cauce en cuestión.

$$Pend\ (\%) = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{Long_{cauce}} * 100$$

Donde,
$H_{máx}$: Cota máxima o de nacimiento.
$H_{mín}$: Cota mínima o desembocadura.
$Long_{cauce}$: Longitud del cauce.

1.3.2.2.1.10 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura.

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación, se referencian algunas de las ecuaciones tomadas de diferentes fuentes, no obstante, la magnitud final suministrada corresponderá al resultado del promedio de los diferentes métodos aplicados sin tener en cuenta aquellos datos que sean inconsistentes determinables mediante el método del rango intercuartílico (Aristizábal, 2012). La idea de estimar el tiempo de concentración por varios métodos se sustenta en la alta variabilidad de este parámetro, de tal forma que el hidrólogo entienda el rango de variación y por consiguiente la confiabilidad que suministra esta estimación.

Para el caso de estudio se realizó un análisis de los diferentes tiempos de concentración obtenidos de las expresiones empíricas mencionadas a continuación.

1.3.2.2.1.10.1 KIRPICH:

$$t_c = 0.0078{L_p}^{0.77}S^{-0.385}$$

1.3.2.2.1.10.2 CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:

$$t_c = 60\left[\frac{0.87075L^3}{H}\right]^{0.385}$$

1.3.2.2.1.10.3 GIANDOTTI:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{S.L}}$$

1.3.2.2.1.10.4 TÉMEZ:

$$T_c = 0.3\left[\frac{L}{S^{0.25}}\right]^{0.76}$$

1.3.2.2.1.10.5 BRANSBY-WILLIAMS

$$T_c = 0.683 * \left[\frac{L}{1.5 * \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}}\right] * \left[\frac{A^2}{S}\right]^{0.2}$$

1.3.2.2.1.10.6 WILLIAMS

$$T_c = 0.683 * \left[\frac{L * A^{0.4}}{\sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} * S^{0.25}}\right]$$

1.3.2.2.1.10.7 JOHNSTONE CROSS:

$$T_c = 5\left(\frac{L_m}{\sqrt{S}}\right)^{0.5}$$

1.3.2.2.1.10.8 VENTURA HERAS:

$$T_c = \alpha \frac{A^{0.5}}{S} \quad 0.04 \leq \alpha \leq 0.13$$

1.3.2.2.1.10.9 V.T. CHOW.

$$T_c = 0.273 * \left[\frac{L}{S^{0.5}}\right]^{0.64}$$

1.3.2.2.1.10.10 US ARMY CORPS OF ENGINEERS.

$$T_c = 0.28 * \left[\frac{L}{S^{0.25}}\right]^{0.76}$$

En donde, T_c es el tiempo de concentración (horas), L es la longitud del cauce principal (km), L_m es la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (millas), s es la pendiente promedio de la cuenca (pies/mi), t_c es el tiempo de concentración (min), L_p es la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (pies), S es la pendiente promedio de la cuenca (m/m), H la diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m), A es el área de la cuenca (km2), n es el coeficiente de rugosidad del cauce, i es la intensidad de lluvia (mm/hr), CN es el número de curva, p es la relación entre el área cubierta y α es un parámetro que depende de la pendiente.

1.3.2.2.1.11 DENSIDAD DEL DRENAJE

Se determina como la relación entre la longitud total de los drenajes y el área de la cuenca hidrográfica. Sus rangos de clasificación se determinan de acuerdo a la siguiente tabla

$$Densidad_{drenaje} = \frac{\sum Long.\,de\ drenajes}{Área\ de\ drenaje}$$

Donde,
$\sum Long.\,de\ drenajes$: Longitud total de los drenajes aferentes (km).
$Área\ de\ drenaje$: Área de drenaje de la unidad hidrográfica (km^2).

Tabla 101 Rangos de clasificación de la densidad de drenaje

RANGOS DE DENSIDAD	CLASES
0.1 - 1.8	Baja
1.8 - 3.6	Moderada
3.7 - 5.6	Alta

Fuente: (Maidment, 1993)

1.3.2.2.1.12 DENSIDAD DE CORRIENTES

Corresponde a la relación entre el número de corrientes y el área asociada a la cuenca hidrográfica. En compañía de la densidad de drenaje, representan el grado de bifurcación o la eficiencia de la cuenca, donde un alto valor del presente indicador, refleja tendencia de erosión de suelos, altas pendientes y cobertura vegetal escasa.

$$Densidad_{corrientes} = \frac{\sum drenajes}{Área\ de\ drenaje}$$

1.3.2.2.1.13 ÍNDICE DE SINUOSIDAD

El índice en mención, se materializa como la relación entre la longitud real de un tramo o la totalidad de la corriente, y la longitud de una recta que une los dos extremos de la longitud de referencia.

$$Indice_{sinuosidad} = \frac{L}{l}$$

Donde,
L: longitud real de un tramo de la corriente.
l: longitud de una recta que une los dos extremos.

Tabla 102 Rangos de clasificación del índice de sinuosidad

TIPO DE CANAL	SINUOSIDAD	CARACTERIZACIÓN
Drenaje rectilíneo	1.0 - 1.2	Muy baja sinuosidad
Drenaje transicional	1.2 - 1.5	Baja sinuosidad
Drenaje regular	1.5 - 1.7	Sinuosidad media
Drenaje irregular	1.7 - 2.1	Cambios direccionales importantes con bahías
Drenaje tortuoso	>2.1	Ramificación del canal

1.3.2.2.1.14 CURVA HIPSOMÉTRICA.

La curva hipsométrica es la representación gráfica del relieve de la cuenca hidrográfica, donde se define la variación del terreno de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Dicho gráfico, referencia el porcentaje de áreas de drenaje que existen en un nivel específico, donde las ordenadas corresponden a la elevación y las abscisas al porcentaje de área acumulada del área hidrográfica. Se calcula la relación hipsométrica (R_h) que determina la edad de la cuenca en consideración a la siguiente tabla.

Tabla 103 Clasificación de las UHN1 de acuerdo al valor de la relación hipsométrica.

RELACIÓN HIPSOMÉTRICA	EDAD	TIPO DE CUENCA
R_h > 1.0	Viejo	Se considera como una cuenca de valle que deposita sedimentos de forma progresiva. Las unidades con R_h de mayor valor, determinan significancia a la susceptibilidad a inundaciones.
R_h = 1.0	Maduro	Se considera como una cuenca hidrográfica en equilibrio morfológico y con función principal asociada al transporte de sedimentos.
R_h < 1.0	Joven	Este tipo de unidades, se consideran como cuencas de montaña altamente erosivas, donde valores con menor R_h representan áreas de mayor susceptibles a deslizamientos.

Fuente: (Ibáñez Ascensio, 2004)

1.3.2.2.2 RESULTADOS

Se han caracterizado las 3 unidades hidrográficas objeto de ordenación, correspondientes a las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, así como sus unidades subsiguientes, las cuales 20 se distribuyen en la cuenca Guaquimay, 22 y en Río Negro y 27 Río Palenque, sumando un total de 69 extensiones superficiales, categorizando la siguiente denominación y codificación.

Tabla 104 Unidades subsiguientes a las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

NOMBRE	CÓDIGO
Dir. Río Palenque entre Qda Pupar y Río Carare (mi)	2312-01-01
Dir. Río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	2312-01-02
Dir. Río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	2312-01-03
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-04
Dir Río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	2312-01-05
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndo	2312-01-06
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-07
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-08
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-09
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-10
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-11
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-12
Dir. Río Palenque entre Qda Pupar y Río Carare (md)	2312-01-13
Dir. Río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	2312-01-14
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	2312-01-15
Dir. Río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	2312-01-16
Dir. Río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	2312-01-17
Dir Río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	2312-01-18
Dir. Río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	2312-01-19
Dir. Río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	2312-01-20
Dir. Río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	2312-01-21
Dir. Río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	2312-01-22
Dir. Río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	2312-01-23
Dir. Río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	2312-01-24
Dir. Río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	2312-01-25
Dir. Río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	2312-01-26
Dir. Río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	2312-01-27
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Río Guaquimay (md)	2312-03-01
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	2312-03-02
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-03
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-04
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	2312-03-05
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-06
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-07

NOMBRE	CÓDIGO
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	2312-03-08
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	2312-03-09
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-10
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-11
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-12
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Río Guaquimay (mi)	2312-03-13
Dir Río Negro entre Río Blanco y Río Mencipa (mi)	2312-0314
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	2312-03-15
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	2312-03-16
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	2312-03-17
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	2312-03-18
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	2312-03-19
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	2312-03-20
Dir Río Negro entre Río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	2312-03-21
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	2312-03-22
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (mi)	2312-04-01
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-02
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-03
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	2312-04-04
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	2312-04-05
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	2312-04-06
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-07
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	2312-04-08
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-09
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	2312-04-10
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (md)	2312-04-11
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	2312-04-12
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-13
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	2312-04-14
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	2312-04-15
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	2312-04-16
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	2312-04-17
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	2312-04-18
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	2312-04-19
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	2312-04-20

Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 193 Distribución espacial de las unidades subsiguientes a las cuencas objeto de ordenación.

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.1 ÁREA Y PERÍMETRO

Las cuencas hidrográficas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, relacionan las siguientes longitudes perimetrales y áreas superficiales.

Tabla 105 Área y perímetro Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	PERÍMETRO (KM)	ÁREA (KM2)
Rio Guaquimay	73.66	227.5543
Rio Negro	115.22	439.6257
Rio Palenque	124.60	576.3504

Fuente: Elaboración propia, 2022

En relación a las unidades hidrográficas de nivel UHN2, se configuran los parámetros de extensión y perímetro en cuestión. Para las 20 UHN2 asociadas a la cuenca del río Guaquimay, se estima un valor promedio de área de 11.377 km2, con rangos comprendidos entre los 0.0275 km2 a 39.3070 km2; respecto al perímetro, se calcula un promedio de 15.1539 km fluctuando entre los 0.9903 km hasta los 30.3707 km.

En referencia a las 22 UHN2 de cuenca del río Negro, se estima un valor promedio de área de 19.9830 km2, con rangos comprendidos entre los 0.3660 km2 a 104.903 km2; respecto al perímetro, se calcula un promedio de 21.4023 km fluctuando entre los 3.0844 km hasta los 68.5875 km. Para el caso de las 27 UHN2 de cuenca del río Palenque, se estima un valor promedio de área de 21.3463 km2, con rangos comprendidos entre los 0.7177 km2 a 118.2171 km2; respecto al perímetro, se calcula un promedio de 20.5517 km fluctuando entre los 5.1414 km hasta los 61.0521 km.

Tabla 106 Área y perímetro por unidad hidrográfica de nivel UHN2.

NOMBRE UHN2	CÓDIGO UHN2	ÁREA (km2)	PERÍMETRO (km)
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	2312-01-01	3.9855	9.8982
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	2312-01-02	13.0815	20.0145
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	2312-01-03	5.9645	17.1554
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-04	106.7105	61.0521
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	2312-01-05	20.2285	26.8895
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyendo	2312-01-06	42.6185	30.6483
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-07	16.3389	21.0600
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-08	21.6942	20.1599
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-09	33.3743	30.6654
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-10	118.2171	50.9193
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-11	54.2950	38.2486
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-12	14.6782	17.3940
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	2312-01-13	1.5919	6.4955
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	2312-01-14	9.0831	19.3412
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	2312-01-15	29.2502	28.5059
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	2312-01-16	14.4963	24.0631
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	2312-01-17	1.6350	5.7368
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	2312-01-18	11.7362	18.0981
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	2312-01-19	3.9638	10.0039
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	2312-01-20	12.0789	20.2522
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	2312-01-21	4.5828	11.8216
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	2312-01-22	0.7177	5.1414
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	2312-01-23	19.9542	22.9188
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	2312-01-24	7.4507	13.1519
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	2312-01-25	5.9349	12.8500
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	2312-01-26	0.8572	5.3971
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	2312-01-27	1.8307	7.0140
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	2312-03-01	0.8741	5.4759
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	2312-03-02	7.8546	16.7049
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-03	104.9037	68.5875

NOMBRE UHN2	CÓDIGO UHN2	ÁREA (km2)	PERÍMETRO (km)
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-04	72.9906	46.4033
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	2312-03-05	21.1324	35.2935
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-06	29.5488	26.6879
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-07	18.5684	24.0213
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	2312-03-08	21.7806	20.8070
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	2312-03-09	25.8551	29.3728
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-10	37.5394	33.1112
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-11	13.0877	16.3452
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-12	17.1525	18.2298
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	2312-03-13	3.1176	8.1003
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	2312-03-14	1.2185	6.2949
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	2312-03-15	3.3869	12.9475
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	2312-03-16	0.3660	3.0844
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	2312-03-17	11.0742	21.4616
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	2312-03-18	3.0661	8.8270
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	2312-03-19	22.9995	25.8186
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	2312-03-20	9.7197	17.3758
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	2312-03-21	2.4777	8.1800
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	2312-03-22	10.9117	17.7208
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	2312-04-01	0.0275	0.9903
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-02	22.9211	22.4731
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-03	14.7324	21.4669
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	2312-04-04	7.0047	12.1778
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	2312-04-05	5.2002	9.6148
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	2312-04-06	18.2927	19.6187
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-07	12.6133	17.7162
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	2312-04-08	39.3070	30.3707
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-09	21.1281	19.4164
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	2312-04-10	22.5618	30.2983
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	2312-04-11	0.1484	2.0836
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	2312-04-12	19.4137	29.3574
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-13	19.9748	19.3740
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	2312-04-14	3.0159	11.5203
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	2312-04-15	1.7831	8.1480
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	2312-04-16	6.4030	13.7621

NOMBRE UHN2	CÓDIGO UHN2	ÁREA (km2)	PERÍMETRO (km)
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	2312-04-17	0.1860	2.3406
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	2312-04-18	4.2696	11.7376
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	2312-04-19	8.4130	18.6322
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	2312-04-20	0.1580	1.9780

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.2 COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)

El coeficiente de compacidad estimado para las cuencas, se encuentra entre clasificación Oval-redonda a oval oblonga para las unidades de los Ríos Guaquimay (1.37)y Río Palenque (1.45), y Oval-oblonga a rectangular-oblonga para Río Negro.

Tabla 107 Coeficiente de compacidad del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	COMPACIDAD	FORMA	CÓDIGO FORMA
Rio Guaquimay	1.37	Oval-redonda a oval oblonga	1002
Rio Negro	1.54	Oval-oblonga a rectangular-oblonga	1003
Rio Palenque	1.45	Oval-redonda a oval oblonga	1002

Fuente: Elaboración propia, 2022

Adicionalmente, se presentan los resultados del coeficiente de compacidad en relación a las unidades hidrográficas de nivel UHN2. Para las 20 UHN2 asociadas a la cuenca del río Guaquimay, se estima un valor promedio del coeficiente de compacidad de 1.5005, categorizando una compacidad de Oval oblonga a Rectangular, con rangos comprendidos entre los 1.18 (Redonda a Oval redonda) a 1.87 (Rectangular-muy lobuladas).

En referencia a las 22 UHN2 de cuenca del río Negro, se estima un valor promedio del coeficiente de compacidad de 1.5545, categorizando una compacidad de Oval oblonga a Rectangular, con rangos comprendidos entre los 1.23 (Redonda a Oval redonda) a 2.15 (Rectangular-muy lobuladas). Para el caso de las 27 UHN2 de cuenca del río Palenque, se estima un valor promedio del coeficiente de compacidad de 1.5037, categorizando una compacidad de Oval oblonga a Rectangular, con rangos comprendidos entre los 1.21 (Redonda a Oval redonda) a 1.97 (Rectangular-muy lobuladas).

Tabla 108 Coeficiente de compacidad a nivel UHN2

NOMBRE	COMPACIDAD
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	1.39
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	1.55
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	1.97
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	1.65
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	1.67
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyendo	1.31
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	1.46
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	1.21

NOMBRE	COMPACIDAD
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	1.49
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	1.31
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	1.45
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	1.27
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	1.44
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	1.80
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	1.48
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	1.77
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	1.26
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	1.48
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	1.41
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	1.63
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	1.55
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	1.70
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	1.44
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	1.35
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	1.48
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	1.63
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	1.45
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	1.64
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	1.67
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.88
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.52
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	2.15
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.37
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.56
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	1.25
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	1.62
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.51
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.27
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.23
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	1.28
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	1.60
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	1.97
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	1.43
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	1.81
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	1.41
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	1.51
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	1.56
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	1.46
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	1.50
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (mi)	1.67

NOMBRE	COMPACIDAD
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	1.31
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	1.57
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	1.29
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	1.18
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	1.28
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	1.40
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	1.36
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	1.18
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	1.79
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (md)	1.51
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	1.87
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	1.21
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	1.86
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	1.71
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	1.52
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	1.52
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	1.59
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	1.80
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	1.39

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.3 ALTURA Y ELEVACIÓN

Las elevaciones máximas de las cuencas hidrográficas de Río Negro y Río Palenque coinciden de forma cercana a su cota de nacimiento, correspondiente a los 3654.5 m.s.n.m. y 3700 m.s.n.m. respectivamente; por otra parte, las cotas menores de las 3 cuencas hidrográficas, convergen entre los 450 y 617.8 m.s.n.m.

Tabla 109 Cota máxima y mínima compacidad del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	COTA MAYOR (m.s.n.m.)	COTA MENOR (m.s.n.m.)
Rio Guaquimay	1680.8	617.8
Rio Negro	3654.5	617.8
Rio Palenque	3700.0	450.0

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.4 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (L_c)

Se presenta en la siguiente tabla, la longitud del cauce principal de las cuencas hidrográficas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, donde se identifica que el río Palenque tiene la mayor longitud dentro del contexto comparativo en mención.

Tabla 110 Longitud del cauce principal del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (M)
Rio Guaquimay	37793.0
Rio Negro	48272.3
Rio Palenque	56630.5

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.5 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S_o)

La pendiente del cauce principal se asocia entre la diferencia de nivel y la longitud del cauce caracterizada con anterioridad, se encuentra entre los 2.81% a 6.29% para las cuencas en mención.

Tabla 111 Pendiente del cauce del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (%)
Rio Guaquimay	2.81%
Rio Negro	6.29%
Rio Palenque	5.74%

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.6 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

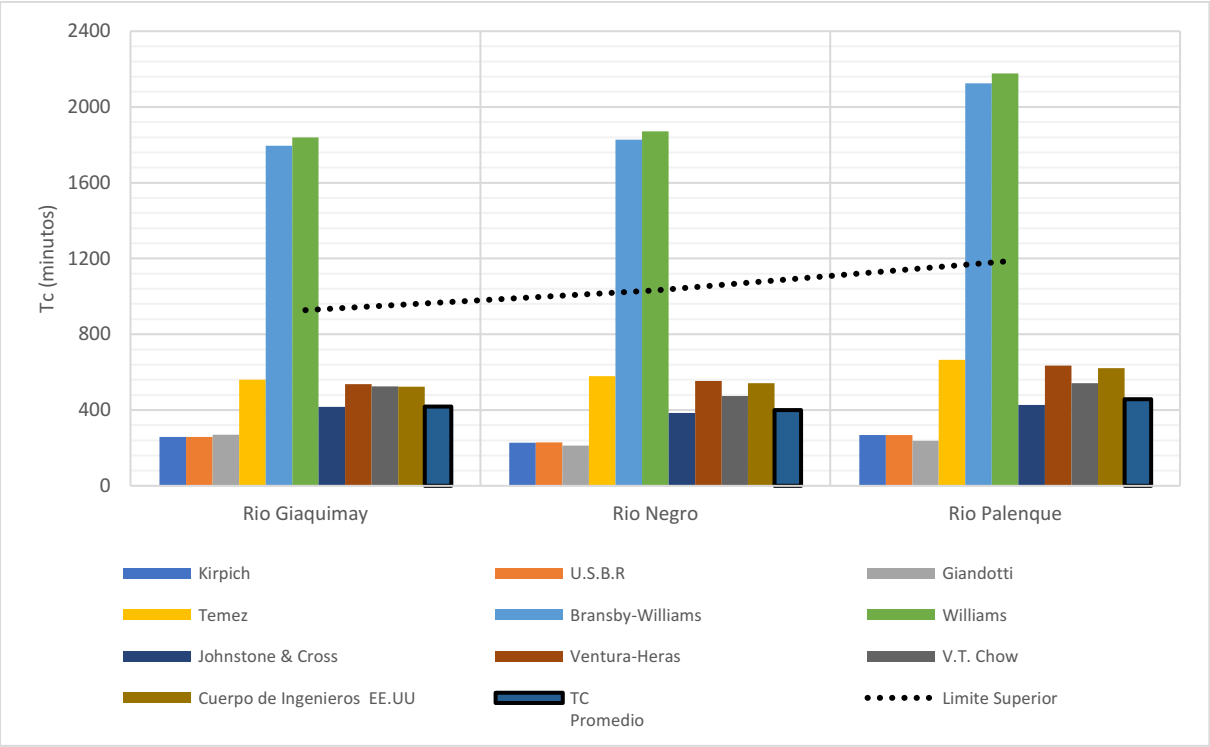
Los tiempos de concentración han sido estimados a partir de la utilización de 10 métodos empíricos relacionados en la metodología, donde se descartan aquellos que están por encima del límite superior, calculado como la sumatoria entre el tercer cuartil y 1.5 veces el rango intercuartílico. Es de anotar, que los métodos Bransby-Williams y Williams, han sido descartados dentro del cálculo del tiempo de concentración promedio.

Tabla 112 Tiempos de concentración del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN (MINUTOS)	RIO GUAQUIMAY	RIO NEGRO	RIO PALENQUE
Kirpich	257.76	228.29	267.44
U.S.B.R	257.98	228.48	267.67
Giandotti	269.18	212.68	238.07
Temez	560.75	579.60	665.91
Bransby-Williams	1794.47	1826.87	2124.59
Williams	1838.43	1871.63	2176.64
Johnstone & Cross	416.43	384.85	426.52
Ventura-Heras	535.94	553.72	635.01
V.T. Chow	524.97	474.56	541.30
Cuerpo de Ingenieros EE.UU	523.37	540.96	621.51
Tc Promedio	418.30	400.39	457.93

Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 194 Tiempos de concentración del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque



Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.7 DENSIDAD DEL DRENAJE

Las densidades de drenaje calculadas para las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, se encuentran dentro del rango de 1.99 a 2.25 km/km2, categorizándose como una clasificación Moderada.

Tabla 113 Densidad de drenaje del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	DENSIDAD DE DRENAJE	CLASIFICACIÓN
Rio Guaquimay	1.99	Moderada
Rio Negro	2.14	Moderada
Rio Palenque	2.25	Moderada

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.8 DENSIDAD DE CORRIENTES

Respecto a la densidad de corrientes, se observa un valor relativamente homogéneo entre las cuencas, fluctuando principalmente en la segunda cifra significativa de la estimación.

Tabla 114 Densidad de corrientes del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	DENSIDAD DE CORRIENTES
Rio Guaquimay	4.02
Rio Negro	4.01
Rio Palenque	4.11

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.9 ÍNDICE DE SINUOSIDAD

A continuación, se presenta la tabla que caracteriza el índice de sinuosidad de las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, donde se presentan clasificaciones entre Baja sinuosidad y Cambios direccionales importantes con bahías.

Tabla 115 Índice de sinuosidad del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

UNIDAD	ÍNDICE DE SINUOSIDAD	CARACTERIZACIÓN
Rio Guaquimay	1.87	Cambios direccionales importantes con bahías
Rio Negro	1.42	Baja sinuosidad
Rio Palenque	1.43	Baja sinuosidad

Fuente: Elaboración propia, 2022

Respecto a la densidad de corrientes, densidad de drenaje e índice de sinuosidad a nivel hidrográfico subsiguiente (UHN2), se presenta a su vez, el área hidrográfica y perímetro con el fin de facilitar la lectura de la codificación de las unidades en mención. Para el caso de las 20 UHN2 asociadas a la cuenca del río Guaquimay, se estima un valor promedio de densidad de corrientes de 4.9880 corrientes/km2, con rangos comprendidos entre los 0.00 a 36.32 corrientes/km2; respecto a la densidad de drenaje, se calcula un promedio de 1.4686 km/km2 fluctuando entre los 0.00 hasta los 2.40 km/km2; a su vez, se establece un índice de sinuosidad de 1.3276 (baja sinuosidad), acotada entre los 1.0357 (Muy baja sinuosidad) a 2.4718 (Ramificación del canal).

En referencia a las 22 UHN2 de cuenca del río Negro, se estima un valor promedio de densidad de corrientes de 3.4790 corrientes/km2, con rangos comprendidos entre los 1.14 a 5.55 corrientes por cada unidad de superficie en km2; respecto a la densidad de drenaje, se calcula un promedio de 1.8235 km/km2 fluctuando entre los 0.55 hasta los 2.69 km/km2; a su vez, se establece un índice de sinuosidad de 1.2503 (baja sinuosidad), acotado entre los 1.0275 (muy baja sinuosidad) a 1.7829 (cambios direccionales importantes con bahías). Para el caso de las 27 UHN2 de la cuenca del río Palenque, se estima un valor medio de densidad de corrientes de 3.2359 corrientes/km2, con rangos comprendidos entre los 1.17 a 4.79 corrientes por cada km2; respecto a la densidad de drenaje, se calcula un promedio de 1.8671 km/km2 fluctuando entre los 0.01 hasta los 2.75 km/km2; a su vez, se establece un índice de sinuosidad de 1.2215 (baja sinuosidad), acotado entre los 1.0235 (muy baja sinuosidad) a 1.6761 (Sinuosidad media).

Tabla 116 Densidad de corrientes, densidad de drenaje e índice de sinuosidad a nivel UHN2.

CÓDIGO	ÁREA (KM2)	PERÍMETRO (KM)	DENSIDAD CORRIENTES	DENSIDAD DRENAJE	ÍNDICE DE SINUOSIDAD
2312-01-01	3.9855	9.8982	1.2545	1.2601	1.1121
2312-01-02	13.0815	20.0145	3.0577	1.7883	1.1974
2312-01-03	5.9645	17.1554	2.1796	1.3241	1.1875
2312-01-04	106.7105	61.0521	3.9453	2.2830	1.6761
2312-01-05	20.2285	26.8895	3.9054	2.0470	1.3065
2312-01-06	42.6185	30.6483	3.7542	1.9981	1.2199
2312-01-07	16.3389	21.0600	3.9782	2.6447	1.3217
2312-01-08	21.6942	20.1599	3.9181	2.3254	1.3529
2312-01-09	33.3743	30.6654	4.0750	2.5877	1.3710
2312-01-10	118.2171	50.9193	4.3141	2.6245	1.3458
2312-01-11	54.2950	38.2486	4.1072	2.3671	1.5561

CÓDIGO	ÁREA (KM2)	PERÍMETRO (KM)	DENSIDAD CORRIENTES	DENSIDAD DRENAJE	ÍNDICE DE SINUOSIDAD
2312-01-12	14.6782	17.3940	2.9976	1.8209	1.1136
2312-01-13	1.5919	6.4955	1.8845	0.8045	1.0802
2312-01-14	9.0831	19.3412	2.8625	1.5958	1.1224
2312-01-15	29.2502	28.5059	3.4530	2.3913	1.2141
2312-01-16	14.4963	24.0631	3.9320	2.0947	1.2440
2312-01-17	1.6350	5.7368	2.4466	1.1967	1.0828
2312-01-18	11.7362	18.0981	3.0674	2.0430	1.1536
2312-01-19	3.9638	10.0039	4.7933	2.7507	1.1767
2312-01-20	12.0789	20.2522	3.3943	1.8479	1.3797
2312-01-21	4.5828	11.8216	3.9277	1.9333	1.1058
2312-01-22	0.7177	5.1414	1.3933	1.7900	1.0804
2312-01-23	19.9542	22.9188	3.5080	1.8926	1.2113
2312-01-24	7.4507	13.1519	2.8185	1.6986	1.1210
2312-01-25	5.9349	12.8500	2.8644	1.4376	1.1628
2312-01-26	0.8572	5.3971	1.1666	0.0120	1.0619
2312-01-27	1.8307	7.0140	4.3700	1.8508	1.0235
2312-03-01	0.8741	5.4759	1.1440	0.5924	1.2404
2312-03-02	7.8546	16.7049	2.6736	1.4938	1.3892
2312-03-03	104.9037	68.5875	4.4231	2.2477	1.7829
2312-03-04	72.9906	46.4033	4.5211	2.3248	1.4954
2312-03-05	21.1324	35.2935	3.5491	1.8930	1.2878
2312-03-06	29.5488	26.6879	4.0272	2.5483	1.3251
2312-03-07	18.5684	24.0213	3.5006	2.6900	1.1928
2312-03-08	21.7806	20.8070	3.9026	2.1479	1.2334
2312-03-09	25.8551	29.3728	3.1715	2.2380	1.1693
2312-03-10	37.5394	33.1112	4.3954	2.3922	1.2751
2312-03-11	13.0877	16.3452	4.3552	2.4069	1.4079
2312-03-12	17.1525	18.2298	3.6146	2.0466	1.2632
2312-03-13	3.1176	8.1003	1.9245	1.4014	1.2381
2312-03-14	1.2185	6.2949	2.4620	0.5457	1.0275
2312-03-15	3.3869	12.9475	2.9526	0.8821	1.1082
2312-03-16	0.3660	3.0844	5.4645	1.0893	1.1274
2312-03-17	11.0742	21.4616	2.5284	1.8548	1.3024
2312-03-18	3.0661	8.8270	2.9353	2.1542	1.0878
2312-03-19	22.9995	25.8186	4.1740	1.9304	1.1949
2312-03-20	9.7197	17.3758	5.5557	2.1258	1.0792
2312-03-21	2.4777	8.1800	2.4216	1.4818	1.0779
2312-03-22	10.9117	17.7208	2.8410	1.6291	1.2017
2312-04-01	0.0275	0.9903	36.3192	0.1285	N/A
2312-04-02	22.9211	22.4731	4.3628	2.3217	1.3747
2312-04-03	14.7324	21.4669	5.7017	2.2981	1.3322
2312-04-04	7.0047	12.1778	4.1400	1.6250	1.5560
2312-04-05	5.2002	9.6148	4.6152	1.7178	1.5285
2312-04-06	18.2927	19.6187	4.7013	2.0457	1.2890
2312-04-07	12.6133	17.7162	4.3605	1.8138	1.1578
2312-04-08	39.3070	30.3707	4.3758	2.0529	2.4718
2312-04-09	21.1281	19.4164	4.5437	2.2245	1.4481
2312-04-10	22.5618	30.2983	2.5707	1.8893	1.2645
2312-04-11	0.1484	2.0836	0.0000	0.0000	N/A
2312-04-12	19.4137	29.3574	3.2451	1.8609	1.1991
2312-04-13	19.9748	19.3740	4.4556	2.4007	1.3987
2312-04-14	3.0159	11.5203	3.6474	1.3497	1.0357
2312-04-15	1.7831	8.1480	2.2433	0.6334	1.1051
2312-04-16	6.4030	13.7621	4.2168	1.7083	1.0732
2312-04-17	0.1860	2.3406	0.0000	0.0000	1.0433

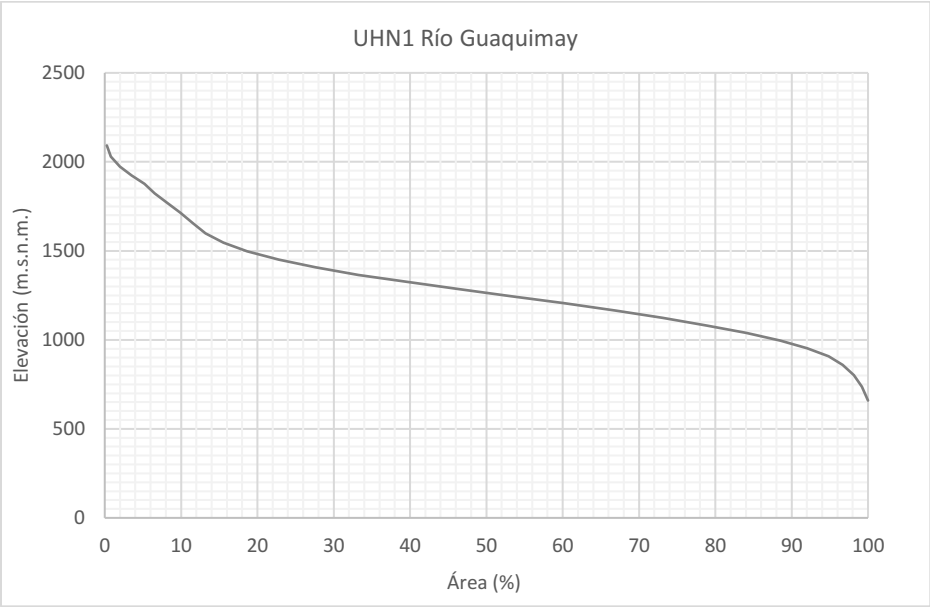
CÓDIGO	ÁREA (KM2)	PERÍMETRO (KM)	DENSIDAD CORRIENTES	DENSIDAD DRENAJE	ÍNDICE DE SINUOSIDAD
2312-04-18	4.2696	11.7376	2.5764	1.2851	1.1413
2312-04-19	8.4130	18.6322	3.6848	2.0165	1.1510
2312-04-20	0.1580	1.9780	0.0000	0.0000	N/A

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.2.2.10 CURVA HIPSOMÉTRICA.

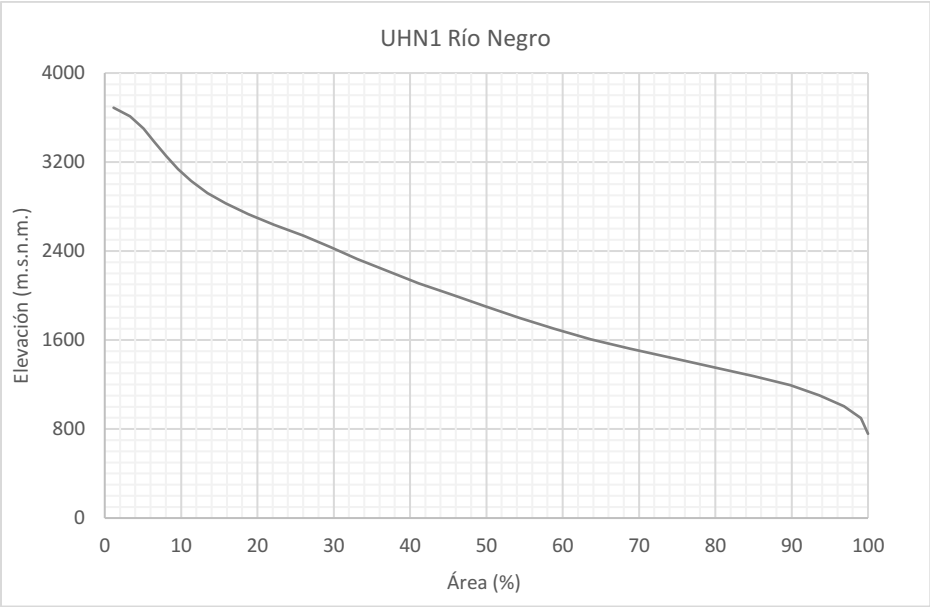
A continuación, se presentan las curvas hipsométricas calculadas para cada una de las UHN1 de los ríos Guaquimay, río Negro y río Palenque, donde se ha estimado una relación hipsométrica R_h de 1.25, 1.30 y 1.26 respectivamente, relacionando cuencas de valle, con disposición de sedimentos de forma progresiva, clasificadas geológicamente como unidades hidrográficas Viejas.

Figura 195 Curva hipsométrica de la UHN1 del Río Guaquimay.



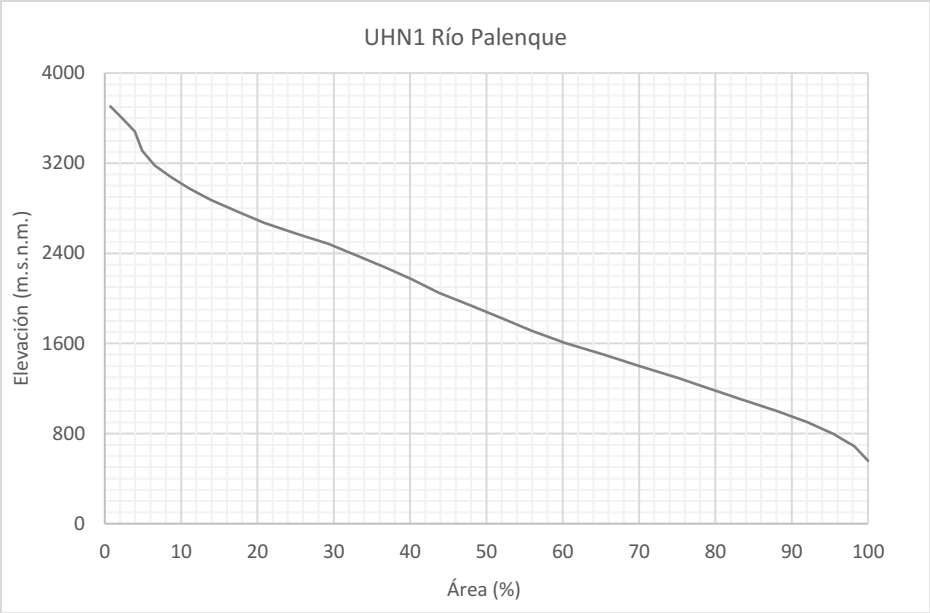
Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 196 Curva hipsométrica de la UHN1 del Río Negro.



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 197 Curva hipsométrica de la UHN1 del Río Palenque.



Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

La caracterización del estudio hidrológico objeto del alcance del presente estudio, es realizada teniendo en cuenta el enfoque metodológico propuesto a continuación.

El análisis de la oferta hídrica se realiza a partir de la aplicación de un modelo hidrológico lluvia-escorrentía de tipo agregado para aquellos puntos localizados sobre los cauce principal y tributarios importantes de las unidades hidrográficas objeto de ordenación, de acuerdo con la esquemática y selección de tramos definidos.

1.3.2.3.1 METODOLOGÍA

1.3.2.3.1.1 RED HIDROMÉTRICA AFERENTE

La caracterización de la red hidrométrica se encuentra comprendida por la descripción de la localización de las estaciones hidrológicas aferentes a la zona de estudio, el respectivo tratamiento estadístico, así como la presentación de los órdenes de magnitud y variación temporal de los caudales medios de las estaciones seleccionadas para la definición de la representatividad de la modelación hidrológica.

1.3.2.3.1.2 LOCALIZACIÓN DE LA RED HIDROMÉTRICA

Se presenta la descripción general y el contexto espacial de ubicación de la red hidrométrica en relación con la escala de la zona de estudio.

1.3.2.3.1.3 TRATAMIENTO HIDROMÉTRICO

El análisis de hidrométrico de la red de estaciones aferentes es realizado con el fin evaluar la calidad de los pivotes, materializándose a partir de los criterios de continuidad temporal donde se estiman los porcentajes de vacíos por año, análisis de homogeneidad por Mann Whitney, así como la caracterización de la prueba de aleatoriedad para el test de Rachas. Descritos en la sección de tratamientos de datos meteorológicos

1.3.2.3.1.4 BALANCE HÍDRICO DE LARGO PLAZO

El Balance Hídrico de largo plazo permite una aproximación general de la respuesta hidrológica (déficit o exceso de agua) de la cuenca en ordenación, como un instrumento para evaluar, identificar y priorizar estrategias para el manejo del recurso hídrico, esto con el fin de preservarlo y fomentar la conservación de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico, que dependen de la disponibilidad de agua. Se calcula a partir de los parámetros climatológicos y de estado del tiempo, de una forma simplificada, realizando una a escala anual a largo plazo, considerando que por tratarse de un tiempo amplio la variación en el almacenamiento es prácticamente nula, por lo que no se considera el almacenamiento ni la infiltración, y de esta manera estimar el escurrimiento superficial teniendo en cuenta únicamente la entrada por precipitación y la evapotranspiración real como salida, como el modelo conceptual que se representa y se calcula con la expresión mostrada, donde todas las variables son promedios de largo plazo.

La siguiente expresión hace referencia a un único punto en el cual se presentan estos procesos que hacen parte del balance (Precipitación, Evapotranspiración Real, y Escorrentía Superficial), motivo por el cual es necesario realizar un escalamiento a las unidades de la cuenca y subcuenca; para efectos prácticos Poveda et al. afirman que la anterior ecuación puede convertirse a caudal si es multiplicada por el área, teniendo en cuenta las unidades de las variables involucradas mm/año que corresponde a la precipitación y evapotranspiración, así como el área en km^2 usando herramientas SIG y partiendo de la información en formato Raster, que posee datos de las variables en forma

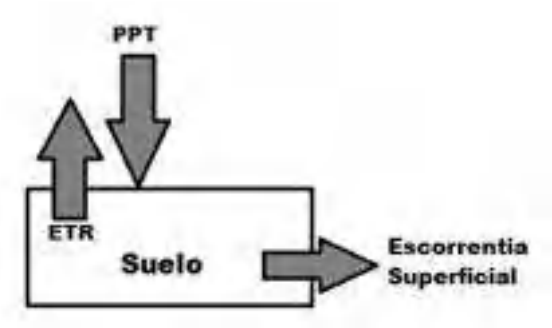
discreta, para cada pixel en el cual se realiza el balance calculando la escorrentía en cada punto (x, y) y finalmente obtener el caudal medio en las unidades hidrológicas agregando los valores, lo que se caracteriza en la siguiente expresión:

$$Q, m = \int [P(x, y) - ETR(x, y)] * dA$$

Donde,

Q, m: Caudal medio de la unidad hidrográfica.
$P(x, y)$: Precipitación en cada punto.
$ETR(x, y)$: Evapotranspiración real en cada punto.
dA: Diferencial de área asociada a cada pixel.

Figura 198 Balance hídrico de largo plazo



$$Qs = P - ETR$$

Donde,

Qs: Escorrentía superficial (mm/año)
P: Precipitación prom. anual en (mm/año)
ETR: Evapotranspiración real en (mm/año)

1.3.2.3.1.5 CARACTERIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MEDIANTE MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE SIMULACIÓN CONTINUA

"Un modelo es una abstracción de la realidad, en la que se establecen relaciones para tratar de entender el comportamiento de un fenómeno. La representación de un sistema real a través de un modelo parte de ciertas inferencias y emplea información a diferentes escalas para entender el comportamiento del fenómeno de interés". (IDEAM, 2018)

Los modelos son herramientas fundamentadas con las cuales se puede realizar la estimación y caracterización de la respuesta del sistema hidrológico de una cuenca hidrográfica o de una zona determinada. Existente numerables modelos descritos en la literatura con múltiples configuraciones, la escogencia de uno en particular esta acotado en relación a las necesidades del estudio y de la información de entrada disponible para su construcción. Las etapas a seguir sugeridas por el protocolo de modelación de la dinámica del agua se presentan seguidamente y se tomaran como la estructura general para la construcción e implementación del modelo.

Figura 199 Etapas de la modelación de la dinámica del agua

Fuente: (IDEAM, 2018)

1.3.2.3.1.5.1 OBJETIVOS DE LA MODELACIÓN

La planificación de los recursos hídricos tiene el objetivo de caracterizar y analizar las dinámicas existentes entre el agua y el territorio desde la perspectiva del desarrollo de las actividades socio económicas, mediante dicho análisis se erigen las políticas necesarias para realizar un adecuado aprovechamiento del recurso teniendo en cuenta su protección y conservación, logrando así la sostenibilidad para las generaciones futuras y la supervivencia de los ecosistemas y sus elementos transversales.

1.3.2.3.1.5.2 DATOS E INFORMACIÓN DISPONIBLE

Aquí se parte de la identificación del tipo y cantidad de datos e información disponibles de la zona de estudio y de conocer el nivel de representatividad de los datos y la información (escalas y resoluciones); frecuentemente, de debe recurrir a estimaciones (el caso más frecuente es el de los parámetros), interpolaciones y/o regionalizaciones, cuando no se dispone de la información necesaria para llevar a cabo la modelación.

Para el caso de los modelos estadísticos se requieren series de tiempo largas para poder inferir el comportamiento de la variable de interés, por ejemplo, precipitación o caudal. En el caso de los modelos que involucran la física del fenómeno (desde los más complejos hasta aquellos que hacen grandes simplificaciones) se requiere de dos tipos de información, espacial y temporal, y las especificidades de cada una de éstas depende del modelo a emplear.

1.3.2.3.1.5.3 DEFINICIÓN DE ESCALAS CARACTERÍSTICAS

Hace referencia a la longitud o tiempo característico de un proceso, observación o modelo (Bloschl 1995). Así, la dimensión escalar hace referencia al rango de longitudes o tiempos característicos del proceso o medio analizado (Puricelli 2003).

1.3.2.3.1.5.4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LOS DATOS

Una vez recopilados los datos y la información, se hace un análisis de calidad; en esta etapa, se busca reducir en la medida de lo posible el error y la incertidumbre asociada a los datos y la información del modelo, lo cual contribuye al proceso de calibración y a la obtención de resultados con una mayor certidumbre. Los datos e información disponibles (es decir, aquellos que superan la etapa de análisis de cantidad y calidad) constituyen uno de los mayores condicionantes en la selección del modelo a emplear.

1.3.2.3.1.5.5 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Por otra parte, se encuentra la incertidumbre en el proceso de calibración y validación del modelo hidrológico formulado, donde se resalta que la incertidumbre asociada a los datos de entrada y al modelo hidrológico seleccionado que no hayan podido ser eliminada es cargada al set de parámetros de calibración. La complejidad de la calibración y validación del modelo es directamente proporcional a la complejidad del modelo seleccionado, entendiéndose como las múltiples configuraciones de los parámetros de calibración que otorguen una respuesta hidrológica simulada similar a la respuesta hidrológica proporcionada por el registro hidrométrico. Para la valoración de dicha incertidumbre existen numerables métodos sin embargo seguidamente se enuncia una de ellas que particularmente otorga excelentes resultados.

La metodología objetiva de calibración y cuantificación de la incertidumbre paramétrica GLUE propuesta por (Beven y Binley 1992) la cual es una extensión del método de análisis de sensibilidad generalizados, funciona generando un gran número de simulaciones del modelo con múltiples conjuntos de parámetros escogidos aleatoriamente. Luego de obtener el resultado de las simulaciones se comparan estos con los datos reales y a cada parámetro se le asigna un valor de probabilidad que indica el nivel de ajuste que este le da a los datos modelados respecto a los reales.

La metodología GLUE presenta las siguientes ventajas sobre métodos tradicionales de estimación paramétricas tales como.

- No es necesario hacer suposiciones de distribución al determinar límites de confianza o de predicción
- La no linealidad y las interacciones entre parámetros en la respuesta del modelo se manejan implícitamente, el cual se centra en grupos de parámetros y no en parámetros individuales
- Los errores en datos de entrada observados se manejan también en forma implícita

La generación de múltiples corridas del modelo con diferentes parámetros permite un análisis mediante los diagramas scatter o dotty plots donde se puede comparar los parámetros de cada una de las simulaciones generadas respecto a la medida de bondad de ajuste. Adicionalmente la sensibilidad de cada parámetro puede analizarse parcialmente usando los conceptos del análisis generalizado de sensibilidad.

1.3.2.3.1.5.6 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

En esta etapa se define cuál es el área de estudio, las condiciones límite, las condiciones iniciales, los procesos sobre los cuales se debe hacer énfasis, los flujos de información, los datos e información requerida, cómo resolver el problema de la falta de datos e información, si es pertinente recurrir a estimaciones, entre otros aspectos. El modelo conceptual se define en base a los objetivos del modelo, el detalle de lo que se desea representar y las simplificaciones que deban ser llevadas a cabo.

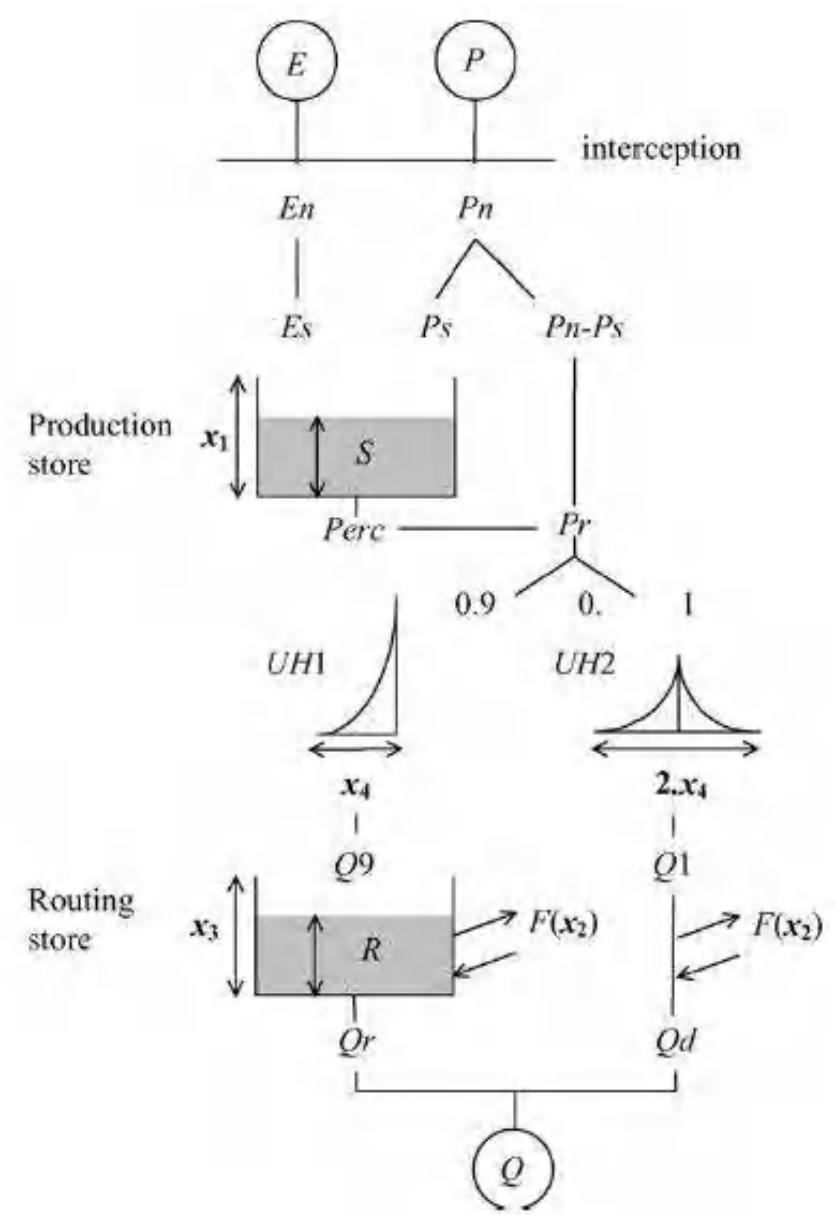
La construcción topológica del modelo es parte de esta etapa, en la cual se hace una representación esquemática de los componentes del sistema estudiado que incluye, entre otros, las entradas, las salidas y las condiciones de frontera.

1.3.2.3.1.5.7 SELECCIÓN DEL MODELO

La modelación hidrológica de simulación continua puede ser clasificada principalmente de acuerdo con su conceptualización, escala espacial, temporal, así como la consideración de la producción y transferencia de los parámetros del sistema. Su selección, se encuentra limitada principalmente por la disponibilidad y calidad de la información, así como la densidad de instrumentación hidrográfica e información secundaria de carácter físico como insumos de gran utilidad para la sólida implementación. Por lo tanto, la robustez y cantidad de elementos simulados pierden contexto y multiplican la incertidumbre cuando la información es escasa; es necesario evaluar la sensibilidad de modelos hidrológicos conceptuales agregados que después de ser calibrados y validados, determinan gran representatividad en la cuenca objeto de modelación.

Para el presente estudio, se propone el uso modelo hidrológico *GR4J* desarrollado por (Perrin, Miche, & Andre´assian, 2003), el cual se caracteriza por representar un modelo lluvia-escorrentía de simulación continua y representación espacial agregada hasta el nivel de detalle de interés. Se caracteriza por determinar escala temporal diaria como es requerido para la determinación adecuada de los diferentes insumos. Su distribución temporal se configura a partir de dos (2) variables P y ETP también de carácter diario y cuatro (4) parámetros.

Figura 200 Descripción del modelo lluvia-escorrentía GR4J



Fuente: (Perrin, Miche, & Andre´assian, 2003).

1.3.2.3.1.5.7.1 CONFIGURACIÓN DEL MODELO

El enfoque conceptual del modelo hidrológico es propuesto en el Journal of Hydrology, artículo Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation (Perrin, Miche, & Andre´assian,

2003). A continuación, se presentan la denominación de cada uno de los cuatros parámetros considerados por el modelo hidrológico, así como los respectivos procesos conceptuales que responden a la esquematización del modelo: X1 (capacidad máxima del tanque de producción, mm), X2 (coeficiente de intercambio de aguas subterráneas, mm), X3 (capacidad máxima para el tránsito en canales, mm) y X4 (tiempo base del hidrograma unitario UH1, días). En la siguiente tabla, se presenta el intervalo de variación de los parámetros de calibración del modelo GR4J.

Tabla 117 Intervalo de Confluencia de los parámetros del modelo GR4J

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR MEDIO	80% INTERVALO DE CONFIANZA
x1 mm	Capacidad máxima del tanque de producción	350	100-1200
x2 mm	Coeficiente de intercambio de aguas subterráneas	0	-5 a 3
x3 mm	Capacidad máxima para el tránsito en canales	90	20-300
x4 días	Tiempo base del hidrograma unitario UH1	1.7	1.1-2.9

Fuente: (Perrin, Miche, & Andre´assian, 2003)

1.3.2.3.1.5.7.1.1 DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN NETA (P_n) Y EVAPOTRANSPIRACIÓN NETA (E_n).

De acuerdo a la interacción inicial al realizar la diferencia entre la principal entrada y salida del sistema, se calculan los excesos netos dependiendo de la siguiendo condición.

$$Cuando\ P \geq E;\ P_n = P - E,\ \ E_n = 0$$

$$Si\ P < E;\ P_n = 0,\ \ E_n = E - P$$

1.3.2.3.1.5.7.1.2 ALMACENAMIENTO DE PRODUCCIÓN.

Después de actualizar la precipitación neta diferente de cero, una fracción de dicho aporte (P_S) se conecta al tanque de producción. El presente almacenamiento de producción (P_S), se incluye en función del nivel S en el tanque, donde x_1(mm), corresponde a la máxima de producción asociada al mismo.

$$P_S = \frac{x_1 * \left(1 - \left(\frac{S}{x_1}\right)^2\right) \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}{1 + \frac{S}{x_1} \tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}$$

En los casos en que E_n sea diferente de cero, una tasa real de evaporación se calcula siguiendo el almacenamiento de producción con el fin de determinar la cantidad E_s de agua que se evapora del tanque en mención.

$$x_1 \leq S$$

$$E_s = \frac{S\left(2 - \frac{S}{x_1}\right) \tanh\left(\frac{E_n}{x_1}\right)}{1 + \left(1 - \frac{S}{x_1}\right) \tanh\left(\frac{E_n}{x_1}\right)}$$

El contenido de agua en el tanque de producción se actualiza de acuerdo a la siguiente expresión.

$$S = S - E_s + P_S$$

Adicionalmente, una cantidad $Perc$, se distribuye como percolación del almacenamiento de producción, la cual realiza pequeñas contribuciones de caudal superficial correlacionándose principalmente con la simulación de eventos mínimos. El valor de $Perc$ es calculado a partir de la siguiente expresión matemática.

$$Perc = S\left\{1 - \left[1 + \left(\frac{4}{9}\frac{S}{x_1}\right)\right]^{-\frac{1}{4}}\right\}$$

Se actualiza el contenido de agua en el tanque de producción.

$$S = S - Perc$$

1.3.2.3.1.5.7.1.3 DISTRIBUCIÓN LINEAL CON HIDRÓGRAFAS UNITARIOS.

La cantidad total de agua P_r actualizada a partir de los aportes de percolación y la cantidad de agua de la precipitación neta que no participó como fracción al tanque de producción.

$$P_r = Perc + (P_n - P_s)$$

El valor obtenido de P_r es distribuido en dos componentes de flujo de agua, donde el 90% de P_r se divide por medio de una hidrógrafa unitaria $UH1$ con tanque de distribución no lineal; y el restante $(0.1 * Pr)$ se configura por medio de una hidrógrafa unitaria $UH2$. Dichos hidrogramas unitarios $(UH1\ y\ UH2)$ dependen directamente de x_4 (tiempo base), y simulan el tiempo de rezago entre el evento de lluvia y el caudal pico resultante. Es de anotar que $x4 > 0.5\ días$. A continuación, se presentan las expresiones que de forma simultánea interactúan en el sistema.

$$\text{Para } t \leq 0, \qquad SH1(t) = 0$$

$$\text{Para } 0 < t < x_4, \qquad SH1(t) = \left(\frac{t}{x_4}\right)^{\frac{5}{2}}$$

$$\text{Para } t \geq x_4, \qquad SH1(t) = 1$$

$$\text{Para } t \leq 0, \qquad SH2(t) = 0$$

$$\text{Para } 0 < t \leq x_4, \qquad SH2(t) = \frac{1}{2}\left(\frac{t}{x_4}\right)^{\frac{5}{2}}$$

$$\text{Para x4} < t < 2x_4, \qquad SH2(t) = 1 - \frac{1}{2}\left(2 - \frac{t}{x_4}\right)^{\frac{5}{2}}$$

$$\text{Para } t \geq 2x_4, \qquad SH2(t) = 1$$

Es de resaltar que las hidrógrafas tienen n y m ordenadas respectivamente, donde n y m son los enteros más pequeños que exceden x_4 y $2x_4$ respectivamente. Dichas ordenadas de los unitarios $UH1$ y $UH2$ son calculados de acuerdo a las siguientes diferencias.

$$UH1(j) = SH1(j) - SH1(j-1)$$

$$UH2(j) = SH2(j) - SH2(j-1)$$

1.3.2.3.1.5.7.1.4 INTERCAMBIO DE AGUA EN LA CUENCA.

Posteriormente, se calcula la parte de agua subterránea expresada con el término F que interactúa en ambas direcciones del flujo.

$$F = x2\left(\frac{R}{x_3}\right)^{\frac{7}{2}}$$

La variable R corresponde al nivel en el tanque de distribución, x_3 relaciona la capacidad de referencia y x_2 es el coeficiente de intercambio. El parámetro x_2 puede ser positivo para los casos donde se importa agua, negativo cuando existen pérdidas o cero en el caso específico de que hay ausencia de intercambio de agua. En valor absoluto, F no puede ser mayor que x_2, debido a que el coeficiente de intercambio representa la máxima cantidad de agua que interactúa en cada componente de flujo, cuando el nivel en el tanque de distribución es igual a x_3.

1.3.2.3.1.5.7.1.5 ALMACENAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN NO LINEAL.

El valor de R se actualiza agregando el término de F y la salida Q_9 proveniente de la hidrógrafa $UH1$.

$$R = máx(0; R + Q_9 + F)$$

El caudal de salida del tanque, Q_r se calcula a partir de la siguiente expresión.

$$Q_r = R\left\{1 - \left[1 + \left(\frac{R}{x_3}\right)^4\right]^{-\frac{1}{4}}\right\}$$

$$Q_r < R$$

El nivel en el almacenamiento es actualizado como:

$$R = R - Q_r$$

Aunque al comienzo de un intervalo de tiempo el tanque puede recibir una cantidad de agua mayor que el déficit de saturación $x_3 - R$, el nivel en el tanque nunca puede exceder la capacidad x_3 al final del intervalo de tiempo. Por esta razón, la capacidad x_3 es llamada la capacidad máxima diaria. Dicho tanque de distribución se encuentra en la capacidad de simular recesiones cuando sea necesario.

1.3.2.3.1.5.7.1.6 CAUDAL TOTAL.

La salida Q_1 que proviene de la hidrógrafa $UH2$, también se encuentra sujeta al intercambio de agua F, de esta forma la componente Q_d quede representada a partir de lo siguiente.

$$Q_d = máx(0; Q_1 + \mathrm{F})$$

El caudal total, es calculado a partir de la suma de los aportes de Q_r y Q_d obtenidos con anterioridad.

$$Q = Q_r + Q_d$$

1.3.2.3.1.5.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad consiste en observar si un cambio en el valor del parámetro afecta con gran importancia el resultado, es decir, si el valor del parámetro no afecta el resultado se dice que no existe sensibilidad. Para estos casos apoyados en los resultados generados en la aplicación de la metodología de calibración GLUE se realiza el el análisis de sensibilidad regional de Hoenberg, con el cuál se genera conjuntos desde las peores simulaciones hasta las mejores simulaciones, con cada uno de los parámetros de calibración y desde este punto se identifica que parámetros tiene mayoro o menor efecto sobre los resultados.

1.3.2.3.1.5.9 CRITERIOS DE DESEMPEÑO.

La calibración del modelo se evalúa utilizando las métricas estadísticas de Nash Sutcliffe (NSE), Percent BIAS (PBIAS), el coeficiente de Pearson (r), así como el índice RSR obtenido entre la relación de la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y la desviación estándar de las observaciones (STDEV). Adicionalmente, se determina el periodo de validación de la modelación hidrológica, donde se ratifica el set de parámetros de calibración propios de la conceptualización del modelo, los cuales deben de representar calificativos similares obtenidos en el proceso de calibración. A continuación, se describen los parámetros de bondad de ajuste seleccionados para evaluar la calibración y validación del modelo en referencia.

1.3.2.3.1.5.9.1 NASH SUTCLIFFE (NSE).

Determina la magnitud relativa de la varianza residual (ruido) en comparación con la varianza de los datos de información (Nash & Sufcliffe, 1970). Su rango de calificación fluctúa entre $-\infty$ y 1.0, siendo la unidad (1.0) la mejor evaluación.

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs - Yi, sim)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs - Y, mean)^2}\right]$$

1.3.2.3.1.5.9.2 PBIAS.

Evalúa el sesgo de la tendencia medía de los datos simulados respecto a los medidos. El calificador de mejor evaluación corresponde al valor de cero (0.0) y se dispersa hacia los valores negativos y positivos. Un calificador positivo indica subestimación del modelo, y en contraste, un calificador negativo, sobrestimación. La expresión se define:

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs - Yi, sim) * 100}{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs)}\right]$$

1.3.2.3.1.5.9.3 RMSE.

Evalúa el desempeño del sesgo entre lo observado y simulado en función de la raíz del promedio de los errores al cuadrado. Entre más cercano a cero sea dicho valor, se centralizará la óptima evaluación. Su rango de variación se encuentra en los números reales, siendo un calificador positivo una representación de subestimación del modelo.

$$RMSE = \left[\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs - Yi, sim)^2}}{n}\right]$$

1.3.2.3.1.5.9.4 RSR.

Índice estandarizado para medir las diferencias entre lo observado y modelado, relacionando el RMSE y la desviación estándar de las observaciones. Su expresión general se define como:

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{Obs}}$$

$$RSR = \left[\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs - Yi, sim)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Yi, obs - Y, mean)^2}}\right]$$

1.3.2.3.1.5.9.5 COEFICIENTE DE PEARSON (R).

El coeficiente de correlación lineal (r_{ij}) propuesto por (Pearson, 1895), determina el grado de asociación entre los datos observados y los simulados. El rango de variación se encuentra entre -1.0 a 1.0, siendo 1.0 el valor perfecto de asociación lineal con proporcionalidad directa; el valor de r_{ij} cercano a 0.0 representa ausencia de correlación entre las variables.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y_i})}{\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y_i})^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde,

r_{ij}: Coeficiente de correlación lineal de Pearson.
x_i: Valor mensual del caudal observado.
y_i: Valor mensual del caudal simulado.

1.3.2.3.1.5.9.6 CLASIFICACON DEL DESEMPEÑO

El grado de desempeño se obtiene a partir de la representación propuesta por (D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, T. L. Veith, 2007) donde se definen los criterios según la siguiente tabla.

Tabla 118 Medidas de bondad de ajuste.

PBIAS	NSE	RSR	Interpretación
PBIAS<±10	0.75<NSE≤1.0	0.00<RSR≤0.50	Muy Bueno
±10≤PBIAS<±15	0.65<NSE≤0.75	0.50<RSR≤0.60	Bueno
±15≤PBIAS<±25	0.50<NSE≤0.65	0.60<RSR≤0.70	Satisfactorio
PBIAS≥±25	NSE<0.50	RSR>0.70	No Satisfactorio

Fuente: (Moriasis, Arnold, Van Liew, Brigner, & Veith, 2007),

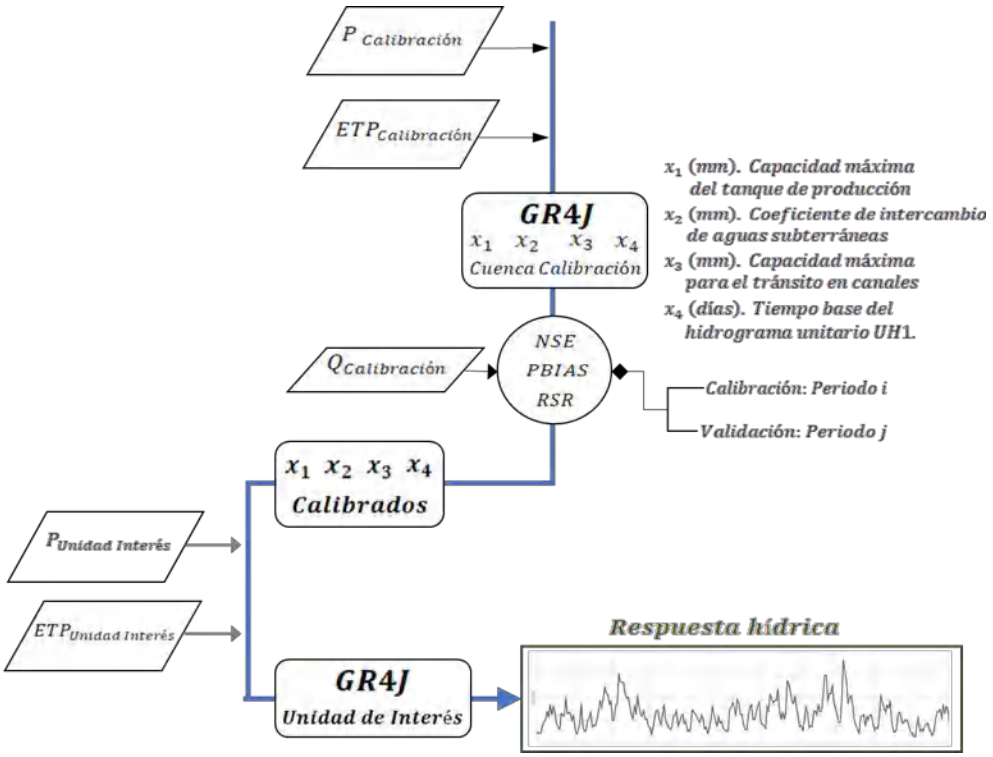
1.3.2.3.1.5.10 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

La calibración y validación de modelo hidrológico de las cuencas, se realiza a partir del ingreso de las series de clima de precipitación y evapotranspiración potencial distribuidos en la cuenca

hidrográfica objeto de caracterización, donde se configuran los procesos de transferencia los cuales son ajustados a partir de los parámetros del modelo. El proceso de parametrización define su propia respuesta hídrica, la cual es contrastada con los caudales registrados en la respectiva estación hidrométrica ($Q_{Calibración}$), y evaluada a partir de los estadísticos en la fase de calibración y validación en diferentes periodos.

Los parámetros que determinan la representatividad de la cuenca se definen de acuerdo a la metodología GLUE, estos son incluidos en las unidades hidrográficas, cuya serie distribuida responde a la modelación hidrológica ajustada a la región ($Unidad\ de\ Interés$).

Figura 201 Esquema del proceso de calibración y validación.



Entre las metodologías de calibración, una de las más utilizadas es la denominada GLUE. Es un método estadístico de calibración global, de búsqueda aleatoria, descrito por (The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction, 1992) el cual se basa en el concepto de la equifinalidad de los modelos, es decir, que no existen unos valores óptimos de los parámetros, sino un conjunto de soluciones óptimas. A partir de simulaciones aleatorias de Montecarlo, prueba diferentes combinaciones posibles dentro de un rango de posibles valores que puede tomar cada parámetro. A partir de la optimización de una o más funciones objetivo FO, se elige la mejor combinación de parámetros evaluados.

Los rangos son elegidos por el modelador y con una función de probabilidad uniforme se prueban *n* combinaciones de parámetros posibles dentro de dichos rangos. Al probar cada conjunto de parámetros aleatorios, se evalúan las salidas del modelo por medio de una función objetivo, también definida por el modelador, y define como óptimos la combinación de parámetros que minimicen o

maximicen la función objetivo, según sea el caso. Tiene la desventaja de que debe probar todas las combinaciones posibles, independientemente si encuentra el conjunto óptimo en las primeras o ultimas iteraciones. Según (Singh, 1995) el proceso de calibración hace uso de los siguientes criterios:

- **Definición de la función Objetivo:** Es una ecuación que se emplea para calcular una medida numérica de la diferencia entre los resultados del modelo simulado (generalmente el hidrograma de escorrentía) y los registrados en la cuenca de estudio. El propósito de la calibración del modelo es, encontrar los valores de los parámetros que optimizan (valores máximos o mínimos) el valor numérico de la función objetivo.

  Para el desarrollo del presente estudio se utilizó la función objetivo Kling-Gupta Modificada elaborada por (Gupta, Kling, Yilmaz, & Martinez, 2009), esta función corresponde a una mejora del criterio de eficiencia de Nash-Suctliffe (NSE), donde los componentes de correlación, desviación y variabilidad están ponderados de manera equitativa, resolviendo problemas sistemáticos de subestimación en los valores máximos y de poca variabilidad. El $KGE2$ o KGE modificado varía desde $-\infty$ hasta 1, donde el mejor ajuste se da en este último valor. Para calcular el $KGE2$ se utiliza la siguiente expresión:

$$KGE2 = 1 - \sqrt{(r-1)^2 + (\beta_{KGE2} - 1)^2 + (\gamma_{KGE2} - 1)^2})$$

  Donde

$$\gamma_{KGE2} = \frac{\sigma(Qsim)/\mu(Qsim)}{\sigma(Qsim)/\mu(Qobs)})$$

$$Bias\ o\ \beta_{KGE2} = \frac{\mu(Qsim)}{\mu(Qobs)}$$

$$r = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Qobs(t)-\mu(Qobs))(Qsim(t)-\mu(Qsim))}{\sigma(Qsim)\sigma(Qobs)})$$

  Siendo γ_{KGE2} el radio de coeficiente de variación, $Bias\ o\ \beta_{KGE2}$ el radio de las medias del dato observado versus el simulado y r es el coeficiente de correlación lineal o coeficiente de Pearson.

  En (Thirel, Andréassian, Perrin, & Audouy, 2015) se pueden encontrar otras funciones objetivo o criterios de eficiencia aplicables a la modelación hidrológica.

- **Optimización del Algoritmo:** El propósito es limitar el rango de valores que pueden tomar los parámetros, encontrar los valores apropiados máximos y/o mínimos de estos parámetros y de esta manera mejorar la confiabilidad de los resultados. Dentro de los métodos de búsqueda se encuentran locales y globales; los primeros tienen como propósito encontrar los valores mínimos de la función objetivo y a su vez se dividen en métodos de búsqueda directos y gradientes; mientras que los segundos diseñan eficientemente modelos para encontrar el valor mínimo de las funciones multimodales, las estrategias empleadas se basan en los siguientes criterios: criterio determinístico, criterio estocástico y/o una combinación de los dos determinístico y estocástico. Pero en la calibración de modelos hidrológicos no lineales,

únicamente existen estudios realizados mediante el criterio estocástico y/o combinación de los dos.

- Criterio de finalización: El criterio de finalización establecido fue el número máximo de iteraciones que se pueden realizar, por lo tanto, si este número de iteraciones se excede el programa finaliza, a menos que el parámetro o la función de convergencia se encuentren primero. Para un método de búsqueda aleatorio, es normal emplear este criterio de finalización, y es el que se emplea en el presente trabajo.

1.3.2.3.1.5.11 OFERTA HÍDRICA TOTAL

Se presenta la oferta hídrica simulada, correspondiente a los aportes hídricos del área hidrográfica objeto de estudio. Dicha caracterización se realiza de acuerdo a la variabilidad intranual e interanual en la ventana de modelación seleccionada, donde se determinan caudales medios característicos en condiciones de año hidrológico normal, seco y húmedo.

1.3.2.3.1.5.12 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES (CDC)

La Curva de Duración de Caudales (CDC) o también llamada curva de persistencia, permanencia de caudales o curva de caudales clasificados; es una curva que indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos, dicha curva puede ser definida para caudales diarios, mensuales y anuales. Específicamente en este estudio se construyen las CDC a una escala de tiempo diaria. Para su construcción, se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

Se ordenan los valores de caudales registrados de mayor a menor, y se asigna a cada valor de caudal la probabilidad de excedencia mediante la expresión propuesta a continuación, luego se grafica los datos de caudal en el eje de las ordenadas vs los respectivos valores de probabilidad en las abscisas

$$FE(X) = \frac{m}{N+1}$$

Donde,

$FE(X)$: Probabilidad de excedencia del valor x
m : Posición en la columna ordenada de mayor a menor del valor x
N : Número total de datos

Partiendo de la gráfica de la CDC se determinan los caudales característicos. Caudal máximo probable (QMáx.), Caudal de aguas altas (Q10), Caudal de aguas medias (Q50), Caudal de aguas bajas (Q90) y Caudal mínimo probable (QMín), del mismo modo es posible también establecer los caudales (Q85) y (Q75) insumos asociados a los caudales ecológicos establecidos mediante métodos hidrológicos, así como necesarios para la estimación del índice de retención y regulación hídrica.

1.3.2.3.1.5.13 ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH)

El IRH evalúa la capacidad de la unidad para mantener un régimen de caudales, calculándose como la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales. *"El índice mide*

la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencia acumuladas" (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Tabla 119 Calificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).

DESCRIPCIÓN	RANGO DEL INDICADOR	CATEGORÍA
Muy Baja retención y regulación de humedad	<0.50	Muy Baja
Baja retención y regulación de humedad	0.50-0.65	Baja
Media retención y regulación de humedad	0.65-0.75	Moderada
Alta retención y regulación de humedad	0.75-0.85	Alta
Muy alta retención y regulación de humedad	>0.85	Muy Alta

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

1.3.2.3.1.5.14 ÍNDICE DE ARIDEZ (IA)

El índice de aridez (IA) permite medir de forma cualitativa, los lugares que presentan excedentes o déficit de aguas, en donde la dinámica del agua en el suelo y subsuelo está en capacidad de sostener la cobertura en la superficie terrestre, determinando las condiciones de déficit o excesos de agua en el tiempo y en el espacio.

De acuerdo a (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), el Índice de Aridez se define como la relación entre la diferencia de la evapotranspiración potencial (ETP) y la evapotranspiración real (ETR), respecto a la evapotranspiración potencial (ETP). Se calcula con la expresión mostrada a continuación.

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde,
IA: Índice de aridez.
ETP: Evapotranspiración potencial (mm).
ETR: Evapotranspiración real (mm).

Tabla 120 Interpretación de la calificación del índice de aridez.

CALIFICADOR	RANGO NUMÉRICO
Altos Excedentes De Agua	(<0.15)
Excedentes De Agua	(0.15 – 0.19)
Moderados Excedentes De Agua	(0.20 – 0.29)
Moderados	(0.30 – 0.39)
Moderados Déficits De Agua	(0.40 – 0.49)
Déficits De Agua	(0.5 – 0.59)
Altamente Déficits De Agua	(>0.6)

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

1.3.2.3.2 RESULTADOS

1.3.2.3.2.1 RED HIDROMÉTRICA AFERENTE.

La caracterización de la red hidrométrica es comprendida por la localización de la estación hidrológica aferente a la zona de estudio, el respectivo tratamiento estadístico, así como la presentación de los caudales medios de la estación en mención.

1.3.2.3.2.2 LOCALIZACIÓN DE LA RED HIDROMÉTRICA.

Se describe la localización de la red hidrométrica más cercana a la zona de estudio, la cual corresponde a la estación Limnigráfica BORBUR - AUT [23127010] administrada por el IDEAM, la cual se localiza en el municipio de Pauna (Boyacá) a una altitud cercana sobre los 457 m.s.n.m., registrando caudales diarios desde el 14/03/1975. Dentro de la localización geográfica, se encuentra a una latitud de 5.649389 y longitud -74.055028 WGS 84. Adicionalmente, relaciona un área de drenaje 1649.33 km2, y su contexto espacial es presentado en la siguiente figura.

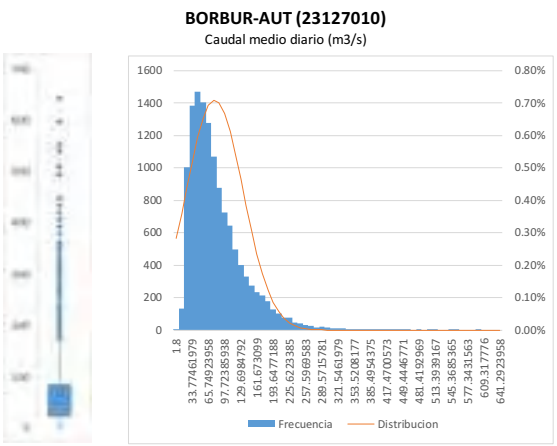
Figura 202 Localización de la estación Limnigráfica aferente a la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.3.2.3 TRATAMIENTO HIDROLÓGICO

Seguidamente se expone el tratamiento realizado sobre la estación hidrológica, se ejecuta el mismo procedimiento realizado con anterioridad sobre las estaciones meteorológicas. A continuación, se muestra el análisis exploratorio de la serie para la variable de caudal.

Tabla 121 Análisis exploratorio de la variable caudal medio



Media	77.99
Error típico	0.50
Mediana	63.21
Moda	68.77
Desviación estándar	56.23
Varianza de la muestra	3162.37
Curtosis	7.18
Coeficiente de asimetría	1.98
Rango	639.49
Mínimo	1.80
Máximo	641.29
Suma	996917.13
Cuenta	12782.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.3.1 PRUEBA DE ANDERSON DARLING

El valor del estadístico calculado A es comparado con el correspondiente valor critico de la distribución teórica y se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal si el valor de A estimado es superior al valor crítico.

Tabla 122 Prueba de Anderson Darling Variable Precipitación

NOMBRE	CÓDIGO	RESULTADO PRUEBA DE NORMALIDAD
Borbur - Aut	23127010	Rechaza La Hipótesis - No hay normalidad

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con la prueba de Normalidad Anderson Darling de las estaciones de precipitación, se identifica que rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal.

1.3.2.3.2.3.2 PRUEBA DE TENDENCIA RHO DE SPEARMAN

De acuerdo a los resultados obtenidos de los estadísticos Rho de Spearman en la variable caudal medio diario, se presenta la siguiente tabla resumen.

Tabla 123 Estadístico de Rho Spearman Variable Precipitación

NOMBRE	CÓDIGO	RESULTADO PRUEBA DE TENDENCIA
Borbur - Aut	23127010	Rechaza La Hipótesis - No hay tendencia

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto al parámetro de precipitación, no se evidencian tendencias significativas para el periodo de análisis de 30 años (1991-2020).

1.3.2.3.2.3.3 HOMOGENEIDAD

El análisis estadístico en mención se realiza con la serie de la variable caudal medio diario. El nivel de significancia aceptado fue del 5%, rechazando la hipótesis nula de no homogeneidad cuando Z>1.96. En las siguientes tablas, se presenta el resumen de la evaluación.

Tabla 124 Análisis de homogeneidad. Parámetro Precipitación

NOMBRE	CÓDIGO	SIEGEL Y TURKEY	U DE MANN WHITNEY
Borbur - Aut	23127010	No Homogéneo	Homogéneo

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a las pruebas estadísticas se establece que para la prueba de Siegel y Tukey hay alteraciones en la varianza de los datos específicamente en el año 2011, lo cual se puede atribuir al fuerte fenómeno de ENOS, de otra parte, la prueba de u muestra que no hay alteraciones significativas en la media.

1.3.2.3.2.3.4 DETECCIÓN DE DATOS ATÍPICOS

Una vez realizada la prueba estadística, se presenta en la siguiente tabla el resumen de los datos atípicos identificados en el parámetro de precipitación y temperatura media.

Tabla 125 Datos atípico detectados parámetro Precipitación

NOMBRE	AÑO	MES	OBSERVACIÓN
Borbur - Aut [23127010]	2011	4	Fenómeno ENSO

Fuente: Elaboración propia, 2022.

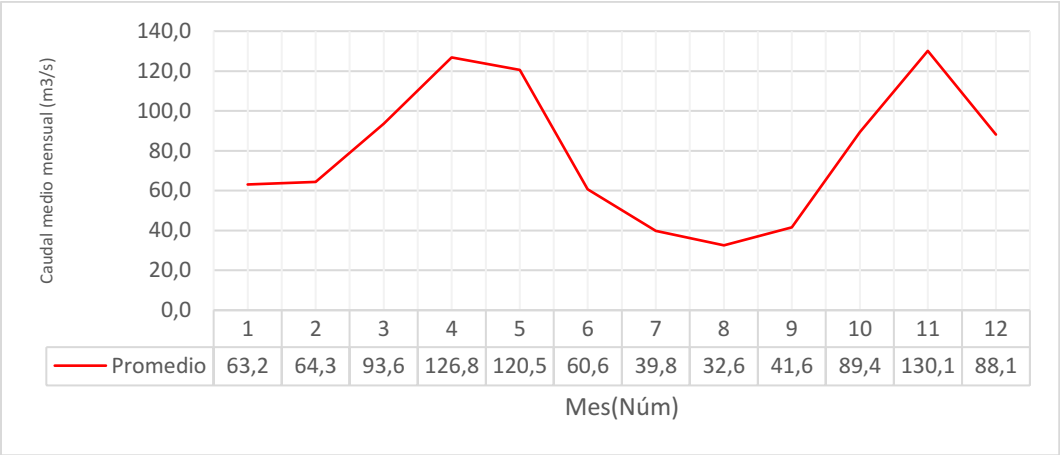
Se relaciona un valor atípico, sin embargo, se encuentran dentro de los órdenes de magnitud esperados según la variabilidad natural del clima y los casos atípicos asociados a características intrínsecas que influyen en el clima de la zona de estudio.

1.3.2.3.2.4 CARACTERIZACIÓN TEMPORAL

En el presente ítem, se incluye la caracterización media mensual multianual, así como la media anual del caudal medio diario registrado en la estación.

Se observa la tendencia bimodal característica de la región objeto de análisis, donde se presentan los mayores caudales entre marzo y mayo, así como entre octubre y diciembre, siendo noviembre el caudal mensual multianual más alto presentado con un valor de 130.1 m3/s, y agosto el de menor magnitud con 39.8 m3/s, el cual representa el escenario mensual de mayor criticidad en el punto de interés de modelación hidrológica.

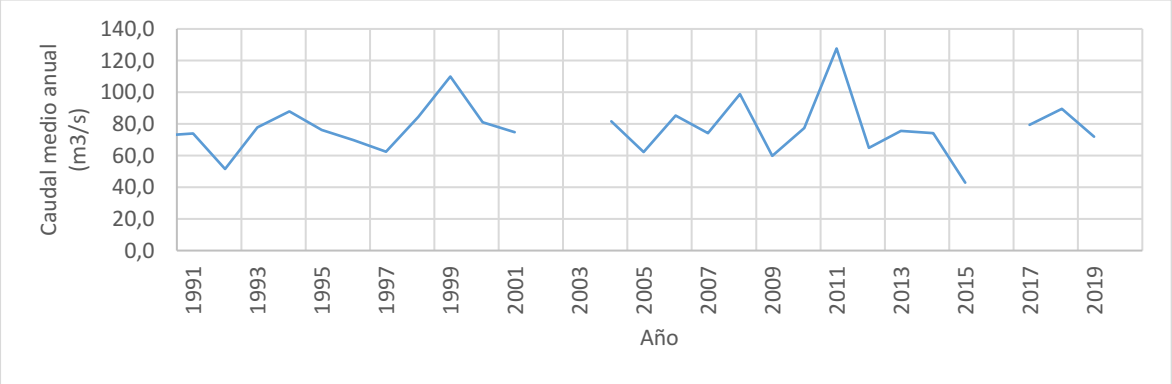
Figura 203 Caudal medio mensual multianual 1991-2020 (m3/s)



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto a la escala media anual, se ha calculado un valor de 78.0 m3/s, con variaciones representadas principalmente por la variabilidad natural de clima, esencialmente el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases frías y cálidas, donde se observa proporcionalidad entre los altos caudales presentados en los años 1999, 2008, 2011, y El Índice Niño Oceánico (ONI) que representa la fase fría (La Niña) de dichos periodos. Adicionalmente, se observa que algunos años no presentan la información suficiente para caracterizar el valor anual, por lo que no genera la continuidad en la estimación de la curva interanual.

Figura 204 Caudal medio anual (m3/s)



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.5 BALANCE HÍDRICO DE LARGO PLAZO

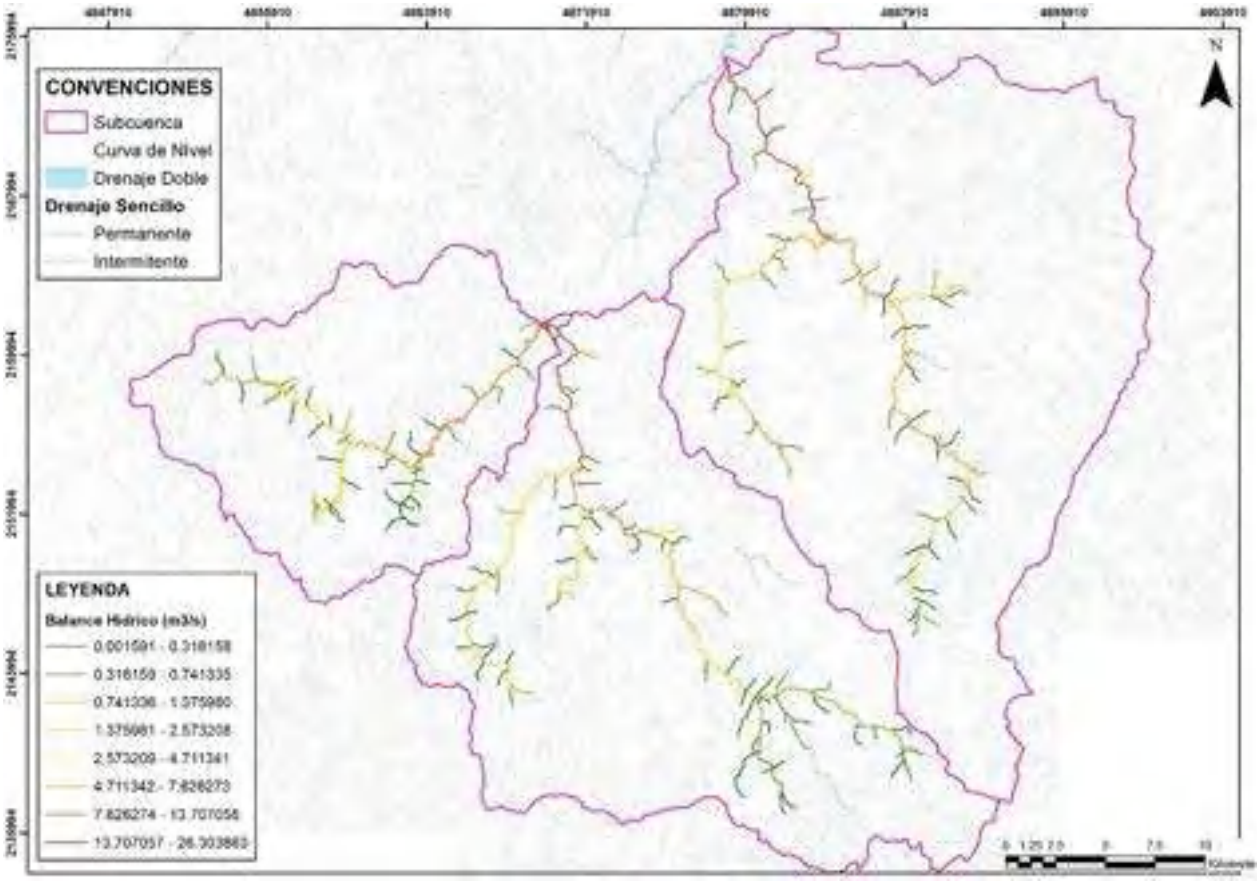
El balance hídrico de largo plazo estima la respuesta hidrológica en un área de cuenca determinada a partir de los atributos estadísticos del estado del tiempo en escala anual.

La estimación es realizada a partir de la interpolación de las variables climatológicas de insumo (P, ETR) a escala anual para cada una de las unidades de interés Cuenca, Subcuenca y Tramos. El balance hídrico es expresado en términos de su escurrimiento (mm/año) y en caudal medio anual

(m3/s), el cual se calcula al multiplicar el escurrimiento por el área aferente al punto de aforo sobre el cual se quiere conocer la escorrentía superficial, o visto de otro modo el escurrimiento por el área sobre la cual se quiere determinar el potencial de producción hídrica.

A continuación, se presenta los respectivos valores medios anuales para los tramos de interés establecidas en el marco de este instrumento de planificación y que están en concordancia con las unidades de modelación establecidas para la modelación hidrológica de simulación continua.

Figura 205 Balance hídrico de largo plazo (m3/s) de las Unidades Hidrográficas Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6 CARACTERIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MEDIANTE MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE SIMULACIÓN CONTINUA

1.3.2.3.2.6.1 OBJETIVOS DE LA MODELACIÓN

En este caso el objetivo de la modelación consiste en otorgar la información pertinente que permita entender las dinámicas del agua y las complejidades como los fenómenos de variabilidad climática intra e interanual para los niveles de cuenca, subcuenca y tramos de análisis. En concordancia con el alcance y los requerimientos técnicos del instrumento de planificación es necesario tener una caracterización del régimen a escala diaria,

1.3.2.3.2.6.2 DATOS E INFORMACIÓN DISPONIBLE

Es transversal a las solicitudes de información climática e hidrológica a las entidades las cuales están relacionadas en las secciones Recolección de información secundaria del estudio de clima y Red hidrométrica aferente del estudio hidrológico, las cuales son necesarias por su parte para la formulación del modelo, así como su posterior calibración y validación. Adicionalmente comprende toda la información cartográfica oficial disponible, información de sensores remotos y documentación adicional.

En este punto se relaciona toda la información dispuesta por las entidades territoriales en la fase de alistamiento institucional, donde se suministró información secundaria importante, cartográfica, documental y registros de variables capturadas por dichas entidades. De otra parte, adicionalmente se complementó dicha información con los registros de variables hidro climatológicas manejadas por el IDEAM, colgadas y disponibles en la plataforma del DHIME.

1.3.2.3.2.6.3 DEFINICIÓN DE ESCALAS CARACTERÍSTICAS

Esta acotación se relacionadas explícitamente por una parte con las características de la información disponible, longitud y escalas de la serie de cada una de las variables en los diferentes puntos de monitoreo, sobre las cuales se define una ventana de trabajo donde confluye la mayor proporción de la información y por otra parte al espacio o alcance que se le desea dar al modelo hablándose propiamente de su extensión.

La extensión del territorio que se desea modelar se delimita conforme a los alcances técnicos dados por las entidades territoriales, con el cual se requiere un estudio y análisis del sistema del recurso hídrico de las unidades hidrográficas del río Guaquimay, Negro y Palenque que hace parte de la priorización requerido mediante el POMCA del Río Carare Minero.

La escala temporal para planificación del recurso hídrico se puede desarrollar a escala mensual y anual de acuerdo con el protocolo de modelación, sin embargo, llevar a cabo el ejercicio de la estimación de caudal ambiental mediante enfoques holístico requiere un registro de información de carácter diario. por lo anterior la escala temporal de modelación corresponde a la de mayor restricción (Diaria), teniendo en cuenta que partiendo de esta se puede generar información a escala temporal superior. para los casos de estudio de la actualidad en zonas adecuadamente instrumentadas la escala de captura de información ha dejado de ser una de las grandes limitantes ya que los servidores se encuentran a disposición del público para su obtención.

1.3.2.3.2.6.4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LOS DATOS

La incertidumbre se encuentra desde el mismo proceso de toma de datos, principales insumos para la construcción e implementación de los modelos que intentan representar el complejo proceso físico que interrelaciona el sistema climático y el hidrológico “Por lo general los datos hidrológicos y meteorológicos ni son homogéneos ni están libres de errores” (OMM, Guía de Prácticas Climatológicas, 2011) y se encuentran asociados a diversos factores, como lo son el cambio de ubicación geográfica, la dinámica de los usos de suelo, el montaje y exposición de los instrumentos de medición, las prácticas de lectura y registro de los datos, el desarrollo urbanístico de la zona, acontecimientos administrativos y políticos, entre otros. Cada factor puede definir una alteración en

la serie con diferente intensidad y comportamiento. Si bien, la utilización de estadísticos paramétricos y no-paramétricos permiten indicar la homogeneidad de una serie, no definen de manera absoluta dicha característica, con lo cual la aplicación de los estadísticos intenta resolver en cierta medida la incorporación de errores e incertidumbre.

El análisis y tratamiento de los datos climatológicos e hidrológicos es transversal para el proceso de modelación, calibración y validación, se aborda desde cada apartado específico denominado tratamiento de datos meteorológicos e hidrológicos asociados en este documento a los estudios propuestos y que son aplicados directamente sobre los registros temporales de las variables capturadas antes de iniciar la formulación e implementación del modelo a aplicar. Donde caber resaltar que cualquier práctica objetiva de análisis de homogeneidad tiene determinada carga subjetiva en su aplicación real.

1.3.2.3.2.6.5 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Se presentan los siguientes determinantes que generan incertidumbre dentro del contexto de la representación física real de la cuenca hidrográfica:

Escalas y fuentes de información diferentes de las características físicas de la cuenca

Conceptualización del método aplicado en la modelación hidrológica, teniendo en cuenta las condiciones iniciales y las suposiciones en el balance hídrico.

Recolección y continuidad de la información de precipitación, temperatura media, humedad relativa y brillo solar en las estaciones meteorológicas.

Proceso de interpolación espacial de las variables climatológicas con limitaciones en la aproximación de la realidad de la distribución espacial del clima en la zona de estudio.

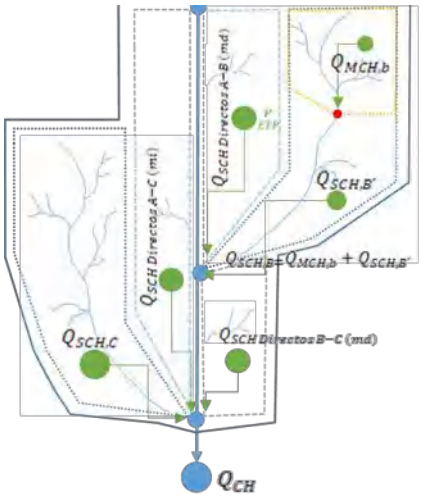
Representación limitada de las curvas de gastos para todos los caudales probables circulantes por la estación hidrométrica objeto de calibración y validación.

Proceso de equifinalidad en la etapa de calibración del modelo hidrológico, donde diferentes sets de parámetros dentro del contexto de la literatura científica y su rango de fluctuación semejante, puede representar respuestas óptimas en los criterios de desempeño, estableciéndose diferentes calibraciones válidas con fines de modelación, sin identificar con total certidumbre la mejor calibración para el contexto de la cuenca y la escala espacio – temporal.

1.3.2.3.2.6.6 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

La unidad hidrográfica objeto de estudio, es distribuida en áreas de drenaje subsiguientes, teniendo en cuenta la dirección de flujo, así como la acumulación del mismo; de este modo, la sumatoria de cada una de las divisiones de las áreas de drenaje clasificadas, determinan el caudal aferente. Cada subdivisión es representada por una unidad hidrológica, la cual es caracterizada en función de los atributos requeridos en relación al modelo hidrológico seleccionado. A continuación, se presenta la esquematización conceptual de la acumulación del flujo que caracteriza la oferta y demanda hídrica.

Figura 206 Esquema conceptual de la clasificación y acumulación de la oferta hídrica.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La estimación de la oferta hídrica para cada área de drenaje es determinada mediante la generación de la serie completa de los atributos del clima de Precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP) siguiendo la espacialización determinada por el método de interpolación del Inverso de la Distancia al Cuadrado (Inverse Distance Weighted, IDW). La Temperatura ($Temp$) es calculada a nivel espacial, generando el respectivo gradiente altitudinal asignado a la elevación media que corresponde a la unidad de modelación.

Red hídrica superficial: constituida por los cauces principales de los ríos Guaquimay, Negro y Palenque, y drenajes tributarios, tal esquemática se origina a partir del producto de selección de tramos de análisis de este mismo documento

Unidades de modelación, representa cada una de las unidades sobre las cuales se ejecutará el modelo hidrológico seleccionado

- Modelo Calibración: 1 UMH.
- Modelo PORH: 162 UM.

1.3.2.3.2.6.7 SELECCIÓN DEL MODELO

Para el presente estudio como ya fue descrito, se propone el uso modelo hidrológico *GR4J* desarrollado por (Perrin, Miche, & Andre´assian, 2003), el cual se caracteriza por representar un modelo lluvia-escorrentía de simulación continua y representación espacial agregada hasta el nivel de detalle de interés. Se caracteriza por determinar escala temporal diaria como es requerido para la determinación adecuada de los diferentes insumos. Dicho modelo hidrológico ha sido utilizado profusamente en la literatura científica, determinándose gran desempeño en múltiples cuencas hidrográficas en condiciones hidroclimáticas diversas. Entre algunas referencias científicas donde se ha utilizado el modelo GR4J, se incluyen las siguientes: (Perrin, Miche, & Andre´assian, 2003), (Arsenault, Gatien, Renaud, Brissette, & Martel, 2015), (Oudin, y otros, 2005), (Pushpalatha, Perrin, Le Moine, Mathevet, & Andréassian, 2011), (Ficchí, 2017), (Carvajal & Roldán, 2007), (Santos,

2018), (Ficchì, Perrin, & Andréassian, 2019), (Pushpalatha, 2013), (Matthieu, 2006), (Lebecherel, Andréassian, & Perrin, 2016) y (Coron, Thirel, & Perrin, 2017).

1.3.2.3.2.6.7.1 BASE DE DATOS

La integración del modelo hidrológico se realiza a escala temporal diaria, teniendo en cuenta como principal base de datos, la información asociada a la caracterización climática y el respectivo modelo digital de elevación de la cuenca objeto de estudio.

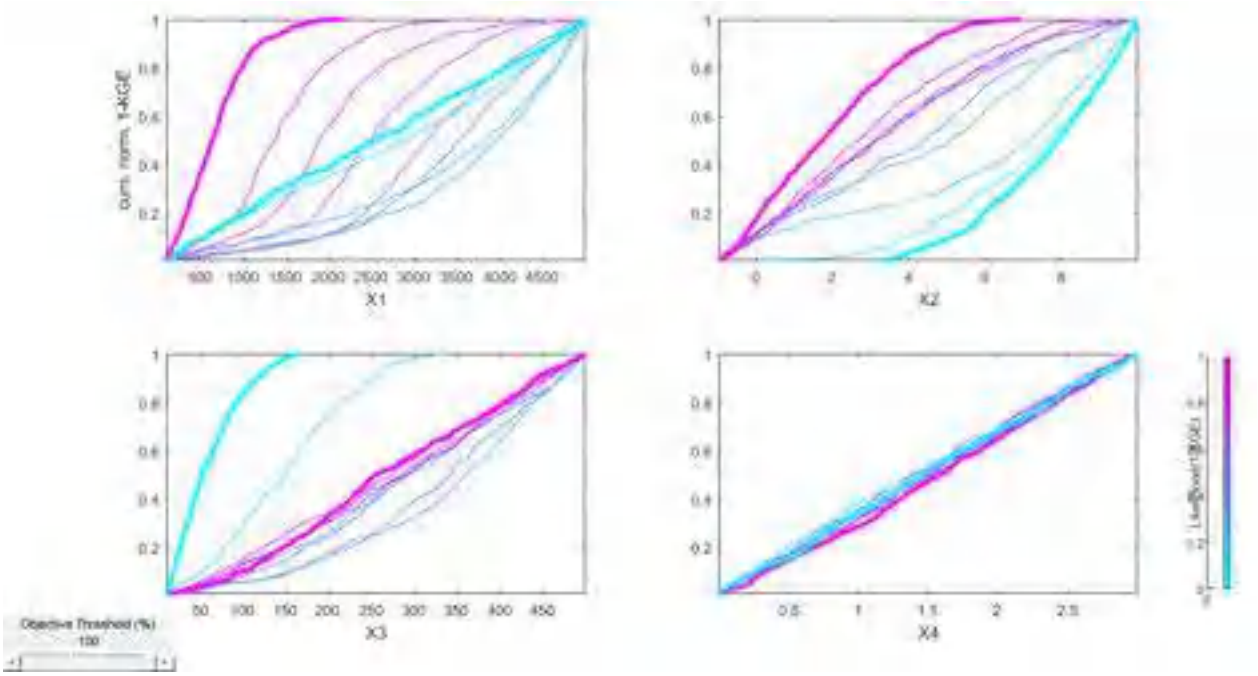
La distribución temporal de las variables climatológicas de precipitación y evapotranspiración potencial, asociadas a cada una de las Unidades de Modelación, se suministran al interior de la carpeta del modelo con nombre GR4J

1.3.2.3.2.6.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad consiste en observar si un cambio en el valor del parámetro afecta con gran importancia el resultado, es decir, si el valor del parámetro no afecta el resultado se dice que no existe sensibilidad.

Para la cuenca instrumentada se realiza el análisis de sensibilidad e incertidumbre a partir de las gráficas de sensibilidad regional que se presentan en las figuras siguientes, respectivamente la gráfica de incertidumbre y las gráficas de sensibilidad regional, de acuerdo a los resultados arrojados, se identifica que el parámetro con menor sensibilidad corresponde a x1 generando valoraciones optimas de la función objetivo en el rango 0 a 2000, por su parte los parámetros x2, x3 y x4 poseen una moderada y alta sensibilidad, siendo los parámetros x3 y x4 los más críticos.

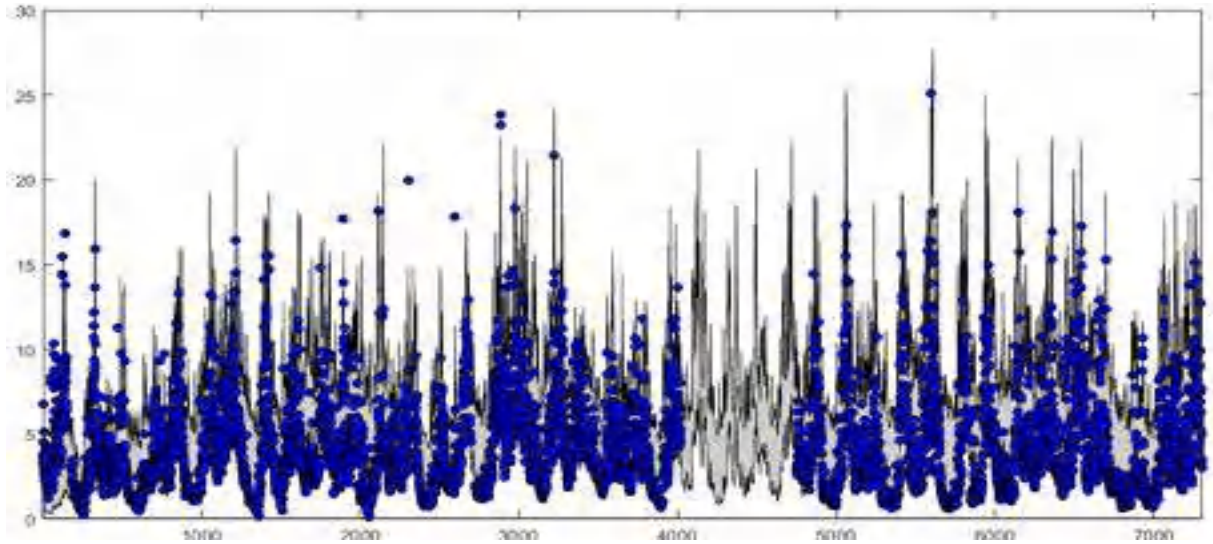
Figura 207 Gráficos de sensibilidad regional de parámetros modelo GR4j



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la siguiente figura, se observa la gráfica de incertidumbre donde se presenta la media de los caudales simulados con su respectiva franja de incertidumbre, la cual está definida por el límite de confianza al 95% y al 5%. Allí se observa una banda de confianza reducida y dentro de ella la mayoría de los datos observados para el periodo de calibración, lo que sugiere una baja incertidumbre del modelo implementado.

Figura 208 Gráfica de incertidumbre modelo GR4j



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6.9 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

Las estaciones objeto de calibración y validación, corresponden al registro limnigráfico de la estación Burbur AUT, descrita y analizada en secciones anteriores. Dicha estación, se encuentra sobre el cauce principal sobre el cual tributan las unidades hidrográficas objeto de este instrumento de planificación, de acuerdo con su ubicación se supone que la unidad hidrográfica relacionada a al área de aforo de la estación presentan geomorfología, usos del suelo, red de drenaje y extensión superficial muy similares, por lo que su medición puede representar variables de calibración semejantes.

La calibración se inicia 1991-01-01 y finaliza 2010-12-31, para la aplicación del método GLUE se emplea la librería de MCAT construida en Matlab, donde se ingresa la información de los datos y resultados de las 5000 simulaciones. La información a imputar se suministra dentro del anexo de información relacionado al proceso de calibración.

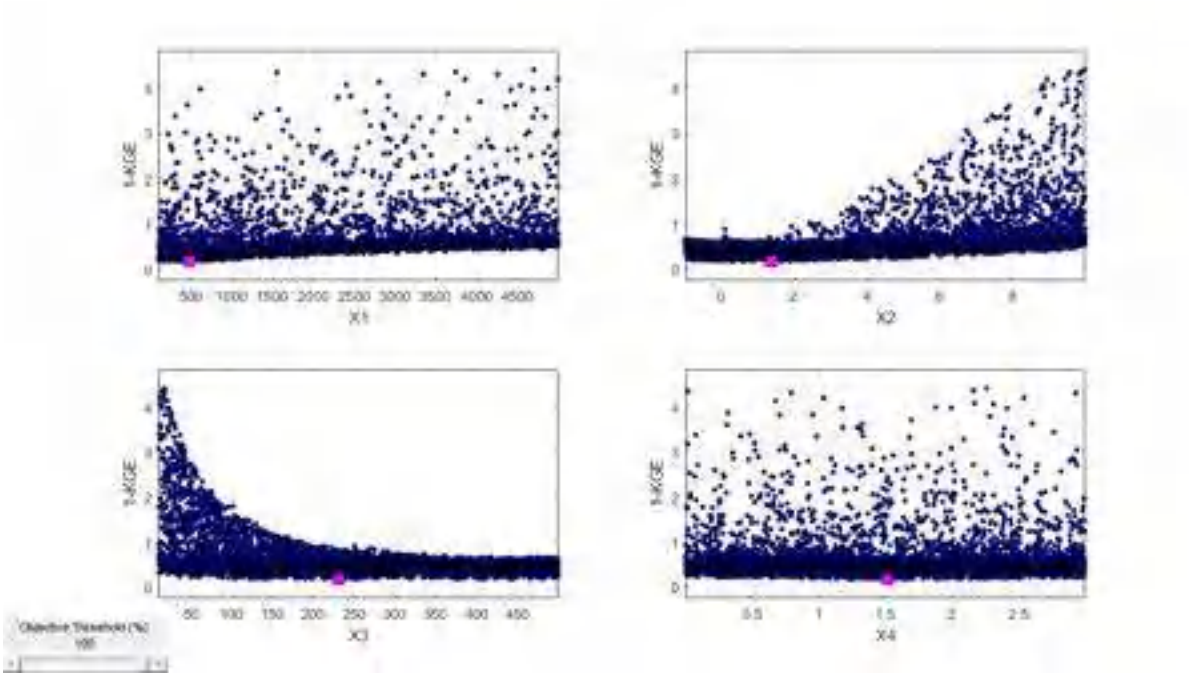
Para garantizar la bondad de los parámetros resultantes del proceso de calibración se realizó la validación de estos, utilizando otra parte de la misma serie de tiempo la cual inicia 211-01-01 y finaliza 2019-12-31.

1.3.2.3.2.6.9.1 IDENTIFICABILIDAD DE LOS PARÁMETROS

Realizada la calibración del modelo GR4j para la cuenca instrumentada, se inicia la identificabilidad de los parámetros, a través de las figuras siguientes (dotty plots y de los diagramas de

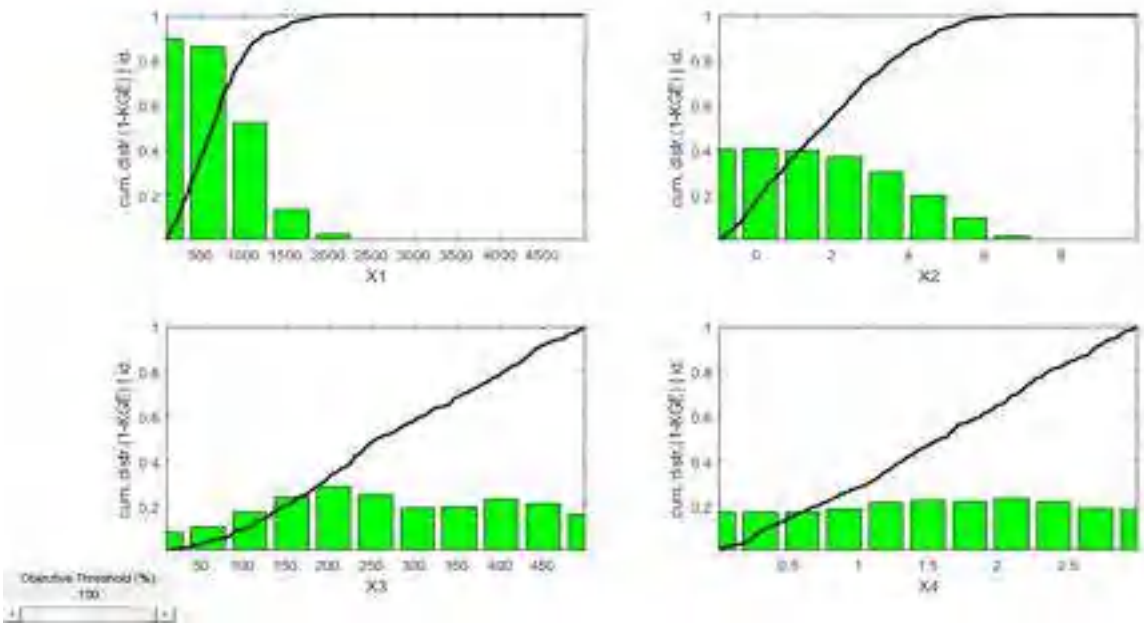
identificabilidad). En estos gráficos se puede apreciar claramente que los parámetros x1, x2 son más identificables que el parámetro x3 y x4. El parámetro x1 presenta identificabilidad entre los valores 0 y 500, de otra parte, x2 presenta identificabilidad entre 0 y 2.

Figura 209 Gráficos de dispersión parámetros modelo GR4j



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 210 Gráficos de identificabilidad de parámetros modelo GR4j



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6.9.2 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Los mejores parámetros de ajuste se presentan en la tabla siguiente.

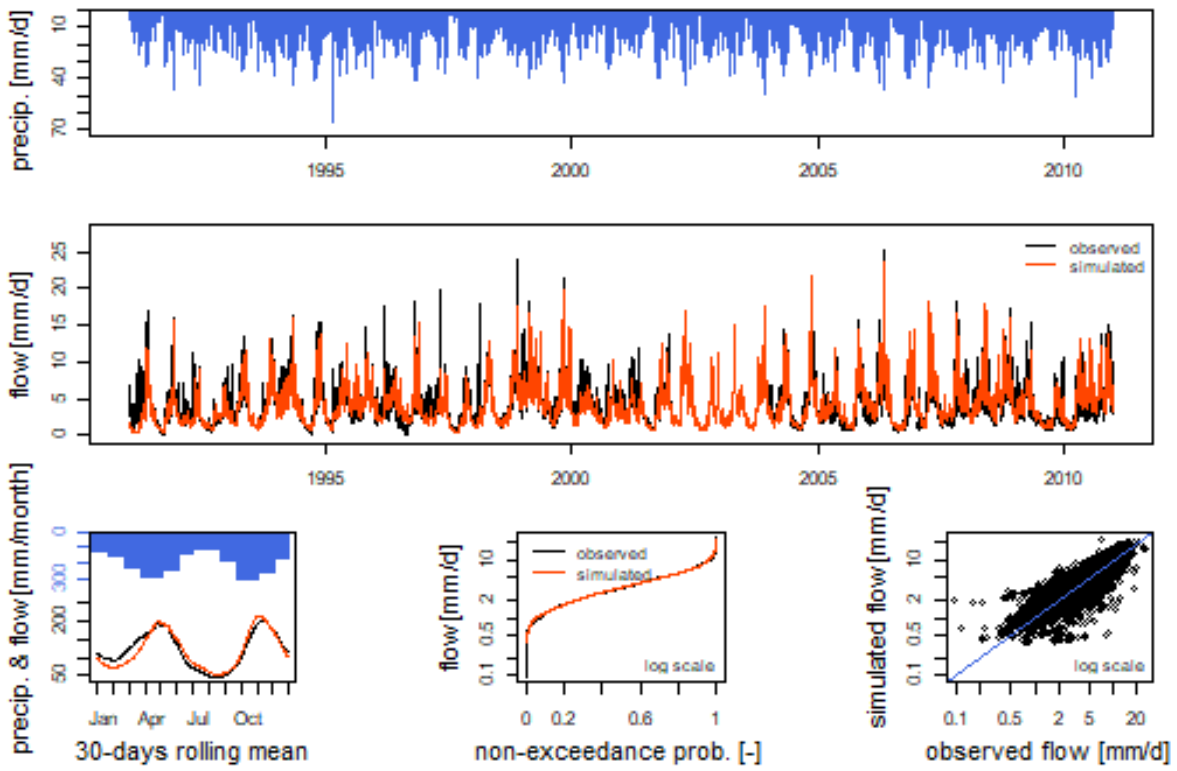
Tabla 126 Resultados de las variables de calibración GR4J.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR GR4J
x1 mm	Capacidad máxima del tanque de producción	441.421
x2 mm	Coeficiente de intercambio de aguas subterráneas	0.942
x3 mm	Capacidad máxima para el tránsito en canales	203.34
x4 días	Tiempo base del hidrograma unitario UH1	1.593

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Es importante resaltar, que las curvas simuladas generan gran representatividad de acuerdo a las métricas evaluadas con las pruebas de bondad de ajuste, y se observa fuerte coherencia en la respuesta gráfica, teniendo gran significancia en los caudales de recesión, así como en los eventos extremos de baja y moderada magnitud.

Figura 211 Resultado calibración del modelo GR4j

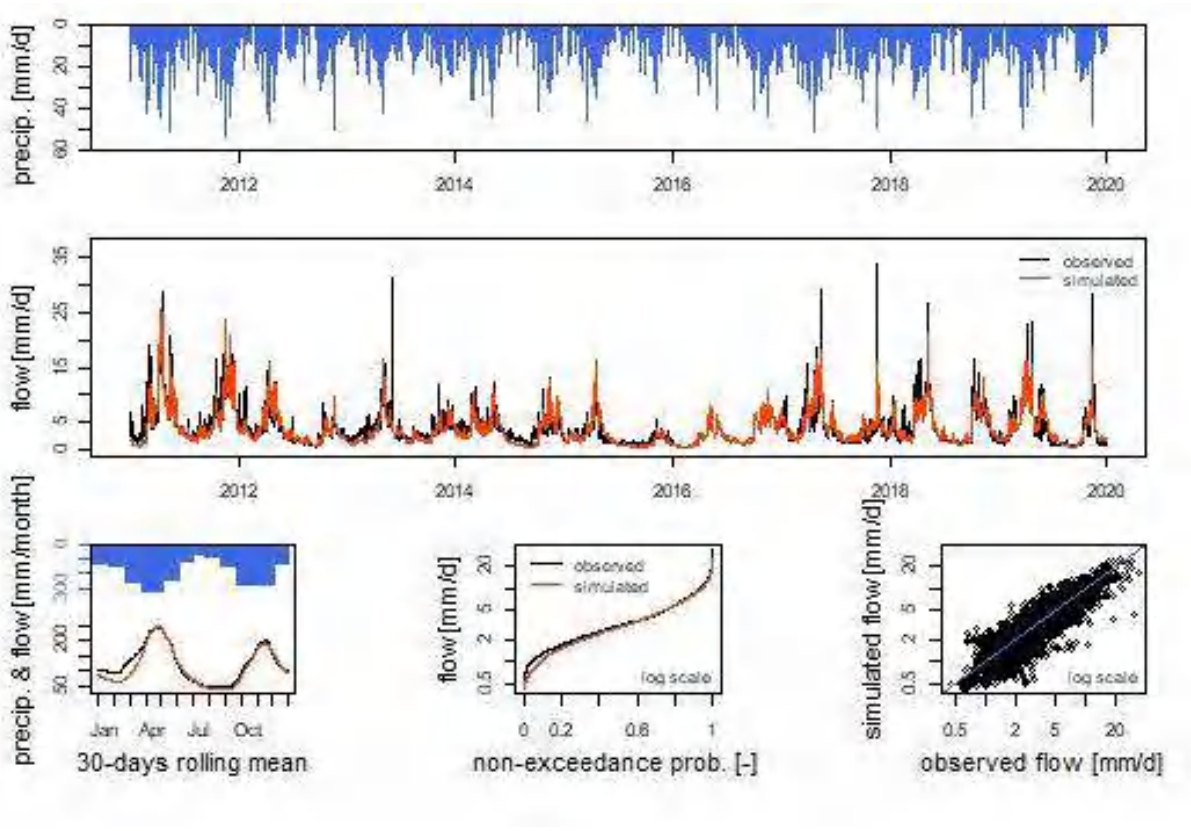


Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6.9.3 RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

En el proceso de validación encuentra un ajuste adecuado de los caudales simulados versus los observados, es decir, que el modelo puede producir una aproximación muy cercana a la realidad, con los parámetros identificados.

Figura 212 Resultado validación del modelo GR4j



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6.9.4 DESEMPEÑO DEL MODELO

Seguidamente se presenta las valoraciones para cada una de las métricas relacionadas en la metodología, tanto para el periodo de calibración como el de validación. Con tales resultados y con soporte en la clasificación es posible determinar cuantitativamente la capacidad del modelo de representar los eventos, con interpretación cualitativa de Bueno (NSE, RSR) y Muy Bueno (BIAS).

Tabla 127 Resultados de los parámetros de bondad de ajuste

	CALIBRACIÓN		VALIDACIÓN	
Métrica	Medida	Interpretación	Medida	Interpretación
BIAS	-0.33	Muy Bueno	5.14	Muy Bueno
NSE	0.685	Bueno	0.738	Bueno
RSR	0.562	Bueno	0.512	Bueno

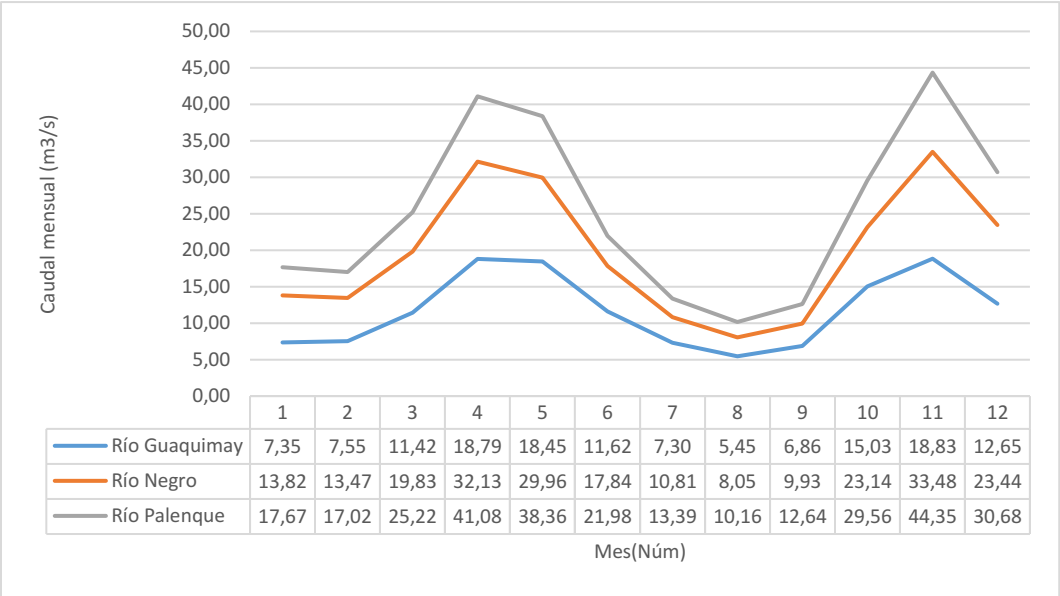
Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6.10 OFERTA HÍDRICA TOTAL

Se presenta la oferta hídrica simulada, correspondiente a los aportes hídricos del área hidrográfica objeto de estudio (Guaquimay, Negro, Palenque). Dicha caracterización, es materializada de acuerdo a la variabilidad intranual e interanual en la ventana de modelación, donde se determinan caudales medios característicos en condiciones de año hidrológico normal, seco y húmedo. Se observa el régimen bimodal de los caudales, característico del régimen de precipitación, así como el de caudales de la cuenca objeto de calibración y parametrización de las variables del modelo GR4J.

Los regímenes de variación en años hidrológicos secos y húmedos son estimados teniendo en cuenta las fluctuaciones respecto al promedio multianual calculado para cada mes; las diferencias entre los pulsos de caudales se ven más acentuados en los años hidrológicos húmedos. A continuación, se presentan los caudales medios mensuales multianuales en los 3 diferentes años típicos que surgen de la variabilidad natural del clima para las unidades hidrográficas de nivel I, por otra parte, los caudales medios mensuales multianuales en los 3 diferentes años típicos de las unidades de nivel II como las de los tramos se encuentran en la documentación anexa.

Figura 213 Oferta hídrica total mensual. Condición de año hidrológico Normal (m3/s).

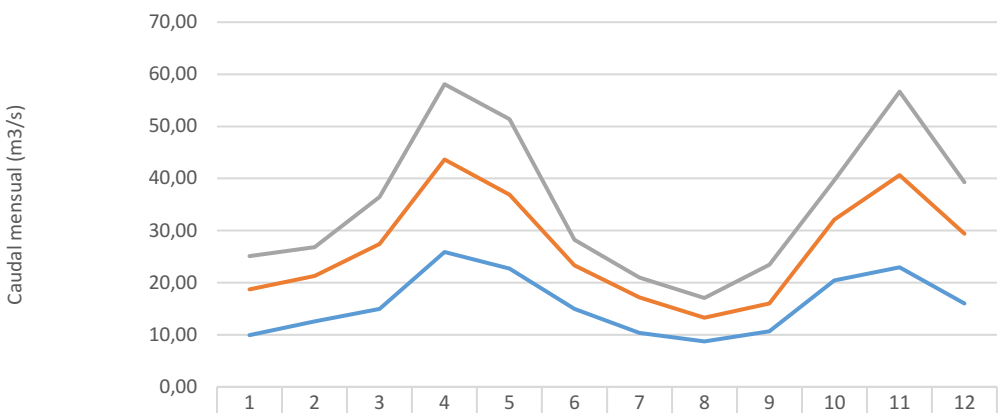


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Río Guaquimay	7,35	7,55	11,42	18,79	18,45	11,62	7,30	5,45	6,86	15,03	18,83	12,65
Río Negro	13,82	13,47	19,83	32,13	29,96	17,84	10,81	8,05	9,93	23,14	33,48	23,44
Río Palenque	17,67	17,02	25,22	41,08	38,36	21,98	13,39	10,16	12,64	29,56	44,35	30,68

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En relación a los caudales medios en año típico normal, se encuentra una fluctuación generalizada independiente de la cuenca hidrográfica de análisis, donde se observa el valor mínimo en el mes de agosto, y el máximo en el mes de noviembre. Para el caso del Río Guaquimay se observa una variación entre los 5.45 m3/s y los 18.83 m3/s, los cuales corresponden al 62.02% y 159.95% respecto al valor del caudal medio anual (11.78 m3/s);respecto al Río Negro, se identifica una fluctuación entre los 8.05 m3/s y 33.48 m3/s asociados al 55.01% y 170.33% del valor medio anual (19.66 m3/s); a su vez, la cuenca del Río Palenque presenta variación entre los 10.16 m3/s y los 44.35 m3/s, correspondientes al 53.18% y 176.16% del caudal medio anual (25.17 m3/s).

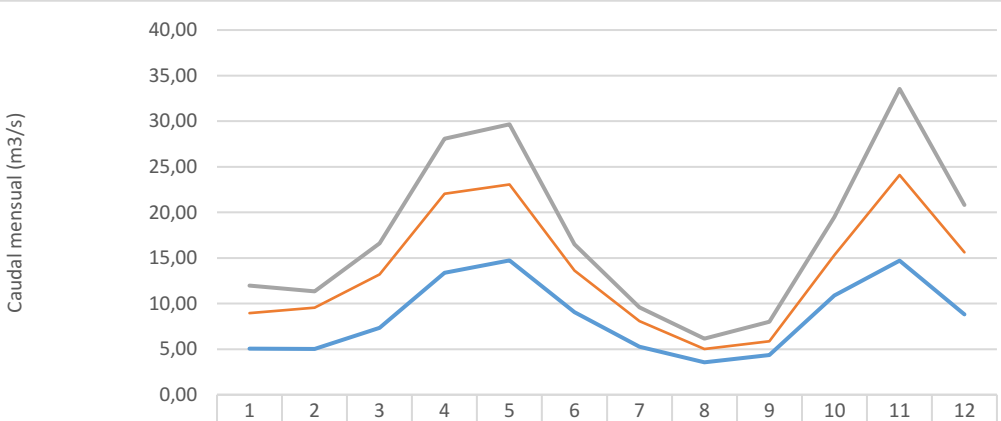
Figura 214 Oferta hídrica total mensual. Condición de año hidrológico Húmedo (m3/s).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Río Guaquimay	9,95	12,58	14,98	25,89	22,69	14,96	10,34	8,73	10,64	20,43	22,96	16,02
Río Negro	18,69	21,31	27,42	43,65	36,86	23,34	17,19	13,28	16,02	32,08	40,66	29,43
Río Palenque	25,11	26,82	36,49	58,10	51,39	28,25	20,99	17,07	23,46	39,64	56,69	39,31

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 215 Oferta hídrica total mensual. Condición de año hidrológico Seco (m3/s).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Río Guaquimay	5,07	5,04	7,35	13,36	14,73	9,06	5,28	3,56	4,34	10,90	14,71	8,81
Río Negro	8,94	9,55	13,19	22,05	23,05	13,64	8,08	5,02	5,87	15,32	24,10	15,60
Río Palenque	11,97	11,35	16,59	28,06	29,67	16,49	9,59	6,16	8,01	19,48	33,54	20,82

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto al año hidrológico húmedo, se observa una fluctuación entre los 121.4% y 185.6% respecto al valor propio de cada mes en condición normal. En contraste, el año hidrológico seco, presenta unas variaciones entre los 59.1% a los 79.9% en relación al caudal medio mensual normal.

Adicionalmente, se presenta la oferta hídrica total estimada a nivel hidrográfico UHN2, teniendo en cuenta el año hidrológico normal, húmedo y seco. Es importante mencionar que las unidades presentadas a continuación. corresponden a metros cúbicos por segundo (m3/s), representados en 4 cifras significativas, con el fin de poder visualizar el primer decimal en las unidades en litros por segundo (l/s).

Tabla 128 Oferta hídrica total mensual a nivel UHN2. Condición de año hidrológico Normal (m3/s).

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.4749	0.4918	0.7496	1.2547	1.2635	0.8077	0.5208	0.3984	0.5044	1.0602	1.2586	0.8234
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.3987	0.407	0.6079	1.002	0.9786	0.6112	0.375	0.2701	0.3363	0.7716	1.0144	0.6914
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.6478	0.6696	1.0212	1.6969	1.6925	1.0768	0.6913	0.5293	0.6701	1.4199	1.7012	1.119
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	1.2972	1.3209	1.9674	3.1095	2.9189	1.7877	1.0678	0.7615	0.9454	2.2671	3.1095	2.1875
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.6867	0.6942	1.0409	1.6703	1.5791	0.9642	0.5818	0.424	0.5265	1.2422	1.6861	1.1682
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.7681	0.8194	1.2655	2.0994	2.137	1.409	0.9458	0.7424	0.9529	1.8545	2.0305	1.3093
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.5572	0.5699	0.8451	1.4351	1.4339	0.9089	0.5614	0.3969	0.4941	1.1169	1.4606	0.9861
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.6144	0.5657	0.8156	1.3417	1.26	0.7448	0.4551	0.3398	0.4081	0.9309	1.4546	1.038
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.5362	0.4969	0.7118	1.1651	1.0808	0.6346	0.3822	0.2818	0.3391	0.7884	1.2543	0.9016
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.8565	0.7916	1.1216	1.8268	1.6758	0.979	0.583	0.4245	0.5096	1.1976	1.957	1.4263
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.2355	1.2171	1.8084	2.9366	2.7412	1.6125	0.988	0.7542	0.9458	2.1979	3.1186	2.1307
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2.2887	2.2301	3.2759	5.2919	4.9065	2.9143	1.7446	1.2784	1.5686	3.7323	5.4963	3.8735
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	3.3945	3.3621	4.9235	7.7602	7.1003	4.243	2.5146	1.8104	2.2288	5.372	7.8732	5.6482
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.444	0.4489	0.6762	1.1071	1.0501	0.631	0.3922	0.3034	0.3854	0.871	1.1496	0.7693
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.5899	0.6068	0.9235	1.5313	1.4742	0.9047	0.576	0.4545	0.5818	1.258	1.5552	1.0234
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	1.1988	1.1114	1.6357	2.7103	2.5813	1.5282	0.9441	0.7118	0.8547	1.94	2.9415	2.0626
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.4472	0.4111	0.6112	1.0207	0.9806	0.5762	0.3556	0.2662	0.3163	0.7222	1.1135	0.7795

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.5638	0.5085	0.757	1.2727	1.2286	0.7153	0.4387	0.3232	0.3769	0.8667	1.3953	0.9872
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.8633	0.7752	1.1552	1.9355	1.8504	1.0579	0.6402	0.4632	0.5381	1.2629	2.1187	1.5108
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2.5405	2.1702	3.286	5.5131	5.3375	2.9488	1.7512	1.2148	1.3518	3.2125	5.9761	4.3937
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	1.291	1.3588	1.9355	2.8908	2.5238	1.4088	0.8475	0.6611	0.8929	2.1811	3.1586	2.1827
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	4.0645	4.1695	6.1136	9.6477	8.7652	5.0697	3.1085	2.434	3.1693	7.4142	10.2629	6.9769
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	1.4497	1.3123	2.0303	3.5102	3.4459	1.9709	1.1932	0.901	1.1017	2.5404	3.9002	2.6209
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.4041	0.3768	0.5912	1.0765	1.1068	0.6595	0.4153	0.3314	0.4191	0.887	1.17	0.7444
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	0.0553	0.0564	0.0846	0.1424	0.1417	0.0892	0.0554	0.0402	0.0502	0.1125	0.1447	0.097
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	0.219	0.2241	0.3378	0.5695	0.5704	0.3607	0.2268	0.1674	0.2098	0.4614	0.5786	0.3842
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.1594	0.1632	0.2442	0.4169	0.4207	0.2672	0.1675	0.1216	0.152	0.3355	0.425	0.2824
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.2707	0.2771	0.4214	0.6969	0.6857	0.4301	0.271	0.2047	0.2575	0.5643	0.7026	0.4677
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.1366	0.1387	0.2093	0.3426	0.3313	0.2049	0.1258	0.0927	0.1155	0.2647	0.3464	0.2353
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	0.6313	0.6528	1.0002	1.6636	1.6538	1.0503	0.6757	0.5206	0.6594	1.3899	1.6604	1.0904
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	0.7298	0.746	1.1384	1.8885	1.8514	1.1561	0.7308	0.5583	0.7032	1.532	1.9044	1.2634
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.2029	0.2067	0.3113	0.5149	0.5045	0.3149	0.1947	0.1428	0.1782	0.4035	0.521	0.3518
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.0952	0.0971	0.1468	0.2446	0.2418	0.1515	0.0944	0.07	0.0874	0.195	0.2475	0.1656
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.3631	0.3704	0.564	0.9351	0.9048	0.5555	0.3505	0.272	0.345	0.7569	0.9544	0.6311
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.2557	0.261	0.3987	0.6647	0.6502	0.4036	0.2555	0.1969	0.2485	0.5408	0.6733	0.4447
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.0284	0.0295	0.0456	0.0768	0.0766	0.0488	0.0315	0.0245	0.0311	0.0647	0.0761	0.0495
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.1024	0.1066	0.1645	0.2768	0.2755	0.1752	0.1137	0.0887	0.1129	0.234	0.2738	0.1779

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.039	0.039	0.0589	0.0973	0.0931	0.0563	0.0346	0.026	0.0324	0.0746	0.1003	0.0678
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.0798	0.0799	0.1208	0.1998	0.1912	0.1155	0.0711	0.0538	0.0672	0.1538	0.2061	0.1388
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.3202	0.32	0.4808	0.7879	0.7454	0.4451	0.2734	0.2083	0.2616	0.603	0.8216	0.5552
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.1085	0.1074	0.161	0.2646	0.2502	0.1493	0.0909	0.0683	0.0848	0.1979	0.2756	0.1879
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.7219	0.7009	1.0378	1.6971	1.5878	0.9371	0.5684	0.4258	0.5254	1.2326	1.7947	1.2416
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.6439	0.615	0.895	1.4572	1.3499	0.7949	0.4768	0.3512	0.4281	1.0117	1.5398	1.0905
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.7674	0.7247	1.0654	1.7503	1.6456	0.9695	0.5925	0.445	0.5417	1.2516	1.882	1.3155
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.3217	0.3005	0.4373	0.7191	0.6736	0.3965	0.2404	0.1786	0.2156	0.5002	0.7731	0.5475
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.0108	0.0102	0.0149	0.0245	0.0228	0.0134	0.008	0.0059	0.0071	0.0168	0.026	0.0184
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.0933	0.089	0.1307	0.2141	0.2	0.1177	0.0714	0.0533	0.0651	0.1524	0.2282	0.1595
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.631	0.6049	0.8965	1.4599	1.3665	0.7974	0.49	0.3724	0.46	1.067	1.579	1.0896
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.3438	0.3231	0.48	0.7925	0.7506	0.4387	0.2693	0.2026	0.2454	0.5679	0.8599	0.5973
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.111	0.1026	0.1528	0.2542	0.2421	0.1406	0.0859	0.0638	0.076	0.177	0.2772	0.1941
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.0495	0.0469	0.0697	0.1141	0.1069	0.0617	0.0376	0.0282	0.0344	0.0809	0.1241	0.0862
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.5198	0.5176	0.7574	1.1905	1.0779	0.6123	0.3705	0.2822	0.3607	0.8683	1.2948	0.8934
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.4032	0.3926	0.5785	0.9237	0.844	0.4784	0.2883	0.2161	0.2705	0.6542	1.0064	0.6979
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.1741	0.1754	0.2551	0.3946	0.3496	0.1937	0.1151	0.0864	0.1118	0.2796	0.4314	0.2992
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.0795	0.0832	0.1186	0.1777	0.1545	0.0851	0.0506	0.0388	0.0522	0.1305	0.1949	0.1352
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.4029	0.4006	0.6102	1.1256	1.0702	0.6408	0.4087	0.327	0.4024	0.8824	1.1142	0.7381
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.0451	0.0431	0.0672	0.1246	0.1254	0.0754	0.0479	0.0382	0.0475	0.1017	0.1293	0.0831

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.1784	0.1742	0.2676	0.4871	0.4705	0.2799	0.1762	0.1396	0.1727	0.382	0.4965	0.3265
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.2766	0.2805	0.4144	0.6675	0.6044	0.3433	0.2072	0.1611	0.2083	0.4992	0.713	0.4835
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.0405	0.0432	0.0608	0.0891	0.0766	0.0419	0.0249	0.0193	0.0266	0.0665	0.0982	0.0683
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.4687	0.5102	0.7082	1.0149	0.8643	0.4714	0.2812	0.2223	0.3134	0.7769	1.1225	0.7812
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.7547	0.7592	1.1134	1.7364	1.5486	0.8632	0.5157	0.3937	0.5123	1.2598	1.8944	1.3
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.005	0.0051	0.0077	0.0127	0.0124	0.0077	0.0048	0.0035	0.0044	0.0099	0.0128	0.0087
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.0059	0.006	0.0091	0.0149	0.0146	0.0091	0.0056	0.0041	0.0051	0.0116	0.0151	0.0102
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	0.0009	0.0009	0.0014	0.0024	0.0025	0.0016	0.001	0.0008	0.001	0.0021	0.0024	0.0015
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.0327	0.0346	0.049	0.0726	0.0626	0.0343	0.0204	0.0157	0.0214	0.0537	0.0798	0.0554
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.2162	0.2211	0.3289	0.5505	0.5028	0.2916	0.1798	0.1426	0.1819	0.4221	0.5673	0.3818
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.1152	0.1122	0.1731	0.3269	0.3208	0.1938	0.1242	0.0992	0.122	0.262	0.3265	0.2134
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	0.0048	0.005	0.0078	0.0131	0.0132	0.0085	0.0055	0.0043	0.0054	0.0111	0.0129	0.0083

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 129 Oferta hídrica total mensual a nivel UHN2. Condición de año hidrológico Húmedo (m3/s).

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.8723	1.8005	1.6067	2.7725	2.2325	1.3371	1.3417	1.12	1.2241	1.6751	2.0295	1.6702
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.7146	1.4346	1.279	2.2077	1.7095	0.9223	1.0164	0.788	0.8875	1.4066	1.6583	1.3525
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	1.1988	2.4401	2.1743	3.7426	3.0033	1.7958	1.802	1.4671	1.6247	2.2827	2.7279	2.2944
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	2.3231	4.4666	3.9106	6.6928	5.2747	2.7882	3.0284	2.1731	2.7052	4.7001	4.9739	4.4193
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	1.2583	2.4134	2.1501	3.6923	2.8634	1.5295	1.6721	1.1788	1.4618	2.3879	2.6766	2.4248

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	1.4366	3.0566	2.6149	4.4865	3.836	2.5148	2.3257	2.0233	2.0462	2.9229	3.2767	2.7537
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.9833	2.0411	1.8329	3.1898	2.4227	1.3585	1.4825	1.1951	1.3895	2.1017	2.4433	1.8372
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	1.39	1.9915	2.0327	3.5311	2.2946	1.1261	1.5573	1.0778	1.2109	1.7848	2.3584	2.3736
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.1788	1.7139	1.717	3.049	1.9799	0.9518	1.3123	0.9028	1.0102	1.5285	2.0218	2.0546
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.8539	2.6454	2.6443	4.8236	3.091	1.4601	2.0302	1.3605	1.5124	2.3637	3.1609	3.2758
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2.6405	4.5326	4.2128	6.9653	4.8114	2.5022	3.118	2.4036	2.8325	3.9171	4.9574	4.4786
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	4.5572	7.7224	7.2105	12.5605	8.9132	4.4903	5.5009	3.9234	4.476	6.9272	8.6192	8.3867
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	6.3799	11.1615	10.0979	17.6273	13.0286	6.5553	7.7457	5.3217	6.595	11.0238	12.2958	12.0936
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.8848	1.6513	1.5081	2.5262	1.8316	1.0316	1.1487	0.9167	1.0999	1.4564	1.8156	1.6029
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.1487	2.1831	2.0013	3.4014	2.5512	1.5397	1.5895	1.3113	1.5926	1.9707	2.46	2.1512
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	2.8053	4.188	4.2421	7.0248	4.6573	2.3629	3.1831	2.2567	2.5799	3.6692	4.8597	4.6513
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	1.1097	1.6697	1.6938	2.6903	1.7815	0.9277	1.226	0.8561	1.0001	1.3929	1.9028	1.7647
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	1.4976	2.2027	2.2646	3.4952	2.2819	1.2187	1.569	1.0436	1.2467	1.7266	2.5046	2.2838
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2.4136	3.5274	3.6042	5.425	3.4981	1.8897	2.3528	1.4942	1.8568	2.5725	3.9236	3.5022
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	8.6567	11.5995	12.8191	17.9431	11.4469	6.6278	6.6827	3.5308	4.8943	6.5172	13.7611	11.2512
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	2.8086	5.1055	4.1476	6.4676	4.167	2.2008	2.8437	2.2564	2.8959	4.0046	5.0617	3.9923
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	8.5372	15.2548	13.4859	21.8738	14.7884	7.8697	9.7506	8.1788	9.8875	12.8766	16.2235	13.8103
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	3.5793	5.4513	5.8907	9.3464	6.1744	3.3082	3.8359	3.1237	3.717	4.5797	6.8562	6.1544
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.7975	1.2201	1.4521	2.5937	1.8301	1.1526	1.1438	1.0999	1.2577	1.4722	1.7993	1.7394
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	0.0994	0.2032	0.1831	0.3179	0.2457	0.1325	0.1478	0.1182	0.1351	0.1982	0.2381	0.1889

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	0.3958	0.8127	0.7336	1.2717	0.9909	0.551	0.5981	0.487	0.5543	0.781	0.9475	0.7542
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.2842	0.5926	0.5366	0.9338	0.7174	0.3942	0.4381	0.3615	0.4172	0.5907	0.7048	0.5375
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.5031	1.0039	0.8996	1.5496	1.2239	0.7107	0.7297	0.5662	0.6443	0.9416	1.1229	0.967
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.2521	0.4938	0.4427	0.7625	0.5952	0.3284	0.3504	0.2601	0.3018	0.4754	0.5547	0.4854
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	1.1872	2.4007	2.1363	3.6767	2.9526	1.7991	1.7766	1.4163	1.5933	2.1923	2.6429	2.2898
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	1.3751	2.7295	2.4562	4.2229	3.3063	1.9518	1.9914	1.5039	1.7834	2.4706	3.0072	2.6648
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.3698	0.7387	0.6617	1.1435	0.8924	0.489	0.5291	0.4093	0.4627	0.7113	0.8443	0.7064
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.1745	0.3512	0.3158	0.5464	0.4283	0.2401	0.2545	0.1998	0.2257	0.3322	0.4011	0.3351
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.6944	1.3616	1.24	2.1082	1.5907	0.9368	0.9794	0.7665	0.9351	1.2185	1.5132	1.3305
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.4875	0.9645	0.8722	1.4957	1.1544	0.6858	0.7018	0.5312	0.6497	0.8669	1.0687	0.944
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.0547	0.1101	0.098	0.1699	0.1367	0.0858	0.0827	0.0655	0.0763	0.1011	0.1228	0.1063
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.1979	0.3944	0.3522	0.6093	0.4892	0.3092	0.2973	0.2352	0.2784	0.3647	0.4411	0.3815
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.0756	0.1432	0.1312	0.2242	0.1664	0.0917	0.1014	0.0763	0.0899	0.1282	0.1575	0.1439
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.1558	0.2948	0.2702	0.4608	0.3404	0.1885	0.2086	0.1588	0.1881	0.263	0.3253	0.2946
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.645	1.1817	1.0849	1.8263	1.3146	0.7161	0.8216	0.6371	0.7557	1.0413	1.2979	1.1676
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.2177	0.3947	0.3645	0.6195	0.4463	0.2381	0.2765	0.2089	0.2439	0.3499	0.4348	0.3999
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	1.5226	2.5639	2.4152	4.0953	2.8363	1.4437	1.8112	1.3456	1.5511	2.2503	2.8484	2.6739
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	1.3455	2.1457	2.0566	3.6095	2.4529	1.2003	1.5637	1.1119	1.2431	1.9067	2.4421	2.4061
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	1.7162	2.6693	2.6226	4.4107	2.9565	1.4734	1.9642	1.4173	1.6255	2.3375	3.0261	2.9063
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.7137	1.0784	1.0714	1.8489	1.2237	0.6003	0.8105	0.5697	0.6448	0.9547	1.2454	1.2313

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.0233	0.0366	0.0356	0.062	0.0416	0.0203	0.0268	0.0188	0.0213	0.0323	0.0419	0.0412
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.2014	0.3228	0.3112	0.5309	0.3596	0.1777	0.2338	0.1697	0.1935	0.2843	0.3639	0.3494
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	1.4668	2.3475	2.2531	3.6097	2.4136	1.2283	1.6236	1.2056	1.4289	1.968	2.5543	2.3315
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.8226	1.284	1.2634	2.0205	1.3443	0.6907	0.9098	0.6563	0.7727	1.0724	1.4208	1.3135
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.2794	0.4286	0.4272	0.6688	0.4403	0.2298	0.2992	0.2084	0.2485	0.3448	0.4744	0.4346
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.1212	0.1914	0.1849	0.2893	0.1912	0.0985	0.1288	0.0929	0.112	0.1542	0.205	0.1863
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	1.2074	2.0402	1.8235	2.8372	1.8573	0.9338	1.2533	0.9497	1.1771	1.6179	2.0988	1.7898
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.981	1.604	1.4777	2.276	1.4838	0.7561	0.9962	0.7266	0.9028	1.2491	1.6584	1.4406
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.4158	0.7108	0.6158	0.9378	0.6016	0.3005	0.402	0.2966	0.3818	0.5374	0.7068	0.5821
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.1784	0.3219	0.2615	0.4036	0.2574	0.1352	0.1747	0.1339	0.1749	0.2465	0.3183	0.2486
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.9631	1.0705	1.2696	2.5256	1.7587	1.1009	1.5309	1.3036	1.3598	1.3687	1.7043	1.711
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.0989	0.1254	0.1519	0.2915	0.209	0.1341	0.1563	0.1362	0.1479	0.1641	0.1985	0.1951
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.3983	0.5188	0.5949	1.1236	0.7838	0.4798	0.5847	0.5349	0.5723	0.6097	0.767	0.754
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.589	1.0341	0.9483	1.5363	1.0127	0.5303	0.6616	0.5919	0.7014	0.8789	1.1335	0.9779
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.0889	0.1629	0.1278	0.1979	0.1295	0.0688	0.0858	0.0666	0.0884	0.1248	0.1632	0.121
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	1.0002	1.8598	1.4359	2.1979	1.5182	0.7936	0.9562	0.7611	1.0197	1.4323	1.8889	1.3556
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	1.7759	3.0092	2.6703	4.0922	2.6411	1.3311	1.7458	1.3788	1.7316	2.3388	3.0634	2.5563
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.0092	0.0183	0.0164	0.0284	0.0223	0.0124	0.0131	0.01	0.0113	0.0174	0.0207	0.0178
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.0108	0.0215	0.0193	0.0333	0.0261	0.0144	0.0153	0.0117	0.0132	0.0206	0.0243	0.0209
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	0.0017	0.0035	0.0031	0.0054	0.0044	0.0028	0.0027	0.0022	0.0024	0.0033	0.0039	0.0033

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.0726	0.1322	0.1054	0.1628	0.1038	0.0556	0.0703	0.0543	0.0717	0.1012	0.1319	0.0997
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.4499	0.7313	0.7125	1.2315	0.8325	0.4713	0.5366	0.5449	0.6106	0.6861	0.8861	0.7999
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.2767	0.2936	0.3627	0.7445	0.53	0.3433	0.4719	0.3829	0.399	0.4094	0.4981	0.5064
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	0.0092	0.0189	0.0166	0.0288	0.0237	0.0151	0.0142	0.0116	0.0129	0.0176	0.0209	0.018

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 130 Oferta hídrica total mensual a nivel UHN2. Condición de año hidrológico Seco (m3/s).

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.1545	0.0787	0.2337	0.354	0.6072	0.3718	0.2508	0.1167	0.1668	0.2892	0.6321	0.3535
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.1314	0.0677	0.1897	0.2688	0.468	0.2642	0.1674	0.0948	0.0971	0.1873	0.4775	0.2733
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.2094	0.1077	0.321	0.4896	0.8119	0.4846	0.3311	0.1532	0.2223	0.3739	0.8569	0.4747
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	0.41	0.2179	0.621	0.9547	1.3496	0.6845	0.4863	0.2811	0.2662	0.4834	1.3753	0.8447
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.22	0.1158	0.3214	0.4992	0.7267	0.3747	0.2611	0.1465	0.1516	0.2547	0.7477	0.442
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.2411	0.126	0.4125	0.6592	1.0099	0.6525	0.3717	0.172	0.314	0.5226	1.003	0.4702
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.1903	0.0962	0.2675	0.3355	0.7043	0.4214	0.2395	0.1411	0.1362	0.292	0.6776	0.3902
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.1529	0.109	0.2347	0.3561	0.5292	0.2828	0.179	0.1309	0.1016	0.1399	0.3782	0.2583
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.1298	0.0929	0.2031	0.3201	0.4569	0.237	0.1494	0.1082	0.0822	0.11	0.3054	0.2162
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.1973	0.1453	0.3107	0.5262	0.7046	0.3592	0.2273	0.1637	0.1218	0.1567	0.4293	0.3193
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.3446	0.2245	0.5888	0.7127	1.2814	0.6227	0.373	0.2443	0.2238	0.354	1.1298	0.6393

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.6635	0.3904	0.9849	1.5135	2.1889	1.0882	0.7139	0.4769	0.4012	0.6051	1.8493	1.197
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.0452	0.5682	1.4933	2.4357	3.1759	1.5328	1.08	0.7005	0.5977	0.9325	2.8115	1.8603
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.1347	0.0804	0.2265	0.2807	0.5135	0.2551	0.1566	0.0858	0.1034	0.1665	0.5189	0.2634
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.1868	0.1086	0.296	0.4083	0.7624	0.3811	0.2424	0.1113	0.1786	0.2848	0.725	0.3853
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	0.3128	0.2223	0.4514	0.6422	1.0949	0.587	0.3627	0.2646	0.2127	0.3092	0.8646	0.5522
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.1124	0.0795	0.1309	0.2088	0.41	0.2185	0.1289	0.0914	0.0746	0.1089	0.3111	0.1996
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.1317	0.0921	0.1333	0.2296	0.4963	0.2648	0.1513	0.1046	0.0854	0.1205	0.3402	0.2303
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.1883	0.1326	0.1856	0.3138	0.7357	0.3803	0.2126	0.1434	0.1164	0.1602	0.4594	0.3247
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.5619	0.3907	0.4751	0.7238	1.5989	1.0317	0.5778	0.3844	0.3318	0.4628	1.0835	0.983
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	0.3162	0.2784	0.6705	0.6342	1.2725	0.4806	0.2561	0.1685	0.1318	0.2175	0.858	0.5115
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	1.1243	0.8408	2.0397	2.2565	4.5188	1.9052	1.0691	0.671	0.642	1.1076	3.8605	2.0015
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.4159	0.2681	0.3759	0.7143	1.3749	0.7855	0.4289	0.3076	0.2831	0.4622	1.526	0.827
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.1308	0.0838	0.1293	0.2606	0.5166	0.3204	0.1794	0.0907	0.1445	0.256	0.5697	0.2787
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	0.0186	0.0094	0.026	0.0361	0.0685	0.0403	0.0245	0.0136	0.0149	0.0284	0.0703	0.0388
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	0.0732	0.0371	0.104	0.1474	0.2762	0.1656	0.103	0.0547	0.0661	0.121	0.2917	0.1568
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.0542	0.0273	0.0758	0.1	0.2063	0.1262	0.0737	0.0411	0.0455	0.0903	0.2107	0.1141
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.0881	0.0454	0.1308	0.1998	0.3256	0.1857	0.128	0.0615	0.0851	0.1368	0.3521	0.1907
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.0445	0.023	0.0639	0.0984	0.1547	0.0843	0.0572	0.0302	0.035	0.0585	0.165	0.0922
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	0.2041	0.1058	0.3202	0.4827	0.791	0.4636	0.3044	0.14	0.2185	0.3496	0.8167	0.4421
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	0.2374	0.1244	0.3645	0.533	0.8841	0.4929	0.3386	0.1567	0.2336	0.3541	0.927	0.5045

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.0668	0.0343	0.0954	0.1414	0.2394	0.1355	0.0884	0.0474	0.0541	0.0962	0.254	0.1404
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.0315	0.016	0.0447	0.0669	0.115	0.0663	0.0433	0.0224	0.0275	0.0471	0.1242	0.0668
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.1162	0.0645	0.1847	0.2478	0.4454	0.2326	0.1499	0.0721	0.1053	0.1629	0.4443	0.2361
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.0831	0.0443	0.1318	0.1819	0.3147	0.1715	0.1145	0.0527	0.0802	0.1208	0.3189	0.173
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.0093	0.0049	0.0138	0.0218	0.0372	0.0213	0.0128	0.0058	0.0102	0.0157	0.036	0.018
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.0333	0.0178	0.0499	0.0789	0.136	0.0769	0.0455	0.0206	0.0375	0.058	0.1303	0.0644
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.0121	0.0068	0.0189	0.0257	0.0437	0.0226	0.0144	0.008	0.0091	0.0142	0.0437	0.0239
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.0246	0.014	0.0395	0.0517	0.0903	0.0465	0.0293	0.0161	0.0187	0.0292	0.0907	0.0488
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.095	0.0573	0.1653	0.1983	0.3545	0.1767	0.1081	0.0631	0.0677	0.1076	0.3409	0.1841
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.0321	0.0192	0.0524	0.0679	0.1159	0.0584	0.0363	0.0218	0.0219	0.0344	0.1087	0.0618
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.201	0.128	0.3337	0.4301	0.7188	0.3582	0.2207	0.1486	0.1283	0.1953	0.6084	0.3693
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.1713	0.1107	0.2654	0.4008	0.5913	0.2968	0.188	0.1358	0.1048	0.15	0.4502	0.3004
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.203	0.138	0.3325	0.4324	0.7178	0.3697	0.2277	0.1659	0.1318	0.1933	0.5694	0.3611
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.0821	0.0569	0.1293	0.1851	0.2879	0.1498	0.0934	0.0679	0.0526	0.0738	0.2118	0.1421
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.0028	0.0019	0.0044	0.0063	0.0098	0.005	0.0031	0.0022	0.0017	0.0024	0.0071	0.0048
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.025	0.0165	0.0405	0.0547	0.0882	0.0447	0.0277	0.0199	0.0158	0.0232	0.0701	0.0448
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.1653	0.1188	0.2402	0.3228	0.6133	0.3025	0.1778	0.1269	0.104	0.161	0.4978	0.2974
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.0878	0.0635	0.1152	0.1679	0.3255	0.1661	0.0974	0.0691	0.0563	0.084	0.253	0.1573
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.0268	0.0191	0.0309	0.0485	0.1017	0.0523	0.0299	0.0208	0.0169	0.0244	0.0731	0.0475
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.0121	0.0089	0.0156	0.0225	0.0468	0.0229	0.0129	0.0089	0.0073	0.0109	0.0345	0.0216

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.1281	0.1	0.2087	0.2444	0.5073	0.2191	0.1202	0.0815	0.0658	0.1039	0.3635	0.2195
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.0955	0.0723	0.1388	0.1769	0.3828	0.1705	0.093	0.0625	0.0504	0.0767	0.2621	0.1648
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.0396	0.0318	0.0684	0.074	0.1644	0.0657	0.0347	0.0225	0.0177	0.0271	0.1025	0.0655
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.0186	0.016	0.0388	0.0364	0.0764	0.0282	0.0148	0.0095	0.0073	0.0115	0.047	0.0293
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.1426	0.0928	0.2093	0.282	0.6574	0.2625	0.1363	0.0624	0.1019	0.254	0.5369	0.2731
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.0154	0.0097	0.018	0.0309	0.0731	0.0346	0.0185	0.0088	0.0163	0.0308	0.0637	0.0313
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.06	0.0391	0.0784	0.1174	0.2895	0.1178	0.0627	0.0303	0.0483	0.0999	0.2334	0.123
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.0741	0.057	0.1209	0.1438	0.3184	0.1278	0.0666	0.0431	0.0383	0.0682	0.2645	0.1331
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.0093	0.0087	0.0195	0.019	0.0383	0.0136	0.0072	0.0046	0.0035	0.0055	0.0234	0.0145
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.1006	0.11	0.2247	0.2312	0.4366	0.1513	0.0809	0.0511	0.0382	0.0619	0.2761	0.1669
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.1835	0.1442	0.3034	0.3424	0.7426	0.3026	0.1599	0.1055	0.0863	0.1414	0.5415	0.315
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.0016	0.0008	0.0023	0.0036	0.0058	0.0033	0.0022	0.0011	0.0014	0.0023	0.0063	0.0034
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.0019	0.001	0.0028	0.0042	0.0068	0.0038	0.0025	0.0013	0.0016	0.0026	0.0073	0.004
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	0.0003	0.0002	0.0004	0.0007	0.0012	0.0007	0.0004	0.0002	0.0003	0.0005	0.0011	0.0005
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.0077	0.0068	0.0158	0.0151	0.0313	0.0112	0.0059	0.0037	0.0029	0.0045	0.0191	0.0118
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.0648	0.048	0.1078	0.1282	0.2944	0.1123	0.0586	0.0327	0.0374	0.0759	0.2449	0.1209
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.0397	0.0263	0.0557	0.0832	0.2011	0.0836	0.0411	0.0191	0.0325	0.0838	0.1637	0.075
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	0.0016	0.0008	0.0023	0.0038	0.0063	0.0038	0.0022	0.001	0.0017	0.0028	0.0061	0.003

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los años húmedos se encuentran en un rango entre los 162.19% hasta los 308.82% de la oferta hídrica total mensual en condición de año hidrológico normal. Para el conjunto de las unidades hidrográficas de nivel 2 (UHN2), se estima en promedio, una relación $Oferta\ hídrica\ total_{húmedo}/Oferta\ hídrica\ total_{normal}$ del 211.14% para el mes de enero, febrero de 367.89%, marzo de 231.62%, abril de 235.99%, mayo de 176.76%, junio de 162.19%, julio de 308.82%, agosto de 312.53%, septiembre del 293.56%, octubre referencia una relación del 178.29%, noviembre del 162.68% y finalmente, diciembre con una relación de la condición húmeda respecto a la normal, correspondiente al 211.48%. Es importante destacar, que las relaciones incrementan en magnitud en mayor medida en los meses de estiaje (menor pluviosidad).

En contraste, los años secos fluctúan en un rango entre los 18.96% hasta los 47.26% de la oferta hídrica total mensual en condición de año hidrológico normal. Para el conjunto de las unidades hidrográficas de nivel 2 (UHN2), se estima en promedio, una relación $Oferta\ hídrica\ total_{seco}/Oferta\ hídrica\ total_{normal}$ del 29.98% para el mes de enero, febrero de 18.34%, marzo de 29.32%, abril de 24.88%, mayo de 47.26%, junio de 39.87%, julio de 38.89%, agosto de 30.32%, septiembre del 25.89%, octubre referencia una relación del 18.96%, noviembre del 38.26% y finalmente, diciembre con una relación de la condición seca respecto a la normal, correspondiente al 31.98%. Es importante destacar, que las relaciones incrementan en magnitud en mayor medida en los meses mayor pluviosidad, pero en menor proporción a los años hidrológicos húmedos.

1.3.2.3.2.6.11 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES (CDC)

A continuación, se presentan las curvas de excedencia de las unidades hidrográficas de nivel I, correspondiente al caudal igualado o superado determinado porcentaje (%) del tiempo, especialmente Q5%, Q50%, Q75%, Q85%, Q90%, Q95%, así como los caudales mínimos y máximos de la simulación media diaria, y el respectivo caudal medio anual en la ventana de análisis 1991-2020. Por otra parte, las curvas de excedencia de las unidades de nivel II como las de los tramos se encuentran en la documentación anexa.

Tabla 131 Caudales característicos de las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

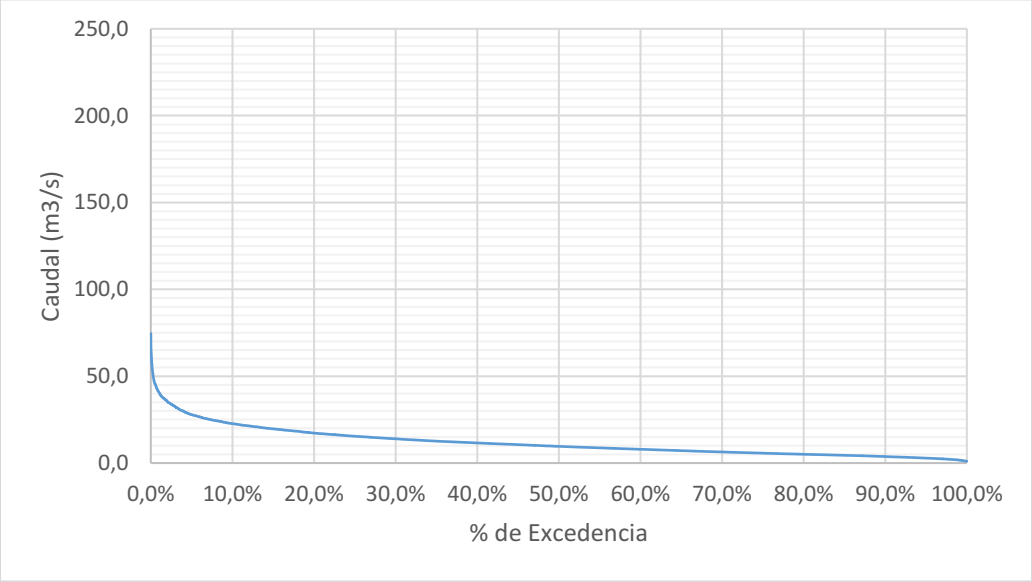
CAUDALES CARACTERÍSTICOS M3/S	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
Q medio anual	11.78	19.66	25.18
Q máx.	74.55	135.77	192.58
Q5	45.70	78.67	110.18
Q50	9.60	15.73	19.62
Q75	5.69	9.25	11.42
Q85	4.48	6.84	8.30
Q90	3.74	5.63	6.82
Q95	2.85	4.25	5.17
Q mín.	1.03	1.93	2.18

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para el caso del Río Guaquimay, se estiman caudales característicos asociados al caudal igualado o superado el 5% del tiempo (Q5), referenciando un 387.95% del caudal medio anual ($Q_{medio\ anual}$),

Q50 (81.49% $Q_{medio\ anual}$), Q75 (48.30% $Q_{medio\ anual}$), Q85 (38.03% $Q_{medio\ anual}$), así como el Q95, correspondiente al 24.19% del caudal medio anual.

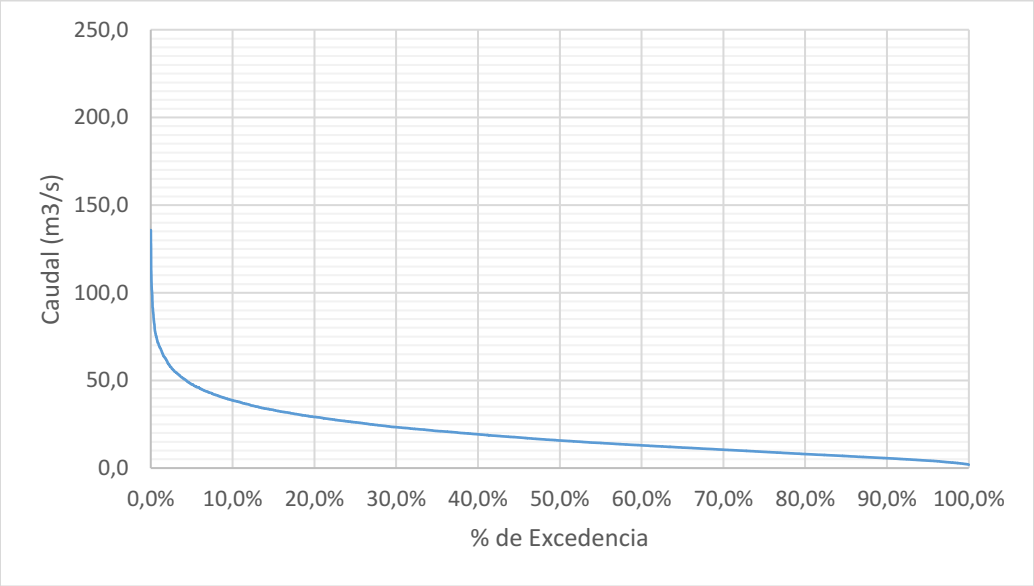
Figura 216 CDC Río Guaquimay.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto al Río Negro, se estiman caudales característicos asociados al caudal igualado o superado el 5% del tiempo (Q5), referenciando un 400.15% del caudal medio anual ($Q_{medio\ anual}$), Q50 (80.01% $Q_{medio\ anual}$), Q75 (47.05% $Q_{medio\ anual}$), Q85 (34.79% $Q_{medio\ anual}$), así como el Q95, correspondiente al 21.62% del caudal medio anual.

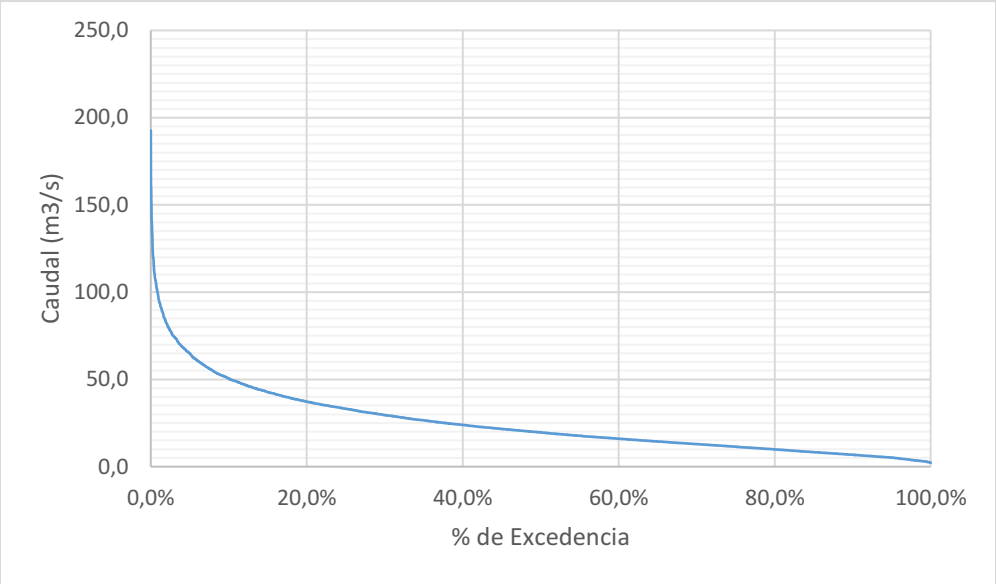
Figura 217 CDC Río Negro.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para el caso del Río Palenque, se estiman caudales característicos asociados al caudal igualado o superado el 5% del tiempo (Q5), referenciando un 437.57% del caudal medio anual ($Q_{medio\ anual}$), Q50 (77.92% $Q_{medio\ anual}$), Q75 (45.35% $Q_{medio\ anual}$), Q85 (32.96% $Q_{medio\ anual}$), así como el Q95, correspondiente al 20.53% del caudal medio anual.

Figura 218 CDC Río Palenque.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.2.3.2.6.12 ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH)

La estimación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), se realiza de acuerdo a la ficha técnica del IDEAM, desarrollada en el marco de la elaboración de las últimas ediciones del Estudio Nacional del Agua (ENA), donde se detalla la descripción del índice, su marco conceptual, así como las expresiones matemáticas para su cálculo. La estimación del IRH, se construye a partir de la curva de excedencia de caudales medios diarios, también denominada Curva de Duración de Caudales (CDC) asociadas a todas las unidades de cuenca anexadas en los libros de cálculo, donde su desarrollo se articula como insumo para el cálculo de otros indicadores. El apartado anteriormente mencionado, ilustra las CDC de las unidades principales.

Tabla 132 Parámetros y estimación del IRH para UHN1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UHN1	ΔP_{exc}	$\Sigma(Q_{(i)}+Q_{(i+1)})/2$	Vt	Q_{med}	% Exc $_{med}$	Vp1	$\Sigma(Q_{(i)}+Q_{(i+1)})/2$	Vp2	Vp	IRH
Río Guaquimay	0.01%	129126.25	11.78	11.78	39.09%	4.61	44320.47	4.04	8.65	0.734
Río Negro	0.01%	215518.82	19.7	19.7	38.99%	7.7	71925.64	6.56	14.23	0.724
Río Palenque	0.01%	276005.77	25.2	25.2	37.40%	9.4	92984.01	8.49	17.90	0.711

Columna 1	Pexc (i+1)-Pexc (i) de la CDC, donde i denota un valor de la serie ordenada, i +1 el valor inmediatamente superior, el valor es constante para todos los intervalos
Columna 2	Σ(Q(i)+Q(i+1))/2 de la CDC, es la sumatoria de los promedios de los caudales de cada uno intervalo de la serie ordenada, se tiene en cuenta la totalidad de la CDC
Columna 3	1*2
Columna 4	Es el caudal promedio de toda la serie de caudales empleados para construir la CDC

Columna 5	Es el % de excedencia estimado de la CDC asociado al caudal promedio de la columna 4
Columna 6	4*5
Columna 7	Σ(Q(i)+Q(i+1))/2 de la CDC, es la sumatoria de los promedios de los caudales de cada uno intervalo de la serie ordenada, se tiene en cuenta la serie de la CDC superior al caudal medio
Columna 8	1*7
Columna 9	6+8
Columna 10	9/3

Fuente: Elaboración propia, 2022

Los valores de IRH estimados para cada cuenca hidrográfica, corresponden a 0.734 para Río Guaquimay, 0.724 en Río Negro, y 0.711 para el Río Palenque. A continuación, se presentan dichos resultados del IRH estimado a escala anual para la UHN1, los cuales se enmarcan dentro del rango de 0.65 – 0.75, estableciendo un calificador de Moderada regulación y retención hídrica, extendiéndose también en las unidades UHN 2 y en tramos definidos.

Tabla 133 Estimación del IRH asociado a las cuencas hidrográficas de nivel UHN2.

UHN2	IRH	Categoría
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.7361	Medio
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.7296	Medio
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.7357	Medio
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	0.7237	Medio
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.7256	Medio
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.7338	Medio
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.7284	Medio
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.7194	Medio
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7164	Medio
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7133	Medio
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7200	Medio
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7208	Medio
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7208	Medio
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7249	Medio
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7284	Medio
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	0.7199	Medio
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.7143	Medio
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.7068	Medio
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.6986	Medio
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.6776	Medio
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	0.6971	Medio
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.7138	Medio
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.7064	Medio
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.7176	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	0.7308	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	0.7330	Medio
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.7315	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.7329	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.7289	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	0.7337	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	0.7314	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.7306	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.7315	Medio
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.7283	Medio

UHN2	IRH	Categoría
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.7296	Medio
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.7295	Medio
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.7299	Medio
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.7248	Medio
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.7245	Medio
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.7229	Medio
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.7219	Medio
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.7199	Medio
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.7186	Medio
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.7194	Medio
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.7181	Medio
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.7157	Medio
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.7190	Medio
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.7166	Medio
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.7148	Medio
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.7092	Medio
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.7096	Medio
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.7057	Medio
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.7035	Medio
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.6945	Medio
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.6911	Medio
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.7062	Medio
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.7136	Medio
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.7104	Medio
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.7056	Medio
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.6870	Medio
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.6841	Medio
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.6991	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.7297	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.7294	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	0.7288	Medio
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.6883	Medio
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.7101	Medio
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.7069	Medio
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	0.7290	Medio

Fuente: Elaboración propia, 2022

Para el caso de las 20 UHN2 asociadas a la cuenca del río Guaquimay, se estima un valor promedio del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) de 0.7307, con rangos comprendidos entre los 0.7237a 0.7361 de IRH. En referencia a las 22 UHN2 de cuenca del río Negro, se estima un valor promedio de IRH de 0.7221, con rangos comprendidos entre los 0.7133 a 0.7299. Adicionalmente, la cuenca del río Palenque con sus 27 unidades hidrográficas de nivel UHN2, referencia un valor medio de IRH correspondiente a 0.7040, con rangos acotados entre los 0.6776 hasta los 0.7199.

Figura 219 Índice de retención y regulación hídrica (IRH).

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.2.3.2.6.13 CAUDAL AMBIENTAL

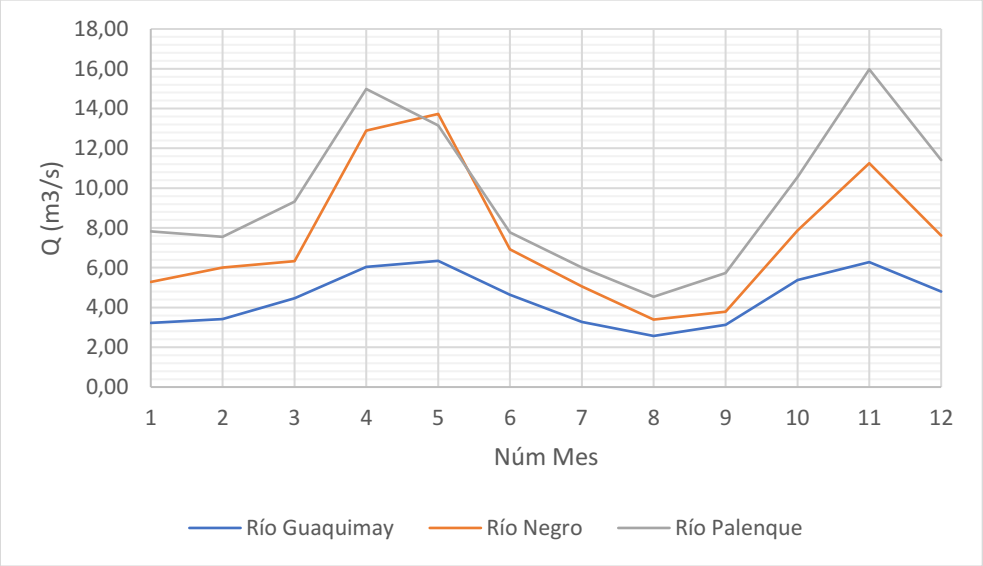
El caudal ambiental, de acuerdo al Decreto 1076 de 2015 se define como el "volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas". Existen numerables metodologías para la estimación del caudal ambiental, considerando diferentes enfoques como hidrológicos, hidráulicos, simulación de hábitats y holísticos; teniendo en cuenta que cada consideración metodológica tiene particularidades en su definición y aplicación.

Se realiza la estimación desde un enfoque holístico, presentándose de forma detallada en el ANEXO de la presente Fase de Diagnóstico, denominado *ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL CONSIDERANDO EL FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO,* donde se incluye el esquema

metodológico, así como los respectivos resultados de la Fase II según las consideraciones definidas por los criterios técnicos de las Corporaciones Autónomas Regionales aferentes respecto a la Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; IDEAM, 2019).

El resumen de los resultados, se presenta de forma duplicada únicamente a nivel hidrográfico de nivel 1 (UHN1) en escala media anual y mensual multianual, con el fin de seguir la lectura sintetizada de la oferta hídrica disponible, obtenida como la diferencia entre la oferta hídrica total y el caudal ambiental en mención. La trazabilidad en la estimación del caudal ambiental asociada a la metodología, procesos, análisis y resultados en las unidades hidrográficas subsiguientes, así como los tramos de análisis según su objetivo ambiental, puede visualizarse en el Anexo mencionado con anterioridad.

Figura 220 Caudal ambiental mensual multianual de las unidades UHN1 (m3/s).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 134 Caudal ambiental mensual multianual de las unidades del Río Guaquimay, Río Negro, y Río Palenque (m3/s).

MES	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
Ene	3.2172	5.2759	7.8247
Feb	3.4090	6.0078	7.5514
Mar	4.4702	6.3314	9.3195
Abr	6.0435	12.8926	14.9860
May	6.3437	13.7298	13.1484
Jun	4.6413	6.9262	7.7698
Jul	3.2698	5.0542	6.0058
Ago	2.5679	3.3918	4.5376
Sep	3.1194	3.7875	5.7313

Oct	5.3801	7.8775	10.5592
Nov	6.2818	11.2533	15.9727
Dic	4.8054	7.6107	11.4092
Anual (m3/s)	**4.4645**	**7.5102**	**9.5671**
Anual (Mm3/año)	**140.8860**	**236.9968**	**301.8972**

Fuente: Elaboración propia, 2022.

El caudal ambiental medio anual definido en la ventana temporal de simulación entre los años 1991 a 2020, corresponde a 4.4645 m3/s (140.8860 millones de m3/año) en la UHN1 del Río Guaquimay, 7.5102 m3/s (236.9968 millones de m3/año) en la unidad hidrográfica del Río Negro, y 9.5671 m3/s (301.8972 millones de m3/año) para el Río Palenque. Es de resaltar, que los porcentajes anuales del caudal ambiental respecto a la oferta hídrica total anual, se encuentran en promedio en un 37.62% para la cuenca del río Guaquimay, con un rango de fluctuación anual entre los 35.36% (año 1997) a 40.91% (año 2011), 37.93% en río Negro, acotado entre los 34.59% (año 2020) hasta los 42.47% (año 2015), y 37.65% en el río Palenque, con variaciones límites entre los 35.16% (año 1997) a 41.77% (año 2011).

El caudal medio mensual, presenta determinada similitud al régimen intranual de las áreas de estudio, donde se destacan los meses húmedos comprendidos entre marzo a mayo, y octubre a noviembre. De acuerdo al resumen de la relación porcentual entre los caudales ambientales y la oferta hídrica total mensual media anual, se describen fluctuaciones mensuales entre un 32.16% (abril) y 47.09% (agosto) para la cuenca del Río Guaquimay; variación entre los 31.93% (marzo) y 46.74% (julio) en Río Negro; y rango definido entre el 34.28% (mayo) a 45.34% (septiembre) en el Río Palenque.

1.3.2.3.2.6.14 OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE

La oferta hídrica disponible, resultante de la diferencia entre la oferta hídrica normal y el caudal ambiental estimado según el funcionamiento ecológico, comprende una reducción promedio de la Oferta Hídrica Total (OHT) del 37.62% para la cuenca del Río Guaquimay, 37.93% en Río Negro y 37.65% en Río Palenque, asociado principalmente a la regulación y retención hídrica estimada a partir de la curva de excedencia de caudales medios diarios. A continuación, se presenta la Oferta Hídrica Disponible (OHD) en millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), así como la OHD mensual a escala de unidad hidrográfica de nivel UHN1.

Tabla 135 Oferta hídrica disponible (Mm3/año) de las unidades hidrográficas de nivel UHN1

CUENCA	OHT NORMAL (mm3/año)	OHD NORMAL (mm3/año)
Río Guaquimay	371.3375	230.4515
Río Negro	619.9416	382.9448
Río Palenque	793.89228	491.9956

Fuente: Elaboración propia, 2022.

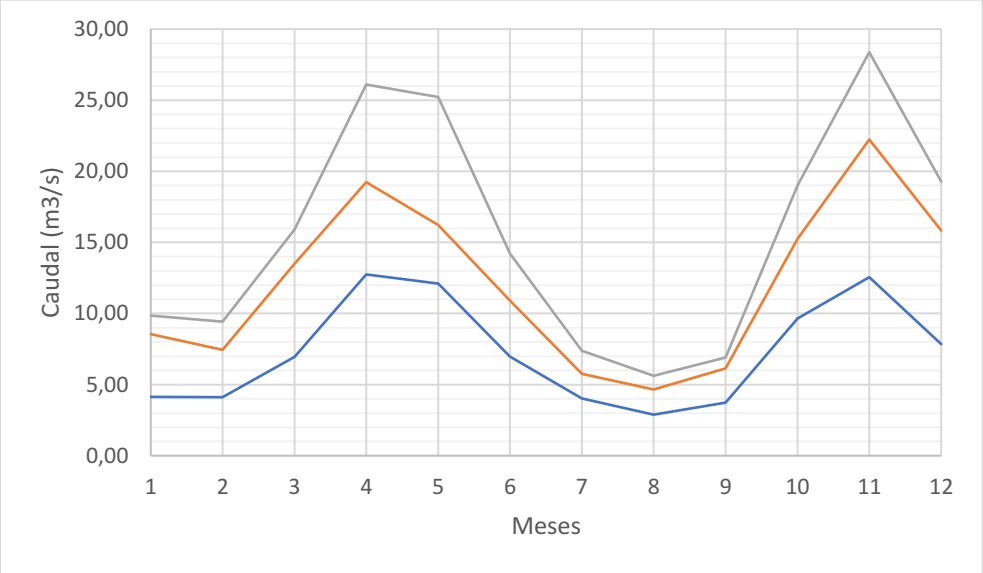
Tabla 136 Oferta hídrica disponible mensual multianual (m3/s) en las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque

MES	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
Ene	4.1300	8.5401	9.8411
Feb	4.1221	7.4334	9.4250
Mar	6.9474	13.5005	15.8974
Abr	12.7474	19.2336	26.0938
May	12.1037	16.2256	25.2098
Jun	6.9761	10.9161	14.2087
Jul	4.0333	5.7603	7.3817
Ago	2.8856	4.6534	5.6182
Sep	3.7395	6.1461	6.9089
Oct	9.6462	15.2617	18.9997
Nov	12.5529	22.2306	28.3736
Dic	7.8462	15.8262	19.2738

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los caudales medios mensuales asociados a la oferta hídrica disponible, tienen relación directa con el régimen bimodal característico en la oferta hídrica total mensual en condición de año hidrológico normal, donde las reducciones son más pronunciadas en los meses entre julio y septiembre, siendo agosto la máxima reducción de la oferta hídrica disponible a escala intranual.

Figura 221 Oferta hídrica disponible mensual multianual (m3/s) en las cuencas del Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Adicionalmente, se presenta la relación porcentual entre la Oferta hídrica disponible respecto a la Oferta hídrica total en condición de año hidrológico normal ($Oferta\ hídrica_{Disponible}/Oferta\ hídrica_{Total}$), los cuales se encuentran entre un 52.91% (agosto) y 67.84% (abril) para la cuenca del Río Guaquimay; fluctuación entre los 53.26% (julio) y 68.07% (marzo) en Río Negro; y rango definido entre el 54.66% (septiembre) a 65.72% (mayo) en el Río Palenque. A continuación, se presenta la relación $Oferta\ hídrica_{Disponible}/Oferta\ hídrica_{Total}$ (%).

Tabla 137 Relación porcentual entre la Oferta hídrica disponible respecto a la Oferta hídrica total en condición de año hidrológico normal

Mes	Río Guaquimay	Río Negro	Río Palenque
Ene	56.21%	61.81%	55.71%
Feb	54.73%	55.30%	55.52%
Mar	60.85%	68.07%	63.04%
Abr	67.84%	59.87%	63.52%
May	65.61%	54.17%	65.72%
Jun	60.05%	61.18%	64.65%
Jul	55.23%	53.26%	55.14%
Ago	52.91%	57.84%	55.32%
Sep	54.52%	61.87%	54.66%
Oct	64.20%	65.96%	64.28%
Nov	66.65%	66.39%	63.98%
Dic	62.02%	67.53%	62.82%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 138 Oferta hídrica disponible mensual a nivel UHN2 (m3/s)

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.2689	0.2719	0.4578	0.8648	0.8463	0.4887	0.2951	0.2219	0.2794	0.6939	0.8482	0.5149
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.2261	0.2251	0.3701	0.6908	0.6461	0.3683	0.2071	0.1437	0.1788	0.5006	0.6881	0.4352
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.3668	0.3702	0.6234	1.1688	1.1303	0.6508	0.3905	0.2934	0.3699	0.9285	1.1472	0.7001
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	0.7364	0.7327	1.2004	2.1382	1.9132	1.0712	0.5790	0.3925	0.4896	1.4594	2.1119	1.3782
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.3902	0.3847	0.6359	1.1488	1.0354	0.5790	0.3176	0.2217	0.2758	0.8030	1.1464	0.7360
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.4024	0.3984	0.7569	1.2539	1.2947	0.8246	0.4996	0.3449	0.5591	1.0831	1.1823	0.7267
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.3155	0.3147	0.5133	0.9910	0.9551	0.5489	0.3121	0.2131	0.2644	0.7255	0.9884	0.6200
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.3799	0.3105	0.5493	0.8001	0.6801	0.4551	0.2401	0.1931	0.2479	0.6092	0.9742	0.7044
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.3324	0.2745	0.4822	0.6935	0.5891	0.3859	0.2018	0.1608	0.2023	0.5132	0.8242	0.6129
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.5349	0.4412	0.7634	1.0927	0.9107	0.5993	0.3088	0.2407	0.3051	0.7789	1.3057	0.9740
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.7698	0.6758	1.2381	1.7630	1.4902	0.9925	0.5317	0.4454	0.5984	1.4671	2.0736	1.4427
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	1.4195	1.2333	2.2364	3.1704	2.6546	1.7850	0.9259	0.7328	0.9629	2.4585	3.6637	2.6204
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2.1085	1.8696	3.3705	4.6527	3.8413	2.5969	1.3318	1.0305	1.3628	3.5242	5.2341	3.8197
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.2780	0.2509	0.4662	0.6676	0.5736	0.3906	0.2155	0.1856	0.2515	0.5863	0.7610	0.5195
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.3688	0.3395	0.6379	0.9252	0.8085	0.5611	0.3220	0.2848	0.3888	0.8504	1.0256	0.6880
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	0.5904	0.5417	0.9386	1.5293	1.5902	0.9205	0.4983	0.3615	0.4128	1.0878	1.6711	1.1674
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.2222	0.2062	0.3565	0.5685	0.6184	0.4190	0.1757	0.1422	0.1571	0.4167	0.6791	0.4627
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.2890	0.2595	0.4436	0.7108	0.7780	0.5415	0.2252	0.1744	0.1947	0.5010	0.8541	0.5895
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.4551	0.4273	0.6759	1.1461	1.1383	0.6646	0.3359	0.2646	0.2872	0.7037	1.3124	0.9123
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	1.3029	1.1084	1.9490	3.1090	3.4720	1.8475	0.9189	0.6844	0.6779	1.8539	3.7067	2.6581
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	0.6769	0.7229	1.1852	1.6527	1.6396	0.8913	0.4566	0.3886	0.4851	1.3124	1.9743	1.3313
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2.2188	2.2872	4.0023	6.6461	5.9341	3.2226	1.6797	1.2615	1.7208	5.1577	6.8012	4.4927
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	1.0190	0.9074	1.4938	2.6718	2.5284	1.3934	0.7707	0.5380	0.6880	1.9300	2.9195	1.9662

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.2806	0.2542	0.4335	0.8202	0.8124	0.4597	0.2742	0.2075	0.2750	0.6815	0.8595	0.5470
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	0.0313	0.0312	0.0515	0.0983	0.0943	0.0539	0.0308	0.0217	0.0270	0.0732	0.0980	0.0610
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	0.1241	0.1238	0.2059	0.3929	0.3806	0.2181	0.1269	0.0915	0.1141	0.3011	0.3912	0.2412
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.0902	0.0900	0.1487	0.2879	0.2813	0.1616	0.0936	0.0662	0.0824	0.2188	0.2873	0.1773
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.1533	0.1533	0.2569	0.4798	0.4554	0.2596	0.1516	0.1118	0.1401	0.3681	0.4751	0.2932
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.0775	0.0767	0.1279	0.2358	0.2182	0.1234	0.0694	0.0495	0.0616	0.1719	0.2351	0.1480
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	0.3573	0.3611	0.6101	1.1450	1.1034	0.6345	0.3821	0.2888	0.3643	0.9087	1.1187	0.6814
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	0.4126	0.4117	0.6943	1.2991	1.2275	0.6968	0.4086	0.3043	0.3826	0.9993	1.2859	0.7907
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.1150	0.1143	0.1897	0.3548	0.3340	0.1899	0.1079	0.0768	0.0955	0.2624	0.3533	0.2211
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.0539	0.0537	0.0895	0.1686	0.1607	0.0915	0.0527	0.0380	0.0472	0.1271	0.1677	0.1040
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.2261	0.2062	0.3863	0.5639	0.4950	0.3439	0.1945	0.1691	0.2278	0.5097	0.6302	0.4239
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.1581	0.1443	0.2728	0.4001	0.3554	0.2491	0.1414	0.1222	0.1639	0.3630	0.4437	0.2973
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (md)	0.0177	0.0165	0.0314	0.0464	0.0420	0.0306	0.0177	0.0152	0.0205	0.0432	0.0501	0.0331
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (mi)	0.0501	0.0519	0.0997	0.1691	0.1503	0.1042	0.0632	0.0466	0.0610	0.1515	0.1753	0.1162
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Río Mencipa (mi)	0.0243	0.0217	0.0403	0.0586	0.0508	0.0348	0.0189	0.0157	0.0209	0.0499	0.0664	0.0457
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.0498	0.0445	0.0826	0.1203	0.1043	0.0714	0.0389	0.0326	0.0433	0.1031	0.1366	0.0936
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.2000	0.1783	0.3306	0.4744	0.4064	0.2751	0.1490	0.1257	0.1680	0.4042	0.5447	0.3753
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.0676	0.0597	0.1104	0.1591	0.1362	0.0922	0.0493	0.0406	0.0539	0.1321	0.1829	0.1270
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.4478	0.3871	0.7083	1.0170	0.8609	0.5753	0.3035	0.2478	0.3269	0.8172	1.1966	0.8401
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.3996	0.3402	0.6103	0.8725	0.7305	0.4870	0.2527	0.2010	0.2614	0.6652	1.0305	0.7400
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.4748	0.3986	0.7198	1.0461	0.8907	0.5943	0.3149	0.2573	0.3341	0.8260	1.2582	0.8912
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.1990	0.1655	0.2959	0.4292	0.3654	0.2423	0.1274	0.1027	0.1310	0.3281	0.5143	0.3715
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabaquera (mi)	0.0067	0.0056	0.0101	0.0147	0.0124	0.0082	0.0043	0.0034	0.0043	0.0110	0.0175	0.0125
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabaquera (md)	0.0578	0.0491	0.0890	0.1281	0.1083	0.0722	0.0379	0.0307	0.0401	0.1006	0.1526	0.1081

UHN2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.3218	0.3165	0.5218	0.8479	0.8403	0.4899	0.2563	0.2024	0.2382	0.6000	0.9431	0.6383
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.2314	0.1669	0.3098	0.4575	0.4758	0.3004	0.1560	0.1221	0.1426	0.3328	0.5247	0.3589
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.0639	0.0502	0.0962	0.1867	0.1732	0.0868	0.0439	0.0370	0.0392	0.1085	0.1522	0.1093
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.0259	0.0258	0.0408	0.0676	0.0656	0.0385	0.0196	0.0160	0.0185	0.0453	0.0768	0.0518
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.2763	0.2900	0.4491	0.7106	0.6646	0.3847	0.1956	0.1633	0.1988	0.4913	0.8045	0.5406
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.2143	0.2197	0.3426	0.5511	0.5209	0.3012	0.1524	0.1250	0.1484	0.3696	0.6259	0.4227
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.0944	0.0937	0.1515	0.2287	0.2289	0.1240	0.0627	0.0497	0.0628	0.1587	0.2468	0.1738
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.0434	0.0449	0.0708	0.1032	0.1011	0.0546	0.0277	0.0225	0.0297	0.0744	0.1118	0.0787
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.2864	0.2833	0.4615	0.8685	0.7906	0.4565	0.2815	0.2123	0.2740	0.6929	0.8179	0.5404
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (md)	0.0316	0.0297	0.0500	0.0956	0.0932	0.0532	0.0326	0.0245	0.0319	0.0790	0.0944	0.0608
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.1270	0.1227	0.2020	0.3758	0.3474	0.1989	0.1200	0.0898	0.1160	0.2991	0.3655	0.2408
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.2024	0.2023	0.3156	0.5180	0.4459	0.2469	0.1378	0.1004	0.1370	0.3906	0.5373	0.3656
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.0214	0.0232	0.0374	0.0511	0.0499	0.0266	0.0136	0.0115	0.0146	0.0402	0.0616	0.0418
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.2376	0.2569	0.3647	0.5392	0.4557	0.2461	0.1419	0.1114	0.1582	0.4034	0.5988	0.4081
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.4096	0.3851	0.6512	0.9743	0.8532	0.5290	0.2449	0.2005	0.2412	0.7566	0.9798	0.6961
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.0028	0.0028	0.0047	0.0088	0.0082	0.0047	0.0026	0.0019	0.0024	0.0065	0.0087	0.0054
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.0033	0.0033	0.0055	0.0103	0.0096	0.0055	0.0031	0.0022	0.0027	0.0076	0.0102	0.0064
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (mi)	0.0005	0.0005	0.0009	0.0017	0.0017	0.0010	0.0006	0.0005	0.0006	0.0014	0.0016	0.0010
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.0173	0.0186	0.0301	0.0416	0.0408	0.0218	0.0111	0.0093	0.0117	0.0324	0.0501	0.0340
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.1578	0.1594	0.2512	0.4276	0.3693	0.2097	0.1209	0.0909	0.1220	0.3327	0.4243	0.2868
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (mi)	0.0811	0.0785	0.1302	0.2513	0.2395	0.1371	0.0857	0.0646	0.0830	0.2048	0.2375	0.1555
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (md)	0.0027	0.0028	0.0047	0.0090	0.0088	0.0051	0.0031	0.0024	0.0030	0.0073	0.0086	0.0052

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 139 Oferta hídrica disponible anual a nivel UHN2 (Mm3/s).

UHN2	OHT (Mm3/año)	Q Ambiental (Mm3/año)	OHD (Mm3/año)
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	25.2497	9.3535	15.8962
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	19.6165	7.3223	12.2941
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	33.9947	12.6132	21.3815
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	59.7613	22.4480	37.3133
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	32.2306	12.0686	20.1620
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	42.9250	18.4321	24.4929
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	28.2932	10.5309	17.7623
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	26.1977	10.0540	16.1438
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	22.5296	8.6728	13.8567
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	35.0825	13.3870	21.6955
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	56.9922	21.5476	35.4446
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	101.4436	38.7336	62.7100
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	147.7746	56.4678	91.3068
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	21.6236	8.1013	13.5223
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	30.1675	11.2482	18.9193
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	53.1391	23.4234	29.7157
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	19.9738	8.3517	11.6221
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	24.7918	10.1839	14.6079
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	37.2418	15.3818	21.8600
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	104.3218	43.1245	61.1973
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	56.0619	22.6287	33.4332
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	187.1028	67.7118	119.3910
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	68.2670	18.8055	49.4615
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	21.5026	5.9881	15.5145
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	2.8112	1.0453	1.7659
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	11.3263	4.2041	7.1221
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	8.2930	3.0782	5.2148
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	13.7958	5.1319	8.6639
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	6.6854	2.4955	4.1899
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	33.2403	12.3432	20.8970
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	37.3236	13.9097	23.4139
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	10.1103	3.7668	6.3434
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	4.8274	1.7948	3.0326
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	18.4035	6.9039	11.4996
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	13.1230	4.9485	8.1745
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (md)	1.5322	0.5747	0.9575
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (mi)	5.5242	2.2689	3.2553

UHN2	OHT (Mm3/año)	Q Ambiental (Mm3/año)	OHD (Mm3/año)
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Río Mencipa (mi)	1.8909	0.7138	1.1771
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Qda. Namasbuco (md)	3.8837	1.4638	2.4199
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	15.3020	5.7591	9.5429
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	5.1149	1.9329	3.1820
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	32.7742	12.4653	20.3089
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	27.9986	10.6785	17.3201
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	34.0358	12.9989	21.0369
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	13.9394	5.3405	8.5988
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabaquera (mi)	0.4698	0.1787	0.2911
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabaquera (md)	4.1381	1.5777	2.5603
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	28.4195	12.0886	16.3309
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	15.4297	6.0219	9.4079
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	4.9334	1.9181	3.0153
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	2.2080	0.9150	1.2930
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	22.9829	9.4034	13.5795
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	17.7487	7.2583	10.4903
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	7.5316	3.1272	4.4044
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	3.4190	1.4134	2.0056
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	21.3472	5.6722	15.6751
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (md)	2.4403	0.6633	1.7770
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	9.3327	2.4877	6.8450
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	12.7690	3.3098	9.4592
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	1.7238	0.6904	1.0334
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	19.8024	9.4960	10.3064
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	33.2477	15.0570	18.1907
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.2492	0.0928	0.1564
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.2924	0.1090	0.1834
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (mi)	0.0490	0.0182	0.0308
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	1.3991	0.5608	0.8382
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	10.4767	2.7182	7.7584
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (mi)	6.2788	1.6840	4.5948
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	0.2625	0.0975	0.1651

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En relación a la oferta hídrica disponible anual (Mm3/año) se establece que de las 20 unidades hidrográficas de nivel 2 (UHN2) asociadas a la cuenca del río Guaquimay, se estima un promedio del de 11.5241 Mm3/s, con rangos comprendidos entre los 0.0308 Mm3/s hasta los 37.3133 Mm3/s. En referencia a las 22 UHN2 de cuenca del río Negro, se calcula una oferta hídrica disponible media de 17.4511 Mm3/s, acotados entre los 0.2911 Mm3/s hasta los 91.3068 Mm3/s. Adicionalmente, la cuenca del río Palenque con sus 27 unidades hidrográficas de nivel UHN2, referencia un valor medio 18.5891 Mm3/s, definidos entre los límites de 0.8382 Mm3/s a 119.3910 Mm3/s.

1.3.2.3.2.6.15 ÍNDICE DE ARIDEZ (IA)

La estimación del Índice de Aridez (IA), se realiza para cada una de las unidades de modelación definidas en el marco del instrumento de planificación partiendo de los cálculos de ETP y ETR por UMH, desarrollados en el estudio de Clima, como insumos necesarios para el modelo de simulación

continua, teniendo en cuenta los valores propios de cada UMH según la expresión matemática propuesta en la metodología. Es de anotar, que la estimación del índice, se limita al cálculo mensual debido a las implicaciones del modelo de cálculo de la ETR de (Budyko, 1974). El Upscaling de la información asociada a las unidades UHN1 se logra a partir de una ponderación en relación al área, donde IA_j: corresponde al índice de aridez ponderado para la unidad hidrográfica (UHN1), A_j: es el área de la unidad hidrográfica, $\sum_{i=1}^{n} A_{i,j} * IA_{i,j}$: es la sumatoria de los productos entre el área y el respectivo IA de cada una de las particiones que componen la unidad hidrográfica.

$$IA_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_{i,j} * IA_{i,j}}{A_j}$$

Tabla 140 Parámetros y estimación del IA para UHN1.

	1	2	3	4
UHN1	N	$\sum(A_{i,j}*IA_{i,j})$	A_j	IA_j
Río Guaquimay	44	36015287	227554259	0.1583
Río Negro	67	77540709	439625746	0.1764
Río Palenque	51	112619354	576350393	0.1954

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Columna 1	Cantidad de UMH que componen la unidad hidrológica objetivo
Columna 2	∑(Ai,j*IAi,j), es la sumatoria de los productos entre el Área y el Índice de Aridez de cada una de las unidades de modelación que componen la unidad hidrográfica objetivo
Columna 3	Área total de la unidad hidrográfica objetivo
Columna 4	1/4

Los valores del Índice de Aridez (IA) estimados para cada cuenca hidrográfica, corresponden a 0.1583 para Río Guaquimay, 0.1764 en Río Negro, y 0.1954 para el Río Palenque; determinando cualitativos de Excedentes de agua en las tres unidades hidrográficas de nivel 1 (UHN1).

Para el caso de las 20 UHN2 asociadas a la cuenca del río Guaquimay, se estima un valor promedio del Índice de Aridez (IA) de 0.1583 (Excedentes de agua), con rangos comprendidos entre los 0.1406 (Altos excedentes de agua) a 0.1701 (Excedentes de agua). En referencia a las 22 UHN2 de cuenca del río Negro, se estima una media de IA 0.1717 (Excedentes de agua), limitado entre los 0.1510 (Excedentes de agua) a 0.1936 (Excedentes de agua). Adicionalmente, la cuenca del río Palenque con sus 27 unidades hidrográficas de nivel UHN2, referencia un valor medio de Índice de Aridez correspondiente a 0.1803 (Excedentes de agua), con rangos acotados entre los 0.1539 (Altos excedentes de agua) a 0.2602 (Moderado y excedentes de agua).

Tabla 141 Estimación del Índice de Aridez (IA) asociado a las cuencas hidrográficas de nivel UHN2.

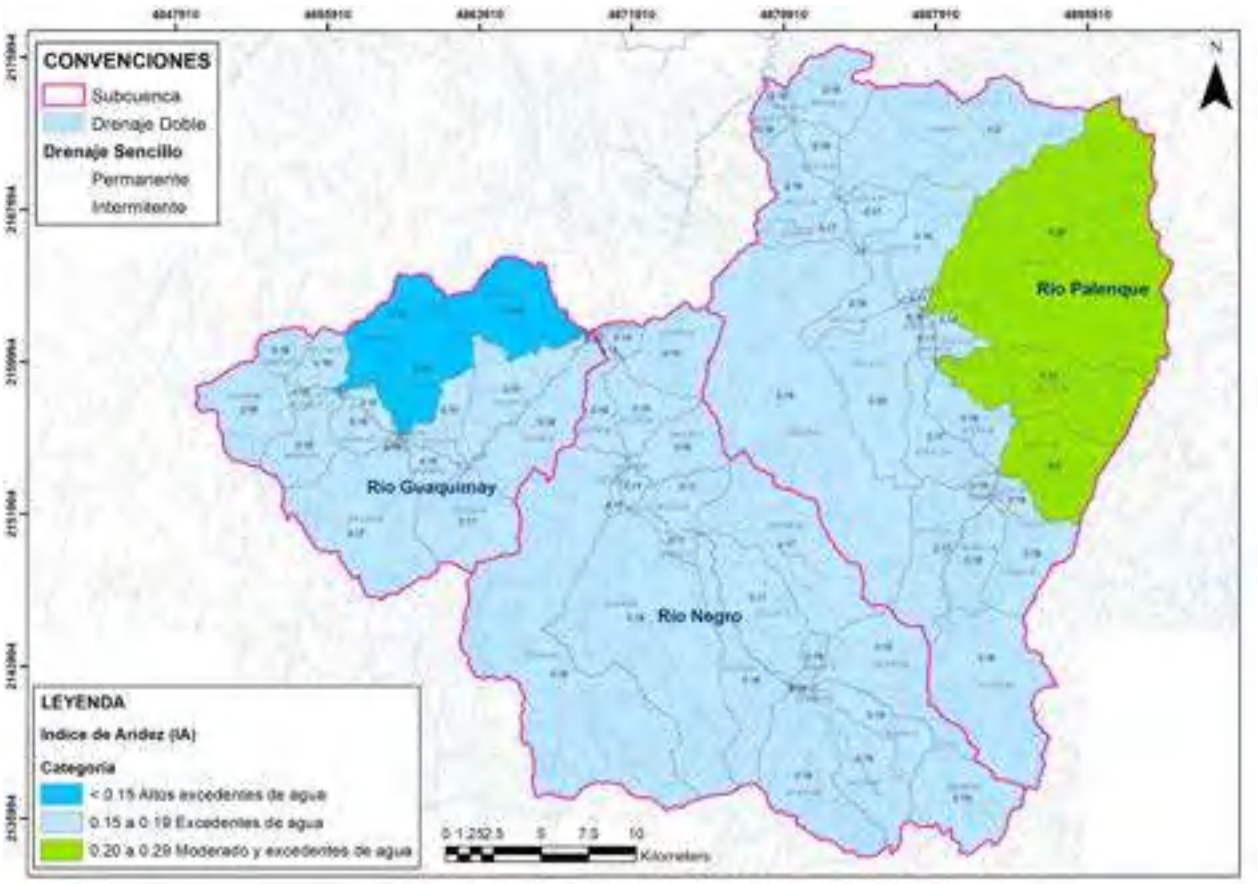
NOMBRE UHN2	CÓDIGO	IA	DESCRIPCIÓN
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	2312-01-01	0.1788	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	2312-01-02	0.1752	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	2312-01-03	0.1656	Excedentes de agua
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-04	0.1595	Excedentes de agua
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	2312-01-05	0.1750	Excedentes de agua
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyendo	2312-01-06	0.1816	Excedentes de agua
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-07	0.1897	Excedentes de agua
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-08	0.2031	Moderados y excedentes de agua
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-09	0.2135	Moderados y excedentes de agua
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-10	0.2602	Moderados y excedentes de agua
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-11	0.1985	Excedentes de agua
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-12	0.1783	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	2312-01-13	0.1771	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	2312-01-14	0.1564	Excedentes de agua
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	2312-01-15	0.1597	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	2312-01-16	0.1735	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	2312-01-17	0.1857	Excedentes de agua
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	2312-01-18	0.1832	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	2312-01-19	0.1937	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	2312-01-20	0.1836	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	2312-01-21	0.1806	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	2312-01-22	0.1669	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	2312-01-23	0.1751	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	2312-01-24	0.1702	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	2312-01-25	0.1768	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	2312-01-26	0.1641	Excedentes de agua
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	2312-01-27	0.1694	Excedentes de agua
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	2312-03-01	0.1539	Excedentes de agua
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	2312-03-02	0.1571	Excedentes de agua
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-03	0.1796	Excedentes de agua
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-04	0.1780	Excedentes de agua
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	2312-03-05	0.1823	Excedentes de agua
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-06	0.1936	Excedentes de agua
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-07	0.1881	Excedentes de agua
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	2312-03-08	0.1846	Excedentes de agua
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	2312-03-09	0.1790	Excedentes de agua

NOMBRE UHN2	CÓDIGO	IA	DESCRIPCIÓN
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-10	0.1677	Excedentes de agua
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-11	0.1591	Excedentes de agua
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-12	0.1510	Excedentes de agua
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	2312-03-13	0.1517	Excedentes de agua
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	2312-03-14	0.1673	Excedentes de agua
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	2312-03-15	0.1708	Excedentes de agua
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	2312-03-16	0.1874	Excedentes de agua
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	2312-03-17	0.1842	Excedentes de agua
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	2312-03-18	0.1786	Excedentes de agua
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	2312-03-19	0.1749	Excedentes de agua
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	2312-03-20	0.1656	Excedentes de agua
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	2312-03-21	0.1666	Excedentes de agua
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	2312-03-22	0.1562	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	2312-04-01	0.1535	Excedentes de agua
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-02	0.1406	Altos excedentes de agua
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-03	0.1487	Altos excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	2312-04-04	0.1569	Excedentes de agua
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	2312-04-05	0.1590	Excedentes de agua
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	2312-04-06	0.1638	Excedentes de agua
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-07	0.1631	Excedentes de agua
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	2312-04-08	0.1701	Excedentes de agua
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-09	0.1685	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	2312-04-10	0.1570	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (md)	2312-04-11	0.1539	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	2312-04-12	0.1516	Excedentes de agua
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-13	0.1496	Altos excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	2312-04-14	0.1601	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	2312-04-15	0.1613	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	2312-04-16	0.1616	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	2312-04-17	0.1638	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	2312-04-18	0.1642	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	2312-04-19	0.1561	Excedentes de agua
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	2312-04-20	0.1634	Excedentes de agua

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Adicionalmente, se presenta la distribución espacial del índice de aridez desagregado a escala hidrográfica de nivel UHN2, donde es posible observar 3 UHN2 del río Guaquimay en Altos Excedentes de Agua; así como 3 unidades UHN2 del río Palenque en estados de Moderado y Excedentes de Agua. Es de resaltar, que las demás áreas hidrográficas de nivel subsiguiente se encuentran en calificativos de Altos Excedentes de Agua.

Figura 222 Índice de Aridez (IA).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

1.3.3 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA DEL ACUÍFERO E INTERACCIONES CON AGUAS SUPERFICIALES

El análisis hidrogeológico general de las subcuencas unidades hidrográficas nivel I asociadas al río Palenque, río Guaquimay y río Negro, relaciona elementos de análisis obtenidos a partir de la información generada en estudios regionales como el atlas hidrogeológico de Colombia (INGEOMINAS, 2003), el POMCA del río Carare Minero (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019) y el Estudio Nacional del Agua ENA 2014 y ENA 2010, (IDEAM, 2014) (IDEAM, 2010). Como objetivo principal se pretende identificar las características hidrogeológicas de cada subcuenca reconociendo potencial de almacenamiento y tránsito del recurso hídrico en el subsuelo y las zonas previamente delimitadas como áreas de recarga.

De la misma manera, se presenta la zonificación de unidades hidrogeológicas, la cual parte del reconocimiento de las provincias hidrogeológicas, que permite visualizar rasgos geográficos asociados a las áreas, zonas y subzonas.

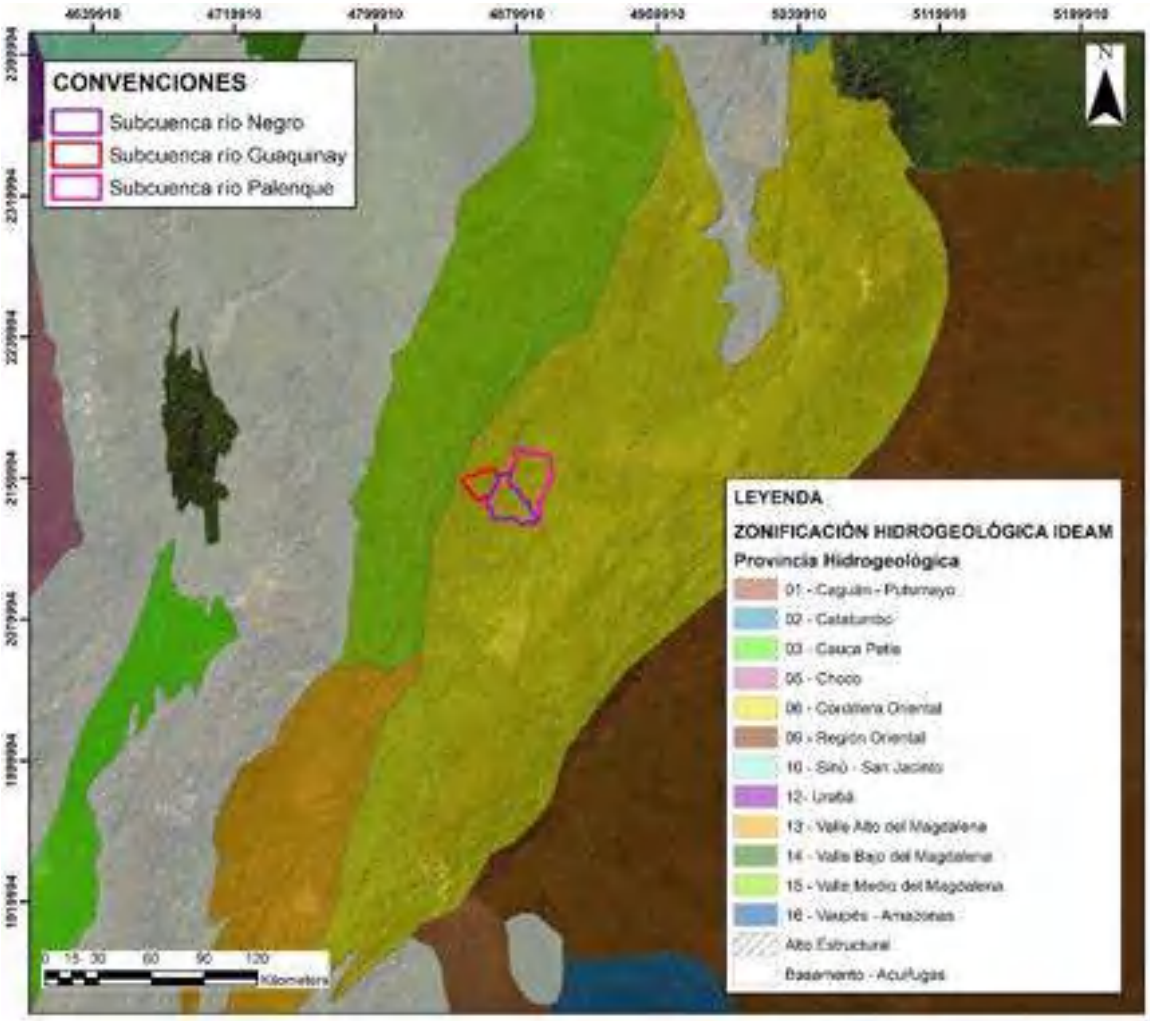
1.3.3.1 MARCO HIDROGEOLÓGICO REGIONAL

Como resultado de la zonificación hidrogeológica, el ENA (IDEAM, 2010) identificó para Colombia 16 provincias hidrogeológicas, dentro de estas el área de estudio enmarca específicamente en la zona Andina (ver Figura 1) , la cual cuenta con 106.131 km2 de área con posibilidades de almacenamiento de aguas subterráneas, lo que equivale al 12,5% del área total cubierta por provincias hidrogeológicas en el territorio nacional y al 53,8% del área abarcada por las tres cordilleras y sus valles intramontanos. Esta área corresponde a los sistemas acuíferos multicapas de las zonas hidrogeológicas del Cauca-Patía, valle medio y superior del Magdalena y cordillera Oriental.

Adicional a la división en provincias hidrogeológicas, el (IDEAM, 2010) sub agrupó y codificó en tres grupos las provincias de acuerdo con su posición geográfica. La letra P corresponde a la provincia y las letras C, M y P corresponden a las provincias hidrogeológicas costeras, montanas e intramontanas y pericrátonicas. Siendo nuestra área de estudio la provincia hidrogeológica montanas e intramontanas (PM). Así mismo la provincia hidrogeológica andina o montana e intramontana se divide en 6 sistemas acuíferos que se localizan en la cordillera Oriental, que corresponden a acuíferos clásticos desarrollados en rocas sedimentarias con buenas posibilidades en las secuencias cretácicas, Paleógeno-Neógeno y sedimentos recientes del cuaternario (INGEOMINAS, 1988a).

De acuerdo con la (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019) el área de estudio que enmarca la subzona hidrográfica del río Carare (minero) está conformando por roca fracturada probablemente rocas blandas (arcillolitas, lutitas o limolitas arcillosas) la potencialidad de existencia de acuíferos en esta subcuenca es baja a muy baja. La roca fracturada de acuíferos continuos de mediana productividad sobre el límite oriental de la subcuenca, a pesar del potencial de acumulación de aguas subterráneas no existen explotaciones ya sean incipientes o intensivas de agua subterránea, entre otras cosas porque se trata de áreas con alta oferta de agua superficiales.

Figura 223 Sistemas acuíferos de Colombia



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información (IDEAM, 2010).

De acuerdo con la información generada por (INGEOMINAS, 2003) de la plancha hidrogeológica 5-09, el área de estudio enmarca una zona definida con la presencia de rocas con flujos esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas o carstificada), En el que posiblemente puede haber presencia de acuíferos discontinuos de extensión regional y local de baja productividad, conformando por rocas sedimentarias y volcánicas terciarias a paleozoicas, consolidadas de ambiente marino y continental, exponiendo en algunos casos acuíferos generalmente confinado con aguas de buena calidad. Sin embargo, gran parte del área de análisis relaciona sedimentos y rocas con limitados a ningún recurso de agua subterránea, con un complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicos poco consolidada a muy consolidada de origen continental a marino almacenan agua de regular a mala calidad química.

1.3.3.2 MARCO HIDROGEOLÓGICO LOCAL

1.3.3.3 CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Para efectos de la clasificación de las unidades acuíferas del área de estudio se utilizó la nomenclatura internacional para estudios hidrogeológicos, descrita dentro de la caracterización del POMCA del río Carare Minero (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019). Esta, se describe a continuación:

Sedimentos y Rocas con Flujo Esencialmente Intergranular

A1. Acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química.

A2. Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas, de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.

A3. Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas, de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos libres y confinados con agua de regular calidad química.

Rocas con Flujo Esencialmente a Través de Fracturas (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas)

B1. Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas, de ambiente marino y continental. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica

B2. Acuíferos discontinuos de extensión regional y local, de baja productividad, conformadas por rocas sedimentarias y volcánicas, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados de agua de buena calidad química.

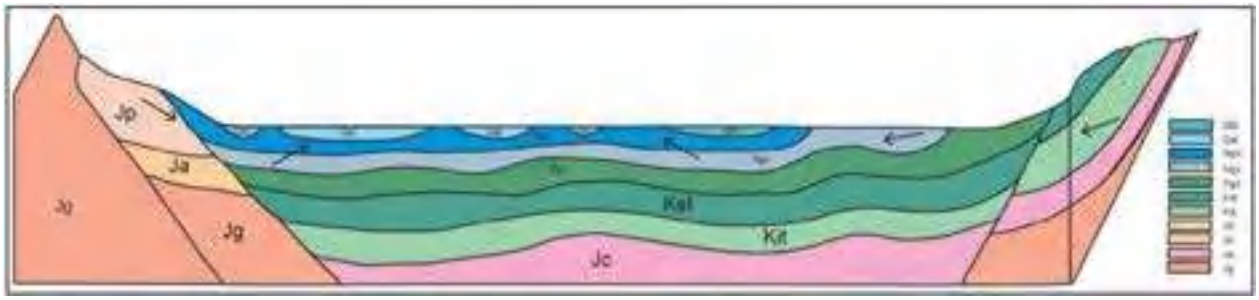
Sedimentos y Rocas con Limitados o Ningún Recurso de Aguas subterráneas

C1. Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas de origen continental. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.

C2. Complejo de rocas ígneo-metamórficas con muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a precámbricas. Almacenan aguas de muy buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.

Como parte del desarrollo del modelo hidrogeológico en se incorpora un esquema de la distribución general de las rocas (Figura 224) desarrollada dentro del POMCA del río Carare Minero (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019), en dónde se muestra la distribución y formación de sistemas acuíferos, esta contiene las líneas de flujo del agua en las unidades hidrogeológicas, en dónde se observa que confluye hacia las rocas del cuaternario y abastecen a los cuerpos de agua superficiales del área.

Figura 224 Esquema Distribución Rocas y Formación de Acuíferos



Fuente: Tomado del POMCA del río Carare Minero (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019)

La geología que conforma las unidades hidrogeológicas presentes en el área de las Unidades Hidrográficas de Nivel I río Negro, se describen a continuación de acuerdo con lo encontrado dentro del POMCA del río Carare Minero.

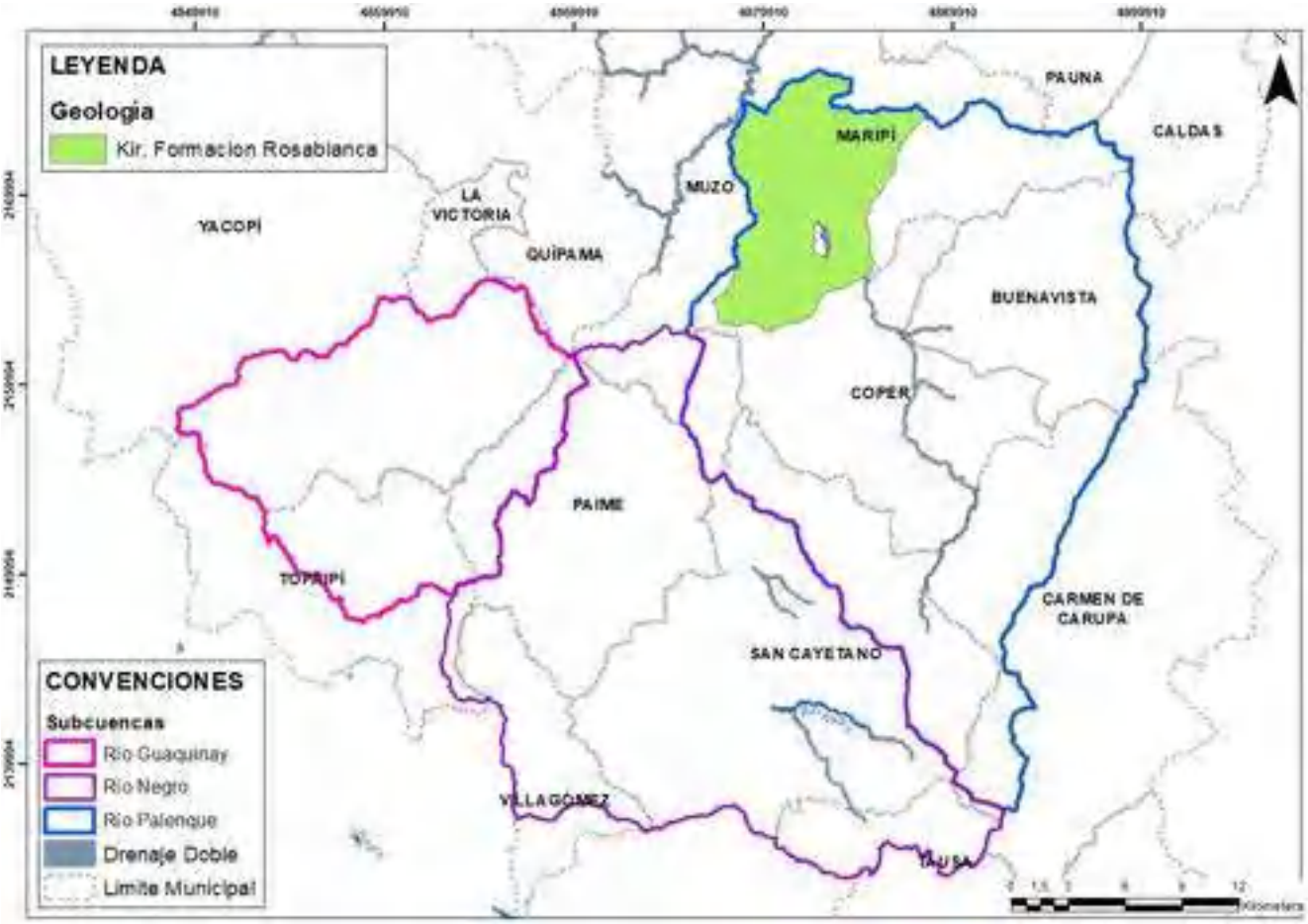
Formación Rosablanca (Krt)

Esta unidad compuesta principalmente por una serie de calizas negras fosilíferas y de grano fino intercaladas con niveles margosos de espesores de 0,10 a ,50 m. En el área de estudio aflora como una secuencia masiva de calizas (biomicritas) de color gris oscuro- azulado, con presencia de microfósiles y vetillas de calcita, de aproximadamente 1-5 cm de ancho, de color blanco, rellenando algunas fracturas (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, Diagnostico, 2019).

Según Bürgl, Hans (1954, p. 11) en CAR, CAS & CORPOBOYACA (2019), la Formación Rosablanca fue estimada como Valanginiana.

Esta formación se encuentra en la Unidad Hidrográfica del río Palenque.

Figura 225 Formación Rosablanca en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información del POMCA del río Carare (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019)

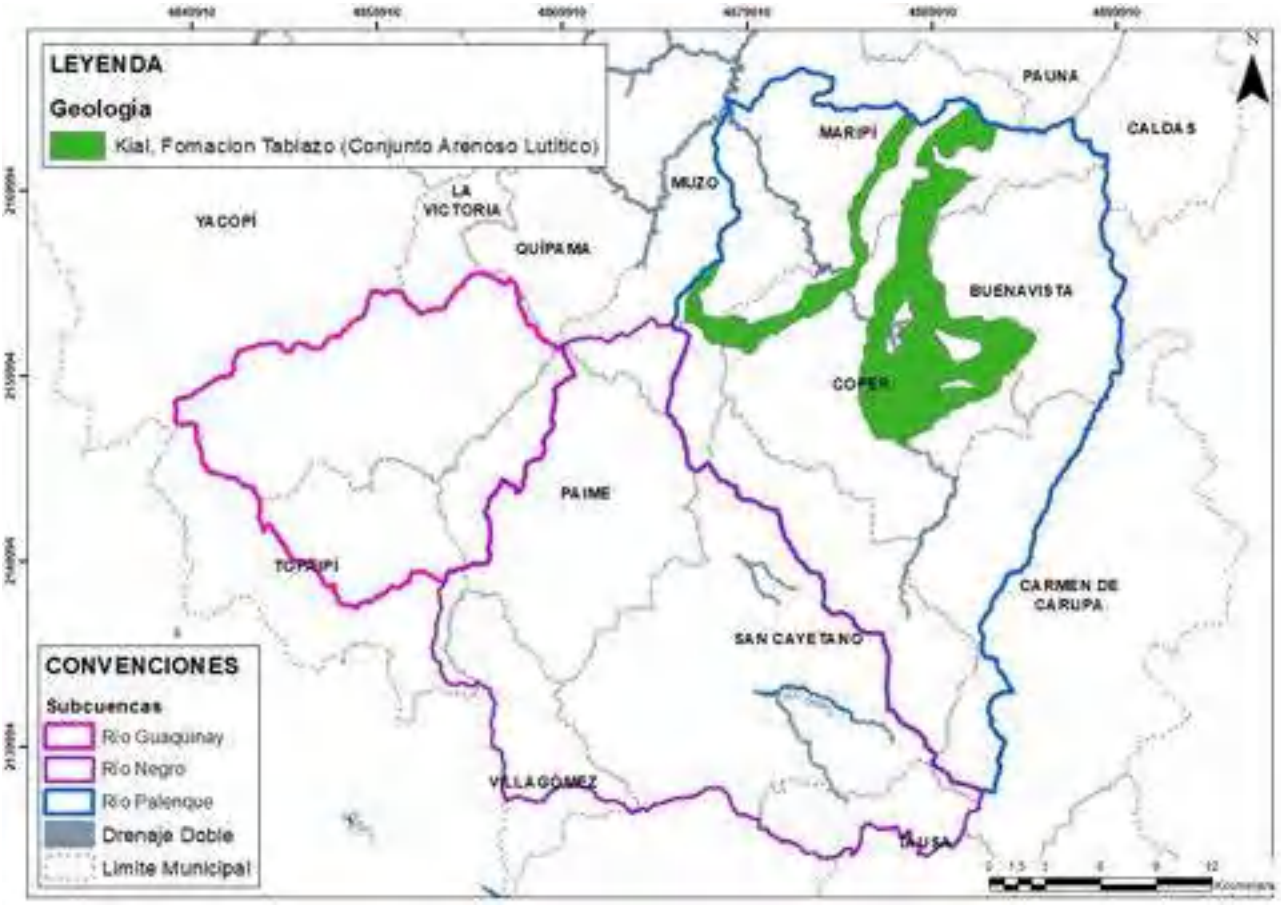
Formación Tablazo (Kit)

Esta formación está constituida de paquetes muy gruesos de arcillolitas y lodolitas silíceas de color negro, ligeramente friables, intercalados con capas medias a gruesas, masivas de sublitoarenitas de grano fino con cemento calcáreo y con niveles calcáreos con bioclastos en capas medias a gruesas y esporádicas intercalaciones de lodolitas calcáreas friables en capas delgadas. (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, Diagnostico, 2019)

Su edad es considerada del Aptiano superior – Albiano inferior (Morales et al., 1958: 651). Esta unidad corresponde en parte con las formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente.

Esta formación se encuentra en la Unidad Hidrográfica del río Negro.

Figura 226 Formación Tablazo en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información del POMCA del río Carare (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019)

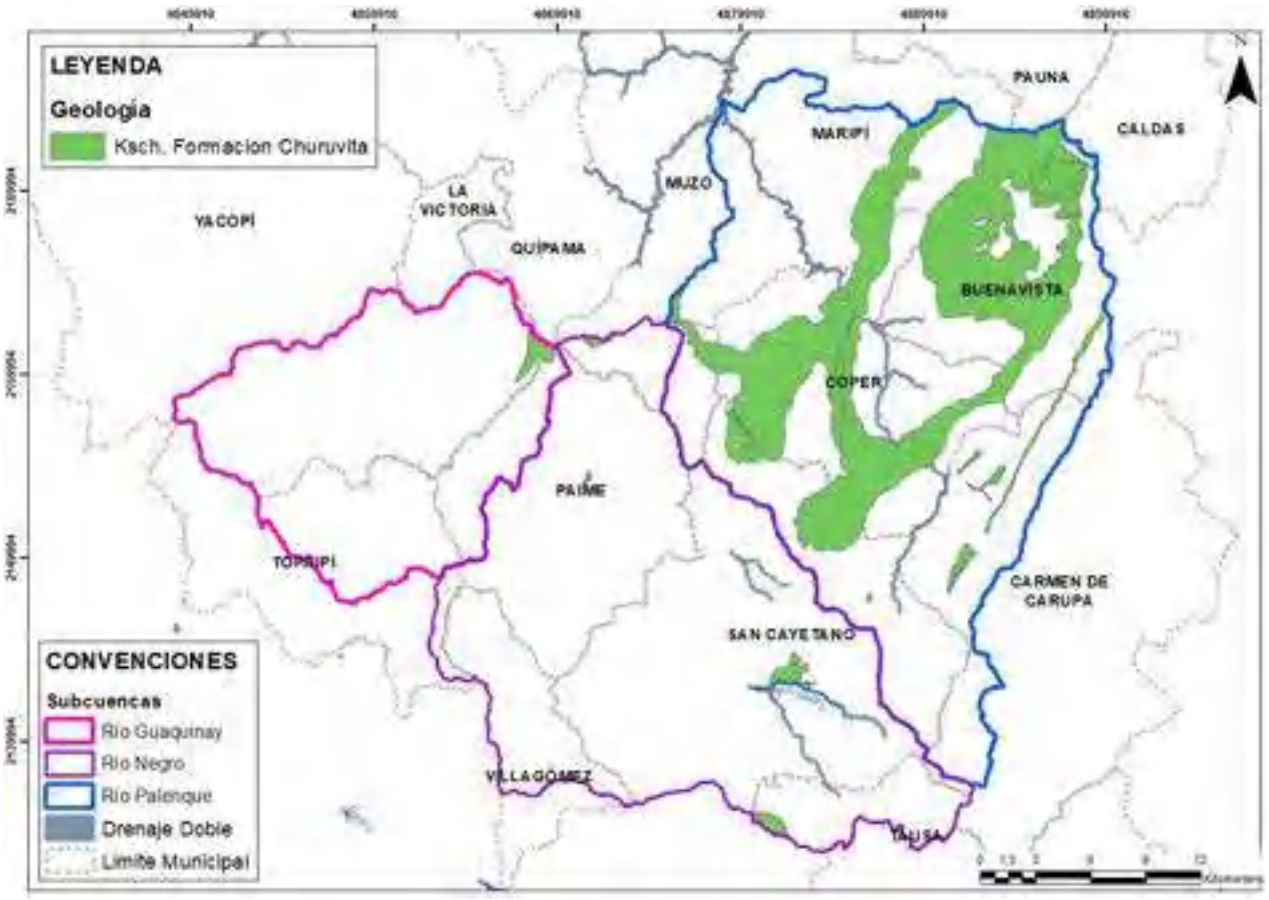
Formación Churuvita (Ksch)

Esta formación está compuesta de areniscas finas de cuarzo de color gris claro, oscuras y negras, en capas delgadas a gruesas, con intercalaciones de lodolitas y limolitas. Al sur de la Plancha 189 – La Palma, se presenta como un cambio facial de la parte superior de las Limolitas de Pacho y podría considerarse como una última progradación hacia el occidente, de la Formación Une (Acosta (1993) en CAR, CAS & CORPOBOYACA (2019))

De acuerdo con Bürgl (1954, Etayo (1968) y Ulloa & Rodríguez (1991) en CAR, CAS & CORPOBOYACA (2019), esta unidad tendría una edad que abarcaría desde El Albiano medio al Cenomaniano.

Esta formación se encuentra en las Unidades Hidrográficas del río Palenque y del río Guaquimay.

Figura 227 Formación Churuvita en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información del POMCA del río Carare (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019)

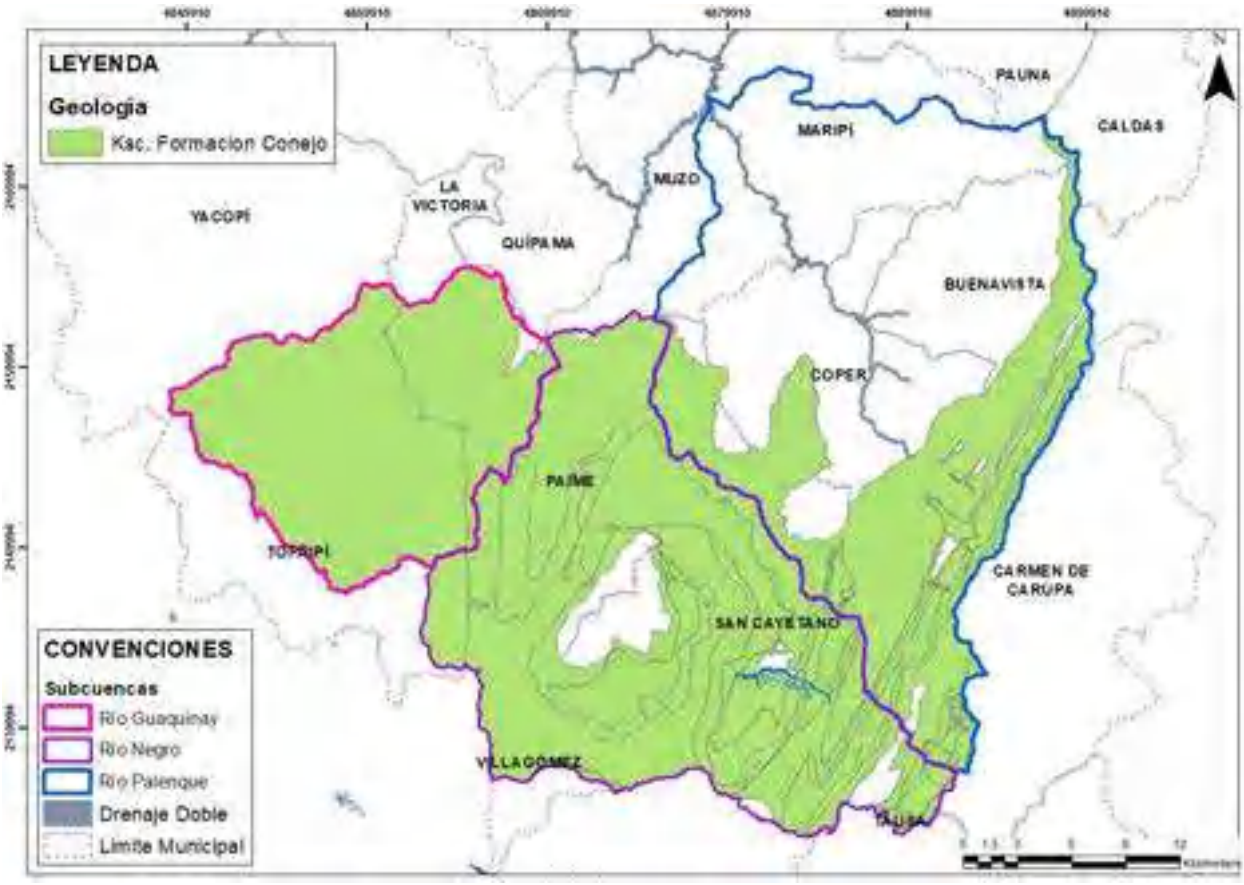
Formación Conejo (Kscn)

Corresponde a lodolitas negras con alto contenido de materia orgánica y pirita, intercaladas con areniscas de grano fino a muy fino con contenido calcáreo. En algunos sectores la formación presenta clastos y concreciones de lodolitas (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019).

De acuerdo con Etayo (1979) en CAR, CAS & CORPOBOYACA (2019), esta unidad estaría ubicada en el límite Coniaciano – Santoniano.

Esta formación se encuentra en las Unidades Hidrográficas del río Negro, río Palenque y río Guaquimay.

Figura 228 Formación Conejo en el área de estudio.



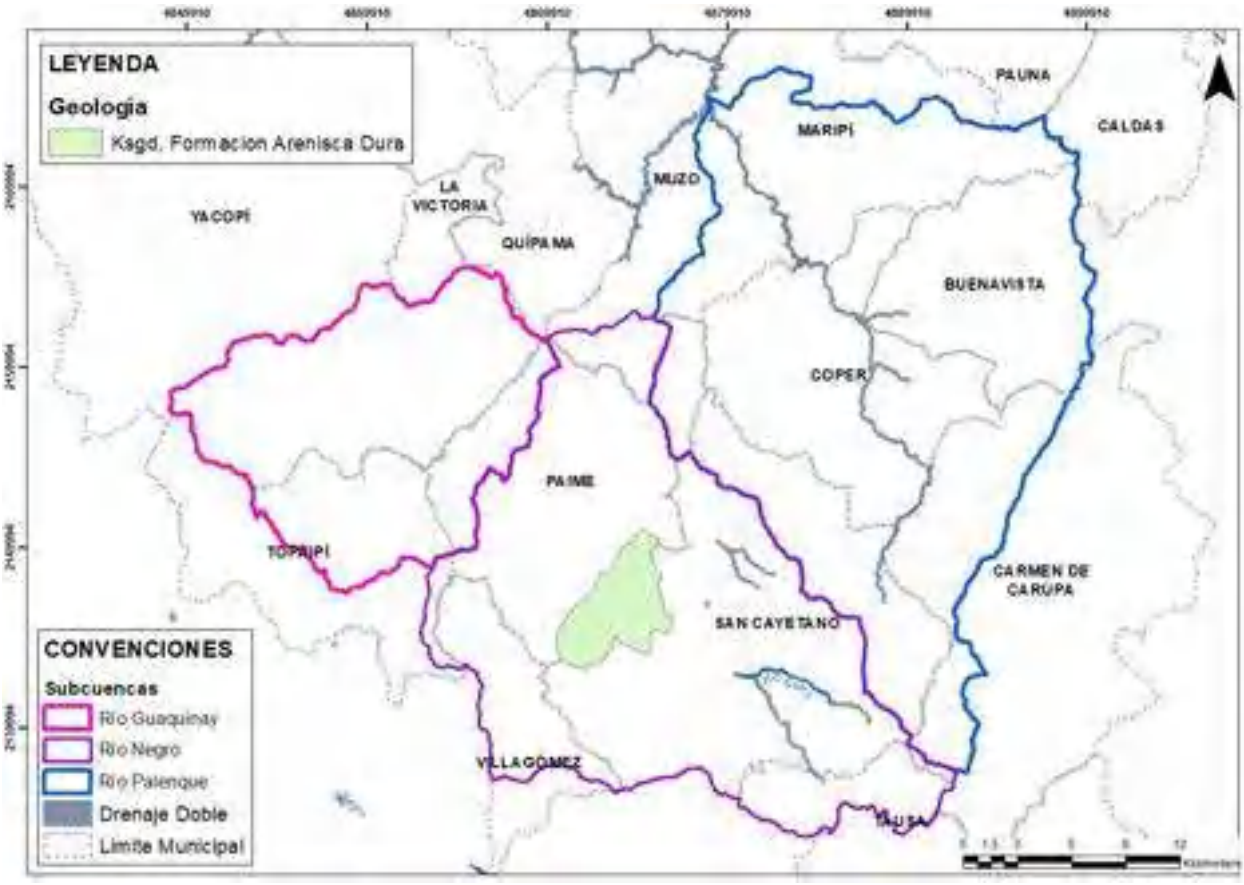
Fuente: Elaboración propia, 2022 con información del POMCA del río Carare (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019)

Formación Arenisca Dura (Ksgd)

En el área de estudio se presenta como una sucesión de lodolitas, arcillolitas y limolitas vistas en afloramientos de menos de un metro de altura, presenta tonalidades grises, café claro y rojizas, respondiendo al alto grado de alteración y meteorización de la roca. Esta litología corresponde al segmento B de esta unidad puesto que no se evidenciaron areniscas (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019).

Esta formación se encuentra en la Unidad Hidrográfica del río Negro.

Figura 229 Formación Arenisca Dura en el área de estudio.



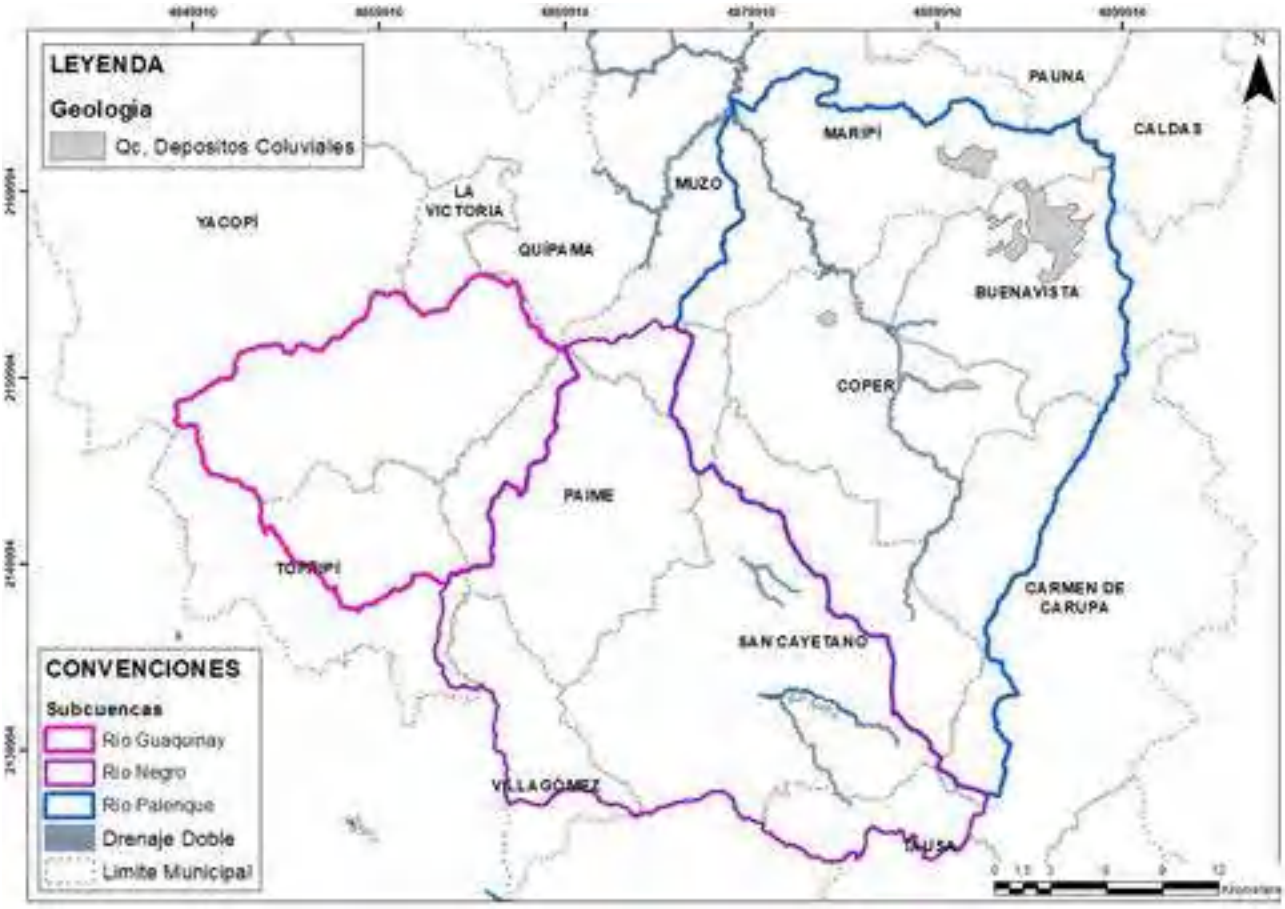
Fuente: Elaboración propia, 2022 con información del POMCA del río Carare (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019)

Depósitos recientes de origen coluvial (Qc)

Los Depósitos Coluviales del área de estudio se presentan como laderas meteorizadas de la Formación Luna, que caen generando acumulaciones de lodolitas físiles negras y material meteorizado de color café. Estos depósitos se encuentran poco consolidados, presentan fracturas, alta porosidad y son permeables.

Esta formación se encuentra en la Unidad Hidrográfica del río Palenque.

Figura 230 Depósitos cuaternarios coluviales en el área de estudio.



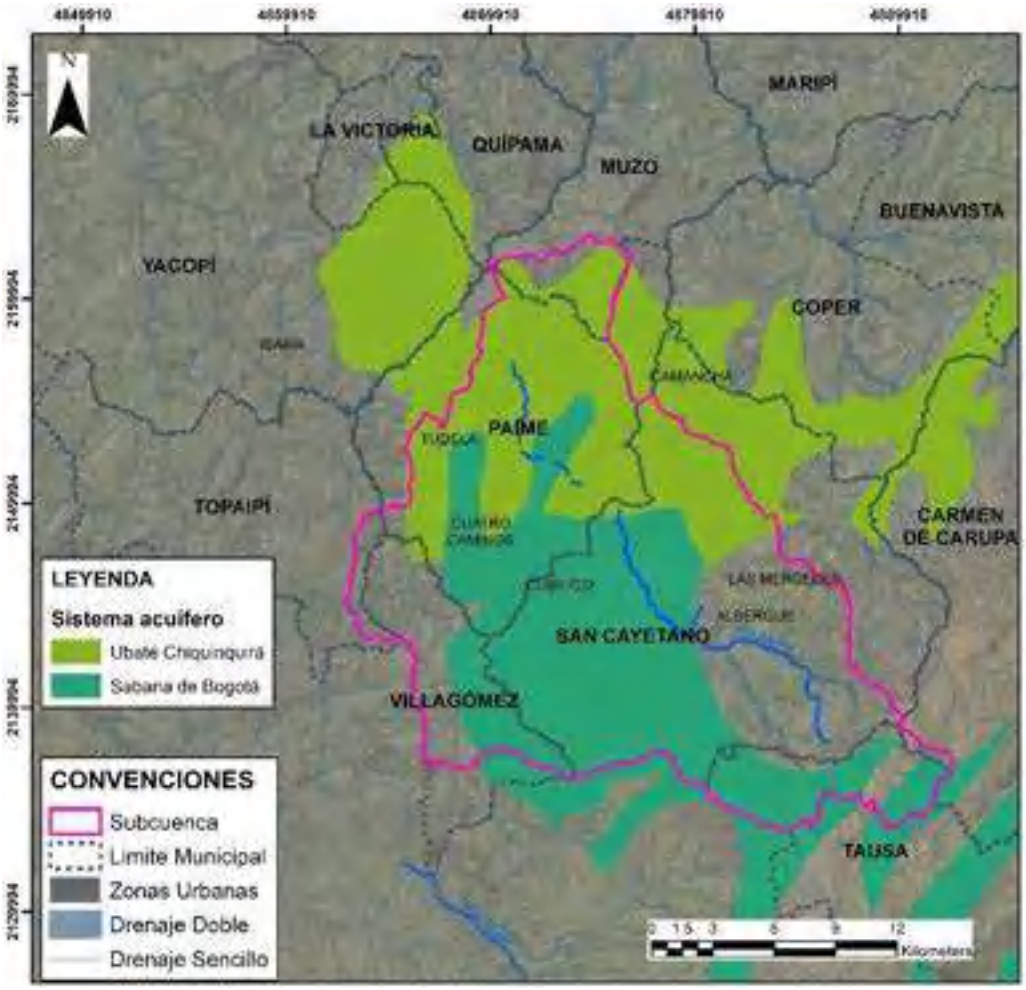
Fuente: Elaboración propia, 2022 con información del POMCA del río Carare (CAR, CAS, & CORPOBOYACA, 2019)

1.3.3.3.1 RÍO NEGRO

La cuenca del río Negro ubica una pequeña porción del sector más norte del acuífero de la Sabana de Bogotá, en proximidad al municipio de San Cayetano, (ver Figura 2). Este acuífero se ha considerado como de alta importancia pues del mismo se abastece buena parte del sector agroindustrial de la sabana, sin embargo, para el área de estudio se reconocen principalmente rocas con porosidad secundaria y otras tantas de muy baja o nula porosidad, favoreciendo principalmente zonas de escorrentía superficial.

En el sector norte de la unidad de análisis se sobrepone parte del acuífero Ubaté Chiquinquirá, (ver Figura 2), el cual se ha definido como de tipo semiconfinado y de extensión regional, donde el nivel piezométrico varía de 0.5 a 4 m de profundidad (IDEAM, 2014), sin embargo, para el área de estudio este relaciona únicamente rocas de porosidad secundaria de características hidráulicas medias a malas.

Figura 231 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Negro



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información (IDEAM, 2014).

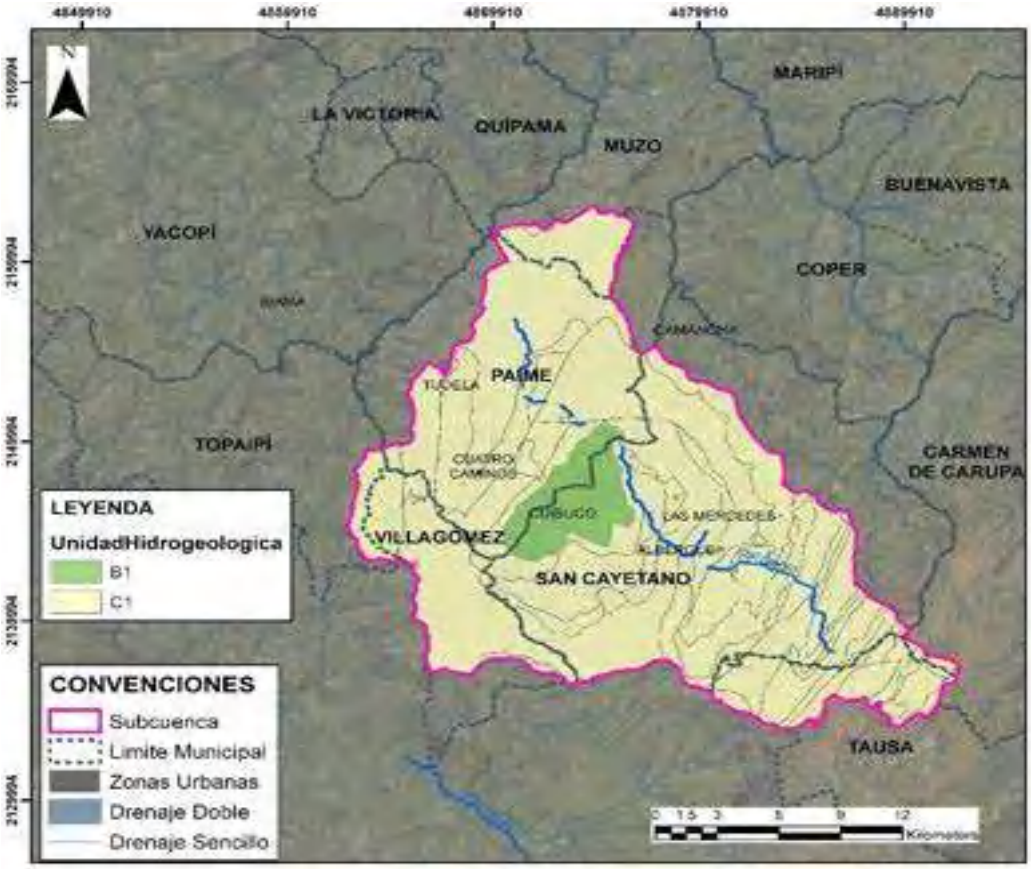
La anterior figura relaciona las unidades hidrogeológicas definidas en el POMCA para el río Negro (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019), el cual analiza las unidades litológicas con respecto a su comportamiento hidrogeológico de acuerdo a la clasificación adoptada por el Servicio Geológico Colombiano, descrita previamente, en la cual se define cada unidad según el tipo de porosidad de las rocas, de la ocurrencia de aguas subterráneas y de su capacidad específica, según la nomenclatura internacional para estudios hidrogeológicos y del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2003), La siguiente figura representa espacialmente las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio.

Tabla 142 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Negro

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas)	
B1	Acuíferos continuos de extensión regional y local de mediana productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas de ambiente marino y continental. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química. El área de estudio enmarca la Formación Arenisca Dura la cual relaciona capacidades específicas medias en promedio (entre 1.0 y 1.0 l/s/m).
Sedimentos y rocas con limitados o ningún recurso de aguas subterráneas	
C1	Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química. El área de estudio enmarca la Formación Conejo y la Formación Guaduas, las cuales relacionan capacidades específicas muy bajas.

Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

Figura 232 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Negro

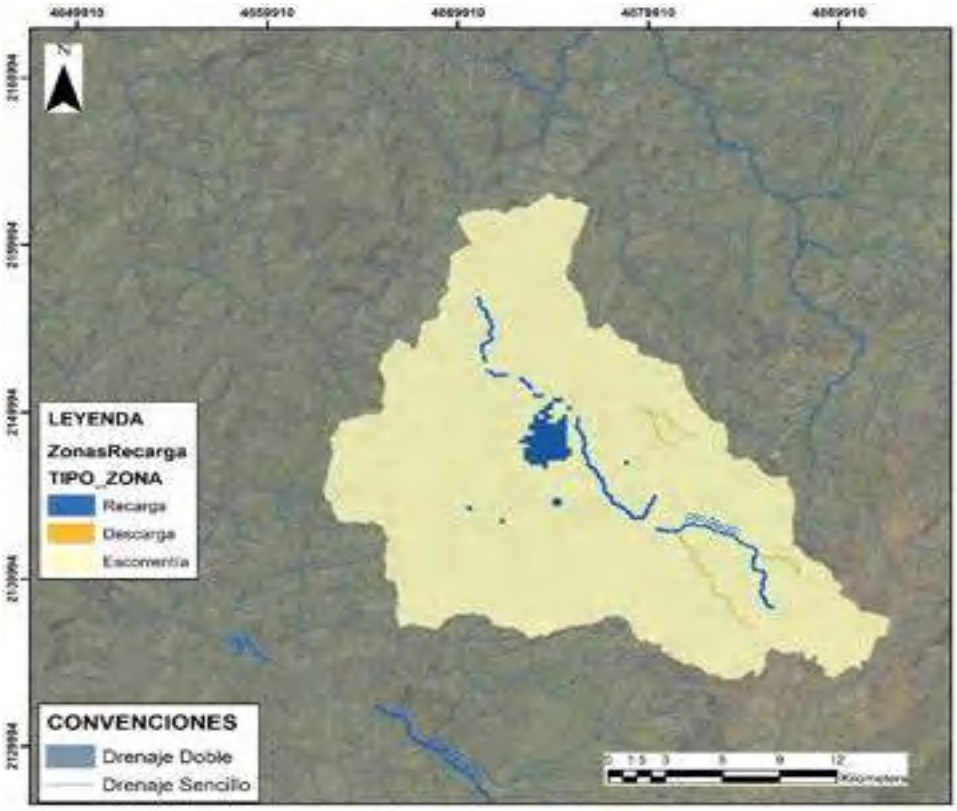


Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

1.3.3.3.1.1 ZONAS DE RECARGA

Las áreas de recarga o descarga se pueden determinar mediante la utilización de diferentes métodos físicos químicos, numéricos y conceptuales de acuerdo con la disponibilidad de información, en términos generales los factores que afectan la recarga de acuíferos y por lo tanto intervienen en su estimación relacionan elementos fisiográficos, atmosféricos y climáticos (precipitación, escorrentía, evapotranspiración), irrigación y elementos geológicos, edafológicos y de cobertura vegetal, entre otros, en el POMCA del río Carare minero, se estimó la recarga hidrogeológica a partir de un balance hídrico que contempla características del suelo, su uso y tratamiento de cobertura vegetal, junto con la escorrentía, aspectos enunciados dentro del modelo conceptual Soil Conservation Service de Estados Unidos, también conocido como Método del Número de Curva (CN) (Gomez, 2011). Como resultado de la estimación de oferta y de zonas de recarga hidrogeológica se estimó para la cuenca del río Carare minero un valor medio de infiltración potencial de 106,88 mm/año definiendo la zona norte de la cuenca como el área con mayor aporte de recarga, sin embargo dentro del análisis, solo se reconocieron unos pequeños polígonos en el área central de la unidad hidrográfica nivel I río negro como áreas potenciales de recarga, está asociada principalmente a la unidad B1, Figura 233, se reconocen también algunos pequeños sectores alineados con escorrentías vertientes al cauce principal del río Negro que relacionan zonas de descarga o aporte, finalmente la mayor parte del área de análisis asocia zonas que favorecen el tránsito o escorrentía del recurso hídrico.

Figura 233 Zonas de recarga identificadas en la unidad hidrográfica nivel I río Negro

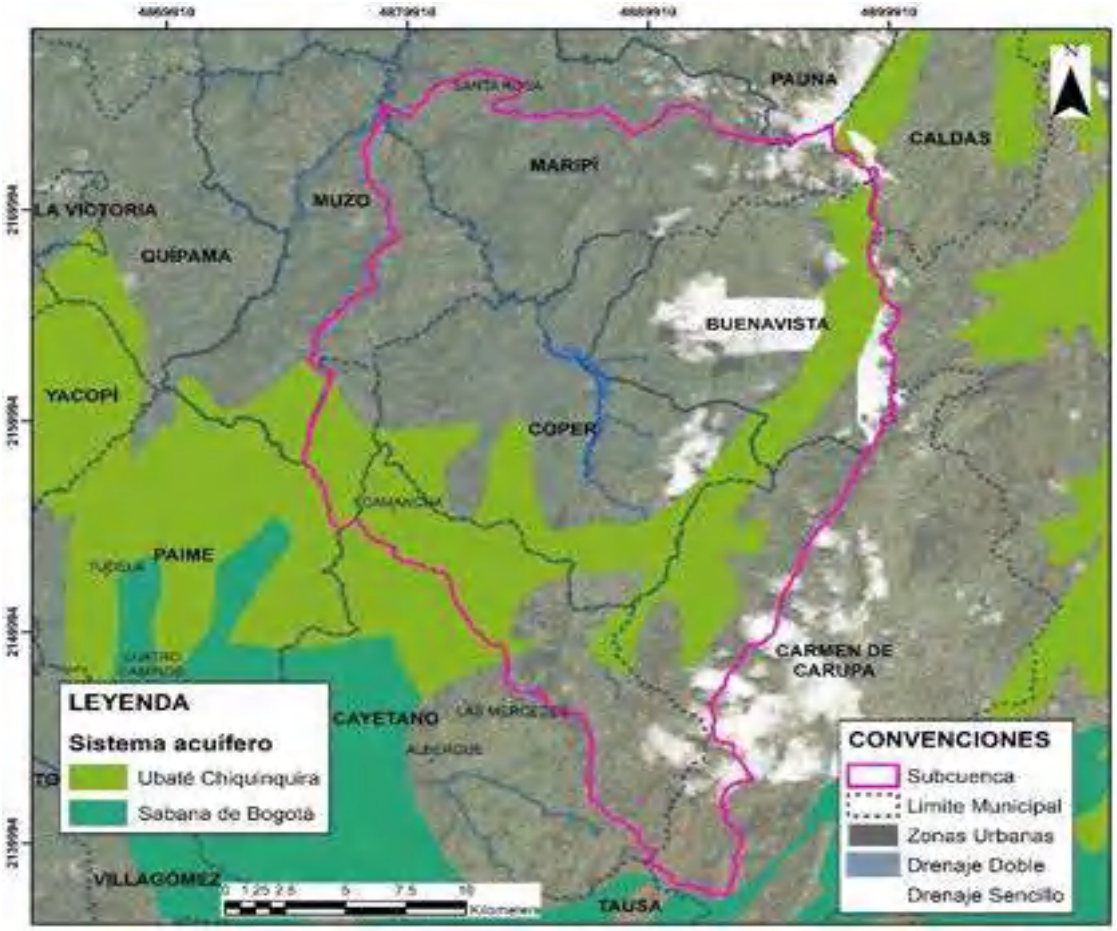


Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

1.3.3.3.2 RÍO PALENQUE

La cuenca del río Palenque nace en el sistema lagunar de Peña Colorada, en jurisdicción del municipio de Carmen de Carupa, el río drena con dirección S – N, cortado un valle en v de altas pendientes, con dirección predominantemente sur - norte que disecta la vertiente occidental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos. Esta enmarca una pequeña porción del acuífero Ubaté Chiquinquirá principalmente hacia el sector de los municipios de Coper y Buenavista ver Figura 5, este acuífero ha sido definido como un sistema semiconfinado de extensión regional, sin embargo, en el área de la unidad hidrográfica de análisis, el POMCA reconoce solo algunos pequeños sectores muy locales potenciales de mediana productividad, estos asociados principalmente a depósitos cuaternarios recientes de origen coluvial y a rocas de la Formación Rosablanca.

Figura 234 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica I río Palenque



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información (IDEAM, 2014).

La potencialidad de existencia de acuíferos en esta subcuenca es baja a muy baja de manera general, exceptuando los sistemas locales reconocidos como acuíferos con un potencial de mediana productividad (A2), sin embargo, no existen explotaciones ya sea incipientes o intensivas del recurso en subsuelo, entre otras cosas porque se trata de áreas con alta oferta de aguas superficiales.

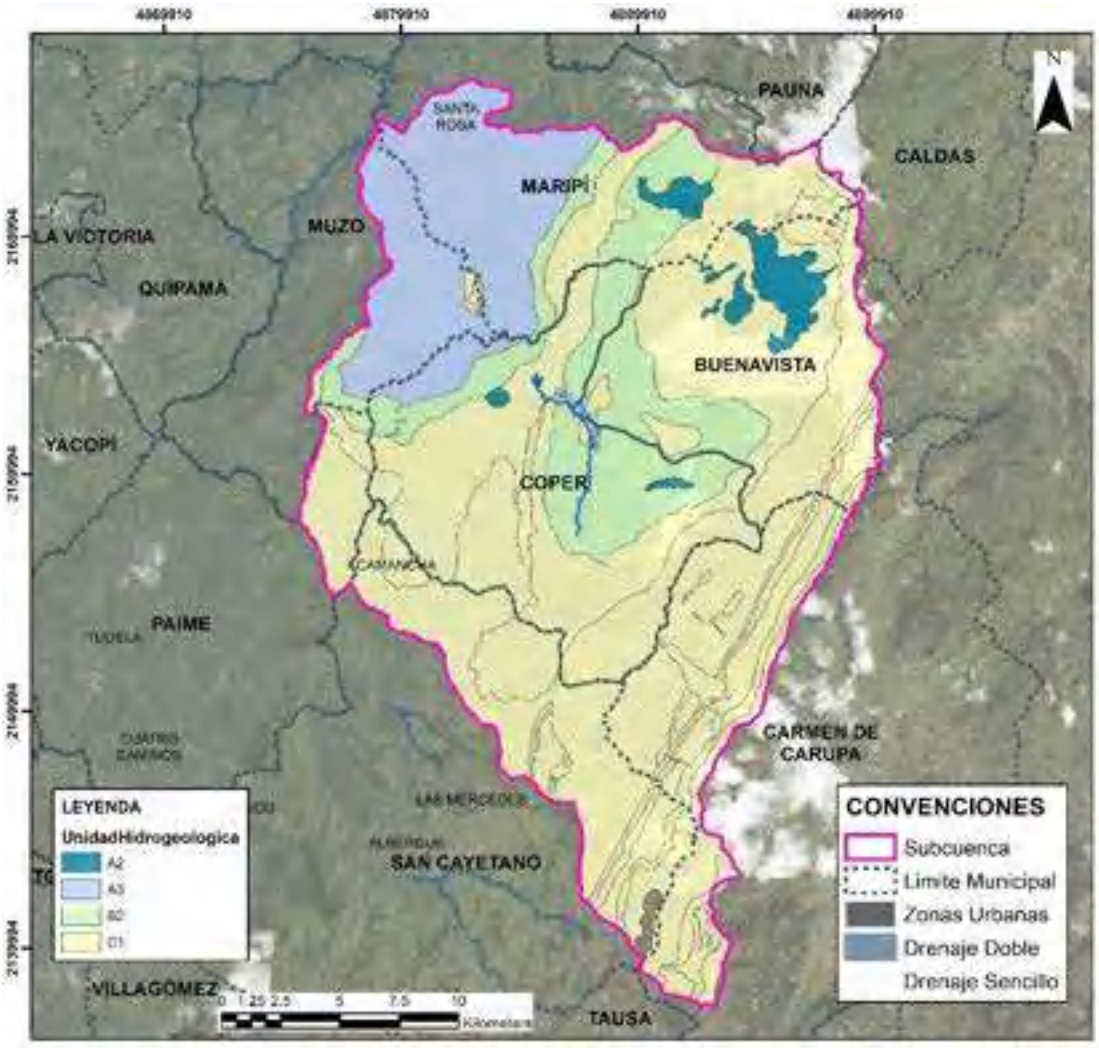
La Tabla 143 relaciona las unidades hidrogeológicas definidas en el POMCA del río Palenque (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019), el cual analiza las unidades litológicas con respecto a su comportamiento hidrogeológico de acuerdo a la clasificación adoptada por el Servicio Geológico Colombiano, en la cual se define cada unidad según el tipo de porosidad de las rocas, de la ocurrencia de aguas subterráneas y de su capacidad específica, según la nomenclatura internacional para estudios hidrogeológicos y del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2003), la Figura 235 representa espacialmente las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio. Donde se resaltan los sistemas locales A2 de origen coluvial y un sector central de características B2 asociados principalmente a rocas con porosidad secundaria de a Formación Tablazo.

Tabla 143 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Palenque

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
Sedimentos y rocas con flujos esencialmente intergranular	
A2	Acuíferos continuos de extensión regional y local de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados, de ambiente fluvial, glacial fluvial. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química. En el área de estudio asociados a depósitos recientes y subrecientes de origen coluvial
Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas).	
B2	Acuíferos discontinuos de extensión regional y local, de baja productividad, conformados por rocas sedimentarias, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química. En el área de estudio asociados principalmente a la Formación Tablazo
Sedimentos y rocas con limitados o ningún recurso de aguas subterráneas	
C1	Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química. En el área de estudio asociados principalmente a la Formación Churuvita y Formación Conejo

Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

Figura 235 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Palenque



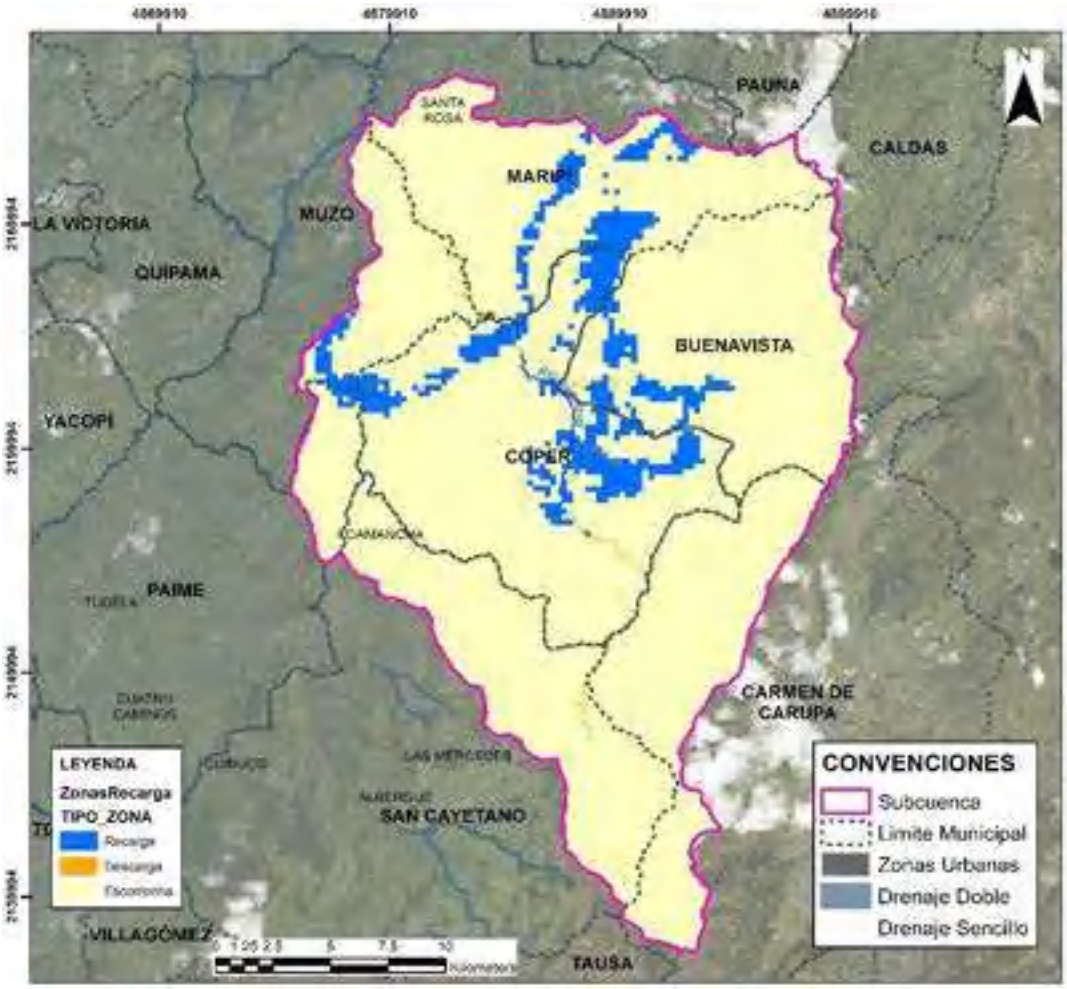
Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

1.3.3.3.2.1 ZONAS DE RECARGA

Las áreas de recarga o descarga se pueden determinar mediante la utilización de diferentes métodos físicos químicos, numéricos y conceptuales de acuerdo con la disponibilidad de información, en términos generales los factores que afectan la recarga de acuíferos y por lo tanto intervienen en su estimación relacionan elementos fisiográficos, atmosféricos y climáticos (precipitación, escorrentía, evapotranspiración), irrigación y elementos geológicos, edafológicos y de cobertura vegetal, entre otros, en el POMCA del río Carare minero, se estimó la recarga hidrogeológica a partir de un balance hídrico que contempla características del suelo, su uso y tratamiento de cobertura vegetal, junto con la escorrentía, aspectos enunciados dentro del modelo conceptual Soil Conservation Service de Estados Unidos, también conocido como Método del Número de Curva (CN) (Gomez, 2011). Como resultado de la estimación de oferta y de zonas de recarga hidrogeológica se estimó para la cuenca del río Carare minero un valor medio de infiltración potencial de 106,88 mm/año definiendo la zona

norte de la cuenca como el área con mayor aporte de recarga. Dentro del análisis desarrollado por el POMCA, se reconoció un importante sector en la parte media y baja de la unidad hidrográfica del Río palenque como áreas potenciales de recarga, está asociada principalmente a la unidad B2 Y C1, ver Figura 7, se reconocen también algunos sectores alineados con escorrentías vertientes al cauce principal del río Palenque que relacionan zonas de descarga o aporte, finalmente la mayor parte del área de análisis asocia zonas que favorecen el tránsito o escorrentía del recurso hídrico.

Figura 236 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Palenque

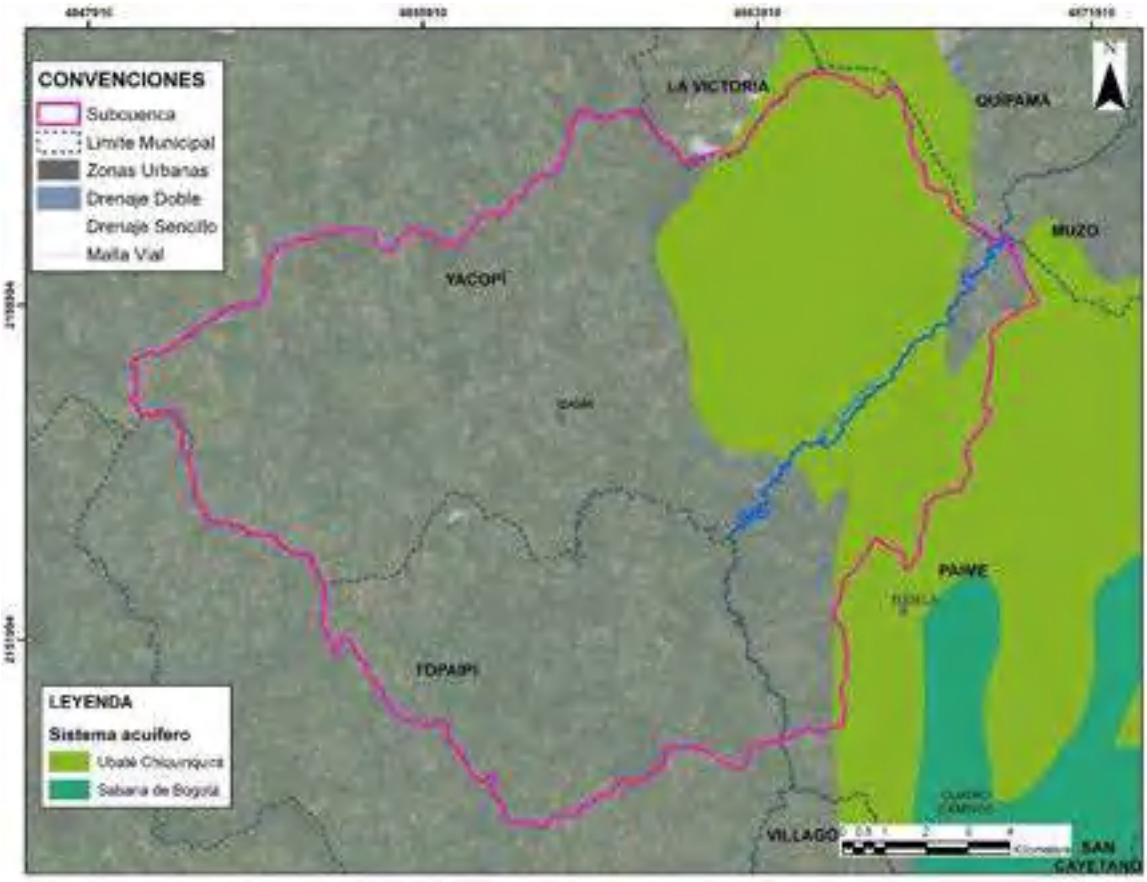


Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

1.3.3.3.3 RÍO GUAQUIMAY

La cuenca del río Guaquimay sobrepone un pequeño sector de la parte norte del acuífero Ubaté Chiquinquirá hacia el municipio de Yacopí ver Figura 8, este acuífero ha sido definido por el (IDEAM, 2014) como un sistema aluvial de origen fluvio lacustre, sin embargo, para el sector de análisis no se reconocen elementos regionales o locales asociados a depósitos cuaternarios con potencial hidrogeológico.

Figura 237 Acuíferos presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Guaquimay



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información (IDEAM, 2014).

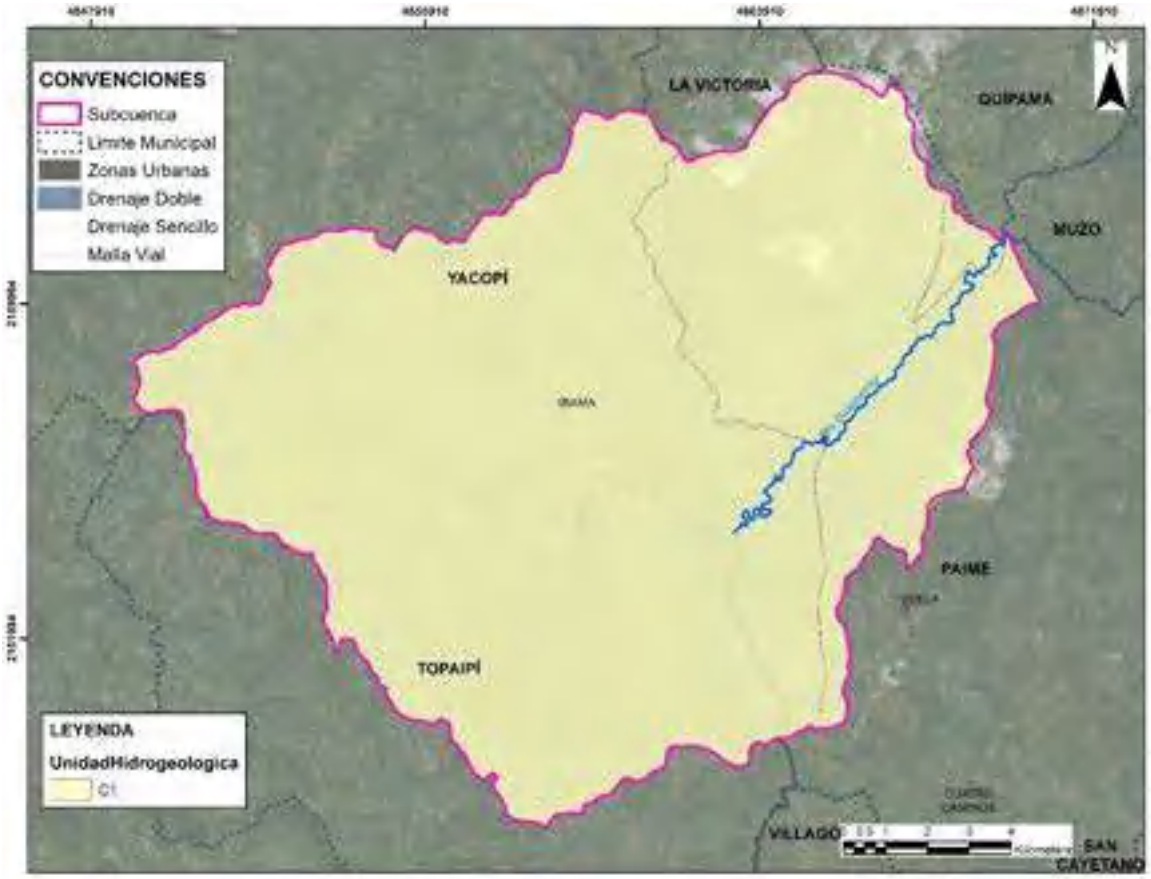
La Tabla 144 relaciona las unidades hidrogeológicas definidas en el POMCA del río Negro (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019), el cual analiza las unidades litológicas con respecto a su comportamiento hidrogeológico de acuerdo a la clasificación adoptada por el Servicio Geológico Colombiano, en la cual se define cada unidad según el tipo de porosidad de las rocas, de la ocurrencia de aguas subterráneas y de su capacidad específica, según la nomenclatura internacional para estudios hidrogeológicos y del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2003), la 0 representa espacialmente las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio, exponiendo una única unidad hidrogeológica (C1), la cual relaciona rocas de muy baja productividad asociadas a la Formación Conejo y Churuvita principalmente.

Tabla 144 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Guaquimay

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
Sedimentos y rocas con limitados o ningún recurso de aguas subterráneas	
C1	Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química, En el área de estudio asociados principalmente a la Formación Churuvita y Formación Conejo.

Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

Figura 238 Unidades hidrogeológicas presentes en la unidad hidrográfica nivel I río Guaquimay



Fuente: Elaboración propia, 2022 con información POMCA.

1.3.3.3.3.1 ZONAS DE RECARGA

Las áreas de recarga o descarga se pueden determinar mediante la utilización de diferentes métodos físicos químicos, numéricos y conceptuales de acuerdo con la disponibilidad de información, en términos generales los factores que afectan la recarga de acuíferos y por lo tanto intervienen en su estimación relacionan elementos fisiográficos, atmosféricos y climáticos (precipitación, escorrentía,

evapotranspiración), irrigación y elementos geológicos, edafológicos y de cobertura vegetal, entre otros, en el POMCA del río Carare minero, se estimó la recarga hidrogeológica a partir de un balance hídrico que contempla características del suelo, su uso y tratamiento de cobertura vegetal, junto con la escorrentía, aspectos enunciados dentro del modelo conceptual Soil Conservation Service de Estados Unidos, también conocido como Método del Número de Curva (CN) (Gomez, 2011). Como resultado de la estimación de oferta y de zonas de recarga hidrogeológica se estimó para la cuenca del río Carare minero un valor medio de infiltración potencial de 106,88 mm/año definiendo la zona norte de la cuenca como el área con mayor aporte de recarga. Dentro del análisis desarrollado por el POMCA, no se identificaron áreas potenciales de recarga dentro de la unidad hidrográfica, esto como respuesta a las características de las rocas que conforman el área de estudio, las cuales favorecen principalmente la escorrentía superficial.

1.3.3.4 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUBTERRÁNEA

Posterior al cálculo de la recarga potencial representada anteriormente para las diferentes unidades acuíferas el POMCA del río Carare Minero, se calcula el volumen potencial infiltrado en estas, lo que representa la oferta hídrica subterránea de la Cuenca. El volumen aproximado de almacenamiento se representa a continuación en la Tabla 145.

Tabla 145 Oferta hídrica subterránea

UNIDAD ACUÍFERA	OFERTA (Hm^3/año)
A2	388,61
B1	0,05

Fuente: POMCA (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019)

Esta oferta se ubica en unidades hidrogeológicas asociadas a depósitos recientes y subrecientes de origen coluvial y a las rocas de la Formación Arenisca Dura.

Es importante resaltar que estas zonas de recarga pueden ser vulnerables a la contaminación por infiltración de agentes contaminantes derivados de actividades antrópicas desarrolladas en áreas aledañas. Dentro del documento de este POMCA del río Carare, indican algunas actividades humanas que pueden llevar peligros de contaminación implícitos, descritos a continuación:

Tabla 146 Actividades Desarrolladas en Zonas de Recarga Subterránea

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE
Actividad agrícola y pecuaria	Nitratos, amoniacos, pesticidas, microorganismos fecales
Saneamiento “in situ”	Nitratos, microorganismos fecales
Gasolineras y talleres de automotores	Benceno, hidrocarburos aromáticos, fenoles
Depósitos de residuos sólidos	Amonio, salinidad, metales pesados y algunos hidrocarburos halogenados

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE
Industrias metalúrgicas	Tricloroetileno, hidrocarburos halogenados, fenoles, arsénicos y metales pesados
Industria maderera	Pentaclorofenol, algunos hidrocarburos aromáticos
Manufactura de pesticidas	Algunos hidrocarburos halogenados, fenoles, arsénicos y metales pesados
Depósito final de lodos residuales domésticos	Nitratos, plomo, cinc, algunos hidrocarburos halogenados
Curtiembres	Cromo, salinidad, algunos hidrocarburos halogenados
Minas de carbón y de metales	Acidez, diversos metales pesados, hierro y sulfatos

Fuente: Tomado de Bedoya (2009) en POMCA (Corpoboyacá, CAR, CAS, 2019)

1.3.4 ELABORACIÓN DE PERFILES DE CALIDAD ACTUAL DE CADA CUERPO DE AGUA.

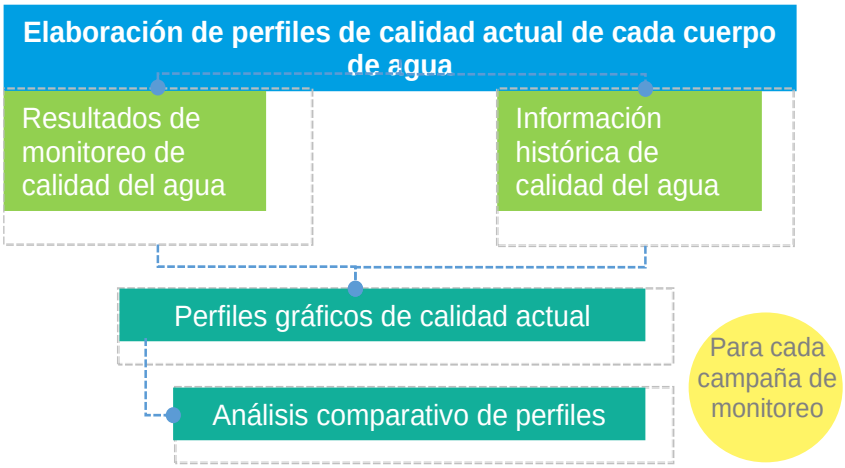
En este apartado se presenta la elaboración de los perfiles de calidad actual de los cuerpos hídricos asociados a cada una de las subzonas hidrográficas en estudio y sus afluentes. Para ello es necesaria la información histórica existente que se ha obtenido en actividades previas, la información recopilada en las campañas de monitoreo que fueron desarrolladas en condiciones hidrológicas distintas y los datos suministrados por el laboratorio.

Con el análisis de dicha información se van a realizar gráficos que contengan:

- La evolución de cada parámetro teniendo en cuenta cada estación de monitoreo.
- La evolución de la calidad a lo largo del cuerpo de agua.
- La comparación entre los perfiles longitudinales obtenidos con los resultados para cada campaña de monitorio.

Los perfiles longitudinales se construyeron de acuerdo con los resultados de las campañas de monitoreo, para todos los parámetros monitoreados y sus condiciones de calidad. Así mismo se presentaron los valores de concentración los cuales fueron comparados con los objetivos de calidad vigentes en el territorio y con los criterios de calidad del agua más restrictivos según los usos actuales del lugar.

Figura 239 Elaboración de perfiles de calidad actual para los cuerpos de agua en estudio.

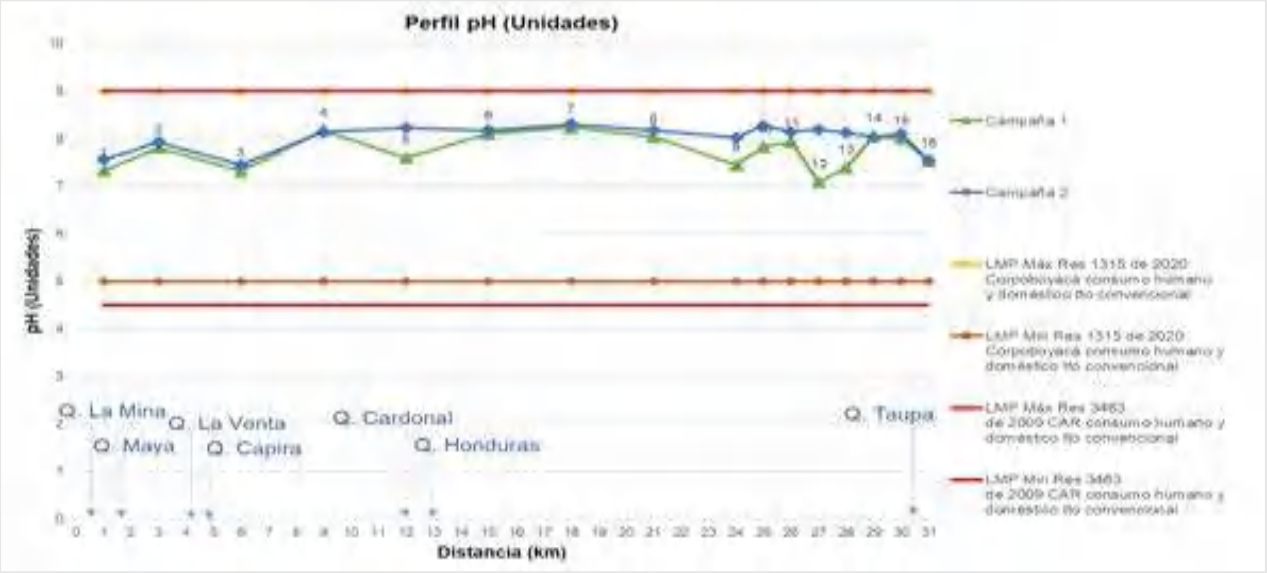


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los perfiles de calidad permiten observar y analizar el comportamiento de los cuerpos de agua en los puntos monitoreados, con ello se pueden identificar cambios a largo de su trayecto que indican presencia de contaminantes (vertimientos) o en su defecto recuperación de la calidad del agua. A continuación, se presentan los perfiles de los parámetros que se consideran de mayor importancia en la evaluación de la calidad y cantidad del agua para las 3 subzonas hidrográficas en estudio.

1.3.4.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH).

Figura 240 Perfil de pH – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La figura anterior representa los resultados obtenidos para el parámetro de pH en los puntos monitoreados sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay en cada una de las campañas efectuadas, que de acuerdo con la Resolución 3463 del 2009 por la que se establecen los objetivos de calidad-ODC de la CAR pertenece a la Clase IV y su afluente Q. Taupa pertenece a la Clase I. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, así como la resolución 3643 de la CAR donde se definen diferentes límites mínimos y máximos permisibles de acuerdo con el tipo de uso del agua, se evidencia que el 100% de los puntos monitoreados, se encuentran dentro del rango establecido por la norma para ambas campañas. Lo anterior indica que el pH se encuentra cercano a un estado neutro e indica que para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico se requiere aplicar procedimientos de desinfección para su potabilización. Se resalta que el punto N° 7. Quebrada Honduras presentó el mayor valor de pH con 8,31 y el Punto N° 12 presentó el menor pH con 7,09, ubicado en la Quebrada Cardonal.

Figura 241 Perfil de pH – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior figura, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro de pH. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, así como la resolución 3643 de la CAR donde se definen diferentes límites mínimos y máximos permisibles de acuerdo con el tipo de uso del agua, se evidencia que el 100% de los puntos monitoreados, se encuentran dentro del rango establecido por la norma para las dos campañas realizadas. Lo anterior indica que el pH se encuentra cercano a la neutralidad e indica que para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico se requiere aplicar procedimientos de desinfección para su potabilización.

Figura 242 Perfil de pH – Río Palenque.

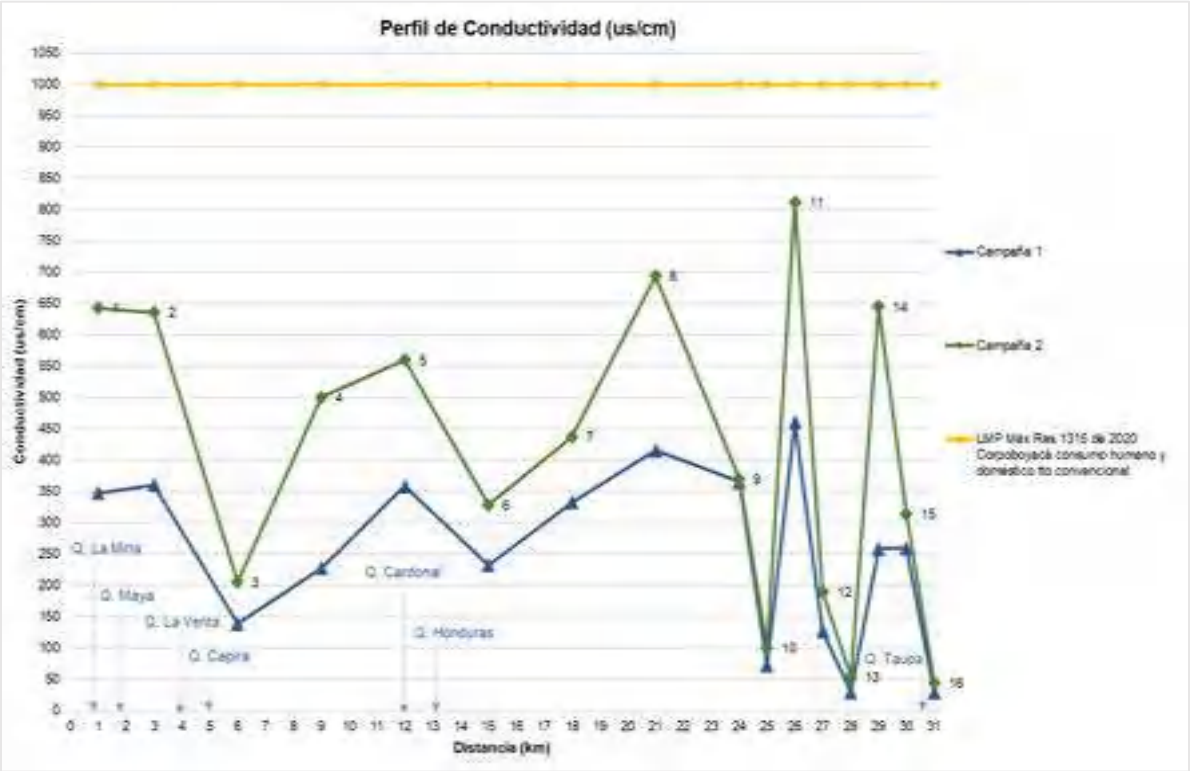
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de pH. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, así como la resolución 3643 de la CAR, se evidencia que el punto 49. Quebrada La Honda es el único que presentó valores fuera de dichos límites en la campaña 1 (pH=4,03) y en la campaña 2 (pH=5,09). Dicho punto corresponde al río Herradura, lo que quiere decir que el agua muestreada es ligeramente ácida; según (García, Arguello, Parra, & Pincay Pilay , 2019) algunos factores externos que pueden causar fluctuaciones en el pH de un río incluyen desechos de agricultura, drenajes ácidos de minería y las emisiones de combustibles fósiles, como el dióxido de carbono, el cual genera un ácido débil cuando se disuelve en el agua del río.

El agua disponible en el punto 49 no puede destinarse para consumo humano y doméstico, uso pecuario, actividades recreativas, preservación de fauna y flora, uso estético y uso industrial basado en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá. Su uso restringido en actividades agrícolas depende de un pH entre 4,5-9,0. Así mismo, el agua disponible en ese punto esta categorizada en la clase IV según la resolución 3463 de 2009.

1.3.4.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (US/CM).

Figura 243 Perfil de Conductividad Eléctrica – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

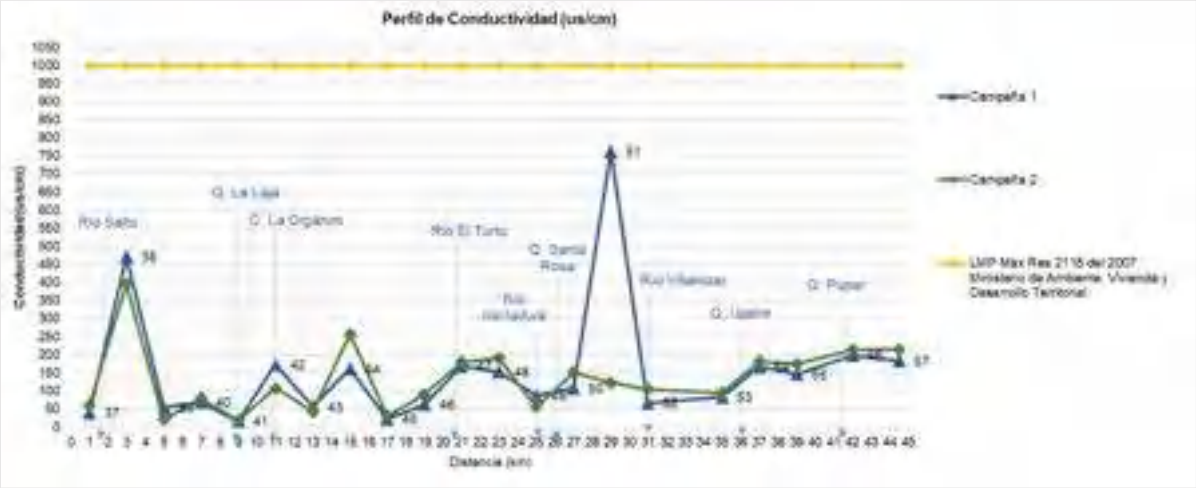
Los resultados obtenidos para el parámetro de conductividad eléctrica en los puntos monitoreados sobre la UHNI Río Guaquimay, se representan en la figura anterior. De acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos mediante la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, en donde el límite corresponde a 1000 us/cm para consumo humano y doméstico tratamiento convencional, los valores obtenidos se encuentra dentro del rango permisible. Además, la gráfica permite evidenciar como los resultados de la segunda campaña se registran por encima comparando con la primera campaña, infiriendo que la disminución de caudales a su vez disminuye la capacidad de asimilación de la contaminación que se presenta en los cuerpos de agua.

Figura 244 Perfil de Conductividad Eléctrica – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos para el parámetro de conductividad eléctrica en los puntos monitoreados sobre la UHNI Río Negro, se representan en la figura anterior. De acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos mediante la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, en donde el límite corresponde a 1000 us/cm para consumo humano y doméstico tratamiento convencional, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permisible. Por otro lado, se evidencia de manera general que los resultados de la segunda campaña se encuentran por encima de la campaña 1 en la mayoría de los casos, solo se presenta un caso contrario para el punto 29. Vertimiento Villagómez y 31. Río Negro.

Figura 245 Perfil de Conductividad Eléctrica – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos para el parámetro de conductividad eléctrica en los puntos monitoreados sobre la UHNI Río Palenque, se representan en la figura anterior. De acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos mediante la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, en donde el límite corresponde a 1000 us/cm para consumo humano y doméstico tratamiento convencional, los valores obtenidos se encuentra dentro del rango permisible. De otra parte, para la unidad hidrográfica del Río Palenque se presenta una situación similar al Río Negro en tanto que la mayoría de los puntos se encuentran con valores superiores para la segunda campaña, exceptuando el punto 51 correspondiente al vertimiento municipal de Buenavista.

1.3.4.3 OXÍGENO DISUELTO – OD (MG/L).

El oxígeno disuelto indica la cantidad de oxígeno disuelto disponible en los cuerpos de agua. Este parámetro es un indicador de la contaminación del agua y del soporte que esta puede dar para el crecimiento que está puede dar para el crecimiento y reproducción animal y vegetal. Generalmente, altos niveles de agua indican una alta tasa fotosintética, principalmente de las plantas acuáticas. Factores como: alta intensidad lumínica, así como mayor turbulencia del cuerpo de agua pueden aumentar los niveles de oxígeno disuelto.

Figura 246 Perfil de Oxígeno Disuelto – Río Guaquimay.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos para el parámetro de Oxígeno en los puntos monitoreados sobre la unidad hidrográfica del río Guaquimay, se presenta en la figura anterior. Se evidencia que en todos los puntos analizados cumplen con el límite mínimo permisible por parte de la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR establecido para consumo humano y doméstico que requiera solamente tratamiento convencional, obteniendo valores superiores a 4mg/L. Según lo establecido en esos documentos, dentro de los usos permitidos basado en los valores obtenidos de oxígeno disuelto son consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, actividades agrícolas, pecuarias e industriales. De otra parte, se evidencia que los resultados para el parámetro se encuentran más estables para la campaña número 1, teniendo a un valor más cercano al ideal para el desarrollo de especies acuáticas que es de 8mg/L.

Dentro de las excepciones se encuentra que el agua disponible en el punto No. 1 y el punto No. 11 correspondientes a la quebrada La Mina, no es apto para consumo humano con potabilización por desinfección. Adicionalmente, el punto N° 1 tampoco cumple con los límites mínimos establecidos por Corpoboyacá para actividades recreativas ni para preservación de fauna y flora.

Figura 247 Perfil de Oxígeno Disuelto – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior figura, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro de oxígeno disuelto. Se evidencia que en todos los puntos analizados cumplen con el límite mínimo permisible por parte de la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR establecido para consumo humano y doméstico que requiera solamente tratamiento convencional, obteniendo valores superiores a 4mg/L. Según lo establecido en esos documentos, dentro de los usos permitidos teniendo en cuenta los valores obtenidos de oxígeno disuelto son consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, actividades agrícolas, pecuarias e industriales. Por lo general se observa que los resultados no varían mucho entre campañas, a excepción de 2 puntos en los que se evidencia una gran variación, estos corresponden al punto 22. Vertimiento Paime y 29. Vertimiento Villagómez, esto puede favorecer a que en la campaña 1 se presentaba mayor presencia de materia orgánica.

Figura 248 Perfil de Oxígeno Disuelto – Río Palenque.

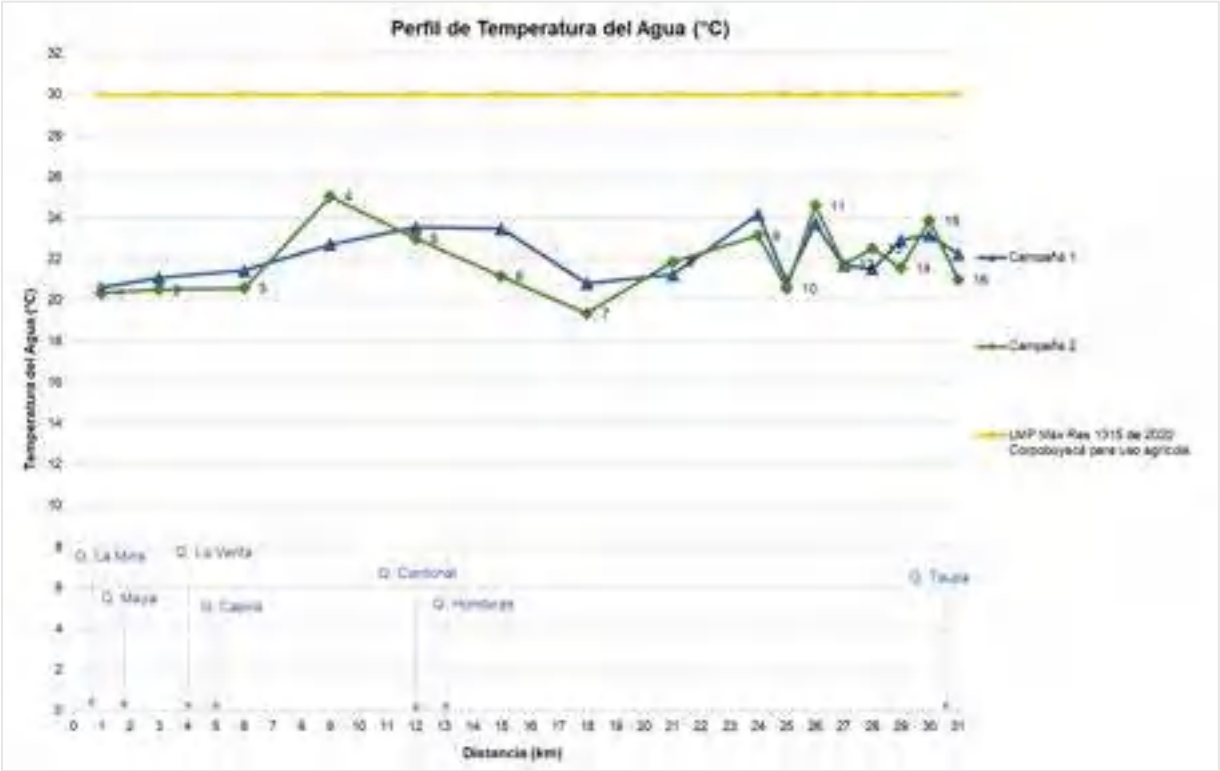
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de oxígeno disuelto. se evidencia que el punto 38 es el único que presentó valores por debajo del límite mínimo permisible por parte de la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR establecido para consumo humano y doméstico que requiera solamente tratamiento convencional (4mg/L).Ese punto presentó una concentración de oxígeno disuelto de 1,9mg/L en la primera campaña, según Peña Pulla & Chang (2007) los niveles de oxígeno disuelto por debajo de 2 o 1 es fatal a la mayor parte de especies. Así mismo, según las resoluciones citadas anteriormente, el agua disponible en el punto 38 no es apta para usos que incluyan actividades de consumo humano y doméstico, actividades agrícolas, pecuarias, industriales, de recreación y de preservación de flora y fauna.

Los demás puntos cumplieron con el límite mínimo permisible de oxígeno disuelto según lo establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Por ello, se indica que los usos permitidos teniendo en cuenta los valores obtenidos de oxígeno disuelto son consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, actividades agrícolas, pecuarias e industriales.

1.3.4.4 TEMPERATURA DEL AGUA (°C).

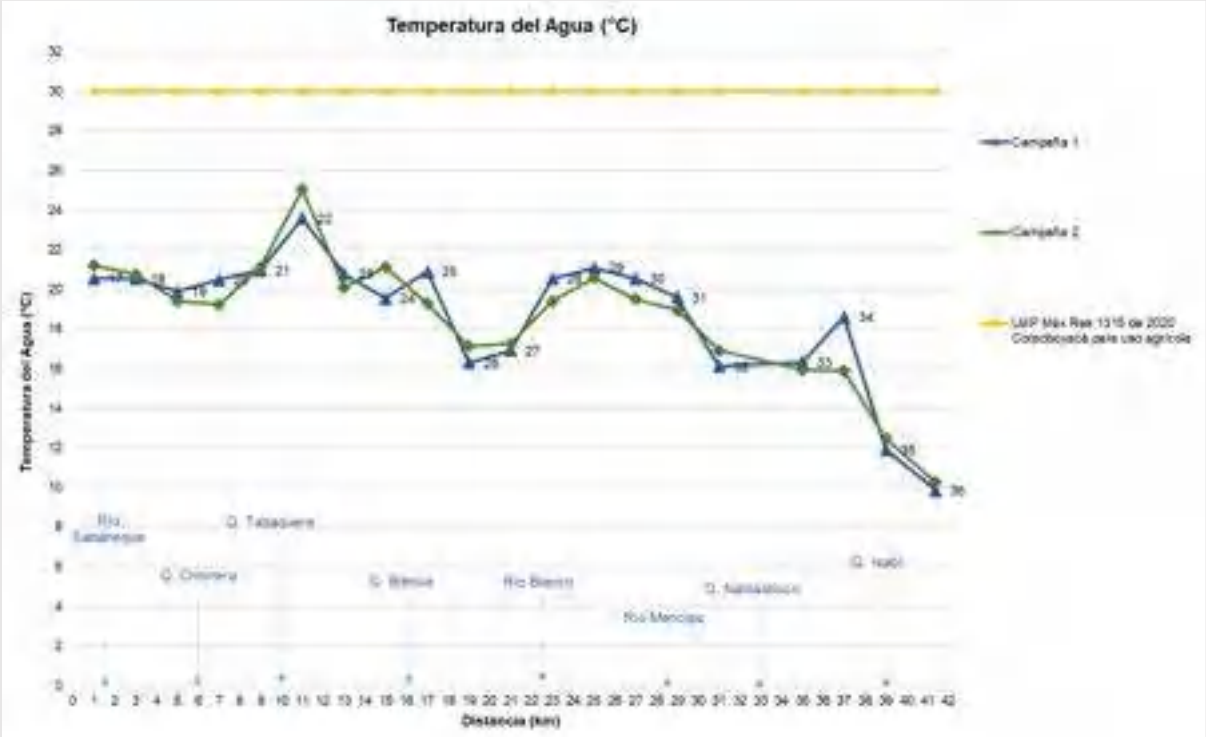
Figura 249 Perfil de Temperatura del agua – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de temperatura del agua obtenido en cada uno de los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay, se representa en la figura anterior, donde se observa que en ninguno de los casos se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos mediante Resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá, siendo el límite 30°C para uso agrícola. Los resultados registrados no presentan mucha variación entre campañas, esto a que principalmente el clima se mantiene estable a lo largo del año en esta zona, en la cual se presenta generalmente precipitaciones en todas las épocas.

Figura 250 Perfil de Temperatura del agua – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de temperatura del agua obtenido en cada uno de los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Rio Negro, se representa en la figura anterior, donde se observa que en ninguno de los casos se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos mediante Resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá, siendo el límite 30°C para uso agrícola. La gráfica además permite observar cómo se presentan casi que 2 series iguales entre campañas, ya que, las condiciones climáticas se mantienen similares a lo largo del año en esta zona.

Figura 251 Perfil de Temperatura del agua – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de temperatura del agua obtenido en cada uno de los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Rio Palenque, se representa en la figura anterior, donde se observa que en ninguno de los casos se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos mediante Resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá, siendo el límite 30°C para uso agrícola. La gráfica además permite observar cómo se presentan casi que 2 series iguales entre campañas, ya que, las condiciones climáticas se mantienen similares a lo largo del año en esta zona.

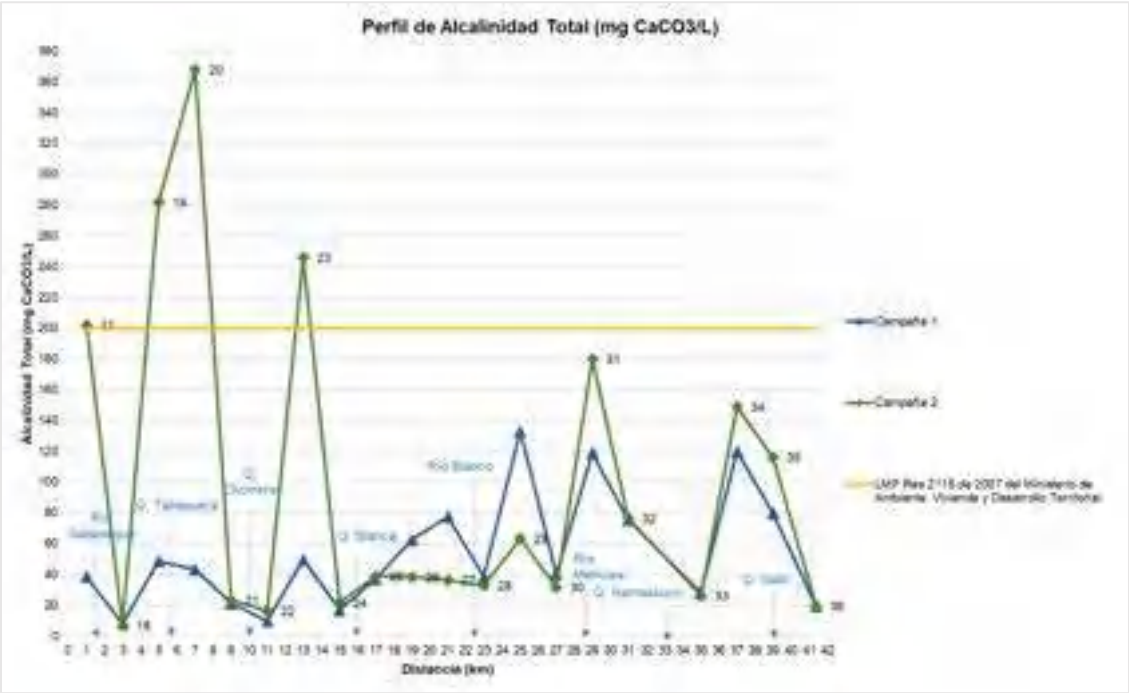
1.3.4.5 ALCALINIDAD (MG $CaCO_3$/L).

Figura 252 Perfil de Alcalinidad – Río Guaquimay.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior figura, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI río Guaquimay para el parámetro de Alcalinidad Total, donde se observa que, en ambas campañas, los valores de este parámetro en los 16 puntos de monitoreo se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. De manera general la gráfica permite identificar que para la segunda campaña se presentan valores por encima de la campaña 1, esto sugiriendo las consecuencias de la disminución de los caudales en los cuerpos de agua que no permite una óptima dilución de la carga contaminante.

Figura 253 Perfil de Alcalinidad – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI río Negro para el parámetro de Alcalinidad Total, donde se observa que, en ambas campañas, los valores de este parámetro en los 20 puntos de monitoreo se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. De manera general la gráfica permite identificar que para la segunda campaña se presentan valores por encima de la campaña 1, esto sugiriendo las consecuencias de la disminución de los caudales en los cuerpos de agua que no permite una óptima dilución de la carga contaminante.

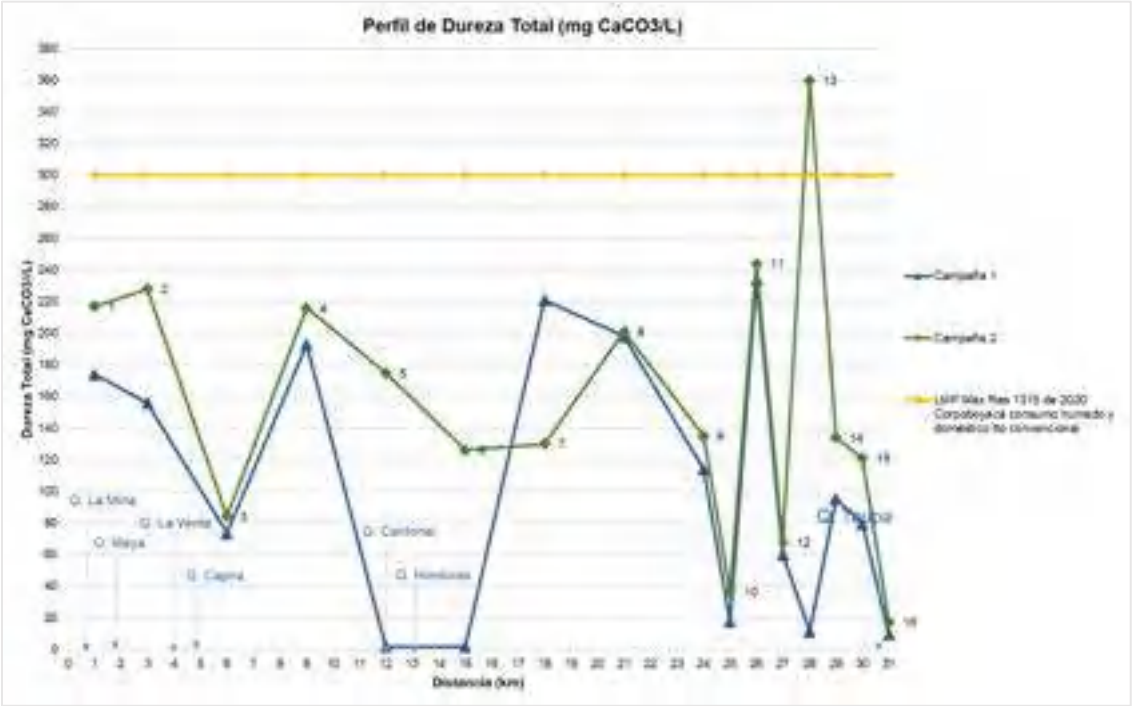
Figura 254 Perfil de Alcalinidad – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI río Palenque para el parámetro de Alcalinidad Total, donde se observa que, en ambas campañas, los valores de este parámetro en los 21 puntos de monitoreo se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. De manera general la gráfica permite identificar que para la segunda campaña se presentan valores por encima de la campaña 1, esto sugiriendo las consecuencias de la disminución de los caudales en los cuerpos de agua que no permite una óptima dilución de la carga contaminante, además, no se observa una variación considerable entre ambas campañas.

1.3.4.6 DUREZA TOTAL (MG $CaCO_3$/L).

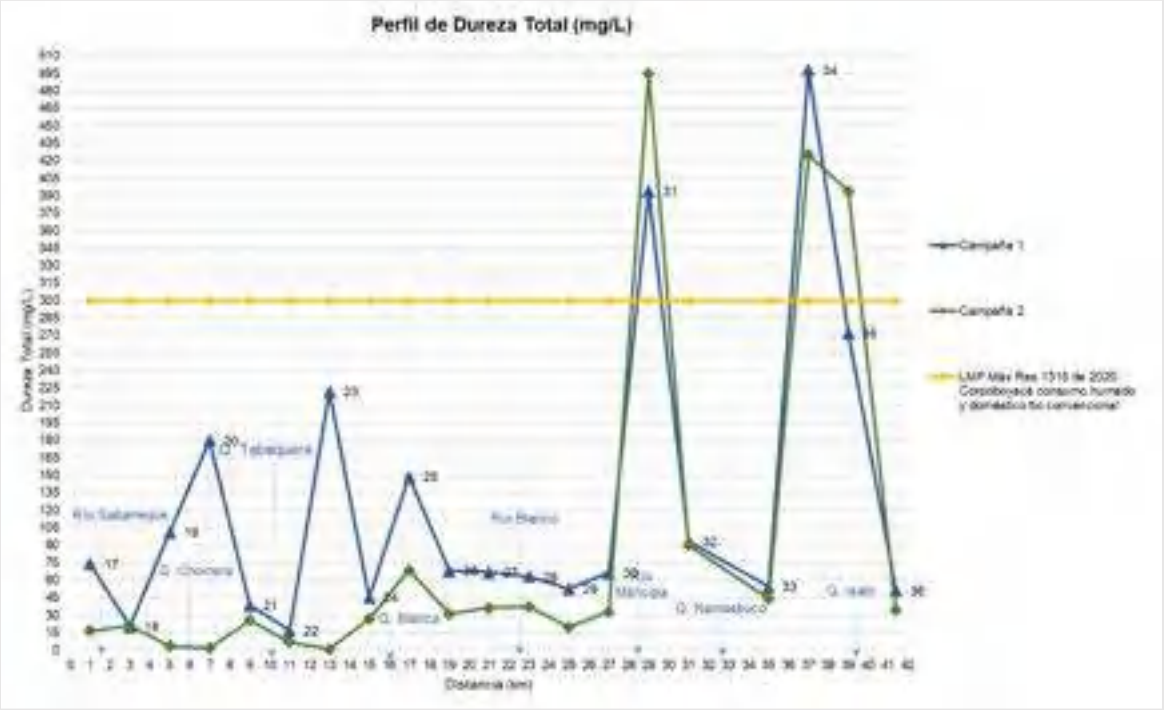
Figura 255 Perfil de Dureza Total – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de Dureza Total obtenido en cada uno de los 16 puntos de monitoreo de la UHNI río Guaquimay, se representa en la figura anterior, donde se observa que únicamente el punto número 13. Quebrada Taupa para la campaña dos, se encuentra sobre el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional, según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el cual es de 300 mg CaCO3/L. Teniendo en cuenta ambas campañas se evidencia que en algunos casos se presenta alta disparidad entre los resultados, esto puede presentarse debido a procesos puntuales que se hayan relacionado en los cuerpos de agua al momento de la toma de la muestra, se evidencia como la mayor variación se presenta en el punto 13. Quebrada Taupa, que para la campaña 1 se presentó como uno de los valores más bajos, mientras que para la campaña 2 este aumenta hasta una concentración por encima de 360 mg/L.

Figura 256 Perfil de Dureza Total – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de Dureza Total obtenido en cada uno de los 20 puntos de monitoreo de la UHNI río Negro, se representa en la figura anterior, donde se observa que el punto 10% (2 puntos) de los puntos de la campaña uno y el 15% (3 puntos) de los puntos de la campaña dos, se encuentran sobre el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional, según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el cual es de 300 mg CaCO3/L. Por otro lado, la gráfica permite evidenciar que en algunos puntos se presenta una variación considerable entre campañas, correspondiente a los cuerpos de agua de los puntos 17, 20 y 23 en el Río Negro y, 25. Quebrada Mamercha, donde se identifica que se obtienen valores más altos para la campaña 1, que corresponde a la época de altas precipitaciones.

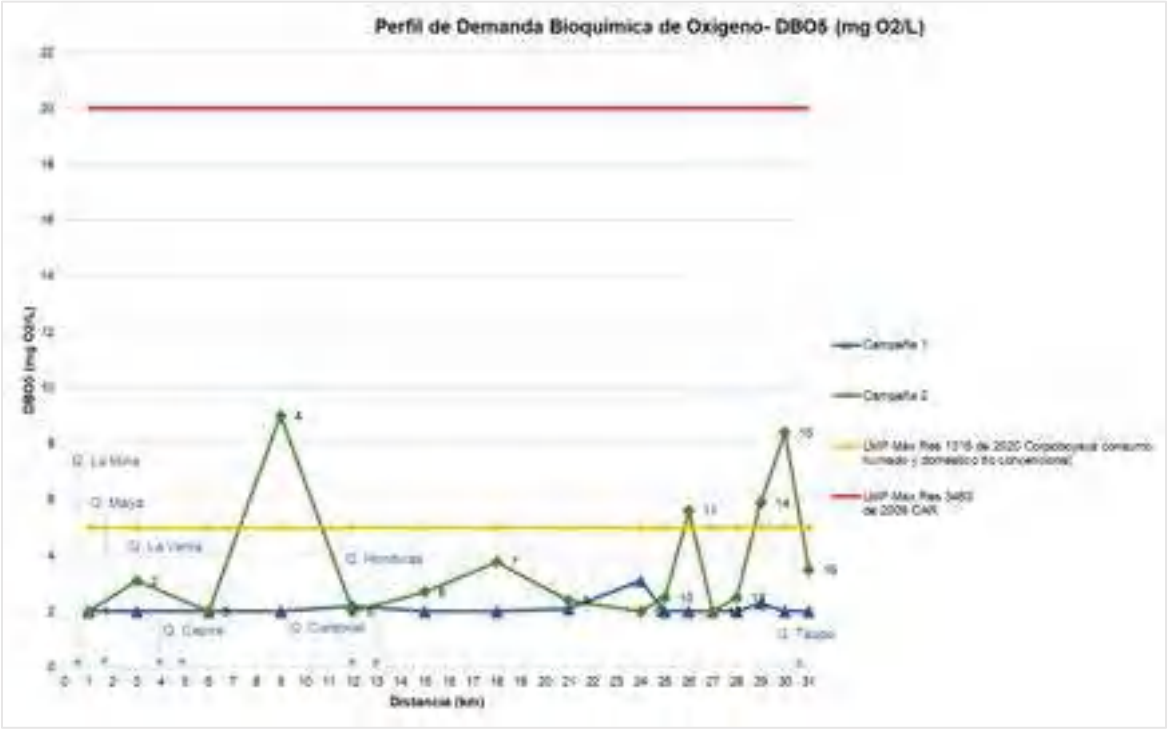
Figura 257 Perfil de Dureza Total – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de Dureza Total obtenido en cada uno de los puntos de monitoreo de la UHNI río Palenque, se representa en la anterior figura, donde se observa que ninguno de los puntos de ambas campañas, se encuentran por sobre el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional o desinfección, según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el cual es de 300 mg CaCO3/L. La gráfica además permite evidenciar que en el 85,71% de los puntos monitoreados se presenta baja o casi nula variación entre campañas, no obstante, en los puntos 51. Vertimiento Buenavista, 55 y 57 en el Río Palenque, se presenta una variación considerable, teniendo en cuenta que para el punto 51 se presenta mayor valor para la campaña 1, mientras que para los puntos 55 y 57 se presenta un valor mayor en la campaña número 2.

1.3.4.7 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO – DBO_5 (MG O_2/L).

Figura 258 Perfil de DBO_5 – Río Guaquimay.

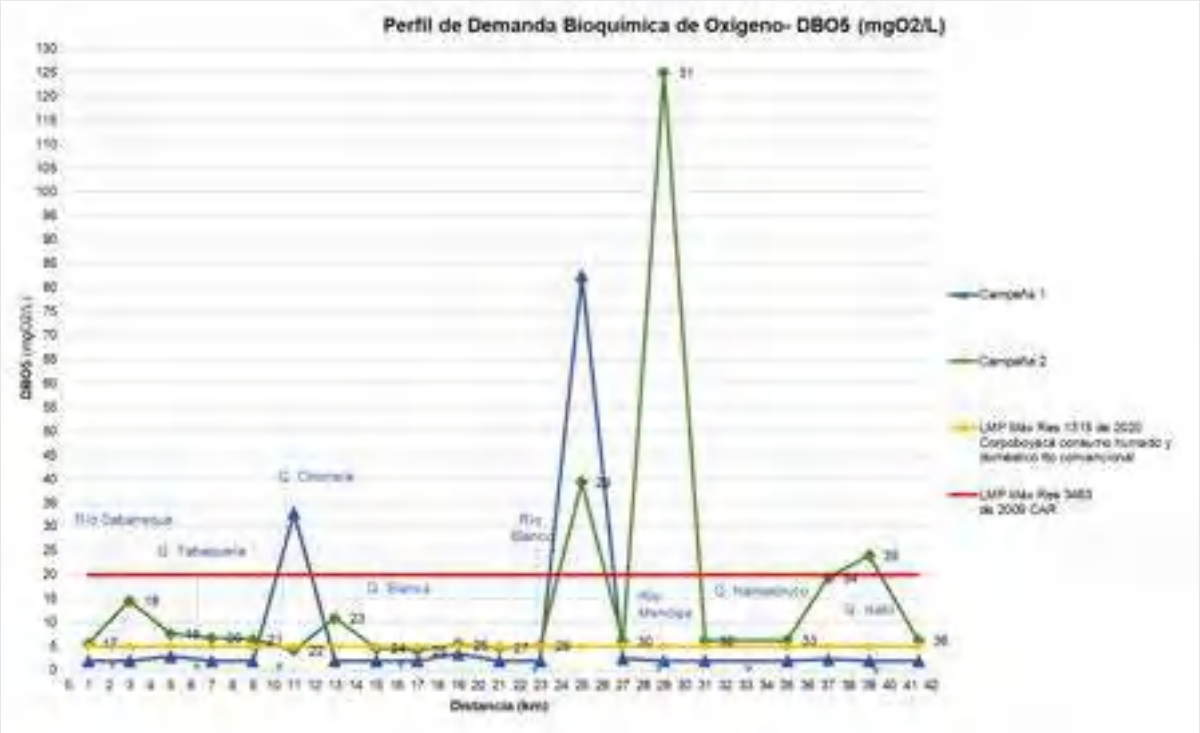


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenido en cada uno de los 16 puntos de monitoreo de la UHNI río Guaquimay, se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que según la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional es de 5 mg O_2/L. Según lo mencionado, se puede observar que en la campaña dos, los puntos de monitoreo número 9,11, 14 y 15, se encuentran sobre el límite permisible. Respecto a la Resolución 3463 del 2009 de la CAR cuyo límite fijado para este parámetro es de 20 mg/L, en la gráfica se puede observar que, en ambas campañas, todos los puntos se encuentran por debajo del límite máximo permisible relacionado en la normatividad.

Por otro lado, se puede evidenciar en la figura que los puntos en general no presentan variaciones considerables entre campañas, a excepción del punto 4. Quebrada La Venta, 11. Quebrada La Mina y 15. Río Guaquimay, infiriendo que para la campaña 2 se presenta mayor contaminación por materia orgánica.

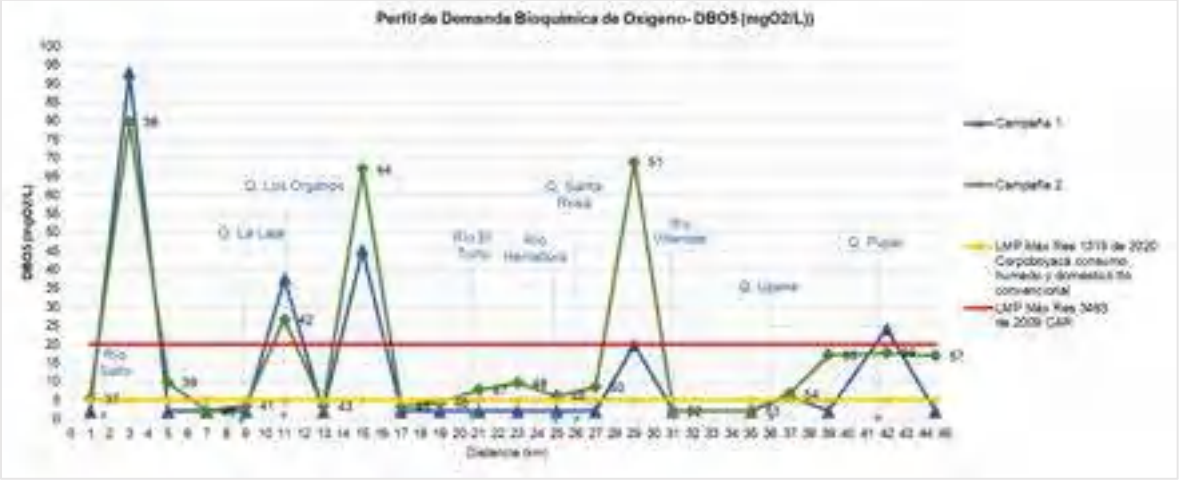
Figura 259 Perfil de DBO_5 – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenido en cada uno de los 20 puntos de monitoreo de la UHNI río Negro, se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que según la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional es de 5 mg O_2/L. Según lo mencionado, se puede observar que en la campaña uno, los puntos de monitoreo número 22 y 29, y en la campaña dos, de los puntos de monitoreo 17, 18, 19, 20, 21, 23, 29 y del 30 al 36, se encuentran sobre el límite permisible. Respecto a la Resolución 3463 del 2009 de la CAR cuyo límite fijado para este parámetro es de 20 mg/L, en la gráfica se puede observar que, en la campaña uno los puntos de monitoreo 22. Vertimiento Paime y 29. Vertimiento Villagómez, y en la campaña dos los puntos de monitoreo 29, 31 y 35, los valores se encuentran por encima del límite permitido por la norma.

Figura 260 Perfil de DBO_5 – Río Palenque.

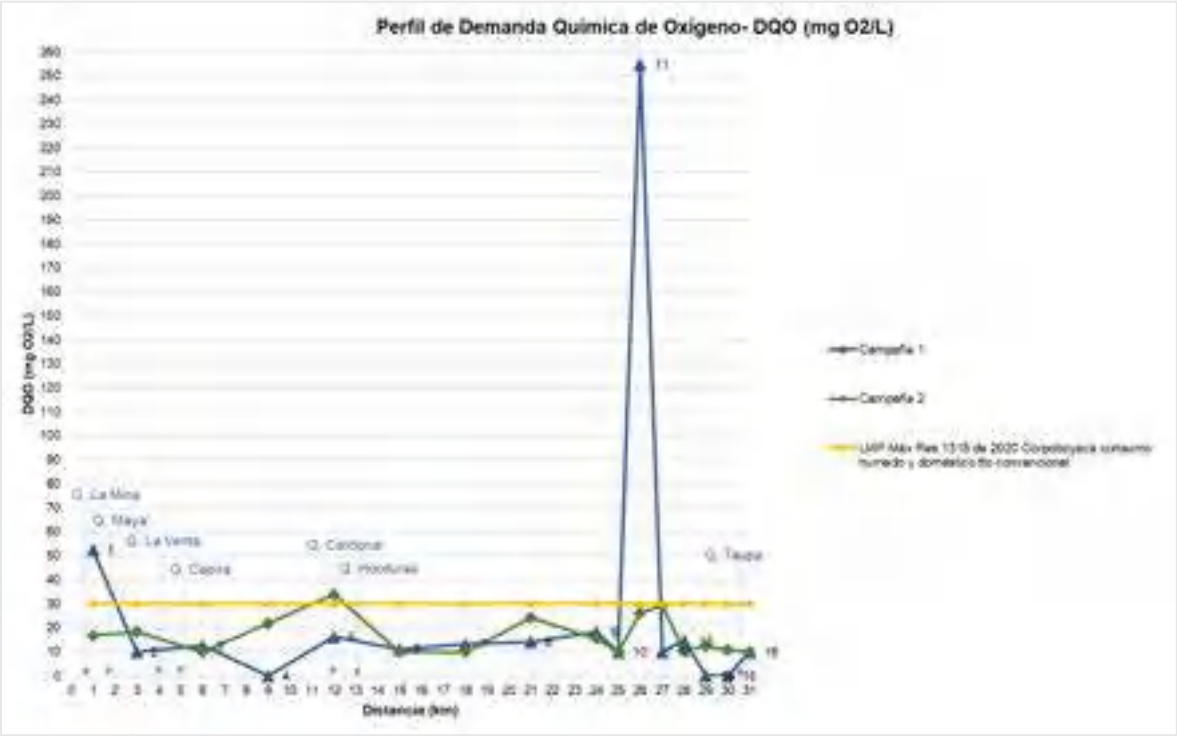


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenido en cada uno de los 21 puntos de monitoreo de la UHNI río Palenque, se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que según la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional es de 5 mg O_2/L. Según lo mencionado, se puede observar que en la campaña uno, los puntos de monitoreo número 28, 42, 44, 51, 54 y 56, y en la campaña dos, de los puntos de monitoreo del 38,39, 42, 44, 47 al 51 y del 54 al 57, se encuentran sobre el límite permisible. Respecto a la Resolución 3463 del 2009 de la CAR cuyo límite fijado para este parámetro es de 20 mg/L, en la gráfica se puede observar que, en la campaña uno los puntos de monitoreo 38, 42, 44 y 56, y en la campaña dos los puntos de monitoreo 38, 42, 44 y 51, los valores se encuentran por encima del límite permitido por la norma.

1.3.4.8 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO – DQO (MG O_2/L).

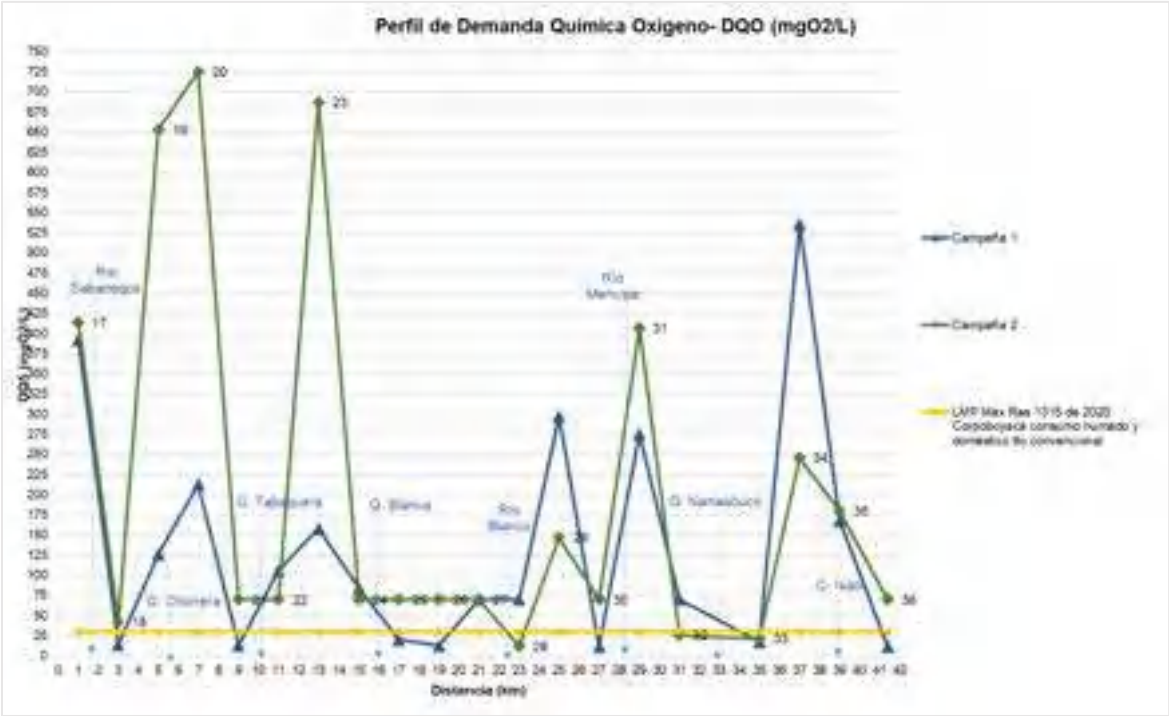
Figura 261 Perfil de DQO – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de DQO obtenido en cada uno de los 16 puntos de monitoreo de la UHNI río Guaquimay, se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, donde se establece que el límite máximo permisible para agua de consumo humano y doméstico tratamiento convencional, es de 30 mg/L, los puntos 1 y 11 en la Quebrada La Mina para la primera campaña y el punto 5. Río Guaquimay de la segunda campaña, sobrepasan los límites admisibles para dicha destinación del recurso según el tratamiento empleado. En general los resultados registrados se mantienen con poca variación entre campañas, sin embargo, se evidencia claramente que para el punto 11. Quebrada La Mina la variación es considerable, presentando en la primera campaña el valor más alto para la unidad hidrográfica con una concentración por encima de 250 mg/L.

Figura 262 Perfil de DQO – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de DQO obtenido en cada uno de los 20 puntos de monitoreo de la UHNI río Negro, se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, donde se establece que el límite máximo permisible para agua de consumo humano y doméstico tratamiento convencional, es de 30 mg/L, los puntos 17, 19, 20, 22 al 24, 27 al 29, 31, 32, 34 y 35 de la primera campaña y los puntos del 17 al 27, 29 al 31 y 34 al 36 de la segunda campaña, sobrepasan los límites admisibles para dicha destinación del recurso según el tratamiento empleado. La gráfica permite evidenciar que en varios puntos se presenta una variación considerable en los valores entre ambas campañas, esto puede deberse a procesos puntuales que se presentaban en los cuerpos de agua al momento de la toma de muestra.

Figura 263 Perfil de DQO – Río Palenque.

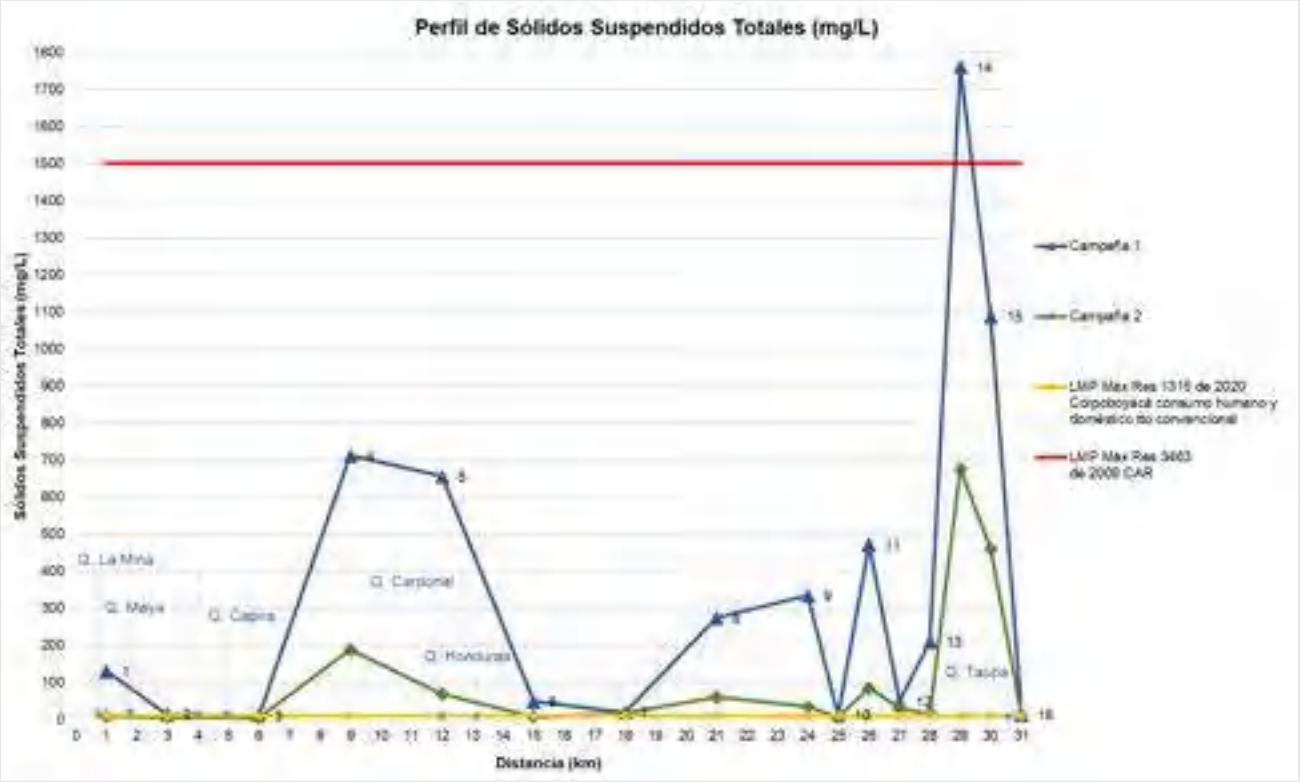
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El parámetro de DQO obtenido en cada uno de los 21 puntos de monitoreo de la UHNI río Palenque, se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, donde se establece que el límite máximo permisible para agua de consumo humano y doméstico tratamiento convencional, es de 30 mg/L, el 52,38% de la primera campaña y 33,33% de la segunda campaña, sobrepasan los límites admisibles para dicha destinación del recurso según el tratamiento empleado. La gráfica permite evidenciar que en varios puntos se presenta una variación considerable en los valores entre ambas campañas, esto puede deberse a procesos puntuales que se presentaban en los cuerpos de agua al momento de la toma de muestra.

1.3.4.9 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES – SST (MG/L).

Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105ºC hasta peso constante.

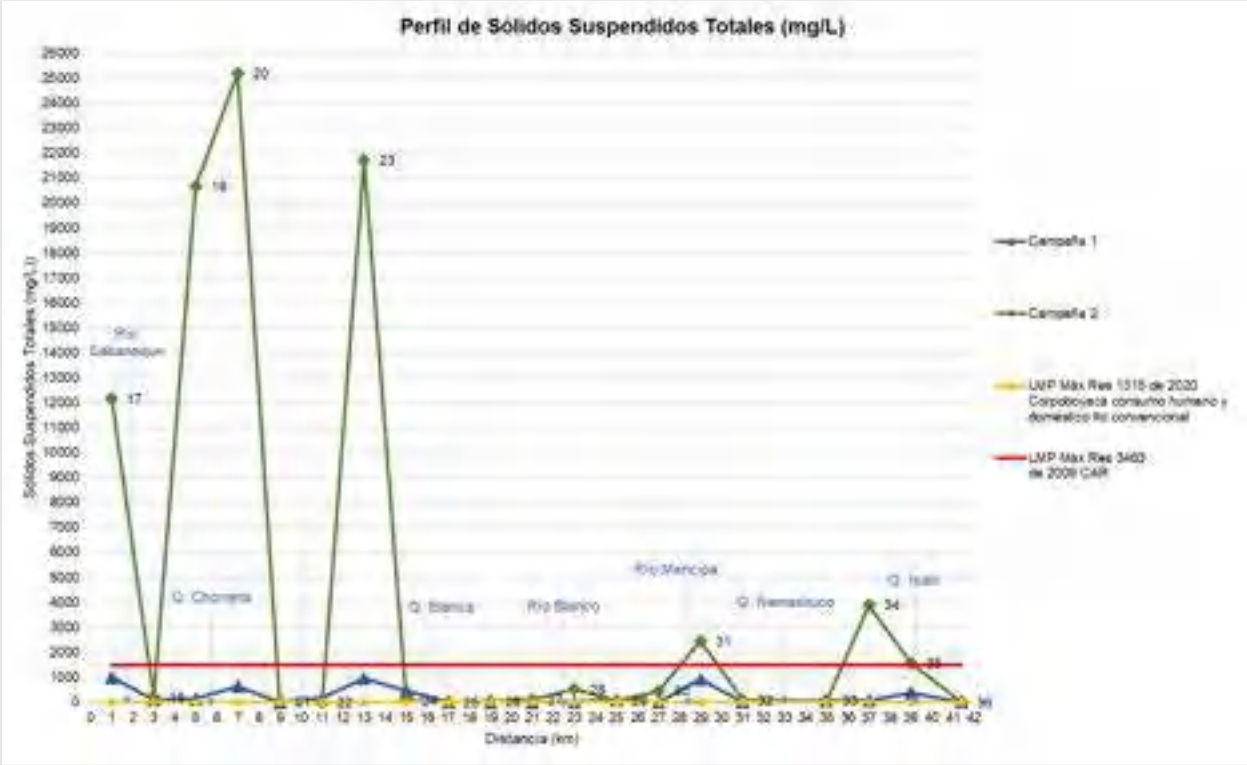
Figura 264 Perfil de SST– Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La figura anterior representa los resultados obtenidos para el parámetro de sólidos suspendidos totales en los puntos monitoreados sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay. De acuerdo con la resolución, 3643 de la CAR donde se definen diferentes límites mínimos y máximos permisibles según el tipo de uso del agua, se puede evidenciar que el 100% de los puntos monitoreados en la primera campaña están por debajo del límite permisible que es1500mg/L, para la segunda campaña solo el punto 29 superó el valor máximo permisible superando los 1700mg/L. Por otro lado, según la resolución 1315 de 2007 de ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, en la primera campaña, todos los puntos superan el valor máximo permisible que es 10mg/L para consumo humano y doméstico convencional, para la segunda campaña solo los puntos 2,3 y10 están por debajo del valor límite con 7,5 y 6mg/L respectivamente.

Figura 265 Perfil de SST – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior figura, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro de sólidos suspendidos totales. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el valor máximo permisible para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional es 10mg/L, todos los puntos monitoreados en las dos campañas superan este valor. Por otro lado, está el máximo permisible establecido por la resolución 3463 de 2009 de la CAR, que es 1500mg/L, en la primera campaña ningún punto superó este valor, en la segunda campaña solo los puntos 1, 3, 4, 7,15, 18 y 19 registraron valores muy altos superando el máximo permisible.

Figura 266 Perfil de SST – Río Palenque.

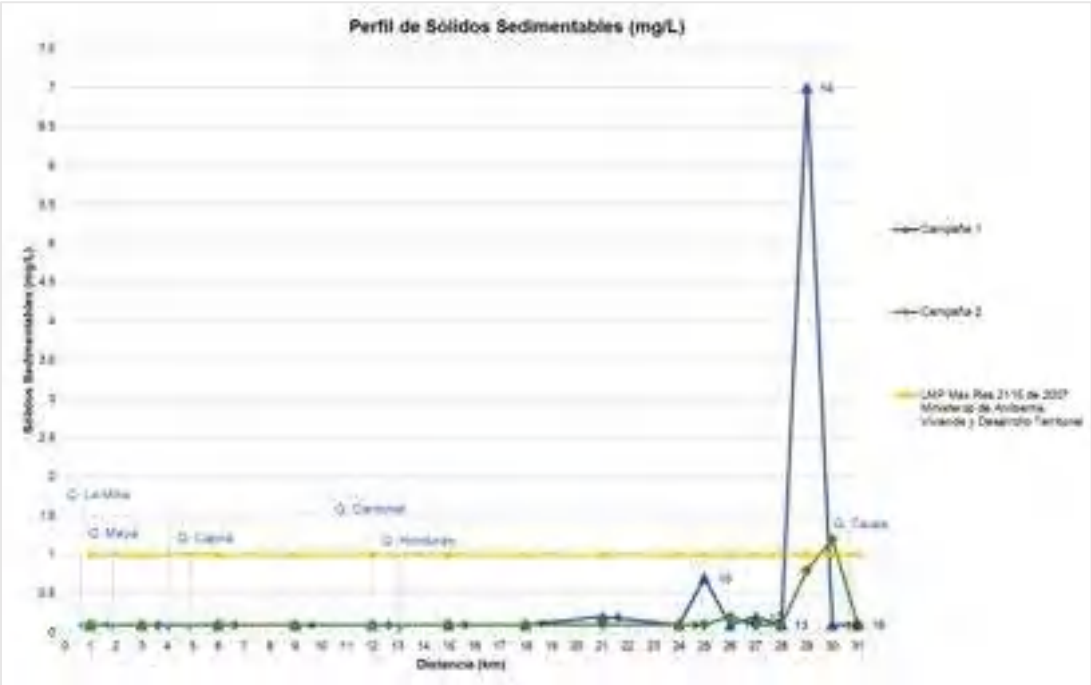
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de sólidos suspendidos totales. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá se observa que en la primera campaña todos los puntos a excepción del N° 41 están sobre el valor permisible establecido para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, además, los resultados obtenidos en la campaña dos, indican que solo los puntos 1 y 16 están por debajo del valor máximo permisible según la misma norma. Por su parte, la resolución 3463 de 2009 de la CAR, establece un límite máximo permisible de 1500 mg/L para cuerpos de agua Clase IV, en la primera campaña todos los puntos a excepción del N° 57 cumplen con el LMP establecido. Se resalta que, de acuerdo con lo mencionado con anterioridad, el punto de mayor concentración de este parámetro es el N° 57 río Palenque con 1032 mg/L debido a que es el punto más aguas debajo de la unidad hidrográfica, mientras que el de menor concentración de SST corresponde al río Villamizar. En la segunda campaña teniendo en cuenta la misma norma los puntos que superan el máximo permisible son 55 57 con 2070 mg/L y 5170 mg/L respectivamente.

1.3.4.10 SÓLIDOS SEDIMENTABLES - SS (mL/L).

El termino solidos sedimentables se refiere a materiales de cualquier tamaño que no se mantienen suspendidos o disueltos en un tanque de retención que no está sujeto a movimiento.

Figura 267 Perfil de SS– Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la siguiente figura, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro de Sólidos Sedimentables. De acuerdo con la resolución 2115 de 2007, 1 mg/L, es el valor sugerido como límite permisible. En la primera campaña se registran valores menores a este límite en todos los puntos, excepto en el punto 14 con 7mg/L, lo cual se asocia con el sedimento arcilloso evidenciado en campo al momento de realizar la toma de la muestra, también en la segunda campaña, los valores están por debajo en todos los puntos exceptuando el punto 15 con 1.2mg/L.

Figura 268 Perfil de SS – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, en la figura anterior se observa que en la primera campaña todos los puntos a excepción del N° 31. Río Negro cuentan con una concentración por debajo del límite máximo permisible establecido mediante resolución 1076 de 2015, lo cual puede estar asociado a la presencia de sedimentos arcillosos evidenciados en campo. Para la segunda campaña los puntos 19, 20, 23, 31, 34, 35 superaron el valor máximo permisible según el mismo decreto. Esto permite identificar la afectación que sufren los cuerpos de agua cuando se presenta una disminución en los caudales, además, estos valores aumentados se ven favorecidos por el arrastre de algunos sólidos principalmente evidenciados en los puntos monitoreados sobre la corriente principal del Río Negro.

Figura 269 Perfil de SS – Río Palenque.

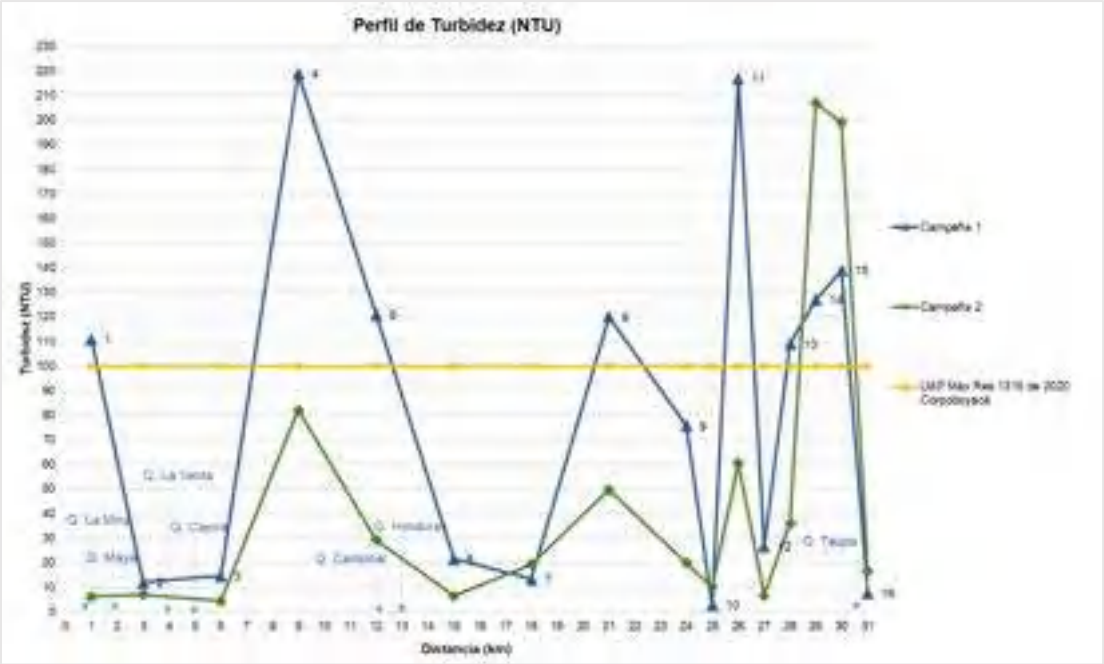
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los 17 puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de Sólidos Sedimentables. De acuerdo con la resolución 1076 de 2015, 1 mL/L, en la primera campaña, todos los puntos, a excepción del N° 57 con el LMP establecido, lo cual al igual que con los SST puede asociarse a que este es el punto más bajo de la unidad hidrográfica. Para la segunda campaña los puntos 54, 55, 56 y 57 superan el máximo permisible, los demás puntos están por debajo de este valor.

1.3.4.11 TURBIDEZ (NTU).

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez (INDUANALISIS, 2019).

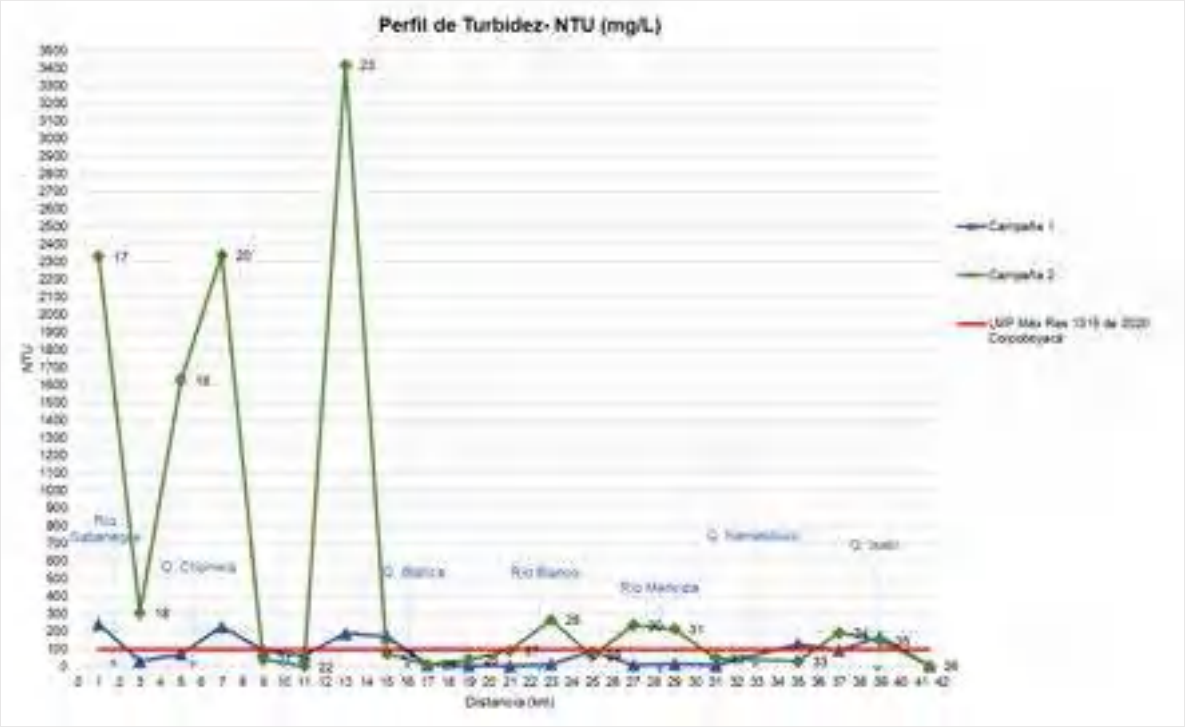
Figura 270 Perfil de Turbidez – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro de Turbidez. Según la resolución 1315 de 2020, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para uso agrícola es de 100 NTU. Para la primera campaña, en el 37,5% de los puntos se encuentra por encima del valor límite permisible, lo cual puede ser debido a la presencia de solidos suspendidos como compuestos provenientes de pesticidas, o materias arrastrado por escorrentía. En la segunda campaña solo dos de los 16 puntos monitoreados, están por encima del valor máximo permisible de acuerdo con la misma norma.

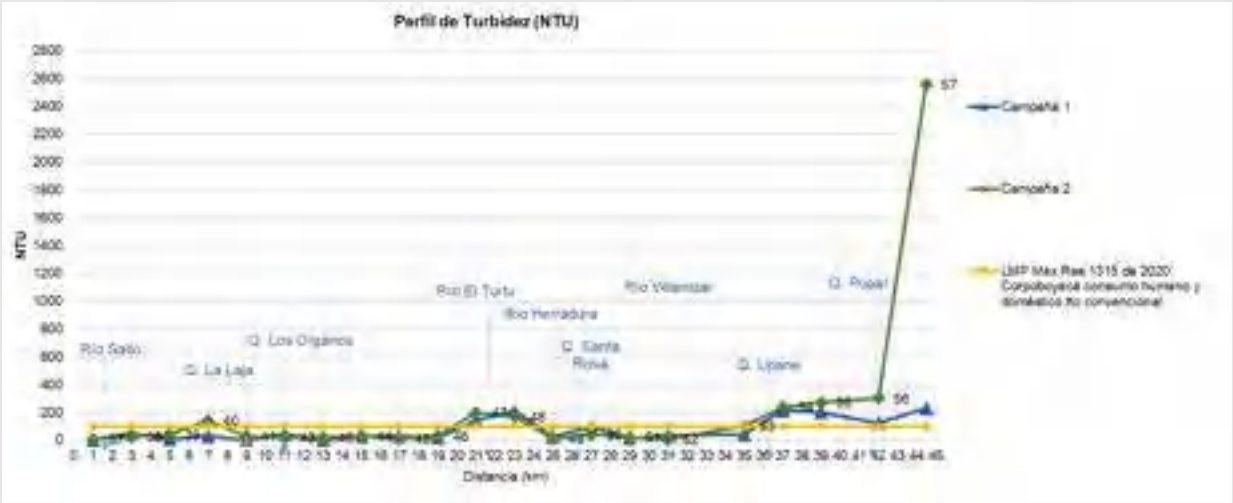
Figura 271 Perfil de Turbidez – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, en la primera campaña se observa que los puntos N° 17,20,23,24,33 y 35 sobrepasan el límite máximo permisible establecido mediante Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, lo que se asocia con los altos valores de concentración obtenidos para SST. Para la segunda campaña el 50% de los puntos arrojaron un valor superior al límite permisible.

Figura 272 Perfil de Turbidez – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores del parámetro de Turbidez de los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque, se encuentran representados en la figura anterior, donde según la resolución 1315 de 2020, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para uso agrícola es de 100 NTU, de tal forma que en la primera campaña el 35,29% de los puntos se encuentran por encima del valor límite permisible. Para la segunda campaña, según la misma norma el 38,09% de los puntos están por encima del límite permisible, lo cual es debido a partículas provenientes de procesos de erosión, descargas, presencia de fitoplancton, crecimiento de algas, entre otros.

1.3.4.12 NITRÓGENO TOTAL (MG/L).

Figura 273 Perfil de Nitrógeno Total – Río Guaquimay.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

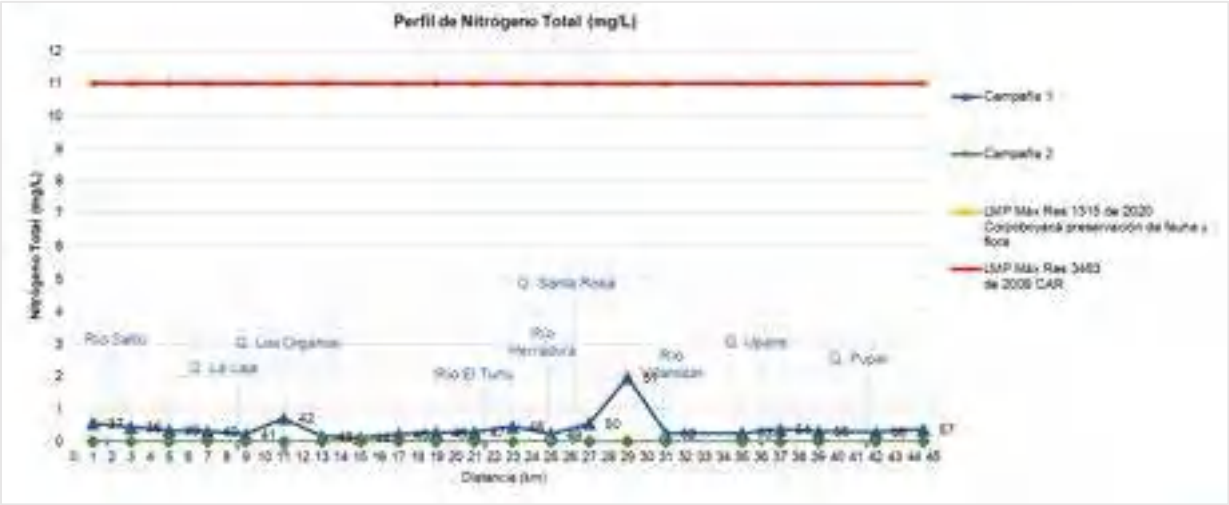
En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Río Guaquimay para el parámetro de Nitrógeno Total. Según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, 16 mg/L, es la sumatoria de los valores de nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal de criterios de calidad admisibles para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional. El 100% de los puntos monitoreados se encuentran dentro del valor límite permisible establecido por la norma. La Resolución 3463 de 2009 la CAR no establece un límite para este parámetro.

Figura 274 Perfil de Nitrógeno Total – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Río Negro para el parámetro de Nitrógeno Total. Según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, 16 mg/L, es la sumatoria de los valores de nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal de criterios de calidad admisibles para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional. El 100% de los puntos monitoreados se encuentran dentro del valor límite permisible establecido por la norma. La Resolución 3463 de 2009 la CAR no establece un límite para este parámetro.

Figura 275 Perfil de Nitrógeno Total – Río Palenque.

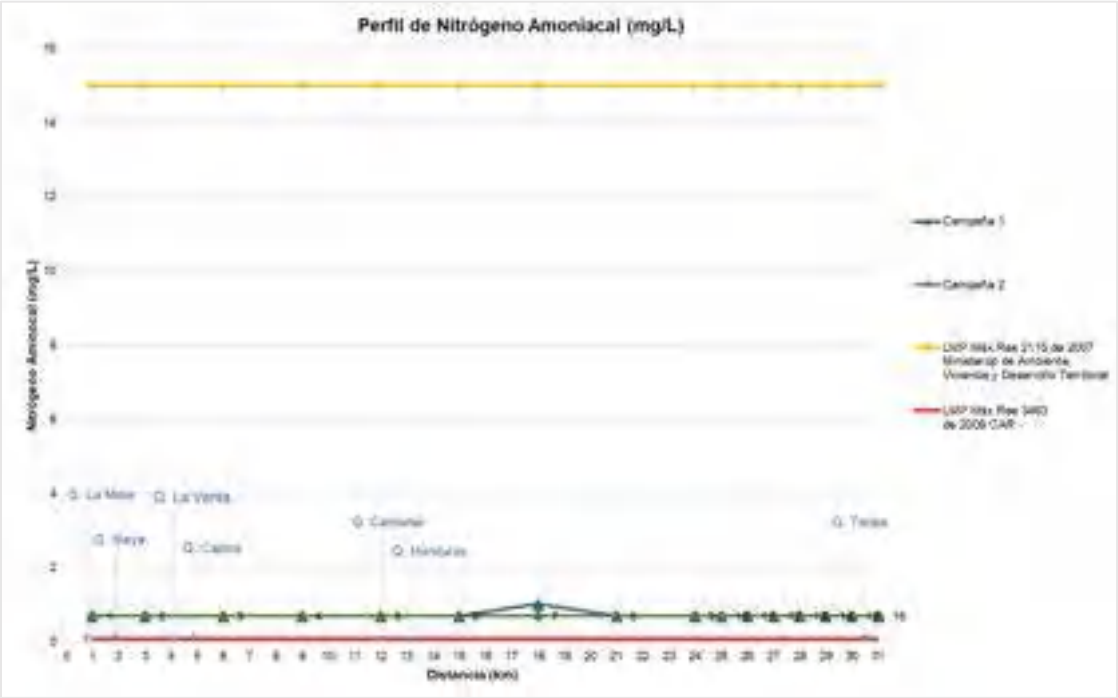


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Río Palenque para el parámetro de Nitrógeno Total. Según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, 16 mg/L, es la sumatoria de los valores de nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal de criterios de calidad admisibles para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico que requiere tratamiento convencional. El 100% de los puntos monitoreados se encuentran dentro del valor límite permisible establecido por la norma. La Resolución 3463 de 2009 la CAR no establece un límite para este parámetro.

1.3.4.13 NITRÓGENO AMONIACAL (MG/L).

Figura 276 Perfil de Nitrógeno Amoniacal – Río Guaquimay.



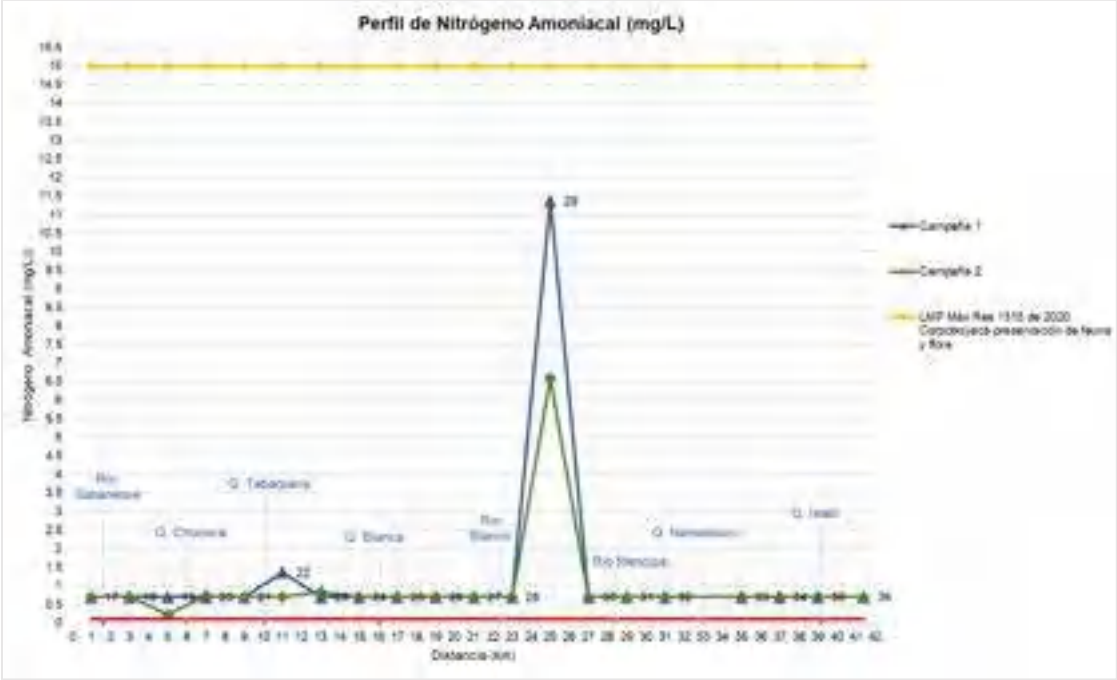
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Rio Guaquimay para el parámetro de Nitrógeno Amoniacal. Según la resolución 1315 de 2020, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para preservación de fauna y flora es de 15 mg/L. De acuerdo con esto, se observa que el 100% de los puntos se encuentra dentro del valor límite permisible con un valor constante de 0,7 mg/L que indica la misma dilución de ion en el agua a excepción del punto de monitoreo siete de la campaña uno, el cual, a pesar de ser mayor, sigue estando dentro del límite permisible.

Respecto a la resolución 3463 de 2009 de la CAR que establece como límite máximo permisible un valor de 0,1 mg/L. Se puede observar que, en ambas campañas, los valores obtenidos en los puntos de monitoreo generan incertidumbre en si se encuentran o no sobre el límite, ya que, los valores se encuentran relacionados con el límite de cuantificación del laboratorio que es de 0,7 mg/L.

Además, se observa como para ambas campañas de monitoreo la constante es mantener un valor correspondiente al LCM, presentando una variación únicamente en el punto 7. Quebrada Honduras para la primera campaña que, sin embargo, presenta un valor bajo que no afecta considerablemente la calidad del cuerpo de agua.

Figura 277 Perfil de Nitrógeno Amoniacal – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se observa en la siguiente figura que el 100% de los puntos se encuentra dentro del valor límite permisible para el uso de preservación de fauna y flora relacionado en la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá con 15 mg/L, sin embargo, en ambas campañas se encuentra un pico para el punto 29, el cual se encuentra después de que el Río Blanco tributa con la UHNI Río Negro. Respecto a la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, tal y como ocurre en el río Guaquimay, los valores obtenidos presentan incertidumbre en determinar si se encuentran fuera del límite establecido por dicha norma, ya que, el límite máximo permisible se encuentra por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.

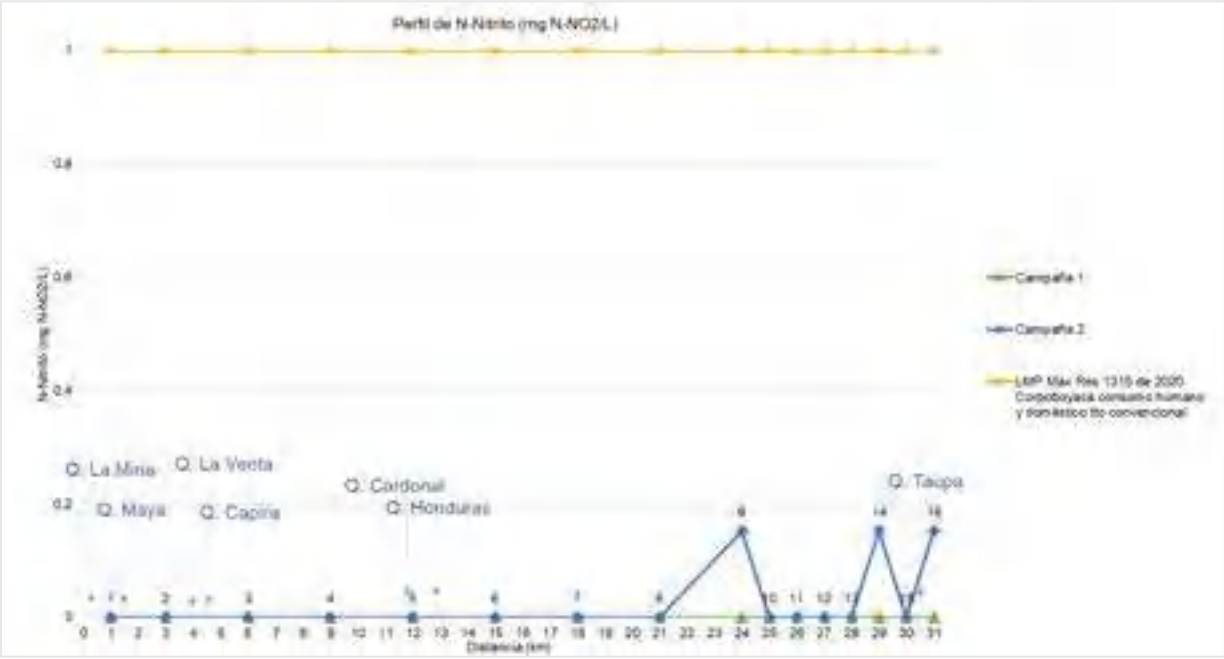
Figura 278 Perfil de Nitrógeno Amoniacal – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior figura, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Rio Palenque para el parámetro de Nitrógeno Amoniacal. Según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, los puntos 38. Vertimiento San Cayetano y 51. Vertimiento Buenavista, no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para uso agrícola y preservación de fauna y flora. Sin embargo, en la campaña dos, todos los puntos cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para uso de preservación de fauna y flora. Respecto a la Resolución 3467 de 2009 de la CAR, en ambas campañas se presentan valores que superan el límite establecido por esta norma, sin embargo, en la mayoría se presenta incertidumbre porque los resultados de laboratorio se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método de análisis que, es mayor al límite relacionado por la norma.

1.3.4.14 NITRITOS (MG N-NO2/L).

Figura 279 Perfil de Nitritos – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los 16 puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro de Nitrito, que en general están por debajo de 0,3 mg/L, cumpliendo así con los límites máximos permisibles establecidos para los cuerpos de agua clase I (1mg/L) establecido la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Los valores obtenidos en los 16 puntos también se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para agua de consumo humano y doméstico que requieren potabilización mediante tratamiento convencional. Según Acurio & Arciniegas (2015), en general la concentración de nitritos en agua superficial es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones altas por fuentes naturales (procesos de mineralización y nitrificación de la materia orgánica) o antrópicas (la presencia de nitritos es

generados principalmente por residuos industriales o el uso de abonos nitrogenados en la agricultura que son arrastrados por las aguas de lluvia o riegos). Además, en aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel de nitritos no suele superar 0,1mg/L (Stumm y Morgan, 1981 citado por Mendez et al. 2015).

Figura 280 Perfil de Nitritos – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, se evidenció que la totalidad de los puntos analizados en la unidad hidrográfica del río Negro, se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, ya que en general no superan 0,2 mg/L, cumpliendo así con los límites máximos permisibles establecidos para los cuerpos de agua clase I establecido la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Los valores obtenidos en los 16 puntos también se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para agua de consumo humano y doméstico que requieren potabilización mediante tratamiento convencional.

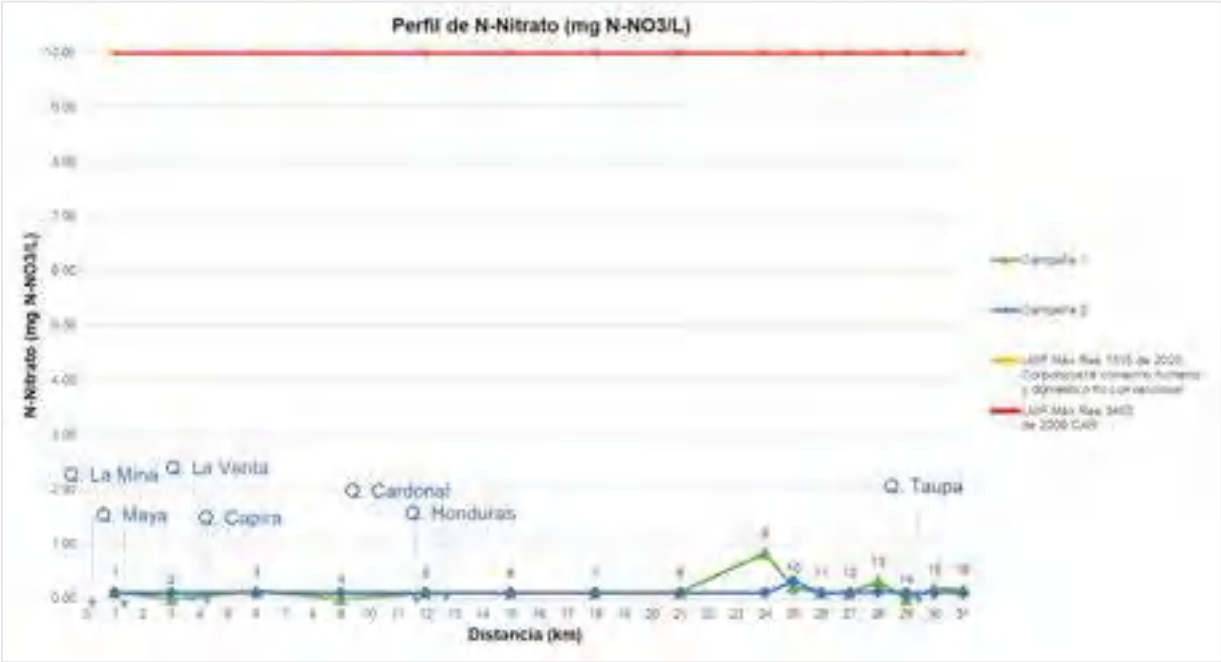
Figura 281 Perfil de Nitritos – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Palenque, según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, la totalidad de los puntos se encuentra por debajo del límite máximo permisible establecido ya que en general están por debajo de 0,2 mg/L, cumpliendo así con los límites máximos permisibles establecidos para los cuerpos de agua clase I establecido la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Los valores obtenidos en los 16 puntos también se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para agua de consumo humano y doméstico que requieren potabilización mediante tratamiento convencional.

1.3.4.15 NITRATOS (MG N-NO3/L).

Figura 282 Perfil de Nitratos – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

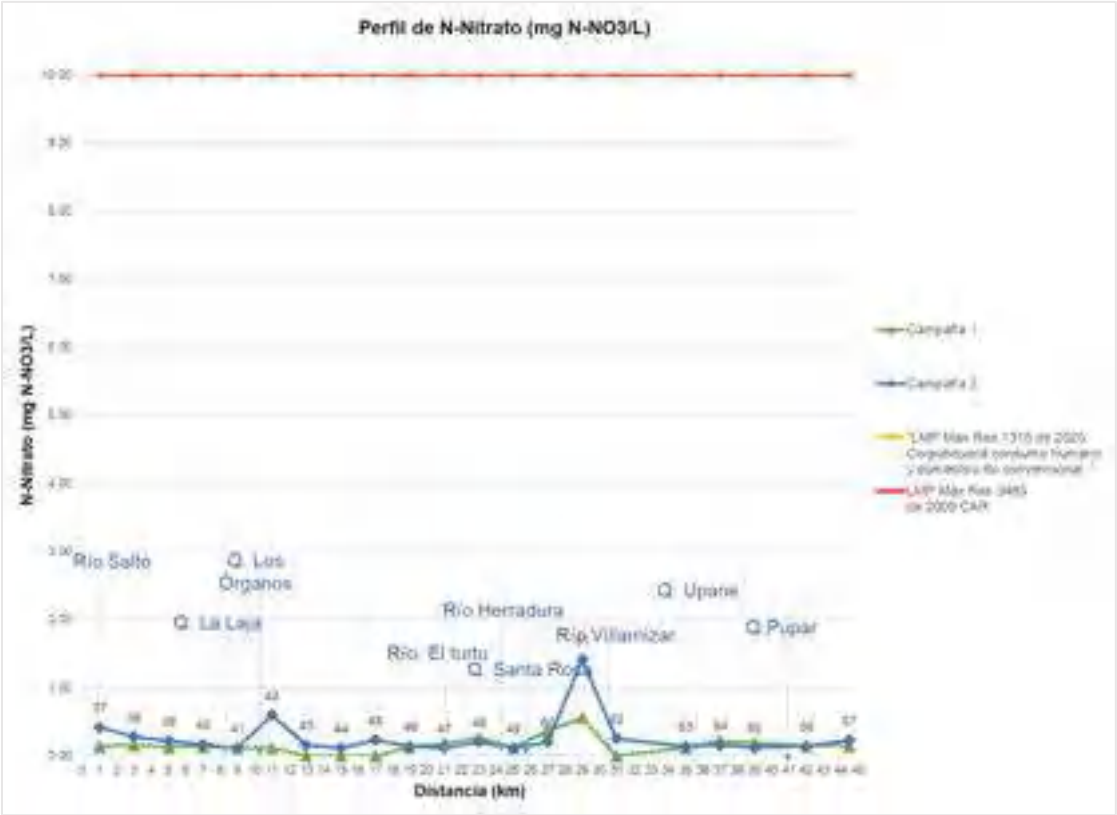
En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los 16 puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro de Nitrato, donde se observa cumplimiento de la norma respecto a los valores máximos permisibles establecidos la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y en la resolución 3463 de 2009 de la CAR, ya que, a nivel general ningún punto supera 1 mg/L. De acuerdo con los límites establecidos por dicha normativa es posible indicar que el agua muestreada en los 16 obtuvo valores de Nitrato permitidos para el agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario. Los valores bajos de nitrato pueden ser producida por fuentes naturales y proveniente de la agricultura y ganadería.

Figura 283 Perfil de Nitratos – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro de Nitrato, donde se observa cumplimiento de la norma respecto a los valores máximos permisibles establecidos la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, ya que, a nivel general ningún punto supera 2 mg/L. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua Clase I de 10 mg/L, por lo que el agua disponible en los puntos monitoreados es apta para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

Figura 284 Perfil de Nitratos – Río Palenque.

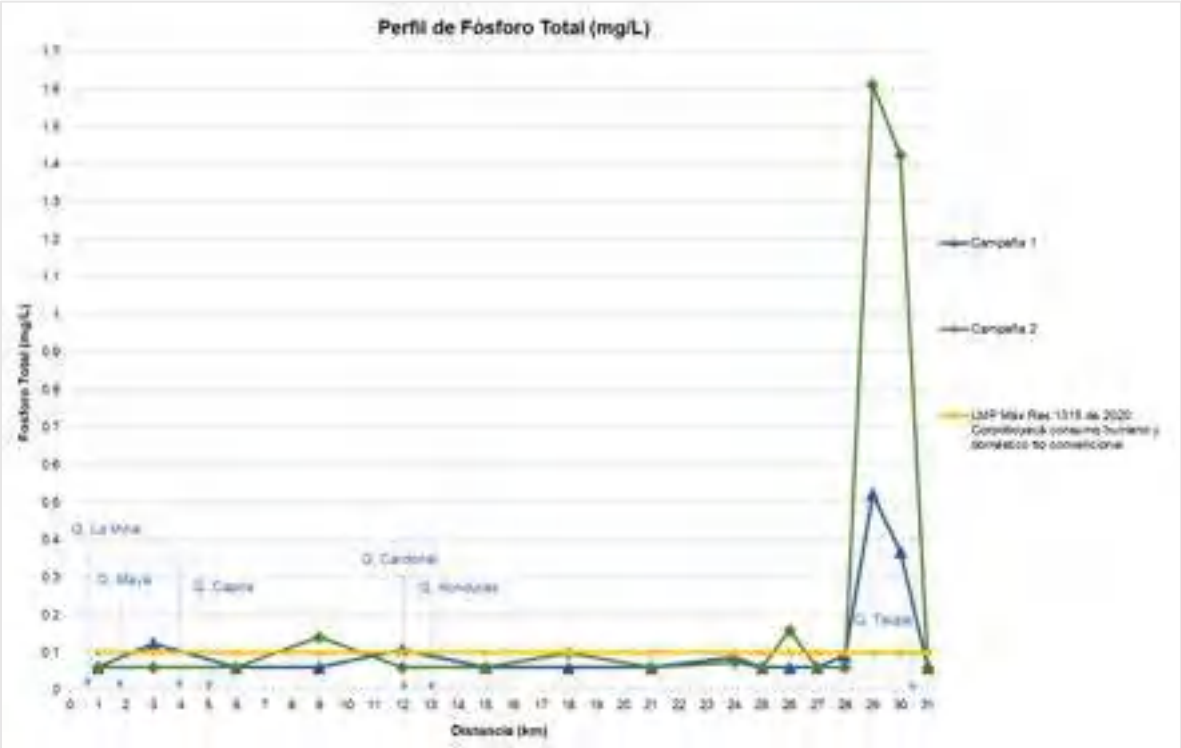


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de Nitrato, donde se observa cumplimiento de la norma respecto a los valores máximos permisibles establecidos la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, ya que, a nivel general ningún punto supera 2 mg/L. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua Clase I de 10 mg/L, por lo que el agua disponible en los puntos monitoreados es apta para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

1.3.4.16 FÓSFORO TOTAL – PT (MG/L).

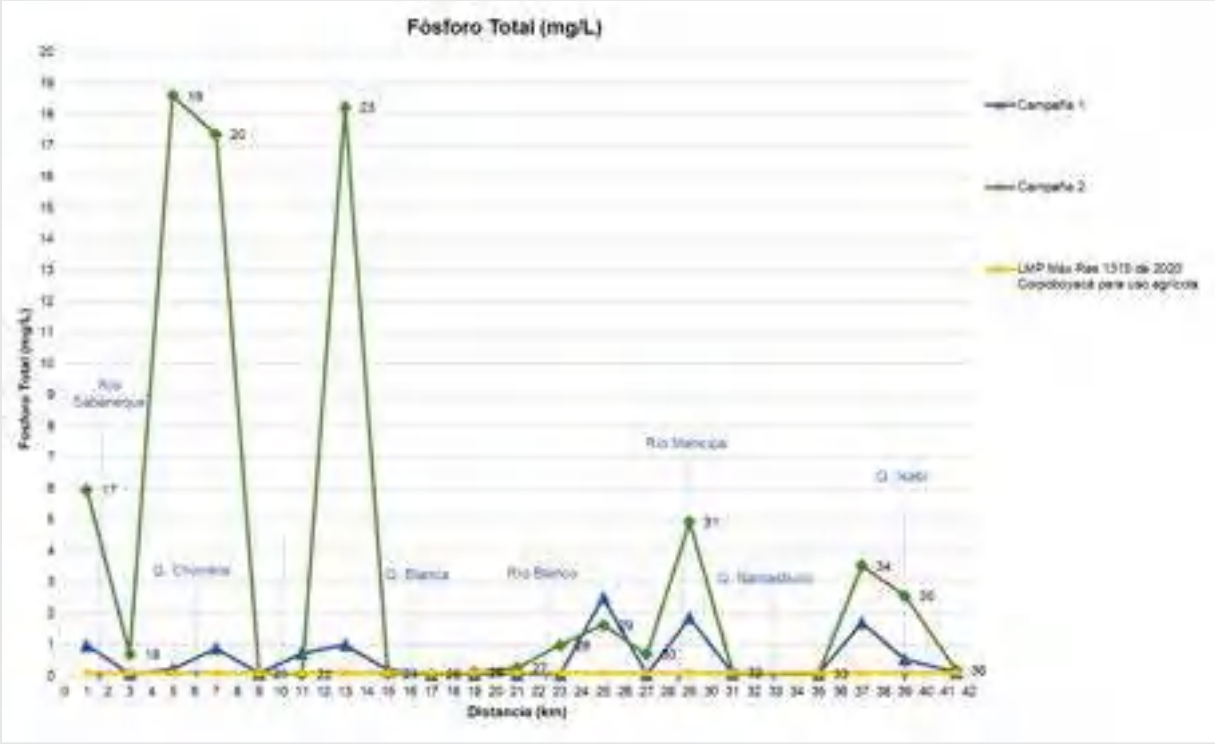
Figura 285 Perfil de Fósforo Total – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores del parámetro de Fósforo de los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Río Guaquimay, se encuentran representados en la siguiente figura, donde se observa que de acuerdo con la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido para consumo humano y doméstico tratamiento convencional, el cual es de 0,1 mg/L. El pico más alto se encuentra en la campaña dos, en el punto 14. Río Guaquimay. La Resolución 3463 de 2009 la CAR no se establece un límite para este parámetro.

Figura 286 Perfil de Fósforo Total – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores del parámetro de Fósforo de los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Río Negro, se encuentran representados en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido para consumo humano y doméstico tratamiento convencional, el cual es de 0,1 mg/L. Los picos más altos se encuentran en la campaña dos, en los puntos 19, 20 y 23 correspondientes al Río Negro, a lo largo de la ubicación de estos puntos, se encuentran tres tributarios de la UHNI Río Negro los cuales son Río Sabaneque, Quebrada La Chorrera y Quebrada Tabaquera. La Resolución 3463 de 2009 la CAR no establece un límite para este parámetro.

Figura 287 Perfil de Fósforo Total – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores del parámetro de Fósforo de los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Río Palenque, se encuentran representados en la siguiente figura, donde se observa que de acuerdo con la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, los puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido para consumo humano y doméstico tratamiento convencional, el cual es de 0,1 mg/L. El pico más alto de la campaña uno se encuentra en el punto de monitoreo 38, el cual se encuentre luego de que el Río El Santo tributa con la UHNI Río Palenque y en la campaña dos, los picos se encuentran en los puntos 54, 55 y 57, siento este último el de mayor valor el cual se encuentra luego de que la Quebrada el Pupar tributa con la UHNI Río Palenque. La Resolución 3463 de 2009 la CAR no se establece un límite para este parámetro.

1.3.4.17 ORTOFOSFATOS (MG P-PO4/L).

Figura 288 Perfil de Ortofosfatos – Río Guaquimay.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

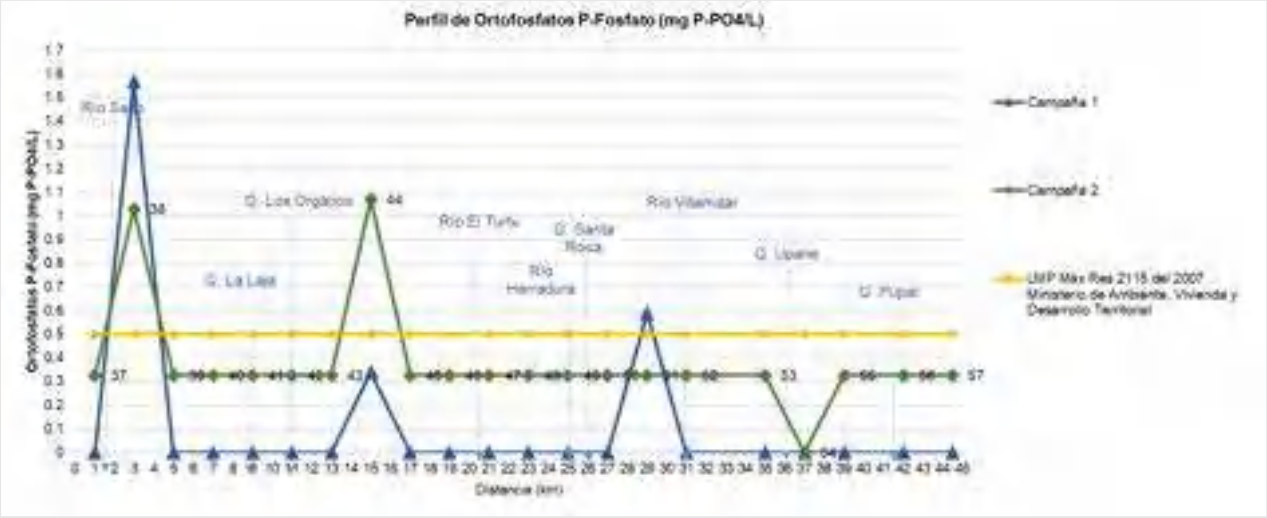
Los resultados de laboratorio para el parámetro de Ortofosfatos para los 16 puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Guaquimay, se encuentran representados en la figura anterior. De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico es de 0,5 mg P-PO4/L. Por tanto, se evidencia que en la campaña uno, el 100% de los puntos se encuentran por debajo del límite máximo relacionado. Sin embargo, en la campaña dos, justo después de que la Quebrada La Maya tributa en la UHNI Río Guaquimay, se presenta un pico en el punto de monitoreo 2. Quebrada Yacopí Grande, el cual sobrepasa el límite permisible. Es importante mencionar que la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR no establecen valores de referencia para este parámetro.

Figura 289 Perfil de Ortofosfatos – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados de laboratorio para el parámetro de Ortofosfatos para los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Negro, se encuentran representados en la figura anterior. De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico es de 0,5 mg P-PO4/L. Por tanto, se evidencia que en la campaña uno, dos de los puntos de monitoreo correspondientes a 17. Río Negro y 29. Vertimiento Villagómez, se encuentran sobre el límite máximo relacionado. En la campaña dos, el 100% de los puntos se encuentra por debajo del límite establecido por la norma. Es importante mencionar que la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR no establecen valores de referencia para este parámetro.

Figura 290 Perfil de Ortofosfatos – Río Palenque.

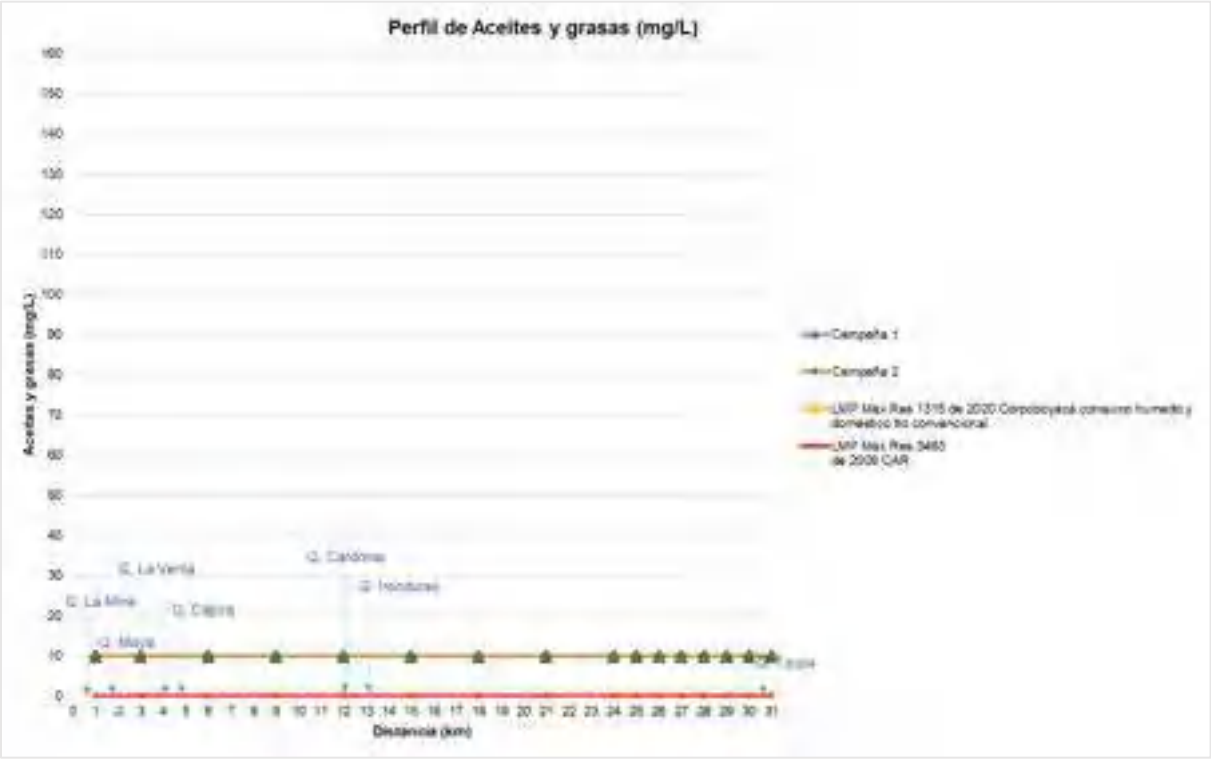


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados de laboratorio para el parámetro de Ortofosfatos para los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI Palenque, se encuentran representados en la figura anterior. De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para consumo humano y uso doméstico es de 0,5 mg P-PO4/L. Por tanto, se evidencia que en la campaña uno, el punto de monitoreo 38 se encuentran sobre el límite máximo relacionado. En la campaña dos, los puntos 38 y 44 se encuentra por encima del límite establecido por la norma, sin embargo, en ambas campañas los demás puntos tienden a mantener valores por debajo del LCM establecido. Es importante mencionar que la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR no establecen valores de referencia para este parámetro.

1.3.4.18 GRASAS Y ACEITES (MG/L).

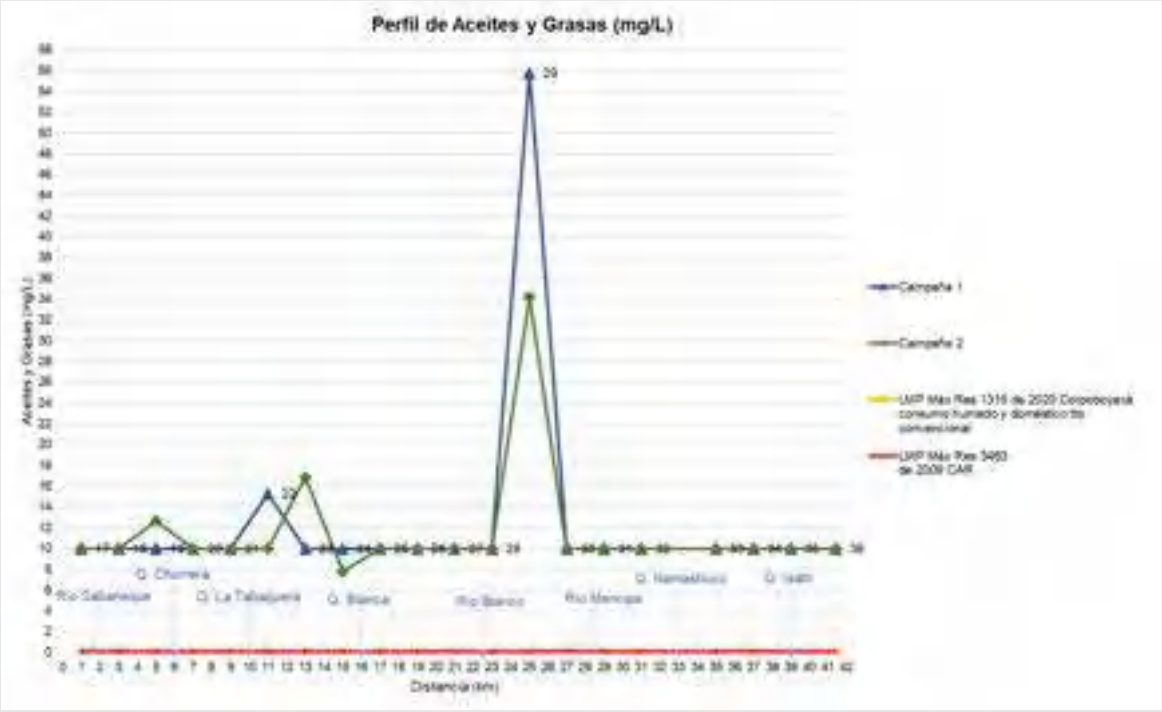
Figura 291 Perfil de Grasas y Aceites – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI río Guaquimay para el parámetro de Aceites y Grasas, en donde se observa que, en ambas campañas, los valores de este parámetro en los 16 puntos de monitoreo el valor de este parámetro es menor a 10 mg/L referente al Límite de Cuantificación del método de análisis empleado en el laboratorio. Además, este resultado permite generar incertidumbre en si se encuentran por encima del límite máximo permisible, establecido por la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, donde el límite máximo permisible para consumo humano y doméstico es de 0,1 mg/L y según la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el valor límite máximo permisible es de 0,01 mg/L.

Figura 292 Perfil de Grasas y Aceites – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI río Negro para el parámetro de Aceites y Grasas, donde se observa que, en ambas campañas, los valores de este parámetro en 19 de los 20 puntos (95%) de monitoreo es menor a 10 mg/L referente al Límite de Cuantificación del método de análisis empleado en el laboratorio, por lo que se tiene la incertidumbre si se encuentran sobre el valor del límite máximo permisible establecido por la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, donde el límite máximo permisible para consumo humano y doméstico es de 0,1 mg/L y según la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el valor límite máximo permisible es de 0,01 mg/L. En el punto de monitoreo número 29 de ambas campañas, se observa el valor máximo.

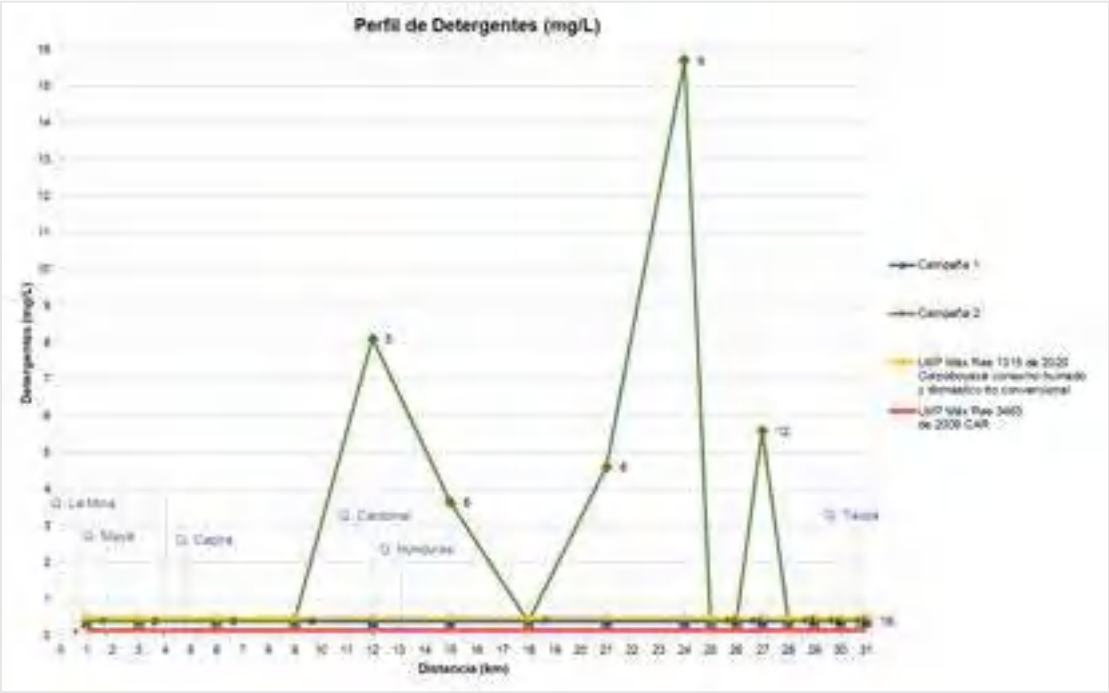
Figura 293 Perfil de Grasas y Aceites – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la UHNI río Palenque para el parámetro de Aceites y Grasas, donde se observa que, en ambas campañas, los valores de este parámetro en la mayoría de los puntos de monitoreo se encuentran con valores por debajo del límite de cuantifiación del laboratorio, creando incertidumbre si se encuentra en cumplimiento con el límite máximo permisible establecido por la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, donde el límite máximo permisible para consumo humano y doméstico es de 0,1 mg/L y según la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el valor límite máximo permisible es de 0,01 mg/L. En el punto de monitoreo número 42 (campaña 1) y 44 (campaña 2), se observa el valor máximo.

1.3.4.19 DETERGENTES (MG/L).

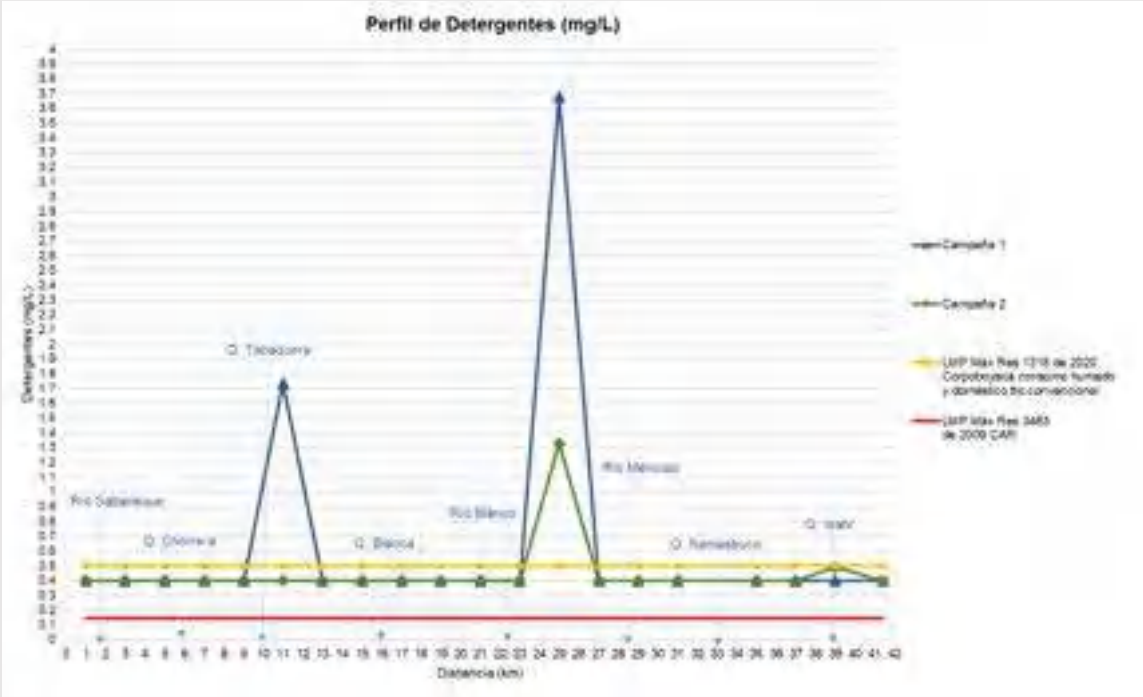
Figura 294 Perfil de Detergentes – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos de los puntos monitoreados en la UHNI río Guaquimay referente al parámetro de Detergentes, se encuentran representados en la figura anterior, donde se comparan según la resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá, la cual refiere que el límite máximo permisible de este parámetro para el uso consumo humano y doméstico con tratamiento convencional es de 0,5 mg/L. En la campaña uno, se observa que todos los valores de los 16 puntos de monitoreo se encuentran por debajo de límite, sin embargo, en la campaña dos los puntos 5, 6, 8, 9 y 12, están por fuera del límite. Referente a la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, ambas campañas se encuentran fuera del valor límite permisible, debido a que según esta norma dicho valor es de 0,143 mg/L.

Figura 295 Perfil de Detergentes – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos de los puntos monitoreados en la UHNI río Negro referente al parámetro de Detergentes, se encuentran representados en la figura anterior, donde se comparan según la resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá, la cual refiere que el límite máximo permisible de este parámetro para el uso consumo humano y doméstico con tratamiento convencional es de 0,5 mg/L. En la campaña uno, se observa los puntos 22 y 29 y en la campaña dos el punto 29, están por fuera del límite. Referente a la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, ambas campañas se encuentran fuera del valor límite permisible, debido a que según esta norma dicho valor es de 0,143 mg/L.

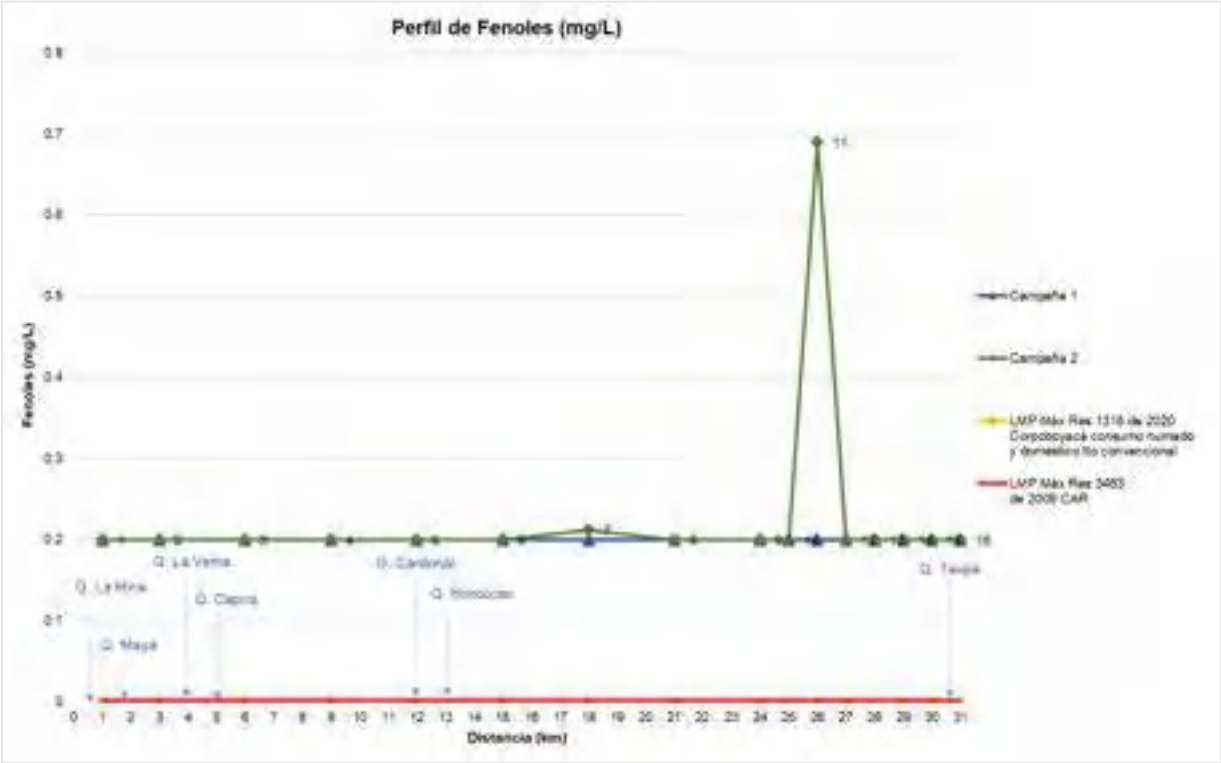
Figura 296 Perfil de Detergentes – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos de los puntos monitoreados en la UHNI río Palenque referente al parámetro de Detergentes, se encuentran representados en la figura anterior, donde se comparan según la resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá, la cual refiere que el límite máximo permisible de este parámetro para el uso consumo humano y doméstico con tratamiento convencional es de 0,5 mg/L. En la campaña uno, se observa que tanto en la campaña uno, como en la dos, el 14,29% (3 puntos) de los puntos de monitoreo se encuentra sobre el límite permisible. Referente a la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, ambas campañas se encuentran fuera del valor límite permisible, debido a que según esta norma dicho valor es de 0,143 mg/L.

1.3.4.20 FENOLES (MG/L).

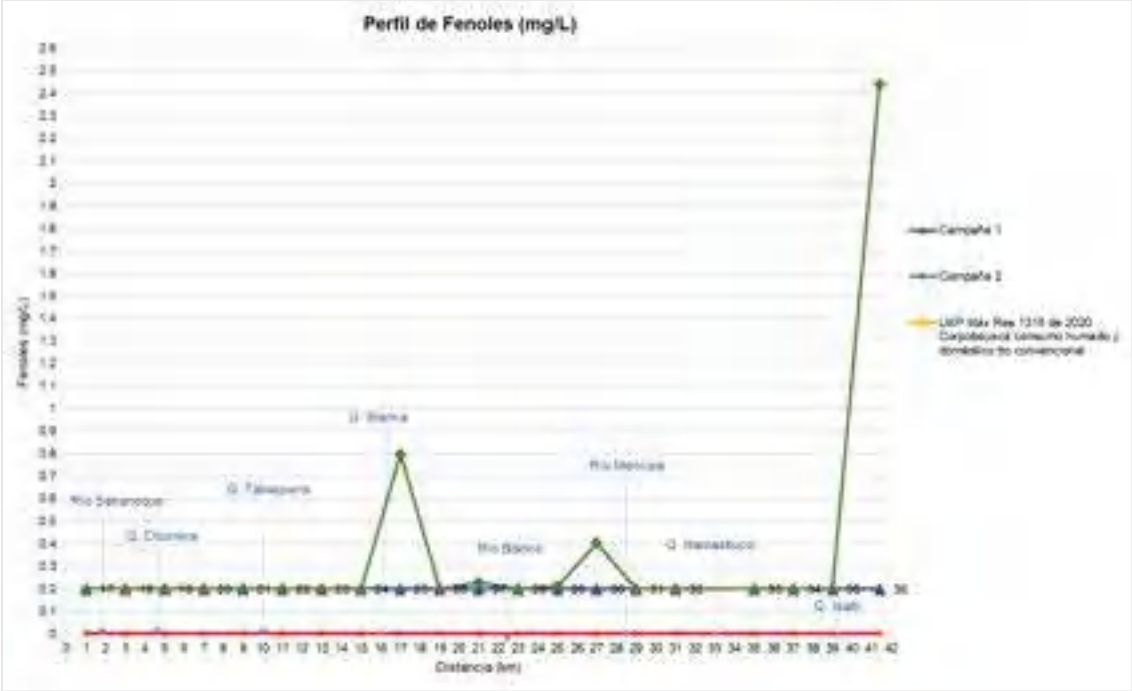
Figura 297 Perfil de Fenoles – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos de los puntos monitoreados en la UHNI Río Guaquimay referente al parámetro de Fenoles, se encuentran representados en la figura anterior. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el límite permisible de Fenoles para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional es de 0,002 mg/L y según la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el límite para este parámetro es de 0,002 mg/L. Como se observa en la figura, tanto en la campaña uno, como en la campaña dos, los valores de los puntos de monitoreo se presentan en su mayoría con resultados menor a 0,2 mg/L que relaciona el valor correspondiente al límite de cuantificación del laboratorio, generando incertidumbre en el cumplimiento o no de la normatividad aplicable. Además, se puede observar que en los puntos 7. Quebrada Honduras y 11. Quebrada La Mina de la segunda campaña, los valores varían y sobrepasan los obtenidos con respecto a la campaña uno.

Figura 298 Perfil de Fenoles – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos de los puntos monitoreados en la UHNI Río Negro referente al parámetro de Fenoles, se encuentran representados en la anterior figura. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el límite permisible de Fenoles para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional es de 0,002 mg/L y según la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el límite para este parámetro es de 0,002 mg/L. Como se observa en la figura, tanto en la campaña uno, como en la campaña dos, los valores de los puntos de monitoreo se presentan en su mayoría con resultados menor a 0,2 mg/L que relaciona el valor correspondiente al límite de cuantificación del laboratorio, generando incertidumbre en el cumplimiento o no de la normatividad aplicable. También se puede observar que en los puntos 25. Quebrada Mamercha, 27. Quebrada Mundo Nuevo, 29. Vertimiento Villagómez y 36. Río Negro de la segunda campaña, los valores varían y sobrepasan los obtenidos en la campaña uno. Encontrando un pico de contaminación en el punto 36.

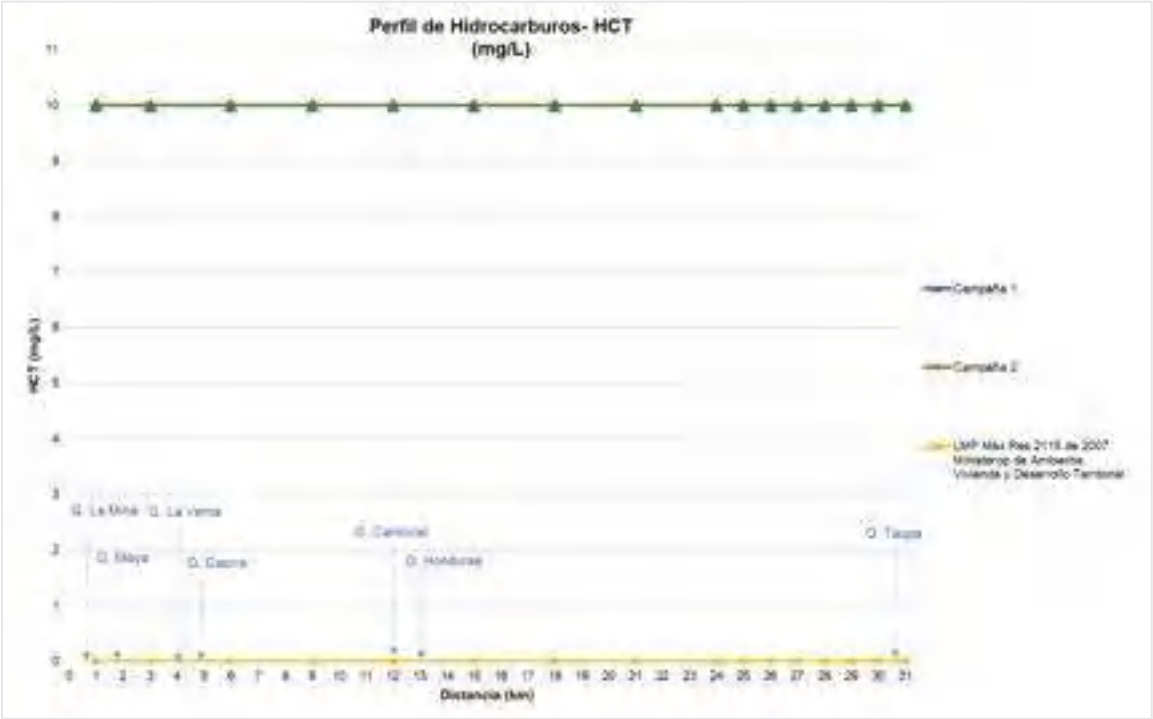
Figura 299 Perfil de Fenoles – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los resultados obtenidos de los puntos monitoreados en la UHNI Río Palenque referente al parámetro de Fenoles, se encuentran representados en la figura anterior. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el límite permisible de Fenoles para consumo humano y doméstico tratamiento convencional es de 0,002 mg/L y según la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el límite para este parámetro es de 0,002 mg/L. Como se observa en la figura, tanto en la campaña uno, como en la campaña dos, los valores de los puntos de monitoreo se presentan en su mayoría con resultados menor a 0,2 mg/L que relaciona el valor correspondiente al límite de cuantificación del laboratorio, generando incertidumbre en el cumplimiento o no de la normatividad aplicable. También se puede observar que en los puntos 37. Quebrada El Espejo, 38. Vertimiento San Cayetano y 40. Quebrada Los Órganos de la segunda campaña, los valores sobrepasan los obtenidos con respecto a los registrados en la campaña uno.

1.3.4.21 HIDROCARBUROS (MG HCT / L).

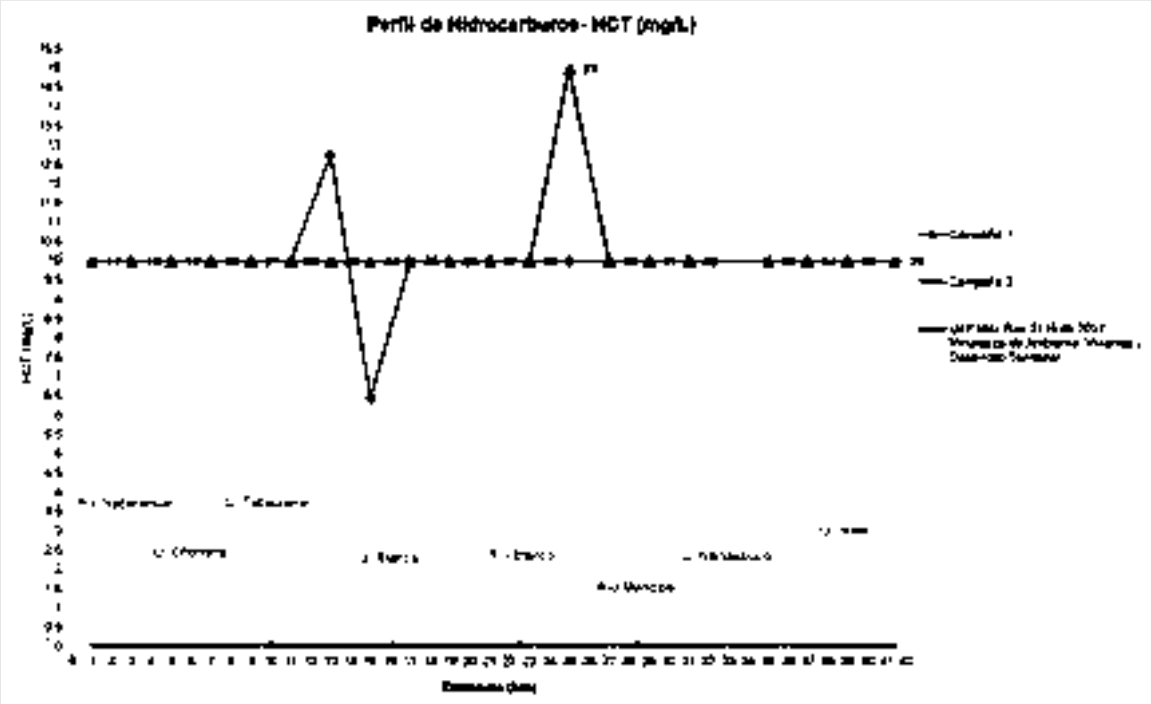
Figura 300 Perfil de Hidrocarburos – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Según la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el valor máximo permisible de Hidrocarburos en fuentes hídricas es de 0,01 mg HTC/L. En la figura anterior se puede observar la representación de los valores obtenidos para este parámetro en los puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la UHNI Río Guaquimay. Como se puede observar, el 100% de los puntos en ambas campañas se ven relacionados por debajo del límite de cuantificación del laboratorio que es de 10 mg/L, por tanto, genera incertidumbre en si los valores están sobre el límite definido por la normatividad, además, se observa que permanecen estables a lo largo de la UHNI, sin embargo, cabe mencionar que en el proceso de toma de muestra no se observó en los cuerpos de agua evidencia visual de hidrocarburos presentes ni iridiscencia. Es importante mencionar que la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, no establecen valores de referencia para este parámetro.

Figura 301 Perfil de Hidrocarburos – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Según la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el valor máximo permisible de Hidrocarburos en fuentes hídricas es de 0,01 mg HTC/L. En la figura anterior, se representan los valores obtenidos para este parámetro en los puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la UHNI Río Negro. Como se puede observar, en la mayoría de los puntos en ambas campañas se ven relacionados por debajo del límite de cuantificación del laboratorio que es de 10 mg/L, por tanto, genera incertidumbre en si los valores están sobre el límite definido por la normatividad, además, se observa que permanecen estables a lo largo de la UHNI, sin embargo, cabe mencionar que en el proceso de toma de muestra no se observó en los cuerpos de agua evidencia visual de hidrocarburos presentes ni iridiscencia. En la campaña uno, se presenta un pico de presencia de hidrocarburos en el punto 29. Vertimiento Villagómez, refiriendo esto a algún vertimiento puntual en el municipio y, en la campaña dos, se observa un pico en el punto 23. Río Negro, además, se evidencia presencia en el punto 24. Río Mencipa, ubicados en la parte media de la unidad hidrográfica. Es importante mencionar que la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, no establecen valores de referencia para este parámetro.

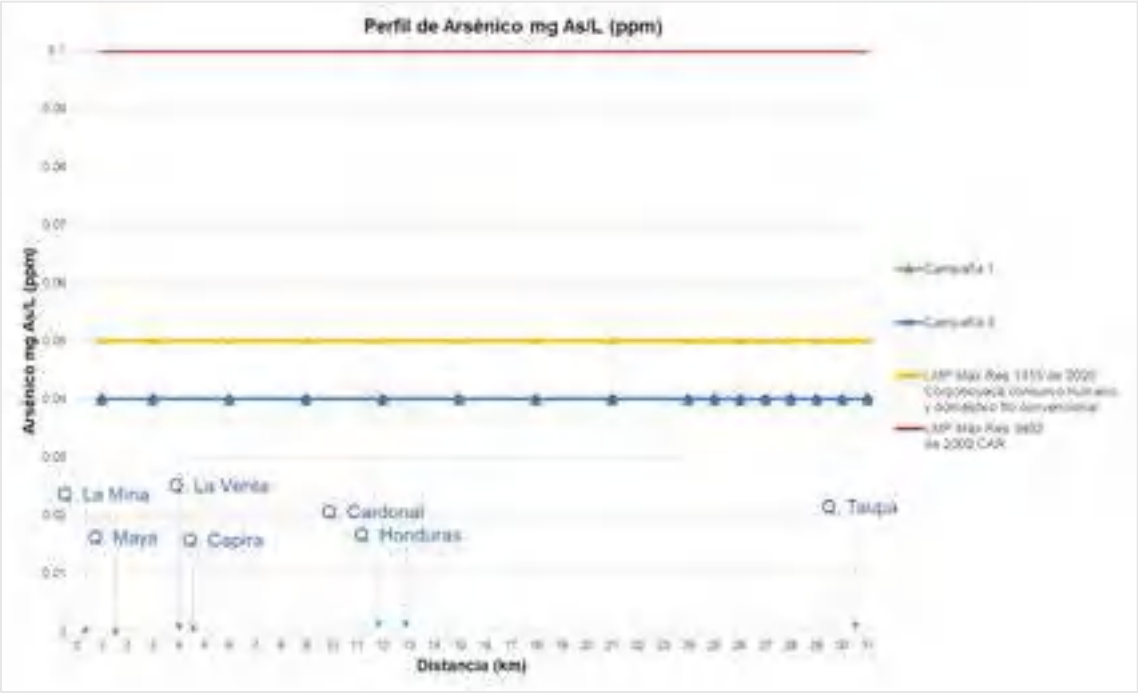
Figura 302 Perfil de Hidrocarburos – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Según la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el valor máximo permisible de Hidrocarburos en fuentes hídricas es de 0,01 mg HTC/L. En la figura anterior, se representan los valores obtenidos para este parámetro en los puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la UHNI Río Palenque. Como se puede observar, el 100% de los puntos en ambas campañas se ven relacionados por debajo del límite de cuantificación del laboratorio que es de 10 mg/L, por tanto, genera incertidumbre en si los valores están sobre el límite definido por la normatividad, además, se observa que permanecen estables a lo largo de la UHNI, sin embargo, cabe mencionar que en el proceso de toma de muestra no se observó en los cuerpos de agua evidencia visual de hidrocarburos presentes ni iridiscencia. Es importante mencionar que la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, no establecen valores de referencia para este parámetro.

1.3.4.22 ARSÉNICO – AS (MG/L).

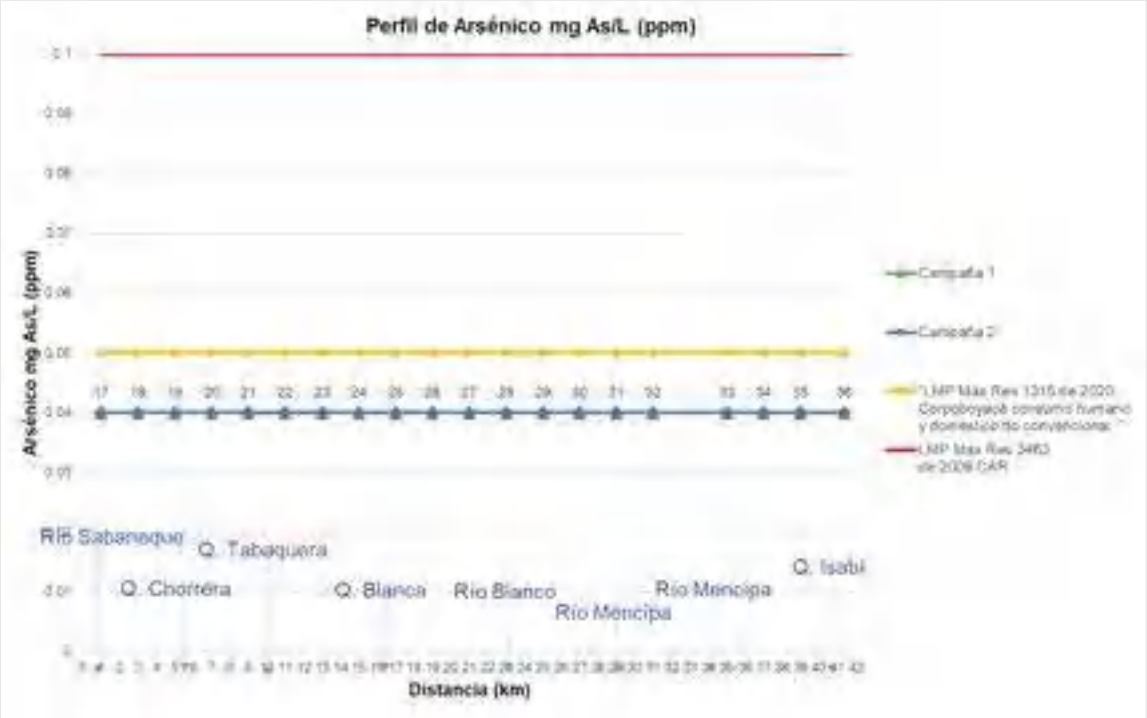
Figura 303 Perfil de Arsénico – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Arsénico. Se encontró que los puntos analizados se encuentran por debajo del límite máximo permisible según lo establecido por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional y la resolución 3463 de 2009 para consumo humano, uso agrícola, pecuario, industrial y de preservación de fauna y flora. Los resultados de laboratorio no especifican presencia de Arsénico en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM). Lo anterior se debe a que según Alarcón et al. (2003) los valores de fondo de contenido de arsénico en ríos son relativamente bajos, en general, inferiores a 0,001 mg/L aunque pueden variar dependiendo de factores como recarga (superficial y subterránea), litología de la cuenca, drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y disposición de residuos urbanos y/o industriales.

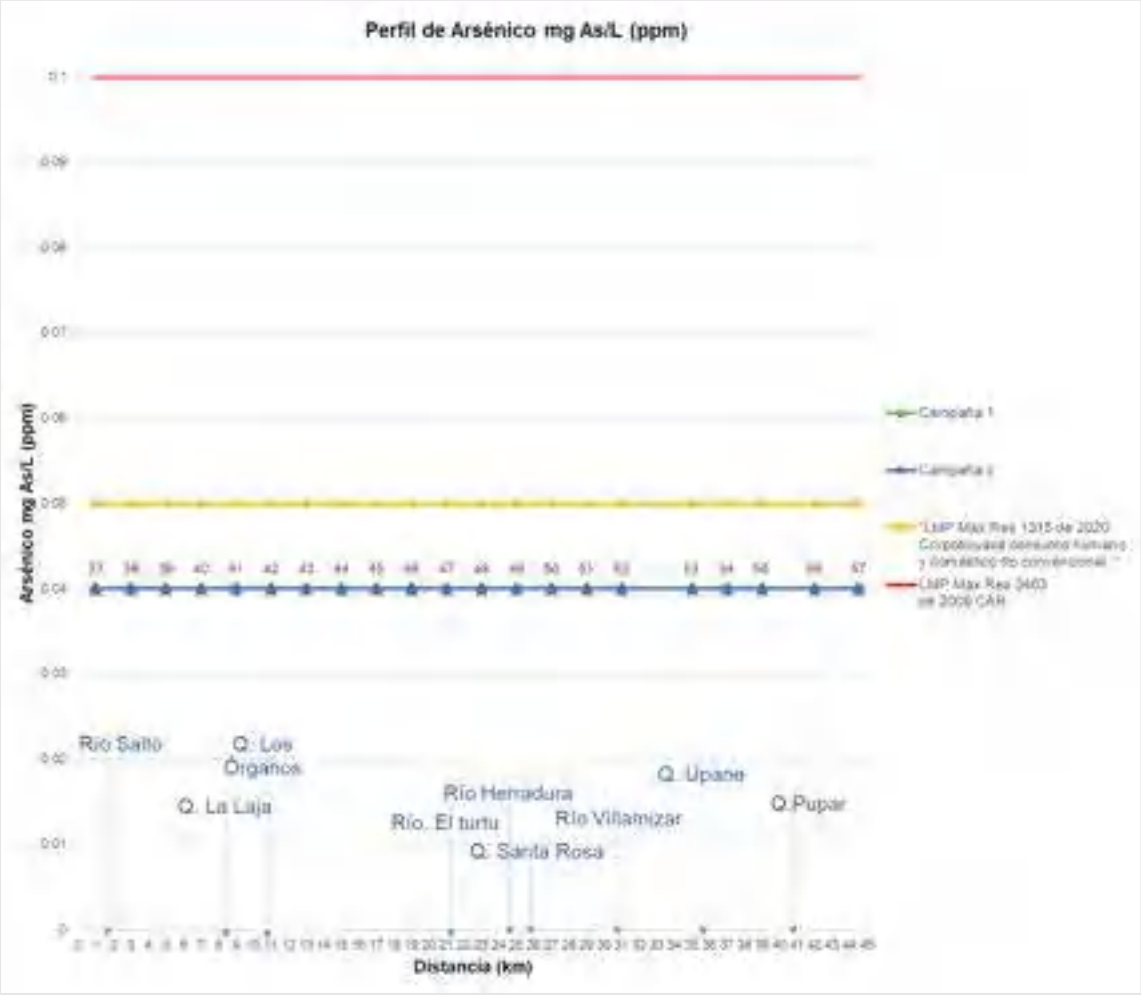
Figura 304 Perfil de Arsénico – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, en la anterior figura, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo para el parámetro Arsénico. Se encontró que los puntos analizados se encuentran por debajo del límite máximo permisible según lo establecido por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional y la resolución 3463 de 2009 para consumo humano, uso agrícola, pecuario, industrial y de preservación de fauna y flora. Los resultados de laboratorio no especifican presencia de Arsénico en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM). Por lo tanto, este parámetro se encuentra bajo los límites máximos permisibles establecidos para consumo humano, uso agrícola, pecuario, recreativo, industrial, preservación de fauna y flora y en general para cualquier uso de acuerdo con la Resolución 3463 de 2009 de la CAR.

Figura 305 Perfil de Arsénico – Río Palenque.

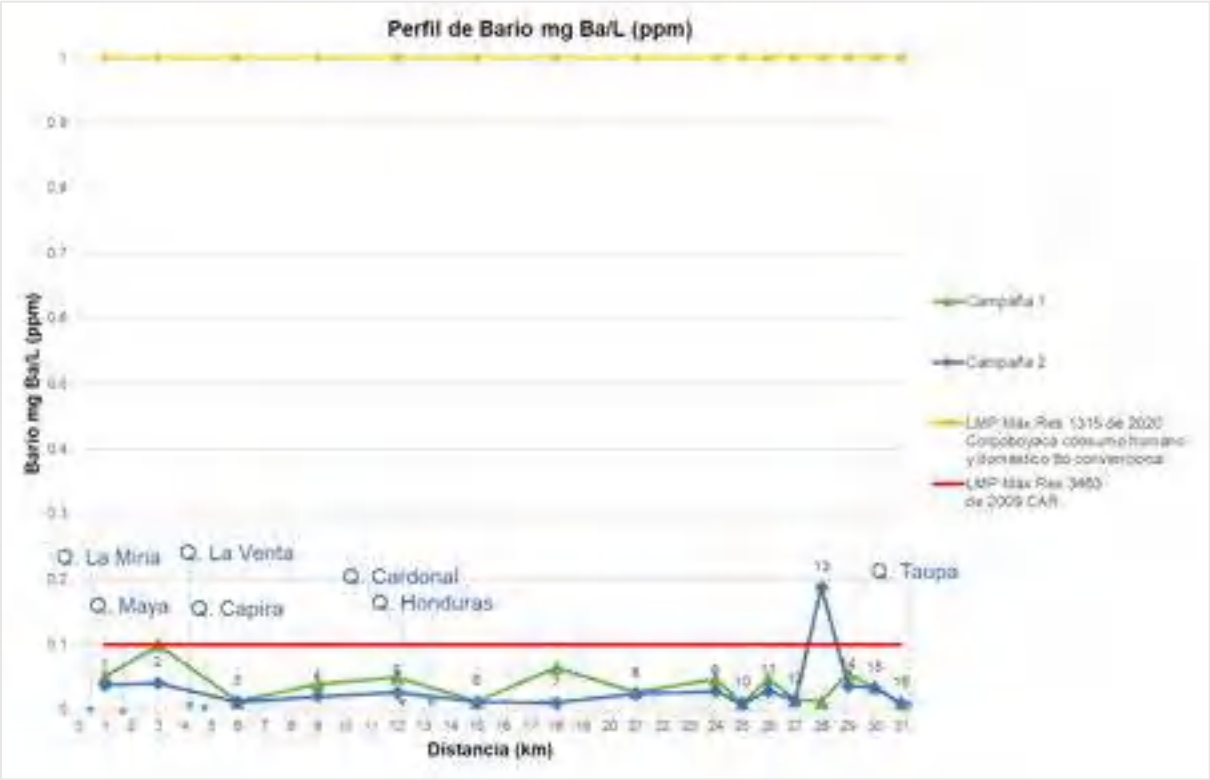


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, en la figura anterior se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de Arsénico. Se encontró que los puntos analizados se encuentran por debajo del límite máximo permisible según lo establecido por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional y la resolución 3463 de 2009 para consumo humano, uso agrícola, pecuario, industrial y de preservación de fauna y flora. Los resultados de laboratorio no especifican presencia de Arsénico en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM). Por lo tanto, este parámetro se encuentra bajo los límites máximos permisibles establecidos para consumo humano, uso agrícola, pecuario, recreativo, industrial, preservación de fauna y flora y en general para cualquier uso de acuerdo con la Resolución 3463 de 2009 de la CAR.

1.3.4.23 BARIO – BA (MG/L).

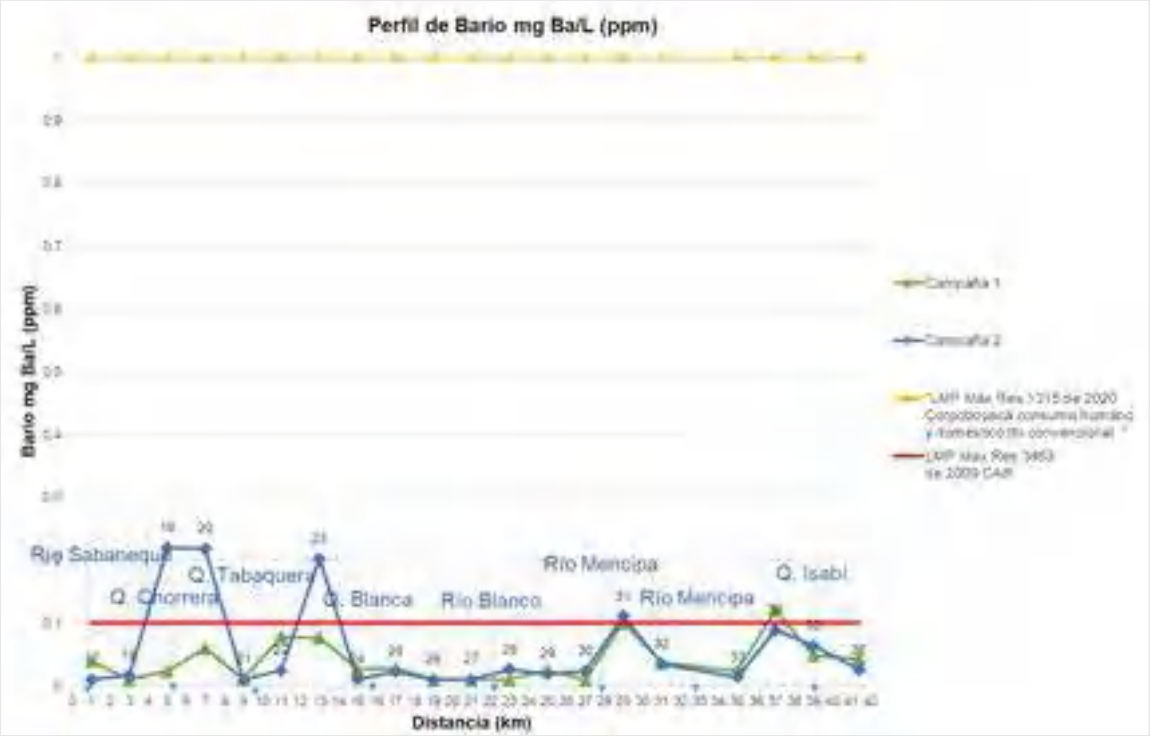
Figura 306 Perfil de Bario – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Bario, se encuentran representados en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, la mayoría de los puntos cumplen con los establecidos para consumo humano, uso pecuario, recreativo y preservación de flora. Se encontró que el punto No. 13 correspondiente a la quebrada La Embarrada se obtuvo una concentración de 0,1873 mg/L de Bario superando el límite máximo permisible establecido por la resolución 3463 de 2009 de la CAR para los usos relacionados a la Clase I: consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y pecuario (0,1mg/L). Así mismo, el punto No. 3 correspondiente a la quebrada el Lajón se encuentra próximo al límite máximo permisible (0,099 mg Ba/L), por lo tanto, requiere un seguimiento con el fin de establecer las limitaciones de uso para la clase I.

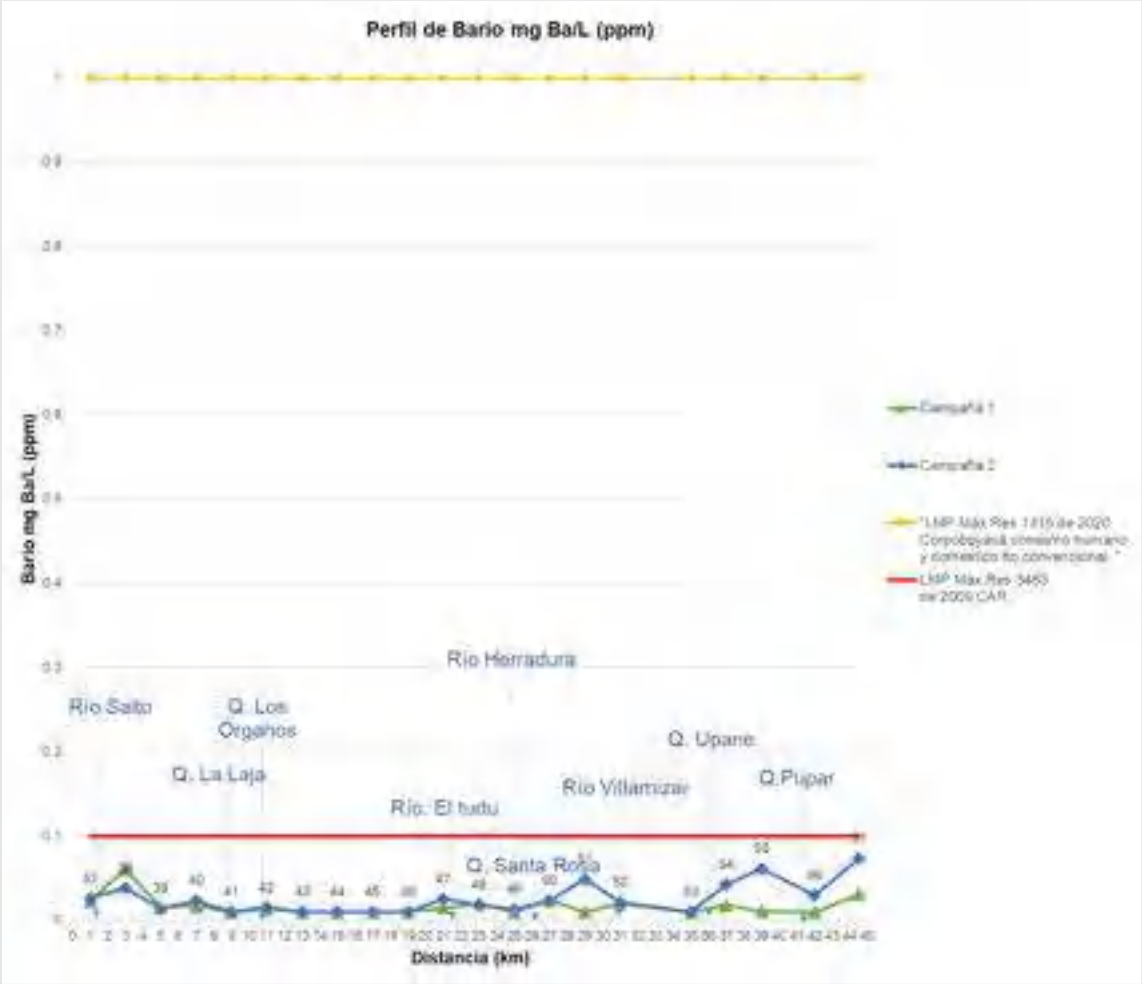
Figura 307 Perfil de Bario – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro Bario, los valores obtenidos se encuentran representados en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, la totalidad de los puntos de la campaña 1, cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para consumo humano a excepción del punto N° 31 y 34 ubicado en el río Negro y quebrada La Chorrera que sobrepasan el LMP establecido para preservación de fauna y flora. Para la segunda campaña, se evidencia que los puntos 19, 20,23, 31 y 34 superan los LMP por la resolución 3463 de 2009 de la CAR por lo que los anteriores puntos no se encuentran en la categoría de los cuerpos de agua Clase I de 0,1 mg/L. Por lo tanto, el agua disponible en esos puntos no puede ser utilizada para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

Figura 308 Perfil de Bario – Río Palenque.



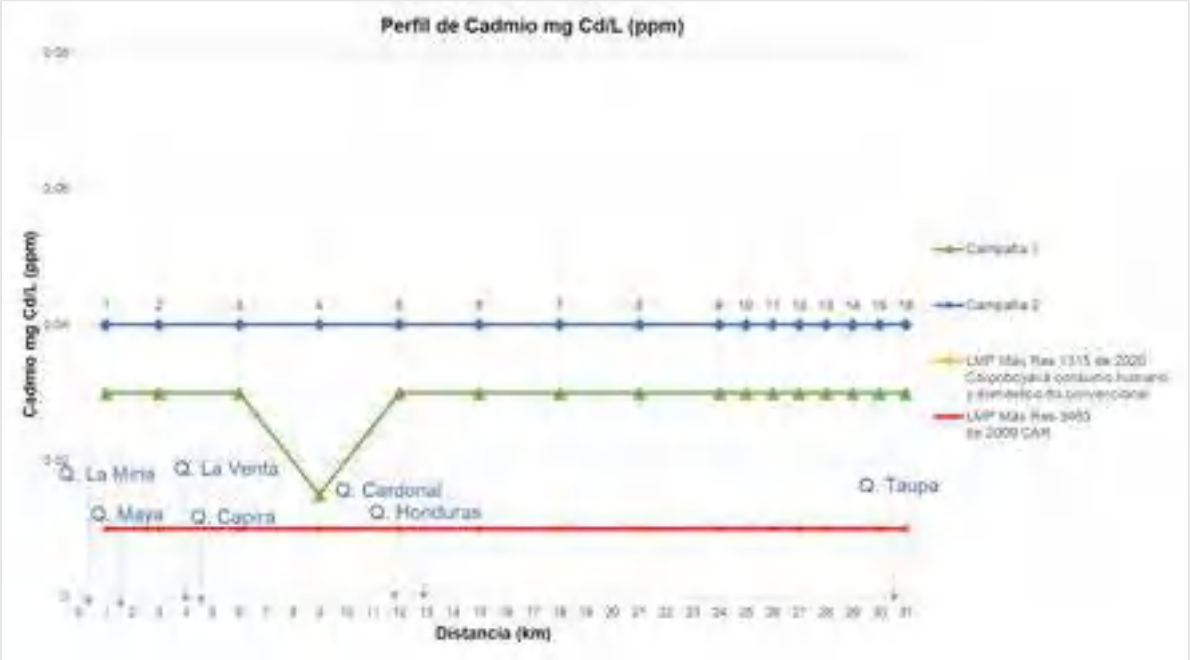
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, en la figura anterior se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de Arsénico, en donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR, el 100% de los puntos analizados para las dos campañas se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido, por lo que los anteriores puntos no se encuentran en la categoría de los cuerpos de agua Clase. Por lo tanto, el agua disponible en esos puntos puede ser utilizada para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

1.3.4.24 CADMIO – CD (MG/L).

El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa (Ecofluidos ingenieros S.A., 2012).

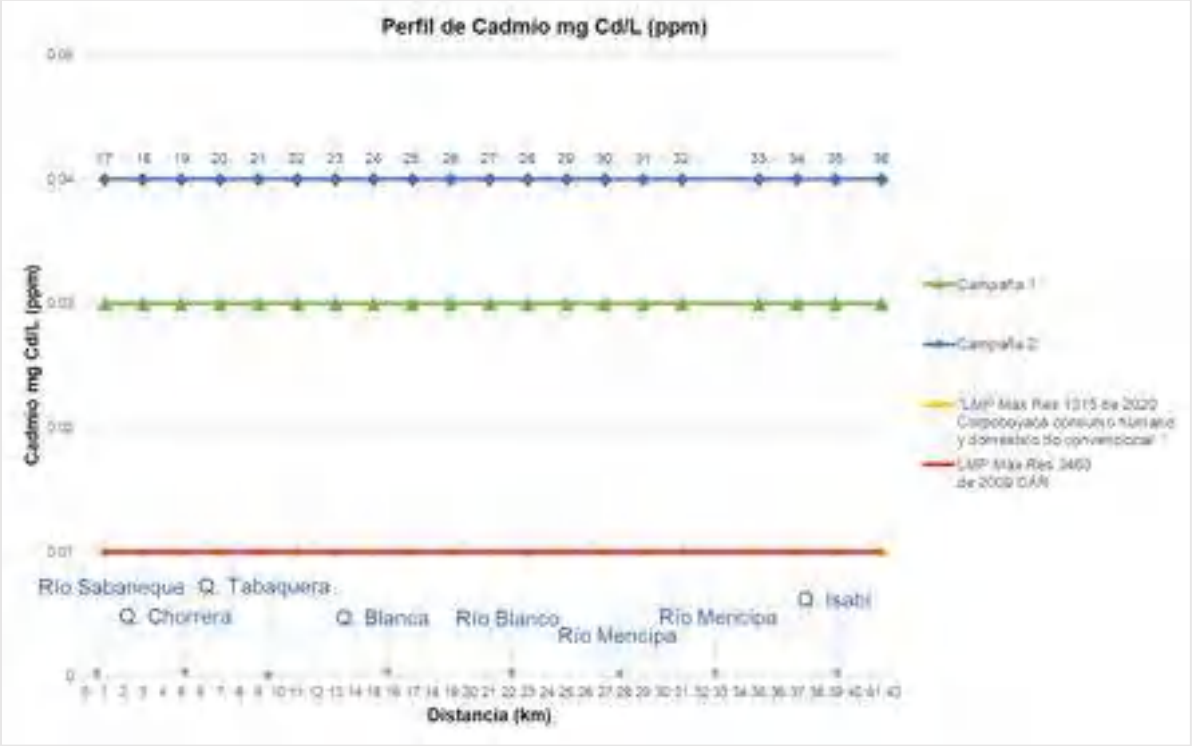
Figura 309 Perfil de Cadmio – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Cadmio en las dos campañas realizadas. Se observa que la mayoría de los puntos analizados se encuentran con valores resultados que relacionan menos del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se genera incertidumbre si se presenta cumplimiento o no de la normatividad relacionada, es decir la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, desarrollo de actividades turísticas ni preservación de flora y fauna. Además, Se evidencia que el punto No. 4 presenta un valor admisible para uso agrícola (<0,02mg Cd/L) y los 16 puntos analizados presentan valor admisible para actividades pecuarias según la resolución 1315 del 2020 de la CAR (<0,05mg Cd/L).

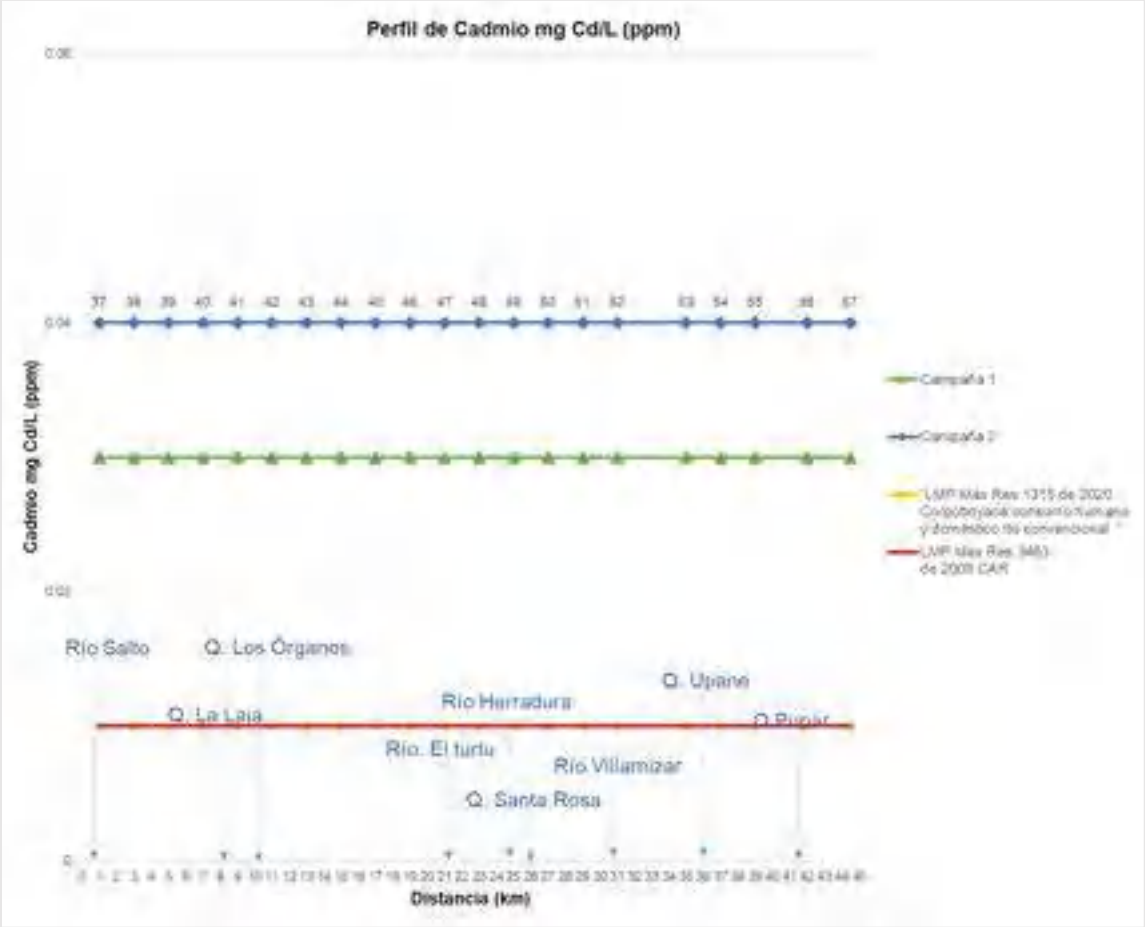
Figura 310 Perfil de Cadmio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se observa que el 100% de los puntos analizados se encuentran con valores resultados que relacionan menos del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se genera incertidumbre si se presenta cumplimiento o no de la normatividad relacionada, es decir la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, desarrollo de actividades turísticas ni preservación de flora y fauna. Sin embargo, los resultados de laboratorio no especifican presencia de Cadmio en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM). Es importante mencionar que los 16 puntos analizados presentan valor admisible para actividades pecuarias según la resolución 1315 del 2020 de la CAR (<0,05mg Cd/L).

Figura 311 Perfil de Cadmio – Río Palenque.



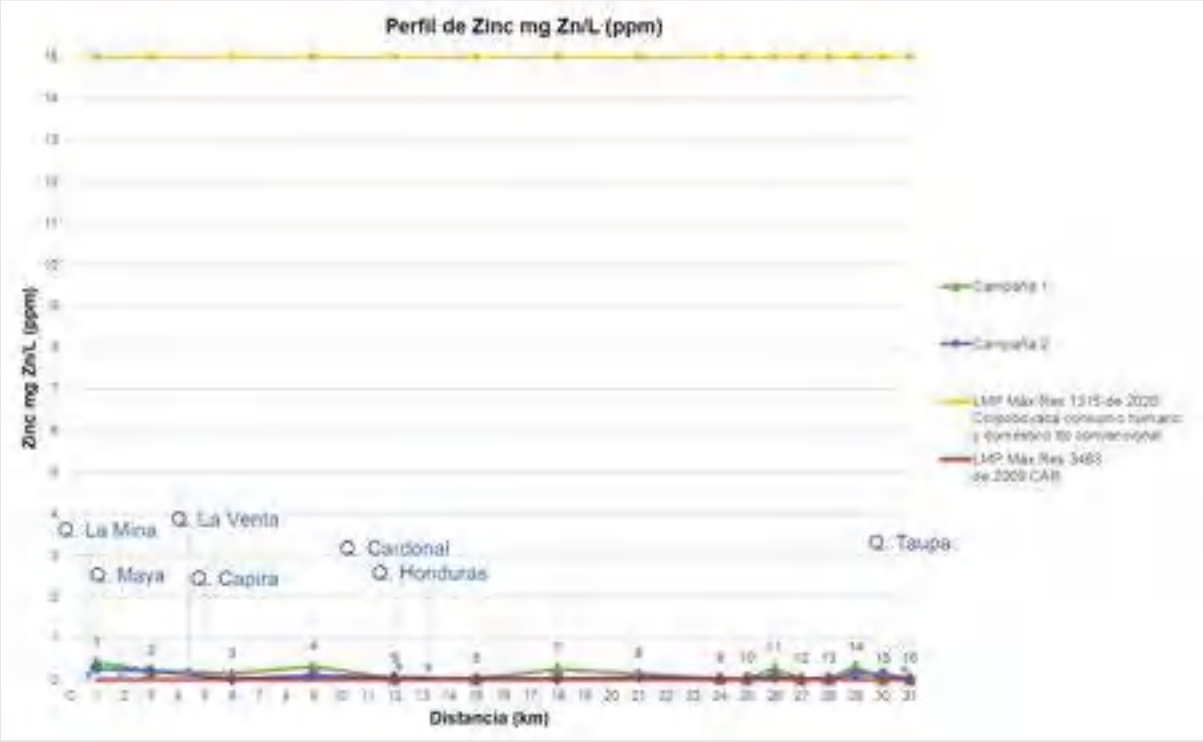
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, en la figura anterior se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de Cadmio, donde se observa que el 100% de los puntos analizados se encuentran con valores resultados que relacionan menos del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se genera incertidumbre si se presenta cumplimiento o no de la normatividad relacionada, es decir la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la resolución 3463 de 2009 de la CAR para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, desarrollo de actividades turísticas ni preservación de flora y fauna. Sin embargo, los resultados de laboratorio no especifican presencia de Cadmio en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM). Es importante mencionar que los 16 puntos analizados presentan valor admisible para actividades pecuarias según la resolución 1315 del 2020 de la CAR (<0,05mg Cd/L).

1.3.4.25 ZINC - ZN (MG/L).

Aunque las concentraciones de zinc en aguas superficiales y subterráneas no suelen sobrepasar 0,01 y 0,05 mg/l, respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del zinc de las tuberías. No obstante, el agua de consumo con concentraciones de zinc mayores que 3 mg/l puede resultar inaceptable para el consumo (Ecofluidos ingenieros S.A., 2012).

Figura 312 Perfil de Zinc – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se representan los valores obtenidos de Zinc en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con los límites máximos permisibles para consumo humano, uso agrícola, pecuario, recreativo e industrial. Por otro lado, se encontró que los 16 puntos analizados superan el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR establecido para la clase I definida para usos que incluyen consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario. Según esa misma resolución, los 16 puntos de agua cumplen con condiciones aptas de la categoría clase II y clase III de acuerdo con la concentración de Zinc.

Es importante mencionar que el 37,5% de los puntos muestreados en la primera campaña y el 37,5% de los puntos muestreados en la segunda campaña tuvieron valores que se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM=0,04mg/L). Por lo tanto, para esos puntos los

resultados de laboratorio no especifican presencia de Zinc de manera significativa en los cuerpos de agua.

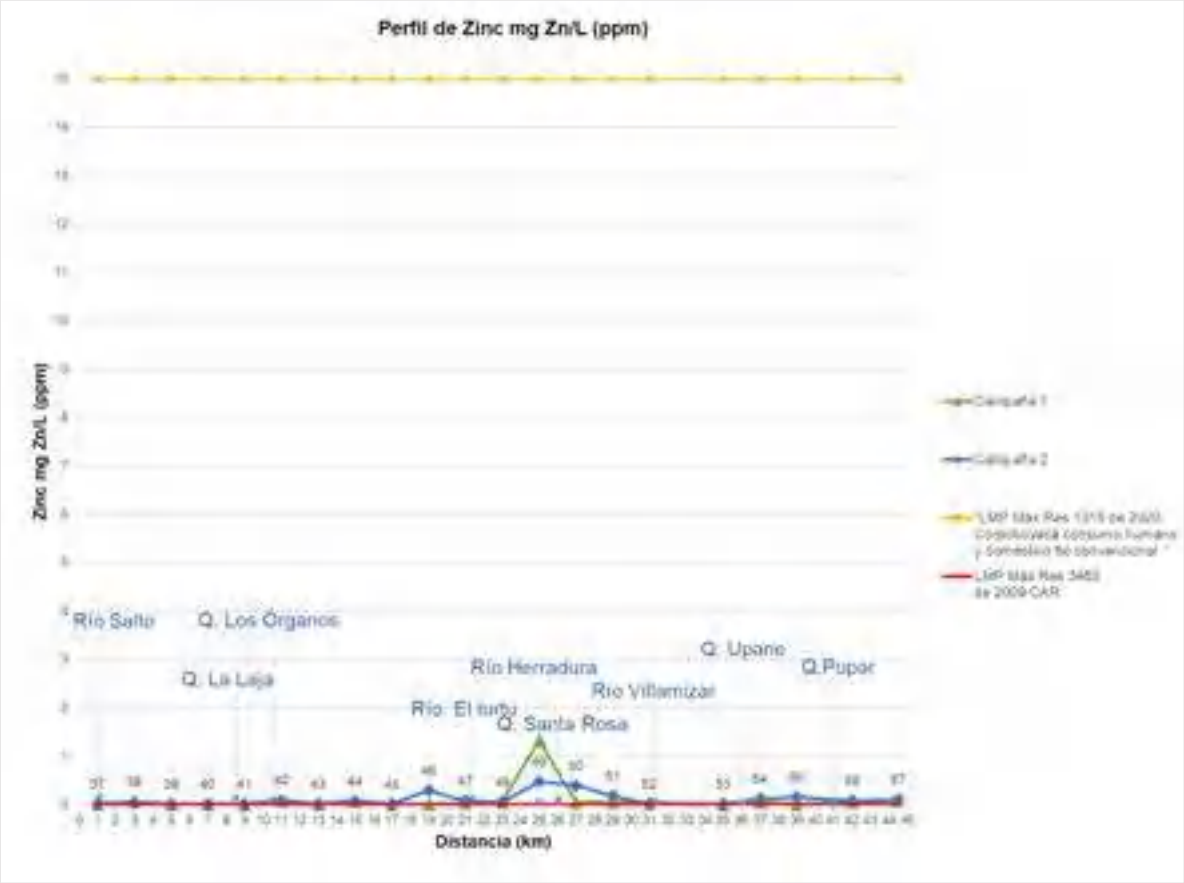
Figura 313 Perfil de Zinc – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible para consumo humano, uso agrícola, pecuario, recreativo e industrial. Por otro lado, se encontró que los 16 puntos analizados superan el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR establecido para la clase I definida en ese documento. Según esa misma resolución, los 16 puntos de agua cumplen con condiciones aptas de la categoría clase II y clase III de acuerdo con la concentración de Zinc.

Es importante mencionar que el 25% de los puntos muestreados en la primera campaña y el 40% de los puntos muestreados en la segunda campaña tuvieron valores que se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM=0,04mg/L). Por lo tanto, para esos puntos los resultados de laboratorio no especifican presencia de Zinc de manera significativa en los cuerpos de agua.

Figura 314 Perfil de Zinc – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

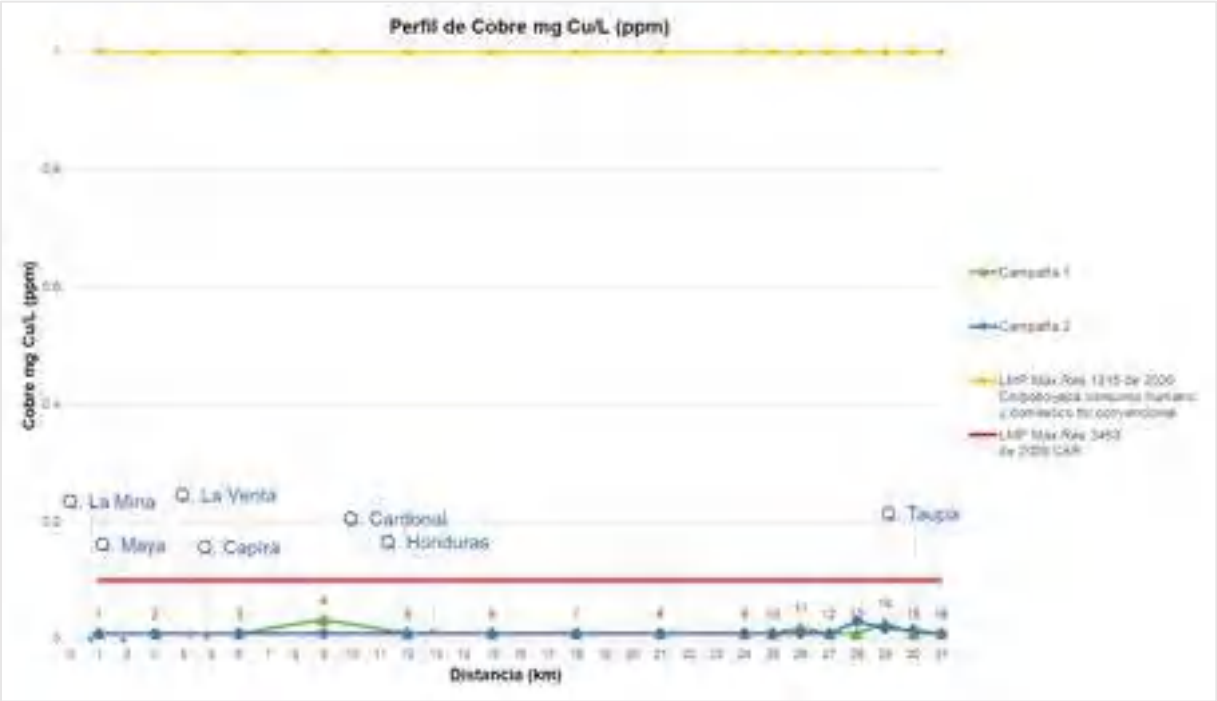
Por otro lado, en la anterior figura se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro de Zinc en donde se observa que en las dos campañas realizadas el 98% de los puntos analizados superan el límite máximo permisible establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y resolución 3463 de 2009 de la CAR para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, desarrollo de actividades turísticas ni preservación de flora y fauna. Según esa última resolución, los 16 puntos de agua cumplen con condiciones aptas de la categoría clase II y clase III de acuerdo con la concentración de Zinc.

Es importante mencionar que el 29% de los puntos muestreados en la primera campaña y el 38% de los puntos muestreados en la segunda campaña tuvieron valores que se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM=0,04mg/L). Por lo tanto, para esos puntos los resultados de laboratorio no especifican presencia de Zinc de manera significativa en los cuerpos de agua.

1.3.4.26 COBRE – CU (MG/L).

Las concentraciones de cobre en el agua de consumo varían mucho, y la fuente principal más frecuente es la corrosión de tuberías de cobre interiores. Las concentraciones suelen ser bajas en muestras de agua corriente o que se ha dejado correr prolongadamente, mientras que en muestras de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo son más variables y suelen ser considerablemente más altas (con frecuencia >1 mg/l) (Ecofluidos ingenieros S.A., 2012).

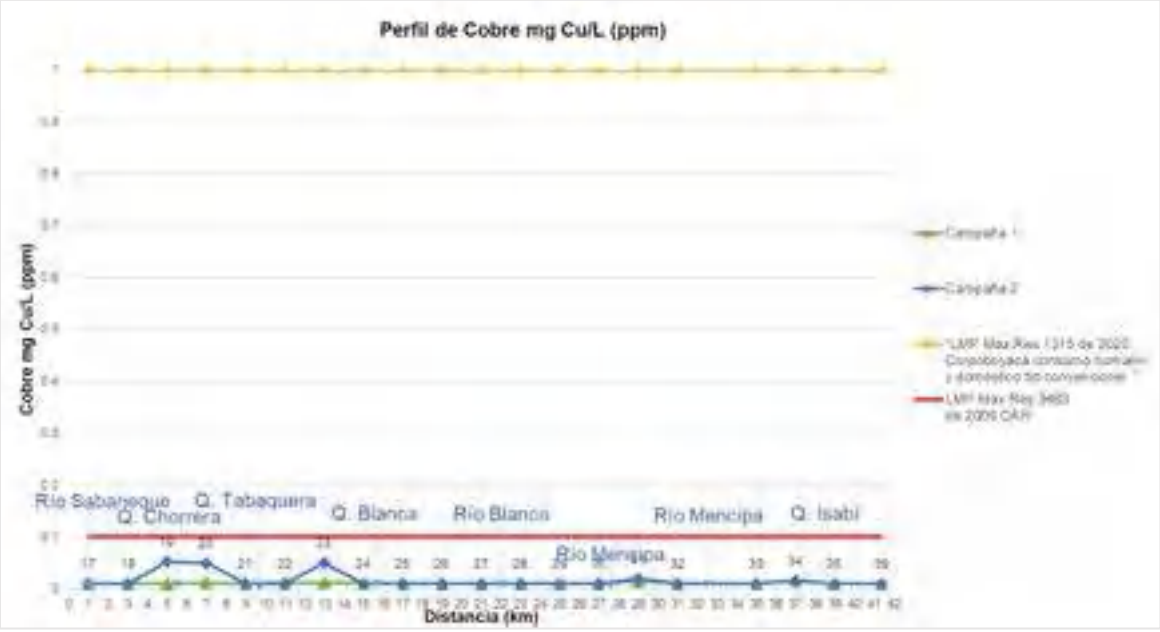
Figura 315 Perfil de Cobre – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se representan los valores obtenidos de Cobre en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Guaquimay. Se encontró que los 16 puntos analizados presentan valores de concentración de Cobre (mg Cu/L) inferiores al límite máximo permisible establecido por la resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá para consumo humano y doméstico que requiera solamente tratamiento convencional, consumo humano que requiera únicamente desinfección y uso agrícola, ya que, en su mayoría el resultado relaciona por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio. También se evidencia que los 16 puntos presentan valores inferiores al límite máximo establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR para todas las clases de uso establecidos por ese documento (I, II, III, IV).

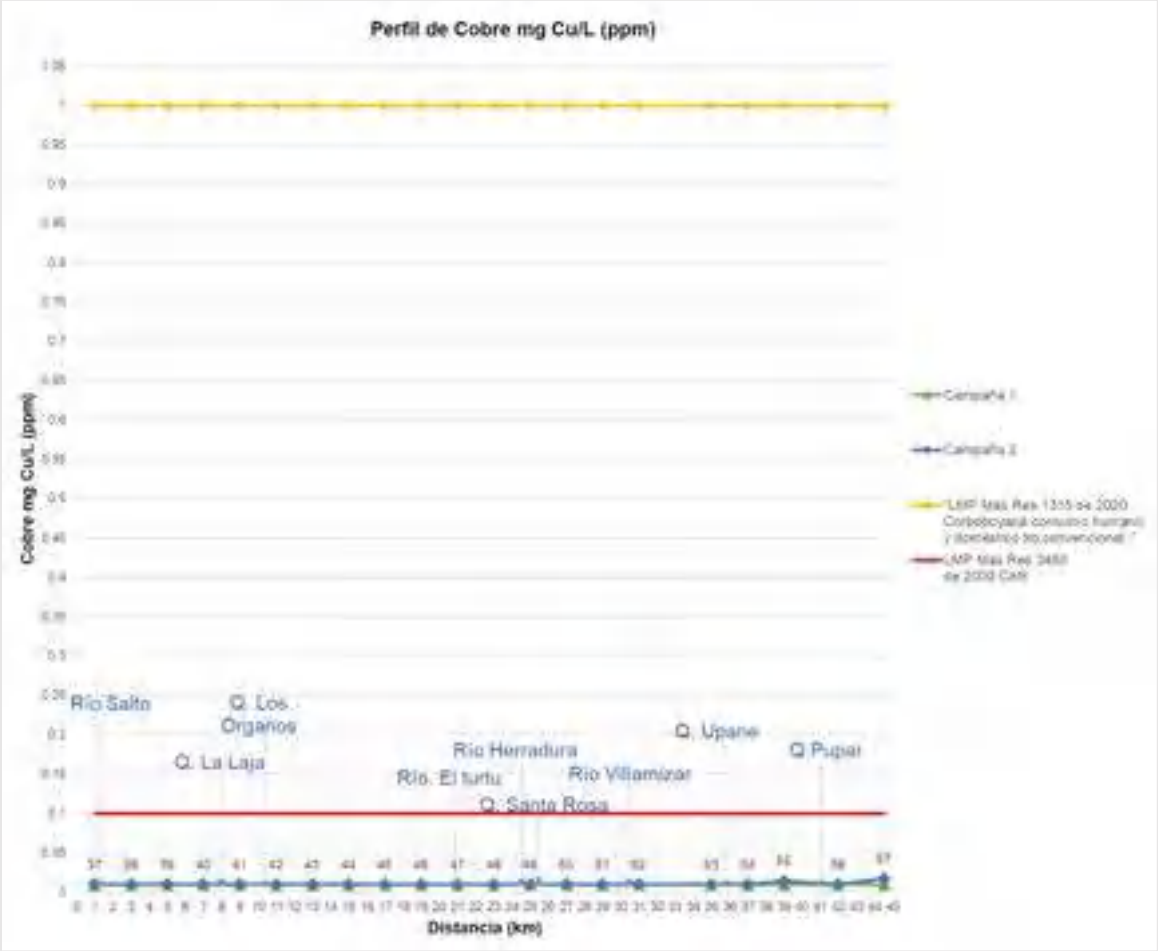
Figura 316 Perfil de Cobre – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se encontró que los 20 puntos analizados presentan valores de concentración de Cobre (mg Cu/L) inferiores al límite máximo permisible establecido por la resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá para consumo humano y doméstico que requiera solamente tratamiento convencional, consumo humano que requiera únicamente desinfección y uso agrícola. También, se evidencia que los 16 puntos presentan valores inferiores al límite máximo establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR para todas las clases de uso establecidos por ese documento (I, II, III, IV).

Figura 317 Perfil de Cobre – Río Palenque.



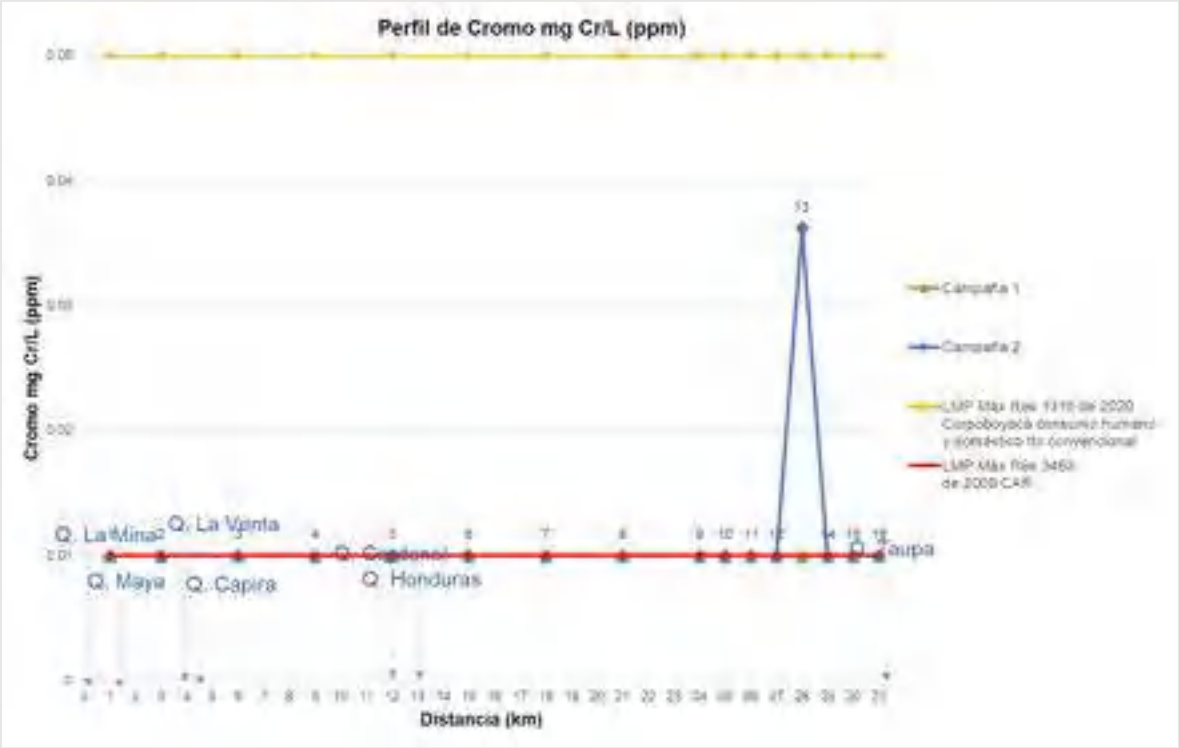
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, en la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque. Se evidencia que los 21 puntos analizados presentan valores de concentración de Cobre (mg Cu/L) inferiores al límite máximo permisible establecido por la resolución 1315 del 2020 de Corpoboyacá para consumo humano y doméstico que requiera solamente tratamiento convencional, consumo humano que requiera únicamente desinfección y uso agrícola. También se evidencia que los 16 puntos presentan valores inferiores al límite máximo establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR para todas las clases de uso establecidos por ese documento (I, II, III, IV).

1.3.4.27 CROMO TOTAL – CR (MG/L).

El cromo es originado por el amplio uso de este metal en la industria metalúrgica, en la fabricación de materiales refractarios, en fabricación de pigmentos, electro-metalizado y curtido de pieles (López Farfán, 2015). La presencia de este elemento puede ser causado por la no separación de los efluentes urbanos e industriales en los sistemas colectores de aguas residuales.

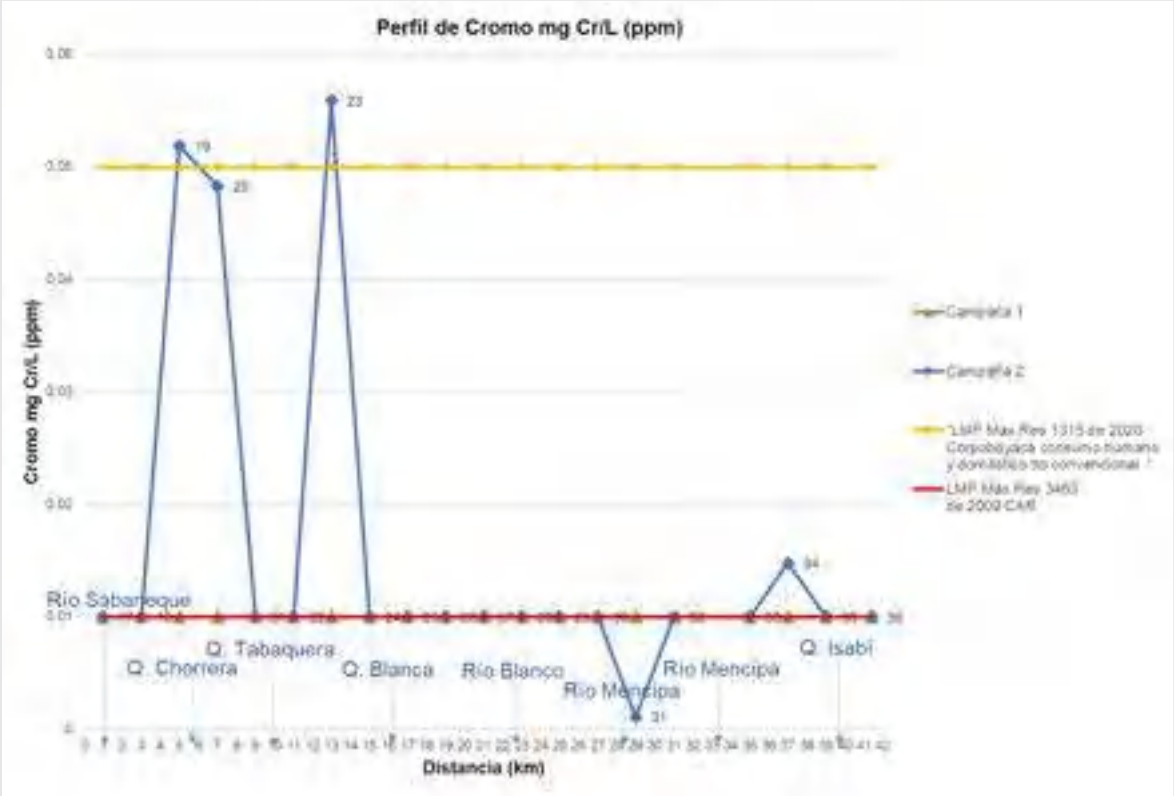
Figura 318 Perfil de Cromo total – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Cromo en las dos campañas realizadas. Se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos analizados cumplen con los niveles máximos permisibles establecidos para consumo humano, uso agrícola, pecuario, recreativo e industrial. Sin embargo, se evidencia que, en la segunda campaña, el punto No. 13 superó el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR lo que quiere decir que en ese punto el agua no es apta para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional. Los demás puntos cumplen las condiciones establecidas para el agua de clase I propuesto por esa misma resolución.

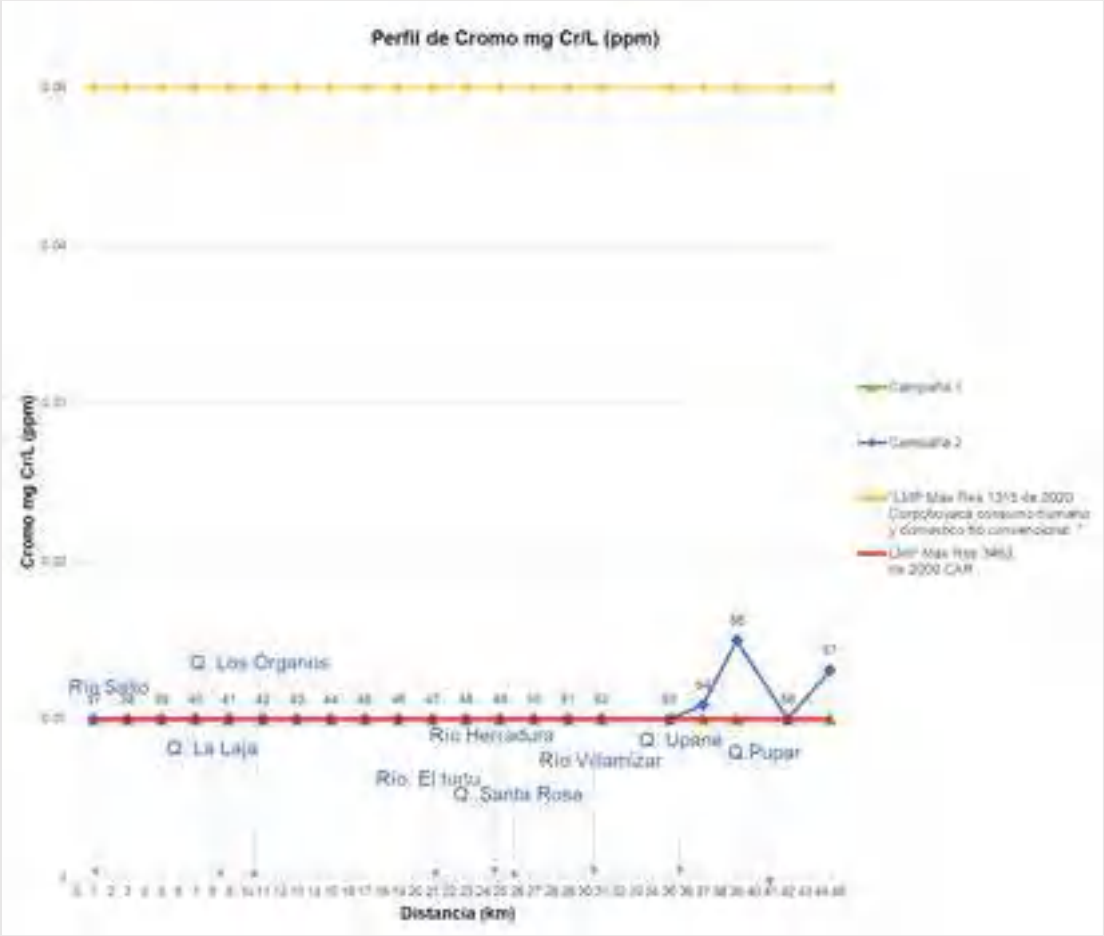
Figura 319 Perfil de Cromo total – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Para el caso de la unidad hidrográfica del río Negro, se encontró que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, los puntos 19,20, 23 y 34 (Río Mencipá, Río Negro y Q. La Chorrera) no cumplen con los niveles máximos permisibles establecidos por ese documento. Adicionalmente, se evidencia que el punto No. 19 (Río Mencipá) y 23 (Río Negro) en la segunda campaña supero el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, lo que quiere decir que, en esos puntos el agua no es apta para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional.

Figura 320 Perfil de Cromo total – Río Palenque.



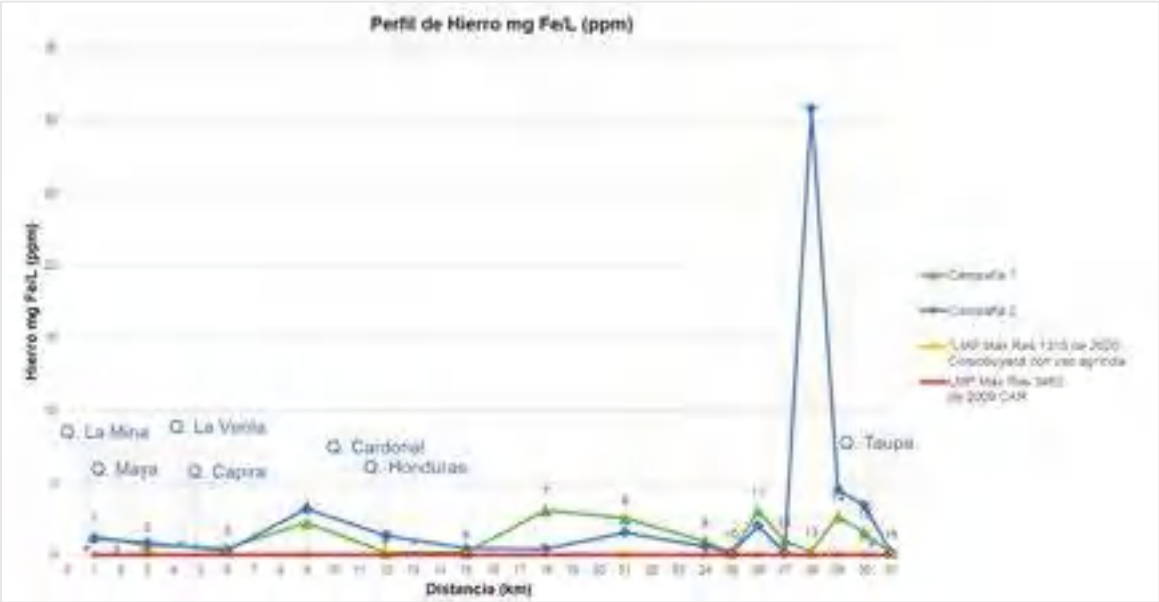
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, en la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque. Se encontró que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el 100% de los puntos cumplen con los niveles máximos permisibles establecidos por esa normativa. Adicionalmente, se evidencia que los puntos No. 54, 55 y 57 en la segunda campaña superan el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, lo que quiere decir que, en esos puntos el agua no es apta para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, ya que, puede generar un riesgo de enfermedad en el consumidor.

1.3.4.28 HIERRO – FE (MG/L).

En aguas superficiales se puede encontrar hasta 0,5 mg/L de hierro, que puede ser producto de lixiviación de terrenos atravesados o de contaminaciones industriales: es posible también encontrar hierro en el agua potable, debido a la utilización de coagulantes de hierro, a la corrosión de tuberías de acero y hierro fundido de la red de distribución. Además, se tiene que las aguas con gran carga orgánica suelen tener más hierro dificultando su eliminación y potabilización (Valencia , 2011).

Figura 321 Perfil de Hierro – Río Guaquimay.

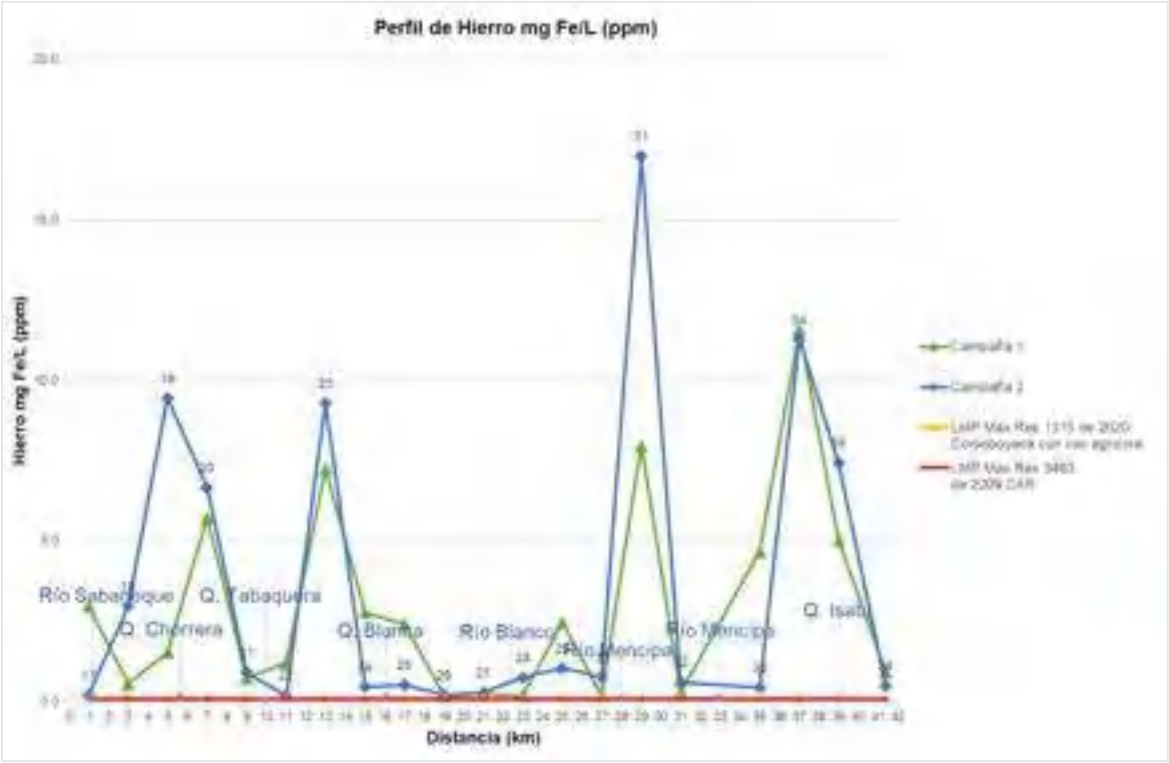


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Hierro en las dos campañas realizadas. Se evidencia que la totalidad de los valores obtenidos en los 16 puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido por la resolución 3463 de 2009 de Corpoboyacá en la Clase I para usos del agua en consumo humano doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario. Por otro lado, se tiene que exceptuando el punto No. 13, todos los puntos son admisibles en la clase IV correspondiente a usos agrícolas con restricciones, pecuario e industrial según la misma resolución.

Adicionalmente, todos los puntos superan el límite máximo permisible establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para la preservación de flora y fauna; y a excepción del punto No.13, todos los puntos son admisibles para usos agrícolas.

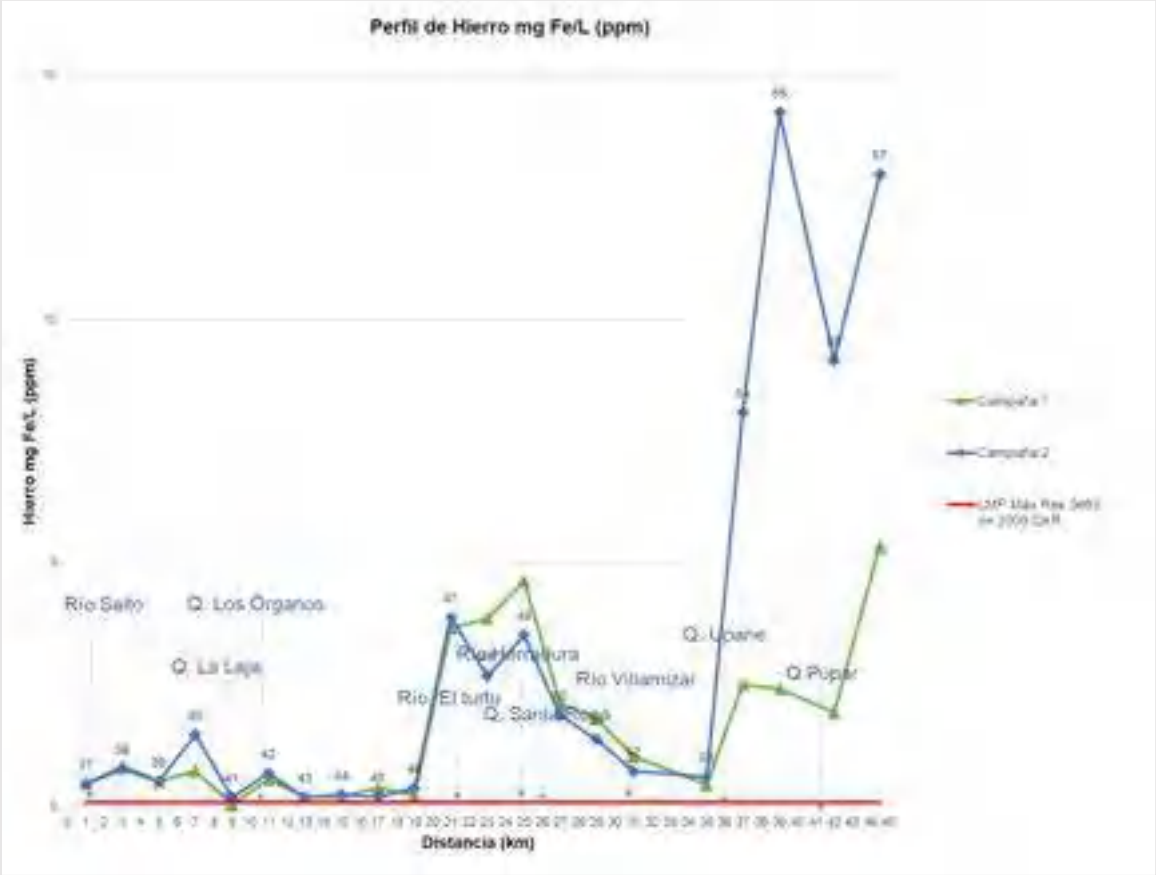
Figura 322 Perfil de Hierro – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se evidencia que la totalidad de los valores obtenidos en los 16 puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR y la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá. Se encontró que la totalidad de los valores obtenidos en los 16 puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR para la clase I del uso del agua destinada al consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario. Por otro lado, todos los puntos superan el límite máximo permisible establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para la preservación de flora y fauna. También se encontró que el 25% de los puntos monitoreados en la primera campaña (Puntos: 20,23,31,34) y el 30% de los puntos monitoreados en la segunda campaña (Puntos:19,20,23,31,34,35) superan los 5mg/L por lo cual no son aptos para actividades agrícolas superando el límite máximo permisible establecido por la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá.

Figura 323 Perfil de Hierro – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

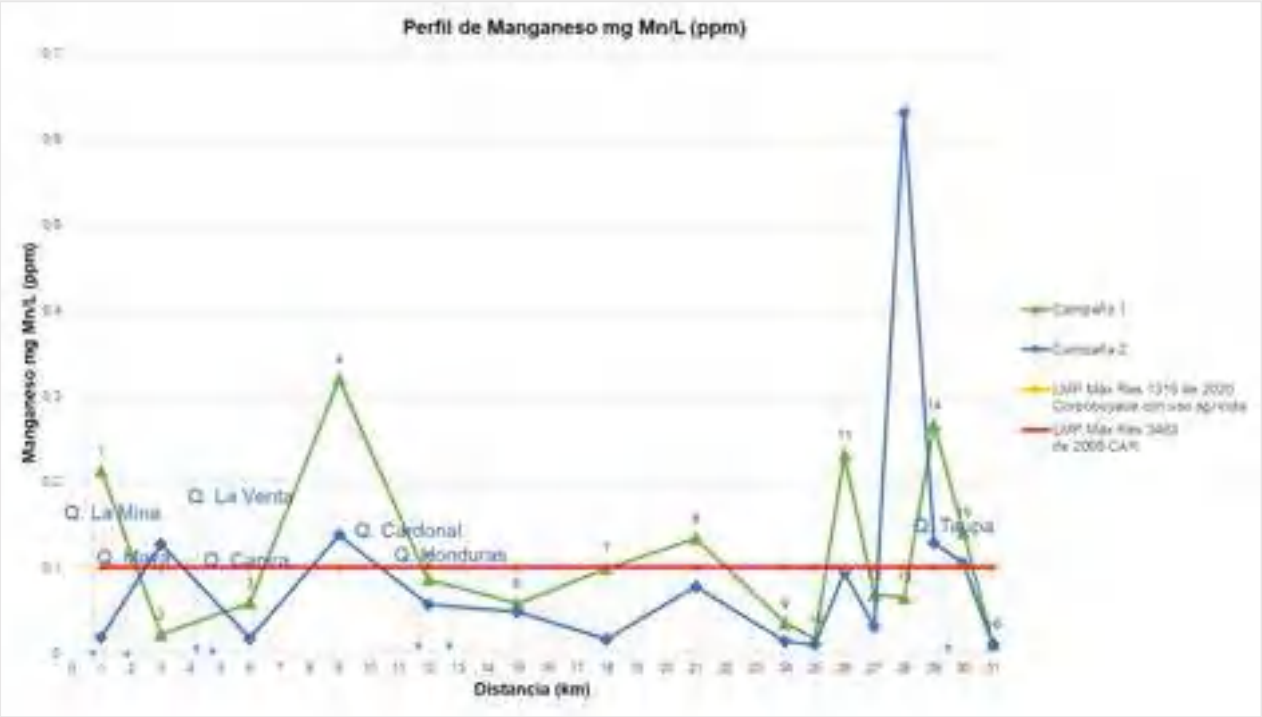
Por otro lado, en la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque. Se encontró que la totalidad de los valores obtenidos en los 16 puntos sobrepasan el límite máximo permisible establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR para la clase I del uso del agua destinada al consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario. Por otro lado, todos los puntos superan el límite máximo permisible establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para la preservación de flora y fauna. Adicionalmente se encontró que el 4,8% de los puntos monitoreados en la primera campaña (Punto 57) y el 19% de los puntos monitoreados en la segunda campaña (Puntos del 54 al 57) superan los 5mg/L por lo cual no son aptos para actividades agrícolas superando el límite máximo permisible establecido por la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá.

1.3.4.29 MANGANESO – MN (MG/L).

Generalmente el manganeso está presente junto al hierro, por esa razón el análisis de las muestras tomadas en los puntos de las tres unidades hidrográficas tiene comportamiento similar al observado en el capítulo anterior. En aguas superficiales cuando lo contienen las concentraciones de manganeso son menores a 0.1mg/L; es de esperar que las operaciones industriales que son fuente de hierro sean también fuente de Manganeso (Valencia , 2011). Es común que el agua subterránea, el agua potable y el suelo contengan niveles bajos de manganeso (Valencia , 2011)

Figura 324 Perfil de Manganeso – Río Guaquimay.

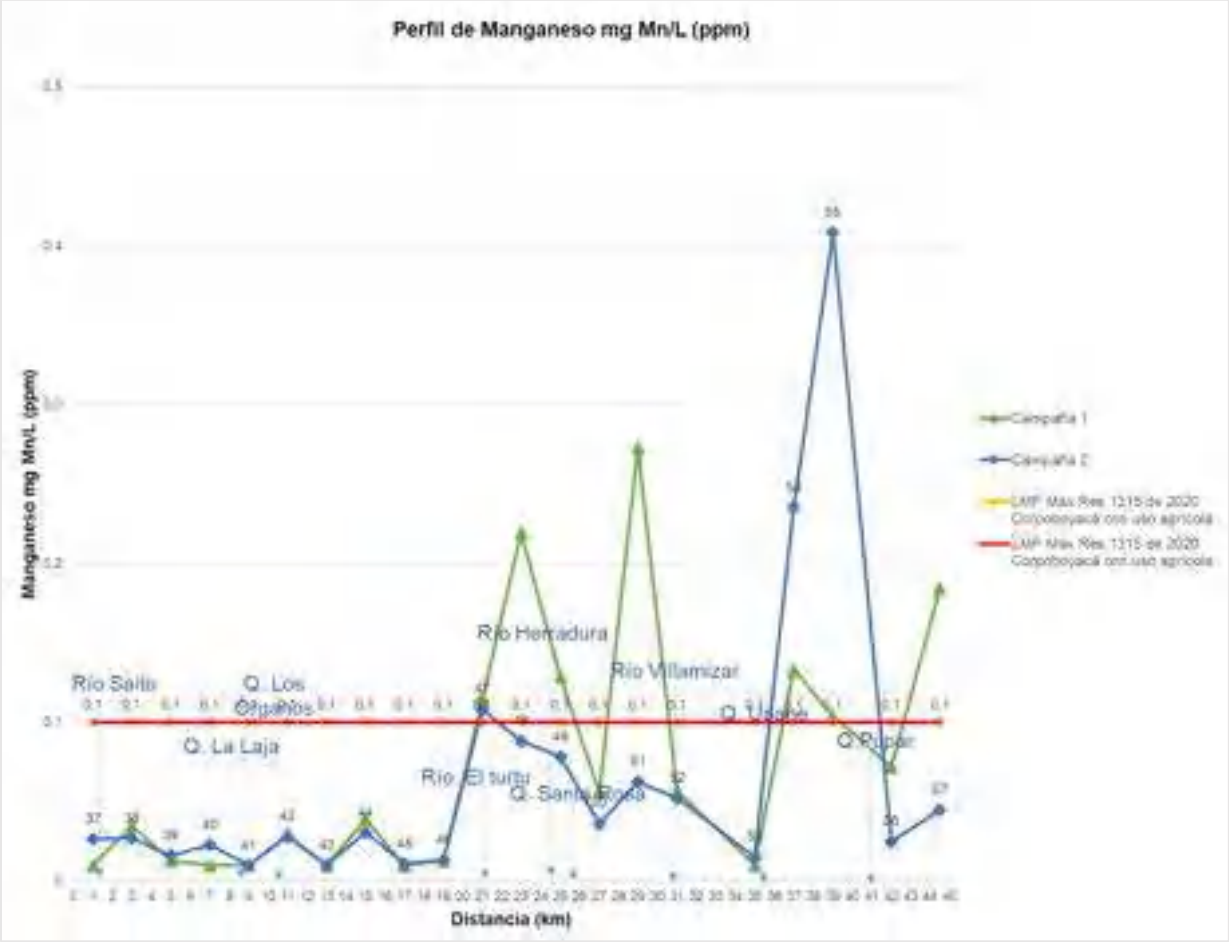
<<<



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Manganeso, se encuentran representados en la figura anterior, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el 25% de los puntos de la primera campaña (N° 1,4,8, 11 y 14) y el 25% de los puntos de la segunda campaña (No. 2,4,13,14 y 15), sobrepasan el límite máximo permisible para uso agrícola, así como el establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR para la clase I determinada para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

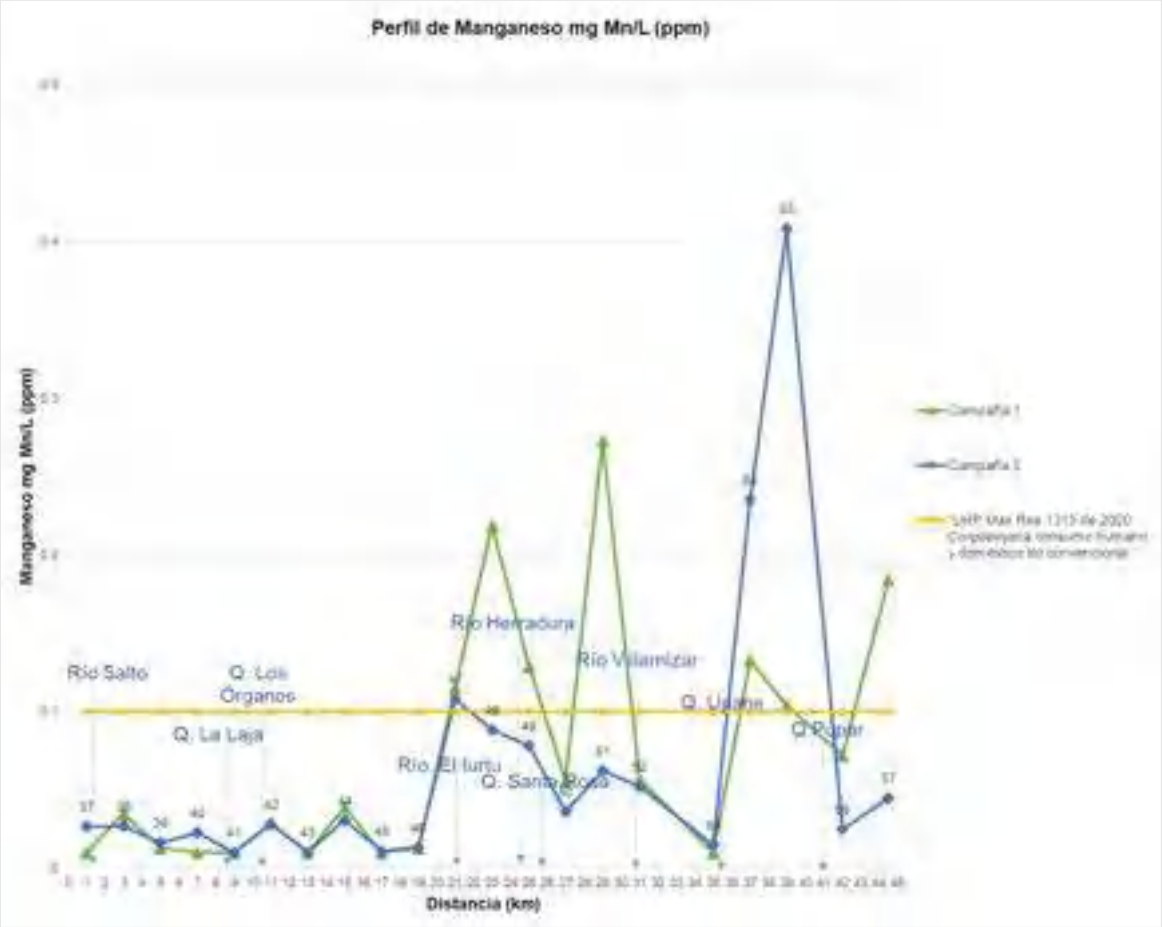
Figura 325 Perfil de Manganeso – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro Manganeso, se encuentran representados en la figura anterior, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el 30% de los puntos de la primera campaña (N° 17,20,23, 31,34 y 35) y el 30% de los puntos de la segunda campaña (No. 19,20,23,31, 34 y 35), sobrepasan el límite máximo permisible para uso agrícola, así como el establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR para la clase I determinada para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

Figura 326 Perfil de Manganeso – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por su parte, en la figura anterior representa los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro Manganeso, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el 28,6% de los puntos de la primera campaña (N° 47,48,49, 51,54 y 57) y el 14,3% de los puntos de la segunda campaña (No. 47, 54 y 55), sobrepasan el límite máximo permisible para uso agrícola, así como el establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR para la clase I determinada para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.

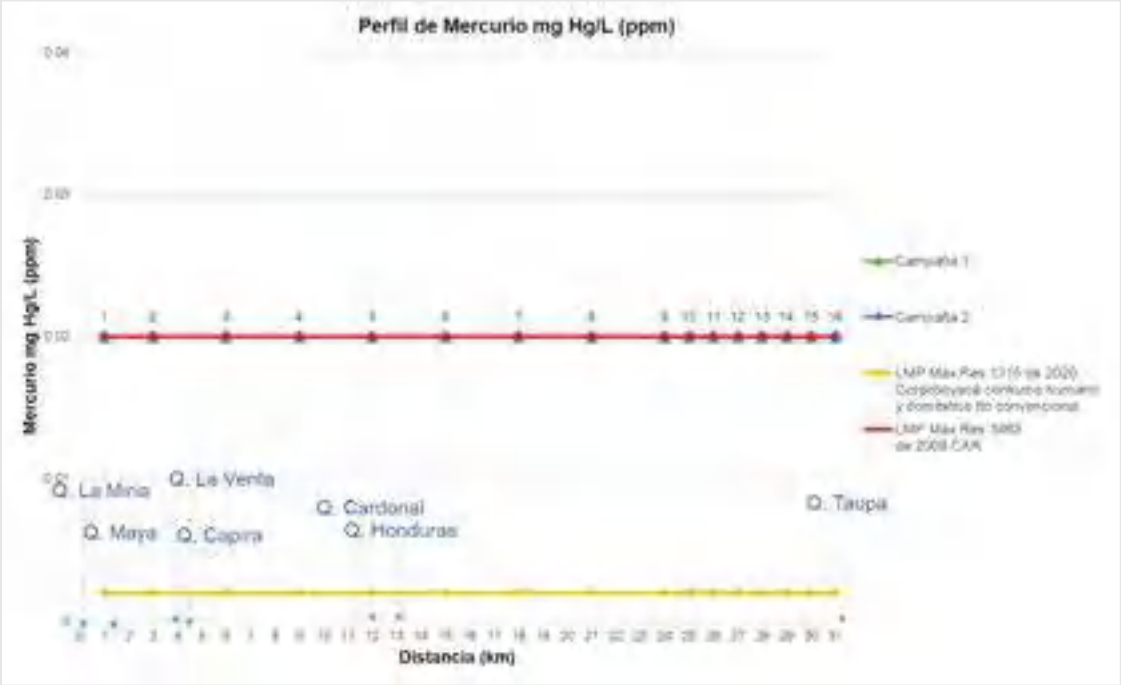
1.3.4.30 MERCURIO – HG (MG/L).

La principal causa de la contaminación hídrica por mercurio en Colombia se deriva de la minería ilegal, principalmente de la extracción de oro de aluvión (Gafner Rojas, 2018). Otras fuentes identificadas son la deposición atmosférica, erosión, descargas humanas, materiales agrícolas, descargas industriales y de combustión (Pabón, Benitez, Sarria, & Gallo, 2020).

En el caso del mercurio en el agua, la condición crítica se vincula a concentraciones que exceden 0,002mg/L, límite máximo permisible según el criterio para destinación del recurso para consumo humano y doméstico siendo este valor el establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá. En las siguientes figuras se representan los valores obtenidos de Cobre en los puntos de monitoreo de las unidades hidrográficas del Río Guaquimay, el río Negro y Palenque en las dos campañas realizadas. Se evidencia que para ambas campañas el 100% de los puntos se encuentran sobre el límite máximo permisible para consumo doméstico, uso agrícola, pecuario y recreativo con contacto primario y secundario y uso industrial establecido en dicha resolución.

Así mismo, se evidencia que los 16 puntos se encuentran sobre el límite máximo permisible establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR. Sin embargo, los resultados de laboratorio no especifican presencia de Mercurio en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método-LCM (0,002mg Hg/L).

Figura 327 Perfil de Mercurio – Río Guaquimay.

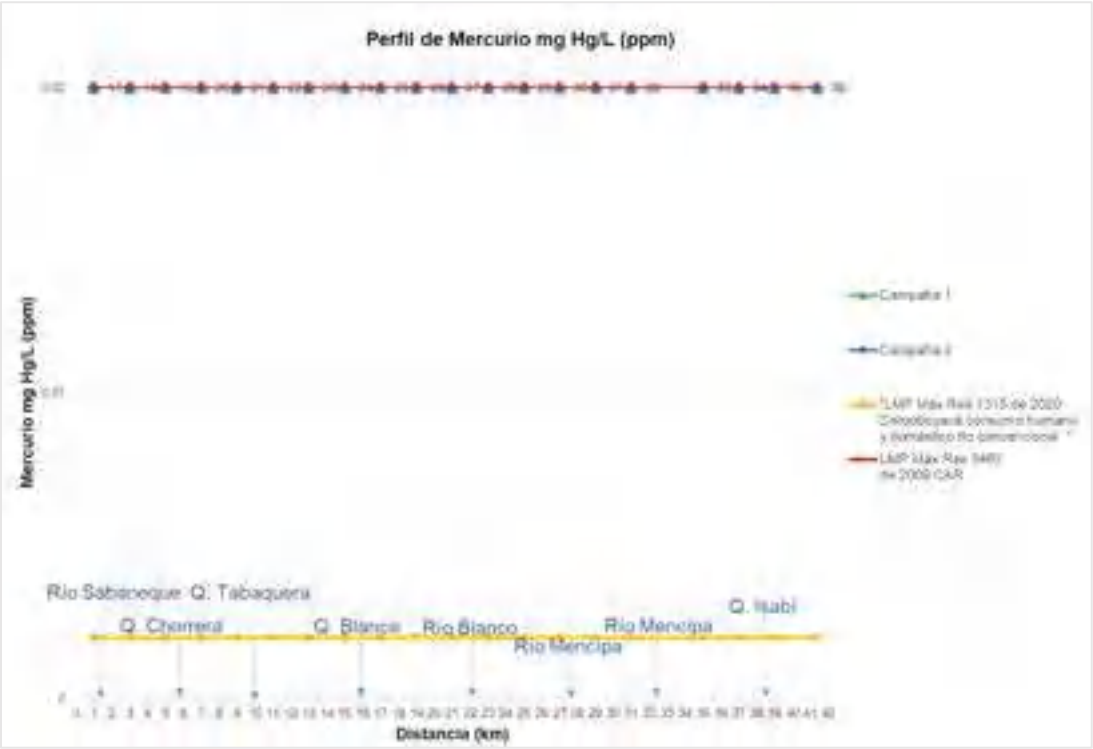


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Río Guaquimay para el parámetro Mercurio, en las dos campañas se encuentran representados en la figura anterior, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el valor

máximo permisible de mercurio en el agua para consumo humano y doméstico es de 0,002mg/L. Los resultados de los puntos de monitoreo en un 100% representan que se encuentran con valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio que es de 0,02 mg/L, por tanto, se genera incertidumbre con respecto al máximo permisible de la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, por tanto, se puede afirmar que la presencia del parámetro es bajo o incluso nulo en los cuerpos de agua muestreados. Así mismo, se evidencia que los 16 puntos se encuentran sobre el límite máximo permisible establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el cual es el mismo LCM del laboratorio, es decir, 0,20 mg/L.

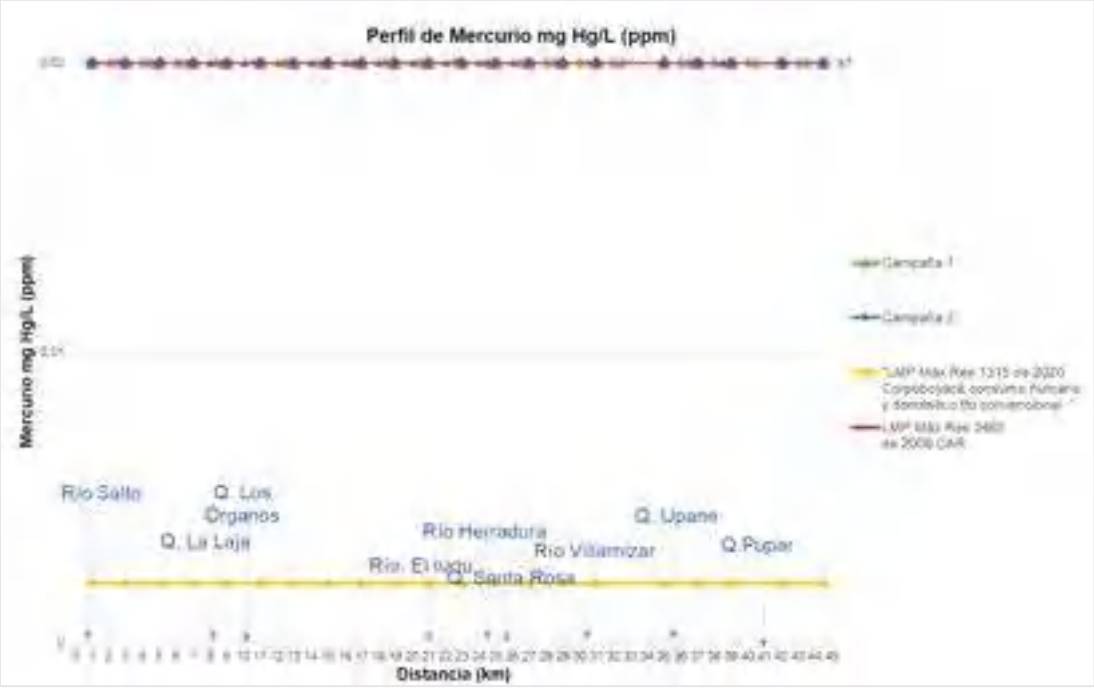
Figura 328 Perfil de Mercurio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro Mercurio, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el valor máximo permisible de mercurio en el agua para consumo humano y doméstico es de 0,002mg/L. Los resultados de los puntos de monitoreo en un 100% representan que se encuentran con valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio que es de 0,02 mg/L, por tanto, se genera incertidumbre con respecto al máximo permisible de la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, por tanto, se puede afirmar que la presencia del parámetro es bajo o incluso nulo en los cuerpos de agua muestreados. Así mismo, se evidencia que los 20 puntos se encuentran sobre el límite máximo permisible establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el cual es el mismo LCM del laboratorio, es decir, 0,20 mg/L.

Figura 329 Perfil de Mercurio – Río Palenque.

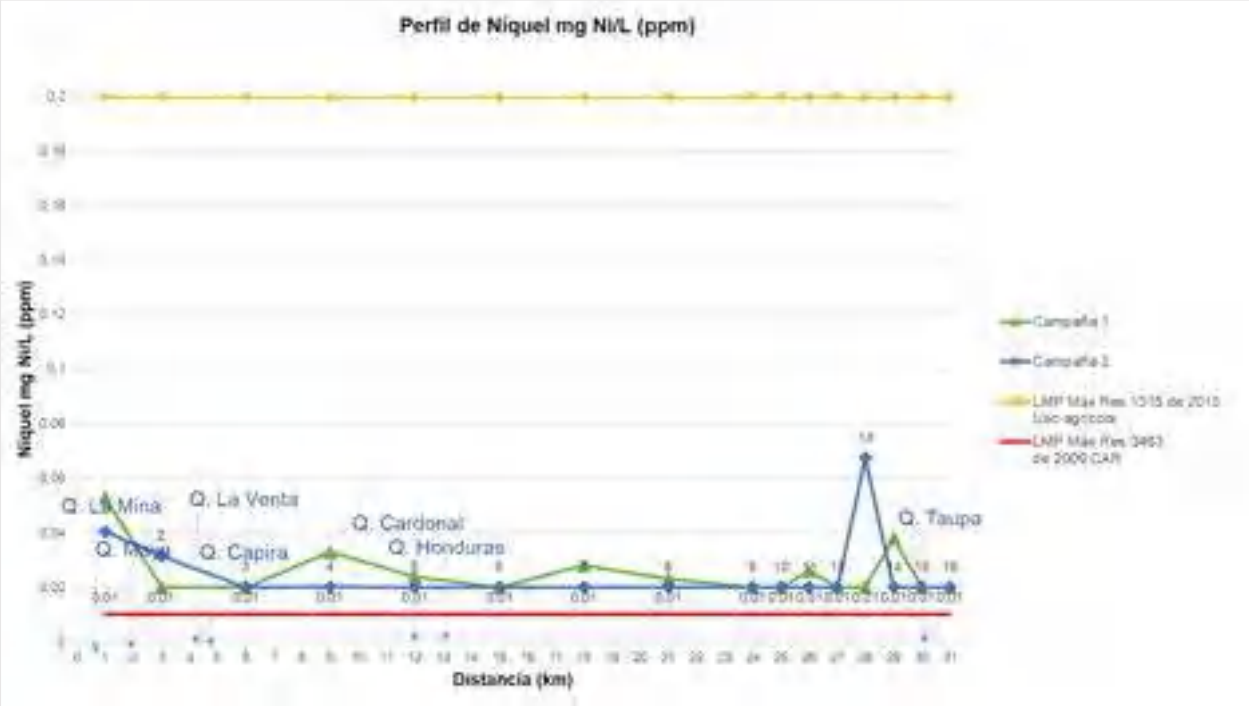


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por su parte, en la figura anterior representa los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro Mercurio, donde se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el valor máximo permisible de mercurio en el agua para consumo humano y doméstico es de 0,002mg/L. Los resultados de los puntos de monitoreo en un 100% representan que se encuentran con valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio que es de 0,02 mg/L, por tanto, se genera incertidumbre con respecto al máximo permisible de la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, por tanto, se puede afirmar que la presencia del parámetro es bajo o incluso nulo en los cuerpos de agua muestreados. Así mismo, se evidencia que los 21 puntos se encuentran sobre el límite máximo permisible establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR, el cual es el mismo LCM del laboratorio, es decir, 0,20 mg/L.

1.3.4.31 NÍQUEL – NI (MG/L).

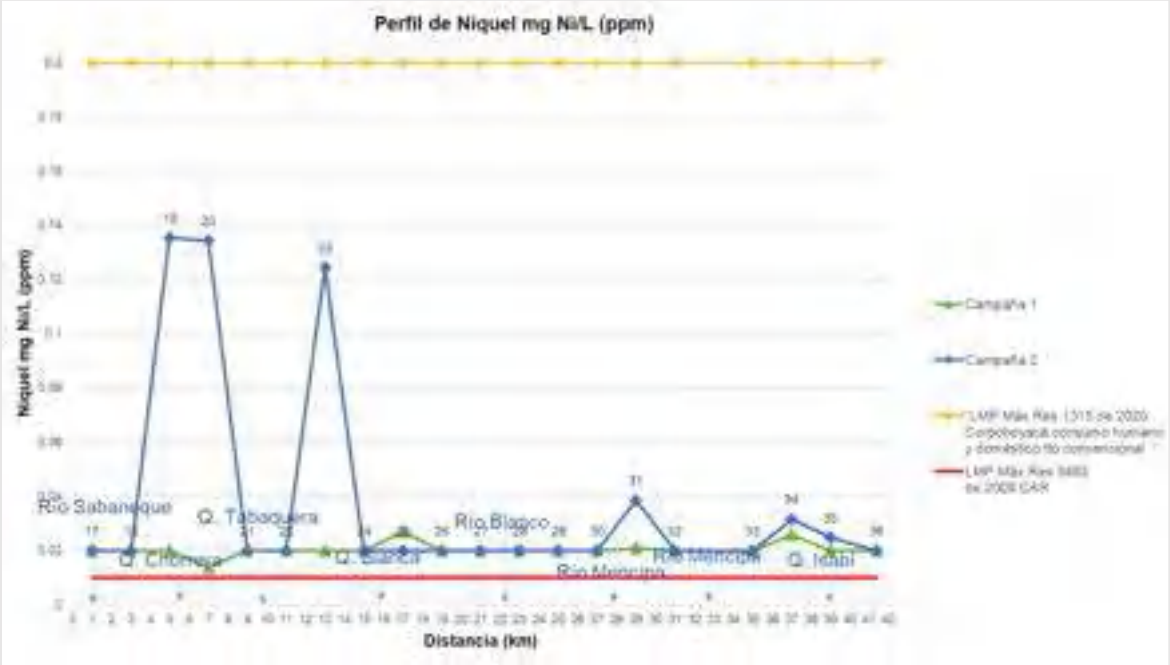
Figura 330 Perfil de Níquel – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Níquel en las dos campañas realizadas. Se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con resultados relacionados a menor del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se genera incertidumbre con respecto al límite máximo permisible establecido de Níquel por la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Por otro lado, desde la resolución 1315 de 2015 se establece el límite máximo permisible de Níquel únicamente para uso agrícola (0,2mg Ni/L) y para la preservación de flora y fauna (0,2mg Ni/L), evidenciando que los 16 puntos analizados obtuvieron valores por debajo de esos límites máximos permisibles para los usos mencionados.

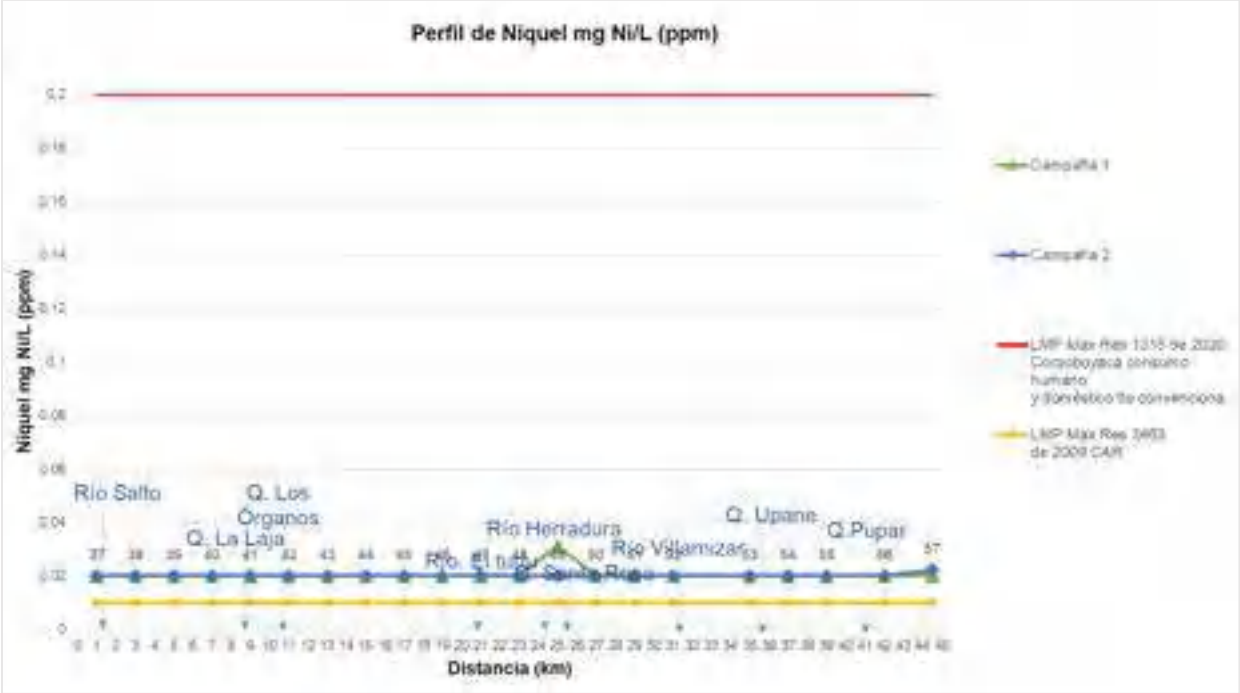
Figura 331 Perfil de Níquel – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con resultados relacionados a menor del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se genera incertidumbre con respecto al límite máximo permisible establecido de Níquel por la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Por otro lado, desde la resolución 1315 de 2015 se establece el límite máximo permisible del Níquel únicamente para uso agrícola (0,2mg Ni/L) y para la preservación de flora y fauna (0,2mg Ni/L), evidenciando que los 20 puntos analizados obtuvieron valores por debajo de esos LMP para los usos mencionados.

Figura 332 Perfil de Níquel – Río Palenque.



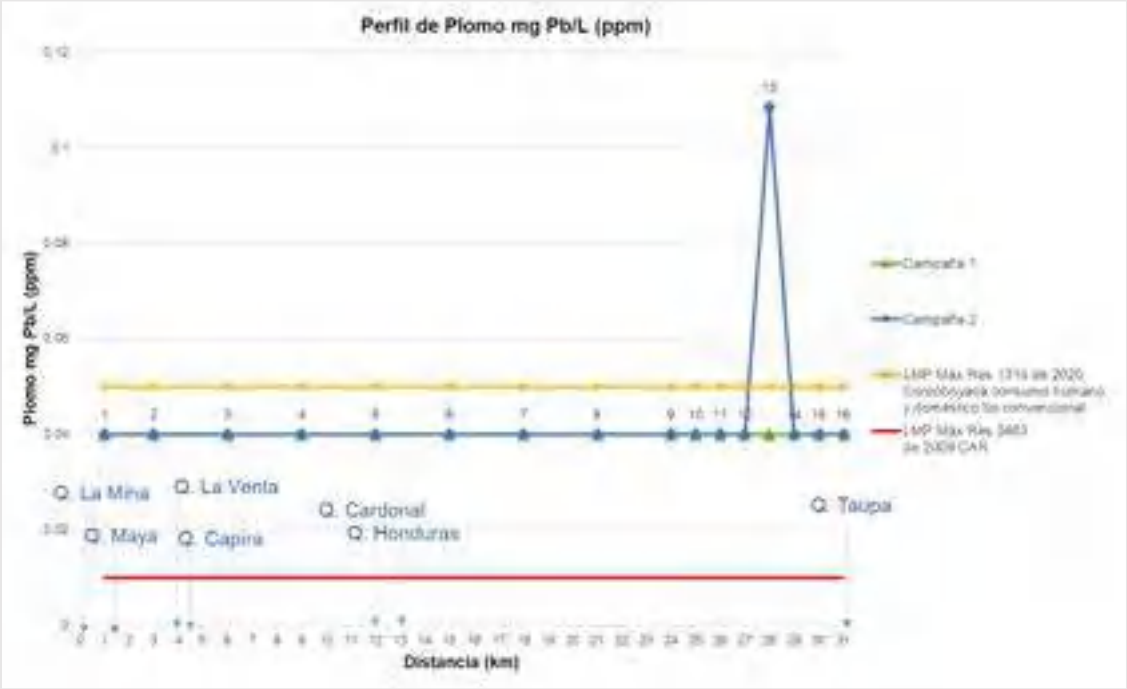
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Para el caso de la unidad hidrográfica del río Palenque, se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con resultados relacionados a menor del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se genera incertidumbre con respecto al límite máximo permisible establecido de Níquel por la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Por otro lado, desde la resolución 1315 de 2015 se establece el límite máximo permisible del Níquel únicamente para uso agrícola (0,2mg Ni/L) y para la preservación de flora y fauna (0,2mg Ni/L), evidenciando que los 21 puntos analizados obtuvieron valores por debajo de esos límites máximos permisibles para los usos mencionados.

1.3.4.32 PLOMO – PB (MG/L).

El agua de consumo puede ser una fuente de intoxicación por plomo, cuando se combinan aguas de carácter ácido con un sistema de conducción por tuberías plomadas (Blanco Hernández, Alonso Gutiérrez, Jiménez de Blas, Guervós, & Manzano, 1998). El mayor aporte a la contaminación de las aguas por metales pesados como el plomo es debido a descargas de aguas residuales producto de diversas actividades antropogénicas principales de tipo industrial (Pabón, Benitez, Sarria, & Gallo, 2020).

Figura 333 Perfil de Plomo – Río Guaquimay.

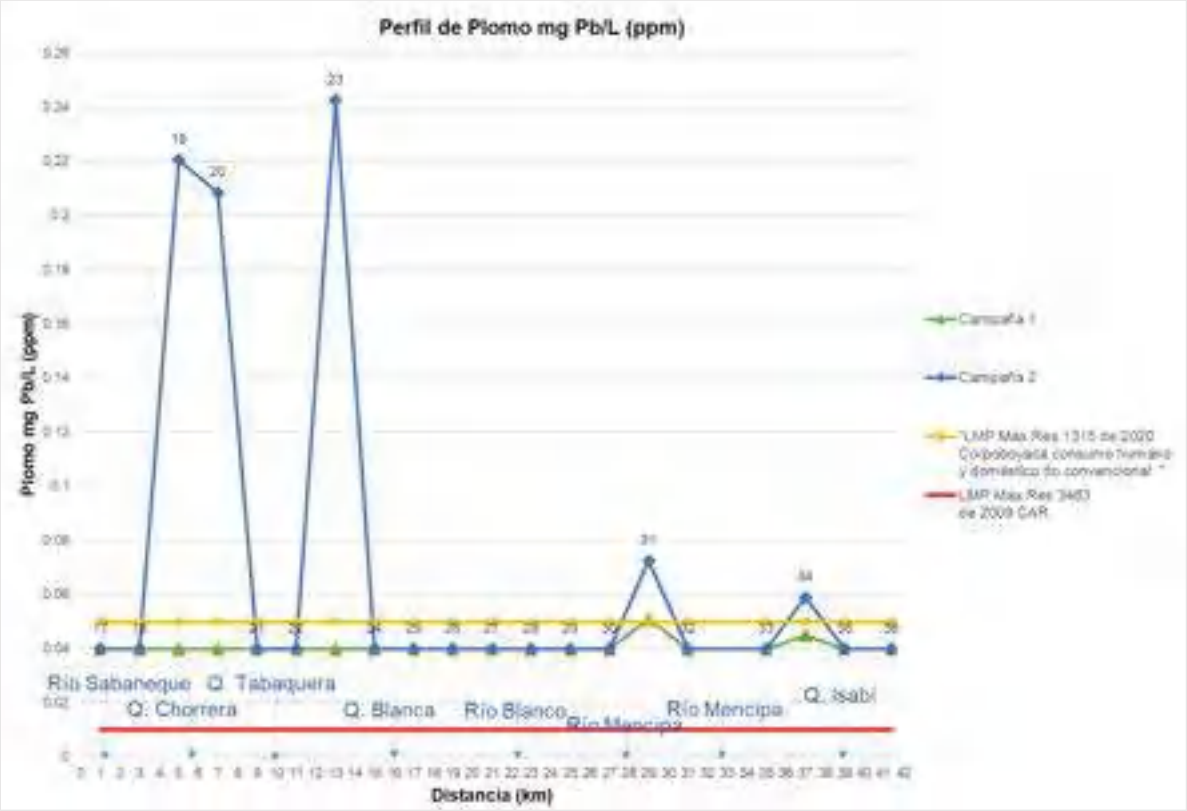


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Plomo en las dos campañas realizadas. Se observa que la mayoría de los puntos de la campaña 1 y 2 se encuentran con valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se presenta incertidumbre con respecto al límite máximo permisible establecido de Plomo por la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Sin embargo, es importante mencionar que el 93,75% de los resultados de laboratorio no especifican presencia de Mercurio en los cuerpos de agua de manera significativa, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM).

Adicionalmente, se evidencia que a excepción del punto No. 13 (Q. La Embarrada), todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites establecido por la resolución 1315 de 2015 de Corpoboyacá. Se evidencia que el punto No.13 presenta niveles tóxicos de Plomo al superar las concentraciones máximas admisibles.

Figura 334 Perfil de Plomo – Río Negro.

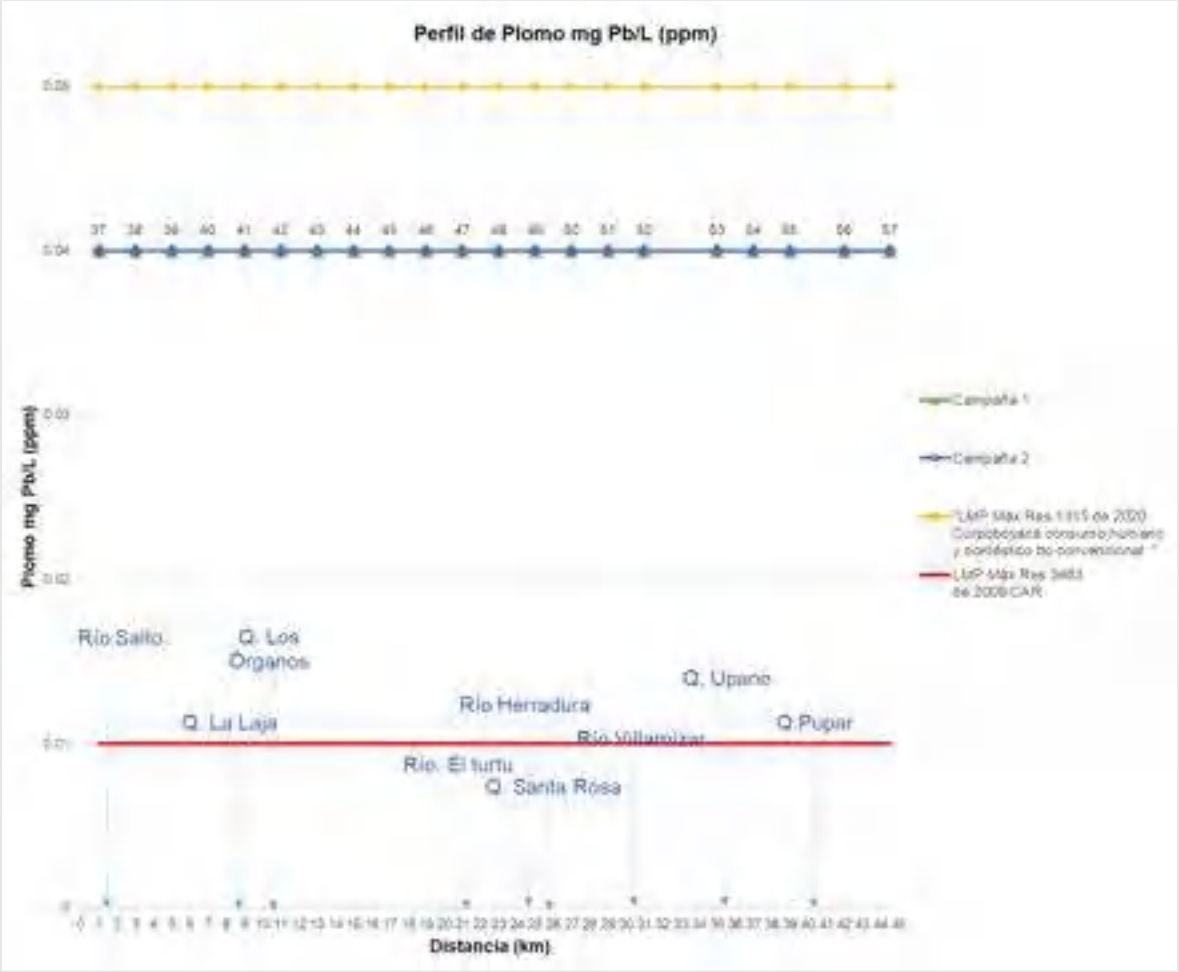


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del rio Negro, Se observa que la mayoría de los puntos de la campaña 1 y 2 se encuentran con valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se presenta incertidumbre con respecto al límite máximo permisible establecido de Plomo por la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados de laboratorio no especifican presencia de Mercurio en los cuerpos de agua de manera significativa para el 90% de los datos tomados en la primera campaña y el 75% de los datos de la segunda campaña, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM).

Por su parte, se evidencia que los puntos No. 19,20, 23,31 y 34 superan el límite máximo permisible, los demás puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites establecidos por la resolución 1315 de 2015 de Corpoboyacá. Para los puntos mencionados anteriormente es necesario aclarar que no son aptos para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional por los niveles tóxicos que presentan al superar las concentraciones máximas admisibles. Sin embargo, esa misma resolución establece que puede ser usado para actividades agrícolas al no superar los 5mg/L.

Figura 335 Perfil de Plomo – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

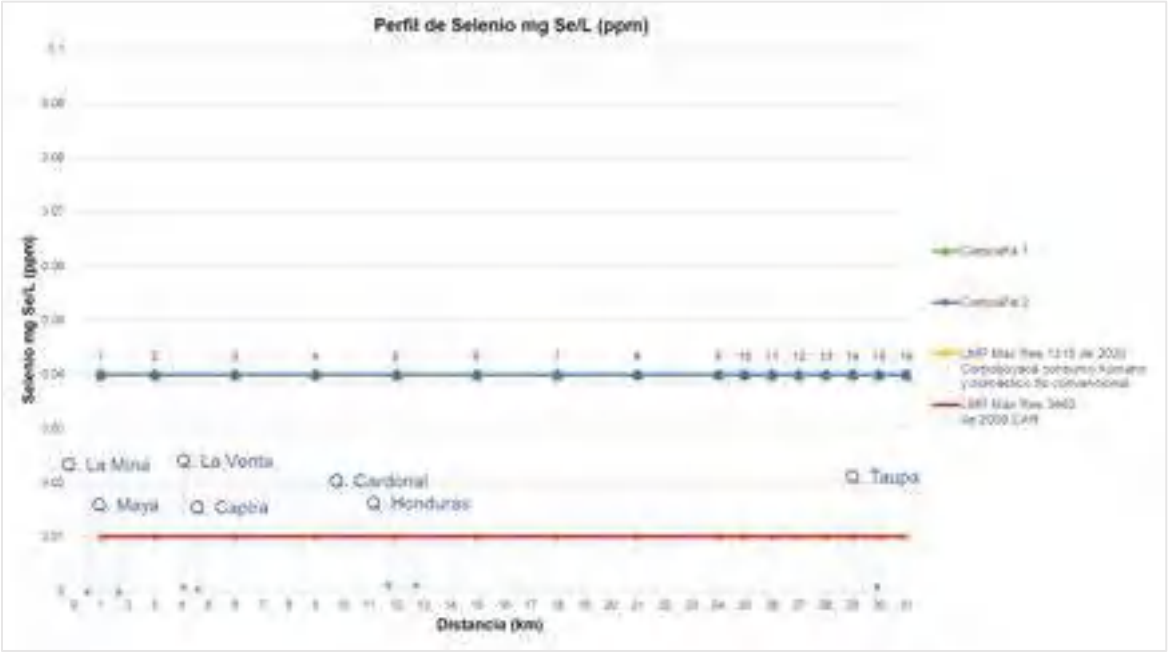
Por otro lado, Se observa que la mayoría de los puntos de la campaña 1 y 2 se encuentran con valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio, por tanto, se presenta incertidumbre con respecto al límite máximo permisible establecido de Plomo por la resolución 3463 de 2009 de la CAR. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados de laboratorio no especifican presencia de Mercurio en los cuerpos de agua de manera significativa para el 100% de los datos tomados en la primera campaña y en la segunda campaña, debido a que los valores se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método (LCM).

Por su parte, se evidencia que todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites establecidos por la resolución 1315 de 2015 de Corpoboyacá. Por lo tanto, el agua disponible en estos puntos presenta valores admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, actividades agrícolas, pecuarias e industriales. Sin embargo, según esa misma resolución establece que no puede ser usado en la preservación de flora y fauna.

1.3.4.33 SELENIO – SE (MG/L).

Las actividades humanas, tanto industriales como urbanas, así como las prácticas agrícolas, pueden incrementar la carga de nutrientes como el selenio en los ecosistemas acuáticos. La mayoría de no metales llegan a los sistemas acuáticos a través de descargas directas, precipitación húmeda o seca y erosión. El selenio está fuertemente absorbido por óxidos de Hierro y Manganeso (Torres et al., 2015).

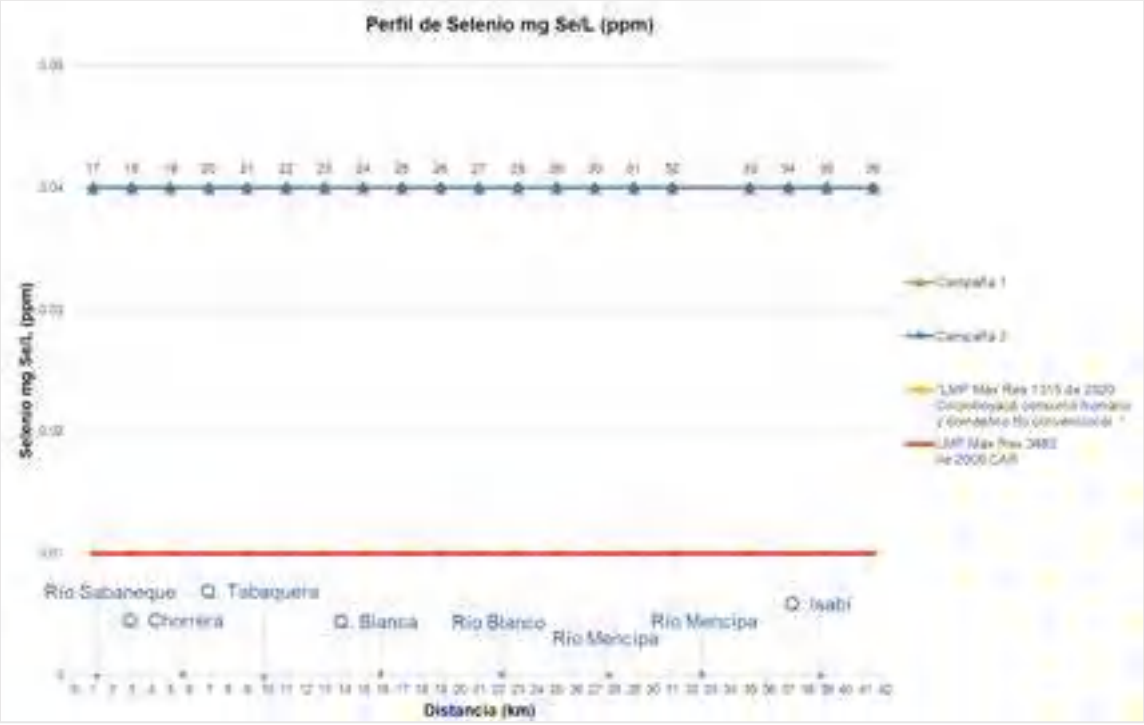
Figura 336 Perfil de Selenio – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Selenio, se encuentran representados en la anterior figura, donde se observa que la totalidad de los puntos presentan valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio, generando incertidumbre en el cumplimiento o no de la normatividad relacionada, es decir, la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, esto debido a que la concentración en todos los puntos analizados para las dos campañas realizadas es inferior al límite cuantificable mediante el método de análisis empleado en laboratorio. Por otro lado, se evidencia que, en cuanto a uso recreativo, todos los puntos se encuentran bajo el límite máximo permisible.

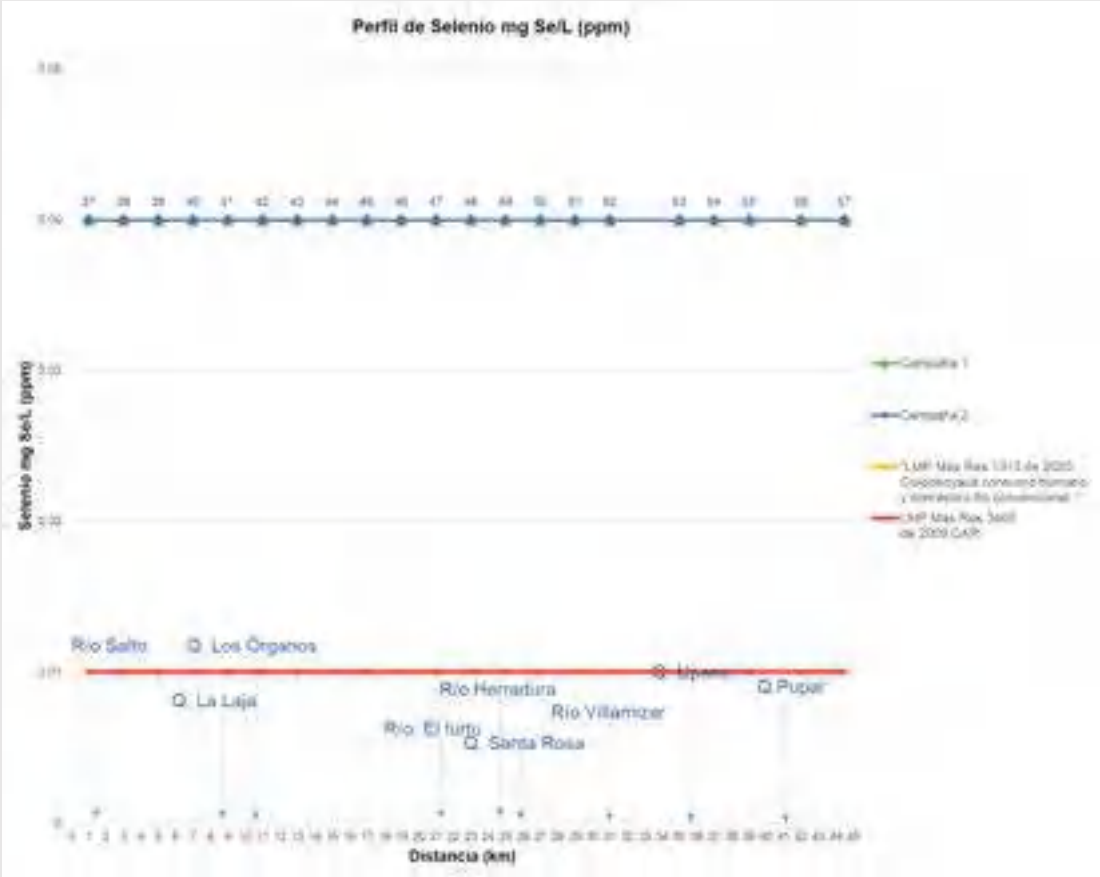
Figura 337 Perfil de Selenio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Negro para el parámetro Selenio, se encuentran representados en la anterior figura, donde se observa que la totalidad de los puntos presentan valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio, generando incertidumbre en el cumplimiento o no de la normatividad relacionada, es decir, la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, esto debido a que la concentración en todos los puntos analizados para las dos campañas realizadas es inferior al límite cuantificable mediante el método de análisis empleado en laboratorio. Por otro lado, se evidencia que, en cuanto a uso recreativo, todos los puntos se encuentran bajo el límite máximo permisible.

Figura 338 Perfil de Selenio – Río Palenque.



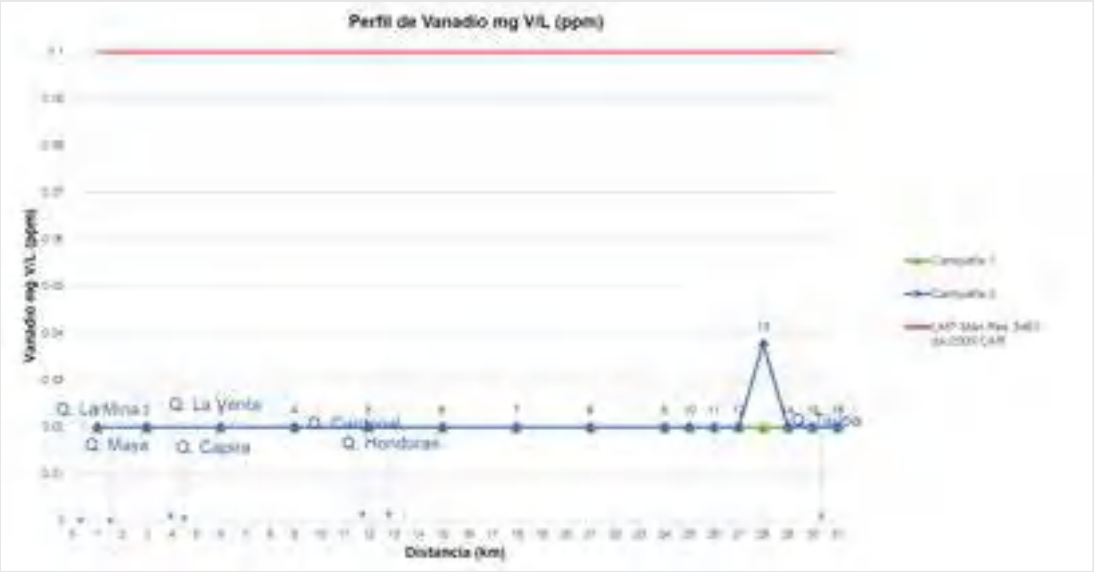
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Palenque para el parámetro Selenio, se encuentran representados en la anterior figura, donde se observa que la totalidad de los puntos presentan valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio, generando incertidumbre en el cumplimiento o no de la normatividad relacionada, es decir, la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá y la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, esto debido a que la concentración en todos los puntos analizados para las dos campañas realizadas es inferior al límite cuantificable mediante el método de análisis empleado en laboratorio. Por otro lado, se evidencia que, en cuanto a uso recreativo, todos los puntos se encuentran bajo el límite máximo permisible.

1.3.4.34 VANADIO – VA (MG/L).

Los niveles de vanadio en agua dulce en diferentes partes del mundo varían de indetectables a 0,22mg/L. Las diferencias geográficas en los niveles de vanadio en agua dulce se deben a diferencias en la escorrentía del agua de lluvia de fuentes naturales o en efluentes industriales (industrias del hierro, automotriz y fertilizantes) (Torres, 2020).

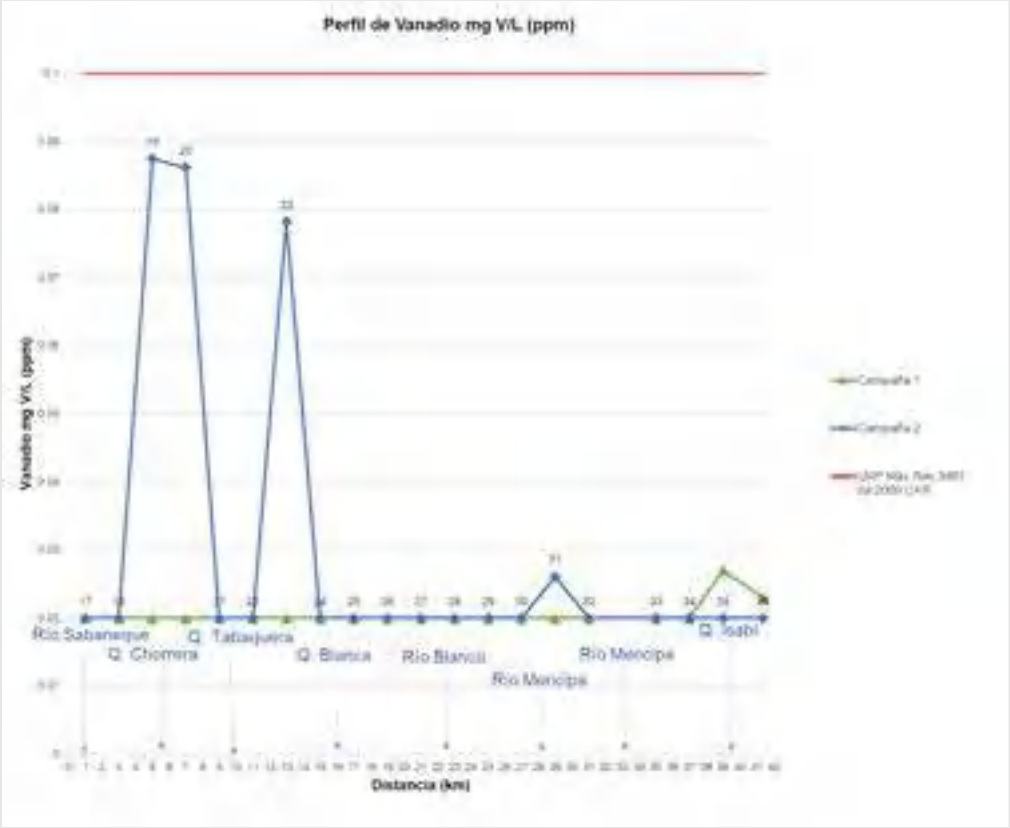
Figura 339 Perfil de Vanadio – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El criterio de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para uso agrícola para el Vanadio, es de 0,1 mg V/L de acuerdo con la Resolución 3463 de 2009 de la CAR. En la figura anterior, se representan los valores obtenidos en los puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se puede observar que en el 100% de los puntos monitoreados, los valores se encuentran debajo del valor límite permisible. También se encontró que la concentración en el 93,8% de los puntos analizados para las dos campañas realizadas, es inferior al límite cuantificable mediante el método de análisis empleado en laboratorio (<0,02mg/L).

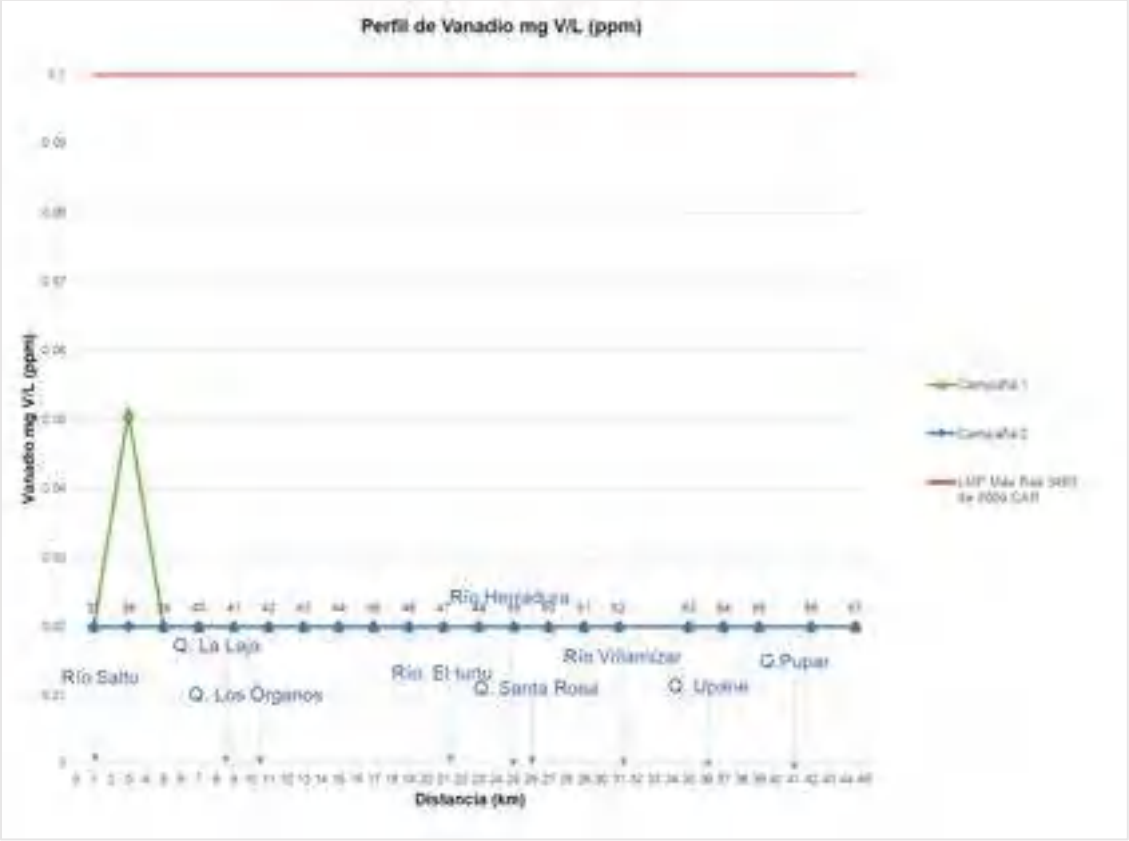
Figura 340 Perfil de Vanadio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En cuanto a la unidad hidrográfica del río Negro, se evidencia que el 100% de los puntos monitoreados se encuentran debajo del límite máximo permisible establecido para el Vanadio de acuerdo con la Resolución 3463 de 2009 de la CAR. También se encontró que la concentración de Vanadio en el 90% de los puntos analizados para la primera campaña y el 80% de la segunda campaña, es inferior al límite cuantificable mediante el método de análisis empleado en laboratorio (<0,02mg/L).

Figura 341 Perfil de Vanadio – Río Palenque.

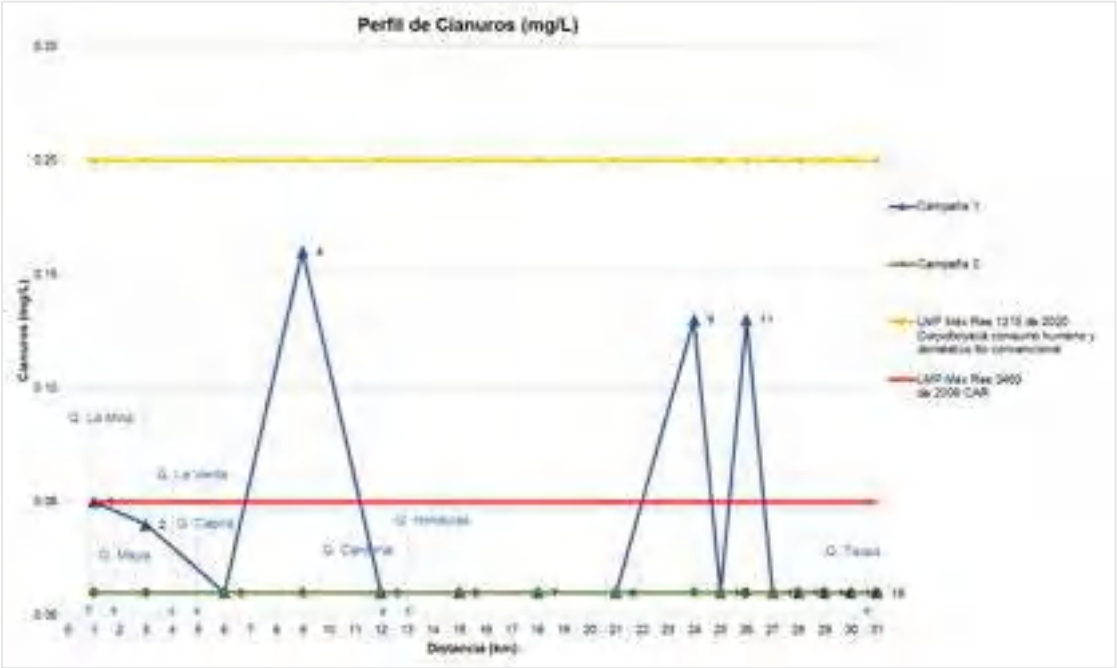


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, se observa que la totalidad de los puntos de la primera y segunda campaña para la unidad hidrográfica del río Palenque se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido para el Vanadio de acuerdo con la Resolución 3463 de 2009 de la CAR. También se encontró que la concentración de Vanadio en el 100% de los puntos analizados para la primera campaña y el 95,2% de la segunda campaña, es inferior al límite cuantificable mediante el método de análisis empleado en laboratorio (<0,02mg/L).

1.3.4.35 CIANURO -CN (MG/L).

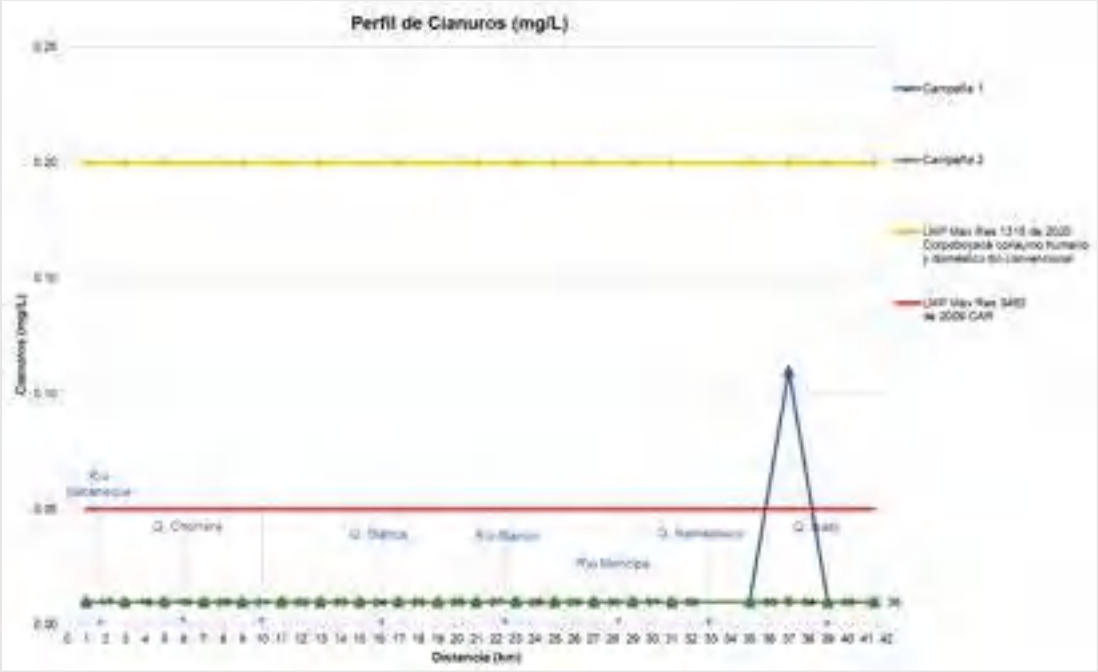
Figura 342 Perfil de Cianuro – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se representan los valores obtenidos de Cianuro en los puntos de monitoreo definidos para la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se observa que, de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, en la primera campaña, aunque hay variaciones en los resultados y se encuentra presencia significativa en los puntos 1. Quebrada La Mina, 2. Quebrada Yacopí Grande, 4. Quebrada La Venta, 9. Quebrada Honduras y 11. Quebrada La Mina, todos los resultados están por debajo del valor establecido por esta resolución (0,2mg/L). Para la segunda campaña los valores son equivalentes al límite de cuantificación del método LCM (0,01mg/L) porque la presencia de Cianuro en estos puntos no fue significativa. Teniendo en cuenta la resolución 3463 de 2009 de la CAR, que establece 0,05mg/L como valor máximo permisible, en la primera campaña, con un 18,75% solo 3 puntos se encuentran por encima de este valor y el 100% de los puntos de la segunda campaña mantienen un valor correspondiente al Límite de Cuantificación Teórico del método utilizado en campo para la detección del parámetro. Cabe recalcar que los puntos que tienen presencia de cianuro para la primera campaña fueron registrados a partir del equipo fotómetro dispuesto por el laboratorio DLIA de la CAR, teniendo en cuenta que la metodología de detección se ajustó en el cuarto día de monitoreo (por misma disposición de DLIA). Corolario a lo anterior, se asume que la presencia de cianuro no es tan significativa como lo muestran los resultados registrados en estos puntos relacionados, ya que, para el resto de los puntos al ajustarse la metodología fue menor a 0,01 mg/L, mismos resultados obtenidos para toda la segunda campaña de monitoreo.

Figura 343 Perfil de Cianuro – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En cuanto a la unidad hidrográfica del río Negro, en la gráfica de la figura anterior está registrado el comportamiento que tuvo el parámetro de Cianuro. Se puede observar que los resultados presentan un valor igual para la mayoría de los puntos, exceptuando el punto 34. Río Negro que para la segunda campaña es el único caso que registra presencia evidente del parámetro, sin embargo, todos se encuentran por debajo del LMP establecido en la normativa que es de 0,20 mg/L. De acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, los puntos ubicados en los cuerpos de agua estarían cumpliendo con dicha norma. En cuanto a la Resolución 3463 de 2009 de la CAR, la totalidad de los puntos, a excepción del punto 34. Río Negro, se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido, teniendo en cuenta que estos puntos presentan como registro de resultado el valor correspondiente al LCM de análisis empleado en laboratorio.

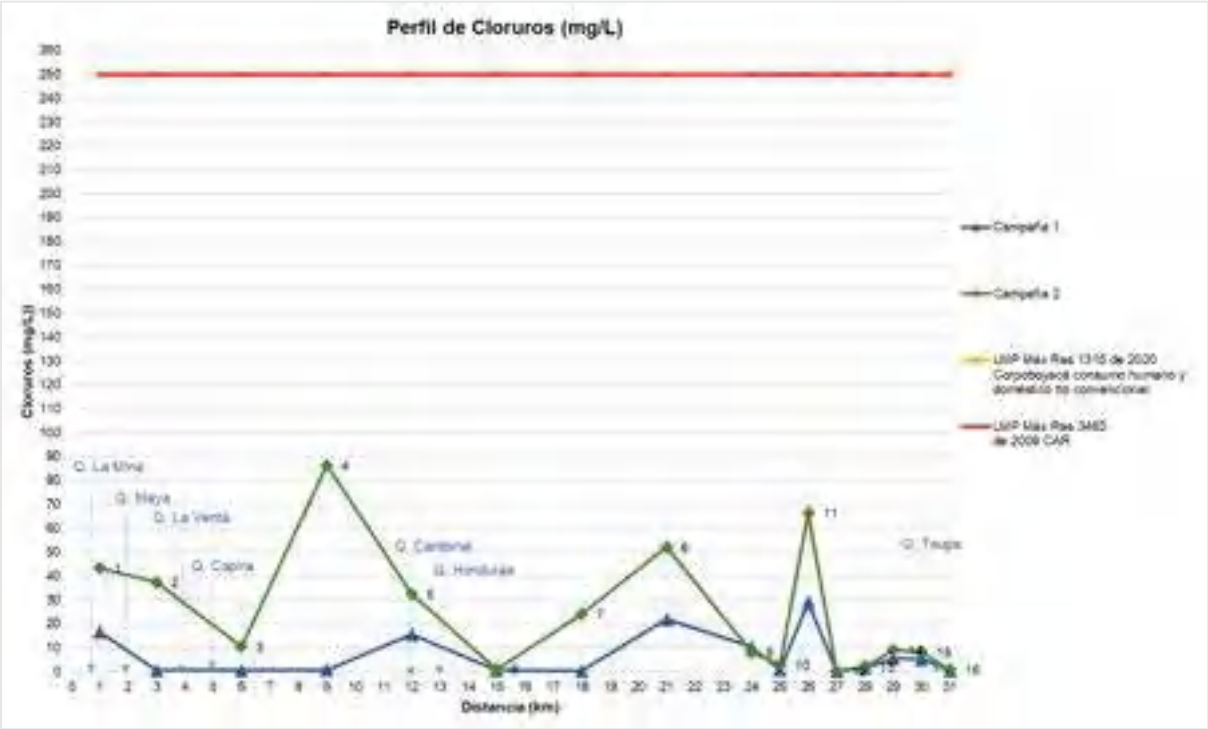
Figura 344 Perfil de Cianuro – Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se presentan los resultados de cianuro en la unidad hidrográfica del río Palenque, de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, la totalidad de los puntos no sobrepasa el máximo permisible (0,2mg/L) Por otro lado, la totalidad de los puntos de igual manera tampoco se encuentran por encima del valor establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR (0,05mg/L). Se debe tener en cuenta que la presencia de cianuro no es significativa, por esta razón los valores resultados son equivalentes al límite de cuantificación teórico del método de detección utilizado en campo.

1.3.4.36 CLORUROS (MG/L).

Figura 345 Perfil de Cloruros – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

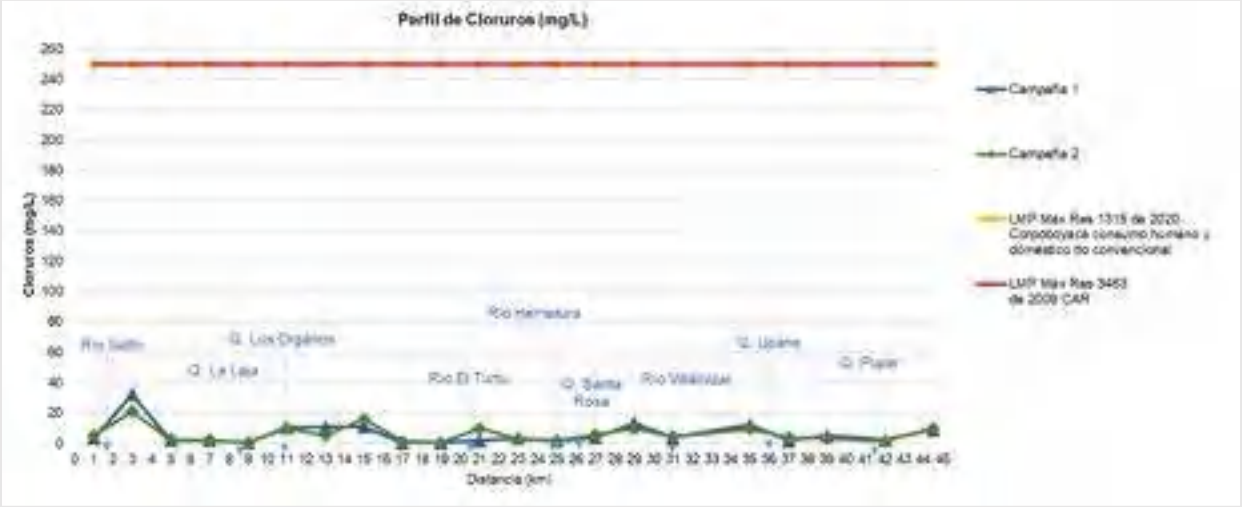
En la figura anterior se encuentra representado el comportamiento de los Cloruros en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido para consumo humano y doméstico tratamiento convencional. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua de 250 mg/L, por lo que los valores de los diferentes puntos de monitoria están cumpliendo con dicha norma.

Figura 346 Perfil de Cloruros – Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se encuentra representado el comportamiento de los Cloruros en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Negro, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido para consumo humano y doméstico tratamiento convencional. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua de 250 mg/L, por lo que los valores de los diferentes puntos de monitoria están cumpliendo con dicha norma.

Figura 347 Perfil de Cloruros – Río Palenque.



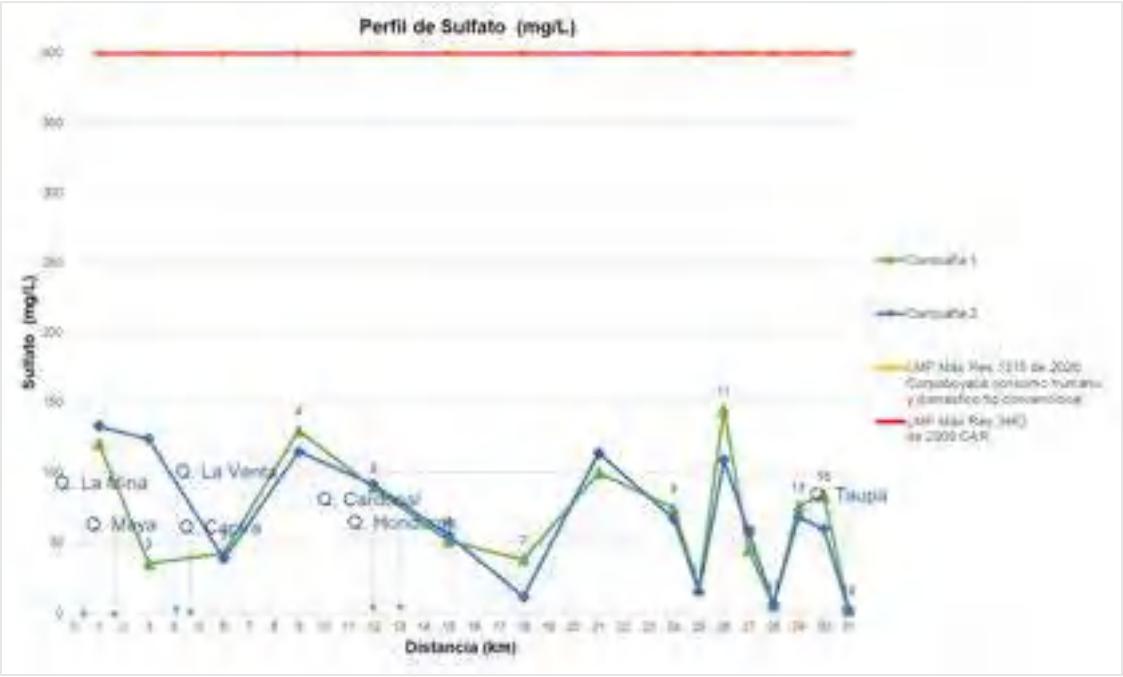
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

El comportamiento de los Cloruros en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Palenque se encuentra representado en la figura anterior, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido para consumo humano y doméstico tratamiento convencional. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua de 250 mg/L, por lo que los valores de los diferentes puntos de monitoria están cumpliendo con dicha norma.

1.3.4.37 SULFATOS (MG/L).

Los niveles de sulfato de agua de lluvia y agua superficial se correlacionan con las emisiones de dióxido de azufre ocasionadas por la actividad humana, principalmente de motores que utilizan como combustible diésel (Bolaños Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017). Según Bolaños et al. (2017) la OMS indica que los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales que se utilizan comercialmente y que se liberan al agua procedentes de residuos industriales; también por precipitación desde la atmósfera se agrega a las aguas superficiales un contenido importante de sulfatos; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales principalmente.

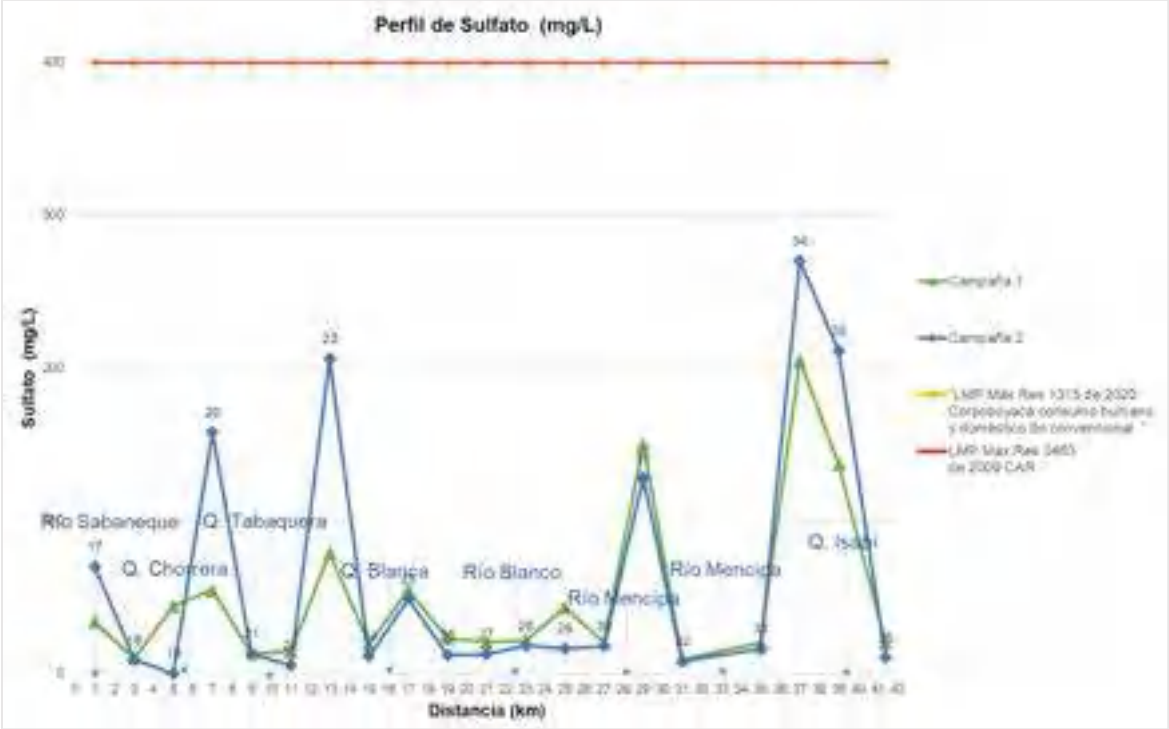
Figura 348 Perfil de Sulfatos – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior figura se encuentra representado el comportamiento de los sulfatos en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido para consumo humano, uso agrícola, uso pecuario y actividades recreativas. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua Clase I de 400 mg/L, el cual es superior a la concentración registrada en los 16 puntos muestreados.

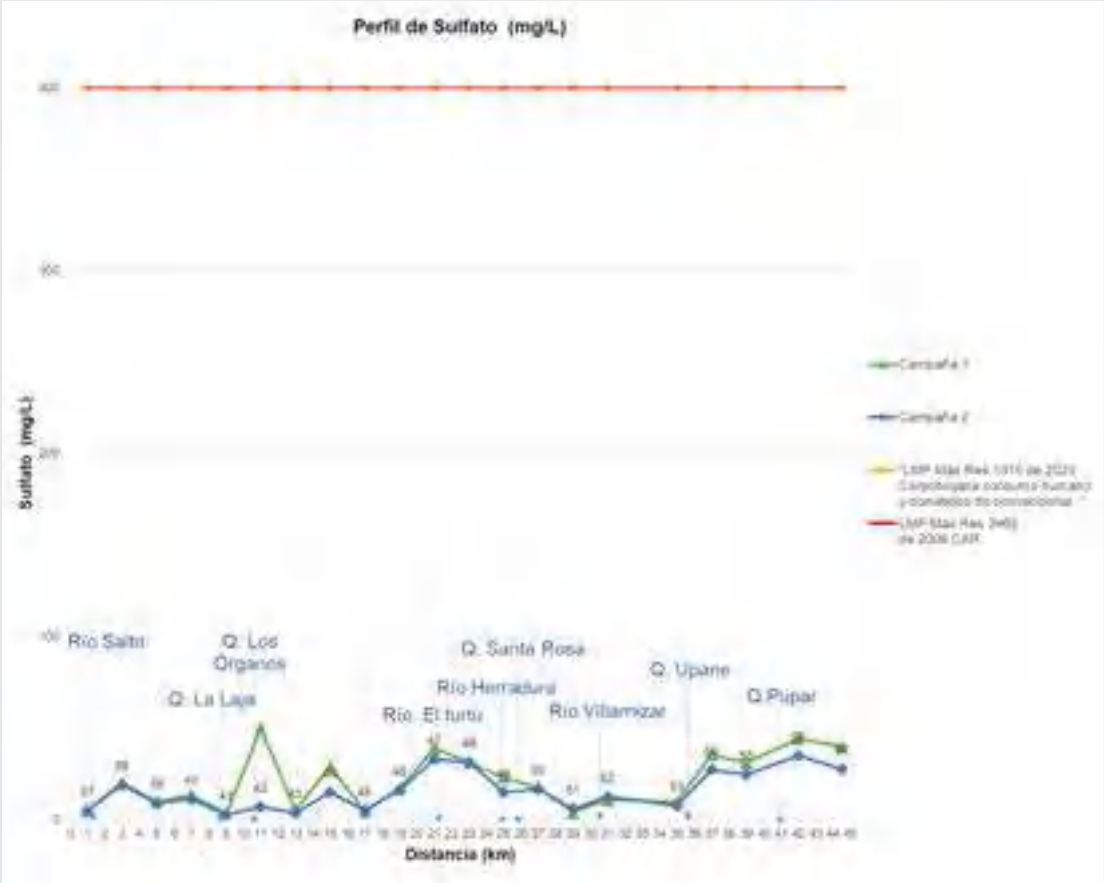
Figura 349 Perfil de Sulfatos – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido para consumo humano, uso agrícola, uso pecuario y actividades recreativas. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua Clase I de 400 mg/L, el cual es superior a la concentración registrada en los 16 puntos muestreados. También debe tenerse en cuenta que, según Bolaños et al. (2017), contenidos superiores a 200mg/L de sulfatos en el agua puede causar trastornos gastrointestinales en niños. Por ese motivo, los puntos donde se superó ese valor se debe contemplar la aplicación del tratamiento correspondiente en caso de usarse para consumo.

Figura 350 Perfil de Sulfatos – Río Palenque.



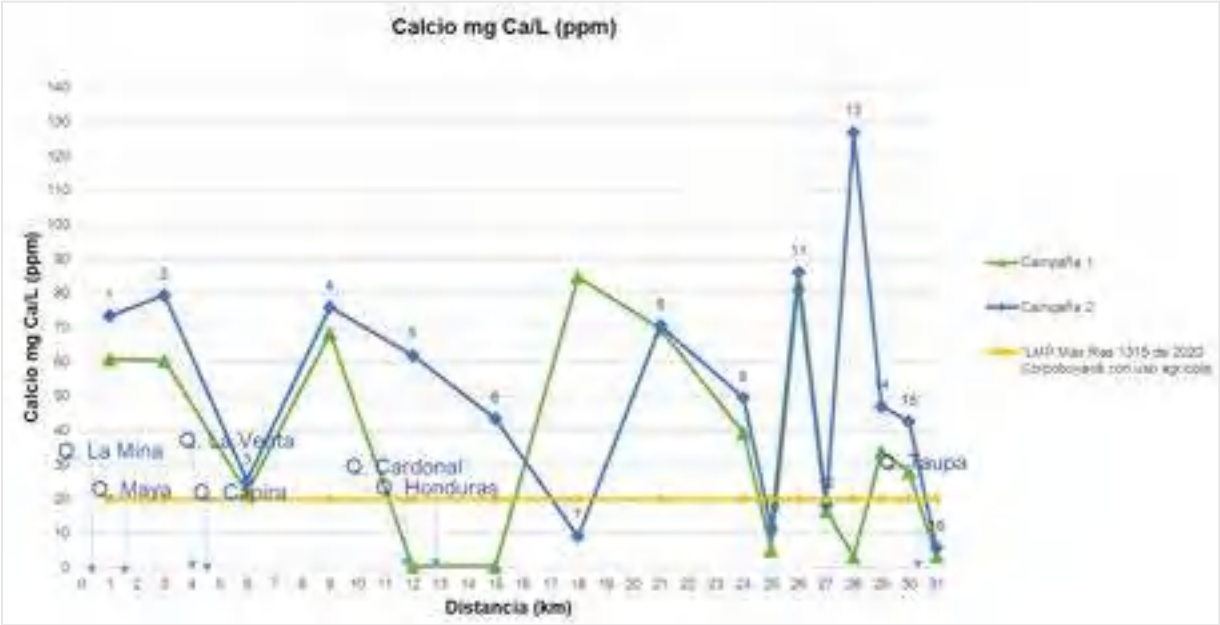
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, se observa en la figura anterior, que la totalidad de los puntos de la primera y segunda campaña para la unidad hidrográfica del río Palenque se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido para sulfatos de acuerdo con la Resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá. Lo anterior quiere decir que todos los puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido para consumo humano, uso agrícola, uso pecuario y actividades recreativas. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua Clase I de 400 mg/L, el cual es superior a la concentración registrada en los 16 puntos muestreados.

1.3.4.38 CALCIO – CA (MG/L).

La presencia de calcio en aguas naturales varía de acuerdo con la proximidad a la fuente natural. Típicamente se encuentra en concentraciones menores a 15mg Ca/L, mientras que en aguas cercanas a rocas carbonatadas pueden estar en el ámbito de 30mg Ca/L a 100mg Ca/L (Beita & Barahona, 2011). Según Beita et al. (2011) Las aguas residuales contribuyen de manera importante a las concentraciones de calcio en las aguas superficiales.

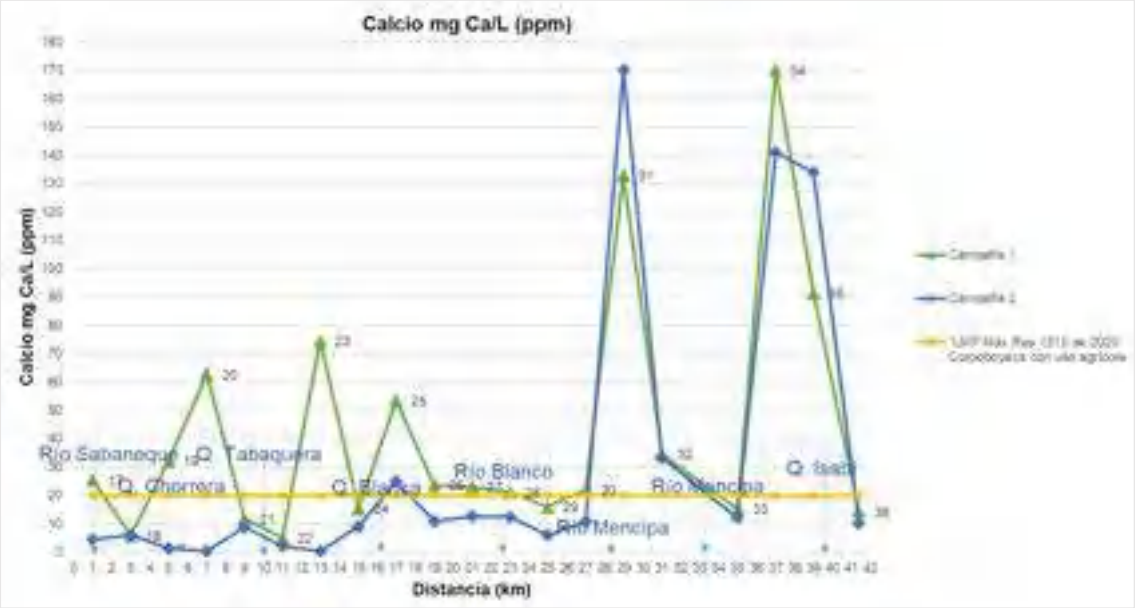
Figura 351 Perfil de Calcio – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Calcio en las dos campañas realizadas. Se evidencia que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el 50% de los puntos de la primera campaña y el 75% de los puntos de la segunda campaña superan el valor límite máximo establecido en la norma para uso agrícola, lo cual puede ser debido a la presencia de roca caliza a lo largo de la unidad hidrográfica. Mediante la Resolución 3463 de 2009 la CAR no se establece un límite para este parámetro en los cuerpos de agua para ninguna de las clases de las que trata dicho documento.

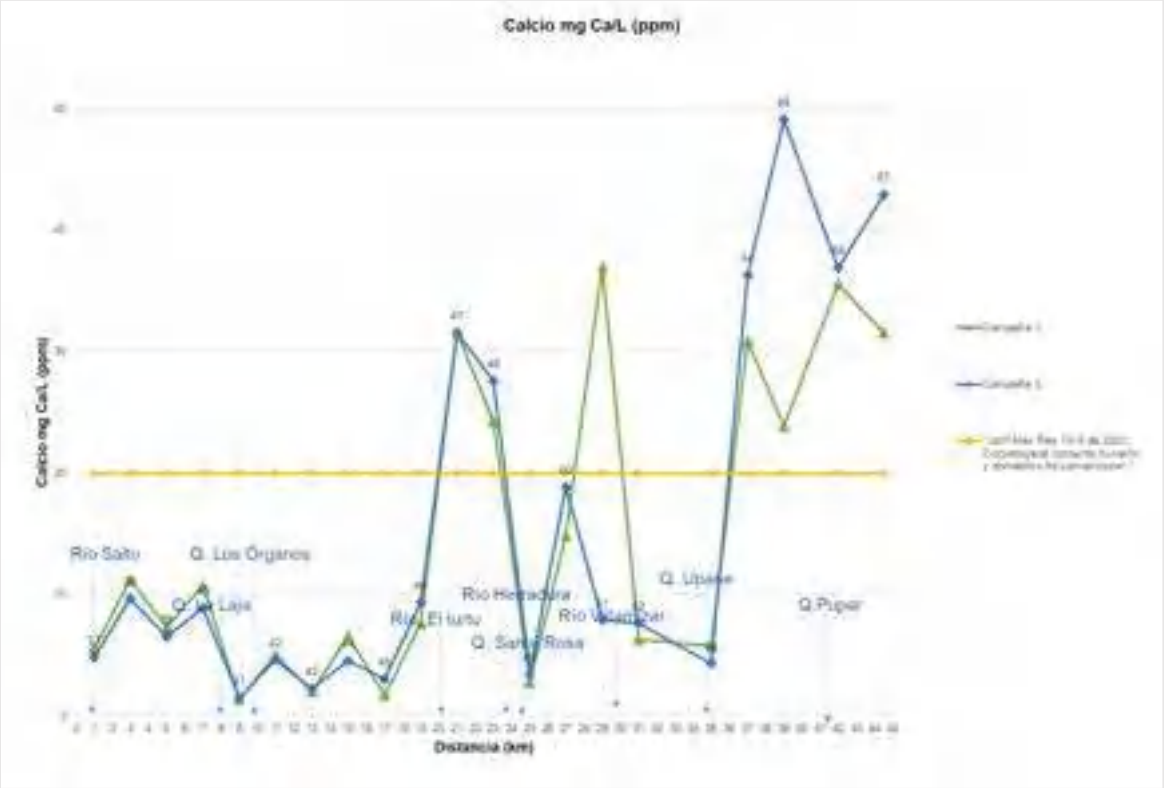
Figura 352 Perfil de Calcio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se encontró que el 75% de puntos tomados en la primera campaña presentan valores de concentración de Calcio superiores al límite máximo permitido establecido por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para uso agrícola. Para el caso de la segunda campaña, se encontró que el 31,25% de los puntos superaron el límite máximo permitido de la misma resolución.

Figura 353 Perfil de Calcio – Río Palenque.



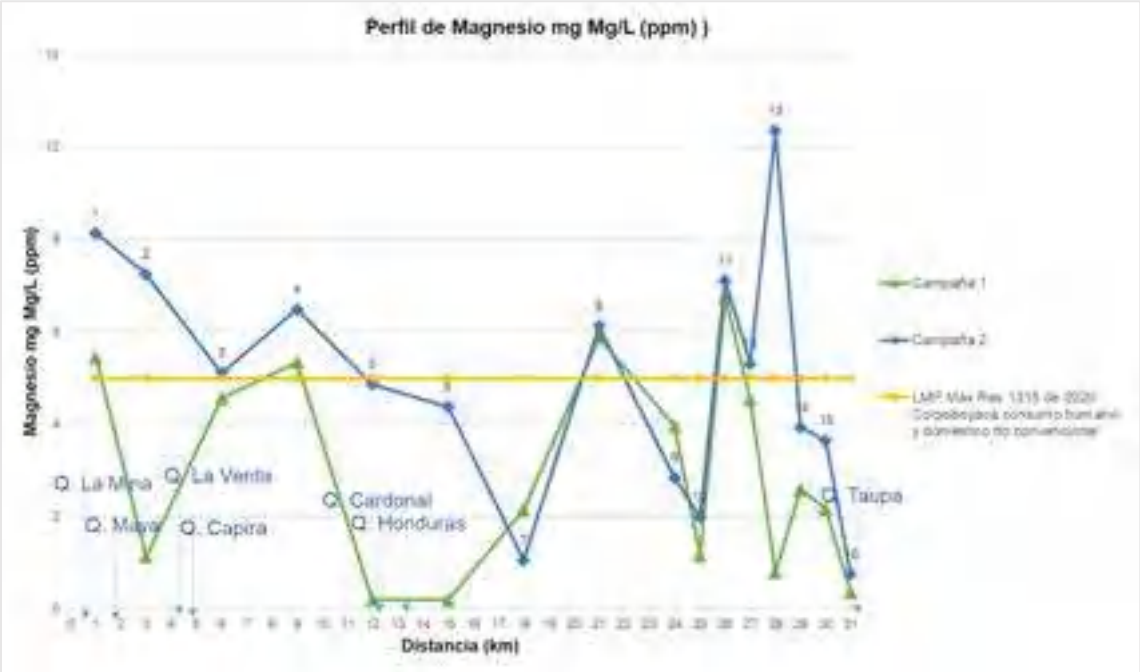
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, se observa en la siguiente figura, que el 33,3% de puntos tomados en la primera campaña presentan valores de concentración de Calcio superiores al límite máximo permitido establecido por la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para uso agrícola. Para el caso de la segunda campaña, se encontró que el 28,6% de los puntos superaron el límite máximo permitido de la misma resolución.

1.3.4.39 MAGNESIO - MG (MG/L).

El magnesio está presente en las aguas como ion Mg^{2+} y junto con el calcio, provoca la dureza del agua. Según Beita et al. (2011) proviene principalmente de los minerales ferromagnésicos y de algunas rocas que contienen carbonatos. Se encuentra también en la clorofila, en diferentes compuestos organometálicos, en materia orgánica y es un elemento esencial para los seres vivos. Su concentración natural varía entre 1mg/L y hasta 100mg/L, dependiendo del tipo de roca. Aunque, el magnesio es empleado en procesos industriales, el aporte de las aguas residuales en magnesio a las concentraciones totales en aguas superficiales es relativamente bajo (Beita & Barahona, 2011).

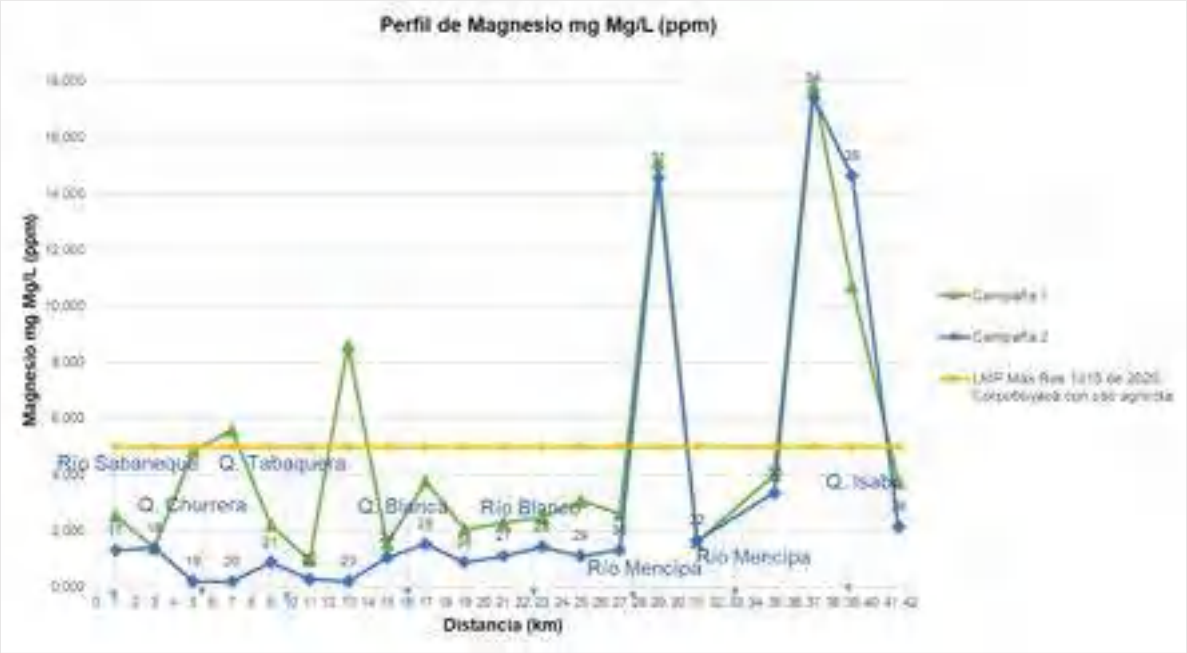
Figura 354 Perfil de Magnesio – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior, se encuentran representados los valores obtenidos en lo puntos de monitoreo ubicados en la unidad hidrográfica del Rio Guaquimay para el parámetro Magnesio en las dos campañas realizadas. Se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el 25% de los puntos monitoreados en la primera campaña (N ° 1, 4, 8 y 11) y el 50% de los puntos monitoreados en la segunda campaña, sobrepasan el límite máximo permisible para uso agrícola y el establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR, cuya alta concentración puede asociarse a actividades industriales.

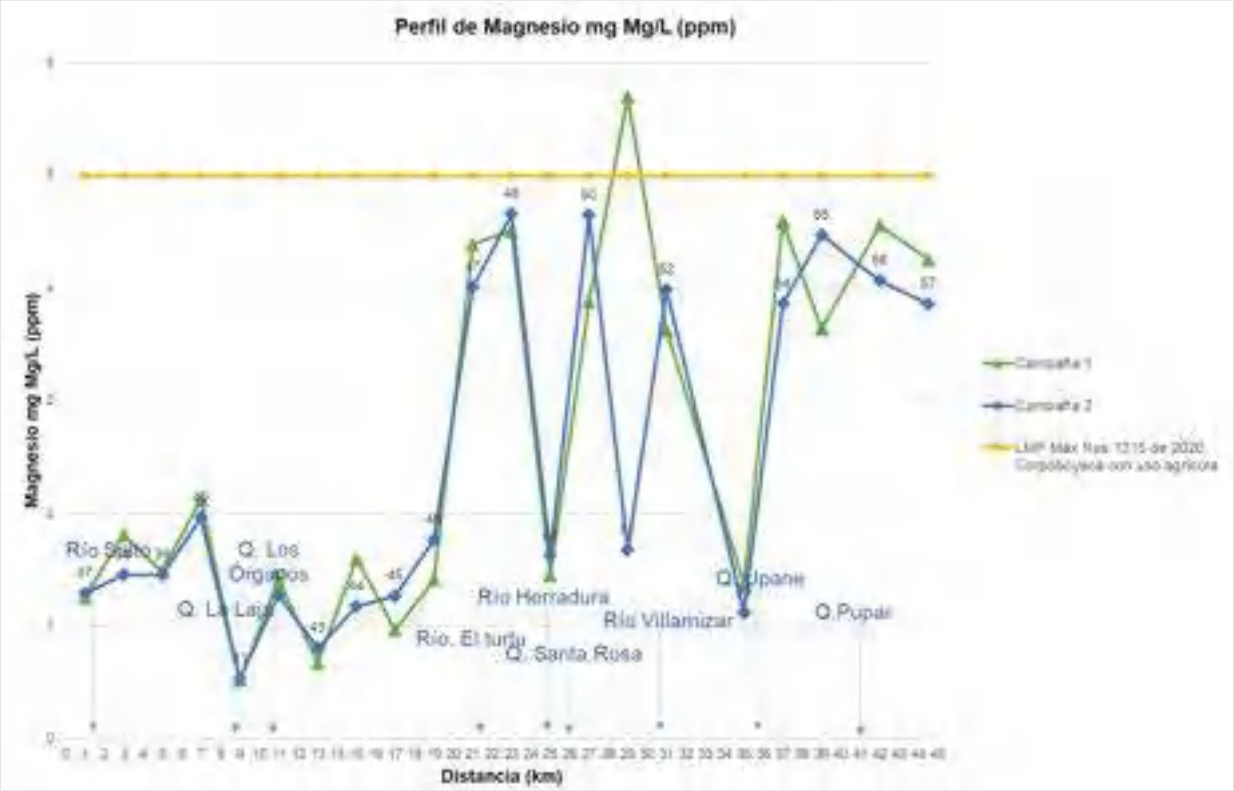
Figura 355 Perfil de Magnesio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se observa que según la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el 25% de los puntos monitoreados en la primera campaña (No.20,23,31,34 y 35) y el 15% de los puntos monitoreados en la segunda campaña (No.31, 34 y 35), sobrepasan el límite máximo permisible para uso agrícola y el establecido mediante Resolución 3463 de 2009 de la CAR.

Figura 356 Perfil de Magnesio – Río Palenque.



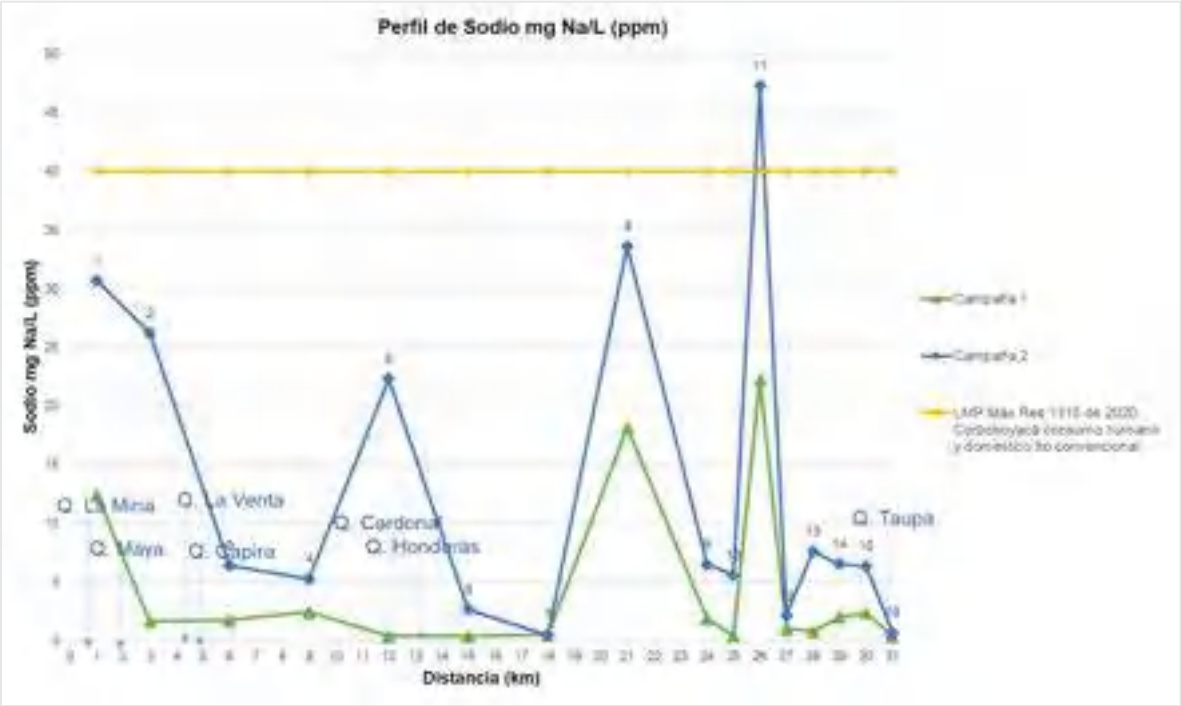
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, se observa en la figura anterior, que el punto No. 50 de la primera campaña presenta una concentración de Magnesio superior al límite máximo permitido establecido por la Resolución 3463 de 2009 de la CAR para uso agrícola. Para el c aso de la segunda campaña, se encontró que el 100% de los puntos cumplen el valor admisible de concentración de magnesio para uso agrícola según lo indicado por la resolución mencionada.

1.3.4.40 Sodio – Na (mg/L).

Las concentraciones de ion sodio en aguas naturales superficiales varían de manera considerable dependiendo de las condiciones geológicas locales, descargas de aguas residuales y en algunos países del uso estaciones de sal en carreteras (Beita & Barahona, 2011). Según Beita et al. (2011) Algunas aguas superficiales, incluyendo aquellas que reciben descargas de aguas residuales tienen valores de concentración debajo de los 50mg/L.

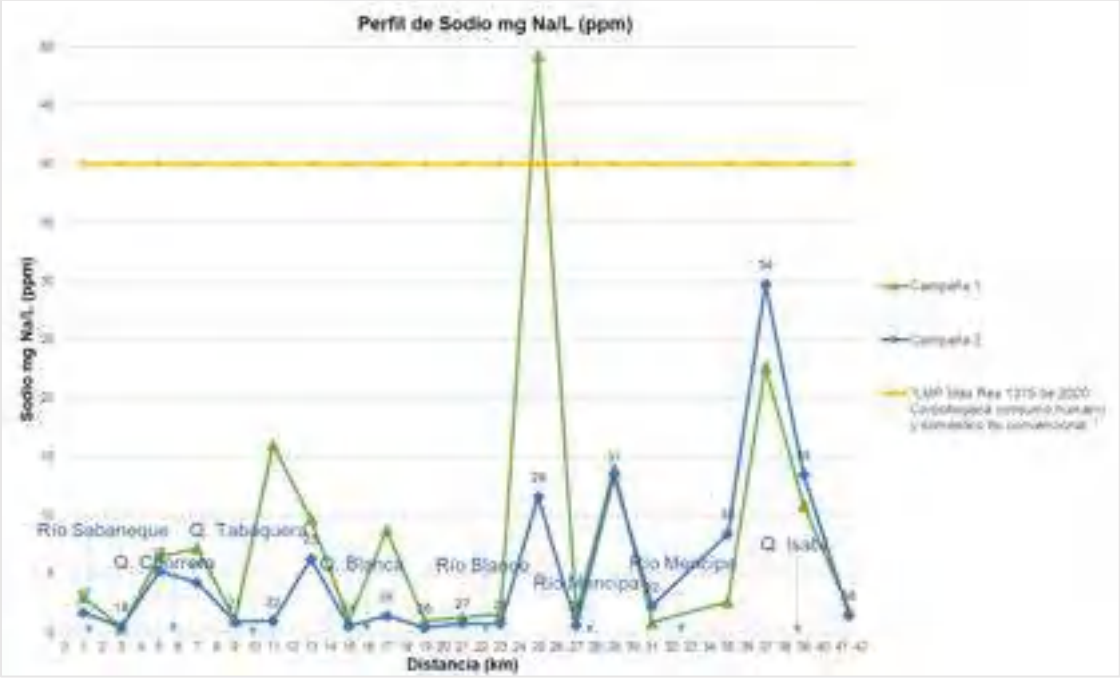
Figura 357 Perfil de Sodio – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La figura anterior representa los resultados obtenidos de Sodio en los puntos monitoreados sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el punto No. 11 supera el límite máximo permisible. Los demás puntos se encuentran en un rango de 0,4mg Na/L y 33,6297 mg Na/L, encontrándose debajo del límite de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para uso agrícola (40 mg Na/L). Por su parte la Resolución 3463 de 2009 de la CAR no se establece un límite para este parámetro.

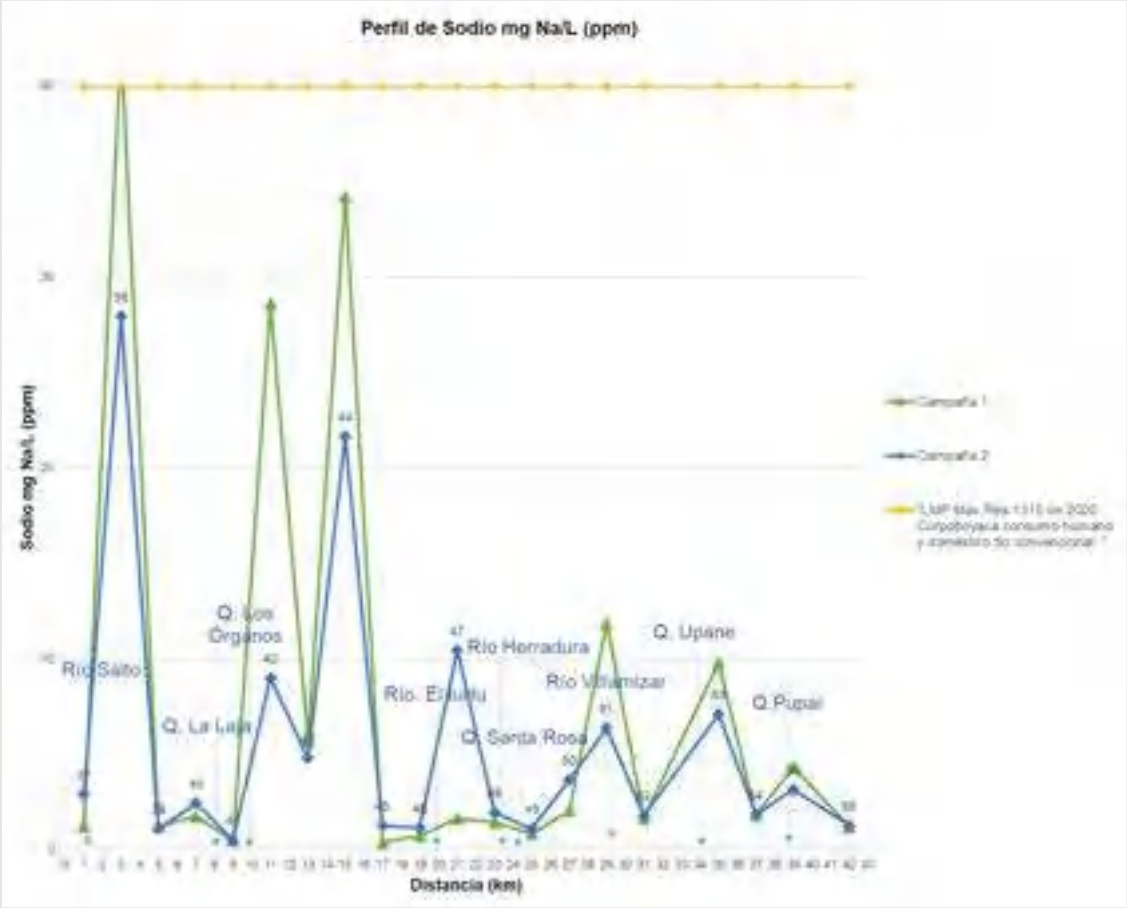
Figura 358 Perfil de Sodio – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Respecto a la unidad hidrográfica del río Negro, se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el punto No. 29 de la primera campaña supera el límite máximo permisible. Los demás puntos se encuentran en un rango de 0,4mg Na/L y 29,7214mg Na/L, encontrándose debajo del límite de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para uso agrícola (40 mg Na/L). Por su parte la Resolución 3463 de 2009 de la CAR no se establece un límite para este parámetro.

Figura 359 Perfil de Sodio – Río Palenque.

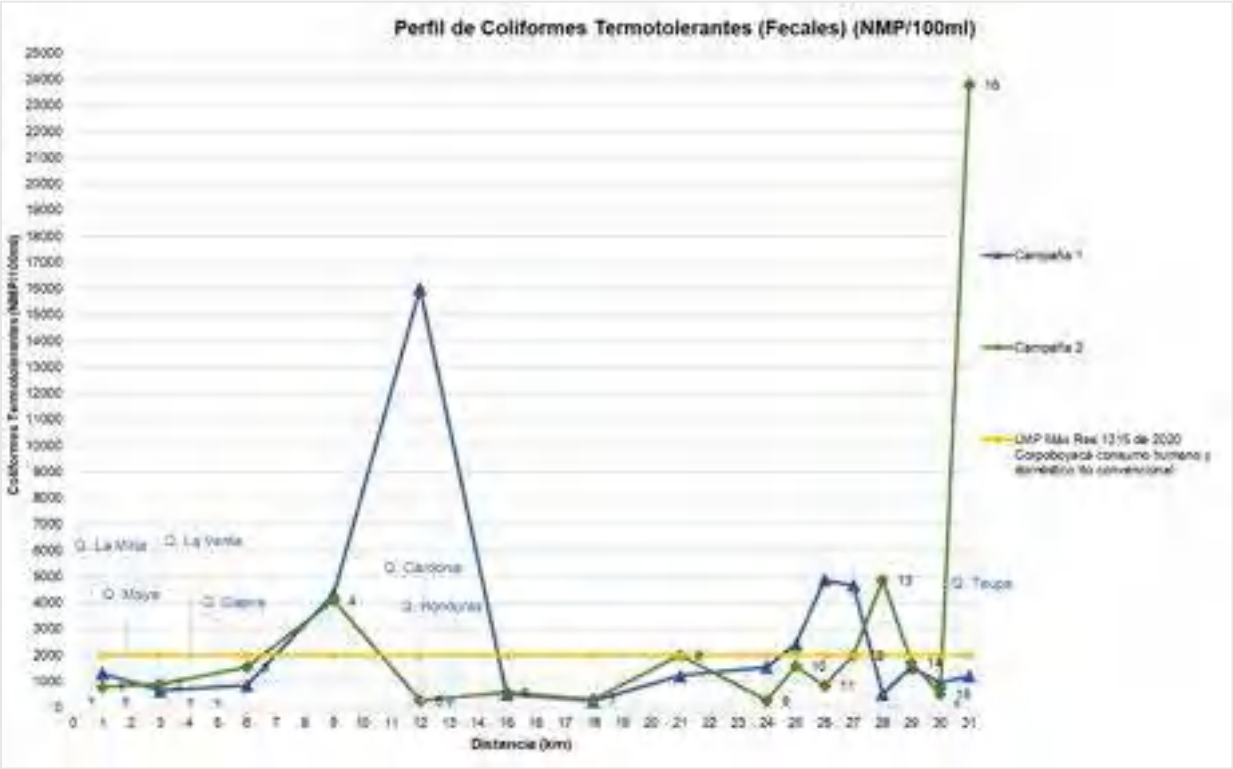


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por otro lado, se observa en la figura anterior, los datos de monitoreo obtenidos para las dos campañas realizadas en la unidad hidrográfica del río Palenque. Se observa que de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá el punto No. 38 de la primera campaña supera el límite máximo permisible. Los demás puntos se encuentran en un rango de 0,4mg Na/L y 34,207mg Na/L, encontrándose debajo del límite de calidad admisible para destinación del recurso hídrico para uso agrícola (40 mg Na/L). Por su parte la Resolución 3463 de 2009 de la CAR no se establece un límite para este parámetro.

1.3.4.41 COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP / 100 mL).

Figura 360 Perfil de Coliformes Termotolerantes – Río Guaquimay.

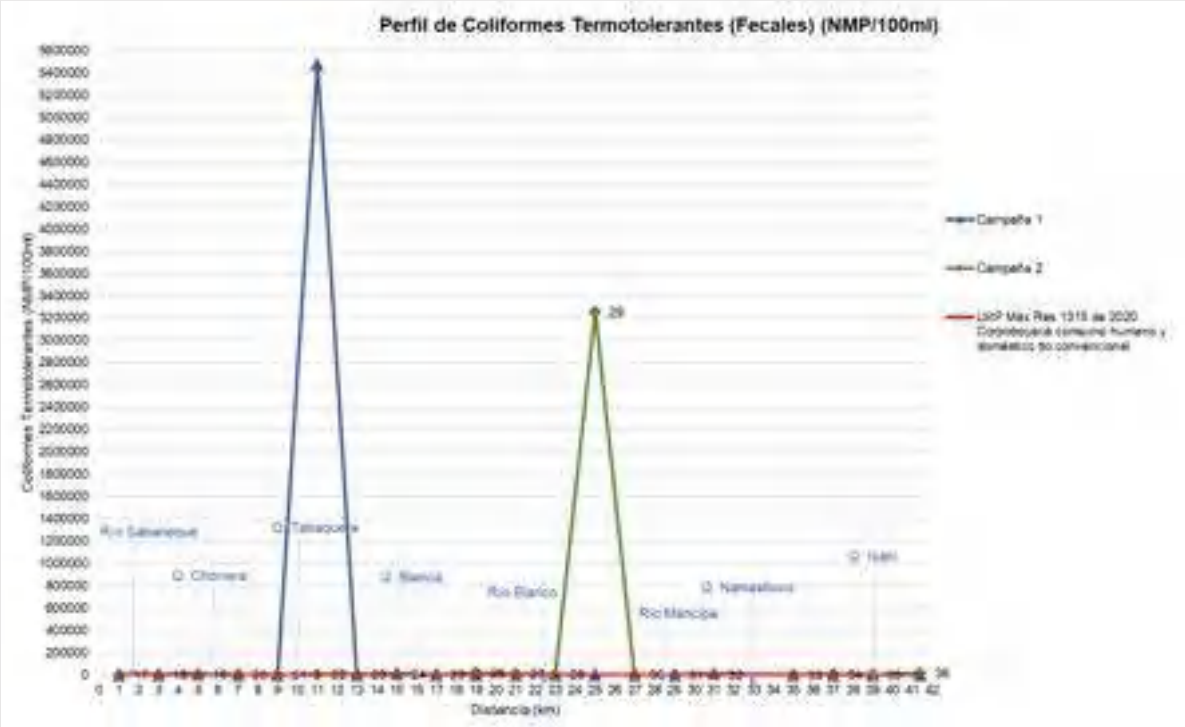


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La figura anterior representa los resultados obtenidos para el parámetro de Coliformes termotolerantes en los puntos monitoreados sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay, donde se observa que, de acuerdo con la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, el LMP para uso del agua en consumo humano y doméstico aplicando tratamiento convencional, es de 2000 NMP/100mL. Por tanto, se puede evidenciar que en algunos de los registros de laboratorio se está sobrepasando el valor relacionado, esto sucede en el casi del punto 4. Quebrada La Venta en ambas campañas, 5. Río Guaquimay, 10. Quebrada NN 3, 11. Quebrada La Mina, 12. Quebrada Cardonal, para la campaña 1 y, los puntos 13. Quebrada Taupa y 16. Quebrada NN2 para la campaña 2.

Por otro lado, se puede evidenciar que para la campaña 1 se presenta un valor pico considerable en el punto 5. Río Guaquimay, el cual se encuentra aguas abajo del centro poblado Íbama en el municipio de Yacopí. De otra parte, para la campaña 2 la variación en este punto relacionado es inferior y de hecho se encuentra con un valor por debajo del LMP, además, para esta campaña se presenta un pico considerable en el punto 16. Quebrada NN 2, el cual puede deberse a un evento puntual a la toma del muestreo que hace que la presencia del parámetro sea tan alta, ya que, esta se trata de una quebrada normalmente pequeña con varios lotes de fincas alrededor.

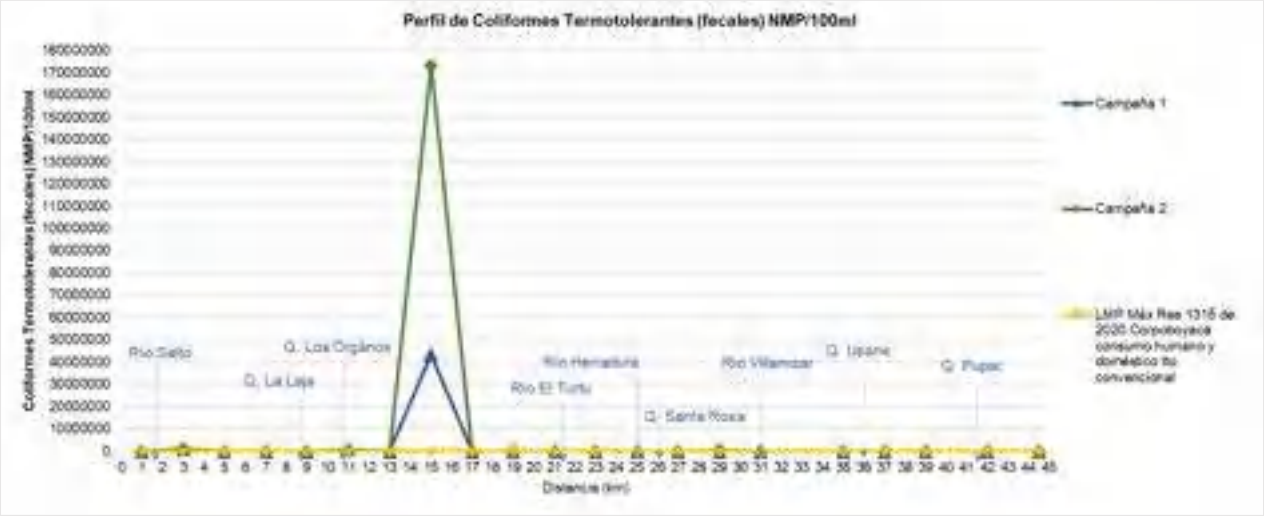
Figura 361 Perfil de Coliformes Termotolerantes – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por su parte para la unidad hidrográfica del Río Negro, los resultados de la gráfica anterior permiten evidenciar que la mayoría de los puntos se encuentran con valores cercanos al LMP que se establece en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá para el uso de consumo humano y doméstico. Sin embargo, también en la gráfica es evidente la variación que se presenta en dos puntos específicos, el 22. Vertimiento Paime que para la campaña 1 presenta una gran variación con respecto a la medición de la campaña 2 y, en caso contrario sucede en el punto 29. Vertimiento Villagómez, el cual presenta un pico superior a 3.200.000 NMP/100mL en la campaña 2. De otra parte, para los puntos no relacionados anteriormente se presentan condiciones similares en los reportes de ambas campañas.

Figura 362 Perfil de Coliformes Termotolerantes – Río Palenque.

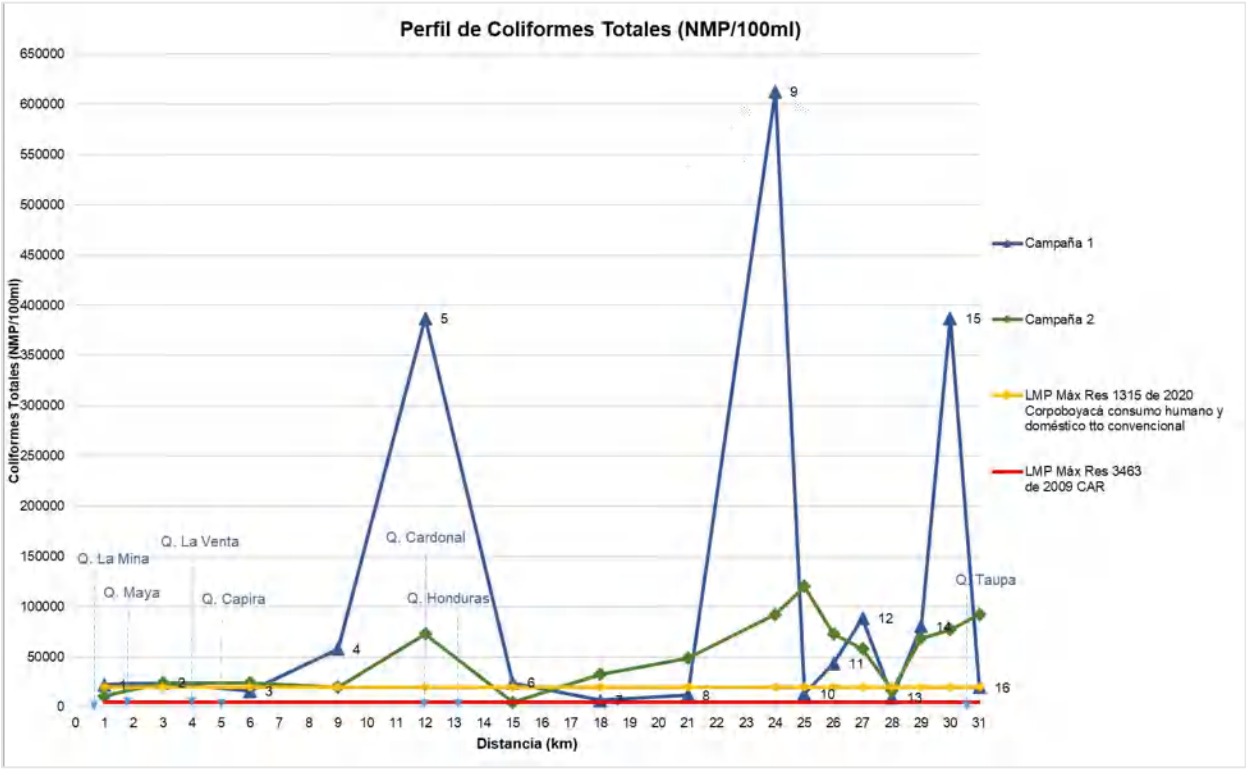


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Con respecto a la unidad hidrográfica del Río Palenque, en la anterior figura se presentan los resultados del monitoreo realizado para ambas campañas hidrológicas. Esta permite identificar que en su mayoría los valores resultados del parámetro se mantienen cercanos al LMP establecido en la resolución 1513 de 2020 de Corpoboyacá para uso doméstico y consumo humano con tratamiento convencional, el cual se establece en 2.000 NMP/100mL. Además, se identifica como solo en el punto 44. Vertimiento Coper, se evidencia una presencia considerable de coliformes termotolerantes, siendo aun mayor el valor obtenido en la segunda campaña de monitoreo.

1.3.4.42 COLIFORMES TOTALES (NMP / 100 mL).

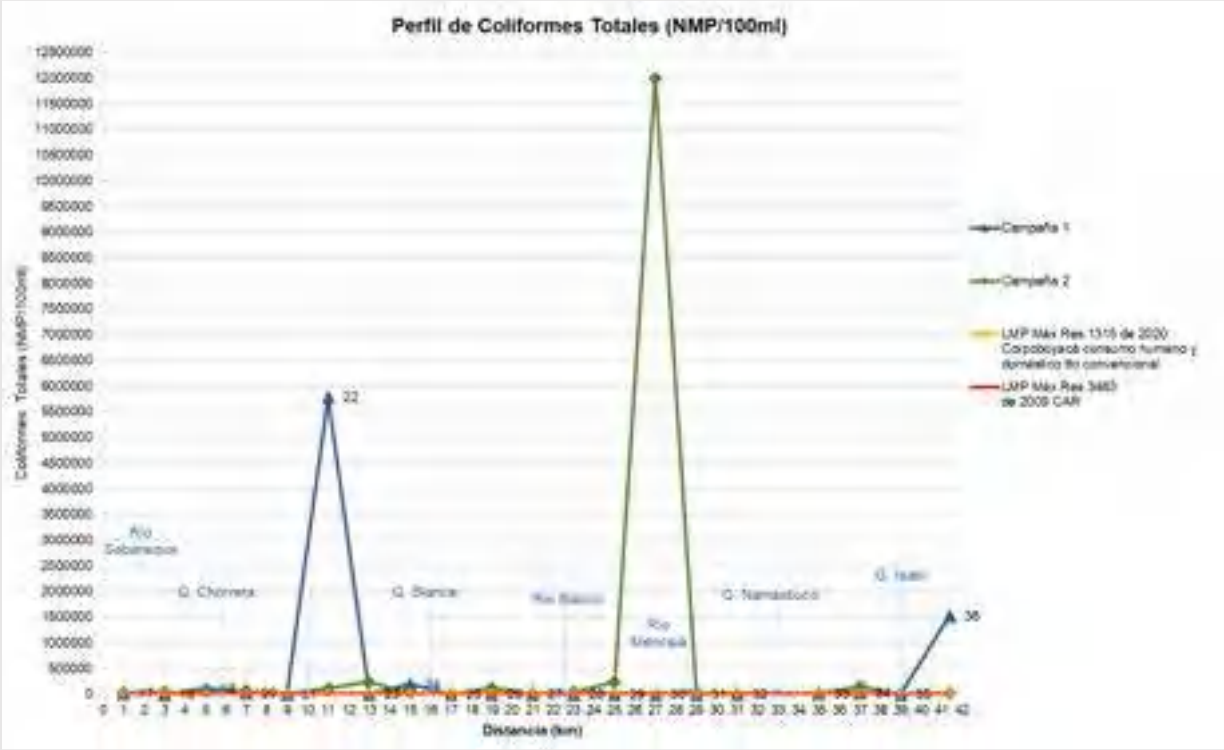
Figura 363 Perfil de Coliformes Totales – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La gráfica anterior representa los resultados obtenidos para el parámetro de coliformes totales en la unidad hidrográfica del Río Negro para los 16 puntos de monitoreo relacionados. En términos generales se evidencia que los valores obtenidos para la campaña 1 presentan una variación considerable con respecto a los resultados de la campaña 2, esto se hace más evidente en los puntos 5. Río Guaquimay, 9. Quebrada Honduras y 15. Río Guaquimay, principalmente. Además, es de considerarse que la presencia del parámetro se presenta en mayor cantidad para los puntos que se encuentran ubicados sobre la corriente principal del Río Guaquimay, esto favoreciendo los procesos de acumulación contaminante de todas las fuentes hídricas que desembocan en este.

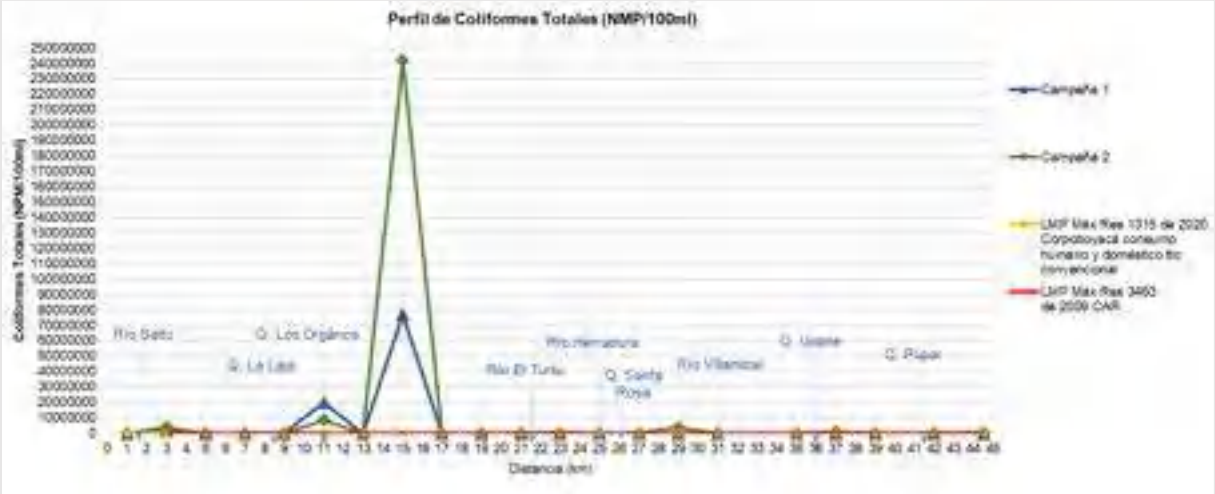
Figura 364 Perfil de Coliformes Totales – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Por su parte, para la unidad hidrográfica del Río Negro, la gráfica anterior muestra una tendencia a presentar poca variación en los resultados para la mayoría de los puntos de monitoreo, exceptuando el punto 22. Vertimiento Paime, que presenta un pico alto de variación en la campaña 1, el punto 30. Quebrada Mundo Nuevo, el cual presenta el pico más alto de resultados obtenido en la campaña 2 y, finalmente, el punto 36. Río Negro, que muestra una variación considerable en la primera campaña con respecto a la segunda.

Figura 365 Perfil de Coliformes Totales – Río Palenque.

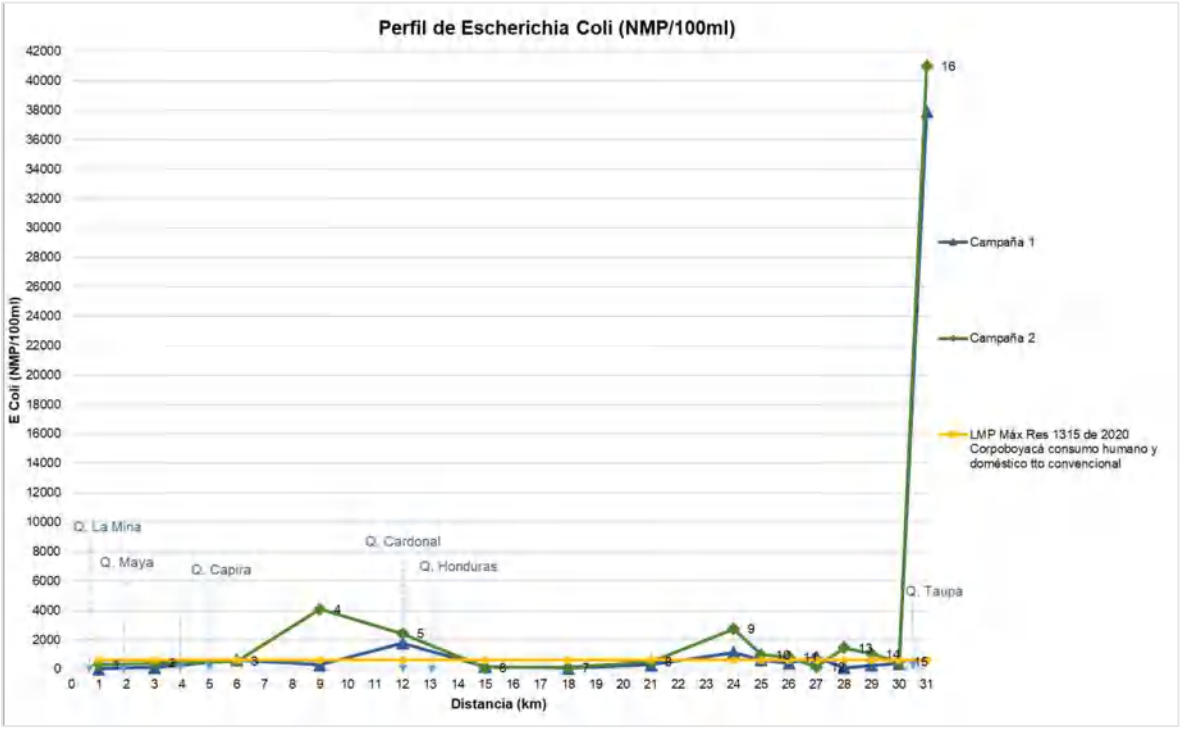


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se representan los resultados obtenidos para el parámetro de coliformes totales en los puntos de monitoreo de la unidad hidrográfica del Río Palenque. En este caso la figura permite evidenciar la tendencia de mantenerse los resultados cercanos al LMP que se establece en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá, exceptuando algunos casos puntuales como se presenta en el punto 42. Vertimiento Paime, que casi triplica el resultado obtenido en la primera campaña con respecto a la segunda, sin embargo, ambos valores sobrepasan el LMP relacionado, de igual manera sucede con el punto 44. Vertimiento Coper, que en ambas campañas presenta altos valores del parámetro, siendo evidente que en la segunda campaña se presenta un pico de variación muy al con respecto a la primera.

1.3.4.43 E.COLI (NMP / 100 ML).

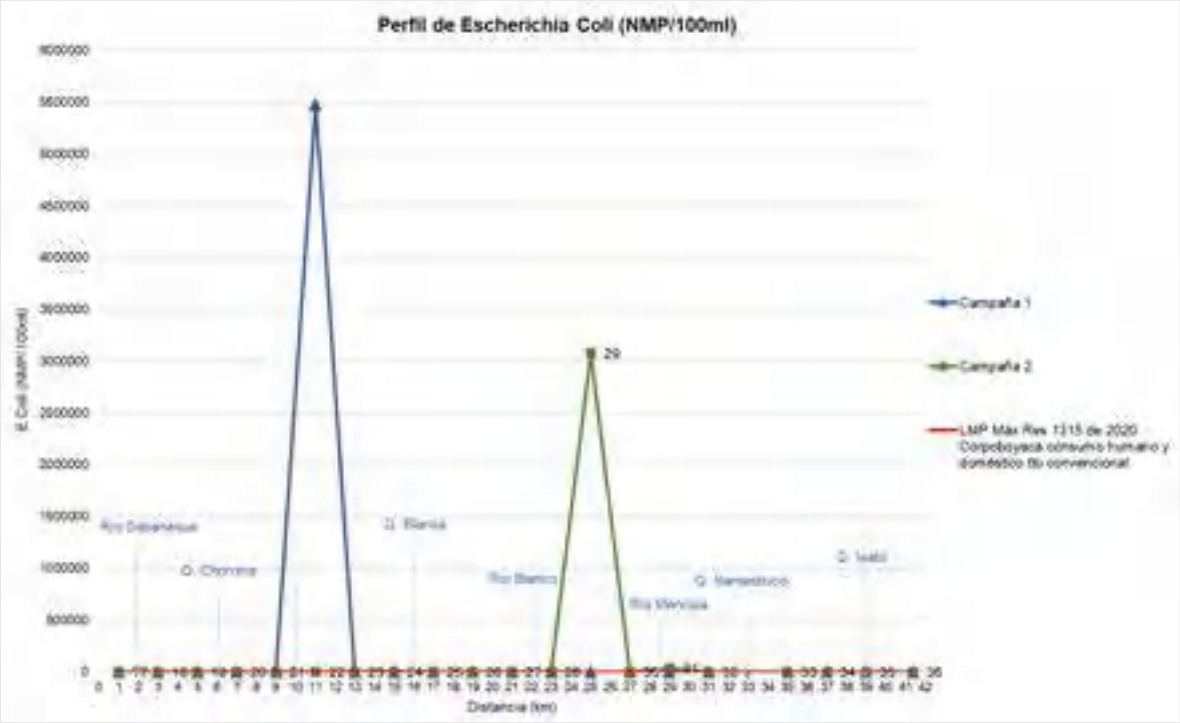
Figura 366 Perfil de E.Coli – Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se observa la representación de los resultados obtenidos para el parámetro de E. Coli en ambas campañas de monitoreo sobre la unidad hidrográfica del Río Guaquimay. Se puede evidenciar que no se presentan variaciones considerables entre ambas campañas, sin embargo, se destacan para la campaña 2 los puntos 4. Quebrada La Venta, 5. Río Guaquimay, 9. Quebrada Honduras, 13. Quebrada Taupa y 16. Quebrada NN2, los cuales se encuentran con valores por encima del LMP establecido en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá. Por otro lado, para la campaña 1 se presenta una situación en la que los puntos 5. Río Guaquimay, 9. Quebrada Honduras y 16. Quebrada NN2, presentan valores resultados por encima del LMP relacionado. Además, se destaca los altos valores que se presentan en el punto 16. Quebrada NN2 que, teniendo en cuenta que se encuentra sobre una vía principal y en zonas donde hay varias fincas, puede deberse a que la disposición de la materia fecal se disponga en este cuerpo de agua por parte de las viviendas aledañas o demás actividades relacionadas.

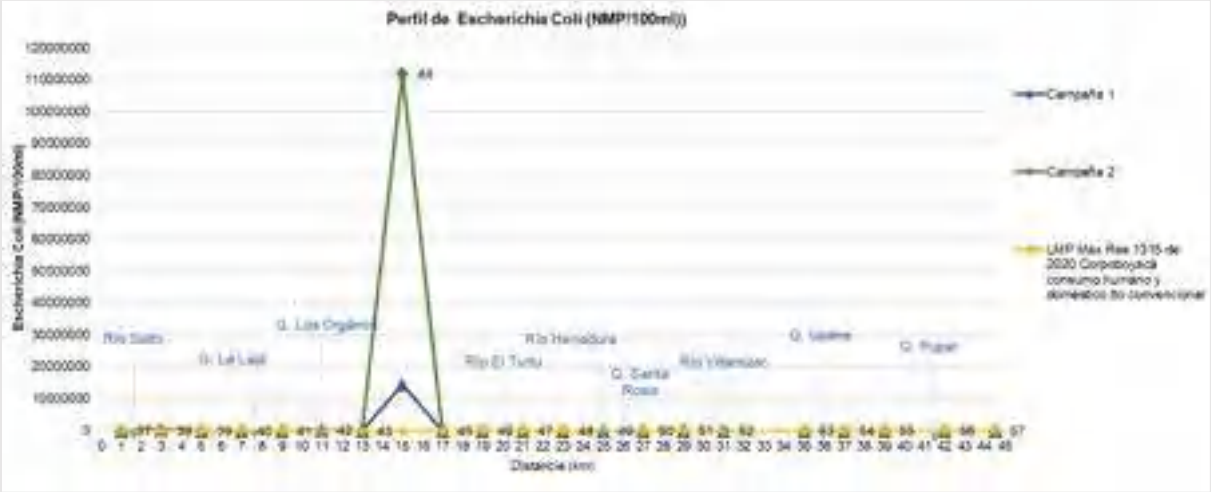
Figura 367 Perfil de E.Coli – Río Negro.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se ve representado los resultados obtenidos para el parámetro de E.Coli en la unidad hidrográfica del Río Negro, en el cual se toma un valor de referencia de 630 NMP/100mL como LMP en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá teniendo en cuenta el uso doméstico y consumo humano con tratamiento convencional. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede evidenciar en la figura que la dinámica de los resultados no presenta muchas variaciones en la mayoría de los puntos para ambas campañas de monitoreo, además, los valores se mantienen cercanos al LMP relacionado. Sin embargo, cabe destacar que en el caso del punto 22. Vertimiento Paime, se presenta un pico alto y considerable para la campaña 1 el cual se acerca a un valor de 5.500.000 NMP/100mL. De igual manera sucede con el punto 29. Vertimiento Villagómez, pero para la segunda campaña, presentando un pico para el parámetro que supera los 3.000.000 NMP/100mL.

Figura 368 Perfil de E.Coli – Río Palenque.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la figura anterior se ve representado los resultados obtenidos para el parámetro de E.Coli en la unidad hidrográfica del Río Palenque, en el cual se toma un valor de referencia de 630 NMP/100mL como LMP en la resolución 1315 de 2020 de Corpoboyacá teniendo en cuenta el uso doméstico y consumo humano con tratamiento convencional.

Cabe destacar que la mayoría de los puntos monitoreados presentan resultados similares para ambas campañas de monitoreo y, los valores se encuentran cercanos o en tendencia con el LMP establecido en la normatividad. De otra parte, se evidencia que se presentan 2 picos considerables en la figura, ambos pertenecientes al punto 44. Vertimiento Coper, que en ambas campañas de monitoreo el resultado sobrepasa en gran cantidad el LMP relacionado.

1.3.5 ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA E HIDROBIOLÓGICA

Los Índices de Calidad del Agua (ICAs), se consideran un indicativo de las condiciones y características físicas, químicas y microbiológicas, de los cuerpos de agua, permitiendo reconocer problemas de contaminación para un espacio y una temporalidad determinados (IDEAM, 2013).

En este apartado se desarrolla el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA), los Índices de Contaminación (ICOs) correspondiente al Índice de Contaminación por pH (ICOpH), Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) y el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), además, el índice cualitativo de la calidad del agua a partir de organismos hidrobiológicos (BMWP). Lo anterior es con el fin de establecer el estado de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las unidades hidrográficas de los Ríos Guaquimay, Negro y Palenque, permitiendo identificar problemáticas asociadas a salud pública por el consumo y uso del recurso hídrico disponible dentro del territorio.

1.3.5.1 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) A PARTIR DE VARIABLES FISICOQUÍMICAS.

El ICA permite identificar los problemas de contaminación fisicoquímica y microbiológica de los diferentes cuerpos de agua monitoreados, de tal forma que se pueda obtener un panorama general de su estado y de las potencialidades o limitaciones del territorio en función del recurso hídrico.

El ICA numéricamente toma un valor entre 0 y 1 que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independientemente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA., 2017).

La metodología usada para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) es la referenciada por el IDEAM en el Estudio Regional del Agua (ERA) del año 2013, en la cual se tienen en cuenta 7 variables para su desarrollo, estas variables son: Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto (%OD), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica (CE), Relación Nitrógeno – Fósforo (Nt/Pt), Potencial de Hidrógeno (pH) y Coliformes Fecales (E.Coli) (IDEAM, 2013).

Esta actividad parte de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos desarrollados en actividades previas y resultantes de los reportes suministrados por el laboratorio DLIA de la CAR, para los 57 puntos monitoreados en las 3 unidades hidrográficas en estudio.

De acuerdo con la metodología del IDEAM de 7 variables, se debe tener en cuenta la siguiente ponderación dentro del cálculo del ICA:

Tabla 147 Variables del ICA de 7 variables y su ponderación.

VARIABLE	UNIDAD	PESO DE IMPORTANCIA (ICA SIETE VARIABLES)
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,16
Sólidos Suspendidos Totales - SST	mg/L	0,14

VARIABLE	UNIDAD	PESO DE IMPORTANCIA (ICA SIETE VARIABLES)
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,14
Conductividad Eléctrica CE	uS/cm	0,14
N Total/P Total – NT/PT	mg/L/mg/L	0,14
pH	Unidades de pH	0,14
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0,14

Fuente: Estudio Regional del Agua 2013, (IDEAM, 2013).

De acuerdo con el IDEAM, el ICA se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de siete variables para este caso particular.

La fórmula de cálculo del indicador es:

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

Donde:

$ICAnjt$= 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.

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

n= Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 7 en este caso.

Una vez obtenidos los resultados, se clasifica la calidad del agua en diferentes categorías teniendo cuenta el rango de valor en el que se encuentra el ICA y la señal de alerta que este genera.

Tabla 148 Clasificación del índice de Calidad del Agua (ICA).

RANGO DE VALORES QUE PUEDE TOMAR EL INDICADOR	CLASIFICACIÓN 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, 2013, pág. 8.

1.3.5.1.1 Resultados del ICA.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para el Índice de calidad del agua para las 2 campañas de monitoreo realizadas, discriminando por cada una de las unidades hidrográficas en

estudio. Adicionalmente, en el anexo de cartografía se presenta el Mapa 8. Índice de calidad de agua, en donde se encuentra el ICA por cada tramo y cada unidad hidrográfica espacialmente.

Tabla 149 Resultados del ICA.

FUENTE HÍDRICA	PUNTO/CUERPO DE AGUA	CAMPAÑA 1 – Época de Altas Precipitaciones (2022)		CAMPAÑA 2 – Época de Bajas precipitaciones (2022).	
		ICA	CALIFICACIÓN	ICA	CALIFICACIÓN
RÍO GUAQUIMAY	1. Quebrada La Mina	0,52	Regular	0,66	Regular
	2. Quebrada Yacopí Grande.	0,62	Regular	0,67	Regular
	3. Quebrada El Lajón	0,73	Aceptable	0,59	Regular
	4. Quebrada La Venta.	0,53	Regular	0,54	Regular
	5. Río Guaquimay	0,45	Malo	0,51	Regular
	6. Quebrada Cardonal.	0,71	Aceptable	0,70	Aceptable
	7. Quebrada Honduras.	0,80	Aceptable	0,67	Regular
	8. Río Guaquimay.	0,60	Regular	0,62	Regular
	9. Quebrada Honduras.	0,48	Malo	0,59	Regular
	10. Quebrada NN 3	0,76	Aceptable	0,65	Regular
	11. Quebrada La Mina.	0,39	Malo	0,51	Regular
	12. Quebrada Cardonal.	0,73	Aceptable	0,67	Regular
	13. Quebrada Taupa.	0,77	Aceptable	0,78	Aceptable
	14. Río Guaquimay.	0,48	Malo	0,56	Regular
	15. Río Guaquimay (Desembocadura)	0,46	Malo	0,59	Regular
	16. Quebrada NN 2	0,72	Aceptable	0,64	Regular
RÍO NEGRO	17. Río Negro (Desembocadura).	0,50	Regular	0,45	Malo
	18. Quebrada Isabí.	0,81	Aceptable	0,64	Regular
	19. Río Negro (Confluencia Río Mencipa).	0,50	Malo	0,44	Malo
	20. Río Negro.	0,45	Malo	0,40	Malo

FUENTE HÍDRICA	PUNTO/CUERPO DE AGUA	CAMPAÑA 1 – Época de Altas Precipitaciones (2022)		CAMPAÑA 2 – Época de Bajas precipitaciones (2022).	
		ICA	CALIFICACIÓN	ICA	CALIFICACIÓN
	21. Quebrada El Cobre.	0,85	Aceptable	0,73	Aceptable
	22. Vertimiento Paime.	0,46	Malo	0,63	Regular
	23. Río Negro.	0,49	Malo	0,36	Malo
	24. Río Mencipa.	0,49	Malo	0,65	Regular
	25. Quebrada Mamercha.	0,73	Aceptable	0,60	Regular
	26. Río Mencipa.	0,81	Aceptable	0,68	Regular
	27. Quebrada Mundo Nuevo.	0,82	Aceptable	0,65	Regular
	28. Quebrada Mundo Nuevo.	0,70	Aceptable	0,55	Regular
	29. Vertimiento Villagómez.	0,49	Malo	0,53	Regular
	30. Quebrada Mundo Nuevo.	0,70	Aceptable	0,46	Malo
	31. Río Negro.	0,41	Malo	0,48	Malo
	32. Quebrada Alcaparral.	0,77	Aceptable	0,66	Regular
	33. Quebrada NN.	0,69	Regular	0,70	Regular
	34. Río Negro.	0,48	Malo	0,33	Malo
	35. Río Negro.	0,32	Malo	0,42	Malo
	36. Río Negro.	0,73	Aceptable	0,68	Regular
RÌO PALENQUE	37. Quebrada El Espejo.	0,91	Bueno	0,78	Aceptable
	38. Vertimiento San Cayetano.	0,44	Malo	0,49	Malo
	39. Río Palenque.	0,93	Bueno	0,88	Aceptable
	40. Quebrada Los Órganos.	0,83	Aceptable	0,65	Regular
	41. Río Villamizar.	0,90	Aceptable	0,84	Aceptable
	42. Vertimiento Camancha.	0,53	Regular	0,49	Malo
	43. Río Villamizar.	0,85	Aceptable	0,88	Aceptable

FUENTE HÍDRICA	PUNTO/CUERPO DE AGUA	CAMPAÑA 1 – Época de Altas Precipitaciones (2022)		CAMPAÑA 2 – Época de Bajas precipitaciones (2022).	
		ICA	CALIFICACIÓN	ICA	CALIFICACIÓN
	44. Vertimiento Coper (Principal).	0,51	Regular	0,47	Malo
	45. Quebrada Venecia.	0,76	Aceptable	0,74	Aceptable
	46. Quebrada Siria.	0,75	Aceptable	0,72	Aceptable
	47. Río Palenque.	0,45	Malo	0,65	Regular
	48. Quebrada Chipichipi.	0,44	Malo	0,64	Regular
	49. Quebrada La Honda.	0,56	Regular	0,49	Malo
	50. Quebrada La Piedra.	0,65	Regular	0,73	Aceptable
	51. Vertimiento Buenavista.	0,45	Malo	0,54	Regular
	52. Quebrada La Vergara.	0,71	Aceptable	0,86	Aceptable
	53. Río Villamizar.	0,69	Regular	0,78	Aceptable
	54. Río Palenque.	0,48	Malo	0,52	Regular
	55. Río Palenque.	0,56	Regular	0,54	Regular
	56. Quebrada Upane.	0,62	Regular	0,55	Regular
	57. Río Palenque (Desembocadura).	0,45	Malo	0,48	Malo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La tabla anterior permite evidenciar los cambios en la calidad del agua que se presentan en los cuerpos de agua cuando se presentan variaciones en los caudales, es decir, cuando se presentan las diferentes condiciones hidrológicas como lo son las altas precipitaciones) Campaña 1) y las bajas precipitaciones (Campaña 2).

Para la Campaña 1, realizada en los meses de noviembre – diciembre de 2021, se tiene un total de 2 puntos de 57 (3,50%) con clasificación de ICA Bueno, estos corresponden a los puntos 37. Quebrada El Espejo y 39. Río Palenque. Además, se evidencia un total de 22 puntos (38,59%) con una clasificación de ICA Aceptable, luego se identifican otros 13 puntos (22,80%) con una clasificación de ICA Regular y, finalmente, los 20 puntos restantes (35,08%) con una clasificación de ICA Malo. Estos procesos de calidad deficiente se presentan principalmente por los altos valores en los parámetros de E.Coli y Sólidos Suspendidos Totales.

De otra parte, para la Campaña 2, realizada en los meses febrero – marzo de 2022, se evidencia inicialmente que ninguno de los cuerpos de agua monitoreados presenta una clasificación de ICA

Bueno, por tanto, se permite inferir como la disminución de los caudales hace que la calidad de las fuentes hídricas se deteriore a medida que también se dificulta la asimilación de los contaminantes. Por otro lado, se identifica que 12 de los 57 puntos (21,05%) monitoreados presentan una clasificación de ICA Aceptable, luego 32 puntos (56,14%) presenta una clasificación de ICA Regular y, por último, los 13 puntos restantes (22,80%) presentan una clasificación de ICA Malo, principalmente debido a los altos valores obtenidos de DQO, SST y E.Coli.

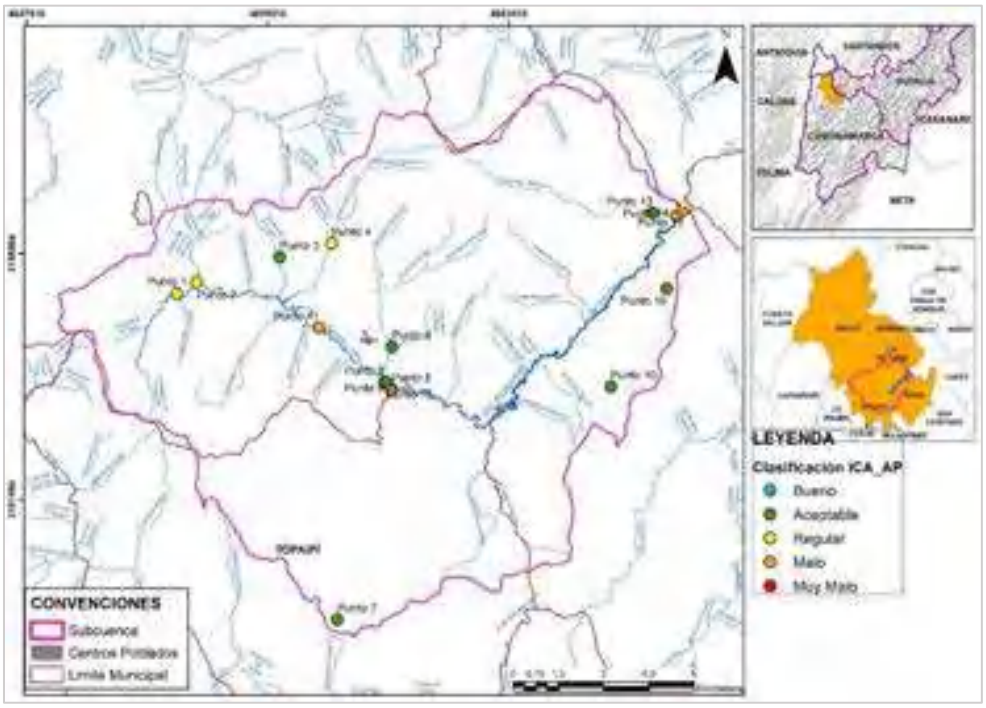
Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para ambas campañas de monitoreo, se evidencia como la disminución de caudales propende al mismo deterioro de la calidad de los cuerpos de agua monitoreados. Lo anterior se referencia principalmente en los cuerpos de agua cuya clasificación de ICA disminuyó entre una campaña y otra, lo que corresponde a un total de 19 puntos (33,34%), destacando el punto 30. Quebrada Mundo Nuevo, el cual pasó de un ICA Aceptable para la primera campaña a Malo para la segunda campaña. De otra parte, se identifica que un total de 23 puntos (40,35%) se mantienen en la misma clasificación para ambas temporalidades, destacando los puntos 6. Quebrada Cardonal, 13. Quebrada Taupa, 21. Quebrada El Cobre, 41. Río Villamizar, 43. Río Villamizar, 45. Quebrada Venecia, 46. Quebrada Siria y 52. Quebrada La Vergara, los cuales mantienen una clasificación de ICA Aceptable en ambos muestreos. Finalmente, se evidencia que los 15 puntos restantes (26,31%) presentan una mejoraría para la campaña de bajas precipitaciones con respecto a la primera campaña, esto se debe principalmente a que, en algunos de los días de muestreo para la segunda campaña, se presentaron lluvias y de igual manera un aumento de los caudales.

Cabe tener en cuenta que la misma variabilidad climática que se evidenció en las campañas de monitoreo, hace que en algunos casos los resultados no sean coherentes con la definición de cada campaña en su condición hidrológica, esto soportado en que para la segunda campaña (bajas precipitaciones) se presentaron días y momentos de fuertes lluvias y aumento de caudales.

En las siguientes figuras se puede evidenciar gráficamente los resultados obtenidos para el ICA y su variación a lo largo de cada una de las cuencas, que describe el comportamiento y la capacidad de cada cuerpo de agua monitoreado para asimilar la carga contaminante generada por las diferentes actividades que se realizan en el territorio de estudio.

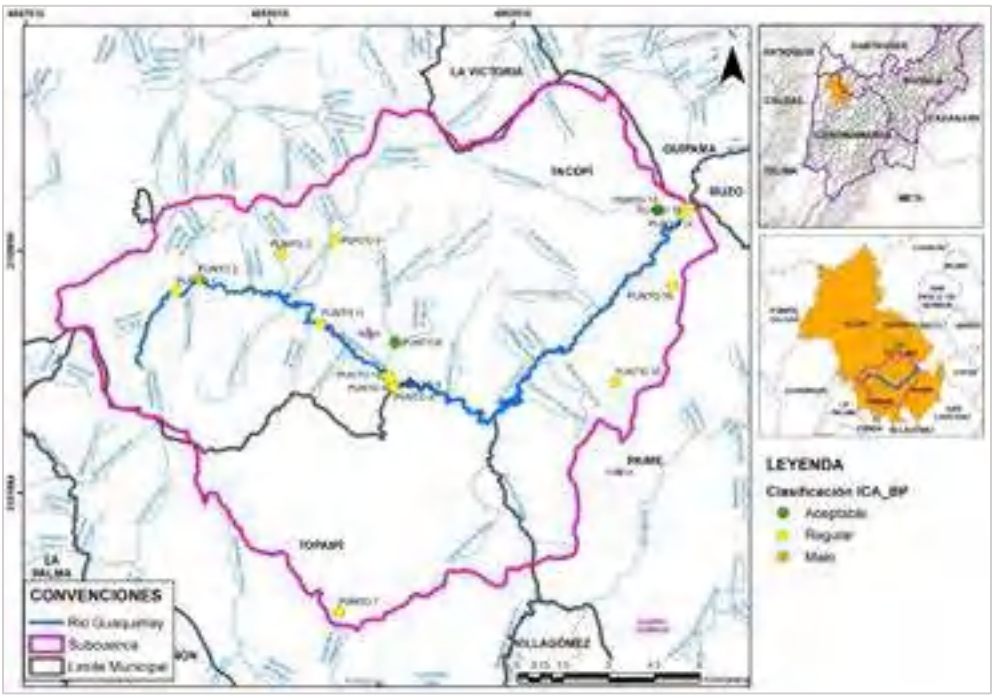
Figura 369 Resultados ICA – RÍO GUAQUIMAY.

CAMPAÑA 1 – ALTA PRECIPITACIÓN



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

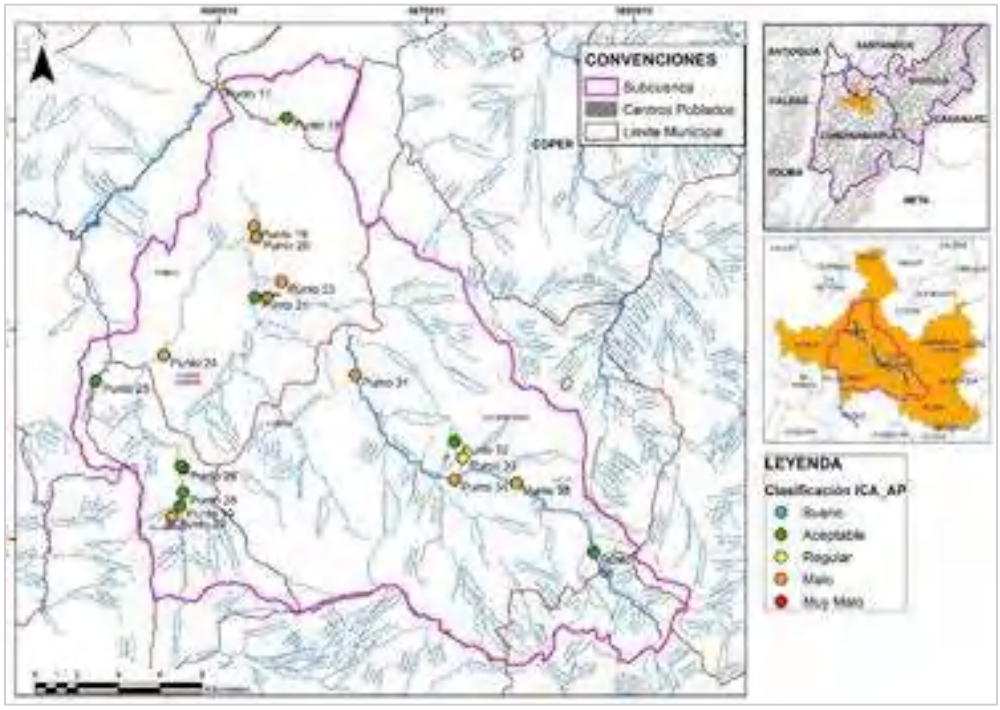
CAMPAÑA 2 – BAJA PRECIPITACIÓN.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

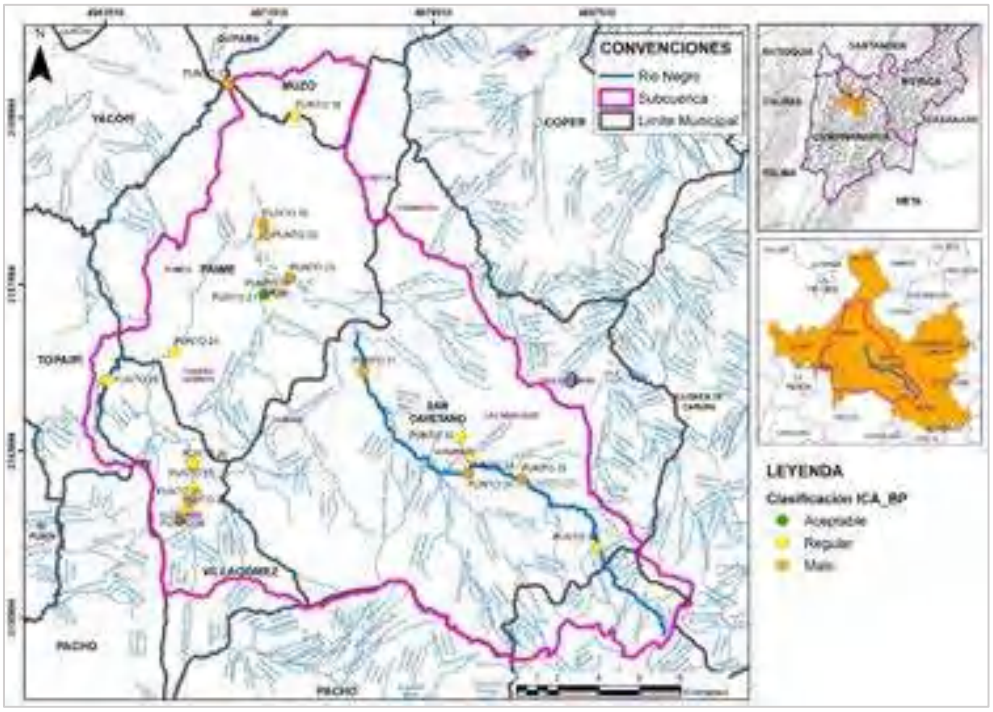
Figura 370 Resultados ICA – RÍO NEGRO.

- CAMPAÑA 1 – ALTA PRECIPITACIÓN -



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

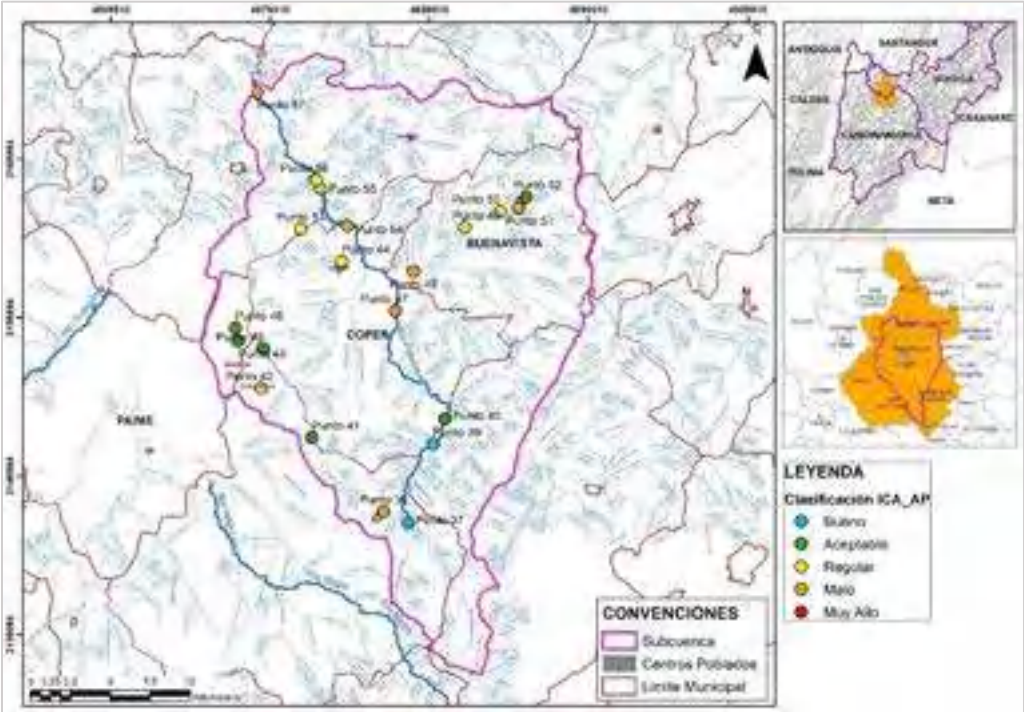
CAMPAÑA 2 – BAJA PRECIPITACIÓN.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

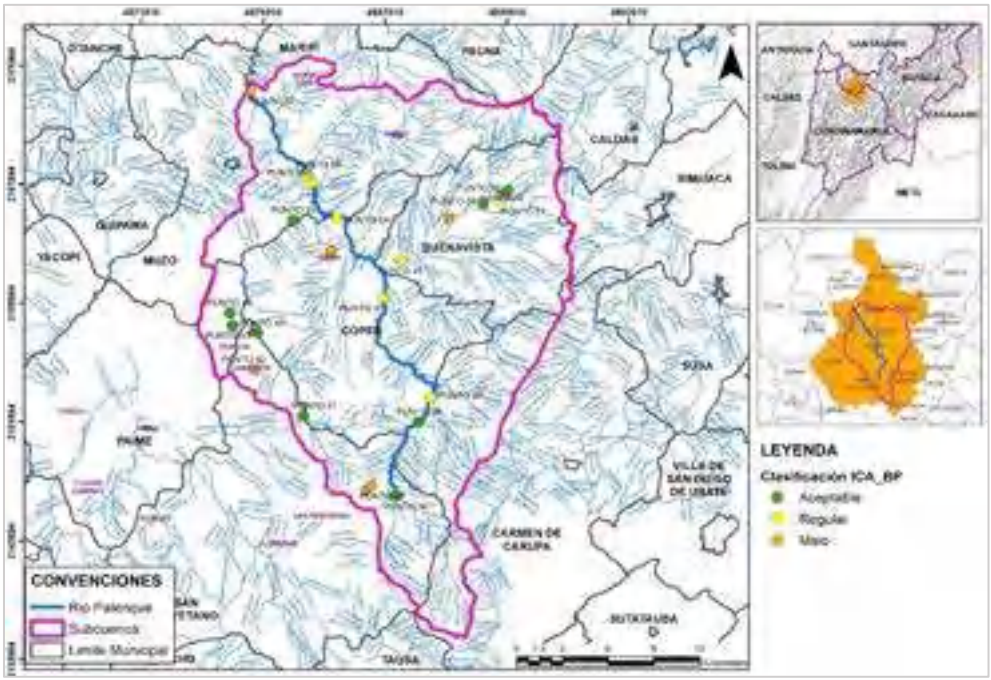
Figura 371 Resultados ICA – RÍO PALENQUE.

CAMPAÑA 1 – ALTA PRECIPITACIÓN -



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

CAMPAÑA 2 – BAJA PRECIPITACIÓN.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

1.3.5.2 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICOs).

Los Índices de Contaminación (ICO) demuestran una enorme ventaja en el desarrollo de la valoración de la calidad de las aguas, ya que, estos involucran en un solo parámetro, numerosas variables, lo cual permite que el análisis sobre la contaminación de un cuerpo de agua sea más preciso. En este apartado se aborda el desarrollo y cálculo de los Índices de Contaminación por pH (ICOpH), por mineralización (ICOMI), por Materia Orgánica (ICOMO) y por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).

Estos índices tienen la capacidad de determinar el grado de afectación y de contaminación que existe en un cuerpo de agua y la manera de estimar tal grado de polución es a través de un valor numérico entre 0,0 – 1,0, agrupándose en la siguiente escala de clasificación:

Tabla 150 Clasificación ICOs.

VALOR ICO	CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
0,0 – 0,20	NINGUNA	
0,20 – 0,40	BAJA	
0,40 – 0,60	MEDIA	
0,60 – 0,80	ALTA	
0,80 – 1,00	MUY ALTA	

Fuente: Piedrahita, 2018.

1.3.5.2.1 Índice de Contaminación por pH (ICOpH).

El análisis de este índice presenta que en un rango promedio entre pH 6,0 – 8,0, es una condición natural de las aguas. El ICOpH se calcula con la siguiente ecuación:

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

Si el valor correspondiente a pH es menor a 7, entonces, en la ecuación la variable pH sería igual a 14 - pH resultado.

1.3.5.2.1.1 Resultados ICOpH.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el ICOpH en cada uno de los puntos monitoreados en las unidades hidrográficas de estudio, teniendo en cuenta las dos campañas realizadas, tanto con altas como con bajas precipitaciones.

Tabla 151 Resultados del Índice de Contaminación por pH – ICOpH.

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
1	PUNTO 1	RÌO GUAQUIMAY	Quebrada La Mina	0,00304	Ninguna	0,00671	Ninguna

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
2	PUNTO 2		Quebrada Yacopí Grande	0,01574	Ninguna	0,02363	Ninguna
3	PUNTO 3		Quebrada El Lajón	0,00294	Ninguna	0,00460	Ninguna
4	PUNTO 4		Quebrada La Venta	0,05422	Ninguna	0,04915	Ninguna
5	PUNTO 5		Río Guaquimay	0,00769	Ninguna	0,06377	Ninguna
6	PUNTO 6		Quebrada Cardonal	0,04309	Ninguna	0,05422	Ninguna
7	PUNTO 7		Quebrada Honduras	0,06587	Ninguna	0,08238	Ninguna
8	PUNTO 8		Río Guaquimay	0,03416	Ninguna	0,05422	Ninguna
9	PUNTO 9		Quebrada Honduras	0,00460	Ninguna	0,03304	Ninguna
10	PUNTO 10		Quebrada NN 3	0,01685	Ninguna	0,07488	Ninguna
11	PUNTO 11		Quebrada La Mina	0,02444	Ninguna	0,04915	Ninguna
12	PUNTO 12		Quebrada Cardonal	0,00133	Ninguna	0,05787	Ninguna
13	PUNTO 13		Quebrada Taupa	0,00387	Ninguna	0,04602	Ninguna
14	PUNTO 14		Río Guaquimay	0,03651	Ninguna	0,03416	Ninguna
15	PUNTO 15		Río Guaquimay (Desembocadura)	0,03090	Ninguna	0,04169	Ninguna
16	PUNTO 16		Quebrada NN 2	0,00626	Ninguna	0,00648	Ninguna
17	PUNTO 17	RÍO NEGRO	Río Negro (Desembocadura)	0,04309	Ninguna	0,05787	Ninguna
18	PUNTO 18		Quebrada Isabí	0,00460	Ninguna	0,00944	Ninguna

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
19	PUNTO 19		Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	0,01374	Ninguna	0,05601	Ninguna
20	PUNTO 20		Río Negro	0,07253	Ninguna	0,03304	Ninguna
21	PUNTO 21		Quebrada El Cobre	0,01328	Ninguna	0,04915	Ninguna
22	PUNTO 22		Vertimiento Paime	0,00694	Ninguna	0,05248	Ninguna
23	PUNTO 23		Río Negro	0,04169	Ninguna	0,01929	Ninguna
24	PUNTO 24		Río Mencipa	0,01083	Ninguna	0,01471	Ninguna
25	PUNTO 25		Quebrada Mamercha	0,00510	Ninguna	0,01629	Ninguna
26	PUNTO 26		Río Mencipa	0,03902	Ninguna	0,01629	Ninguna
27	PUNTO 27		Quebrada Mundo Nuevo	0,00769	Ninguna	0,01120	Ninguna
28	PUNTO 28		Quebrada Mundo Nuevo	0,02527	Ninguna	0,01083	Ninguna
29	PUNTO 29		Vertimiento Villagómez	0,00374	Ninguna	0,00120	Ninguna
30	PUNTO 30		Quebrada Mundo Nuevo	0,02444	Ninguna	0,00546	Ninguna
31	PUNTO 31		Río Negro	0,12703	Ninguna	0,04602	Ninguna
32	PUNTO 32		Quebrada Alcaparral	0,02363	Ninguna	0,01422	Ninguna
33	PUNTO 33		Quebrada NN	0,05787	Ninguna	0,09054	Ninguna
34	PUNTO 34		Río Negro	0,19085	Ninguna	0,10910	Ninguna
35	PUNTO 35		Río Negro	0,21307	Baja	0,09343	Ninguna

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
36	PUNTO 36		Río Negro	0,00626	Ninguna	0,01011	Ninguna
37	PUNTO 37	RÍO PALENQUE	Quebrada El Espejo	0,00337	Ninguna	0,00648	Ninguna
38	PUNTO 38		Vertimiento San Cayetano	0,00944	Ninguna	0,00112	Ninguna
39	PUNTO 39		Río Palenque	0,00769	Ninguna	0,00694	Ninguna
40	PUNTO 40		Quebrada Los Órganos	0,00460	Ninguna	0,01120	Ninguna
41	PUNTO 41		Rio Villamizar	0,00120	Ninguna	0,00294	Ninguna
42	PUNTO 42		Vertimiento Camancha	0,01083	Ninguna	0,00182	Ninguna
43	PUNTO 43		Río Villamizar	0,00429	Ninguna	0,00129	Ninguna
44	PUNTO 44		Vertimiento Coper (Principal)	0,00138	Ninguna	0,00101	Ninguna
45	PUNTO 45		Quebrada Venecia	0,00362	Ninguna	0,00153	Ninguna
46	PUNTO 46		Quebrada Siria	0,01120	Ninguna	0,01422	Ninguna
47	PUNTO 47		Río Palenque	0,03416	Ninguna	0,00671	Ninguna
48	PUNTO 48		Quebrada Chipichipi	0,00944	Ninguna	0,00401	Ninguna
49	PUNTO 49		Quebrada La Honda	0,96499	Muy Alta	0,41569	Media
50	PUNTO 50		Quebrada La Piedra	0,01471	Ninguna	0,02527	Ninguna
51	PUNTO 51		Vertimiento Buenavista	0,04033	Ninguna	0,00231	Ninguna
52	PUNTO 52		Quebrada La Vergara	0,00231	Ninguna	0,00585	Ninguna

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOPH CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
53	PUNTO 53		Río Villamizar	0,00694	Ninguna	0,01374	Ninguna
54	PUNTO 54		Río Palenque	0,04756	Ninguna	0,04756	Ninguna
55	PUNTO 55		Río Palenque	0,02363	Ninguna	0,09343	Ninguna
56	PUNTO 56		Quebrada Upane	0,04033	Ninguna	0,00718	Ninguna
57	PUNTO 57		Río Palenque (Desembocadura)	0,00796	Ninguna	0,00326	Ninguna

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

Los valores de pH para los puntos monitoreados en las tres unidades hidrográficas en estudio varían en un rango entre 4,03 – 8,63. Los resultados para el ICOpH muestran de manera general un estado neutro de las fuentes hídricas, además, no se presenta ninguna contaminación considerable en el 98,24% de los puntos muestreados. Por otro lado, se identifica contaminación importante en 1 de los puntos (1,76%), correspondiente a 49. Quebrada La Honda que en la primera campaña presenta Muy Alta contaminación por este parámetro, sin embargo, para la segunda campaña la situación mejora al presentarse una contaminación Media.

1.3.5.2.2 Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI).

Este índice refleja la relación que existe entre las variables de conductividad, dureza y alcalinidad, para identificar contaminación por mineralización en el cuerpo de agua. El ICOMI es el valor promedio de cada una de las tres variables mencionadas en un rango de 0 – 1 (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997). El índice relacionado se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$ICOMI = 1/3\ (I_{CONDUCTIVIDAD} + I_{DUREZA} + I_{ALCALINIDAD})$$

Donde,

- $I_{CONDUCTIVIDAD}$

$$Log_{10}\ I_{CONDUCTIVIDAD} = -3{,}26 + (1{,}34 * Log_{10} * (Conductividad\ (us/cm)))$$

$$I_{CONDUCTIVIDAD} = 10^{Log\ I\ conductividad}$$

Conductividades mayores a 270 us/cm, tienen $I_{CONDUCTIVIDAD} = 1$.

- I_{DUREZA}

$$Log_{10}\ I_{DUREZA} = -9{,}09 + (4{,}40 * Log_{10} * (Dureza\ (mg/L)))$$

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

Durezas mayores a 110 mg/L tienen $I_{DUREZA} = 1$

Durezas menores a 30 mg/L tienen $I_{DUREZA} = 0$

- $I_{ALCALINIDAD}$

$I_{ALCALINIDAD} = -0{,}25 + (0{,}005 * \text{Alcalinidad (mg/L)})$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen $I_{ALCALINIDAD} = 1$

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen $I_{ALCALINIDAD} = 0$

1.3.5.2.2.1 Resultados ICOMI.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el ICOMI en cada uno de los puntos monitoreados en las unidades hidrográficas de estudio, teniendo en cuenta las dos campañas de monitoreo realizadas en época de altas y bajas precipitaciones.

Tabla 152 Resultados Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI).

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOMI CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOMI CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
1	PUNTO 1	RÌO GUAQUIMAY	Quebrada La Mina	0,667	Alta	0,673	Alta
2	PUNTO 2		Quebrada Yacopí Grande	0,741	Alta	0,702	Alta
3	PUNTO 3		Quebrada El Lajón	0,179	Ninguna	0,310	Baja
4	PUNTO 4		Quebrada La Venta	0,621	Alta	0,731	Alta
5	PUNTO 5		Río Guaquimay	0,356	Baja	0,719	Alta
6	PUNTO 6		Quebrada Cardonal	0,293	Baja	0,700	Alta
7	PUNTO 7		Quebrada Honduras	0,810	Muy Alta	0,845	Muy Alta
8	PUNTO 8		Río Guaquimay	0,703	Alta	0,732	Alta
9	PUNTO 9		Quebrada Honduras	0,689	Alta	0,692	Alta
10	PUNTO 10		Quebrada NN 3	0,056	Ninguna	0,090	Ninguna
11	PUNTO 11		Quebrada La Mina	0,694	Alta	0,735	Alta
12	PUNTO 12		Quebrada Cardonal	0,138	Ninguna	0,570	Media
13	PUNTO 13		Quebrada Taupa	0,017	Ninguna	0,371	Baja
14	PUNTO 14		Río Guaquimay	0,456	Media	0,677	Alta

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOMI CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOMI CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
15	PUNTO 15		Río Guaquimay (Desembocadura)	0,377	Baja	0,667	Alta
16	PUNTO 16		Quebrada NN 2	0,017	Ninguna	0,029	Ninguna
17	PUNTO 17	RÍO NEGRO	Río Negro (Desembocadura)	0,192	Ninguna	0,587	Media
18	PUNTO 18		Quebrada Isabí	0,026	Ninguna	0,030	Ninguna
19	PUNTO 19		Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	0,417	Media	0,667	Alta
20	PUNTO 20		Río Negro	0,542	Media	0,667	Alta
21	PUNTO 21		Quebrada El Cobre	0,054	Ninguna	0,087	Ninguna
22	PUNTO 22		Vertimiento Paime	0,107	Ninguna	0,074	Ninguna
23	PUNTO 23		Río Negro	0,657	Alta	0,660	Alta
24	PUNTO 24		Río Mencipa	0,077	Ninguna	0,076	Ninguna
25	PUNTO 25		Quebrada Mamercha	0,542	Media	0,301	Baja
26	PUNTO 26		Río Mencipa	0,189	Ninguna	0,126	Ninguna
27	PUNTO 27		Quebrada Mundo Nuevo	0,183	Ninguna	0,124	Ninguna
28	PUNTO 28		Quebrada Mundo Nuevo	0,127	Ninguna	0,128	Ninguna
29	PUNTO 29		Vertimiento Villagómez	0,482	Media	0,356	Baja
30	PUNTO 30		Quebrada Mundo Nuevo	0,135	Ninguna	0,128	Ninguna
31	PUNTO 31		Río Negro	0,782	Alta	0,564	Media
32	PUNTO 32		Quebrada Alcaparral	0,334	Baja	0,392	Baja
33	PUNTO 33		Quebrada NN	0,099	Ninguna	0,125	Ninguna
34	PUNTO 34		Río Negro	0,783	Alta	0,832	Muy Alta
35	PUNTO 35		Río Negro	0,716	Alta	0,777	Alta
36	PUNTO 36		Río Negro	0,091	Ninguna	0,101	Ninguna
37	PUNTO 37	RÍO PALENQUE	Quebrada El Espejo	0,027	Ninguna	0,046	Ninguna
38	PUNTO 38		Vertimiento San Cayetano	0,487	Media	0,415	Media
39	PUNTO 39		Río Palenque	0,038	Ninguna	0,011	Ninguna
40	PUNTO 40		Quebrada Los Órganos	0,055	Ninguna	0,066	Ninguna

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOMI CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOMI CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
41	PUNTO 41		Rio Villamizar	0,008	Ninguna	0,009	Ninguna
42	PUNTO 42		Vertimiento Camancha	0,183	Ninguna	0,431	Media
43	PUNTO 43		Río Villamizar	0,041	Ninguna	0,028	Ninguna
44	PUNTO 44		Vertimiento Coper (Principal)	0,166	Ninguna	0,342	Baja
45	PUNTO 45		Quebrada Venecia	0,012	Ninguna	0,017	Ninguna
46	PUNTO 46		Quebrada Siria	0,047	Ninguna	0,078	Ninguna
47	PUNTO 47		Río Palenque	0,326	Baja	0,331	Baja
48	PUNTO 48		Quebrada Chipichipi	0,216	Baja	0,306	Baja
49	PUNTO 49		Quebrada La Honda	0,073	Ninguna	0,039	Ninguna
50	PUNTO 50		Quebrada La Piedra	0,107	Ninguna	0,180	Ninguna
51	PUNTO 51		Vertimiento Buenavista	0,667	Alta	0,116	Ninguna
52	PUNTO 52		Quebrada La Vergara	0,052	Ninguna	0,095	Ninguna
53	PUNTO 53		Río Villamizar	0,068	Ninguna	0,082	Ninguna
54	PUNTO 54		Río Palenque	0,317	Baja	0,428	Media
55	PUNTO 55		Río Palenque	0,194	Ninguna	0,531	Media
56	PUNTO 56		Quebrada Upane	0,461	Media	0,493	Media
57	PUNTO 57		Río Palenque (Desembocadura)	0,342	Baja	0,591	Media

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

La tabla anterior presenta el comparativo de los resultados para el ICOMI en los cuerpos de agua monitoreados, destacando que en 23 puntos (40,35%) no se presenta ninguna contaminación para ambas campañas, según los parámetros de conductividad, dureza y alcalinidad, que son los que se tienen en cuenta en el análisis. Por otro lado, se identifica que en 14 puntos (24,56%) se presenta una condición en la que en ambas campañas resultan con la misma clasificación, de estos 14 puntos, 3 (5,24%) presentan baja contaminación, 2 (3,50%) presentan contaminación Media, 8 (14,03%) presentan contaminación Alta y, 1 restante (1,74%) que presenta contaminación Muy Alta para ambas campañas.

De otra parte, se identifican 20 puntos (35,08%) en los que se presenta alguna variación entre campañas, de los cuales 15 puntos (26,31%) pasan de un estado de contaminación menor a uno mayor, caso contrario a los 5 puntos restantes que entre la campaña 1 y la 2 se presenta alguna mejoría.

Cabe destacar que para la corriente principal del Río Guaquimay, los puntos monitoreados presentan en su mayoría una contaminación alta por ICOMI, esto debido principalmente por los altos valores del parámetro de conductividad, el cual se asocia a la presencia alta de Sólidos Disueltos en los cuerpos de agua, además, por las injerencias que presenta la disposición de vertimientos asociados a los cascos urbanos de los municipios de Yacopí y Paime y de Centros Poblados como Íbama, que se encuentran en las cercanías de las fuentes hídricas tributarias al Río Guaquimay. De igual manera se presenta la misma condición para el caso de la corriente del Río Negro, en la que en su mayoría presenta contaminación Alta por ICOMI a lo largo del cuerpo de agua, exceptuando el punto 36 ubicado en la parte alta, por presentar altos valores en los parámetros de conductividad y dureza principalmente. Finalmente, para la unidad hidrográfica del Río Palenque se presenta una mejoría en la situación, ya que, en su mayoría los puntos ubicados sobre la corriente principal presentan Baja o Ninguna contaminación teniendo en cuenta el ICOMI.

Finalmente, cabe destacar que, si bien los resultados obtenidos para el ICOMI no presentan una criticidad importante en general para los cuerpos de agua, si se ve evidencia que en algunos puntualmente se presenta clasificación de ICOMI Alto y Muy Alto. Lo anterior se ve representado principalmente en dos zonas concretas, la parte media y baja del Río Guaquimay y la parte media y baja del Río Negro, esto asociado principalmente a la alta concentración de sólidos encontrados en los resultados de laboratorio los cuales se favorece su presencia por las condiciones de lluvias presentadas al momento de la toma de muestras y de la misma geografía del cuerpo de agua que se relaciona a ríos de alta montaña.

1.3.5.2.3 Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).

La determinación de este índice se hace a partir de la concentración hallada de la variable de sólidos suspendidos, expresada en mg/L (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997). El ICOSUS se calcula a partir de la siguiente expresión:

ICOSUS = -0,02 + (0,003 * Sólidos suspendidos (mg/L))

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L tienen ICOSUS =1

Sólidos suspendidos menores a 10 mg/L tienen ICOSUS = 0

1.3.5.2.3.1 Resultados ICOSUS.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el ICOSUS en cada uno de los puntos monitoreados en las unidades hidrográficas de estudio, teniendo en cuenta las dos campañas de monitoreo realizadas en época de altas y bajas precipitaciones.

Tabla 153 Resultados Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOSUS CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOSUS CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
1	PUNTO 1	RÌO GUAQUIMAY	Quebrada La Mina	0,37	Baja	0,00	Ninguna
2	PUNTO 2		Quebrada Yacopí Grande	0,02	Ninguna	0,00	Ninguna

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOSUS CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOSUS CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
3	PUNTO 3		Quebrada El Lajón	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
4	PUNTO 4		Quebrada La Venta	1,00	Muy Alta	0,54	Media
5	PUNTO 5		Río Guaquimay	1,00	Muy Alta	0,18	Ninguna
6	PUNTO 6		Quebrada Cardonal	0,12	Ninguna	0,00	Ninguna
7	PUNTO 7		Quebrada Honduras	0,04	Ninguna	0,03	Ninguna
8	PUNTO 8		Río Guaquimay	0,80	Muy Alta	0,16	Ninguna
9	PUNTO 9		Quebrada Honduras	0,98	Muy Alta	0,08	Ninguna
10	PUNTO 10		Quebrada NN 3	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
11	PUNTO 11		Quebrada La Mina	1,00	Muy Alta	0,23	Baja
12	PUNTO 12		Quebrada Cardonal	0,12	Ninguna	0,07	Ninguna
13	PUNTO 13		Quebrada Taupa	0,61	Alta	0,03	Ninguna
14	PUNTO 14		Río Guaquimay	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
15	PUNTO 15		Río Guaquimay (Desembocadura)	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
16	PUNTO 16		Quebrada NN 2	0,02	Ninguna	0,01	Ninguna
17	PUNTO 17	RÍO NEGRO	Río Negro (Desembocadura)	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
18	PUNTO 18		Quebrada Isabí	0,29	Baja	0,62	Alta
19	PUNTO 19		Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	0,41	Media	1,00	Muy Alta
20	PUNTO 20		Río Negro	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
21	PUNTO 21		Quebrada El Cobre	0,00	Ninguna	0,07	Ninguna
22	PUNTO 22		Vertimiento Paime	0,48	Media	0,01	Ninguna
23	PUNTO 23		Río Negro	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
24	PUNTO 24		Río Mencipa	1,00	Muy Alta	0,27	Baja
25	PUNTO 25		Quebrada Mamercha	0,04	Ninguna	0,01	Ninguna
26	PUNTO 26		Río Mencipa	0,01	Ninguna	0,12	Ninguna
27	PUNTO 27		Quebrada Mundo Nuevo	0,00	Ninguna	0,34	Baja
28	PUNTO 28		Quebrada Mundo Nuevo	0,05	Ninguna	1,00	Muy Alta
29	PUNTO 29		Vertimiento Villagómez	0,32	Baja	0,15	Ninguna
30	PUNTO 30		Quebrada Mundo Nuevo	0,05	Ninguna	1,00	Muy Alta
31	PUNTO 31		Río Negro	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOSUS CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)		CLASIFICACIÓN ICOSUS CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)	
32	PUNTO 32		Quebrada Alcaparral	0,03	Ninguna	0,23	Baja
33	PUNTO 33		Quebrada NN	0,21	Baja	0,21	Baja
34	PUNTO 34		Río Negro	0,21	Baja	1,00	Muy Alta
35	PUNTO 35		Río Negro	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
36	PUNTO 36		Río Negro	0,02	Ninguna	0,02	Ninguna
37	PUNTO 37	RÍO PALENQUE	Quebrada El Espejo	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
38	PUNTO 38		Vertimiento San Cayetano	0,14	Ninguna	0,05	Ninguna
39	PUNTO 39		Río Palenque	0,02	Ninguna	0,17	Ninguna
40	PUNTO 40		Quebrada Los Órganos	0,08	Ninguna	0,53	Media
41	PUNTO 41		Rio Villamizar	0,00	Ninguna	0,02	Ninguna
42	PUNTO 42		Vertimiento Camancha	0,16	Ninguna	1,00	Muy Alta
43	PUNTO 43		Río Villamizar	0,00	Ninguna	0,07	Ninguna
44	PUNTO 44		Vertimiento Coper (Principal)	0,11	Ninguna	0,15	Ninguna
45	PUNTO 45		Quebrada Venecia	0,05	Ninguna	0,03	Ninguna
46	PUNTO 46		Quebrada Siria	0,06	Ninguna	0,06	Ninguna
47	PUNTO 47		Río Palenque	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
48	PUNTO 48		Quebrada Chipichipi	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
49	PUNTO 49		Quebrada La Honda	0,07	Ninguna	1,00	Muy Alta
50	PUNTO 50		Quebrada La Piedra	0,43	Media	0,13	Ninguna
51	PUNTO 51		Vertimiento Buenavista	0,03	Ninguna	0,09	Ninguna
52	PUNTO 52		Quebrada La Vergara	0,14	Ninguna	0,00	Ninguna
53	PUNTO 53		Río Villamizar	0,20	Baja	0,35	Baja
54	PUNTO 54		Río Palenque	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
55	PUNTO 55		Río Palenque	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta
56	PUNTO 56		Quebrada Upane	0,66	Alta	1,00	Muy Alta
57	PUNTO 57		Río Palenque (Desembocadura)	1,00	Muy Alta	1,00	Muy Alta

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la tabla anterior se ve representado la clasificación de los puntos monitoreados para el ICOSUS, la cual permite identificar que, 21 de los 57 puntos (36,84%) no presentan Ninguna contaminación teniendo en cuenta que los valores de SST en estos cuerpos de agua son bajos y no representan un

riesgo como tal en el recurso hídrico. Además, 2 puntos (3,50%) correspondientes a 33. Quebrada NN (Río Negro) y 53. Río Villamizar (Río Palenque), presentan una clasificación de Baja contaminación por ICOSUS en las dos campañas de monitoreo relacionadas. De igual manera, se identifican 12 puntos (21,05%) que se encuentran con una clasificación de Muy Alta contaminación en ambas campañas, estos puntos corresponden a las corrientes principales en las tres unidades hidrográficas en 11 de los casos, adicionando el punto 48. Quebrada Chipichipi, destacando que en estos puntos se presentan altos valores de SST que se evidenciaron en campo, ya que, son cuerpos de agua con alta turbulencia y alto caudal, donde incluso se hizo difícil el acceso al cuerpo de agua.

De otra parte, se evidencia que los 22 puntos restantes presentan una variación de clasificación entre una campaña y otra, esto se identifica principalmente en los cambios de caudal donde los aumentos favorecen el transporte de sólidos en suspensión. Así las cosas, se identifica que 11 puntos (19,29%) presentan un deterior en el ICOSUS en la segunda campaña teniendo en cuenta el resultado de la primera, destacándose los cuerpos de agua de los puntos 28 y 30 en la Quebrada Mundo Nuevo (Río Negro), 42. Vertimiento Camancha (Río Palenque) y 49. Quebrada La Honda (Río Palenque, los cuales presentan una variación crítica pasando de Ninguna contaminación en la primera campaña a contaminación Muy Alta para la segunda campaña.

Cabe destacar que los puntos ubicados sobre la desembocadura de los 3 ríos principales se encuentran con una clasificación del Muy Alta contaminación por sólidos suspendidos, teniendo en cuenta que en estos puntos se concentra toda la carga contaminante recogida a lo larga de cada unidad hidrográfica y es evidente la presencia de partículas orgánicas e inorgánicas que se encuentran en suspensión en el agua.

De otra parte, en algunos puntos la presencia de alta clasificación de ICOSUS se refiere a las condiciones climáticas al momento de la toma de muestras, es decir, si bien ambas campañas se realizaron en condiciones hidrológicas de lluvia distintas, se destaca que se tuvo presencia de lluvias al momento de la toma de muestras, lo que infiere que aumenta el arrastre de sedimentos y solutos, además, las corrientes en estudio son ríos propios de alta montaña, lo que favorece aun mas el transporte sólidos y solutos dando como resultado valores altos de Sólidos Suspendidos Totales.

También, es de destacar que en los resultados se observan zonas muy marcadas por los altos valores de ICOSUS, esto específicamente en las zonas medias y bajas de cada uno de los Río principales, es decir, Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque, ya que, en su mayoría, se presenta clasificación de ICOSUS Muy Alto si se tienen en cuenta los resultados de ambas campañas de monitoreo, siendo un poco menos crítico en la campaña de bajas precipitaciones que, si bien se espera disminuya la capacidad de recepción y dilución de los sólidos por parte de los cuerpos de agua, de igual manera se ve la disminución de las mismas lluvias que son las que favorecen el arrastre de sedimentos y solutos.

1.3.5.2.4 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO).

Al igual que el ICOMI, este índice se expresa por la relación de diferentes variables fisicoquímicas, las cuales son: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Coliformes totales y Porcentaje de saturación

de oxígeno. El valor promedio de los 3 índices calculado se relaciona en un rango de 0 – 1 (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997). El ICOMO se calcula a partir de la siguiente expresión:

$ICOMO = 1/3\ (I_{DBO} + I_{CT} + I_{OXÍGENO})$

- I_{DBO}

$I_{DBO} = -0{,}05 + (0{,}70 * Log_{10} * DBO\ (mg/L))$

DBO mayores a 30 mg/L tienen $I_{DBO} = 1$

DBO menores a 2 mg/L tienen $I_{DBO} = 0$

- I_{CT}

$I_{CT} = -1{,}44 + (0{,}56 * Log_{10} * ColiformesTotales\ (NMP/100\ mL))$

Coliformes totales mayores a 20.000 NMP/100 mL tienen $I_{CT} = 1$.

Coliformes totales menores a 500 NMP/100 mL tienen $I_{CT} = 0$.

- $I_{OXÍGENO}$

$I_{OXÍGENO} = 1 – (0{,}01 * Oxígeno\ (\%))$.

Oxígeno (%) mayor a 100% tienen $I_{OXÍGENO} = 0$.

1.3.5.2.4.1 Resultados ICOMO.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el ICOMO en cada uno de los puntos monitoreados en las unidades hidrográficas de estudio, teniendo en cuenta las dos campañas de monitoreo realizadas en época de altas y bajas precipitaciones.

Tabla 154 Resultados Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO).

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOMO CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)	CLASIFICACIÓN ICOMO CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)
1	PUNTO 1	RÌO GUAQUIMAY	Quebrada La Mina	Media	Alta
2	PUNTO 2		Quebrada Yacopí Grande	Media	Alta
3	PUNTO 3		Quebrada El Lajón	Baja	Alta
4	PUNTO 4		Quebrada La Venta	Media	Muy Alta
5	PUNTO 5		Río Guaquimay	Media	Alta
6	PUNTO 6		Quebrada Cardonal	Baja	Alta
7	PUNTO 7		Quebrada Honduras	Baja	Alta
8	PUNTO 8		Río Guaquimay	Baja	Alta
9	PUNTO 9		Quebrada Honduras	Media	Alta

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOMO CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)	CLASIFICACIÓN ICOMO CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)
10	PUNTO 10		Quebrada NN 3	Baja	Alta
11	PUNTO 11		Quebrada La Mina	Media	Muy Alta
12	PUNTO 12		Quebrada Cardonal	Baja	Alta
13	PUNTO 13		Quebrada Taupa	Baja	Alta
14	PUNTO 14		Río Guaquimay	Media	Muy Alta
15	PUNTO 15		Río Guaquimay (Desembocadura)	Media	Muy Alta
16	PUNTO 16		Quebrada NN 2	Media	Alta
17	PUNTO 17		Río Negro (Desembocadura)	Baja	Muy Alta
18	PUNTO 18		Quebrada Isabí	Baja	Muy Alta
19	PUNTO 19		Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	Media	Muy Alta
20	PUNTO 20		Río Negro	Baja	Muy Alta
21	PUNTO 21		Quebrada El Cobre	Baja	Alta
22	PUNTO 22		Vertimiento Paime	Alta	Alta
23	PUNTO 23		Río Negro	Baja	Muy Alta
24	PUNTO 24		Río Mencipa	Baja	Muy Alta
25	PUNTO 25	RÍO NEGRO	Quebrada Mamercha	Baja	Alta
26	PUNTO 26		Río Mencipa	Baja	Muy Alta
27	PUNTO 27		Quebrada Mundo Nuevo	Baja	Alta
28	PUNTO 28		Quebrada Mundo Nuevo	Baja	Muy Alta
29	PUNTO 29		Vertimiento Villagómez	Alta	Muy Alta
30	PUNTO 30		Quebrada Mundo Nuevo	Baja	Muy Alta
31	PUNTO 31		Río Negro	Baja	Muy Alta
32	PUNTO 32		Quebrada Alcaparral	Baja	Alta
33	PUNTO 33		Quebrada NN	Baja	Muy Alta
34	PUNTO 34		Río Negro	Media	Muy Alta

ID	NOMBRE	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUERPO DE AGUA	CLASIFICACIÓN ICOMO CAMPAÑA 1 (CONTAMINACIÓN)	CLASIFICACIÓN ICOMO CAMPAÑA 2 (CONTAMINACIÓN)
35	PUNTO 35		Río Negro	Baja	Muy Alta
36	PUNTO 36		Río Negro	Media	Muy Alta
37	PUNTO 37	RÍO PALENQUE	Quebrada El Espejo	Ninguna	Media
38	PUNTO 38		Vertimiento San Cayetano	Muy Alta	Muy Alta
39	PUNTO 39		Río Palenque	Ninguna	Alta
40	PUNTO 40		Quebrada Los Órganos	Ninguna	Media
41	PUNTO 41		Rio Villamizar	Alta	Alta
42	PUNTO 42		Vertimiento Camancha	Alta	Muy Alta
43	PUNTO 43		Río Villamizar	Baja	Alta
44	PUNTO 44		Vertimiento Coper (Principal)	Alta	Muy Alta
45	PUNTO 45		Quebrada Venecia	Baja	Alta
46	PUNTO 46		Quebrada Siria	Baja	Media
47	PUNTO 47		Río Palenque	Baja	Muy Alta
48	PUNTO 48		Quebrada Chipichipi	Media	Muy Alta
49	PUNTO 49		Quebrada La Honda	Baja	Alta
50	PUNTO 50		Quebrada La Piedra	Media	Muy Alta
51	PUNTO 51		Vertimiento Buenavista	Alta	Muy Alta
52	PUNTO 52		Quebrada La Vergara	Baja	Alta
53	PUNTO 53		Río Villamizar	Baja	Alta
54	PUNTO 54		Río Palenque	Media	Muy Alta
55	PUNTO 55		Río Palenque	Baja	Muy Alta
56	PUNTO 56		Quebrada Upane	Alta	Muy Alta
57	PUNTO 57		Río Palenque (Desembocadura)	Baja	Muy Alta

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la tabla anterior se presenta los resultados obtenidos para el cálculo del ICOMO en ambas campañas de monitoreo, destacando que para este índice se tiene en cuenta los parámetros de DBO, Coliformes Totales y el Oxígeno Disuelto representado en porcentaje. Inicialmente los

resultados permiten identificar la variación evidente que se presenta entre una campaña y otra, teniendo en cuenta que para la segunda campaña de monitoreo los parámetros relacionados obtuvieron valores muy altos registrados en laboratorio, esto se evidencia principalmente en el parámetro de coliformes.

Por un lado, se destaca que solo 2 puntos (3,50%) se mantienen con la misma clasificación en ambas campañas, estos corresponden al punto 22. Vertimiento Paime con clasificación de Alta contaminación y, el punto 38. Vertimiento San Cayetano que mantiene para ambas campañas una clasificación de contaminación Muy Alta con respecto a materia orgánica.

Por otro lado, se identifica que los 55 puntos (96,50%) restantes presentan variación entre campañas, asociando que todos pasan de una clasificación menor a una mayor teniendo como base la primera campaña.

Cabe destacar que los resultados del ICOMO presentaron mayor criticidad en la segunda campaña de monitoreo referente a bajas precipitaciones, esto se debe inicialmente a la disminución en la capacidad de asimilación y dilución de los contaminantes por parte de los cuerpos de agua que vieron una reducción en sus caudales, relacionado esto último a los altos valores obtenidos del parámetro de coliformes totales que se utiliza en el cálculo del +índice y, que, se ve influenciado por disposición de vertimientos dispersos de origen doméstico y animal que se presentan principalmente en zonas rurales.

1.3.5.3 ÍNDICES DE CALIDAD HIDROBIOLÓGICA

1.3.5.3.1 Índice BMWP.

Los macroinvertebrados han sido utilizados desde hace muchos años como bioindicadores de la calidad del agua. Esto se debe a que son individuos sensibles a los cambios que puedan presentar las fuentes hídricas. La calidad del agua se puede conocer con índices como el BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), el cual fue adaptado para Colombia y permite calificar cada familia de las comunidades de macroinvertebrados con valores preestablecidos. Esta metodología fue desarrollada en la década de los 70 en Inglaterra y posteriormente adaptada para diferentes países adecuándose a la diversidad que tiene cada región.

La metodología se basa principalmente en la calificación de cada familia con valores de uno (1) a diez (10), según la tolerancia a los diferentes tipos de contaminación que se puedan presentar. Siendo uno (1) el más tolerante y diez (10) el más sensible, se tuvo en cuenta la metodología de Roldán (2003), Roldán (2016) y Zamora (2007), quienes son algunos autores que adaptan la metodología y la implementan en diferentes regiones.

Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, propone utilizar el método BMWP/Col, como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos, siendo este un método rápido y económico que aporta resultados relevantes e importantes.

Índice BMWP, se considera un método simple y rápido de evaluar la calidad del agua, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, analizando hasta nivel de familia, con datos cuantitativos de presencia y ausencia. (Roldán, 2016).

Para obtener el índice BMWP, se realiza una sumatoria total del puntaje asignado a cada familia de macroinvertebrados, sin tener en cuenta el número de individuos colectados. Al final, el valor obtenido indica cual es el estado de calidad del agua correspondiente según el índice obtenido para la fuente muestreada.

En la siguiente tabla se presentan las categorías propuestas por el Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y la clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el valor calculado para este índice. Adicionalmente, en el anexo de cartografía se presenta el Mapa 9. Índice promedio ponderado hidrobiológico.

Tabla 155 Índice BMWP/Col.

CLASE	CALIDAD	BMWP/COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-25	Aguas muy contaminadas	Naranjado
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (S.F.)

1.3.5.3.1.1 Campaña 1 – Época de Altas precipitaciones.

Respecto al índice BMWP/Col calculado para los cuarenta y dos (42) puntos en los que se observaron organismos, se observa que presentan una calidad de dudosa a muy crítica, lo cual significa que existe una baja riqueza y densidad de especies, además de que las familias encontradas son indicadoras de posible contaminación como lo son los *Chironomidos, Naididae, Ceratopogonidae*, la facultad de tolerar cambios drásticos en su entorno, como lo son la contaminación por materia orgánica, sin embargo también la mayoría de las familias reportadas son intolerantes a la contaminación por materia orgánica. Posiblemente estos valores bajos en el puntaje del BMWP/Col y por lo tanto altos en contaminación se deba a que en el momento que se realiza el monitoreo, era temporada de lluvias, lo que afecta la riqueza y densidad de individuos, ya que, al aumentar la corriente y la columna de agua, se puede evidenciar un movimiento de muchos individuos que viven aferrados a sustratos esto va a afectar los resultados y por lo tanto la calificación del BMWP/Col.

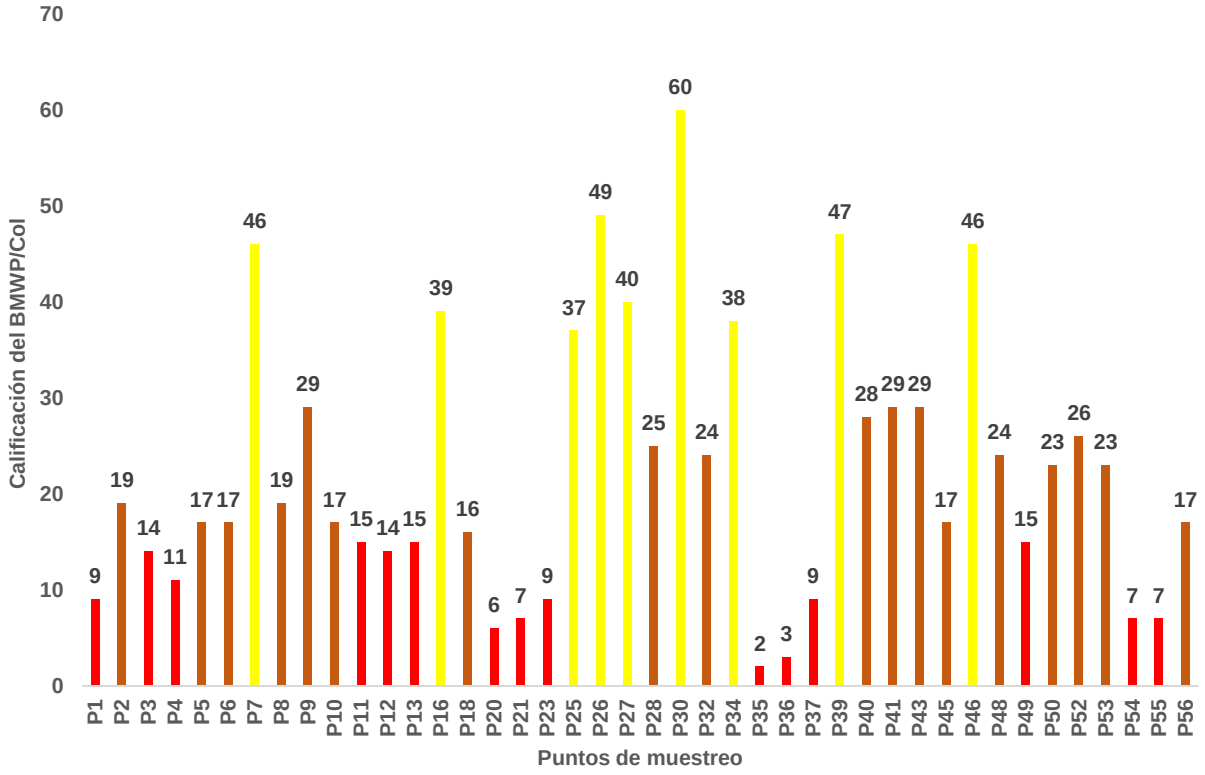
Tabla 156 Puntaje BMWP para los diferentes cuerpos de agua

ID	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLASE
P1	9	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P2	19	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P3	14	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P4	11	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P5	17	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P6	17	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P7	46	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P8	19	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P9	29	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P10	17	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P11	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P12	14	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P13	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P16	39	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P18	16	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P20	6	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P21	7	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P23	9	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P25	37	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P26	49	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P27	40	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P28	25	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV

ID	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLASE
P30	60	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P32	24	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P34	38	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P35	2	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P36	3	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P37	9	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P39	47	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P40	28	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P41	29	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P43	29	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P45	17	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P46	46	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P48	24	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P49	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P50	23	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P52	26	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P53	23	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P54	7	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P55	7	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P56	17	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Figura 372 Calificación del índice BMWP/Col para 52 puntos de muestreo- Época de Altas precipitaciones



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

Figura 373 Fotografías de algunas familias presentes en el área de estudio

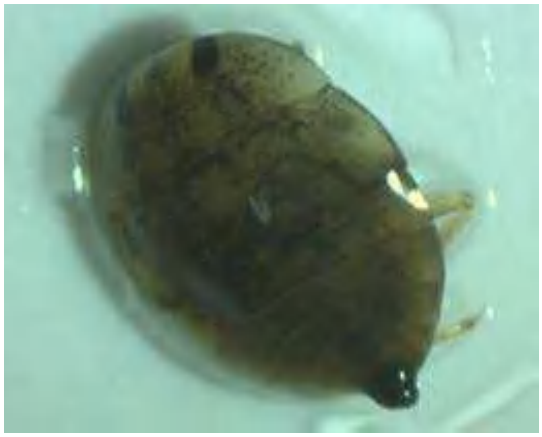
Fotografía 1 Elmidae

Fotografía 2 Hydropsychidae

Fotografía 3 Staphylinidae

Fotografía 4 Crambidae

Fotografía 5 Naucoridae



Fotografía 6 Dytiscidae

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

1.3.5.3.1.2 Campaña 2 – Época de Bajas Precipitaciones.

El índice BMWP/Col calculado para los cuarenta y siete (47) puntos durante la época de bajas precipitaciones, da como resultado una calidad de dudosa a muy crítica (Tabla 157), es importante mencionar que este índice depende para su cálculo de dos variables uno la riqueza de las familias y segundo el rango de tolerancia que tienen estas familias a los niveles de contaminación y que fueron categorizadas en valores (de 1 a 10) donde familias con valores de 1, son organismos tolerantes a la contaminación por materia orgánica y familias con valores a 10, son intolerantes a la contaminación por materia orgánica. Por lo tanto, la riqueza de familias y el valor de categorización donde se encuentren va a afectar en la sumatoria del índice BMWP/Col y por ende en las clases de calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo. Dando esta salvedad, en términos de riqueza para este estudio en muchos de los puntos de muestreo fue baja riqueza, afectando el cálculo de este índice. Por otra parte, en términos de familias y su asignación de tolerancia o intolerancia a la contaminación de materia orgánica o inorgánica para algunos puntos de muestreo se reportan familias que tienen la facultad de tolerar cambios drásticos en su entorno, como los son *Chironomidae, Naididae, Ceratopogonidae*, entre otras, y también se reportan las familias que son intolerantes a la contaminación por materia orgánica.

Es importante mencionar que las familias que son tolerantes a la contaminación dentro del índice son de habito cosmopolita, por lo cual pueden ser reportadas, tanto en cuerpos de agua con o sin contaminación; y que por el contrario con los taxa de calificaciones mas altas no sucede, debido a que estos son especialistas y requieren de condiciones muy particulares para lograr establecerse en un ecosistema saludable.

Las fuertes lluvias presentadas, anterior y durante el monitoreo de temporada de aguas bajas, anomalía causada por el fenómeno de la niña, registrado en todo el país en el año 2022; afectan la riqueza y densidad de individuos, ya que, al aumentar la corriente y la columna de agua, se puede evidenciar un movimiento de muchos organismos que viven aferrados a sustratos, lo cual modifica los resultados esperados y por lo tanto la calificación del BMWP/Col.

Tabla 157 Puntaje BMWP para los diferentes cuerpos de agua

PUNTO	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLASE
P1	28	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P2	42	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P3	53	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P4	22	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P5	51	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III

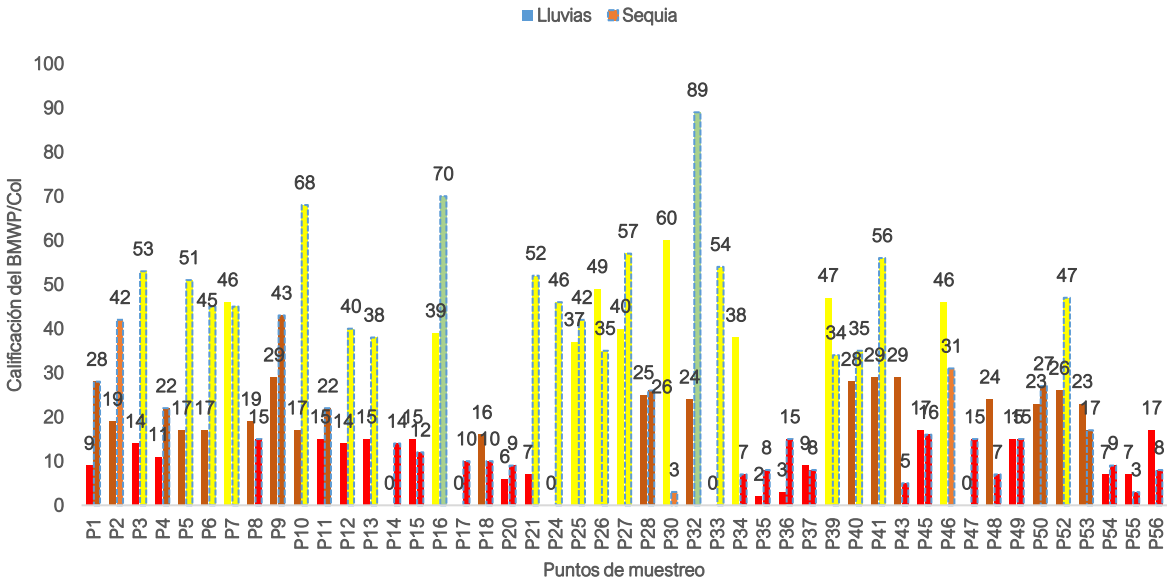
PUNTO	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLASE
P6	45	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P7	45	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P8	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P9	43	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P10	68	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P11	22	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P12	40	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P13	38	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P14	14	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P15	12	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P16	71	ACEPTABLE	LIGERAMENTE CONTAMINADA	II
P17	10	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P18	10	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P20	9	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P21	52	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P24	46	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P25	42	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III

PUNTO	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLASE
P26	35	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P27	57	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P28	26	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P30	3	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P32	89	ACEPTABLE	LIGERAMENTE CONTAMINADA	II
P33	54	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P34	7	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P35	8	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P36	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P37	8	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P39	34	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P40	35	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P41	56	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P43	5	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P45	16	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P46	31	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P47	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P48	7	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P49	15	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V

PUNTO	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	CLASE
P50	27	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P52	47	DUDOSA	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS	III
P53	17	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS	IV
P54	9	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P55	3	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V
P56	8	MUY CRITICA	AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS	V

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Figura 374 Calificación del índice BMWP/Col para 47 puntos de muestreo en dos temporadas climáticas



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

Como se puede observar en la Figura 374 se presenta un comparativo entre las dos épocas monitoreadas, según la calificación arrojada para el índice del BMWP/Col. En algunos puntos se observa que, en la transición de la época de precipitaciones altas a bajas, pasaron de aguas

fuertemente contaminadas a muy contaminadas, esto indica que la riqueza en términos de familias aumento, además de encontrar muchas familias que son indicadoras de aguas limpias lo que favorece al momento de la sumatoria; esto permite suponer que, aunque se presentaron lluvias durante la época de precipitaciones bajas, el establecimiento común de los macroinvertebrados acuáticos durante esta temporada, igualmente fue exitosa, lo cual permitió obtener una mayor riqueza y densidad durante esta época, adicionalmente porque existen organismos particulares que con ciertas características de los cuerpos de agua, logran llegar y realizar parte de su reproducción sobre este ecosistema, permitiendo así obtener mayores capturas de organismos.

1.3.5.3.2 Índice de Calidad Ecológico (ICE).

El estudio de los efectos de la actividad antropogénica sobre la calidad del agua de los sistemas lóticos, mediante herramientas que integran tanto variables ambientales como comunidades biológicas y que son usadas dentro de los planes de ordenamiento del recurso hídrico (PORH), requieren ser documentadas y verificadas con el fin de probar su aplicabilidad y efectividad en la valoración de los programas de control del patrimonio hídrico (Jimenez-Perez P. E., 2019).

Parte de los objetos para el componente biótico dentro del PORH es determinar la calidad ecológica para 57 puntos de muestreo de cuerpos de agua loticos dentro de las unidades hidrográficas de nivel uno (I) que corresponden a los ríos palenque, Negro y Guaquimay de la subzona hidrográfica de rio Carare – Minero, en jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales de Cundinamarca (CAR) y de Boyacá (Corpoboyacá); a través del Índice de Calidad Ecológica (ICE) utilizando como bioindicadores a los macroinvertebrados acuáticos y el fitoperifiton. Como insumos para la elaboración de este índice se utilizaron datos fisicoquímicos y bacteriológicos, obtenidos en la campaña de aguas superficiales en temporada de lluvias y en temporada seca, y, la densidad, tanto de los macroinvertebrados acuáticos y del perifiton, determinadas hasta morfoespecies en 57 puntos de muestreo, con diferentes impactos (minería, ganadería, aguas termales, aguas residuales domésticas).

1.3.5.3.2.1 Campaña 1 – Época de Altas precipitaciones.

- ICE Macroinvertebrados acuáticos.

Los valores del ICE para cada estación fluctuaron entre 3.4 y 8.1. Estos valores están alta y significativamente correlacionados con las puntuaciones de las muestras en el primer eje del RDA. Para esto se utilizó la prueba de Monte Carlo (Smilauer & Leps, 2014) con 999 permutaciones para determinar la significancia de los predictores (< 0,05) lo que representa que el índice resume la mayoría de la información referente a la distribución de los macroinvertebrados con respecto al gradiente de variación ambiental.

Finalmente, se calculó el ICE, el cual presentó valores bajos en 30% de los puntos de monitoreo, dentro de los cuales la quebrada Honduras (P9) fue el menor, sin embargo, se debe prestar especial atención a los puntos de monitoreo con sus valores inferiores a 5 (P5, P12, P11, P2, P25, P6, P1, P8, P3, P20 y P35). Este índice valora la relación de la respuesta de los organismos a las características ambientales en términos de abundancia, valores óptimo y tolerancia (Florez-Cordoba, 2020). En la Tabla 158 se pueden observar dichos resultados.

Tabla 158 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados acuáticos

PUNTO DE MUESTREO		ICE	PUNTO DE MUESTREO		ICE
Quebrada La Mina	P1	3,48	Quebrada Mundo Nuevo	P28	7,37
Quebrada Yacopí Grande	P2	2,47	Quebrada Mundo Nuevo	P30	7,35
Quebrada El Lajón	P3	4,47	Quebrada Alcaparral	P32	6,37
Quebrada La Venta	P4	5,03	Río Negro	P34	6,93
Río Guaquimay	P5	2,32	Río Negro	P35	4,90
Quebrada Cardonal	P6	3,35	Río Negro	P36	5,14
Quebrada Honduras	P7	2,24	Quebrada El Espejo	P37	6,14
Río Guaquimay	P8	4,01	Río Palenque	P39	6,83
Quebrada Honduras	P9	2,23	Quebrada Los Órganos	P40	6,16
Quebrada NN 3	P10	6,19	Rio Villamizar	P41	6,34
Quebrada La Mina	P11	2,39	Río Villamizar	P43	6,10
Quebrada Cardonal	P12	2,33	Quebrada Venecia	P45	6,46
Quebrada Taupa	P13	5,91	Quebrada Siria	P46	5,60

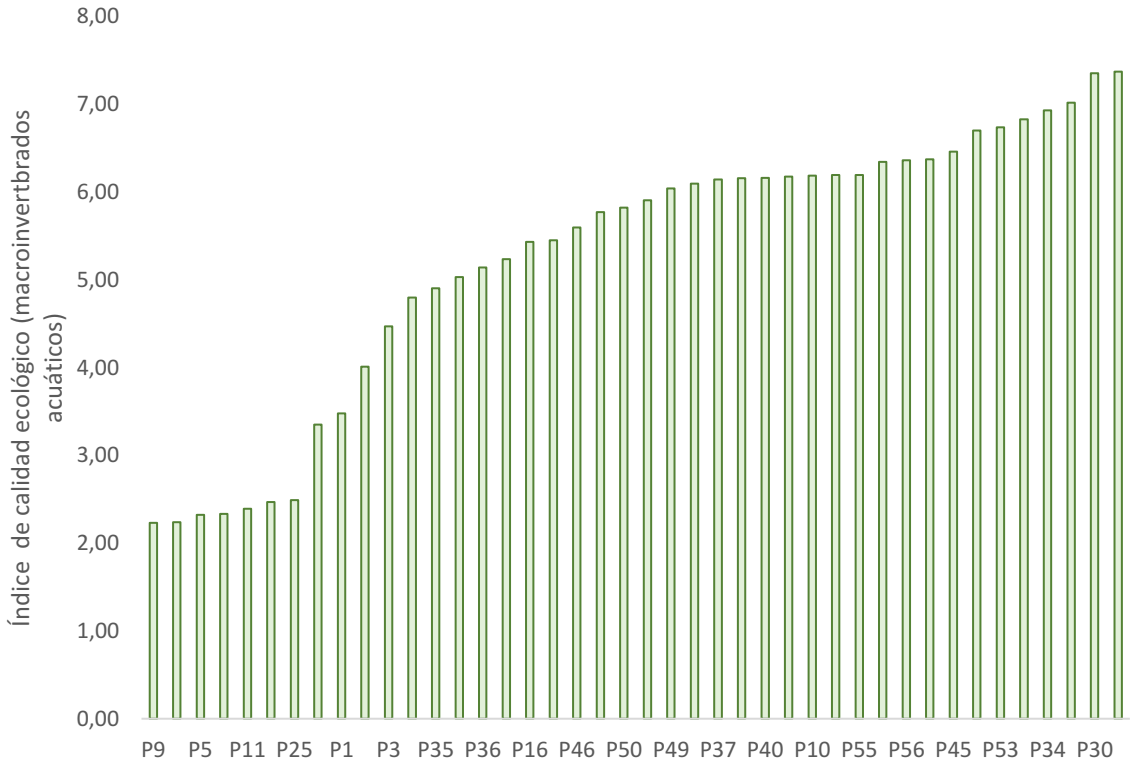
PUNTO DE MUESTREO		ICE	PUNTO DE MUESTREO		ICE
Quebrada NN 2	P16	5,43	Quebrada Chipichipi	P48	5,77
Quebrada Isabí	P18	5,45	Quebrada La Honda	P49	6,04
Río Negro	P20	4,80	Quebrada La Piedra	P50	5,82
Quebrada El Cobre	P21	6,70	Quebrada La Vergara	P52	5,24
Río Negro	P23	6,16	Río Villamizar	P53	6,74
Quebrada Mamercha	P25	2,49	Río Palenque	P54	6,20
Río Mencipa	P26	7,02	Río Palenque	P55	6,20
Quebrada Mundo Nuevo	P27	6,18	Quebrada Upane	P56	6,36

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

Aunque los resultados obtenidos por el indicador ICE, muestran una calidad ambiental de critica a moderada, es importante resaltar la presencia marcada de organismos que son muy sensibles a disturbios en el ambiente y al enriquecimiento de carga organica residual, como es el caso de la mayoría de representantes de las familias Leptophlebiidae y Baetidae, asociados comumente a cuerpos de agua con buenas corrientes, transparentes y bien oxigenadas que les brindan las condiciones especiales para el desarrollo de las formas inmaduras de los efemerópteros en este ambiente. Al igual que sucede con los tricopteros pertenecientes a las familias Hydropsychidae y Leptoceridae (Roldán, 2016).

Y en correspondencia con lo mencionado anteriormente, la aparición de familias como Chironomidae, Ceratopogonidae y Culicidae, que comúnmente para el índice BMWP/Col están asociadas con cuerpos de agua contaminadas; aunque fueron reportadas en algunos de los puntos monitoreados, no presentan densidades significativas. Por lo cual estas se asocian más, con su comportamiento cosmopolita, donde puede habitar en diferentes ecosistemas pero que al no haber un aporte considerable de contaminación orgánica, estas no se reproducen de manera exponencial.

Figura 375 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados en los 25 puntos de muestreo Época de Altas precipitaciones



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

- ICE Perifiton.

Los resultados del índice de calidad ecológica por estación de monitoreo se presentan en la siguiente tabla en una escala de 1 a 10, tal como se orientó desde el re-escalamiento. Los valores menores se asocian con una condición crítica en la calidad ecológica para el desarrollo de las algas perifíticas registradas en los 25 puntos de muestreo donde se generó algún registro de perifiton, mientras que los mayores valores corresponden a una buena calidad ecológica. Así pues, los resultados del ICE indican que las estaciones P3 (quebrada el Lajon), P4 (quebrada la Mina), P8 (río Guaquimay), P11 (quebrada la Mina), P28 (rio Mencipa), P35 (río negro), P40 (quebrada los órganos), P45 (quebrada Venecia), P54 (río Palenque), P56 (quebrada Upane) fueron las que se encontraron en condición crítica.

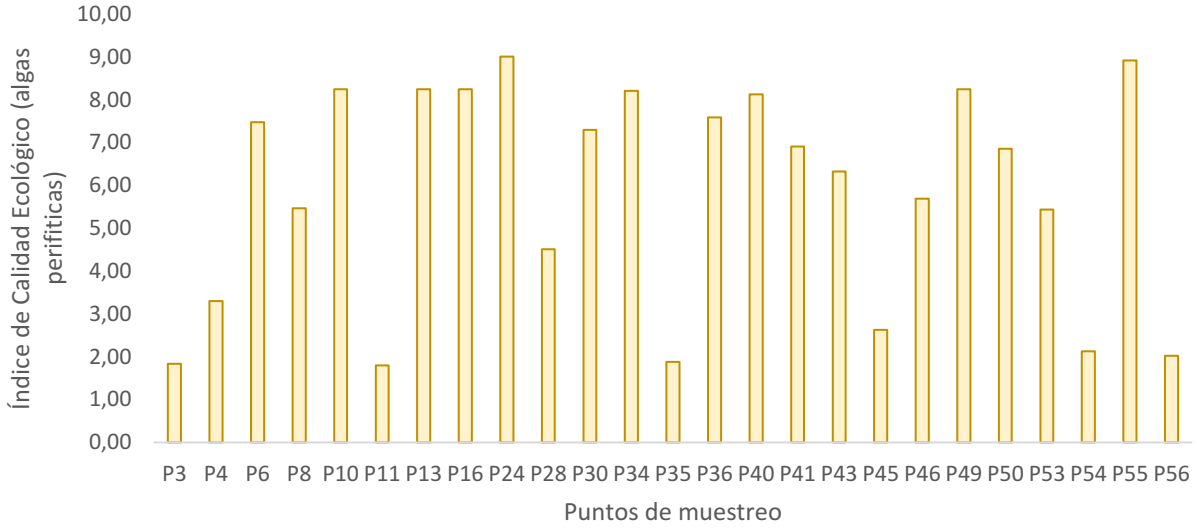
Tabla 159 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas

PUNTO DE MUESTREO		ICE
Quebrada Cardonal	P6	7,48
Quebrada el Lajón	P3	1,84
Quebrada la Honda	P49	8,25
Quebrada la Mina	P4	3,30
	P11	1,80
Quebrada la Piedra	P50	6,86
Quebrada los Órganos	P40	8,13
Quebrada Mundo Nuevo	P28	4,51
	P30	7,30
Quebrada NN2	P16	8,25
Quebrada NN3	P10	8,25
Quebrada Siria	P46	5,69
Quebrada Taupa	P13	8,25
Quebrada Upane	P56	2,02
Quebrada Venecia	P45	2,63
Río Guaquimay	P8	5,47
Rio Mencipa	P24	9,01
Río negro	P34	8,21
	P35	1,88
	P36	7,59
Río Palenque	P54	2,13
	P55	8,92
Rio Villamizar	P41	6,91
	P43	6,33
	P53	5,44

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En contraste los puntos P10 (quebrada NN), P13 (quebrada Taupa), P16 (quebrada NN), P24 (rio Mencipa), P34 (río negro), P49 (quebrada la Honda) y P55 (río Palenque) obtuvieron los puntajes más altos del ICE, donde *Navicula* sp fue la morfoespecie más representativa (28%), considerado como de interés en el análisis por su valor óptimo alto y baja tolerancia.

Figura 376 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas en los 25 puntos de muestreo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

Entre las características ecológicas de Navicula, se describe que ocurre en casi todas las muestras de ficoperifíton que contienen diatomeas, sin embargo más allá de su descripción genérica, morfológicamente el taxón descrito en estos puntos podría tener afinidad con las siguientes especies: Navicula lanceolata (= N. avenacea), de amplia distribución, común y puede dominar el perifiton en corrientes de baja a moderada conductividad, o también puede tratarse de Navicula cryptocephala, de distribución generalizada y común; ocasionalmente domina el perifiton en corrientes relativamente limpias (Biggs & Kilroy, 2000); (Jimenez-Perez P. E., 2019).

Además de *Navicula* sp, se obtuvieron otros morfotipos con un alto óptimo y baja tolerancia, congruentemente tienen características ecológicas que se pueden asociar su abundancia en la estación donde se registraron. Por ejemplo, en el punto P34 (río negro), además de *Navicula* sp, fue representativo *Stauroneis sp* (este género se encuentra cuerpos de agua de en zonas montañosas y oligotróficas) (Cho, 2014), pueden ser muy comunes en corrientes bastante limpias (Biggs & Kilroy, 2000); (Guiry, 2022), por consiguiente estos tres géneros son propios de un ambiente con bajas perturbaciones.

1.3.5.3.2.2 Campaña 2 – Época de Bajas Precipitaciones.

- ICE Macroinvertebrados acuáticos.

Los valores del ICE para cada estación fluctuaron entre 1.18 y 8.98 (Tabla 160) Estos valores están alta y significativamente correlacionados con las puntuaciones de las muestras en el primer eje del CCA. Se utilizó la prueba de Monte Carlo (Smilauer & Leps, 2014) con 999 permutaciones para determinar la significancia de los predictores (< 0,05) lo que significa que el índice resume la mayoría de la información referente a la distribución de los macroinvertebrados con respecto al gradiente de variación ambiental.

Finalmente, se calculó el ICE, el cual presentó valores bajos en 70% de los puntos de monitoreo, dentro de los cuales Quebrada Mundo Nuevo (P28), fue el menor, sin embargo, se debe prestar especial atención a todos los puntos de monitoreo, dados sus valores inferiores a 5. Este índice valora la relación de la respuesta de los organismos a las características ambientales en términos abundancia, valores óptimo y tolerancia (Florez-Cordoba, 2020). En la siguiente tabla se pueden observar dichos resultados (Figura 377).

Tabla 160 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados acuáticos.

PUNTO DE MUESTREO		ICE	PUNTO DE MUESTREO		ICE
Quebrada La Mina	P1	1,339	Quebrada Mundo Nuevo	P27	1,57
Quebrada Yacopí Grande	P2	1,3	Quebrada Mundo Nuevo	P28	1,15
Quebrada El Lajón	P3	2,35	Quebrada Mundo Nuevo	P30	8,98
Quebrada La Venta	P4	5,32	Quebrada Alcaparral	P32	1,28
Río Guaquimay	P5	1,3	Quebrada NN	P33	1,19
Quebrada Cardonal	P6	1,33	Río Negro	P34	1,3
Quebrada Honduras	P7	1,65	Río Negro	P35	1,07
Río Guaquimay	P8	1,83	Río Negro	P36	1,27
Quebrada Honduras	P9	1,3	Quebrada El Espejo	P37	1,2
Quebrada NN 3	P10	1,28	Río Palenque	P39	1,27
Quebrada La Mina	P11	1,32	Quebrada Los Órganos	P40	1,21
Quebrada Cardonal	P12	1,32	Rio Villamizar	P41	1,4
Quebrada Taupa	P13	1,31	Río Villamizar	P43	1,29
Río Guaquimay	P14	1,24	Quebrada Venecia	P45	1,2
Río Guaquimay (Desembocadura)	P15	1,35	Quebrada Siria	P46	1,34
Quebrada NN 2	P16	1,48	Quebrada Chipichipi	P48	1,3
Río Negro (Desembocadura)	P17	1,29	Quebrada La Honda	P49	1,47
Quebrada Isabí	P18	1,18	Quebrada La Piedra	P50	1,2
Río Negro	P20	1,2	Quebrada La Vergara	P52	1,29
Quebrada El Cobre	P21	1,3	Río Villamizar	P53	1,36

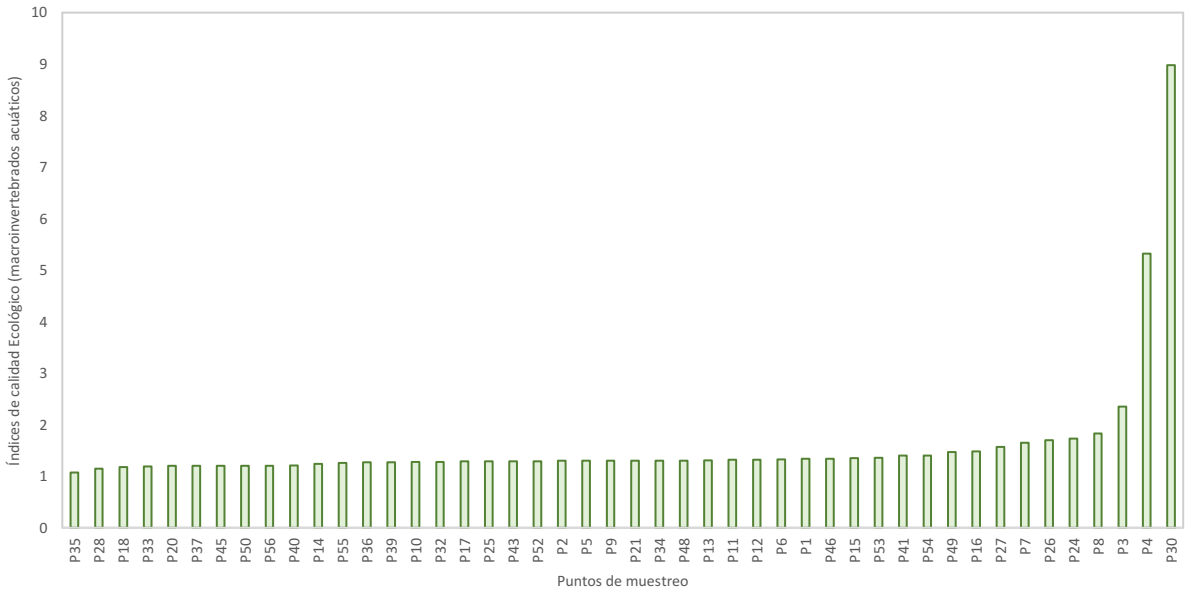
PUNTO DE MUESTREO		ICE	PUNTO DE MUESTREO		ICE
Río Mencipa	P24	1,73	Río Palenque	P54	1,4
Quebrada Mamercha	P25	1,29	Río Palenque	P55	1,26
Río Mencipa	P26	1,7	Quebrada Upane	P56	1,2

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Teniendo en cuenta las puntuaciones de las morfoespecies evaluadas según su optimo, se encontró que en su mayoría fueron correspondientes a estados de calidad crítica (OP_1 <4,9), solo una estuvo asociada a condiciones de buena calidad ecológica (OP_1>6,0) (*Helochares_sp*), siendo este mismo coleoptero el que obtuvo un valor de tolerancia más alto.

La presencia de algunas morfoespecies de efemerópteros, tricoptero y coleópteros, en gran densidad y en la mayoría de los puntos de monitoreo, son bioindicadoras de baja contaminación y presentan una alta sensibilidad a cambios en su hábitat, por esto se asocian a cuerpos de agua limpios, transparentes y con alta oxigenación, características encontradas en la mayoría de los cuerpos de agua. Por tanto, es importante entender que, aunque este análisis es un indicativo de la calidad ecológica de los ecosistemas evaluados, este al tener al evaluar en conjunto la densidad y riqueza encontrada, puede arrojar valores bajos al no obtener valores altos en estos, y por tanto no ser concluyente en el análisis final. Es por esto que siempre es importante, tener presente la bioindicación que nos dan los diferentes organismos encontrados, y que, para este estudio, se encuentran asociados a una categoría entre aguas limpias a levemente contaminadas.

Figura 377 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en macroinvertebrados acuáticos en los 47 puntos de muestreo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

- ICE Perifiton.

Los resultados del índice de calidad ecológica por estación de monitoreo se presentan en la siguiente tabla en una escala de 1 a 10, tal como se orientó desde el re-escalamiento. Los valores menores se asocian con una condición crítica en la calidad ecológica para el desarrollo de las algas perifíticas registradas en los 46 puntos de muestreo donde se generó algún registro de perifiton, mientras que los mayores los puntos de muestreo, P13 (Quebrada Taupa), P20 (rio Negro), P21 (quebrada el Cobre), P28 y P30 (quebrada Mundo Nuevo), fueron las que se encontraron en condición crítica.

Tabla 161 Valores por puntos de muestreo del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas-Época de Bajas Precipitaciones

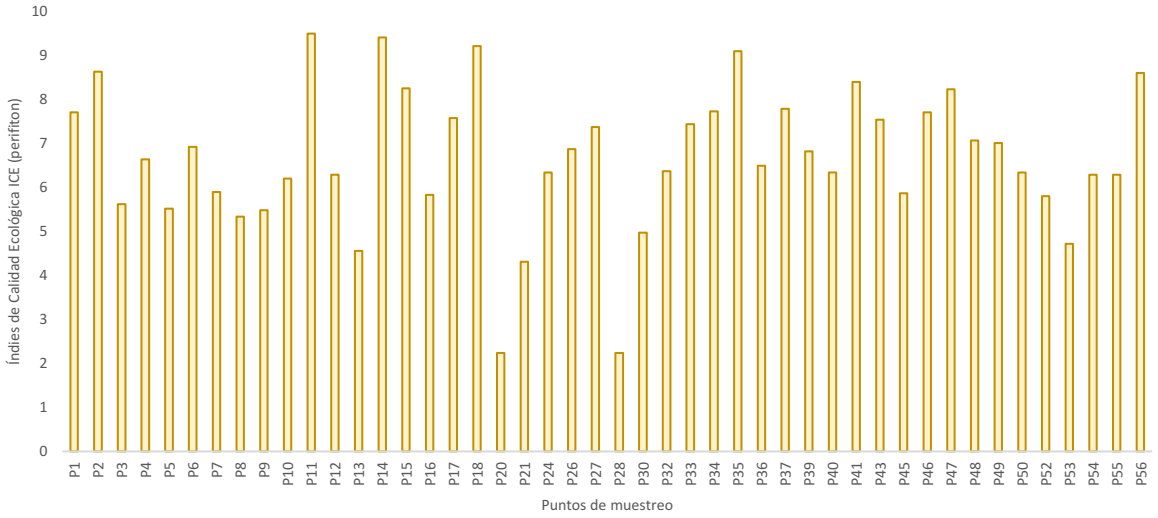
PUNTO DE MUESTREO		ICE	PUNTO DE MUESTREO		ICE
Quebrada La Mina	P1	7,71	Quebrada Mundo Nuevo	P28	2,24
Quebrada Yacopí Grande	P2	8,63	Quebrada Mundo Nuevo	P30	4,97
Quebrada El Lajón	P3	5,62	Quebrada Alcaparral	P32	6,37
Quebrada La Venta	P4	6,64	Quebrada NN	P33	7,44
Río Guaquimay	P5	5,52	Río Negro	P34	7,73
Quebrada Cardonal	P6	6,92	Río Negro	P35	9,1
Quebrada Honduras	P7	5,9	Río Negro	P36	6,49
Río Guaquimay	P8	5,34	Quebrada El Espejo	P37	7,79
Quebrada Honduras	P9	5,48	Río Palenque	P39	6,82
Quebrada NN 3	P10	6,2	Quebrada Los Órganos	P40	6,34
Quebrada La Mina	P11	9,5	Rio Villamizar	P41	8,4
Quebrada Cardonal	P12	6,29	Río Villamizar	P43	7,54
Quebrada Taupa	P13	4,56	Quebrada Venecia	P45	5,87
Río Guaquimay	P14	9,41	Quebrada Siria	P46	7,71
Río Guaquimay (Desembocadura)	P15	8,25	Río Villamizar	P47	8,23
Quebrada NN 2	P16	5,83	Quebrada Chipichipi	P48	7,07

PUNTO DE MUESTREO		ICE	PUNTO DE MUESTREO		ICE
Río Negro (Desembocadura)	P17	7,58	Quebrada La Honda	P49	7,01
Quebrada Isabí	P18	9,21	Quebrada La Piedra	P50	6,34
Río Negro	P20	2,24	Quebrada La Vergara	P52	5,8
Quebrada El Cobre	P21	4,31	Río Villamizar	P53	4,72
Río Mencipa	P24	6,34	Río Palenque	P54	6,29
Río Mencipa	P26	6,87	Río Palenque	P55	6,29
Quebrada Mundo Nuevo	P27	7,37	Quebrada Upane	P56	8,6

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En contraste los puntos P10 (quebrada NN), P13 (quebrada Taupa), P16 (quebrada NN), P24 (rio Mencipa), P34 (rio Negro) , P49 (quebrada la Honda) y P55 (rio Palenque) obtuvieron los puntajes más altos del ICE, donde *Navicula* sp fue la morfoespecie más representativa (28%), considerado como de interés en el análisis por su valor óptimo alto y baja tolerancia, como se presenta en la siguiente figura.

Figura 378 Distribución del Índice de Calidad Ecológica basado en algas perifíticas en los 25 puntos de muestreo



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

Entre las características ecológicas de *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, diatomeas recurrentes en las muestras de fitoperifíton, estos son géneros de amplia distribución, común y puede dominar el

perifiton en corrientes de baja a moderada conductividad, muchas de ellas dependientes de la cantidad de nutrientes encontrados en el sistema (Biggs & Kilroy, 2000) (Jimenez-Perez P. E., 2019).

1.3.5.3.3 Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico (IPPH).

El promedio ponderado hidrobiológico es la obtención de un único valor indicador basado en los valores de calidad hidrobiológica de cada una de las comunidades evaluadas en la cuenca priorizada. La ponderación de cada índice es requerida para darle un valor de importancia de acuerdo con las respuestas entre los factores bióticos y abióticos, esto se debe a que los organismos de cada una de las comunidades presentan respuestas distintas a las variables físico-químicas, de esta manera, se da más peso a los valores que mejor respuesta presenten a la calidad físico-química. (CORNARE, 2021).

Los puntajes de calidad ecológica obtenidos del IPPH se interpretan y se representan cartográficamente de acuerdo con la Tabla 162.

Tabla 162 Categorización e interpretación del IPPH

VALOR	INTERPRETACIÓN	COLOR
>7,0 - <=10,0	Aguas muy limpias	
>5,0 - <=7,0	Aguas ligeramente contaminadas	
>3,0 - <=5,0	Aguas moderadamente contaminadas	
>1,0 - <=3,0	Aguas muy contaminadas	
<=1,0	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018

1.3.5.3.3.1 Campaña 1 – Época de Altas precipitaciones.

A continuación, se presentan los resultados del índice promedio ponderado hidrobiológico (IPPH) para la campaña de muestreo realizada en la temporada de altas precipitaciones.

Tabla 163 Índice promedio ponderado en la campaña de lluvias.

Estación	ICE Macroinvertebrados	ICE Perifiton	IPPH
P3	6,128	1,923	4,0
P4	6,116	3,402	4,8
P6	7,389	7,514	7,5
P8	6,627	5,467	6,0
P10	5,208	8,277	6,7
P11	8,408	1,922	5,2
P13	5,179	8,277	6,7
P16	5,943	8,277	7,1
P28	3,615	4,570	4,1
P30	3,748	7,330	5,5
P34	3,918	8,252	6,1
P35	6,082	1,979	4,0
P36	5,959	7,630	6,8

Estación	ICE Macroinvertebrados	ICE Perifiton	IPPH
P40	4,986	2,350	3,7
P41	4,704	6,822	5,8
P43	4,966	6,374	5,7
P45	4,666	2,711	3,7
P46	5,670	5,755	5,7
P49	5,169	8,277	6,7
P50	5,146	6,763	6,0
P53	4,535	5,517	5,0
P54	5,159	2,249	3,7
P55	5,159	8,938	7,0
P56	4,575	2,126	3,4

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En general se observa que los puntos muestreados durante la campaña de lluvias presentaron una calidad entre aguas moderadamente contaminadas y aguas muy limpias.

Según el índice promedio ponderado hidrobiológico (IPPH), que incluye dos comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados acuáticos, perifiton), entre los puntos de muestreo que presentaron mejor calidad del agua fueron: P6 quebrada Cardonal (7.50), P16 quebrada NN2 (7.10) y P55 (rio Palenque). Estos resultados concuerdan con la época (noviembre del 2021), ya que fue de lluvias, con una alta posibilidad de la dilución de nutrientes por el aumento de la columna de agua y del caudal. Por tal motivo, esto permite que varios taxa no presenten dominancia en estos puntos de muestreo para los grupos de macroinvertebrados y perifiton.

1.3.5.3.3.2 Campaña 2 – Época de Bajas Precipitaciones.

A continuación, se presentan los resultados del índice promedio ponderado hidrobiológico (IPPH) para la campaña de muestreo realizada en la temporada de bajas precipitaciones.

Tabla 164 Índice promedio ponderado en la campaña de bajas precipitaciones.

E	ICE Macroinv.	ICE Perif	IPPH
P1	1,339	7,71	4,5
P2	1,3	8,63	5,0
P3	2,35	5,62	4,0
P4	5,32	6,64	6,0
P5	1,3	5,52	3,4
P6	1,33	6,92	4,1
P7	1,65	5,9	3,8
P8	1,83	5,34	3,6
P9	1,3	5,48	3,4
P10	1,28	6,2	3,7
P11	1,32	9,5	5,4

E	ICE Macroinv.	ICE Perif	IPPH
P12	1,32	6,29	3,8
P13	1,31	4,56	2,9
P14	1,24	9,41	5,3
P15	1,35	8,25	4,8
P16	1,48	5,83	3,7
P17	1,29	7,58	4,4
P18	1,18	9,21	5,2
P20	1,2	2,24	1,7
P21	1,3	4,31	2,8
P24	1,73	6,34	4,0
P26	1,7	6,87	4,3
P27	1,57	7,37	4,5
P28	1,15	2,24	1,7
P30	8,98	4,97	7,0
P32	1,28	6,37	3,8
P33	1,19	7,44	4,3
P34	1,3	7,73	4,5
P35	1,07	9,1	5,1
P36	1,27	6,49	3,9
P37	1,2	7,79	4,5
P39	1,27	6,82	4,0
P40	1,21	6,34	3,8
P41	1,4	8,4	4,9
P43	1,29	7,54	4,4
P45	1,2	5,87	3,5
P46	1,34	7,71	4,5
P48	1,3	7,07	4,2
P49	1,47	7,01	4,2
P50	1,2	6,34	3,8
P52	1,29	5,8	3,5
P53	1,36	4,72	3,0
P54	1,4	6,29	3,8
P55	1,26	6,29	3,8
P56	1,2	8,6	4,9

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En general se observa que los puntos muestreados durante la campaña de lluvias presentaron entre aguas moderadamente contaminadas y aguas muy limpias.

Según el índice promedio ponderado hidrobiológico (IPPH) que incluye dos comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados acuáticos, perifiton) entre los puntos de muestreo que presentaron mejor calidad del agua para la temporada de sequía fueron: P4 quebrada la Venta (6,0), P11 quebrada la Mina (5,4) y P14 (Río Guaquimay), P18 (Quebrada Isabí), P30 (Quebrada Mundo Nuevo) y P35 (Rio Negro). Estos resultados concuerdan con la época (febrero del 2022), ya que fue de sequía, sin embargo, en la mayoría de los días de muestreo hubo lluvias en las cabeceras de los cuerpos de agua eso puede afectar en muchos de los resultados fisicoquímicos e hidrobiológicos, ya que hay una alta posibilidad de la dilución de nutrientes por el aumento de la columna de agua y del caudal. Por tal motivo, esto permite que varios taxa no presenten dominancia en estos puntos de muestreo para los grupos de macroinvertebrados y perifiton.

1.3.5.4 Análisis de resultados del Índice de Calidad del agua (ICA) e Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico (IPPH).

A continuación, se presenta la relación entre los resultados del ICA como índice fisicoquímico y el IPHH como índice hidrobiológico para ambas campañas de monitoreo.

Tabla 165 Análisis de resultados de Índice de Calidad del Agua e Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico primer campaña de monitoreo de altas precipitaciones.

ID	PUNTO	CUERPO DE AGUA	ICA	IPPH
1	Punto 1	Quebrada La Mina	0,52	
2	Punto 2	Quebrada Yacopí Grande	0,62	
3	Punto 3	Quebrada El Lajón	0,73	4
4	Punto 4	Quebrada La Venta	0,53	4,8
5	Punto 5	Río Guaquimay	0,45	
6	Punto 6	Quebrada Cardonal	0,71	7,5
7	Punto 7	Quebrada Honduras	0,80	
8	Punto 8	Río Guaquimay	0,60	6
9	Punto 9	Quebrada Honduras	0,48	
10	Punto 10	Quebrada NN 3	0,76	6,7
11	Punto 11	Quebrada La Mina	0,39	5,2
12	Punto 12	Quebrada Cardonal	0,73	
13	Punto 13	Quebrada Taupa	0,77	6,7
14	Punto 14	Río Guaquimay	0,48	
15	Punto 15	Río Guaquimay (Desembocadura)	0,46	
16	Punto 16	Quebrada NN 2	0,72	7,1
17	Punto 17	Río Negro (Desembocadura)	0,50	
18	Punto 18	Quebrada Isabí	0,81	
19	Punto 19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	0,50	

ID	PUNTO	CUERPO DE AGUA	ICA	IPPH
20	Punto 20	Río Negro	0,45	
21	Punto 21	Quebrada El Cobre	0,85	
22	Punto 22	Vertimiento Paime	0,46	
23	Punto 23	Río Negro	0,49	
24	Punto 24	Río Mencipa	0,49	
25	Punto 25	Quebrada Mamercha	0,73	
26	Punto 26	Río Mencipa	0,81	
27	Punto 27	Quebrada Mundo Nuevo	0,82	
28	Punto 28	Quebrada Mundo Nuevo	0,70	4,1
29	Punto 29	Vertimiento Villagómez	0,49	
30	Punto 30	Quebrada Mundo Nuevo	0,70	5,5
31	Punto 31	Río Negro	0,41	
32	Punto 32	Quebrada Alcaparral	0,77	
33	Punto 33	Quebrada NN	0,69	
34	Punto 34	Río Negro	0,48	6,1
35	Punto 35	Río Negro	0,32	4
36	Punto 36	Río Negro	0,73	6,8
37	Punto 37	Quebrada El Espejo	0,91	
38	Punto 38	Vertimiento San Cayetano	0,44	
39	Punto 39	Río Palenque	0,93	
40	Punto 40	Quebrada Los Órganos	0,83	3,7
41	Punto 41	Rio Villamizar	0,90	5,8
42	Punto 42	Vertimiento Camancha	0,53	
43	Punto 43	Río Villamizar	0,85	5,7
44	Punto 44	Vertimiento Coper (Principal)	0,51	
45	Punto 45	Quebrada Venecia	0,76	3,7
46	Punto 46	Quebrada Siria	0,75	5,7
47	Punto 47	Río Palenque	0,45	
48	Punto 48	Quebrada Chipichipi	0,44	
49	Punto 49	Quebrada La Honda	0,56	6,7
50	Punto 50	Quebrada La Piedra	0,65	6
51	Punto 51	Vertimiento Buenavista	0,45	
52	Punto 52	Quebrada La Vergara	0,71	
53	Punto 53	Río Villamizar	0,69	5
54	Punto 54	Río Palenque	0,48	3,7
55	Punto 55	Río Palenque	0,56	7
56	Punto 56	Quebrada Upane	0,62	3,4
57	Punto 57	Río Palenque (Desembocadura)	0,45	

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior tabla se relacionan los resultados de ICA y de IPPH obtenidos para la primera campaña de monitoreo de altas precipitaciones, que permiten identificar de dos maneras, la calidad del agua, teniendo en cuenta los rangos de cada uno de los índices. Cabe mencionar que los dos índices de calidad manejan rangos diferentes, pero se categoriza en colores de la misma manera. En general se observa que todos los valores de los puntos muestreados durante la campaña de lluvias están entre regulares y buenos según la clasificación de los dos indicativos.

De otra parte, cabe destacar que en 24 de los 51 puntos (47,058%), hay presencia de organismos que permita realizar el cálculo correspondiente al IPPH, esto se debe principalmente a las condiciones de altas precipitaciones que favorecen el aumento de los caudales de los cuerpos de agua y por ende el mismo arrastre de los microorganismos que se encuentran en estos.

Por otro lado, cabe destacar la relación que tienen ambos índices en cuanto a la presencia de contaminación tanto en parámetros fisicoquímicos como en los parámetros hidrobiológicas y comunidades de microorganismos encontradas en los análisis de laboratorio y en el trabajo de campo. Por su parte para el punto 4. Quebrada La Venta se puede observar que ambos índices presentan una clasificación regular, esto se relaciona para el ICA con los valores elevados de DQO y de SST encontrados en la muestra y que afectan directamente el cálculo, además, por el lado del IPPH se relaciona con la presencia de macroinvertebrados acuáticos y de perifiton, que se encuentran por encima de los valores óptimos y de tolerancia aceptables para cuerpos de agua superficial.

Caso contrario al punto relacionado anteriormente, sucede con el Punto 6. Quebrada Cardonal, el cual presenta una clasificación Aceptable para ambos índices, esto se relaciona inicialmente con los bajos valores encontrados para Nitrógeno, Fósforo, SST, DQO y de igual manera la *Escherichia Coli* en el cálculo del ICA, relacionándose de igual manera con la ubicación del cuerpo de agua en una zona rural donde no se distinguen vertimientos de importancia en el territorio, además, para las comunidades hidrobiológicas se presenta un valor de Índice de Calidad Ecológica favorable debido a la presencia de especies de perifiton que funcionan como bioindicadores de buena calidad del agua.

Para el punto 8 ubicado en el Río Guaquimay, se presenta un contraste en el resultado de los índices, esto principalmente a la clasificación de ICA Regular que se relaciona directamente con la alta presencia de SST los cuales se favorecen por la misma presencia de lluvias y arrastre de sedimentos, sin embargo, por parte del IPPH se presenta una clasificación buena asociado a la presencia encontrada de algas perifíticas y de macroinvertebrados, lo cual se ve influenciado por los altos niveles de oxígeno disuelto y un pH neutro favorable.

Para el caso de la unidad hidrográfica del Río Negro, se presenta en la corriente principal el análisis sobre 3 puntos específicos, que son los puntos 34, 35 y 36. Para estos puntos se presentan clasificaciones y condiciones variables con respecto a los índices calculados, ya que, vemos que el ICA se encuentra en regular para los puntos 34 y 35, mientras que para el punto 36 se encuentra en aceptable, esto se da principalmente por la ubicación de los mismos puntos, por su parte el punto 36 se encuentra en la parte alta de la unidad hidrográfica donde todavía no hay influencia importante de

vertimientos que afecten la calidad del agua, este se refleja en los niveles bajos de SST y DQO, de igual manera, presenta un nivel óptimo de oxígeno disuelto y un pH neutro que favorece la presencia de comunidades de microorganismos que se ve reflejado en el resultado del IPPH con una clasificación buena por la relación con los macroinvertebrados y perifiton encontrados. Por su parte para el punto 34 se presenta una condición similar con el IPPH ya que tiene una clasificación buena, sin embargo, presenta un ICA Regular, esto asociado principalmente a las altas concentraciones encontradas de DQO favorecida por la presencia de vertimientos en la zona y la influencia en estos del CP El Albergue del municipio de San Cayetano, caso que de igual manera sucede con el punto 35, ya que, se encuentran en la zona media del cuerpo de agua.

Finalmente, para la unidad hidrográfica del Río Palenque, se presentan dos casos puntuales que generan una disparidad en los puntos 40. Quebrada los órganos y 45. Quebrada Venecia, ya que, presenta un ICA Aceptable debido a las bajas concentraciones encontradas SST, DQO y Conductividad eléctrica, además, un pH neutro y una buena presencia de oxígeno disuelto, caso por el cual se supondría que la presencia de microorganismos apoyaría el resultado de calidad del agua óptima, sin embargo, para el IPPH en estos puntos se da una clasificación regular, ya que se presenta baja presencia de microorganismos, esto se puede asociar directamente a las mismas condiciones encontradas en los cuerpos de agua por el aumento de los caudales y por tanto por el arrastre de los microorganismos, pero, a su vez, en el aumento en la capacidad de dilución y asimilación de contaminantes por parte de las fuentes hídricas.

Por su parte, el río Villamizar como tributario principal de la unidad hidrográfica del Río Palenque, presenta condiciones favorables para ambos índices, tal cual como se observa en los puntos 41, 43 y 53, ya que, presentan clasificación entre buena y aceptable para ambos índices, sin embargo, se presenta para el punto 53 una condición de ICA Regular, que si bien el valor resultado no es tan bajo y de hecho roza la clasificación de aceptable, este se asocia a la presencia elevada de nitrógeno en la muestra tomada lo cual afecta el cálculo del ICA.

Para la corriente principal del Río Palenque, se presentan condiciones naturales y normales en la calidad de un cuerpo de agua, esto reflejado en los resultados arrojas en el ICA principalmente, ya que, se observa que a medida que va desde su parte alta (Punto 39) hacia su desembocadura (Punto 57) se observa el deterioro pasando de un ICA Bueno a ICA Malo. Por otro lado, para el punto 55 Río Palenque, podemos observar el alto valor de IPPH, el cual relaciona un bioindicador de buena calidad del agua por la presencia de macroinvertebrados acuáticos y perifiton favorecidos por la dinámica de baja turbulencia que se presenta en la parte baja del cuerpo de agua, sin embargo, se presenta un ICA Regular precisamente debido a que se encuentra el punto ubicado en la parte baja y en este ya se encuentra alta presencia de SST que se recogen a lo largo del mismo transcurso del Río.

Tabla 166 Comparativo ICA – IPPH segunda campaña de monitoreo de bajas precipitaciones.

ID	Punto	Cuerpo de Agua	ICA	IPPH
1	Punto 1	Quebrada La Mina	0,66	4,5
2	Punto 2	Quebrada Yacopí Grande	0,67	5
3	Punto 3	Quebrada El Lajón	0,59	4

ID	Punto	Cuerpo de Agua	ICA	IPPH
4	Punto 4	Quebrada La Venta	0,54	6
5	Punto 5	Río Guaquimay	0,51	3,4
6	Punto 6	Quebrada Cardonal	0,7	4,1
7	Punto 7	Quebrada Honduras	0,67	3,8
8	Punto 8	Río Guaquimay	0,62	3,6
9	Punto 9	Quebrada Honduras	0,59	3,4
10	Punto 10	Quebrada NN 3	0,65	3,7
11	Punto 11	Quebrada La Mina	0,51	5,4
12	Punto 12	Quebrada Cardonal	0,67	3,8
13	Punto 13	Quebrada Taupa	0,78	2,9
14	Punto 14	Río Guaquimay	0,56	5,3
15	Punto 15	Río Guaquimay (Desembocadura)	0,59	4,8
16	Punto 16	Quebrada NN 2	0,64	3,7
17	Punto 17	Río Negro (Desembocadura)	0,45	4,4
18	Punto 18	Quebrada Isabí	0,64	5,2
19	Punto 19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	0,44	
20	Punto 20	Río Negro	0,4	1,7
21	Punto 21	Quebrada El Cobre	0,73	2,8
22	Punto 22	Vertimiento Paime	0,63	
23	Punto 23	Río Negro	0,36	
24	Punto 24	Río Mencipa	0,65	4
25	Punto 25	Quebrada Mamercha	0,6	
26	Punto 26	Río Mencipa	0,68	4,3
27	Punto 27	Quebrada Mundo Nuevo	0,65	4,5
28	Punto 28	Quebrada Mundo Nuevo	0,55	1,7
29	Punto 29	Vertimiento Villagómez	0,53	
30	Punto 30	Quebrada Mundo Nuevo	0,46	7
31	Punto 31	Río Negro	0,48	
32	Punto 32	Quebrada Alcaparral	0,66	3,8
33	Punto 33	Quebrada NN	0,7	4,3
34	Punto 34	Río Negro	0,33	4,5
35	Punto 35	Río Negro	0,42	5,1
36	Punto 36	Río Negro	0,68	3,9
37	Punto 37	Quebrada El Espejo	0,78	4,5
38	Punto 38	Vertimiento San Cayetano	0,49	
39	Punto 39	Río Palenque	0,88	4
40	Punto 40	Quebrada Los Órganos	0,65	3,8
41	Punto 41	Rio Villamizar	0,84	4,9
42	Punto 42	Vertimiento Camancha	0,49	
43	Punto 43	Río Villamizar	0,88	4,4

ID	Punto	Cuerpo de Agua	ICA	IPPH
44	Punto 44	Vertimiento Coper (Principal)	0,47	
45	Punto 45	Quebrada Venecia	0,74	3,5
46	Punto 46	Quebrada Siria	0,72	4,5
47	Punto 47	Río Palenque	0,65	
48	Punto 48	Quebrada Chipichipi	0,64	4,2
49	Punto 49	Quebrada La Honda	0,49	4,2
50	Punto 50	Quebrada La Piedra	0,73	3,8
51	Punto 51	Vertimiento Buenavista	0,54	
52	Punto 52	Quebrada La Vergara	0,86	3,5
53	Punto 53	Río Villamizar	0,78	3
54	Punto 54	Río Palenque	0,52	3,8
55	Punto 55	Río Palenque	0,54	3,8
56	Punto 56	Quebrada Upane	0,55	4,9
57	Punto 57	Río Palenque (Desembocadura)	0,48	

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21.

En la anterior tabla se relacionan los resultados de ICA y de IPPH para la segunda campaña de monitoreo de bajas precipitaciones, que permiten identificar de dos maneras, la calidad del agua, teniendo en cuenta los rangos de cada uno de los índices.

Inicialmente la tabla permite observar que, como resultado de la disminución de caudales, la presencia de comunidades de microorganismos se hace más notoria, ya que, se encontraron macroinvertebrados y perifiton en 45 de los 51 puntos (88,23%) en donde se realizó muestreo hidrobiológico.

Por otro lado, para la unidad hidrográfica del Río Guaquimay se observa que en la mayoría de los puntos se presenta una relación de ICA e IPPH Regular, esto favorece principalmente a la presencia de altos valores de conductividad eléctrica y de SST y, de igual manera, no se evidencia bioindicadores de buena calidad del agua en macroinvertebrados y perifiton. De otra parte, se destaca que para los puntos 7 y 9 en la Quebrada Honduras se puede observar que ambos índices presentan una clasificación regular, esto se relaciona para el ICA con los valores elevados de Conductividad eléctrica principalmente encontrados en la muestra y que afectan directamente el cálculo, además, por el lado del IPPH se relaciona con la baja presencia de macroinvertebrados acuáticos, situación muy usual en la mayoría de puntos monitoreados para las 3 unidades hidrográficas por lo que se observa bajos valores en el IPPH.

Para los puntos 5, 8, 14 y 15 ubicados en el Río Guaquimay, se presenta una situación similar al punto relacionado anteriormente, esto principalmente a la clasificación de ICA Regular que se relaciona directamente con la alta presencia de SST los cuales se favorecen por la misma condición de río de alta montaña y el arrastre de sedimentos, sin embargo, por parte del IPPH se presenta una clasificación buena en el punto 14, asociado a la presencia encontrada de algas perifíticas y de macroinvertebrados, lo cual se ve influenciado por los altos niveles de oxígeno disuelto y un pH neutro favorable.

Para el caso de la unidad hidrográfica del Río Negro, se presenta en la corriente principal el análisis sobre 5 puntos específicos, que son los puntos 17, 20, 34, 35 y 36. Para estos puntos se presentan clasificaciones y condiciones variables con respecto a los índices calculados, ya que, vemos que el ICA se encuentra en malo para los puntos 17,20, 34 y 35, mientras que para el punto 36 se encuentra en regular, esto se da principalmente por la ubicación de los mismos puntos, por su parte el punto 36 se encuentra en la parte alta de la unidad hidrográfica donde todavía no hay influencia importante de vertimientos que afecten la calidad del agua, este se refleja en los niveles bajos de SST y DQO, sin embargo, aunque presenta un nivel óptimo de oxígeno disuelto y un pH neutro que favorece la presencia de comunidades de microorganismos, esto no se ve reflejado en el resultado del IPPH con una clasificación regular por la relación con los macroinvertebrados y perifiton encontrados. Por su parte para el punto 35 se presenta una condición de mejoría con respecto al IPPH ya que, tiene una clasificación buena, sin embargo, presenta un ICA Regular, esto asociado principalmente a las altas concentraciones encontradas de DQO y SST favorecido por la presencia de vertimientos en la zona y la influencia en estos del CP El Albergue del municipio de San Cayetano, caso que de igual manera sucede con el punto 34, ya que, se encuentran en la zona media del cuerpo de agua.

Finalmente, para la unidad hidrográfica del Río Palenque, se presentan tres casos puntuales que generan una disparidad en los puntos 41, 43 y 53 ubicados en el Río Villamizar, ya que, presentan un ICA Aceptable debido a las bajas concentraciones encontradas SST y Conductividad eléctrica principalmente, además, un pH neutro y una buena presencia de oxígeno disuelto, caso por el cual se supondría que la presencia de microorganismos apoyaría el resultado de calidad del agua óptima, sin embargo, para el IPPH en estos puntos se da una clasificación regular, ya que se presenta baja presencia de microorganismos, esto se puede asociar directamente a las condiciones de arrastre encontradas en los cuerpos de agua por ser un río con condiciones de alta montaña.

Para la corriente principal del Río Palenque, se presentan condiciones naturales y normales en la calidad de un cuerpo de agua, esto reflejado en los resultados arrojas en el ICA principalmente, ya que, se observa que a medida que va desde su parte alta (Punto 39) hacia su desembocadura (Punto 57) se observa el deterioro pasando de un ICA Aceptable a ICA Malo respectivamente, esto se ve favorecido por la acumulación de solutos y de sedimentos que influyen directamente en el cálculo del ICA. Por otro lado, se observa que los valores de IPPH se mantienen bajos siguiendo con la dinámica encontrada en la mayoría de los puntos de monitoreo, lo cual se relaciona directamente con la baja cantidad de macroinvertebrados que se puedo identificar, influyendo en su capacidad de ser un bioindicador importante en la determinación de cuerpos de agua con buena calidad.

1.3.5.5 CONCLUSIONES

Desde los resultados de monitoreo y la determinación d ellos índices de calidad tanto fisicoquímicos como hidrobiológicos y, los índices de contaminación, se concluye principalmente que la problemática, en términos de calidad, para las tres unidades hidrográficas en estudio se asocia con la alta presencia y transporte de sólidos por parte de los cuerpos de agua. Esto se debe a la misma composición y dinámica de los cuerpos de agua, ya que, son asociados a movimientos hidráulicos e hidrológicos propios de ríos de alta montaña como es el caso.

De otra parte, se identifica que otra de las problemáticas principales de la zona de estudio se asocia con la presencia en los cuerpos de agua de Coliformes, lo cual se ve directamente impactado por la misma ausencia de sistemas de tratamiento eficientes en los municipios del territorio y que vierten sus desechos líquidos en cuerpos de agua pertenecientes a las tres unidades hidrográficas. Además, esta presencia de coliformes también se asocia con los vertimientos rurales dispersos que se identificaron desde el censo de usuarios, ya que, no se tienen condiciones de saneamiento y de tratamiento previo en las viviendas rurales para la misma disposición adecuada de estos residuos líquidos.

Por otro lado, en cuanto al índice de calidad del agua se evidencia, como es de esperarse, que para la época de bajas precipitaciones se vea una clasificación más desfavorable, esto asociado principalmente a la disminución de caudales lo cual se encuentra proporcionalmente relacionado con la disminución en la capacidad de transporte y asimilación de carga contaminante por parte de los cuerpos de agua.

Finalmente, se concluye que los cuerpos de agua en la zona de estudio presentan un riesgo asociado para su uso en diferentes actividades socioeconómicos, esto soportado en el hecho que es un riesgo para la salud humana hacer un uso directo del recurso hídrico sin ningún tratamiento previo, puesto que la misma carga evidenciada de sólidos suspendidos totales y coliformes principalmente, levanta las alarmas en términos de salud pública en posible aumento de las enfermedades gastrointestinales.

1.3.6 DETERMINACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE.

La carga contaminante hace referencia a la cantidad representada de la masa de un contaminante en una unidad de tiempo específica, expresada comúnmente en unidades de kg/día. La carga contaminante presente en un cuerpo de agua puede ser producto de la contaminación que recibe o que es vertida en determinada fuente debido a las actividades que se realizan alrededor de esta y que de una u otra manera se acumulan hasta que el mismo cuerpo de agua es capaz de asimilar o diluir a medida que va corriendo.

Los procesos de contaminación en una fuente hídrica pueden verse influenciados por diferentes fuentes de origen, ya sea por vertimientos específicos de carácter doméstico y municipales o, por vertimientos puntuales que pueden ser también de origen doméstico, pero de igual manera de actividades agrícolas, pecuarias, industriales, entre otras.

Desde el artículo 27 del Decreto 2667 de 2012, se establece que el monitoreo del recurso hídrico se debe realizar por lo menos para los siguientes parámetros:

- Temperatura del ambiente y del agua.
- DBO_5.
- SST.
- DQO.
- Oxígeno Disuelto.
- Coliformes Fecales.
- pH.

De otra parte, en el decreto 1076 de 2015, se establece que en los procesos de ordenamiento del recurso hídrico se debe determinar las cargas contaminantes para los parámetros básicos que se definen en este.

Además, desde los alcances técnicos se define que la carga contaminante se debe calcular para los parámetros de DBO_5, DQO, SST, Nitrógeno Total y Fósforo Total.

Según el Decreto 2667 de 2012, la carga contaminante diaria hace referencia al resultado de multiplicar el caudal promedio del cuerpo de agua o del vertimiento por la concentración de la sustancia de interés que genera la contaminación, además teniendo en cuenta el factor de conversión de unidades y el tiempo diario, cómo se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Cálculo de Carga Contaminante

$$Cc = Q * C * 0{,}0036 * t$$

Donde,

Cc: Carga contaminante expresada en kilogramos diarios (kg/día).

Q: Caudal promedio expresado en litros por segundo (L/s).

C: Concentración del parámetro contaminante expresado en miligramos por litro (mg/L).

0,0036: Corresponde al factor de conversión de unidades para expresar en kg/h.

t: Tiempo del vertimiento en horas por día (h/día), teniendo en cuenta que son cuerpos de agua se utiliza un valor de 24 horas, de igual manera para los vertimientos, ya que, se realizan de manera continua.

Así las cosas, a continuación, se presenta el cálculo de las cargas contaminantes teniendo en cuenta todos los puntos de monitoreo realizados para ambas campañas efectuadas, teniendo en cuenta los parámetros de DBO_5, DQO, SST, NT y PT.

Tabla 167 Carga contaminante estimada de DBO_5 para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	DBO5 (MG/L)	CARGA TRANSPORTADA (KG/DÍA)	CARGA TRANSPORTADA (KG/AÑO)
1	Quebrada La Mina	0,676843	24	2	0,117	42,690
2	Quebrada Yacopí Grande	0,5777	24	2	0,100	36,437
3	Quebrada El Lajón	0,36136	24	2	0,062	22,792
4	Quebrada La Venta	0,434114	24	2	0,075	27,380
5	Río Guaquimay	5,770083	24	2,2	1,097	400,324
6	Quebrada Cardonal	0,793457	24	2	0,137	50,045
7	Quebrada Honduras	0,050930	24	2	0,009	3,212
8	Río Guaquimay	4,119843	24	2,1	0,748	272,839
9	Quebrada Honduras	1,185180	24	3,1	0,317	115,865

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	DBO5 (MG/L)	CARGA TRANSPORTADA (KG/DÍA)	CARGA TRANSPORTADA (KG/AÑO)
10	Quebrada NN 3	0,4819	24	2	0,083	30,394
11	Quebrada La Mina	0,842614	24	2	0,146	53,145
12	Quebrada Cardonal	0,0513	24	2	0,009	3,236
13	Quebrada Taupa	6,1988	24	2	1,071	390,971
14	Río Guaquimay	16,791	24	2,3	3,337	1217,898
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	20,988	24	2	3,627	1323,755
16	Quebrada NN 2	0,2126	24	2	0,037	13,407
17	Río Negro (Desembocadura)	20,4510	24	2	3,534	1289,885
18	Quebrada Isabí	3,4002	24	2	0,588	214,460
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,7560	24	2,9	3,196	1166,592
20	Río Negro	6,0130	24	2	1,039	379,252
21	Quebrada El Cobre	17,1549	24	2	2,964	1081,996
22	Vertimiento Paime	0,0003	24	32,9	0,001	0,332
23	Río Negro	4,3660	24	2	0,754	275,372
24	Río Mencipa	3,3490	24	2	0,579	211,228
25	Quebrada Mamercha	0,5706	24	2	0,099	35,988
26	Río Mencipa	1,6235	24	3,5	0,491	179,194
27	Quebrada Mundo Nuevo	3,8586	24	2	0,667	243,370
28	Quebrada Mundo Nuevo	2,5977	24	2	0,449	163,842
29	Vertimiento Villagómez	0,0021	24	82,6	0,015	5,392
30	Quebrada Mundo Nuevo	1,2601	24	2,5	0,272	99,350
31	Río Negro	7,1620	24	2	1,238	451,722
32	Quebrada Alcaparral	0,09182	24	2	0,016	5,791
33	Quebrada NN	0,0171	24	2	0,003	1,079
34	Río Negro	0,4440	24	2,3	0,088	32,205
35	Río Negro	2,2257	24	2	0,385	140,379
36	Río Negro	0,7945	24	2	0,137	50,108

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	DBO5 (MG/L)	CARGA TRANSPORTADA (KG/DÍA)	CARGA TRANSPORTADA (KG/AÑO)
37	Quebrada El Espejo	0,4713	24	2	0,081	29,726
38	Vertimiento San Cayetano	0,0009	24	93	0,007	2,728
39	Río Palenque	2,3550	24	2	0,407	148,535
40	Quebrada Los Órganos	3,0578	24	2	0,528	192,858
41	Rio Villamizar	2,1170	24	2	0,366	133,525
42	Vertimiento Camancha	0,0009	24	37,6	0,003	1,032
43	Río Villamizar	6,4575	24	2	1,116	407,286
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,0019	24	45,3	0,007	2,700
45	Quebrada Venecia	0,7947	24	2	0,137	50,124
46	Quebrada Siria	1,9514	24	2	0,337	123,081
47	Río Palenque	15,1910	24	2	2,625	958,127
48	Quebrada Chipichipi	12,9380	24	2	2,236	816,026
49	Quebrada La Honda	0,1282	24	2	0,022	8,083
50	Quebrada La Piedra	3,9380	24	2	0,680	248,379
51	Vertimiento Buenavista	0,0000	24	19,8	0,000	0,029
52	Quebrada La Vergara	1,1311	24	2	0,195	71,338
53	Río Villamizar	16,9752	24	2	2,933	1070,659
54	Río Palenque	19,4600	24	6,2	10,424	3804,881
55	Río Palenque	7,9160	24	2	1,368	499,278
56	Quebrada Upane	10,08212	24	24,2	21,080	7694,380
57	Río Palenque (Desembocadura)	69,33844	24	2	11,982	4373,314

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que para la subcuenca Río Guaquimay el punto 15 ubicado sobre el mismo cuerpo de agua en su desembocadura presenta una mayor carga contaminante al año con valores de 1323,755 Kg/ año. Por su parte, para la subcuenca Río Negro en la desembocadura de este se calcularon valores de 1289,885 Kg/ año de carga contaminante debido a los altos niveles de caudal que se presentan en este punto y finalmente para la subcuenca Río Palenque el punto 55 ubicado sobre la quebrada Upane se calcularon valores de 4373,314 Kg/ año debido a que en este punto se presentan altas concentraciones de DBO, siendo este último el cuerpo de agua que presenta mayor carga contaminante al año de DBO en épocas de altas precipitaciones en comparación con las tres unidades hidrográficas en estudio.

Tabla 168 Carga contaminante estimada de DBO_5 para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	DBO5 (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,516556	24	2	0,089	32,580
2	Quebrada Yacopí Grande	0,474079	24	3,1	0,127	46,347
3	Quebrada El Lajón	0,11625	24	2	0,020	7,332
4	Quebrada La Venta	0,385955	24	9	0,300	109,543
5	Río Guaquimay	3,862967	24	2	0,668	243,645
6	Quebrada Cardonal	0,780564	24	2,7	0,182	66,463
7	Quebrada Honduras	0,018419	24	3,77	0,006	2,190
8	Río Guaquimay	2,758161	24	2,4	0,572	208,755
9	Quebrada Honduras	0,793457	24	2	0,137	50,045
10	Quebrada NN 3	0,774514	24	2,5	0,167	61,063
11	Quebrada La Mina	0,790842	24	5,6	0,383	139,664
12	Quebrada Cardonal	0,045693	24	2	0,008	2,882
13	Quebrada Taupa	4,1581	24	2,5	0,898	327,825
14	Río Guaquimay	20,34	24	5,9	10,369	3784,509
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	24,214	24	8,4	17,574	6414,347
16	Quebrada NN 2	0,215429	24	3,5	0,065	23,778
17	Río Negro (Desembocadura)	39,125	24	5,6	18,930	6909,538
18	Quebrada Isabí	3,15950	24	14,5	3,958	1444,751
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,168	24	7,6	7,990	2916,348
20	Río Negro	8,935	24	6,8	5,249	1916,064
21	Quebrada El Cobre	13,3521	24	6,5	7,499	2736,965
22	Vertimiento Paime	0,000831	24	4,2	0,000	0,110
23	Río Negro	7,278	24	10,9	6,854	2501,757
24	Río Mencipa	6,586	24	4,63	2,635	961,633
25	Quebrada Mamercha	1,006068	24	4,17	0,362	132,303
26	Río Mencipa	2,746031	24	5,4	1,281	467,634
27	Quebrada Mundo Nuevo	5,0839	24	4,7	2,064	753,532
28	Quebrada Mundo Nuevo	3,806543	24	5,2	1,710	624,224
29	Vertimiento Villagómez	0,002695	24	39,3	0,009	3,340
30	Quebrada Mundo Nuevo	2,924986	24	6,1	1,542	562,678
31	Río Negro	11,878	24	125	128,282	46823,076
32	Quebrada Alcaparral	0,101218	24	6,23	0,054	19,886
33	Quebrada NN	0,0376	24	6,3	0,020	7,470
34	Río Negro	0,517	24	19,4	0,867	316,300

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	DBO5 (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
35	Río Negro	1,34686	24	24	2,793	1019,392
36	Río Negro	0,67749	24	6,3	0,369	134,602
37	Quebrada El Espejo	2	24	5,4	0,853	311,443
38	Vertimiento San Cayetano	0,00166	24	79,7	0,011	4,172
39	Río Palenque	3,97331	24	9,7	3,330	1215,431
40	Quebrada Los Órganos	6,54324	24	2	1,131	412,695
41	Rio Villamizar	6,07156	24	3,5	1,836	670,155
42	Vertimiento Camancha	0,0011	24	26,7	0,003	0,926
43	Río Villamizar	8,32652	24	3,4	2,446	892,789
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00241	24	67	0,014	5,092
45	Quebrada Venecia	0,724716	24	2	0,125	45,709
46	Quebrada Siria	2,25897	24	2	0,390	142,478
47	Río Palenque	21,639	24	7,8	14,583	5322,779
48	Quebrada Chipichipi	10,782	24	9,6	8,943	3264,203
49	Quebrada La Honda	0,0739892	24	6,2	0,040	14,467
50	Quebrada La Piedra	2,51495	24	8,5	1,847	674,146
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	69	0,000	0,102
52	Quebrada La Vergara	0,827309	24	2	0,143	52,180
53	Río Villamizar	18,3518	24	2	3,171	1157,485
54	Río Palenque	19,481	24	6,7	11,277	4116,164
55	Río Palenque	9,156	24	17,1	13,527	4937,516
56	Quebrada Upane	10,97192	24	17,7	16,779	6124,384
57	Río Palenque (Desembocadura)	74,9616	24	16,9	109,456	39951,414

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Para la campaña realizada en bajas precipitaciones de acuerdo con el cálculo realizado para las tres unidades hidrográficas en estudio se evidencia una mayor carga contaminante de DBO en el punto 31 ubicado sobre el Río Negro con valores de 46823,076 Kg/año lo que se debe a una alta concentración del contaminante sobre el cuerpo de agua. Así mismo, sobre la cuenca Río Guaquimay al igual que en la campaña 1, el punto que presenta una mayor carga contaminante pertenece a la desembocadura del mismo Río, donde se evidenció de acuerdo con las campañas de monitoreo una alta concentración de este parámetro y finalmente en la subcuenca Río Palenque en la desembocadura de este (punto 57) se calcularon valores de 39951,414 Kg/año lo cual corresponde a los altos niveles de concentración del contaminante.

Tabla 169 Carga contaminante estimada de SST para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,676843	24	130	7,602	2774,840
2	Quebrada Yacopí Grande	0,5777	24	13,3	0,664	242,304
3	Quebrada El Lajón	0,36136	24	11,00	0,343	125,354
4	Quebrada La Venta	0,434114	24	712	26,705	9747,436
5	Río Guaquimay	5,770083	24	656	327,039	119369,261
6	Quebrada Cardonal	0,793457	24	48	3,291	1201,078
7	Quebrada Honduras	0,050930	24	19,00	0,084	30,516
8	Río Guaquimay	4,119843	24	274	97,532	35599,003
9	Quebrada Honduras	1,185180	24	334	34,201	12483,529
10	Quebrada NN 3	0,4819	24	11,5	0,479	174,768
11	Quebrada La Mina	0,842614	24	472	34,362	12542,303
12	Quebrada Cardonal	0,0513	24	48	0,213	77,654
13	Quebrada Taupa	6,1988	24	210	112,471	41051,925
14	Río Guaquimay	16,791	24	1760	2553,307	931956,918
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	20,9880	24	1088	1972,939	720122,794
16	Quebrada NN 2	0,21256	24	12,5	0,230	83,791
17	Río Negro (Desembocadura)	20,4510	24	1008	1781,102	650102,278
18	Quebrada Isabí	3,40025	24	102	29,966	10937,479
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,7560	24	144	158,705	57927,343
20	Río Negro	6,0130	24	644	334,573	122119,123
21	Quebrada El Cobre	17,1549	24	9,13	13,532	4939,312
22	Vertimiento Paime	0,00032	24	168	0,005	1,695
23	Río Negro	4,3660	24	964	363,642	132729,474
24	Río Mencipa	3,3490	24	468	135,417	49427,382
25	Quebrada Mamercha	0,570590	24	21,2	1,045	381,475
26	Río Mencipa	1,623491	24	10	1,403	511,984
27	Quebrada Mundo Nuevo	3,858612	24	9,3	3,100	1131,672
28	Quebrada Mundo Nuevo	2,597692	24	24,7	5,544	2023,444
29	Vertimiento Villagómez	0,002070	24	113	0,020	7,377
30	Quebrada Mundo Nuevo	1,260146	24	22,7	2,471	902,097
31	Río Negro	7,1620	24	932	576,719	210502,295
32	Quebrada Alcaparral	0,09182	24	15,5	0,123	44,882
33	Quebrada NN	0,0171	24	76	0,112	40,984

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/S)	TIEMPO (HORAS)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
34	Río Negro	0,4440	24	76	2,915	1064,151
35	Río Negro	2,22570	24	388	74,612	27233,533
36	Río Negro	0,79445	24	12	0,824	300,645
37	Quebrada El Espejo	0,4713	24	9,4	0,383	139,711
38	Vertimiento San Cayetano	0,00093	24	52,5	0,004	1,540
39	Río Palenque	2,35500	24	14,2	2,889	1054,595
40	Quebrada Los Órganos	3,05775	24	33	8,718	3182,164
41	Rio Villamizar	2,11703	24	3,5	0,640	233,669
42	Vertimiento Camancha	0,00087	24	60	0,005	1,646
43	Río Villamizar	6,45748	24	6,5	3,627	1323,680
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00189	24	42,9	0,007	2,557
45	Quebrada Venecia	0,79471	24	24,4	1,675	611,512
46	Quebrada Siria	1,95143	24	27	4,552	1661,588
47	Río Palenque	15,1910	24	616	808,501	295103,040
48	Quebrada Chipichipi	12,9380	24	548	612,578	223590,997
49	Quebrada La Honda	0,12815	24	30	0,332	121,240
50	Quebrada La Piedra	3,93802	24	150	51,037	18628,410
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	17,1	0,000	0,025
52	Quebrada La Vergara	1,13105	24	52	5,082	1854,777
53	Río Villamizar	16,97519	24	74	108,533	39614,390
54	Río Palenque	19,4600	24	528	887,750	324028,616
55	Río Palenque	7,9160	24	460	314,614	114833,929
56	Quebrada Upane	10,08212	24	228	198,610	72492,504
57	Río Palenque (Desembocadura)	69,33844	24	1032	6182,548	2256630,167

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

En cuanto a los SST de acuerdo con la tabla anterior se evidencia que en la desembocadura del Río Palenque (Punto 57) se presenta una mayor carga contaminante en relación con las tres unidades hidrográficas en estudio lo que corresponde a una alta concentración del contaminante presente en la zona y altos niveles de caudal. No obstante, en la subcuenca Río Guaquimay sobre la parte baja de este mismo cuerpo de agua (punto 14) se presenta alta concentración del contaminante lo que atribuye a que se generen cargas transportadas de SST de 2553,307kg/año sobre el cuerpo de agua. Y finalmente, para la desembocadura de la subcuenca Río Negro se calcularon valores de 650102,278 kg/año de carga contaminante debido a la alta concentración de SST y niveles de caudal que se presenta en la zona.

Tabla 170 Carga contaminante estimada de SST para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,516556	24	8,3	0,370	135,208
2	Quebrada Yacopí Grande	0,474079	24	7	0,287	104,654
3	Quebrada El Lajón	0,11625	24	5	0,050	18,330
4	Quebrada La Venta	0,385955	24	188	6,269	2288,238
5	Río Guaquimay	3,862967	24	68	22,696	8283,932
6	Quebrada Cardonal	0,780564	24	7,5	0,506	184,619
7	Quebrada Honduras	0,018419	24	16,00	0,025	9,294
8	Río Guaquimay	2,758161	24	60	14,298	5218,882
9	Quebrada Honduras	0,793457	24	34	2,331	850,764
10	Quebrada NN 3	0,774514	24	6	0,402	146,550
11	Quebrada La Mina	0,790842	24	84	5,740	2094,959
12	Quebrada Cardonal	0,045693	24	30,5	0,120	43,950
13	Quebrada Taupa	4,1581	24	15	5,389	1966,947
14	Río Guaquimay	20,34	24	676	1187,986	433614,954
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	24,214	24	460	962,361	351261,844
16	Quebrada NN 2	0,215429	24	10	0,186	67,938
17	Río Negro (Desembocadura)	39,125	24	12170	41139,468	15015905,820
18	Quebrada Isabí	3,15950	24	212	57,872	21123,261
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,168	24	20680	21741,198	7935537,393
20	Río Negro	8,935	24	25200	19453,997	7100708,832
21	Quebrada El Cobre	13,3521	24	30	34,609	12632,147
22	Vertimiento Paime	0,000831	24	10	0,001	0,262
23	Río Negro	7,278	24	21720	13657,953	4985152,854
24	Río Mencipa	6,586	24	96	54,627	19938,825
25	Quebrada Mamercha	1,006068	24	11	0,956	349,001
26	Río Mencipa	2,746031	24	46	10,914	3983,546
27	Quebrada Mundo Nuevo	5,0839	24	120	52,710	19239,104
28	Quebrada Mundo Nuevo	3,806543	24	528	173,651	63382,778
29	Vertimiento Villagómez	0,002695	24	58	0,014	4,929
30	Quebrada Mundo Nuevo	2,924986	24	452	114,229	41693,546
31	Río Negro	11,878	24	2460	2524,598	921478,136
32	Quebrada Alcaparral	0,101218	24	82	0,717	261,745
33	Quebrada NN	0,0376	24	76	0,247	90,117

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
34	Río Negro	0,517	24	3900	174,208	63586,037
35	Río Negro	1,34686	24	1570	182,699	66685,234
36	Río Negro	0,67749	24	12	0,702	256,384
37	Quebrada El Espejo	2	24	9	1,422	519,071
38	Vertimiento San Cayetano	0,00166	24	24	0,003	1,256
39	Río Palenque	3,97331	24	61,8	21,216	7743,675
40	Quebrada Los Órganos	6,54324	24	184	104,022	37967,956
41	Rio Villamizar	6,07156	24	12	6,295	2297,673
42	Vertimiento Camancha	0,0011	24	1232	0,117	42,738
43	Río Villamizar	8,32652	24	31	22,302	8140,136
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00241	24	56	0,012	4,256
45	Quebrada Venecia	0,724716	24	16	1,002	365,674
46	Quebrada Siria	2,25897	24	26,8	5,231	1909,202
47	Río Palenque	21,639	24	1000	1869,610	682407,504
48	Quebrada Chipichipi	10,782	24	376	350,268	127847,953
49	Quebrada La Honda	0,0739892	24	376	2,404	877,330
50	Quebrada La Piedra	2,51495	24	50	10,865	3965,567
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	38	0,000	0,056
52	Quebrada La Vergara	0,827309	24	4	0,286	104,360
53	Río Villamizar	18,3518	24	124	196,614	71764,053
54	Río Palenque	19,481	24	1470	2474,243	903098,640
55	Río Palenque	9,156	24	2070	1637,532	597699,285
56	Quebrada Upane	10,97192	24	795	753,639	275078,248
57	Río Palenque (Desembocadura)	74,9616	24	5170	33484,447	12221823,221

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Para épocas con bajas precipitaciones, en la desembocadura de la subcuenca Río Negro (punto 17) se evidencia mayores niveles de carga contaminante por SST con valores calculados de 15015905,820 Kg/ año lo que se atribuye a los altos niveles de caudal que se presentan en esta zona. Así mismo, para la subcuenca Río Guaquimay en la parte baja (punto 14) se estimaron cagas contaminantes de SST de 433614,954 Kg/año lo que también corresponde a los niveles de caudal de la zona y finalmente para la subcuenca Río Palenque se estimó mayor carga contaminante en la desembocadura de este cuerpo de agua con valores de 12221823,221kg/año.

Tabla 171 Carga contaminante estimada de DQO para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,676843	24	52,5	3,070	1120,608

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
2	Quebrada Yacopí Grande	0,5777	24	70	3,494	1275,284
3	Quebrada El Lajón	0,36136	24	12,6	0,393	143,588
4	Quebrada La Venta	0,434114	24	178	6,676	2436,859
5	Río Guaquimay	5,770083	24	16,2	8,076	2947,838
6	Quebrada Cardonal	0,793457	24	11,1	0,761	277,749
7	Quebrada Honduras	0,050930	24	13,2	0,058	21,201
8	Río Guaquimay	4,119843	24	14,2	5,055	1844,912
9	Quebrada Honduras	1,18518	24	18,2	1,864	680,240
10	Quebrada NN 3	0,4819	24	10	0,416	151,972
11	Quebrada La Mina	0,842614	24	255	18,564	6776,032
12	Quebrada Cardonal	0,0513	24	10	0,044	16,178
13	Quebrada Taupa	6,1988	24	14,8	7,927	2893,183
14	Río Guaquimay	16,791	24	510	739,879	270055,698
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	20,988	24	84,9	153,955	56193,406
16	Quebrada NN 2	0,21256	24	10	0,184	67,033
17	Río Negro (Desembocadura)	20,451	24	392	692,651	252817,553
18	Quebrada Isabí	3,40025	24	10	2,938	1072,302
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,756	24	126	138,867	50686,425
20	Río Negro	6,013	24	213	110,658	40390,331
21	Quebrada El Cobre	17,1549	24	12,9	19,120	6978,874
22	Vertimiento Paime	0,00032	24	106	0,003	1,070
23	Río Negro	4,366	24	158	59,601	21754,416
24	Río Mencipa	3,349	24	83,9	24,277	8861,020
25	Quebrada Mamercha	0,570590	24	20,2	0,996	363,481
26	Río Mencipa	1,623491	24	12,6	1,767	645,100
27	Quebrada Mundo Nuevo	3,858612	24	10	3,334	1216,852
28	Quebrada Mundo Nuevo	2,597692	24	10	2,244	819,208
29	Vertimiento Villagómez	0,002070	24	297	0,053	19,388

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	SST (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
30	Quebrada Mundo Nuevo	1,260146	24	11,7	1,274	464,958
31	Río Negro	7,162	24	275	170,169	62111,729
32	Quebrada Alcaparral	0,09182	24	10	0,079	28,956
33	Quebrada NN	0,0171	24	17,5	0,026	9,437
34	Río Negro	0,444	24	536	20,562	7505,063
35	Río Negro	2,22570	24	168	32,306	11791,839
36	Río Negro	0,79445	24	11,7	0,803	293,129
37	Quebrada El Espejo	0,4713	24	13,6	0,554	202,136
38	Vertimiento San Cayetano	0,00093	24	182	0,015	5,338
39	Río Palenque	2,35500	24	10	2,035	742,673
40	Quebrada Los Órganos	3,05775	24	10,7	2,827	1031,792
41	Rio Villamizar	2,11703	24	14,7	2,689	981,411
42	Vertimiento Camancha	0,00087	24	165	0,012	4,527
43	Río Villamizar	6,45748	24	10,91	6,087	2221,747
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00189	24	150	0,024	8,940
45	Quebrada Venecia	0,79471	24	11,9	0,817	298,237
46	Quebrada Siria	1,95143	24	10	1,686	615,403
47	Río Palenque	15,191	24	91,5	120,094	43834,299
48	Quebrada Chipichipi	12,938	24	267	298,464	108939,409
49	Quebrada La Honda	0,12815	24	10,78	0,119	43,566
50	Quebrada La Piedra	3,93802	24	35,3	12,011	4383,886
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	45,1	0,000	0,067
52	Quebrada La Vergara	1,13105	24	28,4	2,775	1012,994
53	Río Villamizar	16,97519	24	10	14,667	5353,296
54	Río Palenque	19,460	24	413	694,395	253454,201
55	Río Palenque	7,916	24	30,4	20,792	7589,025
56	Quebrada Upane	10,08212	24	17,64	15,366	5608,631
57	Río Palenque (Desembocadura)	69,33844	24	366	2192,648	800316,513

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

En cuento a la carga estimada para el parámetro DQO en época húmeda se observa que la subcuenca Río Negro presenta mayor carga contaminante en el punto 17 ubicado sobre la desembocadura del mismo, con valores de 252817,553 kg/año debido a alta concentraciones de DQO que se evidenciaron en la campaña de monitoreo, Así mismo, para la subcuenca Río Guaquimay el punto con mayor carga contaminante se encuentra en la parte baja (punto 14) con valores de carga transportada de 270055,698 Kg/año finalmente para la desembocadura de la subcuenca Río Palenque (punto 57) se observa la mayor carga contaminante en esta unidad hidrográfica con valores calculados de 800316,513 kg/año.

Tabla 172 Carga contaminante estimada de DQO para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/s)	TIEMPO (Horas)	DQO (mg/L)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,516556	24	16,73	0,747	272,534
2	Quebrada Yacopí Grande	0,474079	24	18,36	0,752	274,492
3	Quebrada El Lajón	0,11625	24	10	0,100	36,661
4	Quebrada La Venta	0,385955	24	21,83	0,728	265,703
5	Río Guaquimay	3,862967	24	33,8	11,281	4117,601
6	Quebrada Cardonal	0,780564	24	10	0,674	246,159
7	Quebrada Honduras	0,018419	24	10	0,016	5,809
8	Río Guaquimay	2,758161	24	24,2	5,767	2104,949
9	Quebrada Honduras	0,793457	24	15,6	1,069	390,350
10	Quebrada NN 3	0,774514	24	10	0,669	244,251
11	Quebrada La Mina	0,790842	24	26,32	1,798	656,421
12	Quebrada Cardonal	0,045693	24	29,3	0,116	42,221
13	Quebrada Taupa	4,1581	24	10,78	3,873	1413,579
14	Río Guaquimay	20,34	24	12,5	21,967	8018,028
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	24,214	24	10,8	22,595	8247,017
16	Quebrada NN 2	0,215429	24	10	0,186	67,938
17	Río Negro (Desembocadura)	39,125	24	414	1399,486	510812,244
18	Quebrada Isabí	3,15950	24	42,34	11,558	4218,674
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,168	24	653	686,509	250575,721
20	Río Negro	8,935	24	725	559,688	204286,266
21	Quebrada El Cobre	13,3521	24	10	11,536	4210,716
22	Vertimiento Paime	0,000831	24	10	0,001	0,262
23	Río Negro	7,278	24	687	431,999	157679,558
24	Río Mencipa	6,586	24	10	5,690	2076,961
25	Quebrada Mamercha	1,006068	24	10	0,869	317,274

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (L/s)	TIEMPO (Horas)	DQO (mg/L)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
26	Río Mencipa	2,746031	24	10	2,373	865,988
27	Quebrada Mundo Nuevo	5,0839	24	10	4,392	1603,259
28	Quebrada Mundo Nuevo	3,806543	24	12,2	4,012	1464,526
29	Vertimiento Villagómez	0,002695	24	147	0,034	12,493
30	Quebrada Mundo Nuevo	2,924986	24	10	2,527	922,424
31	Río Negro	11,878	24	407	417,687	152455,935
32	Quebrada Alcaparral	0,101218	24	25,6	0,224	81,715
33	Quebrada NN	0,0376	24	21,5	0,070	25,494
34	Río Negro	0,517	24	246	10,989	4010,812
35	Río Negro	1,34686	24	180	20,946	7645,441
36	Río Negro	0,67749	24	10	0,585	213,653
37	Quebrada El Espejo	2	24	10	1,580	576,746
38	Vertimiento San Cayetano	0,00166	24	124	0,018	6,491
39	Río Palenque	3,97331	24	11,5	3,948	1440,975
40	Quebrada Los Órganos	6,54324	24	10	5,653	2063,476
41	Rio Villamizar	6,07156	24	10	5,246	1914,727
42	Vertimiento Camancha	0,0011	24	51,7	0,005	1,793
43	Río Villamizar	8,32652	24	29,7	21,367	7798,776
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00241	24	152	0,032	11,552
45	Quebrada Venecia	0,724716	24	10	0,626	228,546
46	Quebrada Siria	2,25897	24	10	1,952	712,389
47	Río Palenque	21,639	24	23,7	44,310	16173,058
48	Quebrada Chipichipi	10,782	24	20,8	19,377	7072,440
49	Quebrada La Honda	0,0739892	24	10	0,064	23,333
50	Quebrada La Piedra	2,51495	24	24,5	5,324	1943,128
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	83,8	0,000	0,124
52	Quebrada La Vergara	0,827309	24	21,71	1,552	566,414
53	Río Villamizar	18,3518	24	19,9	31,553	11516,973
54	Río Palenque	19,481	24	134	225,543	82323,277
55	Río Palenque	9,156	24	135	106,796	38980,388
56	Quebrada Upane	10,97192	24	29,8	28,250	10311,109
57	Río Palenque (Desembocadura)	74,9616	24	40,8	264,249	96450,752

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Para la época seca de acuerdo con la tabla anterior se observa que el punto 17 perteneciente a la subcuenca Río Negro en su desembocadura se presenta mayor carga contaminante con valores de 510812,244 kg/año lo que corresponde a la alta concentración de DQO que se presenta en este punto de acuerdo con la campaña de monitoreo y al alto nivel del caudal de este cuerpo de agua. Por su parte, para la subcuenca Río Palenque en el punto de desembocadura (punto 57) presentó la mayor carga contaminante para esta unidad hidrografía con un valor de 96450,752 kg/año, debido a los altos niveles de concentración de DQO que se evidenciaron en esta zona y finalmente para la subcuenca Río Guaquimay el punto con mayor carga transportada en kg/año fue el 14, ubicado sobre el Río Guaquimay en la parte baja.

Tabla 173 Carga contaminante estimada de NT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,676843	24	0,13	0,008	2,775
2	Quebrada Yacopí Grande	0,5777	24	0,965	0,048	17,581
3	Quebrada El Lajón	0,36136	24	0,14	0,004	1,595
4	Quebrada La Venta	0,434114	24	0,965	0,036	13,211
5	Río Guaquimay	5,770083	24	0,11	0,055	20,016
6	Quebrada Cardonal	0,793457	24	0,11	0,008	2,752
7	Quebrada Honduras	0,050930	24	1,14	0,005	1,831
8	Río Guaquimay	4,119843	24	0,12	0,043	15,591
9	Quebrada Honduras	1,18518	24	1,94	0,199	72,509
10	Quebrada NN 3	0,4819	24	0,21	0,009	3,191
11	Quebrada La Mina	0,842614	24	1,7	0,124	45,174
12	Quebrada Cardonal	0,0513	24	0,12	0,001	0,194
13	Quebrada Taupa	6,1988	24	0,32	0,171	62,555
14	Río Guaquimay	16,791	24	3,42	4,962	1810,962
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	20,988	24	3,21	5,821	2124,627
16	Quebrada NN 2	0,21256	24	0,17	0,003	1,140
17	Río Negro (Desembocadura)	20,451	24	1,79	3,163	1154,447
18	Quebrada Isabí	3,40025	24	4,08	1,199	437,499
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,756	24	1,52	1,675	611,455
20	Río Negro	6,0130	24	0,14	0,073	26,548
21	Quebrada El Cobre	17,1549	24	0,13	0,193	70,330
22	Vertimiento Paime	0,00032	24	6,94	0,000	0,070
23	Río Negro	4,366	24	2,07	0,781	285,010
24	Río Mencipa	3,349	24	0,2	0,058	21,123
25	Quebrada Mamercha	0,570590	24	0,11	0,005	1,979
26	Río Mencipa	1,623491	24	0,13	0,018	6,656

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
27	Quebrada Mundo Nuevo	3,858612	24	0,14	0,047	17,036
28	Quebrada Mundo Nuevo	2,597692	24	0,12	0,027	9,830
29	Vertimiento Villagómez	0,002070	24	40,31	0,007	2,631
30	Quebrada Mundo Nuevo	1,260146	24	0,17	0,019	6,756
31	Río Negro	7,162	24	1,6	0,990	361,377
32	Quebrada Alcaparral	0,09182	24	0,25	0,002	0,724
33	Quebrada NN	0,0171	24	0,12	0,000	0,065
34	Río Negro	0,444	24	3,17	0,122	44,386
35	Río Negro	2,22570	24	1,62	0,312	113,707
36	Río Negro	0,79445	24	0,34	0,023	8,518
37	Quebrada El Espejo	0,4713	24	0,88	0,036	13,079
38	Vertimiento San Cayetano	0,00093	24	54,95	0,004	1,612
39	Río Palenque	2,35500	24	0,99	0,201	73,525
40	Quebrada Los Órganos	3,05775	24	0,14	0,037	13,500
41	Rio Villamizar	2,11703	24	0,965	0,177	64,426
42	Vertimiento Camancha	0,00087	24	7,85	0,001	0,215
43	Río Villamizar	6,45748	24	1,18	0,658	240,299
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00189	24	6,72	0,001	0,401
45	Quebrada Venecia	0,79471	24	1,26	0,087	31,578
46	Quebrada Siria	1,95143	24	0,13	0,022	8,000
47	Río Palenque	15,191	24	1,42	1,864	680,270
48	Quebrada Chipichipi	12,938	24	1,41	1,576	575,298
49	Quebrada La Honda	0,12815	24	0,12	0,001	0,485
50	Quebrada La Piedra	3,93802	24	1,78	0,606	221,057
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	124	0,001	0,184
52	Quebrada La Vergara	1,13105	24	0,965	0,094	34,420
53	Río Villamizar	16,97519	24	1,48	2,171	792,288
54	Río Palenque	19,46	24	2,46	4,136	1509,679
55	Río Palenque	7,916	24	1,66	1,135	414,401
56	Quebrada Upane	10,08212	24	1,3	1,132	413,334
57	Río Palenque (Desembocadura)	69,33844	24	2,87	17,194	6275,706

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Para la campaña 1 la carga contaminante estimada de NT es mayor en la unidad hidrográfica Río Palenque con un valor de 6275,706 kg/año, en la subcuenca Río Guaquimay el punto con mayor carga contaminante se presenta sobre la desembocadura del mismo cuerpo de agua con un valor de 2124,627 kg/año y finalmente, para la subcuenca Río Negro el punto 17 perteneciente a la desembocadura del cuerpo hídrico se estimó una carga transportada de 1154,447 kg/año.

Tabla 174 Carga contaminante estimada de NT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2.

ID	Cuerpo de Agua	Caudal (L/s)	Tiempo (Horas)	NT (mg/L)	Carga Transportada (kg/día)	Carga Transportada (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,516556	24	0,965	0,043	15,720
2	Quebrada Yacopí Grande	0,474079	24	0,965	0,040	14,427
3	Quebrada El Lajón	0,11625	24	0,12	0,001	0,440
4	Quebrada La Venta	0,385955	24	0,965	0,032	11,745
5	Río Guaquimay	3,862967	24	0,965	0,322	117,559
6	Quebrada Cardonal	0,780564	24	0,965	0,065	23,754
7	Quebrada Honduras	0,018419	24	0,965	0,002	0,561
8	Río Guaquimay	2,758161	24	0,965	0,230	83,937
9	Quebrada Honduras	0,793457	24	0,965	0,066	24,147
10	Quebrada NN 3	0,774514	24	0,32	0,021	7,816
11	Quebrada La Mina	0,790842	24	0,965	0,066	24,067
12	Quebrada Cardonal	0,045693	24	0,965	0,004	1,391
13	Quebrada Taupa	4,1581	24	0,13	0,047	17,047
14	Río Guaquimay	20,34	24	2,31	4,060	1481,732
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	24,214	24	2,08	4,352	1588,314
16	Quebrada NN 2	0,215429	24	0,11	0,002	0,747
17	Río Negro (Desembocadura)	39,125	24	8,92	30,153	11005,906
18	Quebrada Isabí	3,15950	24	1,22	0,333	121,558
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,168	24	2,55	2,681	978,512
20	Río Negro	8,935	24	8,61	6,647	2426,076
21	Quebrada El Cobre	13,3521	24	0,14	0,162	58,950
22	Vertimiento Paime	0,000831	24	1,3	0,000	0,034
23	Río Negro	7,278	24	21,34	13,419	4897,936
24	Río Mencipa	6,586	24	0,965	0,549	200,427
25	Quebrada Mamercha	1,006068	24	0,965	0,084	30,617
26	Río Mencipa	2,746031	24	0,17	0,040	14,722
27	Quebrada Mundo Nuevo	5,0839	24	0,18	0,079	28,859
28	Quebrada Mundo Nuevo	3,806543	24	6,21	2,042	745,468
29	Vertimiento Villagómez	0,002695	24	45,31	0,011	3,851
30	Quebrada Mundo Nuevo	2,924986	24	2,6	0,657	239,830
31	Río Negro	11,878	24	3,71	3,807	1389,709
32	Quebrada Alcaparral	0,101218	24	0,21	0,002	0,670
33	Quebrada NN	0,0376	24	0,965	0,003	1,144
34	Río Negro	0,517	24	5,14	0,230	83,803
35	Río Negro	1,34686	24	1,98	0,230	84,100
36	Río Negro	0,67749	24	5,07	0,297	108,322

ID	Cuerpo de Agua	Caudal (L/s)	Tiempo (Horas)	NT (mg/L)	Carga Transportada (kg/día)	Carga Transportada (kg/año)
37	Quebrada El Espejo	2	24	5,15	0,814	297,024
38	Vertimiento San Cayetano	0,00166	24	36,03	0,005	1,886
39	Río Palenque	3,97331	24	0,22	0,076	27,566
40	Quebrada Los Órganos	6,54324	24	0,17	0,096	35,079
41	Rio Villamizar	6,07156	24	0,965	0,506	184,771
42	Vertimiento Camancha	0,0011	24	7,72	0,001	0,268
43	Río Villamizar	8,32652	24	0,16	0,115	42,014
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00241	24	29,82	0,006	2,266
45	Quebrada Venecia	0,724716	24	1,39	0,087	31,768
46	Quebrada Siria	2,25897	24	0,14	0,027	9,973
47	Río Palenque	21,639	24	1,71	3,197	1166,917
48	Quebrada Chipichipi	10,782	24	0,2	0,186	68,004
49	Quebrada La Honda	0,0739892	24	0,2	0,001	0,467
50	Quebrada La Piedra	2,51495	24	0,2	0,043	15,862
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	5,63	0,000	0,008
52	Quebrada La Vergara	0,827309	24	3,47	0,248	90,532
53	Río Villamizar	18,3518	24	8,33	13,208	4820,924
54	Río Palenque	19,481	24	4,4	7,406	2703,152
55	Río Palenque	9,156	24	3,4	2,690	981,728
56	Quebrada Upane	10,97192	24	1,36	1,289	470,574
57	Río Palenque (Desembocadura)	74,9616	24	2,36	15,285	5579,014

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Para la campaña realizada en época seca el cálculo de carga contaminante estimada para NT fue mayor en la subcuenca Río Negro a la altura de la desemboca, donde se estima una carga contaminante transportada de 11005,906 kg/año, en comparación con las 3 unidades hidrográficas en estudio, así mismo, para la subcuenca Río Guaquimay el punto con mayor carga contaminante es se encuentra sobre la desembocadura del mismo cuerpo hídrico con un valor de 1588,314 kg/año. Al igual que para la subcuenca Río Palenque donde la mayor carga contaminante se estimo en la su desembocadura en el punto 57 con un valor de 5579,014 kg/año.

Tabla 175 Carga contaminante estimada de PT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 1.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,676843	24	0,06	0,004	1,281
2	Quebrada Yacopí Grande	0,5777	24	0,124	0,006	2,259
3	Quebrada El Lajón	0,36136	24	0,06	0,002	0,684

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
4	Quebrada La Venta	0,434114	24	0,06	0,002	0,821
5	Río Guaquimay	5,770083	24	0,108	0,054	19,652
6	Quebrada Cardonal	0,793457	24	0,061	0,004	1,526
7	Quebrada Honduras	0,050930	24	0,06	0,000	0,096
8	Río Guaquimay	4,119843	24	0,06	0,021	7,795
9	Quebrada Honduras	1,185180	24	0,088	0,009	3,289
10	Quebrada NN 3	0,4819	24	0,06	0,002	0,912
11	Quebrada La Mina	0,842614	24	0,06	0,004	1,594
12	Quebrada Cardonal	0,0513	24	0,06	0,000	0,097
13	Quebrada Taupa	6,1988	24	0,093	0,050	18,180
14	Río Guaquimay	16,791	24	0,522	0,757	276,410
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	20,9880	24	0,369	0,669	244,233
16	Quebrada NN 2	0,21256	24	0,06	0,001	0,402
17	Río Negro (Desembocadura)	20,4510	24	0,994	1,756	641,073
18	Quebrada Isabí	3,40025	24	0,07	0,021	7,506
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,7560	24	0,222	0,245	89,305
20	Río Negro	6,0130	24	0,888	0,461	168,388
21	Quebrada El Cobre	17,1549	24	0,077	0,114	41,657
22	Vertimiento Paime	0,00032	24	0,735	0,000	0,007
23	Río Negro	4,3660	24	1,004	0,379	138,237
24	Río Mencipa	3,3490	24	0,194	0,056	20,489
25	Quebrada Mamercha	0,570590	24	0,06	0,003	1,080
26	Río Mencipa	1,623491	24	0,06	0,008	3,072
27	Quebrada Mundo Nuevo	3,858612	24	0,06	0,020	7,301
28	Quebrada Mundo Nuevo	2,597692	24	0,06	0,013	4,915
29	Vertimiento Villagómez	0,002070	24	2,515	0,000	0,164
30	Quebrada Mundo Nuevo	1,260146	24	0,06	0,007	2,384
31	Río Negro	7,1620	24	1,872	1,158	422,811

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
32	Quebrada Alcaparral	0,09182	24	0,081	0,001	0,235
33	Quebrada NN	0,0171	24	0,06	0,000	0,032
34	Río Negro	0,4440	24	1,713	0,066	23,985
35	Río Negro	2,22570	24	0,533	0,102	37,411
36	Río Negro	0,79445	24	0,119	0,008	2,981
37	Quebrada El Espejo	0,4713	24	0,06	0,002	0,892
38	Vertimiento San Cayetano	0,00093	24	2,909	0,000	0,085
39	Río Palenque	2,35500	24	0,06	0,012	4,456
40	Quebrada Los Órganos	3,05775	24	0,06	0,016	5,786
41	Rio Villamizar	2,11703	24	0,06	0,011	4,006
42	Vertimiento Camancha	0,00087	24	0,396	0,000	0,011
43	Río Villamizar	6,45748	24	0,06	0,033	12,219
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00189	24	0,914	0,000	0,054
45	Quebrada Venecia	0,79471	24	0,06	0,004	1,504
46	Quebrada Siria	1,95143	24	0,06	0,010	3,692
47	Río Palenque	15,1910	24	0,276	0,362	132,221
48	Quebrada Chipichipi	12,9380	24	0,184	0,206	75,074
49	Quebrada La Honda	0,12815	24	0,06	0,001	0,242
50	Quebrada La Piedra	3,93802	24	0,093	0,032	11,550
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	0,96	0,000	0,001
52	Quebrada La Vergara	1,13105	24	0,06	0,006	2,140
53	Río Villamizar	16,97519	24	0,063	0,092	33,726
54	Río Palenque	19,4600	24	0,166	0,279	101,873
55	Río Palenque	7,9160	24	0,157	0,107	39,193
56	Quebrada Upane	10,08212	24	0,09	0,078	28,615
57	Río Palenque (Desembocadura)	69,33844	24	0,33	1,977	721,597

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

En cuento al fosforo total (PT), se evidenció una alta concentración de contaminante en la desembocadura del Río Palenque (punto 57) con un valor de 721,597 kg/año en comparación con las otras unidades hidrográficas, sin embargo, para la subcuenca Río Negro el punto con mayor carga contaminante de PT se presenta a la altura de la desembocadura registrando un valor de 641,073

kg/año y para subcuenca Río Guaquimay el punto con mayor carga contaminante se encuentra sobre el mismo cuerpo de agua sobre la parte baja de subcuenca registrando un valor de 641,073 kg/año.

Tabla 176 Carga contaminante estimada de PT para las unidades hidrográficas en estudio Campaña 2.

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
1	Quebrada La Mina	0,516556	24	0,06	0,003	0,977
2	Quebrada Yacopí Grande	0,474079	24	0,06	0,002	0,897
3	Quebrada El Lajón	0,11625	24	0,06	0,001	0,220
4	Quebrada La Venta	0,385955	24	0,141	0,005	1,716
5	Río Guaquimay	3,862967	24	0,06	0,020	7,309
6	Quebrada Cardonal	0,780564	24	0,06	0,004	1,477
7	Quebrada Honduras	0,018419	24	0,098	0,000	0,057
8	Río Guaquimay	2,758161	24	0,06	0,014	5,219
9	Quebrada Honduras	0,793457	24	0,074	0,005	1,852
10	Quebrada NN 3	0,774514	24	0,06	0,004	1,466
11	Quebrada La Mina	0,790842	24	0,159	0,011	3,965
12	Quebrada Cardonal	0,045693	24	0,06	0,000	0,086
13	Quebrada Taupa	4,1581	24	0,06	0,022	7,868
14	Río Guaquimay	20,34	24	1,612	2,833	1034,005
15	Río Guaquimay (Desembocadura)	24,214	24	1,425	2,981	1088,148
16	Quebrada NN 2	0,215429	24	0,06	0,001	0,408
17	Río Negro (Desembocadura)	39,125	24	5,964	20,161	7358,658
18	Quebrada Isabí	3,15950	24	0,698	0,191	69,547
19	Río Negro (Confluencia con Río Mencipa)	12,168	24	18,591	19,545	7133,925
20	Río Negro	8,935	24	17,352	13,395	4889,345
21	Quebrada El Cobre	13,3521	24	0,082	0,095	34,528
22	Vertimiento Paime	0,000831	24	0,06	0,000	0,002

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
23	Río Negro	7,278	24	18,227	11,461	4183,443
24	Río Mencipa	6,586	24	0,07	0,040	14,539
25	Quebrada Mamercha	1,006068	24	0,06	0,005	1,904
26	Río Mencipa	2,746031	24	0,128	0,030	11,085
27	Quebrada Mundo Nuevo	5,0839	24	0,258	0,113	41,364
28	Quebrada Mundo Nuevo	3,806543	24	0,989	0,325	118,723
29	Vertimiento Villagómez	0,002695	24	1,632	0,000	0,139
30	Quebrada Mundo Nuevo	2,924986	24	0,691	0,175	63,739
31	Río Negro	11,878	24	4,933	5,063	1847,826
32	Quebrada Alcaparral	0,101218	24	0,129	0,001	0,412
33	Quebrada NN	0,0376	24	0,06	0,000	0,071
34	Río Negro	0,517	24	3,52	0,157	57,390
35	Río Negro	1,34686	24	2,562	0,298	108,820
36	Río Negro	0,67749	24	0,195	0,011	4,166
37	Quebrada El Espejo	2	24	0,06	0,009	3,460
38	Vertimiento San Cayetano	0,00166	24	2,02	0,000	0,106
39	Río Palenque	3,97331	24	0,06	0,021	7,518
40	Quebrada Los Órganos	6,54324	24	0,06	0,034	12,381
41	Rio Villamizar	6,07156	24	0,06	0,031	11,488
42	Vertimiento Camancha	0,0011	24	0,531	0,000	0,018
43	Río Villamizar	8,32652	24	0,06	0,043	15,755
44	Vertimiento Coper (Principal)	0,00241	24	1,783	0,000	0,136
45	Quebrada Venecia	0,724716	24	0,06	0,004	1,371
46	Quebrada Siria	2,25897	24	0,06	0,012	4,274
47	Río Palenque	21,639	24	1,35	2,524	921,250
48	Quebrada Chipichipi	10,782	24	0,3	0,279	102,006
49	Quebrada La Honda	0,0739892	24	0,06	0,000	0,140
50	Quebrada La Piedra	2,51495	24	0,169	0,037	13,404
51	Vertimiento Buenavista	0,000047	24	0,931	0,000	0,001
52	Quebrada La Vergara	0,827309	24	0,06	0,004	1,565
53	Río Villamizar	18,3518	24	0,104	0,165	60,189

ID	CUERPO DE AGUA	CAUDAL (l/s)	TIEMPO (horas)	NT (mg/l)	CARGA TRANSPORTADA (kg/día)	CARGA TRANSPORTADA (kg/año)
54	Río Palenque	19,481	24	2,732	4,598	1678,412
55	Río Palenque	9,156	24	2,989	2,365	863,055
56	Quebrada Upane	10,97192	24	1,909	1,810	660,534
57	Río Palenque (Desembocadura)	74,9616	24	3,664	23,731	8661,656

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

Finalmente, para la campaña realizada en época seca se encontró que al igual que en la campaña 1 la desembocadura del Río Palenque presenta mayor carga contaminante con un valor de 8661,656 kg/año debió a la alta concentración de PT en este punto. Así mismo, para las subcuencas Río Negro y Río Guaquimay los puntos con mayor carga contaminante de PT se presentaron a la altura de las desembocaduras de cada unidad hidrográfica presentando valores de 1088,148 kg/año y 1088,148 kg/año respectivamente.

A manera general, de acuerdo con las cargas contaminantes anteriormente calculadas para cada uno de los parámetros de DBO_5, DQO, SST, NT y PT y teniendo en cuenta los puntos de monitoreo de cada campaña, se evidencia que los puntos que presentan mayor grado de contaminación por altas cargas de contaminantes bien sea en épocas de altas precipitaciones o épocas de bajas precipitaciones corresponden a los puntos de monitoreo ubicados sobre la desembocadura del Río Guaquimay, desembocadura de Río Negro y Desembocadura del Río Palenque, lo cual corresponde a los altos niveles de concentración de los parámetros en estudio.

1.3.7 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS ACTUALES

El Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, mediante los artículos 2.2.3.3.2.1. al 2.2.3.3.2.10. establece y define los siguientes usos del agua:

Consumo humano y doméstico: Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su utilización en actividades tales como:

- Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- Preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración.

Uso para la preservación de flora y fauna: Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su utilización en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos.

Uso para 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.

Uso agrícola: Se entiende por uso agrícola del agua, su utilización para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias.

Uso pecuario: Se entiende por uso pecuario del agua, su utilización para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como para otras actividades conexas y complementarias.

Uso 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.

Uso industrial: Se entiende por uso industrial del agua, su utilización en actividades tales como:

- Minería o Procesos manufactureros de transformación
- explotación, así como aquellos conexos y complementarios
- Generación de energía o Hidrocarburos.
- Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.
- Elaboración de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.

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

Uso estético: Se entenderá por uso estético el uso del agua para la armonización y embellecimiento del paisaje.

A partir de la consolidación de la información sobre los usos actuales del recurso hídrico obtenida de los expedientes de Corpoboyacá, el RURH generado a partir del censo de usuarios, la información recopilada mediante los encuentros de participación del proyecto durante los recorridos en campo y considerando la distribución espacial de las microcuencas en estudio, los usos del agua por tramo se describen a continuación teniendo en cuenta la cantidad de usuarios identificados que destinan el recurso hídrico para determinado uso:

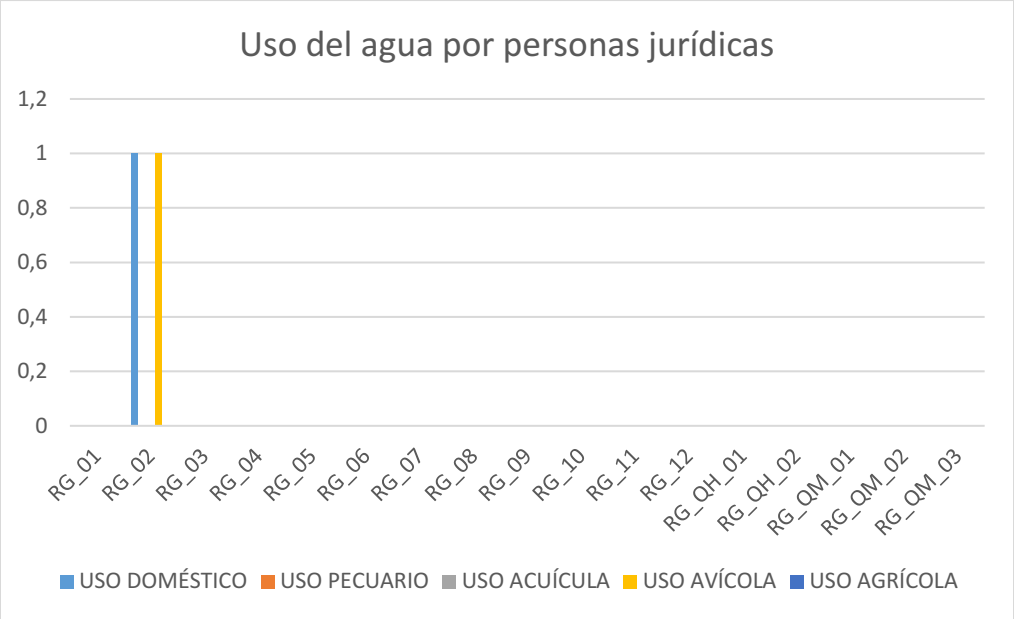
1.3.7.1 USOS DEL RECURSO HÍDRICO DE ACUERDO CON EL CENSO DE USUARIOS

1.3.7.1.1 Uso del recurso hídrico Río Guaquimay

Retomando el RURH generado a partir del censo de usuarios y la información recopilada mediante los encuentros de participación del proyecto en los recorridos en campo, sobre la Unidad Hidrográfica Nivel I (UHN I) del Río Guaquimay se encontró únicamente una persona jurídica ubicada

en el tramo RG_02 con uso actual para actividades domésticas y avícolas, como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 379 Clasificación del uso del agua para personas jurídicas de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En cuanto a las personas naturales, teniendo presente que en la mayoría de los casos cada usuario puede tener más de un uso, los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de estos fines. Para el tramo RG_01 se encontró que el uso predominante es el uso doméstico con 85,48%, seguido por el uso avícola con el 74,19% el pecuario con el 23,39%, el agrícola con el 20,97% y el acuícola con el 5,65%.

En el tramo RG_02 el 88,46% de los usuarios destinan el recurso al uso doméstico, el 84,62% al uso avícola, el 53,85% al uso pecuario, el 30,77% al uso agrícola y el 26,92% al acuícola.

Por su parte en el tramo RG_03 el mayor uso es para actividades domésticas con un 93,33% seguido por el consumo avícola con 80,0%, el consumo pecuario con el 33,33%, el uso agrícola con el 26,67% y finalmente el consumo acuícola con el 6,67%.

Para el tramo RG_04 se encontró que el destino predominante del agua es el doméstico con el 95,74% seguido por el avícola con el 87,23%, el pecuario con el 29,79%, el agrícola con 21,28% y acuícola con 6,38%.

En cuanto al tramo RG_05 el 96,33% reportan consumo doméstico, el 84,4% al consumo avícola, el 21,1% al uso pecuario, el 10,1% al uso agrícola y el 8,26% al uso acuícola.

En el tramo RG_06 el 100% de los usuarios en este tramo tienen uso avícola, el 93,75% uso doméstico, el 25% uso agrícola y el 6,25% uso acuícola, en este tramo no se realiza uso del agua para la actividad pecuaria.

Respecto al tramo RG_07 el 100% corresponde al uso doméstico, seguido por el consumo avícola con el 96,3%, el consumo pecuario con el 25,93%, el consumo acuícola con el 14,81% y el uso agrícola con el 3,7%.

Para el tramo RG_08 se evidenció que todos los usuarios destinan el recurso para uso doméstico y uso avícola, el 50% para uso pecuario, el 20% para uso agrícola y el 10% para uso acuícola.

En el tramo RG_09 el uso predominante es el doméstico con el 100% de los usuarios, seguido por el avícola con el 81,25% y el pecuario (37,5%), acuícola (21,88 %) y agrícola (6,25%).

Para el tramo RG_10 se encontró que el 95,65 % del uso del recurso tiene actividades domésticas, seguido de las actividades avícolas, pecuarias y acuícolas con el 91,3%, 30,43% y 17,39% respectivamente y el 8,70% de uso del agua para actividades agrícolas.

El tramo RG_11 presenta uso predominante del recurso para actividades domésticas en un 97,37%, seguido de las actividades avícolas con 86,84%, pecuarias con el 18,42% y las actividades agrícolas y acuícolas con el 5,26% cada uno.

Por su parte, en el tramo RG_12 presenta un uso netamente doméstico y avícola.

El tramo RG_QH_01 presenta el 96,15% para uso doméstico y avícola, el 19,23% para uso pecuario y agrícola, y el 3,85% de los usuarios destinan el agua para uso acuícola.

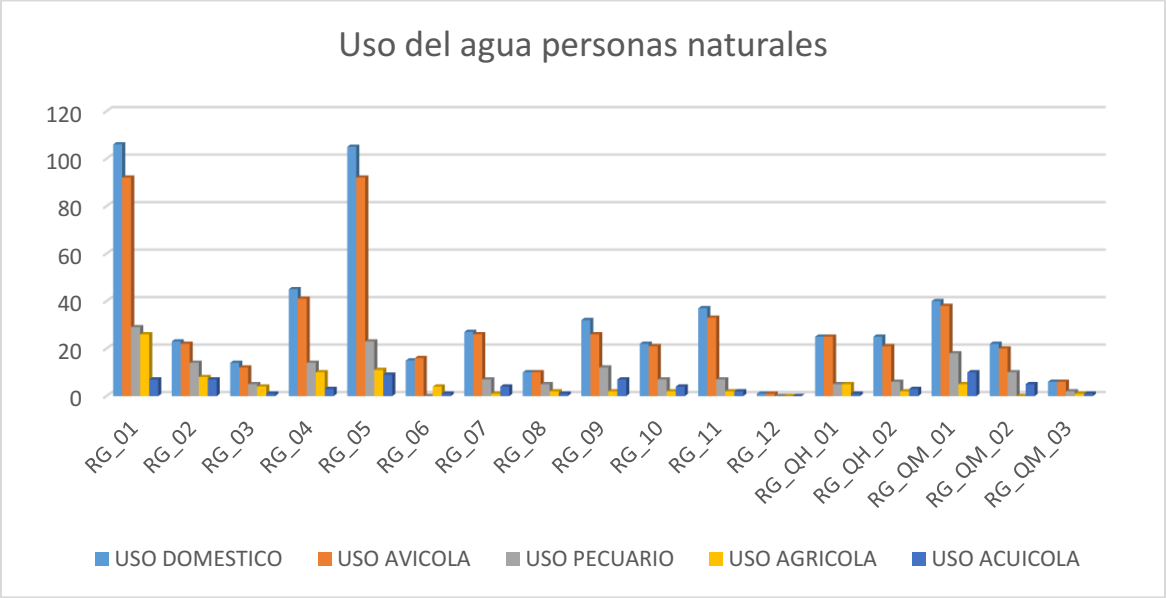
En el tramo RG_QH_02 se evidenció uso del agua para actividades domésticas en un 100% de los usuarios del tramo, actividades avícolas en un 84%, actividades pecuarias en un 24% y actividades acuícolas en un 12% y agrícolas en un 8%.

Para el tramo RG_QM_01 el uso principal del agua es actividades domésticas con el 88,89%, seguido por actividades avícolas con el 84,44% de los usuarios, actividades pecuarias con el 40%, actividades acuícolas con el 22% y actividades agrícolas con el 11,11%.

En el tramo RG_QM_02 el uso doméstico cubre al 100% de los usuarios, el avícola al 90,91%, el pecuario al 45,45% y el acuícola al 22,73 %.

Finalmente, en el tramo RG_QM_03 se evidencia que el 100% de los usuarios destinan el recurso para uso doméstico y avícola, el 33,33% para el uso pecuario, el 16,67% para uso acuícola y agrícola respectivamente. Lo anteriormente mencionado se ilustra en la siguiente figura.

Figura 177. Clasificación del uso del agua para personas naturales de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Guaquimay

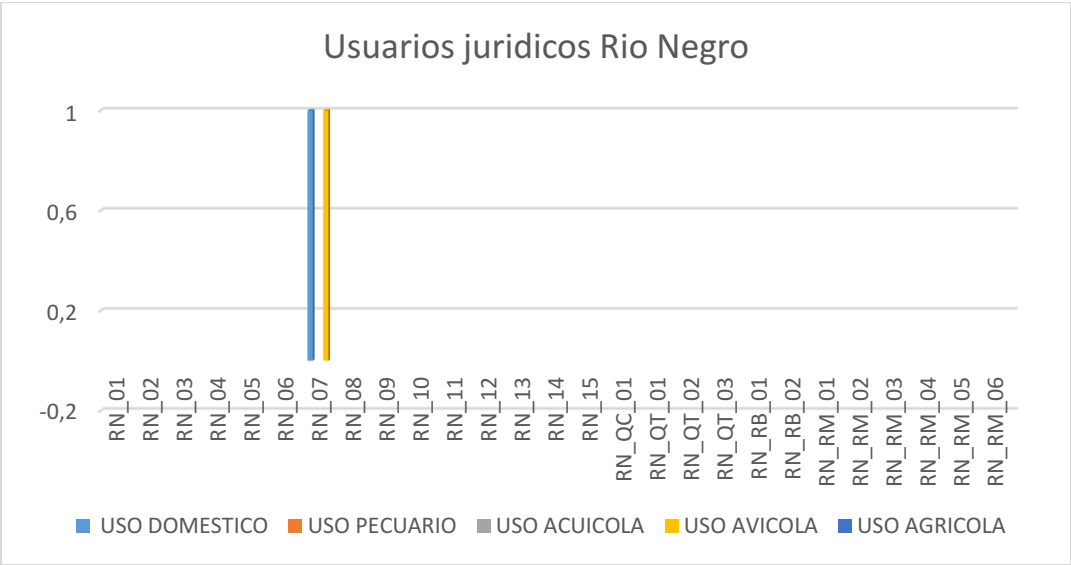


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.7.1.2 Uso del recurso hídrico Río Negro

De acuerdo con el censo de usuarios realizado para la Unidad Hidrográfica Nivel I (UHN I) Río Negro se identificaron 2 usuarios de tipo jurídico en el tramo RN_07 para actividades domésticas y avícolas. tal y como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 178. Clasificación del uso del agua para personas jurídicas de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Respecto a las personas naturales, teniendo en cuenta que la mayoría de los usuarios tienen más de un uso para el recurso, los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo, dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de estos fines, se encontró en el tramo RN_01 que todos los usuarios tienen uso doméstico, el 81,82% para uso avícola, el 68,18% para uso pecuario, el 27,27% para uso agrícola y el 4,55% para uso acuícola.

En el tramo RN_02 el 100% del uso es para uso doméstico.

El tramo RN_03 por su parte presenta la mayoría del uso para doméstico, el 82,35% para uso pecuario y avícola, el 11,76 % para uso agrícola y 5,88% para uso acuícola.

Para tramo RN_04 el 100% es para uso doméstico, seguido por el avícola, el pecuario y finalmente el agrícola con 58,82%, 23,53% y 5,88% respectivamente.

El tramo RN_05 tiene mayor influencia para actividades domésticas, seguido por actividades pecuarias con 82,86%, uso avícola con 77,14%, uso agrícola con 37,14% y acuícola con 2,86%.

En el tramo RN_06 el 100% de los usuarios tienen uso para actividades domésticas, el 75% para actividades avícolas, el 64,77% para actividades pecuarias, el 29,55% para actividades agrícolas, el 1,14% para actividades acuícolas y el 4,54% para uso industrial.

Por su parte, el tramo RN_07 sirve como captación de agua para actividades domesticas en todos los usuarios registrados, actividades avícolas en un 83,58%, actividades agrícolas en un 59,7%, actividades pecuarias en un 31,34% y acuícolas cada una en un 4,48%.

El tramo RN_08 presentó el 100% para uso doméstico, el 80% para uso avícola, el 68% para uso agrícola, el 36% para uso pecuario y el 24% para uso acuícola.

Para el tramo RN_09 se evidenció que el mayor uso es doméstico, representado por la totalidad de los usuarios del tramo, el 65,71% es para uso agrícola y avícola, el 37,14% uso pecuario y el 20% para uso acuícola.

El tramo RN_010 presentó el 100% para uso doméstico, el 50% para uso avícola y 25% para uso recreacional.

El tramo RN_11 presento uso predominante para todos los usuarios en las actividades domésticas y avícolas, el uso agrícola con el 77,27%, uso pecuario con el 31,82% y acuícola con el 27,27%.

El tramo RN_12 presentó el 100% para uso doméstico, seguido del uso avícola con el 85,71%, uso agrícola con el 64,29%, uso pecuario con el 35,71% y por último uso acuícola con el 14,29% de los usuarios.

El tramo RN_13 evidencio el uso del recurso hídrico para todos los usuarios de este dentro de las actividades domésticas, el 69,70% para actividades avícolas, el 42,42% para actividades agrícolas, el 21,21% para actividades pecuarias, el 18,18% para actividades acuícolas y el 6% para actividades industriales.

Por otro lado, el tramo RN_14 presento el 100% de los usuarios para uso doméstico, el 61,7% para uso avícola, el 46,81% para uso agrícola, el 34% para uso pecuario, el 12% para uso acuícola y finalmente el 6,38% para uso industrial.

El tramo RN_15 tiene como uso predominante el uso para actividades domésticas seguido por las actividades avícolas con el 92,86%, agrícolas con el 75%, pecuarias con el 39,29% y acuícolas con el 10,71%.

Por otra parte, el tramo RN_QC_01 presentó 100% de los usuarios con el uso doméstico, seguido por el avícola con el 50%, seguido por el uso pecuario con el 47,37% y finalmente el uso agrícola con el 13,16%.

El tramo RN_QT_01 por su parte presento el total de usuarios para uso doméstico, el 30,43 % para uso pecuario, el 21,74% para uso avícola, el 10,87% para uso agrícola y 4,35% para acuícola.

El tramo RN_QT_02 presento uso predominante doméstico con 95% seguido del uso avícola con el 77,78%, uso pecuario con el 66,67% y uso agrícola con el 44,44%.

Por otro lado, el tramo RN_RB_01 presento uso predominante del recurso para actividades domésticas con 100% de los usuarios, seguido por avícola con 75,86%, uso agrícola con 49,14%, uso pecuario con 41,38%, uso acuícola con 13,79%, uso industrial con 3,44% y uso recreativo con 1,72%.

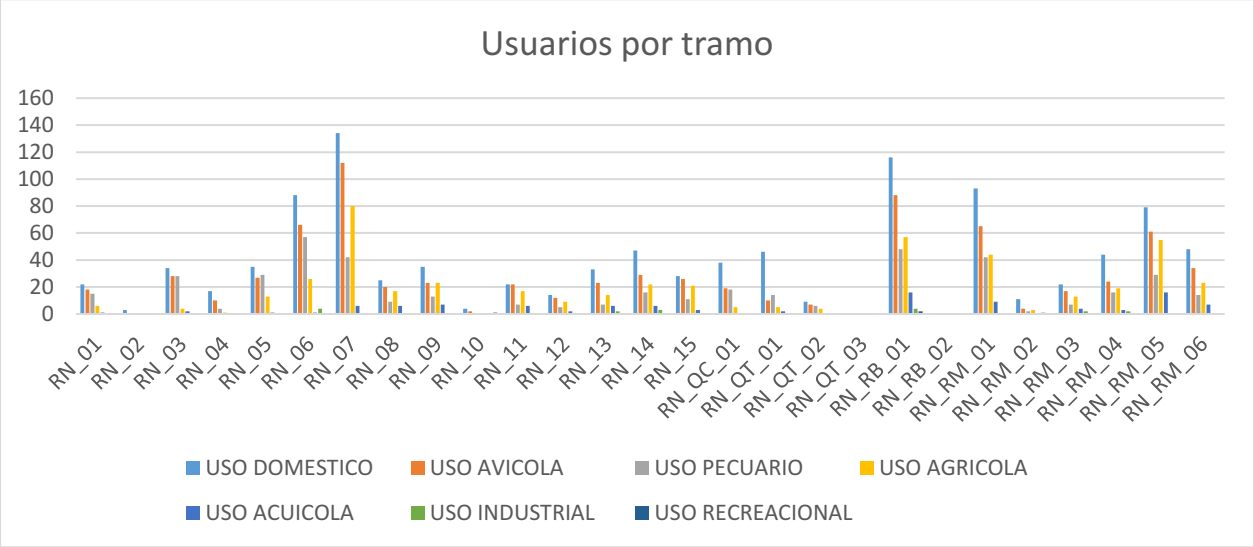
En el tramo RN_RM_01 los usuarios reportaron todos tener uso doméstico, el 69,89% uso avícola, el 47,31% uso agrícola, el 45,16% uso pecuario y el 9,68% para uso acuícola.

El tramo RN_RM_02 tiene mayor uso del recurso en actividades domésticas (90%), avícolas (36,36%), agrícolas (27,27%), pecuarias (18,18%) e industrial (9%).

En el tramo RN_RM_03 el 100% de los usuarios reportar tener uso doméstico, el 77,27% uso avícola, el 59,09% al uso agrícola, el 31,82% al uso pecuario, el 18,18% uso acuícola y el 9% al uso industrial.

En el tramo RN_RM_04 la mayoría del uso es el doméstico con su totalidad de usuarios, seguido por el uso avícola con el 54,55%, el uso agrícola con el 43,18%, el uso pecuario con el 36,36%, el uso acuícola con el 6,82% y el uso industrial con el 4,54% y finalmente en los tramos RN_RM_05 y RN_RM_06 se presentaron mayor uso del recurso hídrico para actividades domésticas, seguido por actividades avícolas, agrícolas, pecuarias y por último acuícolas. Lo anteriormente mencionado se presenta en la siguiente figura.

Figura 179. Clasificación del uso del agua para personas naturales de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Negro

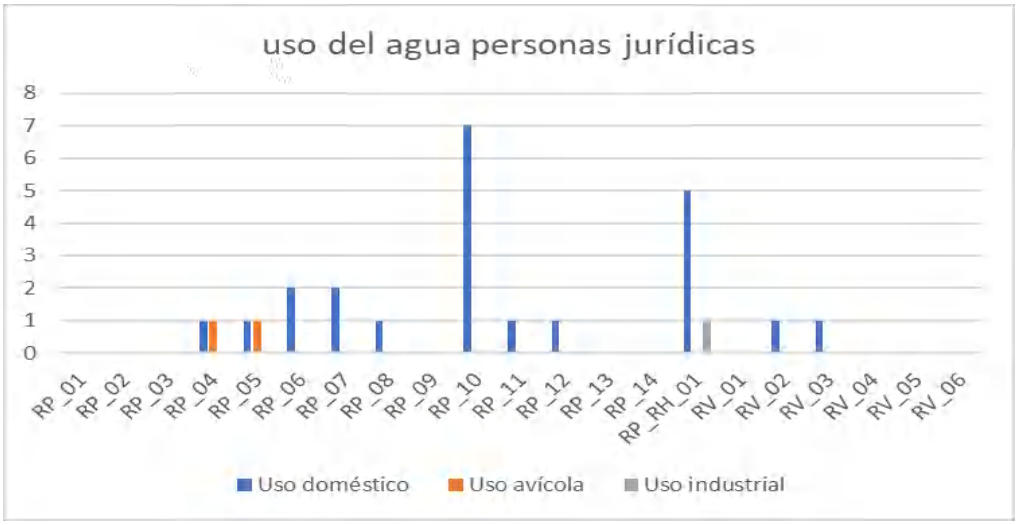


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.7.1.3 Uso del recurso hídrico Río Palenque

Para la Unidad hidrográfica Nivel I (UNH I) Río Palenque se encontró personas de tipo jurídico en el tramo RP_04 con uso predominante doméstico, seguido de uso avícola, en el tramo RP_05 se encontró un usuario jurídico con uso doméstico y también avícola. En los tramos RP_06, RP_07, RP_08, RP_10, RP_11, RP_12, RV_02 Y RV_03 los usuarios reportan destinación del recurso hídrico solo para actividades domésticas y finalmente en el tramo RP_RH_01 se encuentran usuarios con uso doméstico e industrial (Ver figura 180).

Figura 180. Clasificación del uso del agua para personas jurídicas de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Por su parte, para las personas naturales se encontró que en el tramo RP_01 el 90% corresponde a uso doméstico, el 21,15% a uso pecuario, el 19,23% a uso agrícola, el 13,46% a uso avícola y el 3,85% a uso acuícola.

En el tramo RP_02 el 100% de los usuarios reportan uso doméstico, el 80,56% uso agrícola, el 22,22% uso pecuario, el 8,33% uso acuícola y el 2,78% uso avícola.

En el tramo RP_03 la totalidad de los usuarios tienen uso doméstico y el 20% corresponde a uso agrícola, avícola y pecuario.

En el tramo RP_04 el 95% del recurso hídrico es destinado a actividades domésticas, seguido por actividades pecuarias (59%), actividades avícolas (36,36%) y actividades agrícolas con el (18,18%).

Por su parte, en el tramo RP_05 se encontró que el 100% de los registros tienen destinado el agua para actividades domésticas, seguido por actividades avícolas (71,43%), pecuarias (64,29%), agrícolas (21,43%).

En el tramo RP_06 el 100% de los usuarios reportan un consumo correspondiente al doméstico, seguido por usos pecuarios (68,18%), avícolas (49%) y agrícolas (21,82%).

En el tramo RP_07 el 98% de los usuarios tienen el recurso para uso doméstico, seguido por el uso avícola con 49,43%, agrícola con 37,93%, pecuario con 31,03% y uso acuícola con 5,75%.

El agua del tramo RP_08 es utilizado principalmente para actividades domesticas con un 100%, avícolas (57,43%), agrícolas (46,28%), pecuarias (32,43%) y acuícolas con el 3,38%.

En el tramo RP_09 se encontró que el 97% de los usuarios reportan que el recurso hídrico es destinado a actividades domésticas, el 50% a actividades avícolas, el 31,40% a actividades agrícolas, el 16,28% a actividades pecuarias y 5,81% a actividades acuícolas.

En el tramo RP_10 el recurso hídrico es utilizado principalmente para consumo humano (99%), actividades avícolas (33,8%), actividades agrícolas con el 29,6%, actividades pecuarias con el 18% y actividades acuícolas con el 1,97%.

En el tramo RP_11 la totalidad de los usuarios reportan uso doméstico para el agua, seguido por el uso agrícola con el 39,71%, uso avícola con el 30,88%, uso pecuario con el 21% y uso acuícola con el 1,47%.

En el tramo RP_12 se evidenció uso del recurso para actividades domésticas en el 99% de los usuarios en el tramo, actividades agrícolas en el 48,54%, actividades pecuarias en el 19,42%, actividades avícolas en el 17,48% y actividades acuícolas con 3,88%.

En el tramo RP_13 se encontró un 97% para uso doméstico, seguido de 61,43% para uso avícola, 35,71% para uso agrícola, 14,29% para uso pecuario y 7,14% para uso acuícola.

Por su parte el tramo RP_14 presentó que el 100% de los usuarios destinan el recurso para consumo humano, el 36,76% para uso avícola, el 23,53% para uso pecuario, el 16,18% para uso agrícola y el 2,94% para usos acuícolas.

Finalmente, el tramo RP_RH_01 se utiliza el recurso para actividades domésticas en un 100% de los hogares censados, seguido por actividades avícolas con 43,88%, actividades agrícolas con 33,16%, actividades pecuarias con 21,94% y actividades acuícolas con 3%.

En el tramo RV_01 se puede apreciar que el uso predominante es el doméstico con 82,14% seguido por el avícola con el 46,43% y el uso agrícola y pecuario con el 25% cada uno.

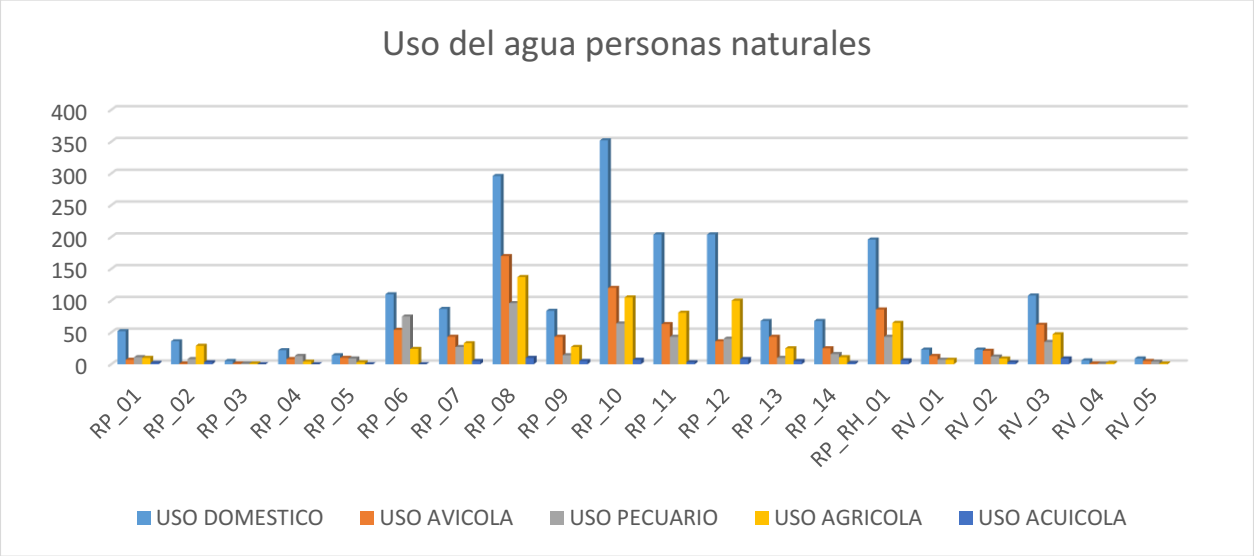
En el tramo RV_02 los usuarios usan el recurso hídrico en mayoría para actividades domésticas con un 88,46%, seguido por el avícola con 80,77%, uso pecuario con 46,15%, uso agrícola con 34,62% y uso acuícola con 11,54%.

Para el tramo RV_03 el uso predominante es el doméstico con 98%, seguido por el avícola con el 56,36%, el agrícola con el 42,73%, el pecuario con 31,82% y el acuícola con el 8,18%.

En el tramo RV_04 se evidenció uso del recurso para actividades domésticas en el 100% de los usuarios del tramo, un 33,33% para uso agrícola y 16,67% para uso avícola y pecuario.

Finalmente, en el tramo RV_05 se presenta predominancia en el uso del recurso hídrico para actividades domésticas, seguido por actividades avícolas (55,56%), pecuarias (44,44%) y agrícolas (11,11%), tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 163. Clasificación del uso del agua para personas naturales de acuerdo con el censo de usuarios por tramo- Río Palenque



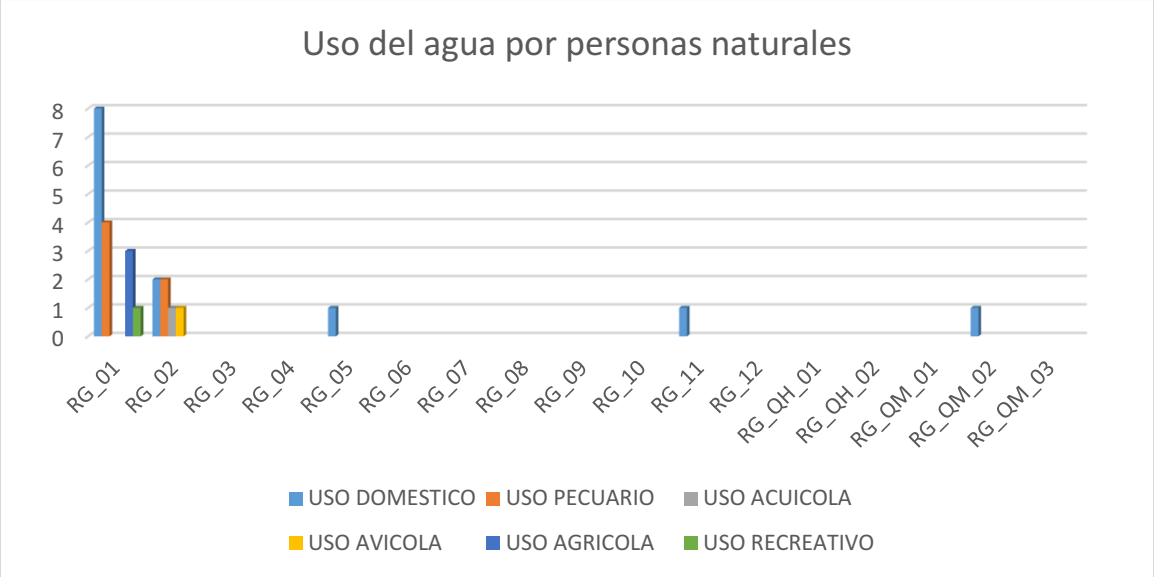
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.7.2 USOS DEL RECURSO HÍDRICO DE ACUERDO CON LOS EXPEDIENTES EXISTENTES

1.3.7.2.1 Uso del recurso hídrico Río Guaquimay

De acuerdo con los expedientes revisados en las plataformas corporativas de la CAR se encontró 4 personas de tipo jurídico en los tramos RG_01 Y RG_05 con uso doméstico del recurso hídrico al interior de la Unidad hidrográfica Nivel I (UNH I) Río Guaquimay, por otro lado, para personas naturales, el Tramo RG_01 cuenta con el 61,5% de representatividad para uso doméstico, seguido por el uso pecuario (30,7%), agrícola con el 23% y recreativo con 7,69%. Por su parte, en el tramo RG_2 el uso del agua es destinado para actividades domésticas y pecuarias (50% cada una) seguido por actividades acuícolas y avícolas (25% cada una) y finalmente, para los tramos RG_05, RG_11 Y RG_QM_02 se realiza uso del recurso únicamente para actividades domésticas. Lo anterior se presenta en la siguiente figura.

Figura 164. Clasificación del uso del agua para personas naturales de acuerdo con expedientes consultados por tramo en el Río Guaquimay

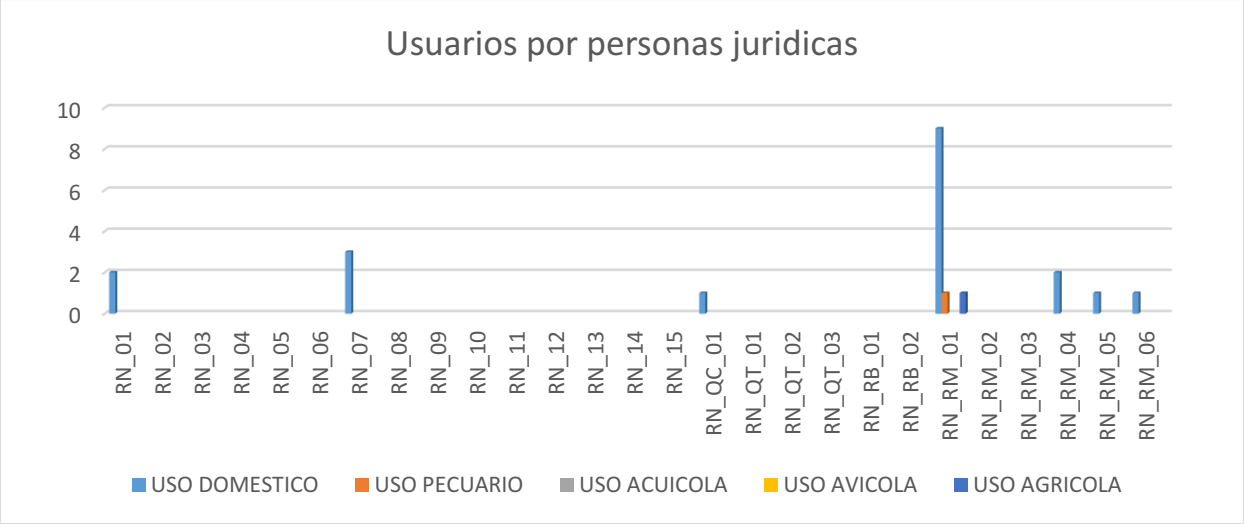


Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.7.2.2 Uso del recurso hídrico Río Negro

De acuerdo con los expedientes consultados para la Unidad hidrográfica Nivel I (UHN I) Río Negro en cuanto a personas jurídicas se encontró que en los tramos RN_01, RN_07, RN_QC_01, RN_RM_04, RN_RM_05 Y RN_RM_06 el consumo doméstico tiene una representatividad del 100%, mientras que en el tramo RN_RM_01 tiene el 80% seguido por las actividades pecuarias (10%) y agrícolas (10%). (Ver figura 165).

Figura 165. Clasificación del uso del agua para personas jurídicas de acuerdo con expedientes consultados por tramo en el Río Negro



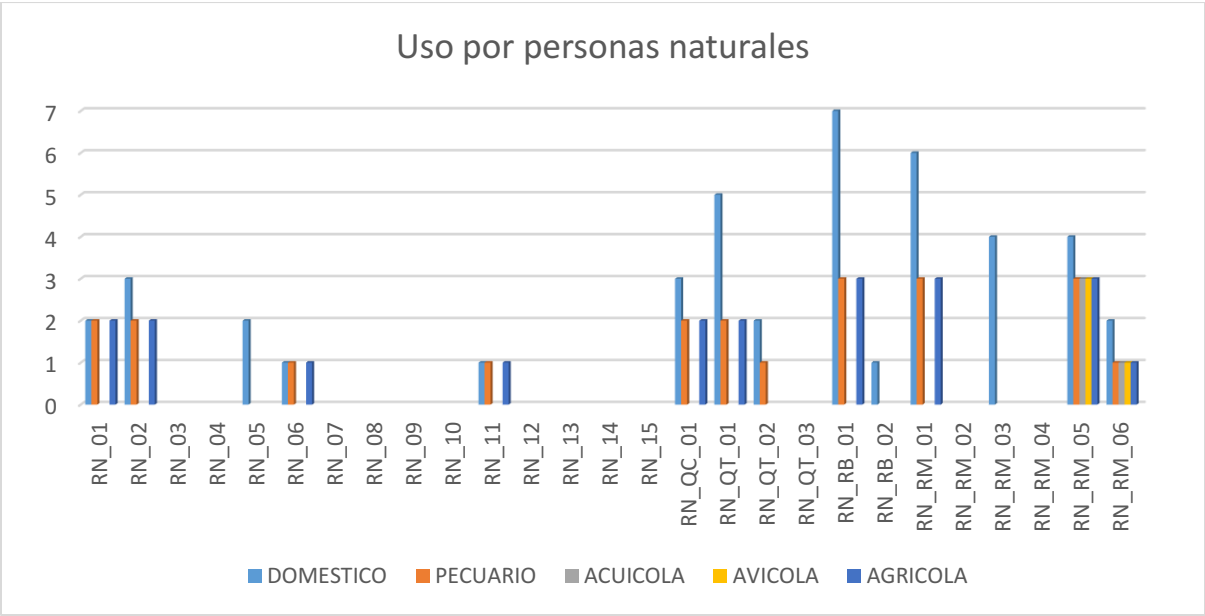
Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

A lo referente con las personas naturales, teniendo en cuenta que los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo, dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de estos fines, en el tramo RN_01 el consumo es completamente doméstico, pecuario y agrícola. En el Tramo RN_02 es predominante el uso doméstico (100%) seguido por el pecuario y agrícola (75% cada uno) y en RN_05 es netamente doméstico.

En el tramo RN_06 y RN_11 las actividades domésticas, pecuarias y agrícolas fueron reportadas en la totalidad de los usuarios registrados. En cuanto al tramo RN_QC_01 el uso predominante es el doméstico con el 100% seguido por el pecuario y el agrícola con el 75% respectivamente. Por otra parte, en el tramo RN_QT_01 se pudo observar que las actividades principales son las domesticas (100%) seguido por las agrícolas y pecuarias con el 40% de representatividad.

En los tramos RN_QT_02 la totalidad de los usuarios usan el recurso para actividades domésticas y el 50% también lo usa para actividades pecuarias. En RN_RB_01 el recurso es utilizado en el 100% de los usuarios para consumo humano y un 43% para uso pecuario y agrícola. En los tramos RN_RB_02 y RN_RM_03 el uso del agua es netamente para consumo humano, por otro lado, en el tramo RN_RM_01 todos los usuarios censados dicen tener uso doméstico y el 50% de ellos también tienen uso pecuario y agrícola, finalmente en los tramos RN_RM_05 Y RN_RM_06 el agua es captada principalmente para uso doméstico seguido por pecuario, acuícola, avícola y agrícola, estos últimos en igual medida. Tal y como se presenta en la siguiente figura.

Figura 166. Clasificación del uso del agua para personas naturales de acuerdo con expedientes consultados por tramo en el Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.7.2.3 Uso del recurso hídrico Río Palenque

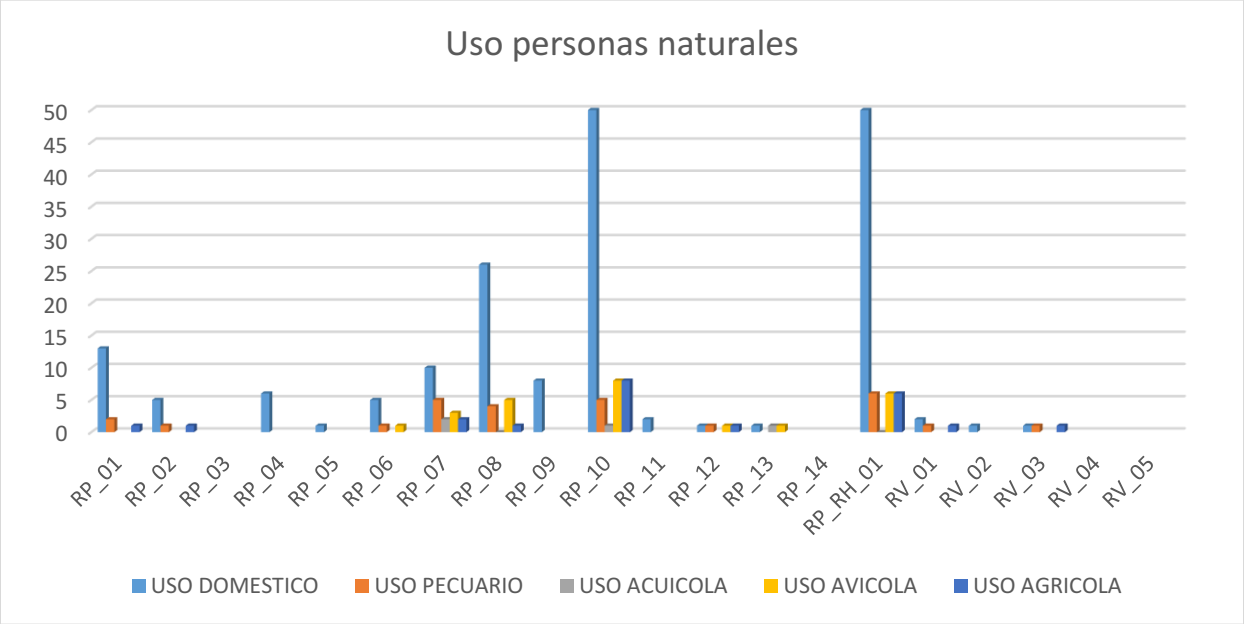
De acuerdo con las consultas realizadas, para la Unidad hidrográfica Nivel I (UNH I) Río Palenque se encontró un total de 14 expedientes otorgados a personas jurídicas en los tramos RP_04, RP_05, RP_06, RP_07, RP_09, RP_10, RP_RH_01 y RV_02 los cuales todos tienen uso para actividades domésticas. Para las personas naturales (ver figura 168) , teniendo en cuenta que los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo, dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de estos fines, se observó que en el tramo RP_01 se utiliza el recurso en mayor medida para actividades domésticas, seguidas por pecuario y agrícola con 15,38% y 7,69% respectivamente, en el tramo RP_02 el 100% de los usuarios tienen uso doméstico y el 20% tiene uso agrícola y también pecuario.

En el tramo RP_04, RP_05, RP_09, RP_11 Y RV_02 el uso del agua es solamente doméstico. Por otro lado, el tramo RP_06 tiene mayor influencia en actividades domésticas con el 100% e influencia en actividades pecuarias y agrícolas en un 20%. El tramo RP_07 es utilizado en su mayoría para consumo humano por el 90% seguido por actividades pecuarias (45,45%), avícolas (27,27%), acuícolas y agrícolas cada una en 18,18%. En el tramo RP_08 se realizan actividades domésticas en un 100% de los usuarios, seguido por actividades avícolas (19,23%), pecuarias (15,38%) y agrícolas (3,84%).

En el tramo RP_10 el 96,15% de los usuarios reportan uso doméstico del recurso hídrico,15.38% uso avícola y también agrícola, 9,61% uso pecuario y 1,92% uso acuícola, en el tramo RP_12 la totalidad de los usuarios tienen usos doméstico, pecuario, avícola y agrícola; en el tramo RP_13 todos los usuarios censados registran usos doméstico, acuícola y avícola.

Finalmente, en el tramo RP_RH_01 el uso en su mayoría es doméstico (100%), seguido por uso pecuario, avícola y agrícola (12% cada uno), en el tramo RV_01 el 66,66% es uso doméstico, el 33,33 % es uso pecuario y uso agrícola cada uno y en el tramo RV_03 se utiliza el recurso hídrico principalmente para actividades domésticas (50%) y también tienen uso pecuario y agrícola (25% cada uno).

Figura 168. Clasificación del uso del agua para personas naturales de acuerdo con expedientes consultados por tramo en el Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.7.3 CONSOLIDADO DE LOS USOS DEL RECURSO HÍDRICO

Teniendo en cuenta la información anteriormente presentada en donde se realizó un análisis de cada fuente de información por tramo, priorizando la información recolectada mediante el censo de usuarios debido a que es la fuente más reciente con la que se cuenta, además de combinar y depurar expedientes existentes con usuarios duplicados presentes en la misma coordenada. Se puedo identificar que el uso predominante en la Unidad Hidrográfica Nivel I Carare Minero es el uso doméstico con 3455 usuarios es decir el 88,5%, seguido del uso avícola con 2147 usuarios correspondientes al 55%, el uso agrícola con 1328 usuarios (34%), el uso pecuario con 1224 usuarios (31,3%), el uso acuícola con 246 usuarios (6,3%), uso el industrial con 48 usuarios (1,2%) y el uso recreativo con 8 usuarios correspondientes al 0,2% del uso de agua. De la misma manera, a continuación, se describe el uso actual del recurso hídrico por cada tramo definido para las Unidades Hidrográficas Nivel II Río Guaquimay, Río Negro y Río Palenque.

1.3.7.3.1 Usos actuales por tramo Río Guaquimay

Para la Unidad Hidrografica Nivel I (UNH I) Río Guaquimay, teniendo en cuenta que la mayoría de usuarios tienen más de un uso del agua, los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo,

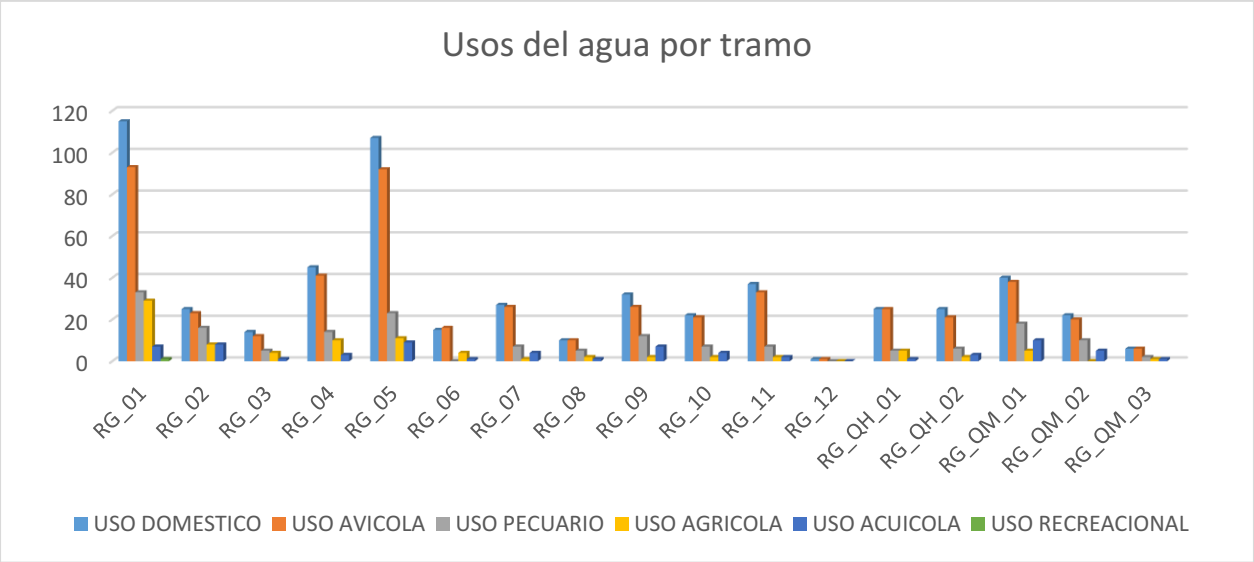
dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de estos fines, se encontró que en el tramo RG_01 el uso predominante es el uso doméstico con 81,56%, seguido por el uso avícola con el 65,96% el pecuario con el 23,4%, el agrícola con el 20,57%, el acuícola con el 4,96% y uso recreativo en un 0,7%. En el tramo RG_02 el 83,33% corresponde al uso doméstico, el 76,67% al uso avícola, el 26,67% al uso agrícola, el 53,33% al uso pecuario y el 26,67% al acuícola. Por su parte en el tramo RG_03 el mayor uso es para actividades domésticas con un 93,33% seguido por el consumo avícola con 80%, el uso agrícola con el 26,67%, el consumo pecuario con el 33,33%, el consumo acuícola con el 6,67%.

Para el tramo RG_04 se encontró que el uso predominante es el doméstico con el 95,74% seguido por el avícola con el 87,23% el agrícola, el acuícola con 6,38% y el pecuario con el 29,79%. En cuanto al tramo RG_05 el 96,40% corresponde al consumo doméstico, el 82,88% al consumo avícola, el 20,72% al uso pecuario, el 9,91% al uso agrícola y el 8,11% al uso acuícola. En el tramo RG_06 el 93,75% corresponde al consumo doméstico, el 100% al consumo avícola, el 6,25% es uso acuícola y el 25% al uso agrícola. Respecto al tramo RG_07 el 100% corresponde al uso doméstico, seguido por el consumo avícola con el 96,30%, el consumo pecuario con el 25,93%, el uso agrícola con el 3,7% y el consumo acuícola con el 14,81%.

Para el tramo RG_08 se evidenció que el uso predominante es el doméstico y avícola con la totalidad de los usuarios, seguido por el pecuario con el 50%, el agrícola con el 20% y el acuícola con el 10%. En el tramo RG_09 el uso predominante es el doméstico con el 100%, seguido por el avícola con el 81,25% y el pecuario (37,50%), acuícola (21,88%) y agrícola (6,25%). Para el tramo RG_10 se encontró que el %95,65 de los usuarios tienen el recurso para actividades domésticas, seguido de las actividades avícolas, pecuarias y acuícolas con el 91,30%, 30,43% y 17,39%. Para el tramo RG_11 el uso del agua es principalmente para actividades domésticas con el 94,87% seguido por las actividades avícolas y pecuarias con 84,62% y 17,95% respectivamente, las actividades agrícolas con 5,13%.

Por su parte, en el tramo RG_12 es en su totalidad de usos domésticos y avícola. Para el tramo RG_QH_01 el 96,15% es de uso doméstico y avícola cada uno, el19,23% para uso pecuario y agrícola cada uno y el 3,85% para uso acuícola. En el tramo RG_QH_02 se evidenció uso del agua para actividades domésticas en un 100%, actividades avícolas en un 84%, actividades pecuarias en un 24%, actividades acuícolas y agrícolas en un 12% 8% respectivamente. Para en el tramo RG_QM_01 la mayoría de los usuarios tiene como parte del uso del recurso hídrico para actividades domésticas (88,89 %), seguido por actividades avícolas con el 84,44%, actividades pecuarias con el 40%, actividades acuícolas con el 22,22% y actividades agrícolas con el 11,11%. Finalmente, en el tramo RG_QM_02 predomina el uso doméstico (95,65%), seguido por el uso avícola (86,96%), uso pecuario (43,38%), uso acuícola (21,74%) y en el tramo RQ_QM_03 el uso doméstico y avícola lo tienen el 100% de los usuarios, seguido por el uso pecuario con el 33,33%, uso acuícola y agrícola con el 16,67% cada uno. Lo anteriormente mencionado se presenta en la siguiente figura.

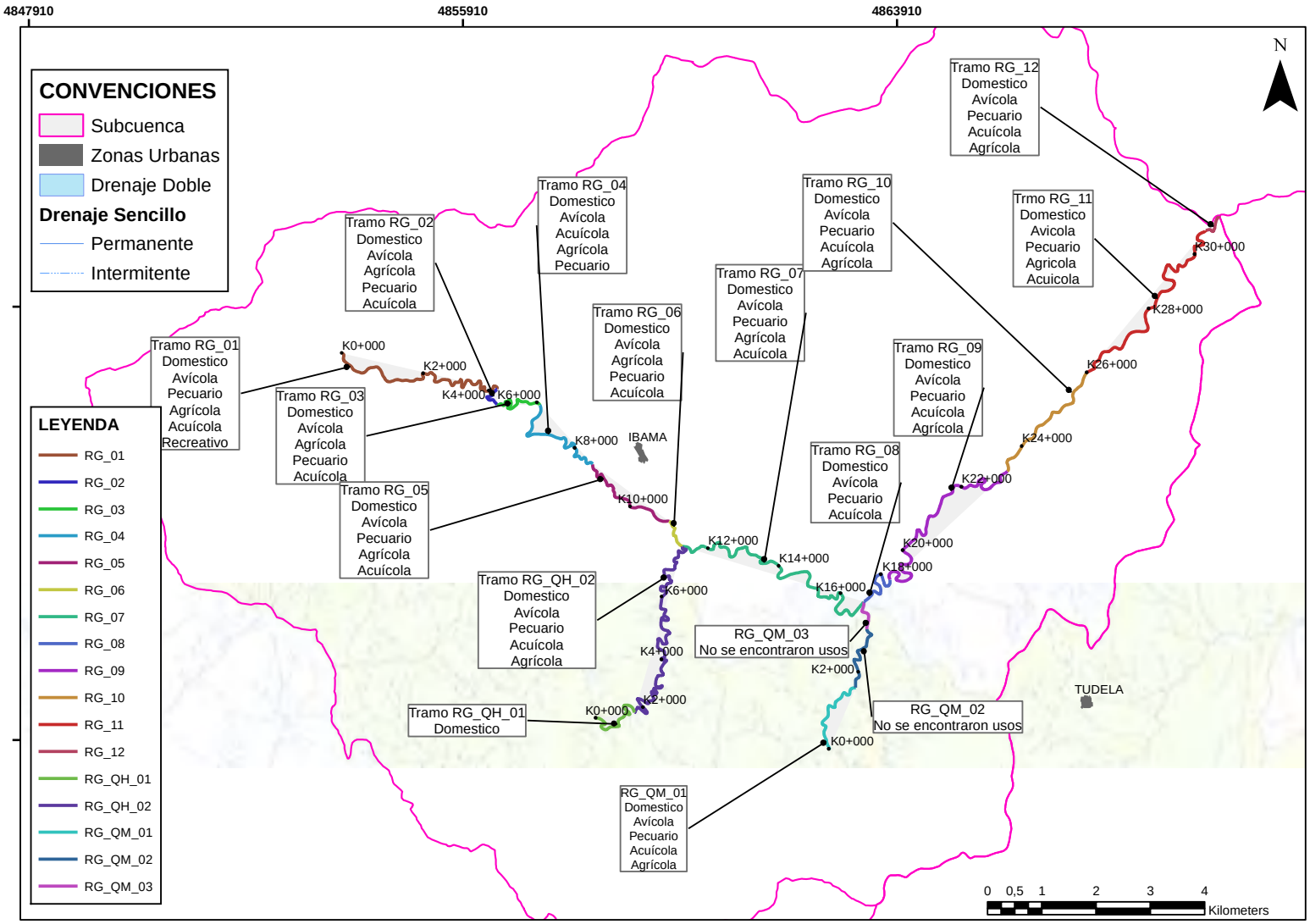
Figura 169. Clasificación consolidada del uso del agua por tramo Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la siguiente figura, se presenta el uso predominante del agua seguido de los usos que se realizan en cada tramo teniendo en cuenta el número de usuarios asociados.

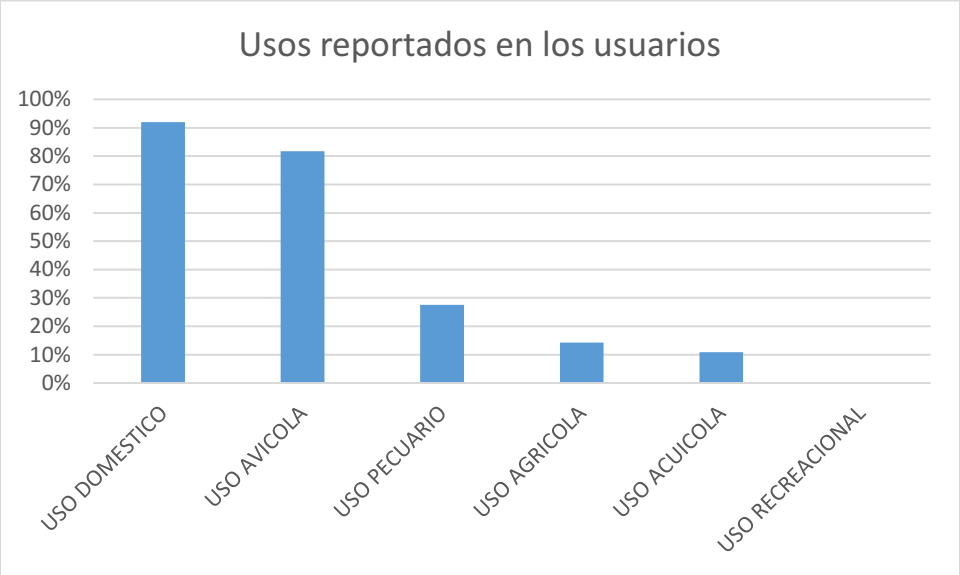
Figura 170. Usos del agua predominantes por tramo definidos para el Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Finalmente, a nivel general se puede observar que el recurso hídrico en la Unidad Hidrografica Nivel I (UNH I) Río Guaquimay es utilizado por la mayoría de sus usuarios principalmente para actividades domésticas con el 92%, seguido de actividades avícolas con el 81,68% de los usuarios, actividades pecuarias con el 27,55%, actividades agrícolas en el 14,26%, actividades acuícolas en el 10,85% y finalmente actividades recreacionales en el 0,07% de los usuarios, tal y como se presenta en la siguiente figura.

Figura 171. Distribución porcentual de los usos del agua respecto a la cantidad de usuarios para el Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Teniendo en cuenta la información secundaria, en el plan de desarrollo del municipio de Topaipi 2020-2023, ya que este hace parte de los tramos en esta Unidad hidrográfica Nivel I (UHN I) menciona entre las problemáticas en agua potable y saneamiento básico que solo en 19 veredas de las 38 se tiene servicio en la actualidad, comentan los habitantes que es necesario formalizar la constitución y legalidad de los acueductos veredales, dado que de los 19 que existen solo 9 esta formalizados, así mismo para los permisos de captación del agua que es necesaria para cada uno de los usos en los hogares. También manifiestan los habitantes que en la parte urbana se debe hacer seguimiento para saber la calidad del agua que se está distribuyendo y consumiendo y ampliar la red de alcantarillado en Topaipí centro y que se piense también en las inspecciones de Naranjal y San Antonio.

1.3.7.3.2 Usos actuales por tramo Río Negro

Para la Unidad Hidrografica Nivel I (UNH I) Río Negro, teniendo en cuenta que la mayoría de los usuarios tienen más de un uso del agua, los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo, dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de

estos fines, se encontró en el tramo RN_01 que el 100% de uso del agua es destinada para actividades domésticas, el 65,38% para uso pecuario, el 69,23% para uso avícola, el 30,77% para uso agrícola y el 3,7% para uso industrial. En el tramo RN_02 el 100% corresponde al uso doméstico, el 33,33% al uso pecuario y al uso agrícola cada uno. El tramo RN_03 presenta el 100% para uso doméstico, seguido del uso avícola, pecuario y agrícola con el 82,35%, 82,35% y el 11,76% respectivamente. Para tramo RN_04 el 100% es para uso doméstico, seguido por el pecuario, el avícola, el agrícola e industrial con 23,53%, 58,82%, 5,88%, 1,2% respectivamente.

El tramo RN_05 es usado por el 100% de los usuarios para uso doméstico, 72,97% para uso avícola, el 78,38% para uso pecuario, el 35,14% para uso agrícola, el 2,7% para uso acuícola, y el uso industrial con el 1.9%. En el tramo RN_06 el 100% es usado para actividades domésticas, el 74,16% para actividades avícolas, el 30,34% para actividades agrícolas y el 65,17% para actividades pecuarias. Por su parte, el tramo RN_07 es utilizado para actividades principalmente domesticas con el 100% de los usuarios, seguido por actividades avícolas con 81,88%, actividades agrícolas con 57,97% y actividades pecuarias con 30,43%. El tramo RN_08 es utilizado por la mayoría de los usuarios para actividades domésticas, avícolas, agrícolas, pecuarias y acuícolas con 100%, 80,0%, 68,0%, 36,0% y 24,0 % respectivamente.

Para el tramo RN_09 el 65,71% corresponde al uso agrícola, todos los usuarios tienen uso doméstico, el 37,14% para uso pecuario, el 65,71% para uso avícola. El tramo RN_10 presentó el 100% de usuarios con uso doméstico y 50% uso avícola. El tramo RN_11 presento uso predominante para las actividades domésticas con un 100% seguido por las actividades agrícolas con 78,26%, avícola y pecuarias con el 95,65% y 34,78% respectivamente. El tramo RN_12 presentó el 100% de los usuarios con uso doméstico, seguido del uso avícola, agrícola, pecuario y acuícola con 85,71%, 64,29%, 35,71% y 14,29% respectivamente.

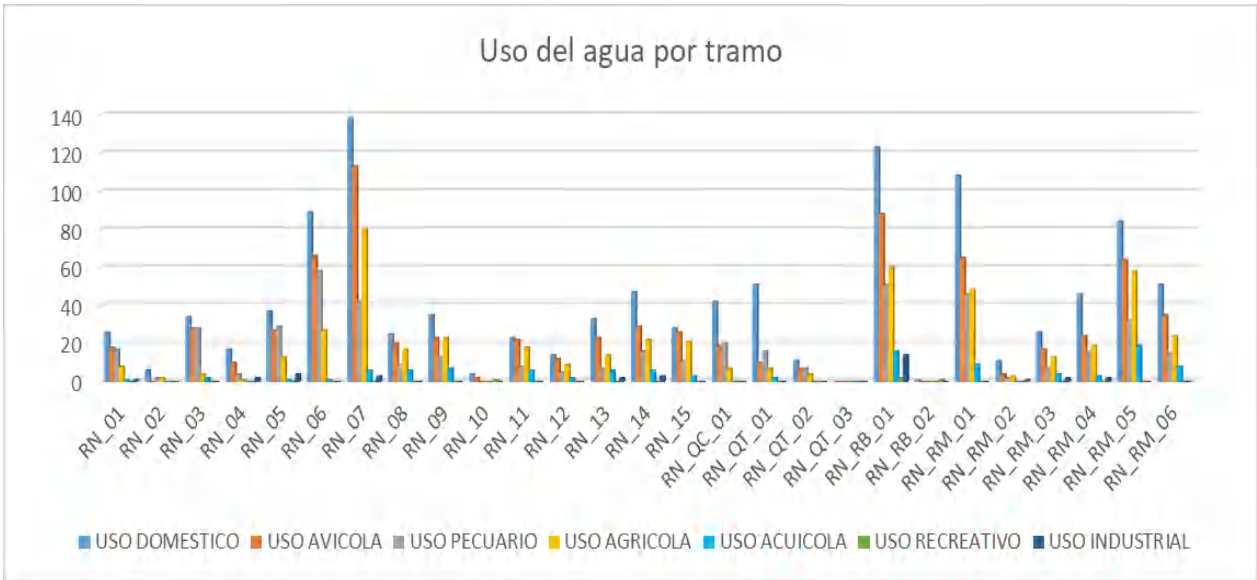
En el tramo RN_13 el uso del agua es principalmente para actividades domésticas con 95%, avícolas con 69,70%, agrícolas con 42,42%, pecuarias con 21,21%, acuícola con 18,18% e industrial con el 6%. Por otro lado, en el tramo RN_14 el 100% de los usuarios tienen agua para uso doméstico, el 61,70% para uso avícola, el 46,81% para uso agrícola, el 34,04% para uso pecuario, el 12,77% para uso acuícola y el 6,81% para uso industrial. El tramo RN_15 presento un uso del 97% de usuarios para uso doméstico, el 92,86% para uso avícola, el 75% para uso agrícola, el 39,29% para uso pecuario y finalmente el 10,71% para uso acuícola. El tramo RN_QC_01 presentó mayor uso del agua para actividades domésticas con 100%, seguido por actividades avícolas con 45,24%, pecuarias con un 47,62% y actividades agrícolas con 16,67%.

El tramo RN_QT_01 por su parte presento el 100% de los usuarios con uso doméstico, el 31,37% con uso pecuario, el 3,92% con uso acuícola, el 13,73% para con agrícola y el 19,61% para uso avícola. El tramo RN_QT_02 presento uso predominante doméstico con 100%, seguido del uso pecuario y agrícola con 63,64% y 36,36% respectivamente, y finalmente el uso avícola con 63,64%. En el tramo RN_RB_01 el uso predominante es el doméstico con 100% de los usuarios, seguido por el uso avícola con 71,54%, el uso agrícola con el 48,78%, el uso pecuario con el 41,46%, el uso acuícola con el 13,01%. El uso industrial con el 3,25% y el uso recreativo con el 1,62%. En el tramo RN_RB_02 el 100% de los usos identificados corresponden a usos domésticos y cuenta con un uso

recreativo 9,3%. El tramo RN_RM_01 está representado por el 100% de usuarios con uso doméstico, el 60,19% con uso avícola, el 42,59% con uso pecuario, el 44,44% con uso agrícola y el 8,33% con uso acuícola, En el tramo RN_RM_02 el uso principal es doméstico con 100% de los usuarios, uso avícola con 36,36%, agrícola con el 27,27% y uso pecuario representado con 18,18%.

En el tramo RN_RM_03 el uso doméstico tiene representatividad del 100%, seguido del uso avícola con 65,38%, uso agrícola con 50,0%, uso pecuario con 26,92%, acuícola con 15,38% e uso industrial con el 7,7%. En el tramo RN_RM_04 el 100% corresponde a uso doméstico, el 51,17% a uso avícola, el 41,30% a uso agrícola, el 34,78% a uso pecuario, el 6,52% a uso acuícola y el 4,34% uso industrial. El tramo RN_RM_05 presentó mayoría de usuarios con gasto del recurso para actividades domésticas representado en un 100%, seguido de actividades avícolas, agrícolas, pecuarias y acuícolas con 76,19%, 69,05%, 38,10% y 22,62% respectivamente. Para concluir en el tramo RN_RM_06 el uso predominante es el doméstico con 100% de los usuarios, seguido por el avícola con 68,63%, agrícola con 47,06% pecuario con 29,41% y acuícola con 15,69%. Lo anterior se evidencia en la siguiente figura.

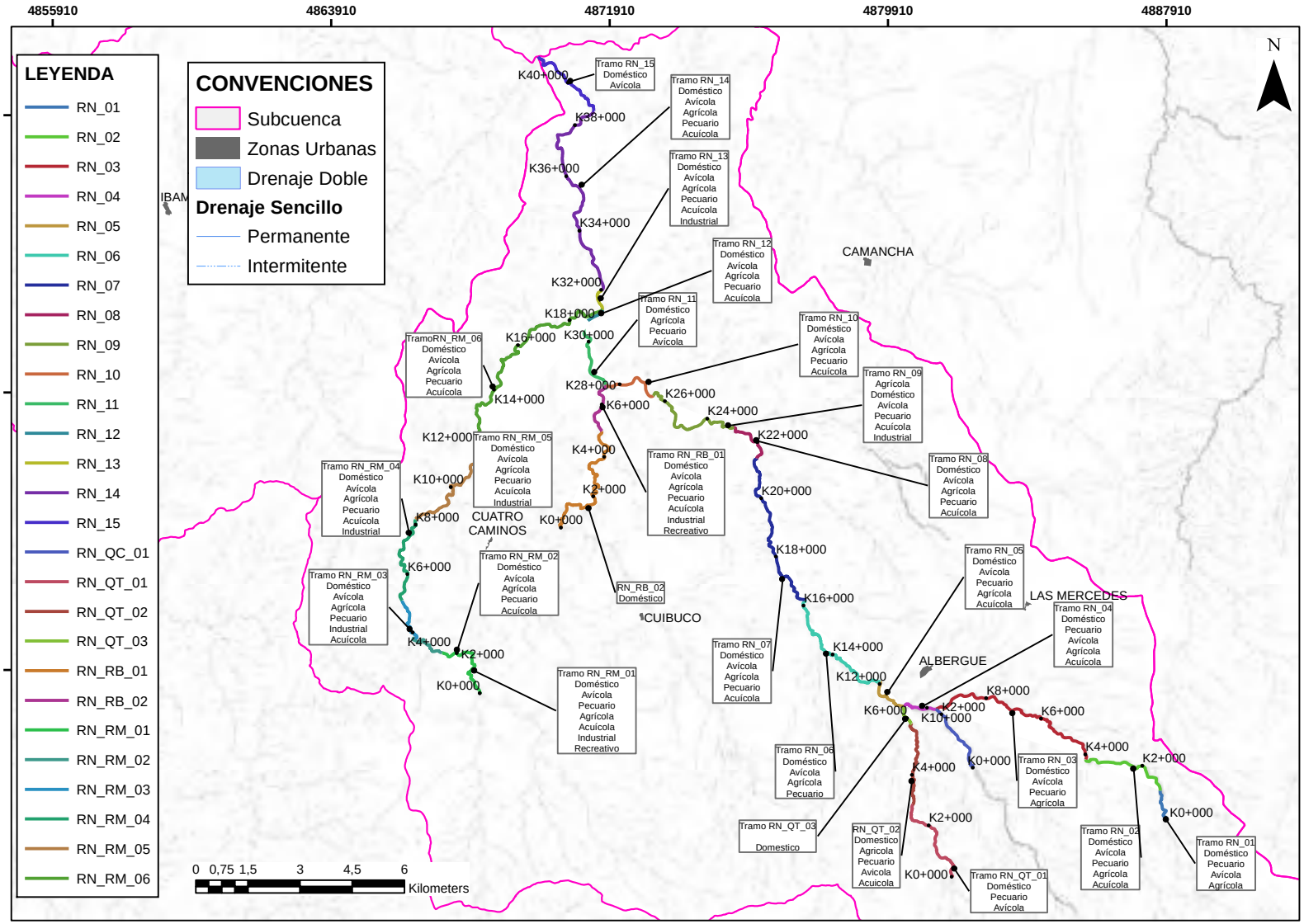
Figura 172. Clasificación consolidada del uso del agua por tramo Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la siguiente figura, se presenta el uso predominante del agua seguido de los usos que se realizan en cada tramo teniendo en cuenta el número de usuarios asociados.

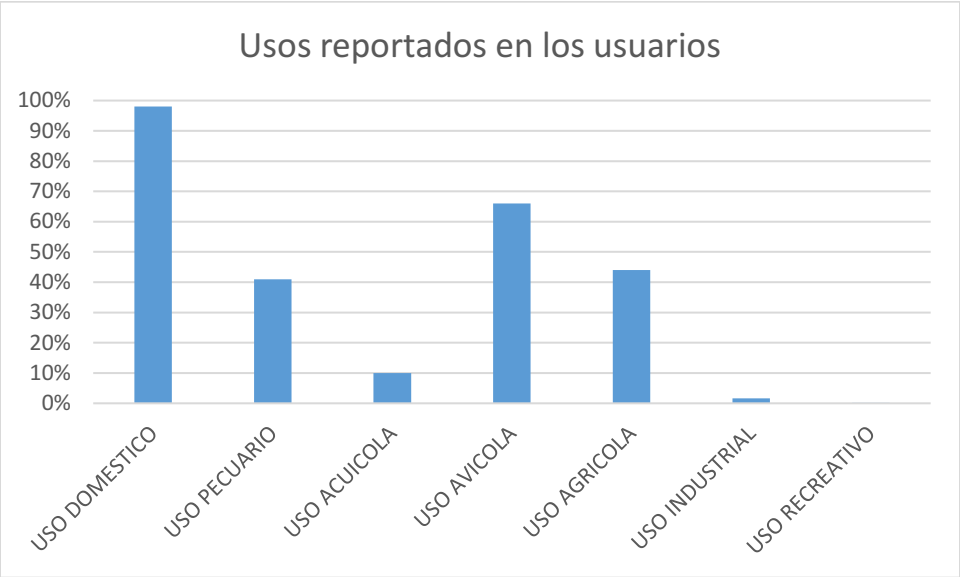
Figura 173. Usos del agua predominantes por tramo definidos para el Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Finalmente, a nivel general se puede observar en la siguiente figura que el recurso hídrico en la Unidad Hidrografica Nivel I (UNH I) Río Negro es utilizado principalmente para actividades domésticas y pecuarias con el 98%, seguido de actividades avícolas con el 66%, actividades agrícolas con el 44%, actividades pecuarias con 41%, actividades acuícolas con 10%, actividades industriales con un 1,6% y actividades recreacionales con 0,18%,

Figura 174. Distribución porcentual de los usos del agua respecto a la cantidad de usuarios para el Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la información secundaria podemos ver como se corrobora el anterior análisis de esta Unidad hidrográfica de Nivel I, en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Villagómez se expone que el uso principal en el municipio del recurso hídrico es el consumo humano, se utiliza también para el riego de cultivos tecnificados, tradicionales, actividades pecuarias y en actividades piscícolas; la mayor demanda se concentra en el consumo humano con un total de 15 litros/ seg. Para cubrir los acueductos de la cabecera municipal y los veredales; en la actividad agrícola se realiza una demanda promedio de 1.5 litros/ seg. Los cultivos desarrollados en el municipio no requieren de una gran demanda de agua y se suple por el régimen pluviométrico característico del municipio. La demanda en el caso de la actividad pecuaria es de menos del litro/ seg., es mínima por presentarse ganadería extensiva, la demanda para la actividad piscícola es de 2 litros/ seg., la cual es bastante considerable por ser una actividad de alto consumo del recurso.

También se menciona las oportunidades de nuevos usos en diferentes cuerpos de agua como Conservación en la laguna Tambiribuco, Futuro desarrollo turístico en las lagunas de Potosí y Corinto, las lagunas de Potosí y de Corinto son de propiedad privada y se están realizando usos incompatibles por parte de los actuales propietarios, es recomendable la adquisición de estos predios para evitar el deterioro del este recurso, la laguna de Tambiribuco está localizada en un zona de alto riesgo la

cual afecta a los predio aledaños y a la vía (generadora de gran impacto ambiental), es recomendable la construcción de obras civiles para minimizar el impacto que produce la filtración de sus aguas. (Topaipi, 2020)

La CAR menciona que el municipio de Tausa tiene dentro de sus usos actuales del recurso hídrico predominantes en su orden Uso doméstico, Uso pecuario y agrícola (Riego), Uso de abrevadero, Uso Comercial, Uso recreativo, entre otros. El uso doméstico es para el abastecimiento de la población de las áreas rural y urbana, con captaciones subterráneas y superficiales. (CAR, 2005)

Y finalmente cabe mencionar en el documento de *Diagnóstico y evaluación socioambiental de la cuenca río minero* expone que la cuenca presenta una demanda hídrica total de 2.354 m3 /seg, con mayor predominio de las necesidades para agricultura con 2.26 m3 /seg, la cual teniendo en cuenta las diferentes actividades que se desarrollan en la región y que requieren del recurso hídrico, es moderadamente baja en comparación con cuencas hidrográficas del mismo tamaño, esto debido principalmente a la baja densidad poblacional y a una actividad agropecuaria que se desarrolla de manera no tecnificada. A nivel de cuenca de tercer orden, la cuenca de mayor demanda hídrica corresponde a la del río Negro, con un consumo anual estimado promedio de 0.833 m3/seg, como consecuencia de la gran variedad de cultivos y pastos manejados asociado al asentamiento de más de 18.000 cabezas de ganado y cerca de 12.000 hectáreas de cultivos y pastos manejados; las cuencas de los ríos Guaquimay y Palenque presentan demandas totales entre 722 y 448 litros por segundo, asociado a actividades agrícolas y pecuarias de moderado a bajo desarrollo, mientras que las cuencas de menores demandas hídricas corresponde a la de los ríos Villamizar y Piedras, como consecuencia de menores áreas de drenaje, baja densidad poblacional y actividades agrícolas y pecuarias de pancoger. Las demandas hídricas a nivel sectorial predominan las actividades de tipo agrícola con valores de 2.2 m3 /seg, seguido por usos pecuarios (62 lt/seg) y poca participación en términos de demanda del sector doméstico (28 lt/seg) dada la baja densidad poblacional y la existencia de centros urbanos que no sobrepasan los mil habitantes (CAR, s.f.).

1.3.7.3.3 Usos actuales por tramo Río Palenque

Para la Unidad Hidrografica Nivel I (UNH I) Río Palenque, teniendo en cuenta que la mayoría de los usuarios tienen más de un uso del recurso, los porcentajes a continuación no suman 100 en cada tramo, dado que representan cuantos usuarios del total de cada tramo destinan el agua para cada uno de estos fines, los usos identificados para los usuarios en el tramo RP_01 corresponden al 100% para uso doméstico, 16,92% para uso agrícola, para uso avícola 10,77%, el 20,0% para uso pecuario y el 3,08% para uso acuícola. Para el tramo RP_02 corresponden al 100% para uso doméstico, 73,17% para uso agrícola, para uso avícola 2,44%, el 21,95% para uso pecuario y el 7,32% para uso acuícola. En el tramo RP_03 se encontraron usos del agua para actividades domésticas con 100% de representatividad seguido de los usos para actividades pecuaria, avícola y agrícola cada una de ellas representada por un 20%.

Por su parte en el tramo RP_04 el 100% de los usuarios reportan uso doméstico, el 28,13% uso avícola, el 12,50% uso agrícola y el 47,75% uso pecuario. Para el tramo RP_5 se puede apreciar que el uso con mayor representatividad es el doméstico con 100% de los usuarios, seguido por el avícola con 64,71%, uso pecuario con un 52,94 y agrícola con un 17,65%. Para el tramo RP_06 se encontró

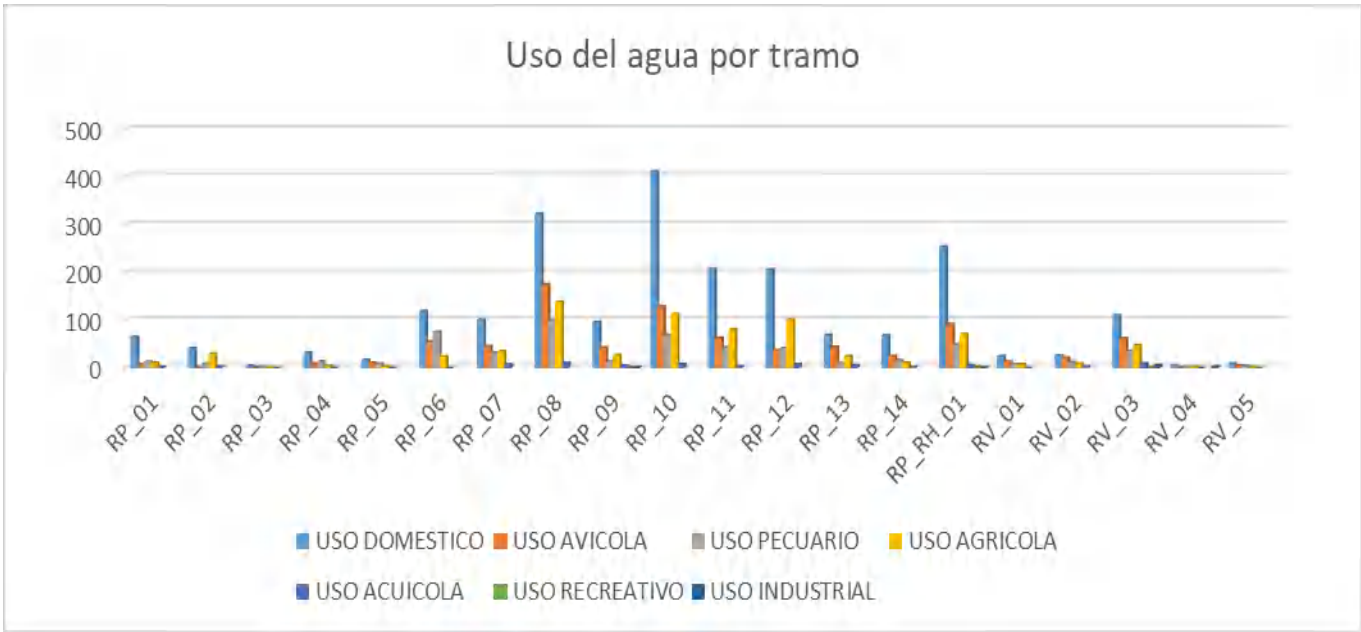
que el 100% del recurso es destinado para actividades domésticas, seguido por actividades agrícolas 20,17%, avícolas con 46,22% y pecuarias con 63,87%. En el tramo RP_07 se evidenció uso del agua para actividades domésticas en un 99,02% de los usuarios, avícolas en un 45,10%, agrícolas en un 34,31%, pecuarias en un 31,37% y acuícolas en un 6,86%.

En el tramo RP_08 el uso predominante es el doméstico con el reporte de su totalidad de usuarios, seguido por el avícola con el 54,18%, el agrícola con 42,72%, el pecuario con el 30,96%, y el acuícola con 3,10%. En el tramo RP_09 se encontró que el 97,96% es destinado a actividades domésticas, el 43,48% a actividades avícolas, el 5,10% a actividades acuícolas, el 14,29% y 27,55% a actividades pecuarias y agrícolas respectivamente y el 6,5% para uso recreativo. En el tramo RP_10 el recurso hídrico es utilizado principalmente para consumo humano doméstico con 98,8%, actividades avícolas con 30,7%, actividades pecuarias y agrícolas con el 16,55% y 27,10% respectivamente y actividades acuícolas con el 1,92%. En el tramo RP_11 el uso de agua es principalmente para actividades domésticas en un 100% de los usuarios, seguido por actividades agrícolas con un 39,13%, actividades avícolas con 30,43%, actividades pecuarias con un 20,77% y actividades acuícolas con un 1,45%.

El tramo RP_12 presento mayor uso para el consumo doméstico (99,04%), seguido por el uso agrícola (48,56%), el uso pecuario con (19,71%), el uso avícola (17,79%) y el uso acuícola (3,85%). En el tramo RP_13 se evidenció uso del recurso para actividades domésticas en un 97,18%, seguido de las actividades avícolas en un 61,97%, agrícolas en un 35,21%, actividades pecuarias con el 14,08%, y actividades acuícolas con el 8,45. Por su parte el tramo RP_14 presentó que el 100% de los usuarios destinan el recurso para consumo humano doméstico, el 23,53% para actividades pecuarias, el 16,18% para actividad agrícolas, el 36,76% para actividades avícolas y el 2,94% para actividades acuícolas. Para el tramo RP_RH_01 se puede observar que el uso predominante el doméstico con 100%, seguido por el avícola 36,22%, el agrícola con 27,95%, el uso pecuario con el 19,29%, el uso acuícola con 2,36%, el uso industrial con el 2,36% y el uso recreativo con el 2%. El tramo RV_01 tiene un uso predominante en actividades domésticas con 80,65%, seguido por el avícola 41,94%, el agrícola con 25,81% y el uso pecuario con el 25,81%.

El tramo RV_02 tiene un uso doméstico con 89,66%, seguido por el avícola 72,41%, el pecuario con el 41,38%, el uso agrícola con 31,03%, y el uso acuícola con 10,34%. Por otro lado, el tramo RV_03 presento uso predominante doméstico con 97,35% de los usuarios, seguido del avícola con 54,87%, el agrícola con el 42,48%, el pecuario con 31,86%, industriales con el 27,6%, acuícola el 7,96% y el recreativo con el 4,3%. El tramo RV_04 tiene mayor uso del recurso para actividades domésticas (100% de los usuarios), avícolas (16,67%), pecuarias (16,67%), agrícolas con 33,33%e industriales con 6,4%. Finalmente, el tramo RV_05 tiene mayor uso del agua para actividades domésticas con el 100%, seguido por actividades avícolas con 55,56%, pecuarias con 44,44% y actividades agrícolas con 11,11%. Lo anterior se evidencia en la figura a continuación.

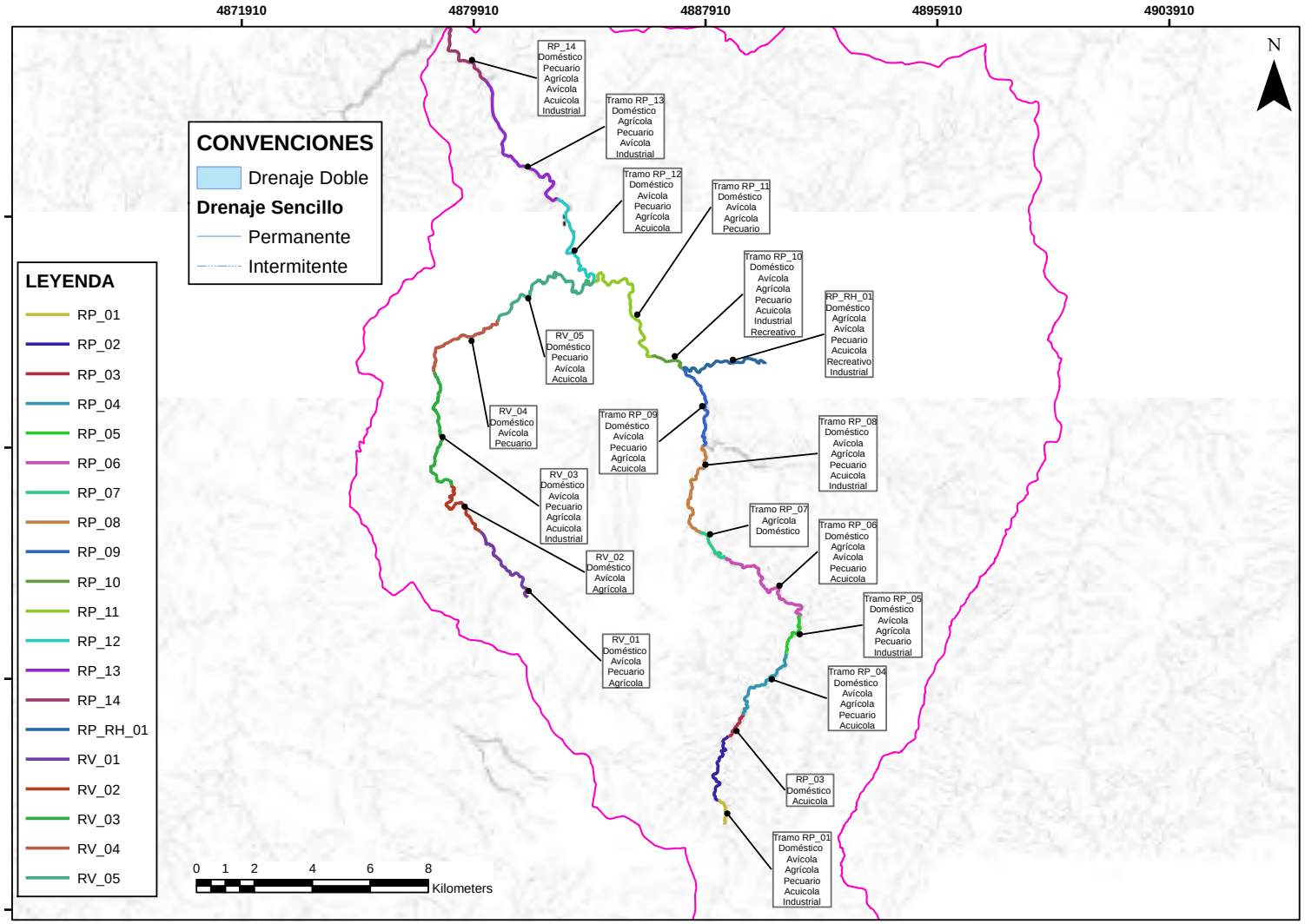
Figura 175. Clasificación consolidada del uso del agua por tramo Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

En la siguiente figura, se presenta el uso predominante del agua seguido de los usos que se realizan en cada tramo teniendo en cuenta el número de usuarios asociados.

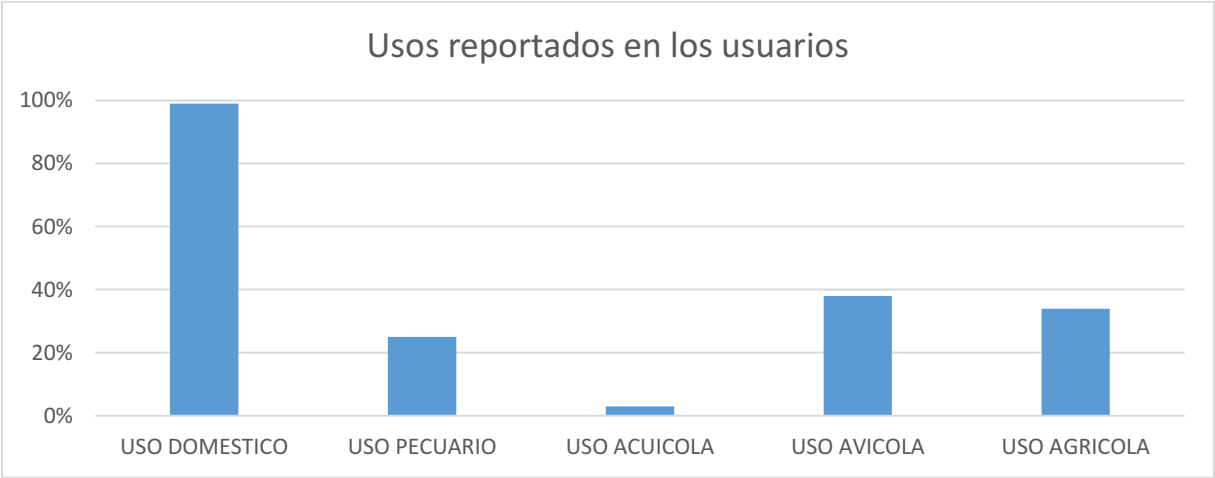
Figura 176. Usos del agua predominantes por tramo definidos para el Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

Finalmente, a nivel general se puede observar que el recurso hídrico en la Unidad Hidrografica Nivel I (UNH I Río Palenque es utilizado por los usuarios principalmente para actividades domésticas con el 99%, seguido de actividades avícolas con el 38%, actividades agrícolas con el 34%, actividades pecuarias con el 25% y finalmente actividades acuícolas con el 3%, tal y como se presenta en la siguiente figura.

Figura 177. Distribución porcentual de los usos del agua respecto a la cantidad de usuarios para el Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21

1.3.8 ESTUDIO DE LA DEMANDA DE AGUA

El reconocimiento de los usos y la demanda del agua se lleva a cabo con el apoyo de información primaria y secundaria; censo de usuarios, documentación regional, nacional y cartográfica. consiste en reconocer mediante escritos técnicos los diferentes sectores ubicados dentro de las unidades hidrográficas objeto de este instrumento de planificación soportado en la categorización unificada para el país descrita en la resolución 865 de 2004 actualizado y/o complementado por el decreto 3930 de 2010 ambos del l Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

1.3.8.1 LEVANTAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la estimación de la sustracción superficial se toma dos consideraciones base, la primera; información levantada mediante el censo de usuarios, permisos de vertimiento, estructuras hidráulicas, y la segunda valores con permiso de concesiones otorgados por las entidades territoriales en jurisdicción.

1.3.8.2 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Este aspecto corre por cuenta del equipo que realizo las actividades de recopilación de información. Por lo cual se considera que la información suministrada se encuentra debidamente depurada y validada desde los diferentes aspectos, captura de dato, imputación y sistematización de la información, de tal modo que no requiere procesamiento adicional.

1.3.8.3 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

La estimación de dicha sustracción superficial respecto a la información resaltada mediante el censo de usuarios se realiza siguiendo la filosofía del módulo de consumo para los sectores doméstico, servicios, pecuario y requerimiento de agua del cultivo para el sector agrícola. De otra parte, para la información resaltada en los expedientes consiste en una cuantificación de los volúmenes de agua concesionados. Las magnitudes de los volúmenes demandados deben estar de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución 865 del año 2004 y el Decreto 3930 de 2010. El modelo matemático general para la estimación de las demandas se presenta a continuación.

$$D_H = D_{u,D} + D_{u,S} + D_{u,A} + D_{u,P} + D_{u,R} + D_{u,H}$$

Donde,

D_H: Demanda hídrica total.
$D_{u,D}$: Demanda de agua para uso Doméstico.
$D_{u,D}$: Demanda de agua para uso Servicios.
$D_{u,A}$: Demanda de agua para uso Agrícola.
$D_{u,P}$: Demanda de agua para uso Pecuario.
$D_{u,P}$: Demanda de agua para uso Recreativo.
$D_{u.H}$: Demanda de agua para Industria.

1.3.8.4 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE USUARIOS CENSADOS

La estimación de esta demanda se determina como ya se mencionó bajo la filosofía del módulo de consumo. *"Este concepto de la política de la gestión integral de recurso hídrico, contribuye con la ordenación y distribución de los volúmenes de agua mediante concesión, valoración con la cual se establecer el requerimiento de agua para realizar una actividad específica"* (MINAMBIENTE) en relación su unidad de uso, ya sea habitantes, unidades animales, área cultivada por solo mencionar las que atañen específicamente a este estudio. La valoración de la demanda bajo el módulo de consumo está en acuerdo a las recomendaciones y alcances, siendo pertinente para la estimación de la demanda actual, demanda proyectada y elaboración de escenario

Los módulos de consumo empleados corresponden a los resultados del Estudio para la Determinación de Módulos de Consumo del Recurso Hídrico de las 10 cuencas de 2° Orden y las Ochenta y Cuatro de 3er Orden de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2015), documento en el cual se establecen los módulos o factores de consumo según el sector productivo, los cuales serán relacionados más adelante en la sección dispuesta para cada sector caracterizado.

En el caso específico de este instrumento de planificación, el aporte de un producto robusto como el censo de usuarios permite conocer las características de distribución de las actividades socioeconómicas de los pobladores de la región, así como de los uso y tipos de usuario, a través de dicha información se establecerá de una manera aproximada la demanda real del recurso en cada

una de las corrientes. La información de la encuesta del censo, complementa la base de datos de usuarios y usos de las autoridades ambientales, donde se consolida y relaciona la información por usuario importante para la estimación. Es importante hacer salvedad referente a casos particulares en la actividad de censo, generadores de incertidumbre, como; limitación en el acceso a predios, así como sus respectivos puntos de captación y de vertimiento, desconocimiento de los usuarios de la extensión o cantidad de la unidad productiva, falta de interés en suministrar la información y suministrar información sesgada de la realidad.

Los usos identificados durante el censo fueron; uso doméstico, uso pecuario, uso agrícola y uso acuícola. La subsectorización identificada fue la siguiente; para el uso doméstico se relacionó a población permanente y temporal, el uso pecuario en población bovina, porcina, avícola y equina, el sector agrícola áreas con cultivos permanentes, transitorios y tubérculos, dentro de los cuales se mencionaron un total de 69 variedades de cultivos.

La cuantificación de la demanda por cada uno de los sectores y subsectores, se realizó a partir de la información consolidada en la base de datos del censo, en los casos que el usuario no suministro información del caudal captado, se aplican módulos de consumo para la estimación de la demanda potencial. Considerando que parcialmente algunos de los usuarios no dieron reporte de áreas cultivadas o cantidad de especies sembradas, la estimación se complementó con la información estadística nacional de Agronet. Se empleo también la estadística nacional del DANE para complementar información de usuarios asociados a captaciones municipales.

La estimación de la demanda hídrica se realiza para cada unidad de modelación, teniendo en cuenta la dirección del flujo, así como la acumulación del mismo, la estructuración se basa en la misma propuesta del modelo conceptual del modelo hidrológico salvo algunas pequeñas precisiones que serán descritas a continuación. A cada subdivisión de las áreas se le asignara una unidad de demanda (UD) por cada uno de los sectores, la cual es caracterizada en relación con la función de los atributos requeridos por el modelo de estimación (Modulo de consumo). La asignación de la demanda hídrica en cada unidad de modelación se realiza mediante los sistemas de información geográfico teniendo en cuenta la posición del aprovechamiento de cada usuario, y el área de cuenca en el cual se superpone, así mismo se tienen en cuenta características espaciales adicionales a la unidad de cuenca, como lo son la franja de altura y el límite municipal, para lograr un mayor nivel de discretización en concordancia con los módulos de consumo propuestos.

Al tener consolidada la población o unidad productiva para el sector caracterizado, se procede a realizar el producto entre dicha unidad y el módulo de consumo relacionado, el cual se define en $Volumen\ /\ Tiempo - Unidad\ productiva$.

$$D_{unid,hidrg} = P_{unid,hidrg} * M_{consumo}$$

1.3.8.4.1 DEMANDA HÍDRICA DOMÉSTICA

La estimación considerando el módulo de consumo se realiza de acuerdo con la ubicación altitudinal de los habitantes residentes con aferencia a la unidad hidrográfica. Cuya presión para cada una de las subcategorías se dimensiona de la siguiente manera;

Proyección de la población año 2022 publicada por el DANE en el estudio post-censal *Proyecciones nacionales y departamentales de población* para las cabeceras municipales,

En la información de población permanente recabada mediante el censo de usuarios para centros poblados y población rural desagregada.

Tabla 177 Módulos de consumo asociados al sector doméstico.

GRIDCODE	PISO TÉRMICO	UNIDAD	MÓDULO DE CONSUMO
1	Cálido (0-1000)	l/hab/dia	140
2	Templado (1000-2000)	l/hab/dia	135
3	Frio (>2000)	l/hab/dia	125

Fuente: CAR, 2015

$$\rho_{Mi,T} = \frac{Población_{Mi,T}}{Área_{Mi,T}}$$

1.3.8.4.2 DEMANDA HÍDRICA SERVICIOS

La estimación considerando el módulo de consumo se realiza de acuerdo al módulo establecido para el sector hotelero, la presión se dimensiona con la información de población transitoria recabada mediante el censo de usuarios.

Tabla 178 Módulos de consumo asociados al sector hotelero.

UNIDAD	MÓDULO DE CONSUMO
l/hab/dia	47

Fuente : CAR, 2015

1.3.8.4.3 DEMANDA HÍDRICA PECUARIA

La demanda calculada bajo el módulo de consumo comprende la población bovina, equina, porcina y avícola; reportada por los usuarios en el censo de usuarios realizados en el marco de este instrumento de planificación. Los módulos de consumo aplicados se basan en la clasificación de bovinos, porcinos, aves y equinos.

Tabla 179 Módulos de consumo asociados al sector pecuario.

Gridcode	Piso térmico	Unidad	Bovinos Familia 1-1 (Leche)	Bovinos Familia 1-2 (cría)	Bovinos Familia 1-2 (engorde)	Equinos Familia 2-1	Porcinos Familia 3-1 (Engorde)	Gallinas
1	Cálido (0-1000)	Litro/UA/día	106	41	75	30	15	0.20
2	Templado (1000-2000)	Litro/UA/día	89	32	8	25	15	0.20
3	Frio (>2000)	Litro/UA/día	70	24	45	20	15	0.20

Fuente : CAR, 2015

1.3.8.4.4 DEMANDA HÍDRICA AGRÍCOLA

La estimación de la demanda agrícola que complementa la estimación total de la demanda de este uso se realiza bajo los pasos descritos seguidamente, los cuales atienden las situaciones donde el usuario no suministró información de los caudales demandados y donde no se tiene información del área cultivada.

1. Priorización de los cultivos a emplear en la estimación; en este punto se resalta que hay numerables cultivos, y la inclusión de su totalidad representa un esfuerzo considerable en el manejo de la información, así como desarrollo de procesos. La priorización de cultivos se desarrolló mediante el chequeo cruzado de la información lograda mediante el censo de usuarios, la información del portal Agronet que contiene el censo agrícola nacional y los cultivos priorizados en el Estudio Para la Determinación de Módulos de Consumo del Recurso Hídrico de la CAR. La priorización de cultivos definió 8 o menos cultivos que abarcan más del 85% de la participación de área sembrada por municipio.

2. Realizar el diseño distribución de los cultivos por municipio, piso altitudinal y cobertura de suelos (Corind Land Cover), para relacionar una adecuada caracterización, se define el porcentaje de participación de los cultivos asociados a cada municipio, a cada piso altitudinal y según el tipo de cobertura. Los resultados del diseño definen (matriz % participación de cultivos y matriz Cultivos) para la categoría de cobertura N3 de Corind land cover asociadas mosaicos de cultivos, a pastos, cultivos permanentes y transitorios.

3. Realizar el diseño del módulo de consumo ajustado para los grupos de clasificación resultantes de las matrices anteriores, teniendo en cuenta las diferentes clasificaciones de PU suministradas en el Estudio Para la Determinación de Módulos de Consumo del Recurso Hídrico de la CAR. Nota: PU refiere a una regionalización de las características de precipitación por zonas.

4. Construcción de un SHP con las características de unidades de modelación hidrológica, pisos altitudinales, municipios y coberturas de suelo necesario para asignar la distribución espacial de la demanda agrícola.

5. Definir para cada una de las unidades definidas en el SHP la clasificación de PU suministradas en el Estudio Para la Determinación de Módulos de Consumo del Recurso Hídrico de la CAR, PU se determina comparando la precipitación media mensual de cada una de las unidades respecto al rango de precipitaciones que definen cada PU en cada piso térmico.

6. Estimar las áreas efectivas con cultivos y pastos de conformidad con las descripciones otorgadas en la clasificación de coberturas de suelo Corind land cover.

7. Estimar la demanda de cada una de las superficies del SHP construido, aplicando los criterios y consideraciones anteriormente desarrollados, la estimación resultante consiste en el producto entre el módulo ajustado para las características de cada superficie y el área efectiva de cobertura de cultivos y pastos.

8. Consolidar la demanda de las diferentes clasificaciones definidas como una única demanda por unidad de modelación hidrológica.

1.3.8.4.5 DEMANDA HÍDRICA CENSADA

La demanda hídrica sectorial censada, correspondiente a las unidades UHN1, se encuentran ponderada mayoritariamente por la demanda del sector agrícola, la cual se encuentra en un 99.7324% en el Río Guaquimay, 99.3092% en el Río Negro, y 98.3578% en la cuenca del Río Palenque. Los valores caracterizados en millones de metros cúbicos al año (Mm3/año), se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 180 Demanda hídrica sectorial censada UHN1 (Mm3/año).

SECTOR UHN1	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
D Doméstica	0.05543	0.29228	0.54954
D Servicios	0.00017	0.00082	0.00109
D Pecuaria	0.04458	0.08340	0.09546
D. Agrícola	37.33129	54.12213	38.69723
D. Total	37.43147	54.49863	39.34332

Fuente: Elaboración propia, 2022.

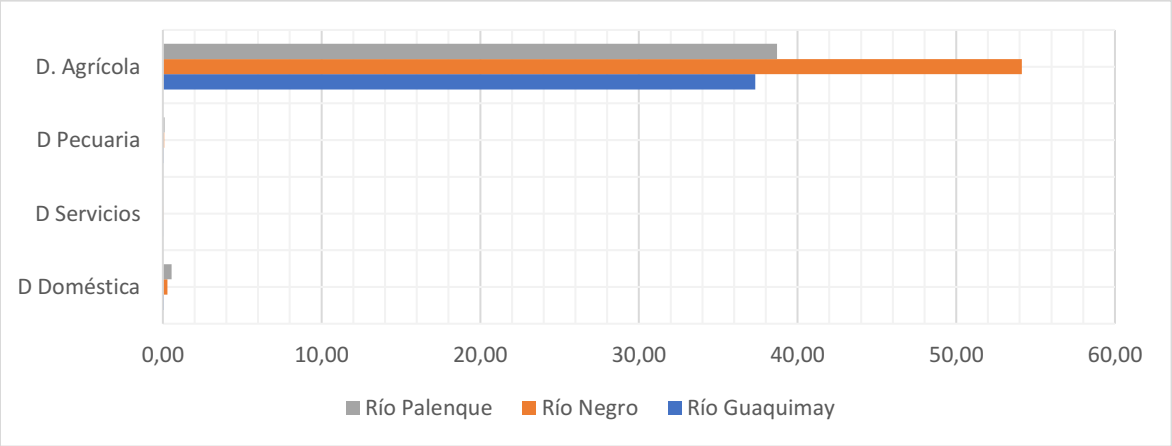
Adicionalmente, se incluye la distribución de participación porcentual de cada demanda sectorial respecto a la demanda hídrica total censada, la cual se muestra hasta 4 cifras significativas para poder apreciar los porcentajes correspondientes a la demanda del sector Servicios.

Tabla 181 Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial censada UHN1(%)

SECTOR UHN1	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
D Doméstica	0.1481%	0.5363%	1.3968%
D Servicios	0.0005%	0.0015%	0.0028%
D Pecuaria	0.1191%	0.1530%	0.2426%
D. Agrícola	99.7324%	99.3092%	98.3578%
D. Total	100.0000%	100.0000%	100.0000%

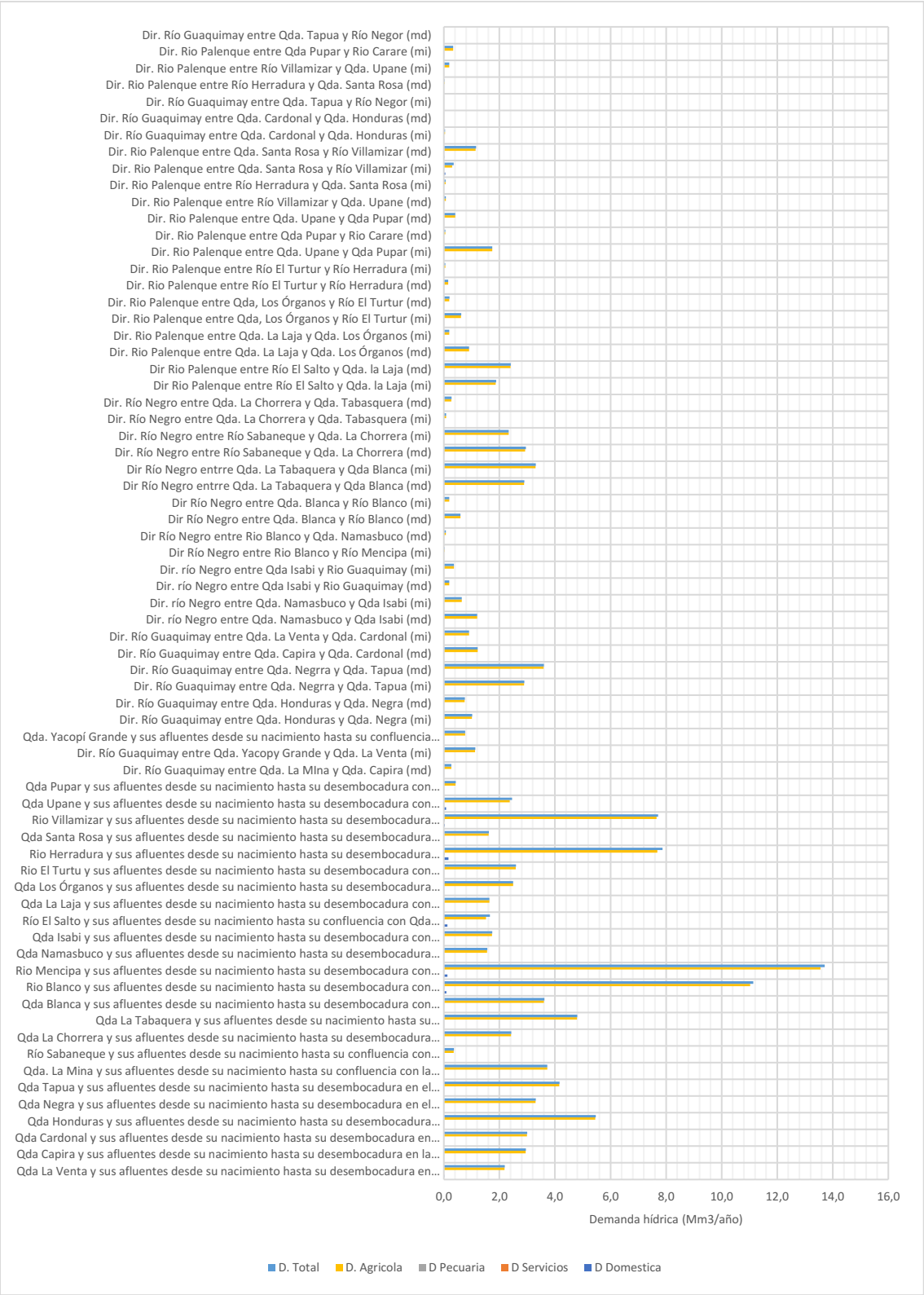
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 380 Demanda hídrica sectorial censada UHN1 (Mm3/año).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 381 Demanda hídrica sectorial censada UHN2 (Mm3/año).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 182 Demanda hídrica sectorial censada UHN2 (Mm3/año).

UHN2	D DOMÉSTICA	D SERVICIOS	D PECUARIA	D. AGRÍCOLA	D. TOTAL
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.01247	0.00005	0.00239	2.18002	2.19493
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00330	0.00000	0.00607	2.94681	2.95618
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00168	0.00000	0.00190	2.99480	2.99838
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	0.01001	0.00002	0.00159	5.45327	5.46489
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.00374	0.00001	0.00156	3.30299	3.30831
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.00251	0.00000	0.00054	4.15933	4.16238
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.00251	0.00001	0.00056	3.71890	3.72198
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.00429	0.00003	0.00343	0.35522	0.36296
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00242	0.00003	0.00352	2.41878	2.42475
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00301	0.00001	0.00717	4.78943	4.79962
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.01055	0.00009	0.00720	3.60383	3.62166
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.09551	0.00023	0.01503	11.02659	11.13736
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.12918	0.00019	0.01866	13.55714	13.70518
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00610	0.00001	0.00025	1.55392	1.56027
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00335	0.00003	0.00315	1.73259	1.73913
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	0.13272	0.00002	0.00705	1.51456	1.65436

UHN2	D DOMÉSTICA	D SERVICIOS	D PECUARIA	D. AGRÍCOLA	D. TOTAL
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.00000	0.00000	0.00003	1.63949	1.63952
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.00292	0.00000	0.00109	2.49302	2.49703
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.01014	0.00003	0.00215	2.58587	2.59818
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.16507	0.00038	0.02132	7.68865	7.87542
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	0.00876	0.00006	0.00120	1.61189	1.62192
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.03682	0.00024	0.02187	7.65688	7.71581
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.08535	0.00008	0.00001	2.37467	2.46010
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.01094	0.00006	0.00018	0.42038	0.43155
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	0.00148	0.00000	0.00102	0.26752	0.27002
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	0.00222	0.00003	0.00125	1.12595	1.12945
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.00030	0.00001	0.00074	0.76635	0.76740
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.00266	0.00000	0.01058	1.00918	1.02243
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.00000	0.00000	0.00493	0.75047	0.75541
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	0.00183	0.00001	0.00587	2.89084	2.89855
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	0.00761	0.00002	0.00487	3.58925	3.60175
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.00202	0.00000	0.00001	1.21307	1.21510
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.00079	0.00000	0.00068	0.90823	0.90971
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.00000	0.00000	0.00181	1.19902	1.20083
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.64664	0.64664
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.00000	0.00000	0.00003	0.19062	0.19065
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.00015	0.00000	0.00000	0.36030	0.36045
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.00054	0.00000	0.00000	0.02676	0.02730
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.00114	0.00001	0.00040	0.06789	0.06945
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.00182	0.00001	0.00044	0.60014	0.60242
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.00123	0.00000	0.00113	0.19258	0.19494

UHN2	D DOMÉSTICA	D SERVICIOS	D PECUARIA	D. AGRÍCOLA	D. TOTAL
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.00956	0.00004	0.00242	2.88756	2.89958
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.00308	0.00004	0.00111	3.30436	3.30859
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.01077	0.00007	0.01726	2.92118	2.94928
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	2.33044	2.33044
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.08594	0.08594
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.00958	0.00002	0.00038	0.27121	0.28120
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.00584	0.00003	0.01681	1.86258	1.88526
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.00411	0.00003	0.01141	2.39772	2.41326
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.00037	0.00000	0.00047	0.90360	0.90444
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.19780	0.19780
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.00379	0.00001	0.00045	0.61748	0.62173
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.00251	0.00001	0.00267	0.19726	0.20245
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.00380	0.00001	0.00040	0.15628	0.16049
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.00015	0.00000	0.00000	0.05363	0.05378
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.00412	0.00002	0.00104	1.73874	1.74392
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.05566	0.05566
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.00116	0.00001	0.00078	0.41220	0.41416
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.00163	0.00000	0.00041	0.07059	0.07263
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.06277	0.06277
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.05107	0.00004	0.00045	0.29862	0.35019
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.01580	0.00005	0.00095	1.14001	1.15680
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.00015	0.00000	0.00000	0.04169	0.04185
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00861	0.00861
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00060	0.00060
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.02233	0.02233
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.00172	0.00000	0.00082	0.19148	0.19402
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.00076	0.00002	0.00388	0.33306	0.33772
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (md)	0.00015	0.00000	0.00000	0.00340	0.00356

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto a la demanda hídrica sectorial censada para las cuencas hidrográficas de nivel UHN2, se observa que para las 20 áreas hidrográficas asociadas a la cuenca del río Guaquimay, la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.00277 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.01247 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial de servicios, promedio de 0.00001 Mm3/año acotado entre los 0.00000 a 0.00005 Mm3/año; a su vez, la demanda pecuaria referencia una media de 0.00223 Mm3/año estableciéndose entre el rango de 0.00000 a 0.01058 Mm3/año. En mayor ponderación, se encuentra la demanda hídrica del sector agrícola, con valor medio de 1.86656 Mm3/año, correspondiente al 99.73% de la demanda hídrica censada total, comprendida entre los límites de 0.00060 Mm3/año hasta 5.45327 Mm3/año.

En referencia a las 22 unidades de la cuenca del río Negro, la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.01329 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.12918 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial de servicios, promedio de 0.00004 Mm3/año acotado entre los 0.00000 a 0.00023 Mm3/año; a su vez, la demanda pecuaria referencia una media de 0.00379 Mm3/año estableciéndose entre el rango de 0.00000 a 0.01866 Mm3/año. En mayor ponderación, se encuentra la demanda hídrica del sector agrícola, con valor medio de 2.46010 Mm3/año, correspondiente al 99.31% de la demanda hídrica censada total, comprendida entre los límites de 0.02676 Mm3/año hasta 13.55714 Mm3/año.

Adicionalmente, se establecen las 27 unidades subsiguientes al río Palenque, donde la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.02035 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.16507 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial de servicios, promedio de 0.00004 Mm3/año acotado entre los 0.00000 a 0.00038 Mm3/año; a su vez, la demanda pecuaria referencia una media de 0.00354 Mm3/año estableciéndose entre el rango de 0.00000 a 0.02187 Mm3/año. En mayor ponderación, se encuentra la demanda hídrica del sector agrícola, con valor medio de 1.43323 Mm3/año, correspondiente al 98.36% de la demanda hídrica censada total, comprendida entre los límites de 0.02233 Mm3/año hasta 7.87542 Mm3/año.

1.3.8.5 DEMANDA CONCESIONADA

La concesión de agua es el instrumento mediante el cual las autoridades ambientales reglamentan los permisos al respectivo usuario, para realizar el aprovechamiento del recurso hídrico en un lugar específico y mediante una tecnología aprobada. A continuación, se presentan la estimación de la demanda (millones de metros cúbicos por año, Mm3/ año) a partir de las concesiones, la valoración se determina con el apoyo de sistemas de información geográfica, asignando a cada concesión la unidad hidrológica de referencia sobre la cual se realiza el aprovechamiento.

Tabla 183 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN1 (Mm3/año).

UHN1	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
Doméstico	0.0167	0.3639	0.4053
Agropecuario	0.0375	0.1082	0.2667
No Especificado	0.0000	0.0022	0.3806
Recreativo	0.0161	0.0000	0.0000
Servicios	0.0000	0.0000	0.0000

UHN1	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
Industrial (Construcción)	0.0000	0.0000	0.0460
Industrial	0.0000	0.0000	0.0476
Minería	0.0000	0.0013	0.0000
Total	0.0703	0.4756	1.1463

Fuente: Elaboración propia, 2022.

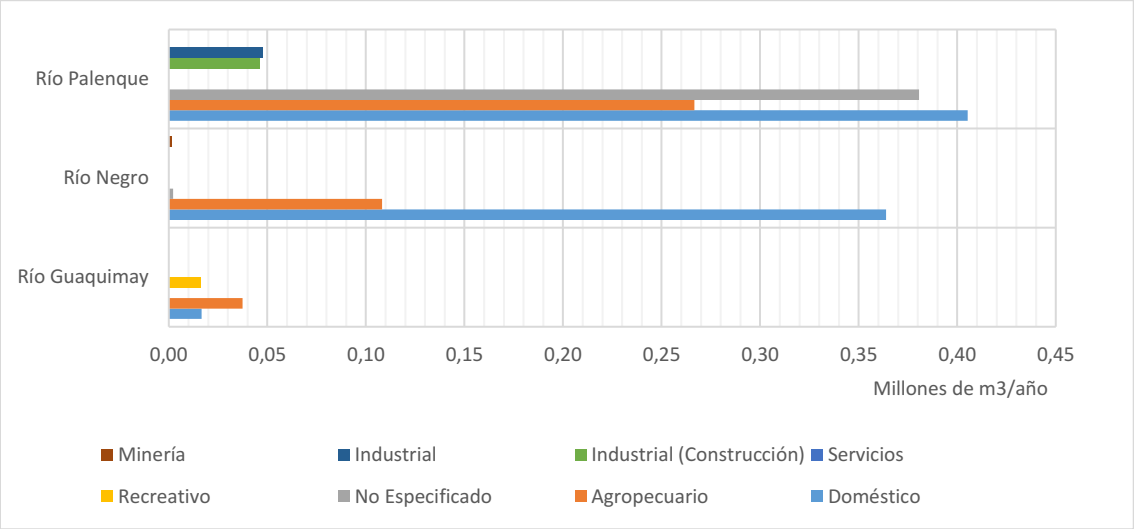
La demanda hídrica sectorial concesionada correspondiente a las unidades UHN1, se encuentra consolidada principalmente en la cuenca del Río Palenque (1.1463 Mm3/año), seguido de la cuenca del río Negro (0.4756 Mm3/año), y por último, la cuenca del Río Guaquimay (0.0703 Mm3/año). Dentro de cada contexto de cuenca, se observan las principales participaciones porcentuales en el sector doméstico y agropecuario, con algunas concesiones no especificadas en la cuenca del Río Palenque.

Tabla 184 Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial concesionada UHN1(%)

UHN1	RÍO GUAQUIMAY	RÍO NEGRO	RÍO PALENQUE
Doméstico	23.79%	76.53%	35.36%
Agropecuario	53.32%	22.75%	23.27%
No Especificado	0.00%	0.46%	33.20%
Recreativo	22.89%	0.00%	0.00%
Servicios	0.00%	0.00%	0.00%
Industrial (Construcción)	0.00%	0.00%	4.02%
Industrial	0.00%	0.00%	4.15%
Minería	0.00%	0.27%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 382 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN1 (Mm3/año).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a los resultados de la demanda hídrica sectorial concesionada a nivel UHN1, se observa que para la cuenca del río Guaquimay, los sectores con mayor participación respecto a la demanda hídrica total, corresponde a Agropecuario (53.32%), Doméstico (23.79%) y Recreativo (22.89%). Respecto al UHN1 del río Negro, los sectores de mayor proporción respecto a la demanda total, son el Doméstico (76.53%) y Agropecuario (22.75%). A su vez, la unidad hidrográfica del río Palenque, se encuentra ponderado principalmente por el sector Doméstico (35.36%), usos del agua No Especificados (33.20%) y el Agropecuario (23.27%).

Figura 383 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN2 (Mm3/año).

Tabla 185 Demanda hídrica sectorial concesionada UHN2 (Mm3/año).

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTRUCCIÓN)	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00032	0.03185	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.03217
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	0.01514	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01514
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.00000	0.00183	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00183
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.00126	0.00284	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00410
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.03910	0.00315	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00126	0.04352
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00063	0.02050	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02113
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00126	0.00442	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00568
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.09776	0.02428	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.12204
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.22454	0.03343	0.00189	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25986
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	0.18354	0.07411	0.00063	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25828
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.00000	0.01157	0.07253	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.08411
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTRUCCIÓN)	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.00063	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00063
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.19007	0.11589	0.20432	0.00000	0.00000	0.04604	0.04762	0.00000	0.60395
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.02964	0.05676	0.05330	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.13970
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.01608	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01608
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.00000	0.00095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00095
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTRUCCIÓN)	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.00063	0.00315	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00378
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.00000	0.00883	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00883
Dir Río Negro entre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.00000	0.01041	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01072
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.00000	0.00804	0.04226	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05030
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.00145	0.00000	0.00760	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00905
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.00000	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00032

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTRUCCIÓN)	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negro (md)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Respecto a la demanda hídrica sectorial concesionada para las cuencas hidrográficas de nivel UHN2, se observa que para las 20 áreas hidrográficas asociadas a la cuenca del río Guaquimay, la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.00084 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.01514 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial agropecuaria, promedio de 0.00187 Mm3/año acotado entre los 0.00000 a 0.03185 Mm3/año. De acuerdo a la demanda hídrica sin especificar, no se relacionan demandas hídricas en las 20 unidades hidrográficas; a su vez, la demanda Recreativa, de Servicios, Industrial (Construcción), Industrial y Minería, referencian igualmente demanda sectorial de 0.00000 Mm3/año.

En referencia a las 22 unidades de la cuenca del río Negro, la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.01654 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.22454 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial agropecuaria, promedio de 0.00492 Mm3/año acotado entre los 0.00000 a 0.03343 Mm3/año. De acuerdo a la demanda hídrica sin especificar, se establece una media de 0.00010 Mm3/año, limitado entre los 0.00000 a 0.00189 Mm3/año. Para el caso de las demandas hídricas del sector Recreativo, de Servicios, Industrial (Construcción), e Industrial, referencian demanda sectorial de 0.00000 Mm3/año. La demanda hídrica del sector Minería configura un valor promedio de 0.00006 Mm3/año, con variación entre los rangos de 0.00000 hasta los 0.00126 Mm3/año.

Adicionalmente, se establecen las 27 unidades subsiguientes al río Palenque, donde la demanda hídrica doméstica comprende un valor medio de 0.01501 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.19007 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial agropecuaria, promedio de 0.00988 Mm3/año acotado entre los 0.00000 a 0.11589 Mm3/año. De acuerdo a la demanda hídrica sin especificar, se establece una media de 0.01410 Mm3/año, limitado entre los 0.00000 a 0.20432 Mm3/año. Para el caso de las demandas hídricas del sector Recreativo, Servicios y Minería, referencian demanda sectorial de 0.00000 Mm3/año. La demanda hídrica Industrial (Construcción), comprende un valor medio 0.00171 Mm3/año, entre los 0.00000 a 0.04604 Mm3/año; por otra parte, la demanda hídrica Industrial configura un promedio de 0.00176 Mm3/año, fluctuando entre los 0.00000 a 0.047462 Mm3/año.

1.3.8.6 ESPACIALIZACIÓN DE LA DEMANDA TOTAL

La demanda hídrica espacializada, se encuentra relacionada a la sumatoria entre la demanda hídrica caracterizada en el censo y la demanda concesionada, la cual se encuentra influenciada en su mayoría, por la demanda hídrica sectorial censada.

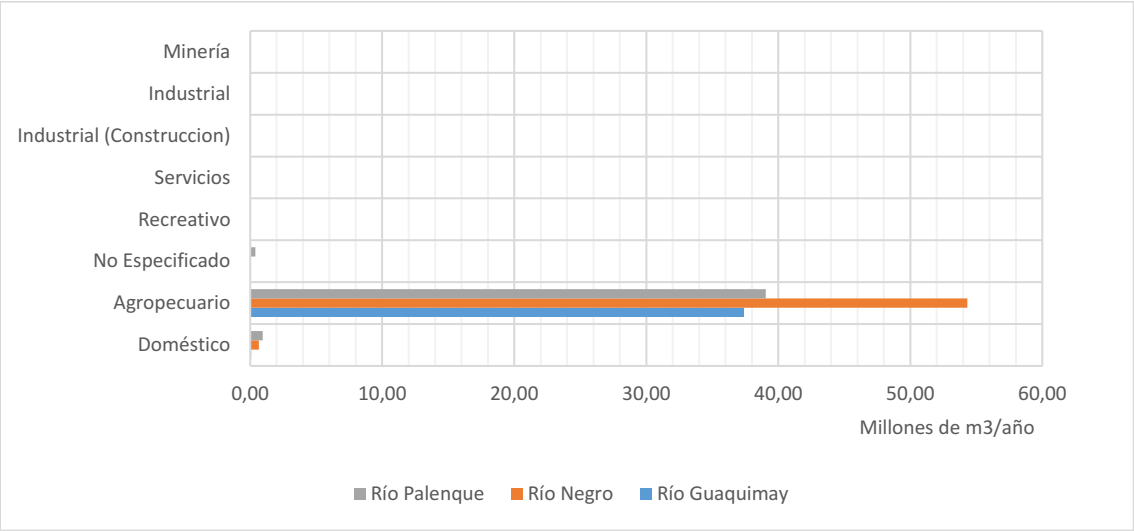
Tabla 186 Demanda hídrica sectorial total (Mm3/año) y Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial total UHN1 (%)

UHN1	Demanda hídrica (Mm3/año)			Distribución porcentual		
	Río Guaquimay	Río Negro	Río Palenque	Río Guaquimay	Río Negro	Río Palenque
Doméstico	0.0721	0.6562	0.9549	0.19%	1.19%	2.36%
Agropecuario	37.4133	54.3137	39.0594	99.76%	98.80%	96.47%
No Especificado	0.0000	0.0022	0.3806	0.00%	0.00%	0.94%
Recreativo	0.0161	0.0000	0.0000	0.04%	0.00%	0.00%
Servicios	0.0002	0.0008	0.0011	0.00%	0.00%	0.00%
Industrial (Construcción)	0.0000	0.0000	0.0460	0.00%	0.00%	0.11%
Industrial	0.0000	0.0000	0.0476	0.00%	0.00%	0.12%
Minería	0.0000	0.0013	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
Total	37.5017	54.9742	40.4897	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

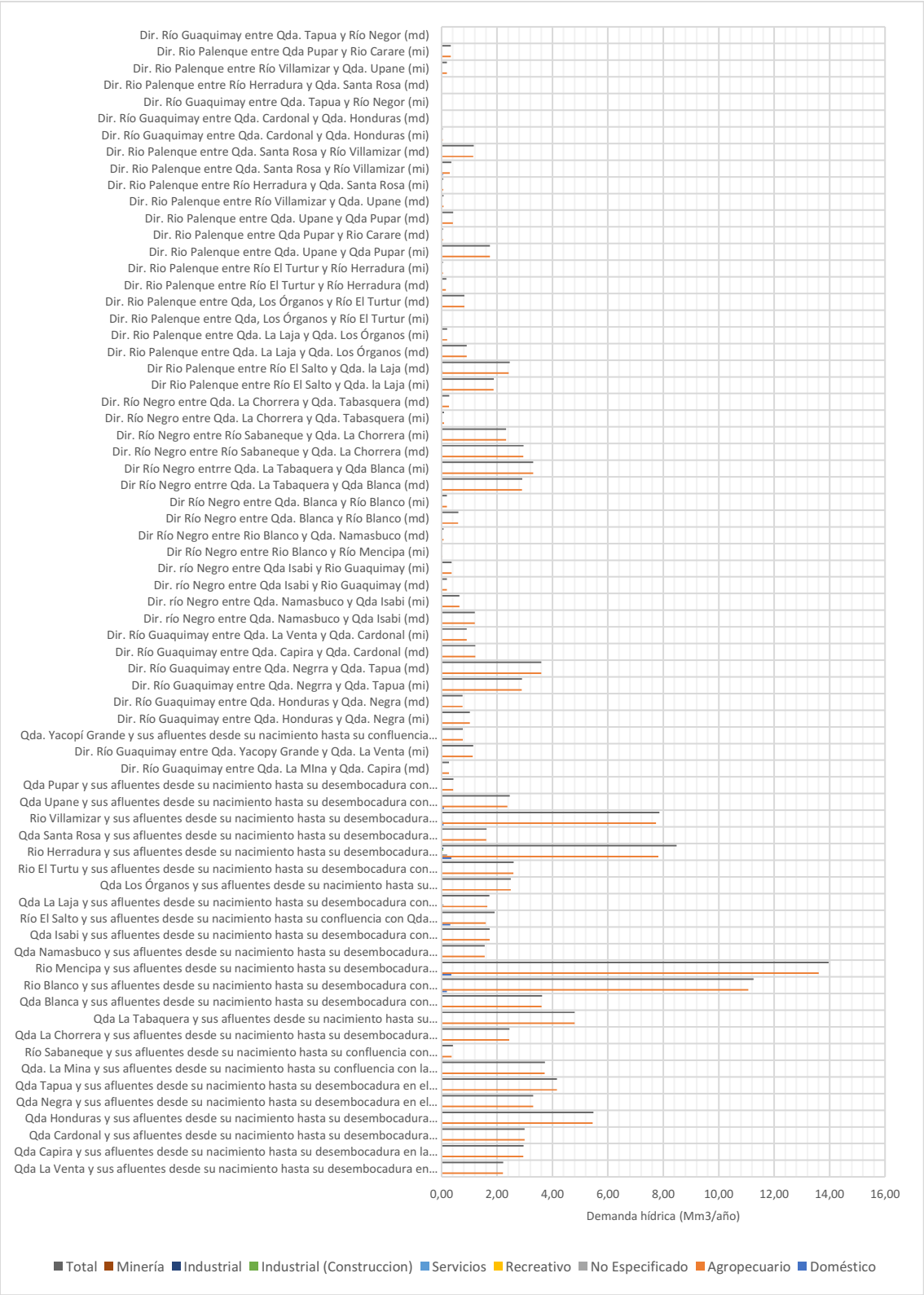
Se observa que el sector agropecuario representa el 99.76% de la demanda hídrica estimada para la cuenca del Río Guaquimay, 98.80% en Río Negro, y 96.47% en Río Palenque, en ponderación por la caracterización de la demanda agrícola censada. La demanda hídrica total, para las cuencas, corresponde al valor de 37.5017 Mm3/año en Río Guaquimay, 54.9742 Mm3/año en Río Negro, y 40.4897 Mm3/año en la cuenca del Río Palenque.

Figura 384 Demanda hídrica sectorial total (Mm3/año)



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 385 Demanda hídrica sectorial total UHN2(Mm3/año).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 187 Demanda hídrica sectorial total UHN2 (Mm3/año).

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTR))	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.01278	2.21426	0.00000	0.00000	0.00005	0.00000	0.00000	0.00000	2.22710
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00330	2.95288	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2.95618
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	0.00168	2.99670	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2.99838
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	0.02515	5.45486	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	5.48002
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.00374	3.30638	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	3.31014
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	0.00251	4.15986	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	4.16238
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	0.00377	3.72230	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	3.72608
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	0.04339	0.36180	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	0.00126	0.40648
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00305	2.44280	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	2.44588
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00427	4.80101	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	4.80530
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.01055	3.61102	0.00000	0.00000	0.00009	0.00000	0.00000	0.00000	3.62166
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.19327	11.06590	0.00000	0.00000	0.00023	0.00000	0.00000	0.00000	11.25941
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.35372	13.60923	0.00189	0.00000	0.00019	0.00000	0.00000	0.00000	13.96503
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00610	1.55417	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	1.56027
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	0.00335	1.73575	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	1.73913
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	0.31626	1.59572	0.00063	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	1.91264
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.00000	1.65109	0.07253	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.72363
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	0.00292	2.49411	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2.49703

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTR))	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.01077	2.58801	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	2.59882
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	0.35514	7.82586	0.20432	0.00000	0.00038	0.04604	0.04762	0.00000	8.47937
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	0.00876	1.61310	0.00000	0.00000	0.00006	0.00000	0.00000	0.00000	1.62192
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.06646	7.73551	0.05330	0.00000	0.00024	0.00000	0.00000	0.00000	7.85551
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.08535	2.37468	0.00000	0.00000	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	2.46010
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	0.01094	0.42056	0.00000	0.00000	0.00006	0.00000	0.00000	0.00000	0.43155
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	0.00148	0.26854	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.27002
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	0.00222	1.12720	0.00000	0.01608	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	1.14553
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	0.00030	0.76804	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.76834
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	0.00266	1.01976	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.02243
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	0.00000	0.75541	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.75541
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	0.00183	2.89671	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	2.89855
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	0.00761	3.59412	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	3.60175
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	0.00202	1.21308	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.21510
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	0.00079	0.90892	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.90971
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	0.00000	1.20083	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.20083
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	0.00000	0.64664	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.64664
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (md)	0.00000	0.19065	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.19065
Dir. río Negro entre Qda Isabi y río Guaquimay (mi)	0.00015	0.36030	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.36045

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTR))	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Dir Río Negro entre río Blanco y Río Mencipa (mi)	0.00117	0.02991	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.03108
Dir Río Negro entre río Blanco y Qda. Namasbuco (md)	0.00114	0.06830	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.06945
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	0.00182	0.60059	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.60242
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	0.00123	0.19371	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.19494
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	0.00956	2.89880	0.00000	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	2.90841
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	0.00308	3.30547	0.00000	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	3.30859
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	0.01077	2.94885	0.00032	0.00000	0.00007	0.00000	0.00000	0.00000	2.96000
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	0.00000	2.33044	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2.33044
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	0.00000	0.08594	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.08594
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	0.00958	0.27160	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.28120
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	0.00584	1.87939	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	1.88526
Dir río Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	0.00411	2.41717	0.04226	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	2.46356
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	0.00037	0.90408	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.90444
Dir. río Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	0.00000	0.19780	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.19780
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Dir. río Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	0.00631	0.81787	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.82419
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	0.00525	0.15668	0.00760	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.16954
Dir. río Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	0.00015	0.05363	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05378
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	0.00412	1.74010	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	1.74424

UHN2	DOMÉSTICO	AGROPECUARIO	NO ESPECIFICADO	RECREATIVO	SERVICIOS	INDUSTRIAL (CONSTR))	INDUSTRIAL	MINERÍA	TOTAL
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (md)	0.00000	0.05566	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05566
Dir. río Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	0.00116	0.41299	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.41416
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	0.00163	0.07101	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.07263
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	0.00000	0.06277	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06277
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	0.05107	0.29907	0.00000	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.35019
Dir. río Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	0.01580	1.14096	0.00000	0.00000	0.00005	0.00000	0.00000	0.00000	1.15680
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	0.00015	0.04170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04185
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	0.00000	0.00861	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00861
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	0.00000	0.00060	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00060
Dir. río Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	0.00000	0.02233	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02233
Dir. río Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	0.00172	0.19230	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.19402
Dir. río Palenque entre Qda Pupar y río Carare (mi)	0.00076	0.33694	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.33772
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	0.00015	0.00340	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00356

Fuente: Elaboración propia, 2022

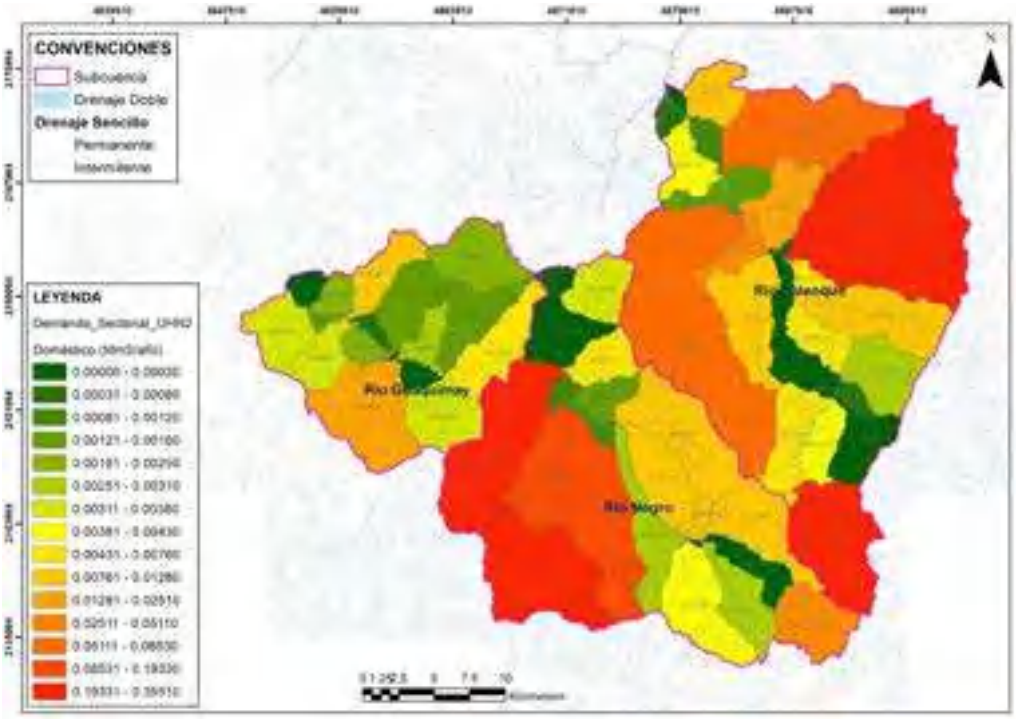
Respecto a la demanda hídrica sectorial total para las cuencas hidrográficas de nivel UHN2, se observa que para las 20 áreas hidrográficas asociadas a la cuenca del río Guaquimay, la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.0361 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.02515 Mm3/año; respecto a la demanda sectorial agropecuaria, promedio de 1.87067 Mm3/año equivalente al 99.76% de la demanda hídrica total, acotado entre unidades por los valores entre 0.00000 a 5.45486 Mm3/año,. De acuerdo a la demanda hídrica sin especificar, no se relacionan demandas hídricas en las 20 unidades hidrográficas; a su vez, la demanda Industrial (Construcción), Industrial y Minería, referencian igualmente demanda sectorial de 0.00000 Mm3/año. Para el caso de las demandas hídricas del sector Recreativo, se estima un promedio de 0.0080 Mm3/año, acotado entre 0.00000 a 0.01608 Mm3/año. A su vez, la demanda hídrica del sector Servicios, configura un promedio de 0.00001 Mm3/año, con variaciones entre los 0.000000 a 0.00005 Mm3/año.

En referencia a las 22 unidades de la cuenca del río Negro, la demanda doméstica comprende un valor medio de 0.03537 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.35514 Mm3/año entre las unidades en mención; respecto a la demanda sectorial agropecuaria, promedio de 2.46880 Mm3/año equivalente al 98.80% de la demanda hídrica total, acotado entre los 0.02991 a 13.60923 Mm3/año. De acuerdo a la demanda hídrica sin especificar, se establece una media de 0.00010 Mm3/año, limitado entre los 0.00000 a 0.00189 Mm3/año. Para el caso de las demandas hídricas del sector Recreativo, Industrial (Construcción) e Industrial, se referencian demandas de 0.00000 Mm3/año. La demanda hídrica del sector Servicios, relaciona un promedio de 0.00004 Mm3/año, conformada por el rango entre 0.00000 a 0.00023 Mm3/año. La demanda hídrica del sector Minería configura un valor promedio de 0.00006 Mm3/año, con variación entre los rangos de 0.00000 hasta los 0.00126 Mm3/año.

Adicionalmente, se establecen las 27 unidades subsiguientes al río Palenque, donde la demanda hídrica doméstica comprende un valor medio de 0.03537 millones de metros cúbicos por año (Mm3/año), fluctuando entre los 0.00000 a 0.35514 Mm3/año entre el conjunto de áreas hidrográficas en mención; respecto a la demanda sectorial agropecuaria, promedio de 1.44664 Mm3/año equivalente al 96.47% de la demanda hídrica total, acotado entre los 0.00000 a 7.82586 Mm3/año. De acuerdo a la demanda hídrica sin especificar, se establece una media de 0.01410 Mm3/año, limitado entre los 0.00000 a 0.20432 Mm3/año. Para el caso de la demanda hídrica del sector Recreativo y Minería, se referencia un valor de 0.00000 Mm3/año. En relación a la demanda hídrica de Servicios, se establece un valor medio de 0.00004 Mm3/año, fluctuando entre los 0.00000 a 0.00038 Mm3/año. La demanda hídrica Industrial (Construcción), comprende un valor medio 0.00171 Mm3/año, entre los 0.00000 a 0.04604 Mm3/año; por otra parte, la demanda hídrica Industrial configura un promedio de 0.00176 Mm3/año, fluctuando entre los 0.00000 a 0.047462 Mm3/año.

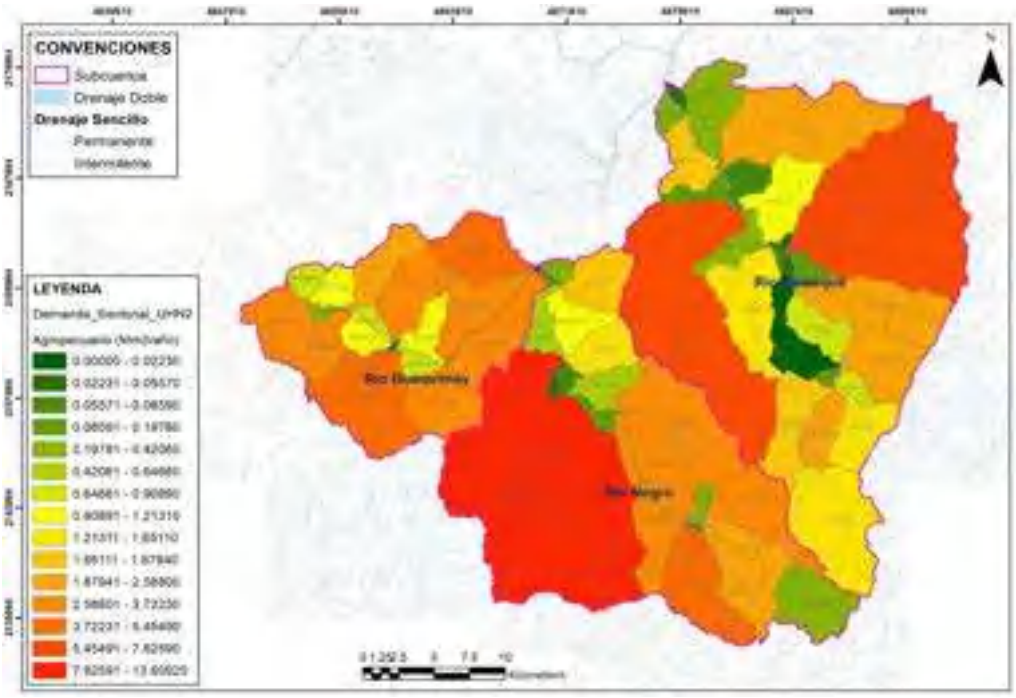
Se presentan los mapas de demanda hídrica sectorial y total asociados a las unidades hidrográficas de nivel UHN2, donde se puede observar diferentes rangos de agrupación según la demanda de cada sectorial, configurándose finalmente, una distribución en 20 clases para la demanda hídrica total (Mm3/año).

Figura 386 Demanda hídrica sector Doméstico a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)



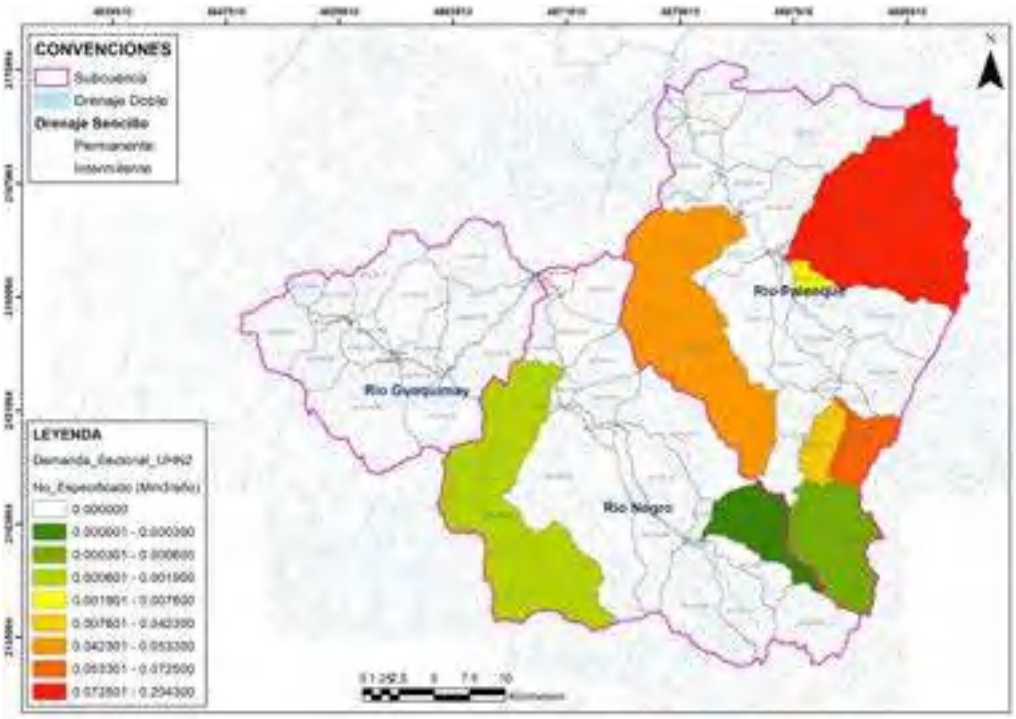
Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 387 Demanda hídrica sector Agropecuario a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 388 Demanda hídrica sector No Especificado a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)

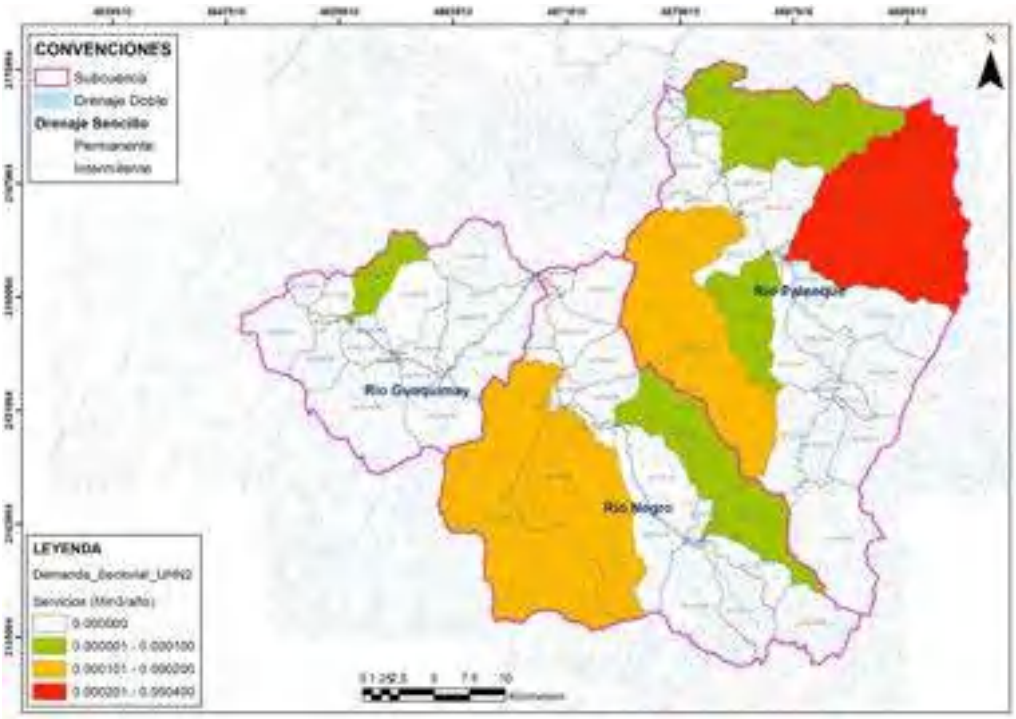


Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 389 Demanda hídrica sector Recreativo a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)

Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 390 Demanda hídrica sector Servicios a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 391 Demanda hídrica sector Construcción a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)

Fuente: Elaboración propia, 2022

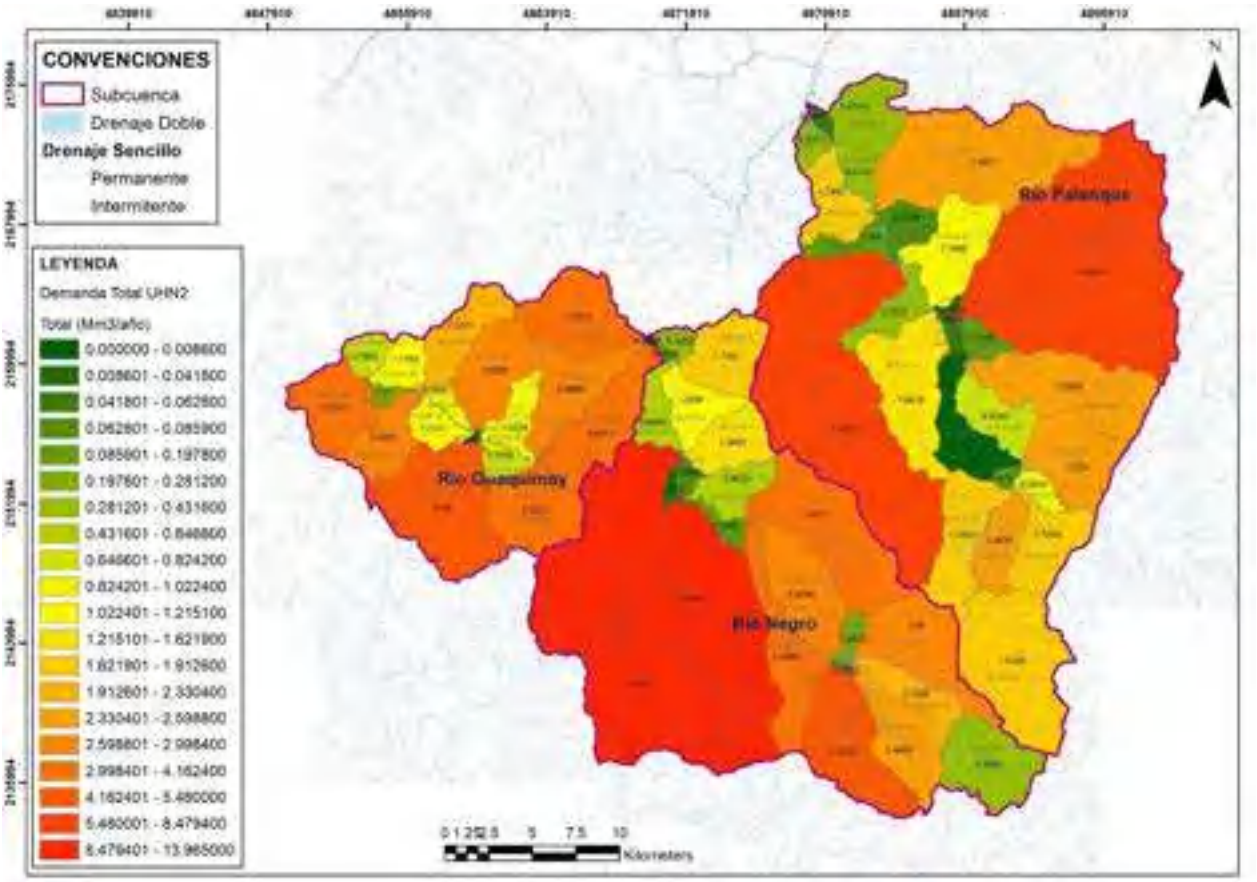
Figura 392 Demanda hídrica sector Industrial a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)

Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 393 Demanda hídrica sector Minería a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)

Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 394 Demanda hídrica total a nivel espacial UHN2 (Mm3/año)



Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.9 ESTIMACIÓN DE PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

En el presente apartado se calcula el índice de uso del agua (IUA) actual e índice de escasez a nivel de cuenca, subcuencas y tramos de estudio, de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM (2013) respecto a su estimación y distribución espacial

1.3.9.1 ÍNDICE DE USO DEL AGUA (IUA)

El IUA se calcula como la relación porcentual entre la demanda de agua total realizada por los diferentes sectores, respecto a la oferta hídrica disponible o aprovechable, en un periodo de tiempo y a una unidad de estudio determinada. Este índice se divide en cinco categorías que son de utilidad para observar el grado de afectación del recurso hídrico referente a la presión que se ejerce por los diferentes usos del agua. Se calcula mediante la siguiente expresión y las categorías se describen en la siguiente tabla.

$$IUA = \left(\frac{Dh}{Oh}\right) * 100$$

Donde,

Dh: Demanda hídrica total solicitada por los diferentes sectores dentro de la cuenca.

Oh: Oferta hídrica superficial disponible o aprovechable.

Tabla 188 Rangos y categorías índice de uso del agua.

SIGNIFICADO	RANGO	CATEGORÍA
La presión supera las condiciones de la oferta superficial disponible	>100%	Crítico
La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible	>50%	Muy Alto
La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible	20%-50%	Alto
La presión de la demanda es moderada respecto a la oferta disponible	10%-20%	Moderado
La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible	1%-10%	Bajo

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

1.3.9.2 RESULTADOS IUA

La estimación del índice se realiza con base en la información de oferta hidra total anual para la condición de año hidrológico medio, caudal ambiental estimado según el funcionamiento ecológico a partir de las consideraciones técnicas establecidas por las Corporaciones Autónomas Regionales aferentes, así como la demanda hídrica. Dicha información es estimada y presentada en secciones anteriores y anexada para todas las unidades de cuenca como libros de cálculo. Seguidamente se disponen las valoraciones requeridas y cálculo del índice para las unidades hidrográficas de nivel 1, donde las unidades están en millones de metros cúbicos año (Mm3/año).

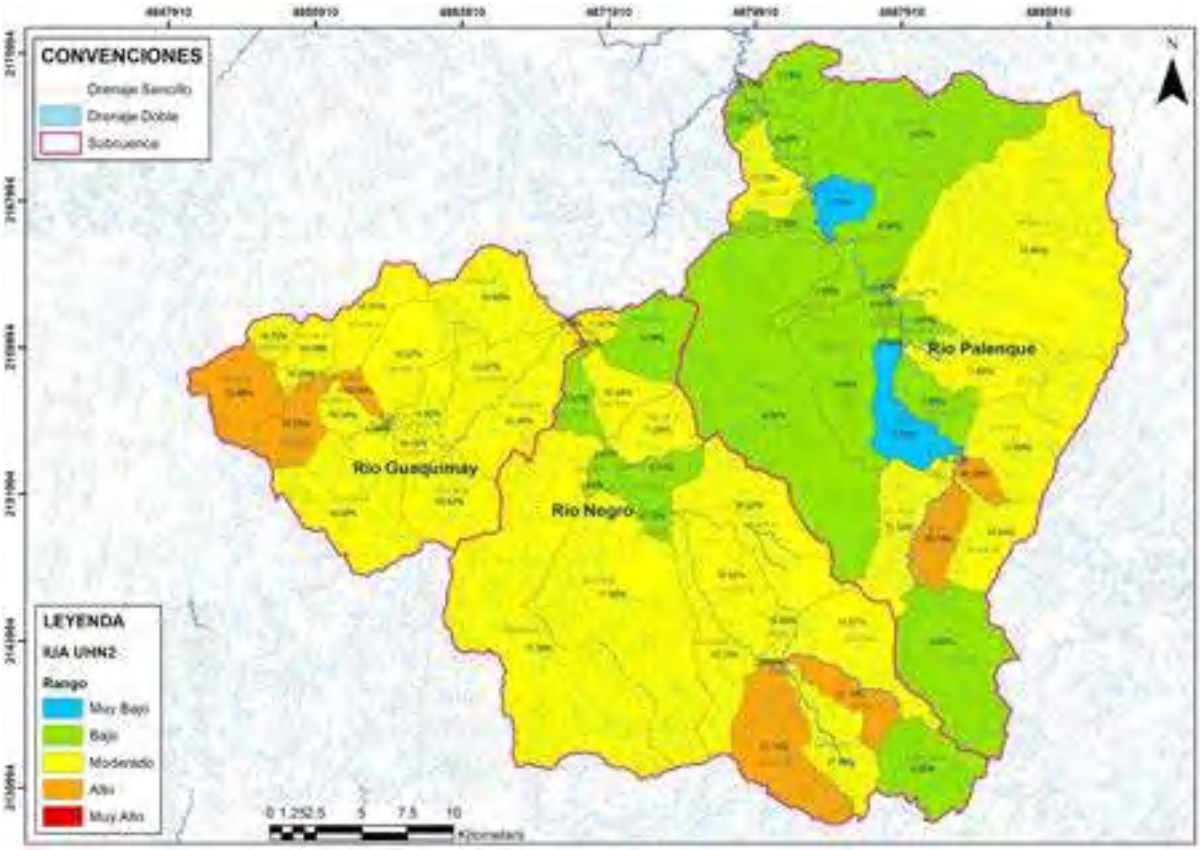
Tabla 189 Parámetros y estimación del IUA para UHN1.

CUENCA	OHT NORMAL (Mm3/año)	Q AMBIENTAL (Mm3/año)	OHTD NORMAL (Mm3/año)	DH (Mm3/año)	IUA (%)
Río Guaquimay	371.3375	140.8860	230.4515	37.5017	**16.27%**
Río Negro	619.9416	236.9968	382.9448	54.9742	**14.36%**
Río Palenque	793.8928	301.8972	491.9956	40.4897	**8.23%**

Columna 1 OHT Normal: Oferta hídrica para el año hidrológico normal o medio
Columna 2 D. Ambiental: Demanda hídrica ambiental
Columna 3 OHTD Normal: Oferta hídrica disponible para el año hidrológico normal o medio (1-2)
Columna 4 DHT: Demanda hídrica total
Columna 5 IUA: índice de Uso del Agua (4/3)

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 395 Índice de Uso del Agua (IUA) a nivel espacial UHN2



Fuente: Elaboración propia, 2022

De acuerdo a las unidades hidrográficas UHN1, se estima Moderada presión hídrica (IUA) en las cuencas del río Guaquimay y río Negro, así como un Bajo Índice de Uso del Agua en la cuenca del río Palenque En referencia a las 69 UHN2, se establece que el 13.04% de dichas unidades hidrográficas, se encuentran en categoría IUA Alto, 46.38% en Moderado, 37.68% en Bajo, y 2.90% en Muy Bajo. Respecto a los tramos, se identifica que el 16.46% de dichos tramos de cauces, están en categoría de presión Alto, 49.79% en Moderado, 32.91% en Bajo, y 0.84% en categoría IUA Muy Bajo.

Tabla 190 Índice de Uso del Agua (IUA) a nivel espacial UHN2

UHN2	CÓDIGO	IUA (%)	CATEGORÍA
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (mi)	2312-01-01	Bajo	7.35%
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	2312-01-02	Moderado	11.13%
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	2312-01-03	Bajo	2.50%
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-04	Bajo	6.58%
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	2312-01-05	Moderado	11.54%
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyendo	2312-01-06	Bajo	6.44%
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-07	Moderado	14.83%
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	2312-01-08	Moderado	17.09%
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-09	Moderado	11.89%
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	2312-01-10	Moderado	13.86%
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-11	Bajo	4.97%
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	2312-01-12	Bajo	2.78%
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (md)	2312-01-13	Bajo	3.13%
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	2312-01-14	Bajo	3.40%
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	2312-01-15	Bajo	4.85%
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	2312-01-16	Muy Bajo	0.00%
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	2312-01-17	Moderado	15.30%
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	2312-01-18	Alto	26.19%
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	2312-01-19	Alto	30.00%
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	2312-01-20	Bajo	7.86%
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	2312-01-21	Bajo	3.85%
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	2312-01-22	Bajo	2.66%
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	2312-01-23	Bajo	6.36%
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	2312-01-24	Muy Bajo	0.77%
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	2312-01-25	Bajo	6.05%
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	2312-01-26	Bajo	6.07%
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	2312-01-27	Bajo	2.68%
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (md)	2312-03-01	Moderado	19.91%
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	2312-03-02	Bajo	7.91%
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-03	Moderado	15.29%
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-04	Moderado	17.95%
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	2312-03-05	Moderado	19.10%
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-06	Alto	22.15%
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-07	Moderado	17.65%
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	2312-03-08	Bajo	2.52%

UHN2	CÓDIGO	IUA (%)	CATEGORÍA
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	2312-03-09	Moderado	14.07%
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-10	Moderado	10.22%
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-11	Moderado	11.54%
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	2312-03-12	Bajo	9.19%
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (mi)	2312-03-13	Moderado	11.07%
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Río Mencipa (mi)	2312-03-14	Bajo	2.64%
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	2312-03-15	Bajo	6.13%
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	2312-03-16	Alto	29.52%
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	2312-03-17	Alto	27.10%
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	2312-03-18	Moderado	10.98%
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	2312-03-19	Moderado	14.32%
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	2312-03-20	Bajo	6.31%
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Qda. Namasbuco (md)	2312-03-21	Bajo	2.87%
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	2312-03-22	Moderado	10.44%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	2312-04-01	Bajo	1.96%
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-02	Moderado	16.99%
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-03	Moderado	14.01%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopy Grande y Qda. La Venta (mi)	2312-04-04	Moderado	16.08%
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	2312-04-05	Moderado	14.73%
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	2312-04-06	Alto	20.98%
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-07	Alto	24.05%
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	2312-04-08	Moderado	14.69%
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	2312-04-09	Moderado	16.42%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (md)	2312-04-10	Moderado	15.38%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	2312-04-11	Bajo	2.16%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negrra y Qda. Tapua (mi)	2312-04-12	Moderado	13.87%
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	2312-04-13	Moderado	14.02%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	2312-04-14	Alto	30.00%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La MIna y Qda. Capira (md)	2312-04-15	Moderado	15.29%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	2312-04-16	Moderado	19.16%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	2312-04-17	Bajo	4.69%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	2312-04-18	Moderado	18.03%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	2312-04-19	Moderado	11.80%
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	2312-04-20	Alto	26.76%

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.10 ESTIMACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS ASOCIADOS AL ESTADO Y PRESIÓN ACTUAL SOBRE EL RECURSO HÍDRICO

Se debe incorporar, como mínimo, un análisis cualitativo del riesgo asociado a la oferta hídrica disponible y los usos actuales y potenciales, a partir de los resultados del índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) actual, el índice de calidad físico químico (ICA), y el IPPH. La estimación de dichos índices se realiza por tramos de estudio.

1.3.10.1 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH)

El IVH permite calificar el grado de fragilidad del sistema del recurso hídrico, definiendo el riesgo potencial por desabastecimiento de las fuentes hídricas ante amenazas tales como la variabilidad climática, entre otros. Dicho indicador, es estimado al contrastar el Índice del Uso del Agua (IUA) y el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), analizados por categorías cualitativas.

Tabla 191 Rangos y categorías del índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH).

IUA	IRH	Categoría IVH
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

1.3.10.1.1 RESULTADOS IVH

La estimación del índice se realiza con base en la información de IUA para la condición de año hidrológico medio y el caudal ambiental estimado de acuerdo a los criterios técnicos de las Corporaciones Autónomas Regionales en aferencia, considerando la metodología del funcionamiento ecológico ((Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; IDEAM, 2019), contrastada con el IRH.

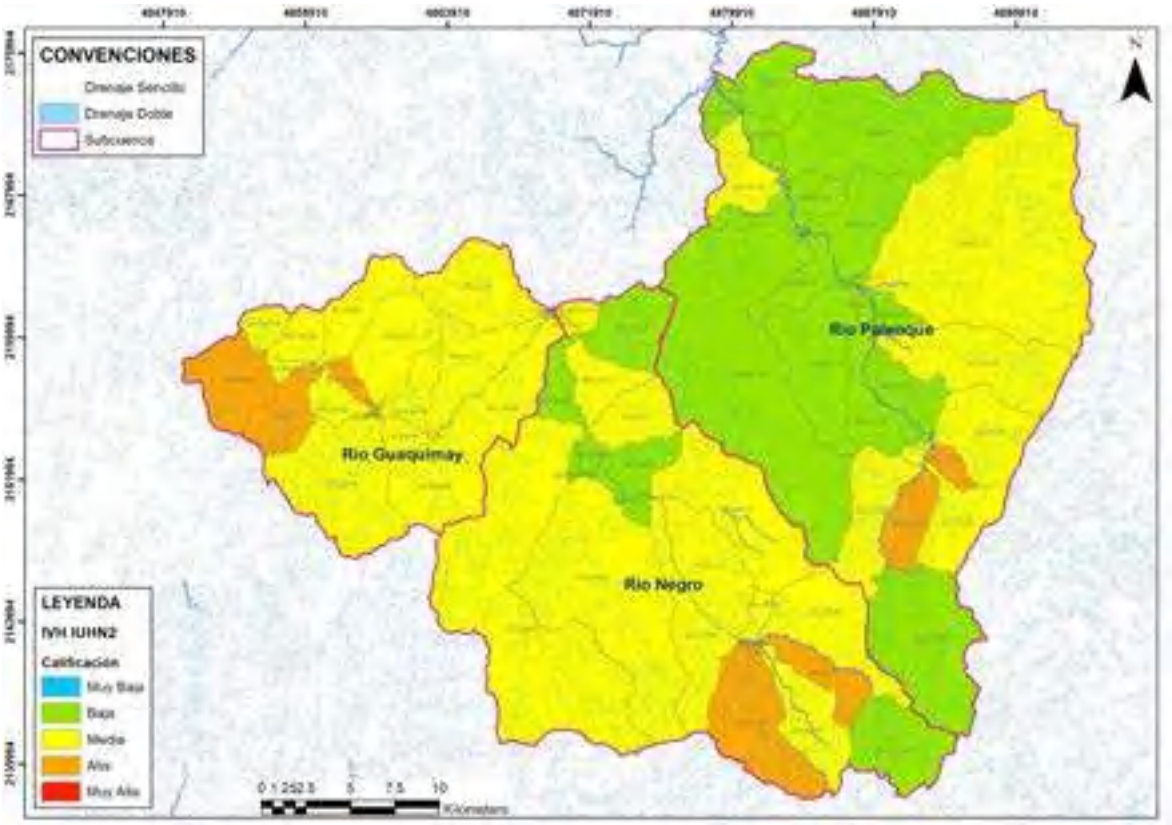
Dicha información es presentada en secciones anteriores y anexada para todas las unidades de cuenca como libros de cálculo. Seguidamente, se disponen las valoraciones requeridas y cálculo del Índice para las unidades hidrográficas de nivel 1 (UHN1).

Tabla 192 Parámetros y estimación del IVH para UHN1.

Cuenca	Categoría IRH	Categoría IUA	Categoría IVH
Río Guaquimay	Medio	Moderado	Media
Río Negro	Medio	Moderado	Media
Río Palenque	Medio	Bajo	Baja

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 396 Índice de Vulnerabilidad a Desabastecimiento Hídrico (IVH)



Fuente: Elaboración propia, 2022

De acuerdo a las unidades hidrográficas UHN1, se estima Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH) Media en las cuencas del río Guaquimay y río Negro, así como un Bajo Índice en la cuenca del río Palenque. En referencia a las 69 UHN2, se observa que el 13.04% de dichas unidades hidrográficas se encuentra en calificación IVH Alta, 46.38% en Media, y 40.58% en vulnerabilidad Baja. Respecto a los tramos, se identifica que el 16.46% de dichos tramos de cauces, están en categoría de vulnerabilidad hídrica Alta, 49.79% en IVH Media y 33.76% en categorización Baja.

Tabla 193 Índice de Vulnerabilidad a Desabastecimiento Hídrico (IVH) a nivel espacial UHN2

UHN2	CATEGORÍA IRH	CATEGORÍA IUA	CATEGORÍA IVH
Qda La Venta y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	Medio	Moderado	Media
Qda Capira y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	Medio	Alto	Alta
Qda Cardonal y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. La Mina	Medio	Moderado	Media
Qda Honduras y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en la Qda. Íbama	Medio	Moderado	Media
Qda Negra y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	Medio	Moderado	Media
Qda Tapua y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Guaquimay	Medio	Moderado	Media
Qda. La Mina y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda Yacopí Grande	Medio	Alto	Alta
Río Sabaneque y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda Tasajeras incl	Medio	Bajo	Baja
Qda La Chorrera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Moderado	Media
Qda La Tabaquera y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Alto	Alta
Qda Blanca y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Moderado	Media
Rio Blanco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Moderado	Media
Rio Mencipa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Moderado	Media
Qda Namasbuco y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Moderado	Media
Qda Isabi y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Negro	Medio	Bajo	Baja
Río El Salto y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con Qda El Espejo incluyéndola	Medio	Bajo	Baja
Qda La Laja y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	Medio	Moderado	Media
Qda Los Órganos y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río El Salto	Medio	Moderado	Media
Rio El Turtu y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	Medio	Moderado	Media
Rio Herradura y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Palenque	Medio	Moderado	Media
Qda Santa Rosa y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Qda Subachica	Medio	Bajo	Baja
Rio Villamizar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	Medio	Bajo	Baja
Qda Upane y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	Medio	Bajo	Baja
Qda Pupar y sus afluentes desde su nacimiento hasta su desembocadura con Río Guazo	Medio	Bajo	Baja
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Mina y Qda. Capira (md)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Yacopí Grande y Qda. La Venta (mi)	Medio	Moderado	Media
Qda. Yacopí Grande y sus afluentes desde su nacimiento hasta su confluencia con la Qda. La Mina	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Honduras y Qda. Negra (md)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Negra y Qda. Tapua (md)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Capira y Qda. Cardonal (md)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Guaquimay entre Qda. La Venta y Qda. Cardonal (mi)	Medio	Alto	Alta
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (md)	Medio	Moderado	Media

UHN2	CATEGORÍA IRH	CATEGORÍA IUA	CATEGORÍA IVH
Dir. río Negro entre Qda. Namasbuco y Qda Isabi (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (md)	Medio	Moderado	Media
Dir. río Negro entre Qda Isabi y Rio Guaquimay (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Río Mencipa (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir Río Negro entre Rio Blanco y Qda. Namasbuco (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir Río Negro entre Qda. Blanca y Río Blanco (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (md)	Medio	Moderado	Media
Dir Río Negro entrre Qda. La Tabaquera y Qda Blanca (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (md)	Medio	Moderado	Media
Dir. Río Negro entre Río Sabaneque y Qda. La Chorrera (mi)	Medio	Alto	Alta
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (mi)	Medio	Alto	Alta
Dir. Río Negro entre Qda. La Chorrera y Qda. Tabasquera (md)	Medio	Moderado	Media
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir Rio Palenque entre Río El Salto y Qda. la Laja (md)	Medio	Alto	Alta
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (md)	Medio	Alto	Alta
Dir. Rio Palenque entre Qda. La Laja y Qda. Los Órganos (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (mi)	Medio	Muy Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Qda, Los Órganos y Río El Turtur (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Río El Turtur y Río Herradura (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (mi)	Medio	Moderado	Media
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Qda. Upane y Qda Pupar (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (md)	Medio	Muy Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Qda. Santa Rosa y Río Villamizar (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (mi)	Medio	Alto	Alta
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Cardonal y Qda. Honduras (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Río Herradura y Qda. Santa Rosa (md)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Río Villamizar y Qda. Upane (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Rio Palenque entre Qda Pupar y Rio Carare (mi)	Medio	Bajo	Baja
Dir. Río Guaquimay entre Qda. Tapua y Río Negor (md)	Medio	Bajo	Baja

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3.10.2 ESTIMACIÓN DE RIESGOS ICA- IPPH.

Las fuentes hídricas presentan diferentes riesgos que se asocian principalmente a la posibilidad y potencialidad de usarse para la contribución de los diferentes usos, ya sea doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, entre otros. Eso se ve directamente asociado con los procesos de contaminación en el agua, ya que, si bien un cuerpo de agua puede transportar un alto caudal y gran cantidad de agua, es de importancia que su composición fisicoquímica, microbiológica e hidrobiológica, sea apta para su uso en las diferentes actividades diarias que se desarrollan en un territorio y en una comunidad.

El riesgo asociado a la disponibilidad del agua se ve influenciado principalmente por la amenaza que se presenta con respecto a la calidad de las fuentes hídricas, en este caso mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados obtenidos en las campañas de monitoreo para el Índice de Calidad del Agua (ICA) en su condición más crítica y el Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico (IPPH), asociándose a cada uno de los tramos definidos en las 3 unidades hidrográficas que se tienen en estudio. Cabe recalcar que para el cálculo del ICA se tienen en cuenta los parámetros de DQO, SST, OD, CE, Coliformes Totales y la relación entre NT/PT, además, para el IPPH se tiene en cuenta las comunidades hidrobiológicas correspondientes a Macroinvertebrados acuáticos y Perifiton.

Teniendo en cuenta una clasificación para este riesgo, se define que sea relacionado con los resultados obtenidos en los índices relacionados, es decir, que se clasifica de la siguiente manera asociando la variable de amenaza:

- Amenaza muy baja para calidad Buena.
- Amenaza baja para calidad aceptable.
- Amenaza media para calidad media o dudosa.
- Amenaza alta para calidad Mala o crítica.
- Amenaza Muy alta para calidad Muy Mala o muy crítica.

Tabla 194 Clasificación de la amenaza.

CALIDAD	AMENAZA
Muy Mala – Muy crítica	Muy Alta
Mala – Crítica	Alta
Regular	Media
Aceptable	Baja
Buena	Muy Baja

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Dentro de la estimación del riesgo que se asocia directamente a la disponibilidad del recurso hídrico en los cuerpos de agua, se relacionan los índices mencionados anteriormente, teniendo en cuenta que la categorización corresponderá al resultado de superponer la clasificación de los dos análisis, predominando la condición más crítica. Además, también se relaciona la vulnerabilidad del recurso para cada fuente hídrica, esta vulnerabilidad se determina identificando las captaciones para

bastecimiento en los usos doméstico, agrícola, pecuario y piscícola en los tramos identificados para cada unidad hidrográfica; considerando que una vulnerabilidad alta se relaciona con las captaciones para uso doméstico, vulnerabilidad media para los usos agrícola y pecuario y, vulnerabilidad baja para los usos restantes que se identifiquen sobre las fuentes hídricas del territorio.

Tabla 195 Clasificación de la vulnerabilidad.

CAPTACIÓN - USO	VULNERABILIDAD
Doméstico y consumo humano	Alta
Agrícola, pecuario y piscícola	Media
Usos restantes	Baja

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

La clasificación del riesgo se obtiene tomando la condición más crítica entre la amenaza y la vulnerabilidad, teniendo en cuenta que a lo largo de las 3 unidades hidrográficas se presenta diferentes clasificaciones tanto para los índices como para los usos que se le da al recurso hídrico.

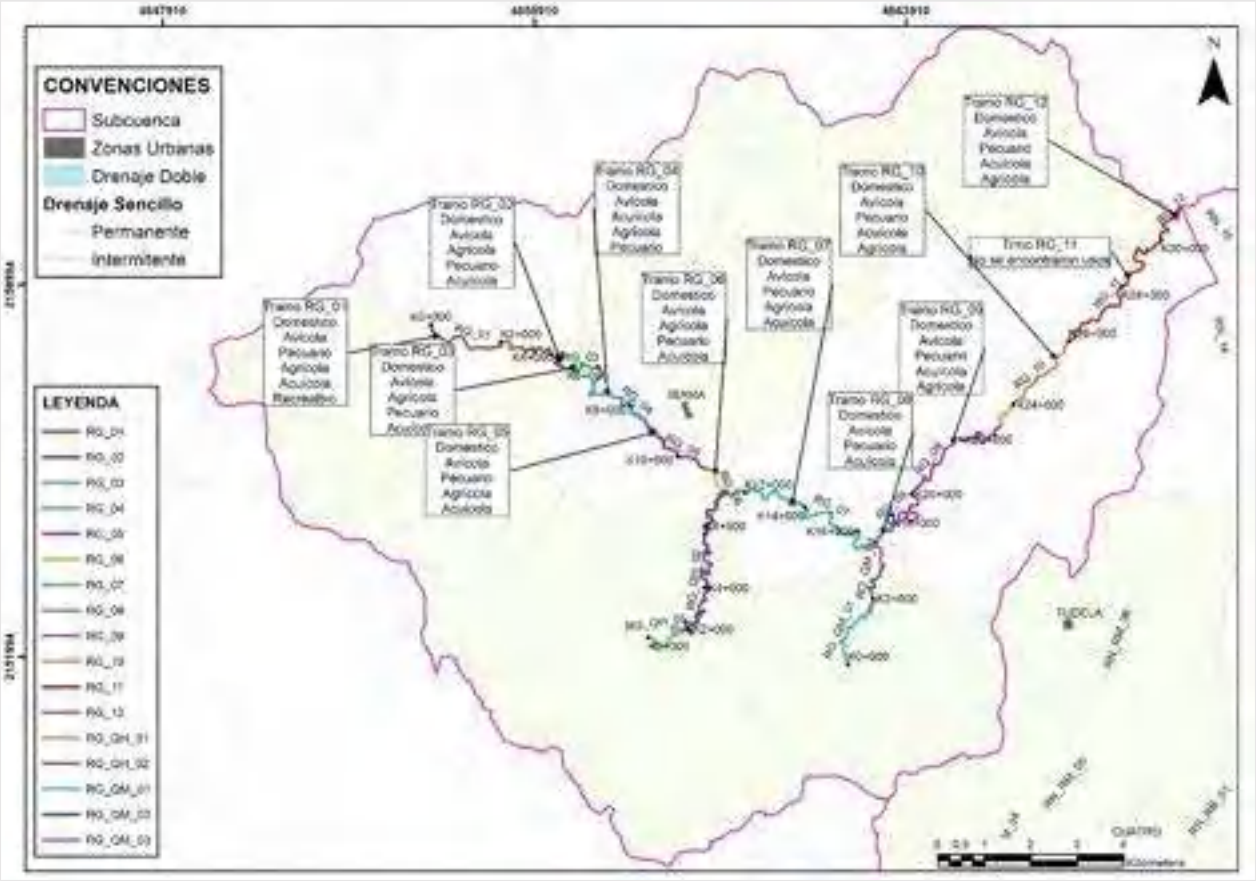
Tabla 196 Clasificación del riesgo.

AMENAZA	VULNERABILIDAD	RIESGO
Muy Alta	Alta	Muy Alto
Muy Alta	Media	Muy Alto
Muy Alta	Baja	Muy Alto
Alta	Alta	Alto
Alta	Media	Alto
Alta	Baja	Alto
Media	Alta	Alto
Media	Media	Medio
Media	Baja	Medio
Baja	Alta	Alto
Baja	Media	Medio
Baja	Baja	Bajo
Muy Baja	Alta	Alto
Muy Baja	Media	Medio
Muy Baja	Baja	Bajo

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

En primer lugar, se debe definir la vulnerabilidad teniendo en cuentas las concesiones de agua identificadas y los usos del recurso hídrico. Estos se toman directamente del análisis hecho a los usos actuales del recurso hídrico en el territorio, teniendo como resultado lo obtenido desde el censo de usuarios y las captaciones de agua compartir por las corporaciones. Así las cosas, a continuación, se presentan las siguientes figuras que contienen los usos asociados a cada tramo definido de tal forma que permita asociar una clasificación de vulnerabilidad.

Figura 397 Identificación de usos actuales del recurso hídrico por tramos para la unidad hidrográfica del Río Guaquimay.



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Figura 398 Identificación de usos actuales del recurso hídrico por tramos para la unidad hidrográfica del Río Negro.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

Figura 399 Identificación de usos actuales del recurso hídrico por tramos para la unidad hidrográfica del Río Palenque.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

A continuación, se presenta la clasificación de riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico en las 3 unidades hidrográficas en estudio para cada uno de los puntos de monitoreo asociados en ambas campañas realizadas.

Tabla 197 Riesgo asociado a la disponibilidad del Recurso Hídrico – Campaña 1.

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 1	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
1. Quebrada La Mina.	Regular	*	Alta	Alto
2. Quebrada Yacopí Grande.	Regular	*	Alta	Alto
3. Quebrada El Lajón.	Aceptable	Medio	Alta	Alto

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 1	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
4. Quebrada La Venta.	Regular	Medio	Alta	Alto
5. Río Guaquimay.	Malo	*	Alta	Alto
6. Quebrada Cardonal.	Aceptable	Bueno	Alta	Alto
7. Quebrada Honduras.	Aceptable	*	Alta	Alto
8. Río Guaquimay.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
9. Quebrada Honduras.	Malo	*	Alta	Alto
10. Quebrada NN 3.	Aceptable	Aceptable	Alta	Alto
11. Quebrada La Mina.	Malo	Aceptable	Alta	Alto
12. Quebrada Cardonal.	Aceptable	*	Alta	Alto
13. Quebrada Taupa.	Aceptable	Aceptable	Media	Medio
14. Río Guaquimay.	Malo	*	Media	Alto
15. Río Guaquimay.	Malo	*	Alta	Alto
16. Quebrada NN 2.	Aceptable	Bueno	Media	Medio
17. Río Negro (Desembocadura).	Regular	*	Alta	Alto
18. Quebrada Isabí.	Aceptable	*	Alta	Alto
19. Río Negro (Confluencia con Río Mencipa).	Malo	*	Alta	Alto
20. Río Negro.	Malo	*	Alta	Alto
21. Quebrada El Cobre.	Aceptable	*	Alta	Alto
23. Río Negro.	Malo	*	Alta	Alto
24. Río Mencipa.	Malo	*	Alta	Alto

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 1	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
25. Quebrada Mamercha.	Aceptable	*	Alta	Alto
26. Río Mencipa.	Aceptable	*	Alta	Alto
27. Quebrada Mundo Nuevo.	Aceptable	*	Alta	Alto
28. Quebrada Mundo Nuevo.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
30. Quebrada Mundo Nuevo.	Aceptable	Aceptable	Alta	Alto
31. Río Negro.	Malo	*	Alta	Alto
32. Quebrada Alcaparral.	Aceptable	*	Alta	Alto
33. Quebrada NN.	Regular	*	Alta	Alto
34. Río Negro.	Malo	Aceptable	Alta	Alto
35. Río Negro.	Malo	Medio	Alta	Alto
36. Río Negro.	Aceptable	Aceptable	Alta	Alto
37. Quebrada El Espejo.	Bueno	*	Media	Medio
39. Río Palenque.	Bueno	*	Alta	Alto
40. Quebrada Los Órganos.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
41. Río Villamizar.	Aceptable	Aceptable	Alta	Alto
43. Río Villamizar.	Aceptable	Aceptable	Alta	Alto
45. Quebrada Venecia.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
46. Quebrada Siria.	Aceptable	Aceptable	Alta	Alto
47. Río Palenque.	Malo	*	Alta	Alto
48. Quebrada Chipichipi.	Malo	*	Alta	Alto

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 1	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
49. Quebrada La Honda.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
50. Quebrada La Piedra.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
52. Quebrada La Vergara.	Aceptable	*	Alta	Alto
53. Río Villamizar.	Regular	Medio	Alta	Alto
54. Río Palenque.	Malo	Medio	Alta	Alto
55. Río Palenque.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
56. Quebrada Upane.	Regular	Medio	Alta	Alto
57. Río Palenque.	Malo	*	Alta	Alto

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

*No se hace posible realizar el IPPH en estos puntos, ya que, no se tiene presencia de ambos grupos hidrobiológicos que relaciona el índice para su cálculo.

Tabla 198 Riesgo asociado a la disponibilidad del Recurso Hídrico – Campaña 2.

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 2	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
1. Quebrada La Mina.	Regular	Medio	Alta	Alto
2. Quebrada Yacopí Grande.	Regular	Medio	Alta	Alto
3. Quebrada El Lajón.	Regular	Medio	Alta	Alto
4. Quebrada La Venta.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
5. Río Guaquimay.	Regular	Medio	Alta	Alto
6. Quebrada Cardonal.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
7. Quebrada Honduras.	Regular	Medio	Alta	Alto

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 2	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
8. Río Guaquimay.	Regular	Medio	Alta	Alto
9. Quebrada Honduras.	Regular	Medio	Alta	Alto
10. Quebrada NN 3.	Regular	Medio	Alta	Alto
11. Quebrada La Mina.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
12. Quebrada Cardonal.	Regular	Medio	Alta	Alto
13. Quebrada Taupa.	Aceptable	Malo	Media	Alto
14. Río Guaquimay.	Regular	Aceptable	Media	Medio
15. Río Guaquimay.	Regular	Medio	Alta	Alto
16. Quebrada NN 2.	Regular	Medio	Media	Medio
17. Río Negro (Desembocadura).	Malo	Medio	Alta	Alto
18. Quebrada Isabí.	Regular	Aceptable	Alta	Alto
19. Río Negro (Confluencia con Río Mencipa).	Malo	*	Alta	Alto
20. Río Negro.	Malo	Malo	Alta	Alto
21. Quebrada El Cobre.	Aceptable	Malo	Alta	Alto
23. Río Negro.	Malo	*	Alta	Alto
24. Río Mencipa.	Regular	Medio	Alta	Alto
25. Quebrada Mamercha.	Regular	*	Alta	Alto
26. Río Mencipa.	Regular	Medio	Alta	Alto
27. Quebrada Mundo Nuevo.	Regular	Medio	Alta	Alto
28. Quebrada Mundo Nuevo.	Regular	Malo	Alta	Alto

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 2	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
30. Quebrada Mundo Nuevo.	Malo	Aceptable	Alta	Alto
31. Río Negro.	Malo	*	Alta	Alto
32. Quebrada Alcaparral.	Regular	Medio	Alta	Alto
33. Quebrada NN.	Regular	Medio	Alta	Alto
34. Río Negro.	Malo	Medio	Alta	Alto
35. Río Negro.	Malo	Aceptable	Alta	Alto
36. Río Negro.	Regular	Medio	Alta	Alto
37. Quebrada El Espejo.	Aceptable	Medio	Media	Medio
39. Río Palenque.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
40. Quebrada Los Órganos.	Regular	Medio	Alta	Alto
41. Río Villamizar.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
43. Río Villamizar.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
45. Quebrada Venecia.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
46. Quebrada Siria.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
47. Río Palenque.	Regular	*	Alta	Alto
48. Quebrada Chipichipi.	Regular	Medio	Alta	Alto
49. Quebrada La Honda.	Malo	Medio	Alta	Alto
50. Quebrada La Piedra.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
52. Quebrada La Vergara.	Aceptable	Medio	Alta	Alto
53. Río Villamizar.	Aceptable	Medio	Alta	Alto

CUERPO DE AGUA	AMENAZA		VULNERABILIDAD	RIESGO ASOCIADO A LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) CAMPAÑA 2	ÍNDICE PONDERADO PROMEDIO HIDROBIOLÓGICO (IPPH).		
54. Río Palenque.	Regular	Medio	Alta	Alto
55. Río Palenque.	Regular	Medio	Alta	Alto
56. Quebrada Upane.	Regular	Medio	Alta	Alto
57. Río Palenque.	Malo	*	Alta	Alto

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

*No se hace posible realizar el IPPH en estos puntos, ya que, no se tiene presencia de ambos grupos hidrobiológicos que relaciona el índice para su cálculo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se puede evidenciar que la campaña que presenta mayor criticidad es la campaña 2, por tanto, a partir de los resultados de esta se va a realizar en análisis cualitativo de los riesgos enfocado a los tramos definidos para cada una de las unidades hidrográficas.

Así las cosas, a continuación, se relaciona cada uno de los puntos de monitoreo al tramo definido en la corriente principal de cada unidad hidrográfica, de tal forma que se pueda asociar los resultados del ICA en promedio para cada tramo y determinar el riesgo que se presenta en cada uno con respecto a la disponibilidad del recurso hídrico.

Tabla 199 Puntos de monitoreo relacionados a los tramos definidos.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	PUNTOS DE MONITOREO RELACIONADOS
RÍO GUAQUIMAY	RG_01	Puntos 1. Quebrada La Mina, 2. Quebrada Yacopí Grande, 3. Quebrada El Lajón.
	RG_02	Punto 4. Quebrada La Venta.
	RG_03	Punto 4. Quebrada La Venta.
	RG_04	Punto 11. Quebrada La Mina.
	RG_05	Punto 11. Quebrada La Mina.
	RG_06	Puntos 6. Quebrada Cardonal, 8. Río Guaquimay, 12. Quebrada Cardonal.
	RG_07	Puntos 5. Río Guaquimay, 7. Quebrada Honduras, 9. Quebrada Honduras.
	RG_08	Puntos 5. Río Guaquimay, 9. Quebrada Honduras.
	RG_09	Punto 5. Río Guaquimay.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	PUNTOS DE MONITOREO RELACIONADOS
	RG_10	Punto 10. Quebrada NN 3.
	RG_11	Puntos 13. Quebrada Taupa, 14. Río Guaquimay, 16. Quebrada NN2.
	RG_12	Punto 15. Río Guaquimay (Desembocadura).
RÍO NEGRO	RN_01	Punto 36. Río Negro.
	RN_02	Punto 36. Río Negro.
	RN_03	Punto 35. Río Negro.
	RN_04	Puntos 32. Quebrada Alcaparral, 33. Quebrada NN, 34. Río Negro.
	RN_05	Puntos 32. Quebrada Alcaparral, 33. Quebrada NN, 34. Río Negro.
	RN_06	Punto 34. Río Negro.
	RN_07	Punto 31. Río Negro.
	RN_08	Punto 31. Río Negro.
	RN_09	Punto 31. Río Negro.
	RN_10	Punto 23. Río Negro.
	RN_11	Puntos 21. Quebrada El Cobre, 23. Río Negro.
	RN_12	Punto 23. Río Negro.
	RN_13	Puntos 24. Río Mencipa, 25. Quebrada Mamercha, 26. Río Mencipa, 27. Quebrada Mundo Nuevo, 28. Quebrada Mundo Nuevo, 30. Quebrada Mundo Nuevo.
	RN_14	Punto 19. Río Negro (Confluencia Río Mencipa).
	RN_15	Puntos 17. Río Negro (Desembocadura), 18. Quebrada Isabí.
RÍO PALENQUE	RP_01	Punto 37. Quebrada El Espejo.
	RP_02	Punto 37. Quebrada El Espejo.
	RP_03	Punto 39. Río Palenque.
	RP_04	Punto 39. Río Palenque.
	RP_05	Punto 40. Quebrada Los Órganos.
	RP_06	Punto 40. Quebrada Los Órganos.
	RP_07	Punto 40. Quebrada Los Órganos.
	RP_08	Punto 47. Río Palenque.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	PUNTOS DE MONITOREO RELACIONADOS
	RP_09	Punto 47. Río Palenque.
	RP_10	Puntos 48. Quebrada Chipichipi, 49. Quebrada La Honda, 50. Quebrada La Piedra, 52. Quebrada La Vergara.
	RP_11	Punto 54. Río Palenque.
	RP_12	Puntos 41. Río Villamizar, 43. Río Villamizar, 45. Quebrada Venecia, 46. Quebrada Siria, 53. Río Villamizar, 55. Río Palenque.
	RP_13	Puntos 55. Río Palenque, 56. Quebrada Upane.
	RP_14	Punto 57. Río Palenque (Desembocadura).

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

A continuación, la siguiente tabla relaciona los tramos definidos en cada unidad hidrográfica, su uso del agua predominante y su clasificación de vulnerabilidad respecto al uso.

Tabla 200 Vulnerabilidad asociada a cada tramo definido.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	USO PREDOMINANTE	VULNERABILIDAD
RÍO GUAQUIMAY	RG_01	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_02	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_03	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_04	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_05	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_06	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_07	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_08	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_09	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_10	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RG_11	Uso pecuario	Media
	RG_12	Uso doméstico y consumo humano	Alta
RÍO NEGRO	RN_01	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_02	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_03	Uso doméstico y consumo humano	Alta

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	USO PREDOMINANTE	VULNERABILIDAD
	RN_04	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_05	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_06	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_07	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_08	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_09	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_10	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_11	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_12	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_13	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_14	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RN_15	Uso doméstico y consumo humano	Alta
RÍO PALENQUE	RP_01	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_02	Uso piscícola	Media
	RP_03	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_04	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_05	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_06	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_07	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_08	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_09	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_10	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_11	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_12	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_13	Uso doméstico y consumo humano	Alta
	RP_14	Uso doméstico y consumo humano	Alta

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

En la figura anterior se puede evidenciar que el uso más predominante para el territorio de las 3 unidades hidrográficas es el uso doméstico y consumo humano, esto teniendo en cuenta que casi en la totalidad del territorio hay asentamientos y viviendas.

A continuación, se presenta el resultado final del análisis y estimación del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico discriminado por tramos.

Tabla 201 riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico por tramos

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	AMENAZA	VULNERABILIDAD	RIESGO
RÍO GUAQUIMAY	RG_01	Media	Alta	Alto
	RG_02	Media	Alta	Alto
	RG_03	Media	Alta	Alto
	RG_04	Media	Alta	Alto
	RG_05	Media	Alta	Alto
	RG_06	Media	Alta	Alto
	RG_07	Media	Alta	Alto
	RG_08	Media	Alta	Alto
	RG_09	Media	Alta	Alto
	RG_10	Media	Alta	Alto
	RG_11	Media	Media	Medio
	RG_12	Media	Alta	Alto
RÍO NEGRO	RN_01	Media	Alta	Alto
	RN_02	Media	Alta	Alto
	RN_03	Media	Alta	Alto
	RN_04	Media	Alta	Alto
	RN_05	Media	Alta	Alto
	RN_06	Alta	Alta	Alto
	RN_07	Alta	Alta	Alto
	RN_08	Alta	Alta	Alto
	RN_09	Alta	Alta	Alto
	RN_10	Alta	Alta	Alto

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TRAMO	AMENAZA	VULNERABILIDAD	RIESGO
	RN_11	Alta	Alta	Alto
	RN_12	Alta	Alta	Alto
	RN_13	Media	Alta	Alto
	RN_14	Alta	Alta	Alto
	RN_15	Alta	Alta	Alto
RÍO PALENQUE	RP_01	Media	Alta	Alto
	RP_02	Media	Media	Medio
	RP_03	Media	Alta	Alto
	RP_04	Media	Alta	Alto
	RP_05	Media	Alta	Alto
	RP_06	Media	Alta	Alto
	RP_07	Media	Alta	Alto
	RP_08	Media	Alta	Alto
	RP_09	Media	Alta	Alto
	RP_10	Media	Alta	Alto
	RP_11	Media	Alta	Alto
	RP_12	Media	Alta	Alto
	RP_13	Media	Alta	Alto
	RP_14	Alta	Alta	Alto

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022.

1.3.11 ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS Y CONFLICTOS DERIVADOS DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO

1.3.11.1 PROBLEMÁTICAS Y CONFLICTOS POR UNIDAD

Teniendo en cuenta la información recopilada durante el proceso de formulación del PORH, se logró evidenciar un panorama acerca de las principales problemáticas a nivel socioambiental que cada unidad hidrográfica posee. Dichas problemáticas se presentan a continuación como una construcción de conocimiento conjunto de la mano de los usuarios del recurso hídrico como de los profesionales en campo.

Vale la pena aclarar que, la construcción fue colectiva debido a que la encuesta aplicada contó con una pregunta específica que buscaba indagar acerca de las dificultades que los usuarios identificaban en sus predios, estas contemplaban desde lo más amplio y urgente, hasta lo más mínimo, el criterio en general de inclusión consistió en que debía estar relacionado en torno a problemas causados por la calidad, cantidad, oferta del recurso hídrico o de corte de relaciones entre vecinos, entre otras.

A continuación, se presentan entonces, las principales problemáticas compiladas para cada unidad hidrográfica:

1.3.11.1.1 RÍO NEGRO

Para el municipio de Paime, para la vereda Recuipí, la problemática presentada gira en torno a que, si bien la comunidad posee acueducto, este se encuentra en desuso debido a la falta de mantenimiento, ocasionando que se abastezcan con mangueras directamente de un aljibe donde muchas veces, el agua se encuentra contaminada o de baja calidad a causa de la sedimentación. Además de esto, en el verano, los habitantes deben buscar agua directamente en el rio, recogiendo agua por medio de baldes y recurriendo a esta fuente hídrica para asearse directamente.

Por su parte, en la vereda el Carmen, en épocas de verano se presentan fuertes sequías, donde en varias casas (18 en total) que se abastecen de un mismo acueducto, dejan de recibir agua. Finalmente, en la vereda Tau Tao, los habitantes mencionan que cuentan con un tanque el cual solía funcionar por medio de una motobomba. Actualmente, la motobomba está averiada, lo cual ha dejado a las casas que se encuentran en la parte alta, sin el recurso hídrico y ocasionando malestares entre los vecinos de la parte baja, puesto que ellos sí cuentan con el recurso y no lo comparten en la manera en la cual “deberían”.

Ahora bien, en el municipio de San Cayetano, en la vereda Canutillal, refieren que la calidad del agua que les llega a sus hogares es mala, debido a la alta sedimentación (alcaparrosa) que trae consigo, lo cual resulta en enfermedades estomacales en niños y ancianos. Además de esto, refieren que, cuando se presentan fuertes lluvias, las mangueras que suministran agua a los hogares se tapan. Cuando esto ocurre, estos usuarios deben recurrir a recolectar agua directamente de las bocatomas vecinas y transportarla en baldes mediante animales de carga. Ahora bien, en cuanto a las veredas

Pinipay, Los Ríos, El Centro y la Montaña, la comunidad encuestada refiere que, el agua que consumen se ve contaminada a causa del ganado que se encuentra en la parte alta del territorio, no sólo por las heces y los desechos, sino por el suelo que, al ser sobrecargado, desprende sedimentación que va directamente a las fuentes hídricas.

Para el municipio de Tausa las problemáticas no distan en cuanto a la calidad del recurso hídrico, los habitantes de la vereda La Peña mencionan recurrir al filtrado del agua mediante botellas que recogen la sedimentación, pero que, sin embargo, el agua llega de color amarillento a café y de manera intermitente la mayoría del tiempo.

Finalmente, en temas de vertimiento, el Río Negro presenta problemas debió a que la mayoría de los pozos sépticos (letrinas) con que cuentan las viviendas fueron construidos solo en tierra, permitiendo la filtración de las aguas negras incluso a zonas de captación de aguas de los otros predios. Además, se encontró que en algunos predios los vertimientos se hacen directamente al suelo a través de tubos, los cuales se filtraban en la tierra y en ocasiones generan un foco de vectores y de malos olores, afectando con así la calidad de vida de las personas.

1.3.11.1.2 RÍO PALENQUE

Para esta unidad hidrográfica, se encuentra que, en el municipio de Buenavista, vereda Cañaveral, se han presentado varios eventos amenazantes de movimientos en masa, los cuales han dañado el acueducto veredal. Actualmente, los habitantes de dicha vereda se abastecen de aguas lluvias. De otra parte, en las veredas La Laja, Campo Hermoso y Patiño, el agua del acueducto es utilizada tanto para uso doméstico como para la ganadería, ante lo cual, la comunidad refiere que el recurso es desperdiciado y que, en ocasiones, las mangueras con las cuales abastecen a los animales no son cerradas y el agua empoza las fincas. De otra parte, para la vereda El Toro, la comunidad refiere recibir el suministro desde un aljibe, el cual se seca constantemente, no sólo en el verano y la cantidad de agua no es suficiente para el consumo humano.

Ahora, en el municipio de Coper, en la vereda Turtur, los usuarios encuestados manifestaron el fuerte olor a Cal con el que el agua está impregnada. Esta situación genera que, aunque sea de calidad aceptable para la comunidad, en ocasiones sea perjudicial para la salud de los niños, niñas y ancianos que la consumen. Otra problemática es que no cuentan con suficiente oferta hídrica ni con disponibilidad continua todo el año, por tanto, deben desplazarse a otras veredas para obtener el abastecimiento mínimo para sus necesidades domésticas.

En cuanto al municipio de Maripí, la vereda de Sabaneta cuenta con el inicio de la construcción de un acueducto veredal, así mismo el proceso de obtener los permisos correspondientes frente a la corporación, dichos trámites han resultado extensos y la comunidad refiere que las exigencias de la corporación han sido una “piedra de tropiezo” para el proceso. Por otro lado, en la vereda Guayabal, los usuarios reportan que el suministro de agua realizado desde el acueducto veredal, el cual no se encuentra en buenas condiciones, debido a que la calidad del agua es turbia la mayoría del año y no llega suficiente líquido. Ahora, para la vereda Maripí Viejo, se presenta la grave problemática sobre

la calidad del recurso hídrico puesto que, los hogares reciben el agua con olor a orina, los habitantes refieren que puede que sea a causa del ganado que se encuentra abasteciéndose en los nacimientos directamente o porque, puede que la quebrada esté recibiendo descargas de los hogares.

1.3.11.1.3 RÍO GUAQUIMAY

En el municipio de Yacopí, en la Inspección Ibama, debido a la necesidad de esta comunidad tan grande, se ha creado un grupo propio de la Junta de Acción comunal, con la finalidad de solicitar ante la autoridad ambiental, el respectivo permiso de captación y así suplir las necesidades básicas de la inspección. Esta necesidad se pone de manifiesto y se prioriza debido a que, la toma de agua se realiza por mangueras directas de la quebrada y en épocas de lluvia, éstas se tapan, dejando sin agua hasta por 100 días a toda la población.

Por su parte, en el municipio de Paime, los usuarios reportan que en la vereda Guaguaqui no cuentan con suministro del recurso de agua; y debido a la ubicación geográfica de esta vereda, la única forma de obtenerlo es a través de la recolección de aguas lluvias. Esto genera que la oferta sea completamente limitada y la calidad del recurso que consumen sea cuestionable. En cuanto a la vereda Tauche, el abastecimiento se realiza a través de mangueras en una quebrada que pasa por la vereda en un sitio de difícil acceso debido a condiciones físicas y bióticas (presencia de animales peligrosos). Esta situación representa un problema puesto que, cuando ocurre algún incidente de desconexión, taponamiento u otro accidente, la comunidad tiene que exponer su integridad física para solucionarlo o al menos darle manejo. Para la vereda Guaquimay, los usuarios manifiestan tener dificultades cuando llueve, ya que la quebrada de la cual toman agua, se llena de sedimentos que causa que el agua disminuya su calidad. Esto ha generado enfermedades estomacales a quienes la consumen y como problema no menor, las plagas se reproducen en esta misma quebrada, empeorando dicha situación.

Para el municipio de Topaipí, en la vereda Bermejal, los habitantes mencionan en reiterativas oportunidades la problemática frente a la presencia de ganado que consume agua directamente de las fuentes hídricas, contaminando de manera permanente el recurso, perjudicando a todos los usuarios de éste que se encuentran aguas abajo. En la vereda Suárez, reportan que el nacedero de agua es de difícil acceso puesto que la vegetación compuesta por guaduas impide el paso, por tanto, los usuarios no pueden intervenir directamente para mejorar la captación informal del recurso.

1.3.11.2 REVISIÓN DE LAS PETICIONES, DENUNCIAS, QUEJAS, RECLAMACIONES Y SOLICITUDES DE LA CAR

La información proporcionada a la fecha tanto por la CAR como por Corpoboyacá para el análisis de PQRS es insuficiente y presenta datos de manera cuantitativa, de monitoreo de las cifras de recepción de quejas ambientales recibidas por cada una de las direcciones regionales y los municipios que las componen, junto con los principales recursos naturales afectados. Esta información, además, carece de una descripción sobre el motivo de las quejas, el detalle de la

localización y afectaciones puntuales sobre los cuerpos de agua objeto de ordenamiento y los datos de las personas o personas involucradas y que consolidan el análisis de actores del conflicto.

En el presente numeral, se presenta el análisis del proceso de revisión de las denuncias, quejas, reclamaciones y solicitudes ambientales del último año disponibles en las bases de datos de la CAR relacionadas directamente con el área de las tres subcuencas priorizadas para el Río Minero: subcuenca Guaquimay, Negro y Palenque.

Tomando en cuenta lo anterior, encontramos que para el primer periodo del año 2021 se tiene un consolidado de 2088 registros y para el segundo semestre 2395 para un total de 4483 quejas ambientales, de las cuales, 124 corresponden a denuncias ambientales hechas directamente sobre el territorio de las subcuencas priorizadas, específicamente en los municipios de Buenavista, Paime, San Cayetano, Topaipi, Villagómez, Yacopí, Tausa y Carmen de Carupa lo que equivale a un 5% del total de las denuncias ambientales hechas ante la Car durante el último año.

A continuación, se presenta el número de denuncias ambientales por subcuenca para el año 2021. Cabe resaltar que solo se realiza el análisis con los municipios bajo la jurisdicción de la CAR y de los cuales se tiene información disponible.

Tabla 202 Número de quejas ambientales recepcionadas para los municipios en jurisdicción de la CAR, 2021

SUBCUENCA	MUNICIPIO	N° QUEJAS AMBIENTALES
Río Palenque	Buenavista	6
	Carmen de Carupa	16
	Paime	13
	San Cayetano	19
	TOTAL	54
Río Negro	Carmen de Carupa	16
	Paime	13
	San Cayetano	19
	Tausa	12
	Topaipí	18
	Villagómez	10
	TOTAL	88
Río Guaquimay	Paime	13
	Topaipí	18
	Yacopí	30
	TOTAL	61

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, a partir de la base de datos de quejas ambientales de la CAR, 2021

Como se puede observar para la subcuenca de río Palenque se tiene un total de 54 quejas ambientales, mientras que para río Guaquimay y río Negro se presenta un total de 61 y 88 quejas respectivamente, siendo esta ultima la subcuenca con mayor número de PQRS en cabeza de los

municipios de San Cayetano y Topaipí que representan entre las dos (2) el 42% del total de quejas ambientales de esta área hidrográfica.

Por su parte, en términos generales el municipio con mayor PQRS es Yacopí el cual pertenece a río Guaquimay y aporta el 50% de las quejas ambientales recepcionadas para esta subcuenca.

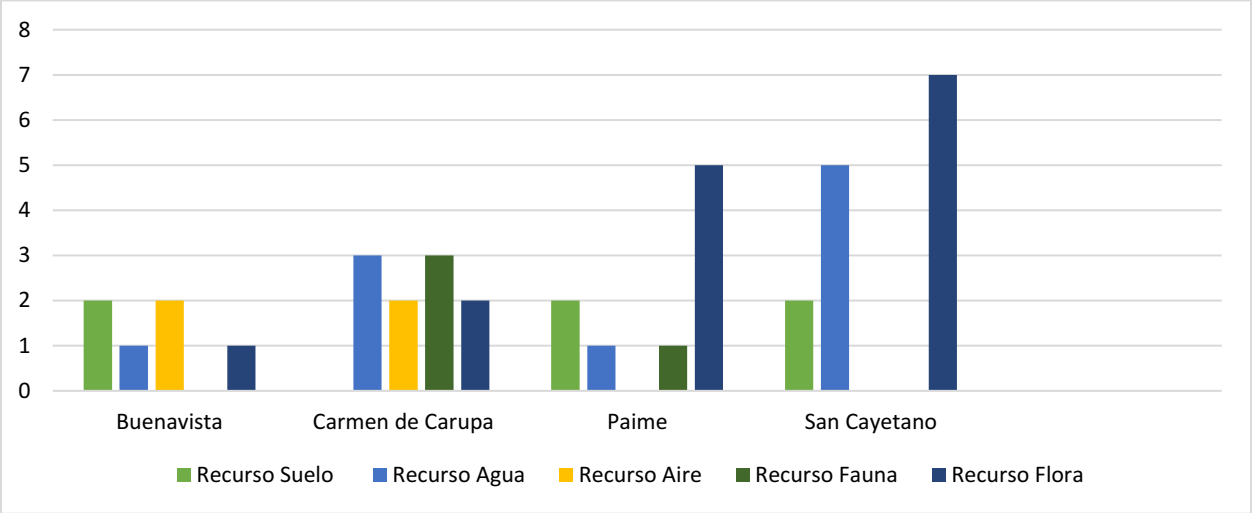
1.3.11.2.1 QUEJAS AMBIENTALES PRESENTADAS ANTE LA CAR POR UNIDAD HIDROGRÁFICA

A continuación, se mencionan los principales temas que configuran las PQRS recopiladas para los municipios en jurisdicción de la CAR para cada una de las subcuencas hidrográficas.

1.3.11.2.1.1 RÍO PALENQUE

La siguiente gráfica relaciona de manera visual las problemáticas ambientales de los municipios en la jurisdicción de la CAR para la cuenca del Río Palenque.

Figura 400 Recursos afectados en las problemáticas ambientales de los municipios en jurisdicción de la CAR, río Palenque, 2021



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, a partir de la base de datos de quejas ambientales de la CAR, 2021

Río Palenque es el área con menor número de quejas ambientales durante el año 2021 en comparaciones con las otras dos subcuencas, presenta un total de 54 quejas, de las cuales, la mayoría están directamente relacionadas con afectaciones a la flora (15) y 9 relacionadas con el agua. Los municipios con mayores conflictos son San Cayetano, Paime y Carmen de Carupa.

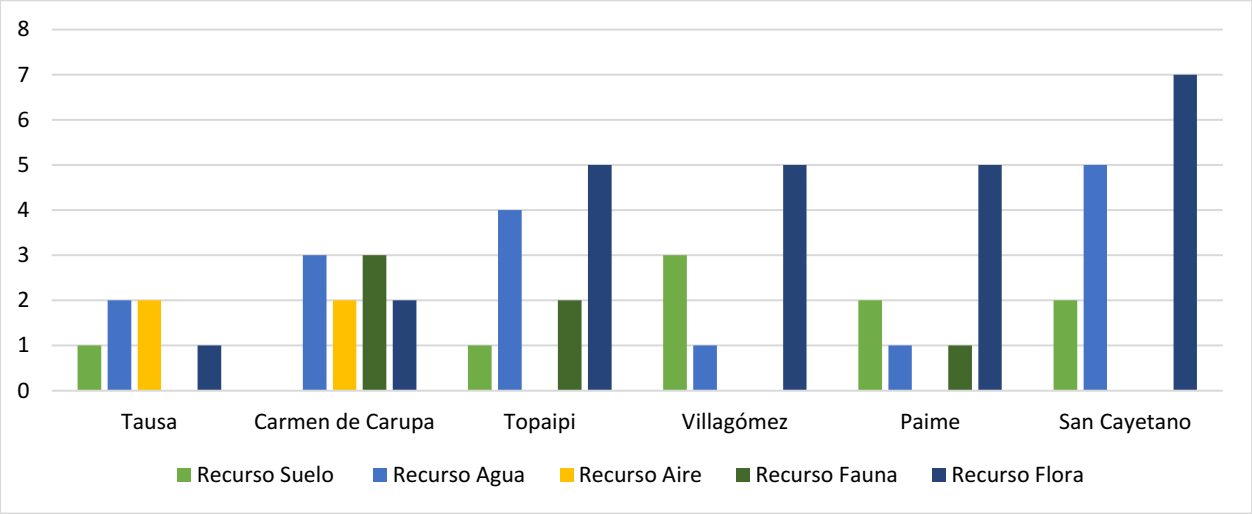
Para el caso del recurso flora la mayor parte de las quejas se deben a talas no autorizadas de diferentes especies como el eucalipto, pino y acacias. Por su parte, las afectaciones reportadas al recurso del agua son principalmente por invasión en zonas en zonas de ronda hidráulica de las fuentes hídricas, captaciones ilegales, construcciones de obras hidráulicas sobre fuentes hídricas sin los respectivos permisos ambientales y expansión de la frontera agrícola.

El suelo es afectado por la explotación de minerales y efectos adversos de dicha actividad, mientras que el aire se ve afectado por malos olores provenientes de las actividades agropecuarias. Las personas más afectadas son las que viven en zonas rurales y las principales actividades económicas que generan mayores afectaciones son las agrícolas, ganaderas y porcícolas.

1.3.11.2.1.2 RÍO NEGRO

La siguiente gráfica relaciona de manera visual las problemáticas ambientales de los municipios en la jurisdicción de la CAR para la cuenca del Río Negro.

Figura 401 Recursos afectados en las problemáticas ambientales de los municipios en jurisdicción de la CAR, río Negro, 2021



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, a partir de la base de datos de quejas ambientales de la CAR, 2021

Como se mencionó anteriormente, río Negro es la subcuenca con mayor número de quejas ambientales en el último año, la mayoría relacionadas con afectaciones a la flora, el agua, suelo y fauna principalmente en los municipios de San Cayetano, Paime, Topaipi y Villagómez.

Con respecto a la flora se presentan quejas por decomiso de madera, como fue el caso en particular del municipio de Villagómez, en la vereda La Argentina, donde se decomisaron 2,15m³ de madera como resultado de la tala de un pino Romeron. Así mismo, esta actividad se encuentra asociada a la quema no controlada de pastos y residuos sólidos.

Por otro lado, entre los conflictos más comunes en relación con el agua se encuentra la intervención se fuentes hídricas por pastoreo de ganados y cultivos de papa, los cuales se encuentran en áreas ronda forestal protectora de las fuentes hídricas. También se presentan quejas por vertimientos de actividades pecuarias y agrícolas, al igual que la captación ilegal con fines domésticos, de riego y actividades pecuarias e industriales.

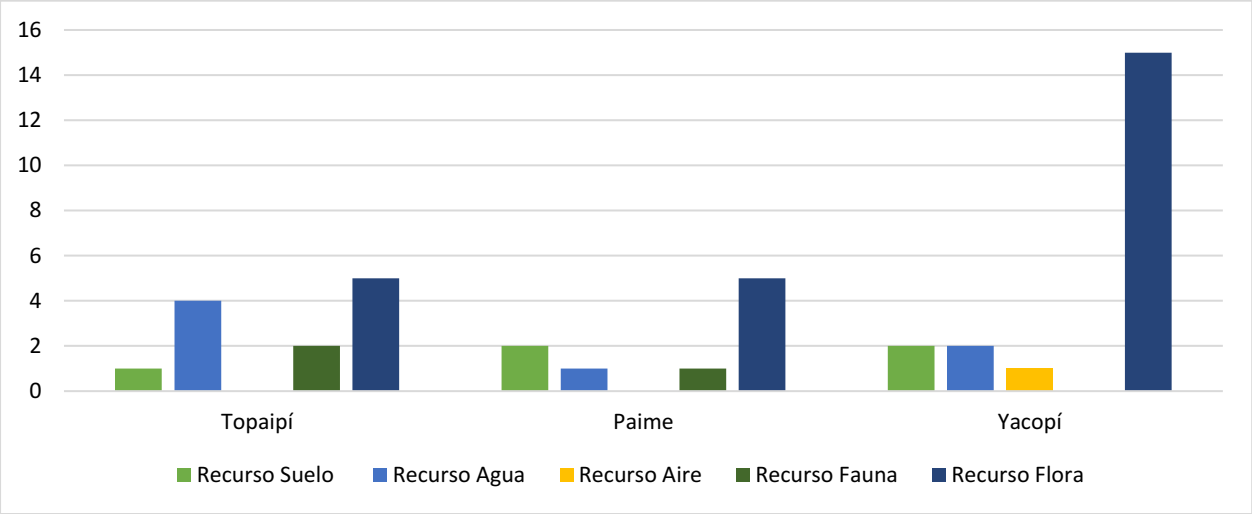
Por último, las principales quejas realizadas por afectaciones al suelo se refieren a inadecuada disposición de residuos sólidos, disposición de material en suelo sin autorización y sin ningún tipo de geometría definida para su acopio. Para el caso de la fauna las denuncias más comunes son por

caza, decomiso y entrega voluntaria de especies como fue el caso del rescate por parte de la policía de una guacamaya azulamarilla en el municipio de Topaipí.

1.3.11.2.1.3 RÍO GUAQUIMAY

La siguiente gráfica relaciona de manera visual las problemáticas ambientales de los municipios en la jurisdicción de la CAR para la cuenca del Río Guaquimay.

Figura 402 Recursos afectados en las problemáticas ambientales de los municipios en jurisdicción de la CAR, río Negro, 2021



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, a partir de la base de datos de quejas ambientales de la CAR, 2021

Río Guaquimay, a pesar de ser la unidad hidrográfica con menor número de municipios en su área. tiene una alta cifra de quejas ambientales con 61 PQRS durante el año 2021, siendo el municipio de Yacopí el que más quejas ambientales presenta sobre todo en problemáticas relacionadas con la flora y el agua.

Dentro de las quejas referentes a la flora se encuentra la tala de árboles sin previa autorización de la Corporación y decomiso de madera por falta de salvoconductos de movilización.

Para el caso del recurso del agua las denuncias más comunes son por expansión de la frontera agrícola, construcción de obras sin el respectivo permiso ambiental e invasión de las fuentes hídricas.

El sector que genera mayor afectación es el agropecuario, el cual afecta tanto a las zonas urbanas como a las rurales por lo que es importante que desde la institucionalidad se realice las intervenciones pertinentes para minimizar los impactos ambientales sobre estas comunidades sin que esto perjudique el desarrollo de sus actividades productivas.

1.3.11.3 CONFLICTOS POR EL AGUA IDENTIFICADOS EN LA FORMULACIÓN DEL PORH.

Se presenta en este numeral, las problemáticas elevadas a conflictos por el agua, y que se han identificado durante el proceso de participación y de recolección de información en campo.

Tabla 203 Conflictos por el agua identificados en el proceso participativo y en el Censo de Usuarios del PORH por unidad hidrográfica, 2022

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
RÍO GUAQUIMAY	1	Institucionales	Espacios de participación fase Diagnóstico	En el corregimiento de Ibama, la población se surte del recurso desde un nacimiento de agua llamado Pozo Rial. Allí mismo, y por disposición de la alcaldía municipal, se dio autorización para hacer los descargos de las aguas residuales del corregimiento a dicho nacimiento. Localización: Yacopí, corregimiento Ibama, pozo Rial	Manifiesto	Actores primarios generadores: Alcaldía municipal Actores primarios indicadores: JAC corregimiento de Ibama. Actores reguladores: CAR
	2	Por el uso	Espacios de participación fase Diagnóstico	Luego de usar el agua para transformar la caña en panela, riegan el sobrante en los terrenos, afectando la calidad de los suelos y de la producción de las familias para el autoabastecimiento.	Latente	Actores primarios generadores: microempresas, pequeños productores con trapiches Actores primarios indicadores: JAC Actores reguladores:

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				Localización: Yacopí, vereda Naranjal de Bustos		CAR, alcaldía municipal.
RÍO NEGRO	3	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	En zonas de páramos en donde cultivan papa, se ve afectado por el uso indiscriminado de los agroquímicos y la minería informal que se desarrolla en las zonas de páramo **Localización**: San Cayetano, veredas Quebradas y Boca de Monte	Latente	**Actores primarios generadores**: Mineros, productores **Actores primarios indicadores**: JAC **Actores reguladores**: CAR, ANLA, Alcaldía de San Cayetano.
	4	Entre usuarios	Censo de usuarios	Los acueductos veredales activos no se encuentran funcionando en las condiciones de potabilidad y disponibilidad para las familias que se proveen del servicio. A esto se suma que cierran el registro desde la bocatoma del acueducto y las familias se pueden quedar sin agua durante varios días porque no se permite el ingreso al predio. **Localización:** Paime, vereda	Latente	**Actores primarios generadores:** acueducto veredal de Recupí **Actores primarios indicadores**: María Inés Ballen. **Actores reguladores**: CAR, Alcaldía de San Cayetano

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				Recuipí, finca La Hoya.		
	5	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	La vereda Las Mercedes y Bucama tienen una mala relación, esto debido a que al incluir a Bucama como beneficiaria del acueducto de Las Mercedes (acueducto organizado hace más de 20 años), Bucama empezó a sacarle muchos puntos a las mangueras, sin hacerle mantenimiento, a causa de esto empezó a faltar el agua en la vereda Las Mercedes. Refieren que las tomas de agua se tapan por fruta y hasta por serpientes. Han remitido la queja directamente a la alcaldía. **Localización:** Paime, veredas Las Mercedes y Bucama.	Manifiesto	**Actores primarios generadores:** usuario del acueducto de la vereda Bucama. **Actores primarios indicadores:** acueducto veredal Las Mercedes **Actores reguladores**: CAR, Alcaldía de Paime, Acueducto Veredal.
	6	Entre usos	Censo de usuarios	En la vereda El Triunfo, se encuentra un sistema acuícola que se alimenta por las aguas de la	Latente	**Actores primarios generadores:** empresa acuícola

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				quebrada el Chunchuyo que viene de las aguas donde hace vertimiento el caserío de Venecia. **Localización:** Paime, vereda El Triunfo		**Actores primarios indicadores:** Ricardo Peña **Actores terceros imparciales:** comunidad vereda El Triunfo **Actores reguladores**: CAR, alcaldía municipal.
	7	Entre usos	Censo de usuarios	En la finca El Guanabano de la vereda La Unión, tienen un nacimiento el cual ha presentado problemas por contaminación por parte de otro predio vecino que recientemente instaló establos para cerdos y actividades de despulpe de café y vierte cerca al nacimiento. No confían en la calidad de dicha agua. Esta misma actividad también hace fumigación y contaminan las fuentes de agua. Presumen que la población se ha enfermado por	Latente	**Actores primarios generadores:** dueño del predio aledaño a la finca El Guanabano. **Actores primarios indicadores:** Régulo Ramírez **Actores reguladores**: CAR, alcaldía municipal.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				consumir de dicha agua. **Localización:** Villagómez, vereda La Unión		
RÍO PALENQUE	8	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	El dueño de un predio en la vereda Guasimal, está deforestando en el área de ronda hídrica, para la expansión de la frontera agrícola. **Localización**: Coper, vereda Guasimal, frontera con la vereda Palmar de Maripí, entre Coper y Maripí	Latente	**Actores primarios generadores:** dueño del predio en la vereda Guasimal **Actores primarios indicadores**: JAC vereda Guasimal **Actores reguladores**: Corpoboyacá, alcaldía municipal.
	9	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	En la finca San Luis, de propiedad de los hermanos Romero, desde hace tres (3) años realizan actividades de porcicultura, con aproximadamente 600 cerdos para engorde. El manejo que se le da a los residuos posconsumo está afectando la quebrada La Locha, debido a los lixiviados y los residuos que caen directamente a la quebrada.	Manifiesto	**Actores primarios generadores:** hermanos Romero, dueños del predio y la actividad. **Actores primarios indicadores:** JAC vereda Llano de Palmas. **Actores terceros imparciales:** comunidad del sector

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				También se presentan malos olores que afectan a los vecinos. Esta quebrada, en su nacimiento, surte del recurso hídrico a los habitantes del sector Guadualito, son aproximadamente 20 familias. La queja ya se ha presentado a la alcaldía y la personería, pero no han obtenido respuesta. **Localización:** Maripí, vereda Centro, sector Guadualito, Finca San Luis.		Guadualito y Llano de Palmas. **Actores reguladores:** Corpoboyacá, Alcaldía Municipal.
	10	Por el uso	Espacios de participación fase Diagnóstico	Se vendió a un particular un yacimiento de agua que abastece al 40% de la comunidad del sector y perteneciente a la quebrada Lirios, del municipio de Pauna. Este predio está destinado a las actividades ganaderas, generando contaminación del cuerpo de agua, que afecta la calidad del abastecimiento	Manifiesto	**Actores primarios generadores:** se desconocen **Actores primarios indicadores:** Sandy Buitrago **Actores reguladores:** Corpoboyacá, Alcaldía municipal, Policía Nacional

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				doméstico de las familias alrededor. **Localización:** Muzo, quebrada Lirios		
	11	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	En el sector El Páramo, se encuentra una finca llamada La Lorena, que tiene la mayor reserva hídrica del municipio. Allí se está deforestando la montaña, poniendo en riesgo la reserva hídrica. La territorial de Pauna de Corpoboyacá se comprometió a hacer visitas mensuales para recibir las solicitudes de aprovechamiento forestal y hasta el momento no se ha cumplido **Localización:** Coper, sector El Páramo, finca La Lorena	Manifiesto	**Actores primarios generadores:** dueños de la finca La Lorena **Actores primarios indicadores:** Edwin Libardo Castellanos **Actores reguladores:** Corpoboyacá, Alcaldía municipal, Policía Nacional.
	12	Por el uso	Espacios de participación fase Diagnóstico	El agua del acueducto veredal es utilizada para las actividades pecuarias de los pequeños y medianos productores ganaderos.	Latente	**Actores primarios generadores:** pequeños y medianos ganaderos **Actores primarios indicadores:** comunidad de

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				Localización: Buenavista, vereda Patiño, sector Naranjitos.		la vereda Patiño **Actores reguladores:** CAR, Alcaldía municipal.
	13	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	La actividad avícola de los galpones La Fortaleza ha ocasionado varios conflictos por los desechos de las aves, que atraen otros animales como moscos y plagas, causando infecciones sobre la comunidad. Esta avícola vierte sus aguas directamente a la quebrada La Laja, además arrojan animales muertos a los afluentes del río Palenque. Se presumen que se han presentado muchas enfermedades a raíz de dicha situación. Han manifestado la queja directamente a los dueños del galpón, sin obtener alguna respuesta. **Localización:** Carmen de Carupa, vereda Sucre, galpones La Fortaleza.	Latente	**Actores primarios generadores:** Galpones La Fortaleza **Actores primarios indicadores:** JAC vereda Sucre. **Actores terceros imparciales:** comunidad vereda Sucre **Actores reguladores:** CAR, Alcaldía municipal.

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
	14	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	Sobre la quebrada la Pita, arrojaron hace un par de meses, cerdos muertos, los cuales se comenzaron a descomponer y a contaminar la quebrada, mediante diferentes plagas que trajo consigo la descomposición de dichos animales, tales como moscos, aves de rapiña, entre otros. La comunidad refiere que no identificaron a los responsables pero que si realizaron una reunión a nivel de junta de acción comunal para vigilar la situación y denunciar en caso de conocer el nombre del responsable. Localización: Muzo, quebrada La Pita	Latente	Actores primarios generadores: se desconocen Actores primarios indicadores: JAC Paunita vereda Sucre Actores reguladores: Corpoboyacá, Alcaldía municipal.
	15	Entre usuarios	Espacios de participación fase Diagnóstico	Sobre el río Guazo, el cual pasa por la vereda Paunita, para ampliar el área de pastos para el ganado, los finqueros están deforestando árboles que cuidan y protegen los	Latente	Actores primarios generadores: se desconocen Actores primarios indicadores: comunidad

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				nacimientos de agua. Dicha situación es constante dentro de la vereda y es liderada por actores sociales que según manifiestan los asistentes, son "peligrosos" y difícilmente se puede promover el diálogo, por ello, no se pueden elevar denuncias ante las autoridades competentes por miedo. **Localización:** Muzo, vereda Paunita, río Guazo.		vereda Paunita, Muzo. **Actores reguladores:** Corpoboyacá, Alcaldía municipal, Policía Nacional
	16	Por el uso	Recorridos de campo	En la vereda Patiño sector la Sabana, tienen planta de tratamiento para el acueducto veredal, pero este tiene prohibición de uso ya que los químicos que emplean para tratar el agua, no están avalados por la secretaria de Salud y por ende, fue cerrada la planta por orden de la alcaldía. El presidente del acueducto, quien era el encargado del manejo de la	Latente	**Actores primarios generadores:** se desconocen **Actores primarios indicadores:** acueducto veredal de Patiño **Actores reguladores:** Corpoboyacá, Alcaldía municipal

UNIDAD HIDROGRÁFICA	NO. DE CONFLICTO	TIPO DE CONFLICTO	FUENTE DE RECOPILACIÓN	CONFLICTO	FASE DEL CONFLICTO	ANÁLISIS DE ACTORES DEL CONFLICTO
				planta, manifiesta su inconformismo, ya que la comunidad no tenía quejas del agua que estaba recibiendo, pero ahora, el agua que les llega a los hogares de la vereda, es de mala calidad. Desde la junta del acueducto elevaron la queja a la Alcaldía para obtener una solución y reabrir la Planta. **Localización:** Buenavista, vereda Patiño, sector La Sabana.		

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

1.3.11.4 PROBLEMÁTICAS Y CONFLICTOS POR TRAMO

De acuerdo con la información suministrada en las Peticiones, Quejas, Reclamos y sugerencias recibidas por la CAR, así como la información recolectada en campo de los comentarios de la gente y de la cartografía social realizada en los talleres, analizada anteriormente. A continuación, se presenta las problemáticas y conflictos derivados del recurso hídrico por cada unidad mínima de análisis junto con su respectiva clasificación. Estos conflictos están relacionados en su mayoría con una alta demanda del recurso hídrico, contaminación del agua por vertimientos, disminución de la cobertura vegetal que protege las fuentes hídricas, limitaciones en la disponibilidad del agua y cambios en el uso del suelo producto de actividades domésticas, pecuarias, agrícolas, mineras y silviculturales, que, junto con el bajo compromiso a la corresponsabilidad de la sostenibilidad del recurso hídrico por parte de algunos actores sociales, las UHN II en estudio presentan afectaciones en la calidad de las fuentes hídricas en un 71,8% en el Río Guaquimay, el 57,8% en el Río Negro y 59,5% en el Río Palenque con índices de calidad del agua que oscilan entre malo y regular en las tres UHN II de acuerdo con las dos campañas de monitoreo realizadas al recurso hídrico.

1.3.11.4.1 RÍO GUAQUIMAY

En la subcuenca Río Guaquimay de acuerdo con la información recopilada se presentó conflictos por el uso del agua en los tramos RG_01, RG_03, RG_05, RG_07, RG_08, RG_09, RG_11 y RG_QH_01los cuales de describen en la siguiente tabla.

Por su parte, en los tramos RG_02, RG_04, RG_06, RG_10, RG_12, RG_QH_02, RG_QM_01, RG_QM_02 y RG_QM_03 no se tiene registro de conflictos por uso del recurso hídrico.

Tabla 204 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Guaquimay

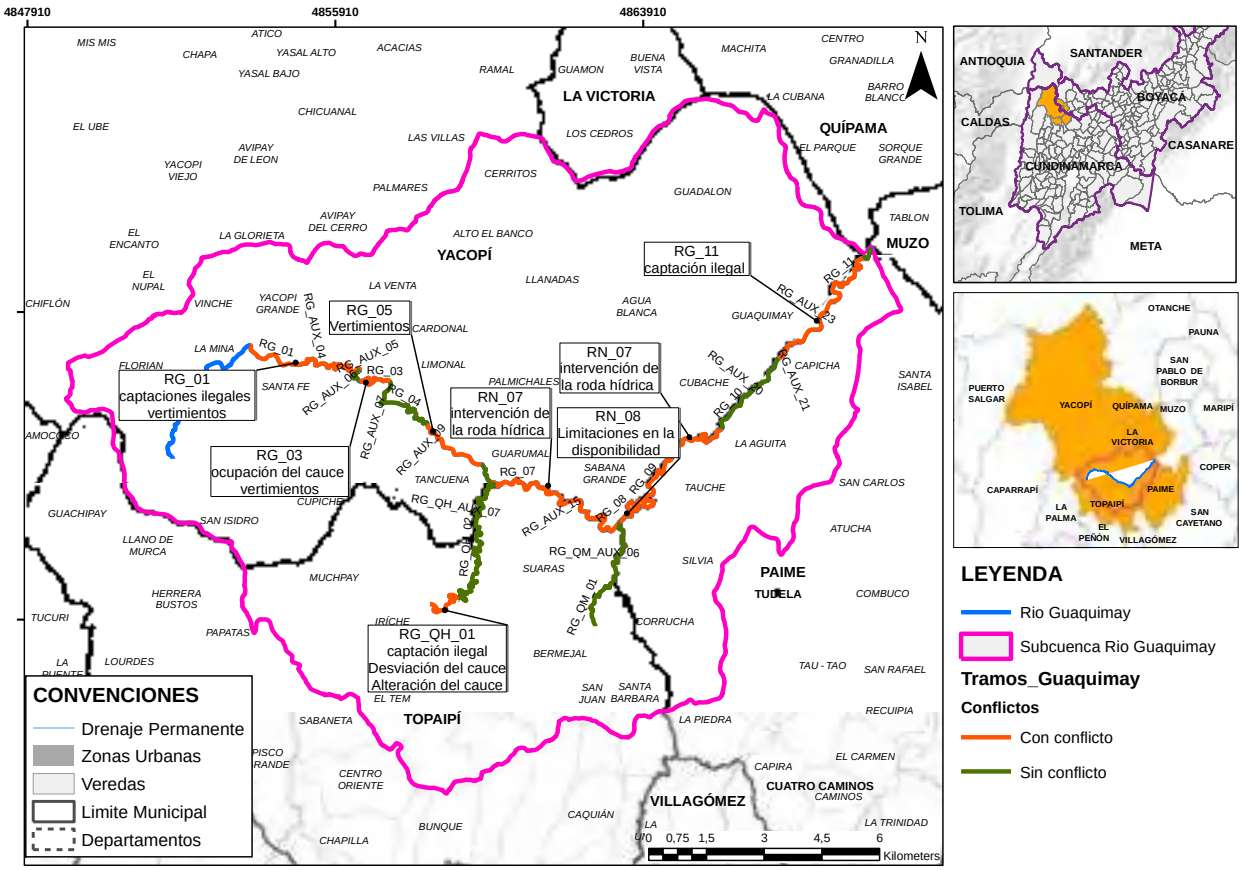
TRAMO	CLASIFICACIÓN DEL PROBLEMA/ CONFLICTO	CONFLICTOS POR EL AGUA
RG_01	Demanda Oferta Calidad	En este tramo se presentan afectaciones al recurso hídrico en las veredas Lagunetas, San Antonio y Florian debido a captaciones ilegales que se realizan para llevar a cabo actividades agropecuarias que generan reducción en la oferta hídrica aguas abajo del punto de captación. Así mismo, en la vereda La Mina se presentan vertimientos sin permiso al recurso hídrico por actividades de saneamiento ambiental que han generado alteraciones en la calidad del agua y que se ha visto reflejado en las campañas de monitoreo del recurso realizados en presente estudio, las cuales presentaron un ICA regular, con altos niveles de mineralización del agua, y presencia de materia orgánica y sólidos suspendidos que a su vez provocan altos niveles de turbidez, provocando así que el recurso hídrico en este tramo sea muy limitado para el uso en actividades especialmente domésticas.
RG_03	Demanda Oferta Calidad	El conflicto por el uso del agua en este tramo se presenta por la ocupación del cauce sin autorización para realizar actividades industriales mineras las cuales, debido a su alta demanda de agua, disminuye el caudal para la población aguas abajo que también se surte del recurso, además genera afectaciones al suelo y la calidad del agua por el material particulado que se produce. Así mismo, en la vereda Naranjal de Bustos se presenta conflicto por vertimientos al suelo y al agua afectando la calidad de estos por parte de la industria de transformación de caña en panela, los cuales están generando problemas en la producción de las familias aledañas para su autoabastecimiento.
RG_05	Calidad Oferta	Para este tramo, el conflicto identificado fue la descarga de las aguas residuales del corregimiento de Ibama al nacimiento de agua denominado Pozo Rial del cual también se surte de agua la misma población, ya que estos vertimientos se están realizando al cuerpo hídrico sin ningún tipo de tratamiento previo por lo que se ha generado alteración en la calidad del agua lo que se evidenció en las campañas de monitoreo en las cuales se presentó un ICA regular. en la Inspección Ibama se presenta falta de disponibilidad el recurso hídrico debido a que en época de lluvia las mangueras por medio de las cuales la población se surte de agua directamente de la quebrada se tapan dejando sin agua hasta por 100 días a la población.

TRAMO	CLASIFICACIÓN DEL PROBLEMA/ CONFLICTO	CONFLICTOS POR EL AGUA
RG_07	Conservación del ecosistema Calidad	En este tramo el conflicto se debe a la intervención de la roda hídrica en la vereda Suarez por actividades pecuaria y agrícolas que no solo afectan la calidad y cantidad del agua sino también influyen en la degradación suelo. Esta intervención se ve reflejada en la calidad del agua del tramo, puesto que se presenta un ICA malo y regular a lo largo del año y además se evidencia altos niveles de mineralización del agua, materia orgánica, y sólidos suspendidos, sin embargo, dichas concentraciones no sobrepasan los objetivos de calidad actuales.
RG_08	Oferta Calidad	En la vereda Guaguaqui la oferta del agua es limitada debido a que la población no cuenta con suministro de agua por lo que se ven en la necesidad de obtener el recurso a través de la recolección de aguas lluvias.
RG_09	Conservación del ecosistema Calidad Disponibilidad	Para este tramo se presenta afectación del recurso hídrico en la vereda Inspección de Tuleda debido a intervención de la ronda para llevar a cabo actividades pecuarias y agrícolas que posiblemente estén aumentado la afectación de la calidad del recurso hídrico que se presenta en el tramo. En la vereda Tauche, el abastecimiento se realiza de una quebrada que pasa por la vereda a través de una manguera que se encentra conectada en un sitio de difícil acceso debido a condiciones físicas y bióticas.
RG_11	Demanda Oferta Calidad	En este tramo el conflicto del uso del agua se presenta por captación ilegal del recurso hídrico para realizar actividades mixtas pecuarias y agrícolas que afectan la disponibilidad del recurso para los usuarios ubicados aguas abajo del punto de captación. Así mismo, en la vereda Guaquimay ubicada entre el tramo RG_10 y RG_11 en época de lluvia, la quebrada de la cual la población se surte de agua se llena de sedimentos y causa la disminución de la calidad del recurso, lo cual, se pudo evidenciar en las campañas de monitoreo donde se presentó un ICA malo para épocas lluvia con concentraciones muy altas de sólidos suspendidos y en épocas de bajas precipitaciones se presentó un ICA regular con alto índice de contaminación por mineralización del agua y materia orgánica, sin embargo, en los demás parámetros medidos el tramo cumple con los objetivos de calidad establecidos para el cuerpo de agua en estudio.
RG_QH_01	Oferta Calidad Social	En este tramo se presenta conflictos del recurso debido a la captación ilegal, desviación y alteración del cauce para llevar a cabo actividades agrícolas y pecuarias en la vereda Tonucha que posiblemente estén realizando afectación en la disponibilidad del recurso, así como alteración en la calidad del agua y el suelo.
RG_QM_01	Calidad	En la vereda Bermejal se presentan problemas de contaminación del agua debido a la intervención del recurso hídrico por animales bovinos que consumen agua directamente de las fuentes hídricas, afectando a la comunidad que se encuentra aguas abajo.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En la siguiente figura se muestra gráficamente los tramos que presentan conflicto por el uso del recurso hídrico con su respectiva descripción ilustrados de color naranja y los que hasta la fecha no cuentan con ningún tipo de registro o información sobre conflictos por el uso del agua, ilustrados de color verde.

Figura 403 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Guaquimay



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

1.3.11.4.2 RÍO NEGRO

Para la subcuenca Río Negro se presentó conflictos por el agua en los tramos RN_01, RN_02, RN_03, RN_04, RN_06, RN_07, RN_08, RN_11, RN_12, y 13, RN_14, RN_RB_01, RN_RB_02, RN_RM_01, RN_RM_03, RN_RM_04 RN_RM_05 y RN_RM_06 los cuales de describen en la siguiente tabla.

En los tramos RN_05, RN_09, RN_10, RN_QC_01, RN_QT_01, RN_QT_02, RN_QT_03 y RN_RM_02 no se tiene registro de conflictos por uso del recurso hídrico.

Tabla 205 Conflicto del uso del agua por tramo, Río Negro

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RN_01	Calidad Conservación del ecosistema	Para este tramo se presentan conflictos del uso agua en las veredas Sabaneque y el Mortillo por vertimientos al recurso hídrico producto de actividades agrícolas y pecuarias que no cumplen con las obligaciones impuestas sobre los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua, lo cual se evidenció en las campañas de monitoreo donde se presentó un ICA regular. Así mismo, se presenta ocupación del cauce e intervención del área de la ronda por actividades de construcción de obras civiles y actividades mixtas agrícolas y pecuarias que de igual manera están afectando la calidad del agua por el elevado vertimiento de materia orgánica, cambios en el uso del suelo y generando conflicto en la conservación de ecosistemas que garantizan el ciclo del agua. En el sector de la Peña se presentan problemas por la calidad del recurso debido a la alta sedimentación.
RN_02	Demanda Social Calidad Conservación del ecosistema	Para este tramo se presentó conflicto del uso del agua por captación ilegal del recurso hídrico, Intervención de la ronda hídrica, desviación del cauce y descarga de vertimientos sin permiso a causa de actividades relacionadas con producción agrícola que se llevan a cabo en la vereda Cardonal por las cuales se presenta un índice de contaminación del agua malo con alta presencia de conductividad, dureza, alcalinidad, solidos suspendidos DBO, DQO y presencia en niveles más bajos de materia orgánica que no cumplen en su mayoría con los objetivos de calidad establecidos actualmente para la UHN en estudio, además se generan conflicto en la conservación de ecosistemas que garantizan el ciclo del agua y la reducción de la oferta hídrica.
RN_03	Demanda Oferta Calidad	En este tramo los conflictos se presentan por captación ilegal del recurso hídrico e intervención del área de la ronda en la vereda Canitullal para llevar a cabo actividades domésticas, agrícolas y pecuarias que generan reducción en la oferta hídrica además de afectación en la calidad del suelo. También, se presentan conflictos por vertimientos al agua realizados en las veredas Centro y Guamal que no cumplen con las obligaciones impuestas en el acta administrativa, así como en la vereda Las Mercedes donde se presencia vertimientos ilegales por las mismas actividades, generando disminución en la calidad del recurso hídrico que se pudo evidenciar en las campañas de monitoreo realizadas donde se presentó un ICA malo, con alta presencia de conductividad, dureza, alcalinidad, solidos suspendidos DBO, DQO y presencia en niveles más bajos de materia orgánica que no cumplen en su mayoría con los objetivos de calidad establecidos actualmente para la UHN en estudio especialmente para utilizar el recurso para abastecimiento y consumo humano. En la vereda Canutillal se presentan conflictos con la calidad y la disponibilidad del agua debido a la alta sedimentación que presenta el recurso y dado que en épocas de fuertes lluvias las mangueras que suministran de agua a los hogares se tapan; por lo que los usuarios deben recurrir a recolectar agua directamente de las bocatomas vecinas y transportarla en baldes mediante animales de carga.

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
		Por último, debido a las actividades mineras informales que se realizan en las veredas Quebradas y Boca de Monte se ha presenciado alteraciones en la calidad del agua y del suelo debido al uso indiscriminado de agroquímicos que alteran de manera significativa los parámetros fisicoquímicos provocando que el recurso hídrico en este tramo no pueda ser utilizado para el desarrollo de las demás actividades.
RN_04	Demanda Conservación del ecosistema	Los conflictos del agua para este tramo se presentan en la vereda El Centro los cuales se ven relacionados con la captación ilegal del recurso hídrico, así como la intervención del área de ronda y desviación del cauce que posiblemente están generando disminución de la disponibilidad del recurso aguas debajo de la vereda producto de actividades pecuarias, agrícolas y avícolas que se llevan a cabo en este tramo, así como conflictos en la conservación de ecosistemas que garantizan el ciclo del agua por la degradación de los suelos protectores de la fuente hídrica y contaminación del agua que se pudo ver evidenciado en las campañas de monitoreo donde se presenta un ICA malo, con un índice de contaminación por mineralización alta y muy alta y un índice de contaminación por materia orgánica de media y muy alta generando que para este tramo no se cumplan los objetivos de calidad del agua en parámetros como la dureza.
RN_06	Calidad Social Oferta	En este tramo los conflictos se generan a causa de vertimientos realizados por usuarios de la vereda Chiga Tumbi que no cumplen con las obligaciones impuesta en el acta administrativo para llevar a cabo actividades de explotación agrícola y pecuaria, y además se presenta intervención del área de la ronda por actividades pecuarias que podrían estar afectando la calidad del agua y el suelo. Así mismo, en la vereda Carriazo se presenta captación ilegal del recurso para actividades pecuarias afectando la disponibilidad del recurso hídrico aguas abajo.
RN_07	Calidad	En este tramo se presentan conflictos por el agua en la vereda Pinipay debido a intervención del cuerpo de agua por animal bovino que contamina el agua con la heces y sedimenta el suelo que va directamente a las fuentes hídricas, así mismo, se presentan vertimientos ilegales producto de actividades pecuarias y vertimientos que no cumplen con las obligaciones impuestas por actividades dedicadas a la captación, tratamiento y distribución del agua, así como presencia de actividades mineras que afectan la calidad del agua de las fuentes aledañas a la zona. Estos conflictos se reflejaron en los monitoreos de calidad donde se presentó un ICA malo en ambas campañas, con altos niveles de mineralización del agua, sólidos suspendidos y materia orgánica, generando que para este tramo no se cumplan los objetivos de calidad del agua en parámetros como la dureza.
RN_08	Calidad	Se presentan conflictos del recurso hídrico debido a vertimientos con incumplimiento de obligaciones impuestas producto de actividades domésticas y ocupación del cauce por actividades de explotación pecuaria y agrícola llevadas a cabo en la vereda Remanso, que posiblemente estén generado altas cargas contaminantes al recurso hídrico.

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RN_11	Oferta	En la vereda Combuco se presenta conflicto del uso del agua por captación ilegal del recurso hídrico para llevar a cabo actividades agrícolas y pecuarias que posiblemente están generando reducción en la oferta hídrica aguas abajo del punto de la captación afectando a los usuarios que también se surten del recurso.
RN_12 y RN_13	Demanda Oferta Social	El conflicto se presenta entre la vereda Las Mercedes ubicada en el tramo RN_12 y la vereda Bucama ubicada en el tramo RN_13 por captación del agua que realiza la población de Bucama del acueducto que beneficia a las Mercedes el cual, debido a la demanda, Los usuarios de Las mercedes se han visto afectados por la reducción de la oferta hídrica.
RN_14	Demanda Calidad Conservación del ecosistema Calidad	El conflicto por el agua en este tramo se presenta en la vereda Vinche por captación ilegal del agua para llevar a cabo actividades agrícolas y pecuarias que posiblemente están afectando la disponibilidad del recurso aguas abajo. Así mismo, en la vereda El Triunfo, se presenta conflicto por vertimientos domésticos al agua del caserío Venecia a la quebrada el Chunchuyo que aguas abajo surte a un sistema acuícola que se alimenta de la misma quebrada. Estos vertimientos están provocando en el agua altos niveles de contaminación y mineralización del agua, además de altos niveles de materia orgánica, sólidos suspendidos, DQO y turbidez provocando que en el tramo se cumpla parcialmente con los objetivos de calidad actuales.
RN_15		En este tramo el conflicto por el uso del agua se presenta en la vereda Tonucha en la cual se realiza intervención del área de la ronda hídrica por actividades de construcción de obras civiles que están alterando la calidad del agua debido a los altos niveles de los sólidos suspendidos que se vierten al recurso hídrico generado que para ese tramo en cuanto a los SST no se cumplan los objetivos de calidad actuales, además de y generar conflictos en la conservación de ecosistemas que garantizan el ciclo del agua.
RN_RB_01	Social Conservación del ecosistema Demanda Oferta Calidad	Para este tramo los principales conflictos se presentan en las veredas Recuipí, San Rafael y El Carmen por captación del recurso e intervención ilegal del área de la ronda para realizar actividades agrícolas y pecuarias que afectan la disponibilidad del recurso además de la calidad del suelo de la ronda hídrica. Así mismo, en la vereda Recuipí dado que los acueductos veredales activos no se encuentran funcionando en las condiciones óptimas para proveer el servicio debido a la falta de mantenimiento, las familias que se surten de estos se han visto afectados por potabilidad y disponibilidad del recurso puesto que se abastecen con mangueras directamente de un aljibe donde muchas veces, el agua se encuentra contaminada o de baja calidad a causa de la sedimentación y en época de verano deben buscar agua directamente en el rio por la baja disponibilidad del recurso. Finalmente, en la vereda El Carmen, en época de verano se presentan problemas por la falta de oferta del recurso hídrico.

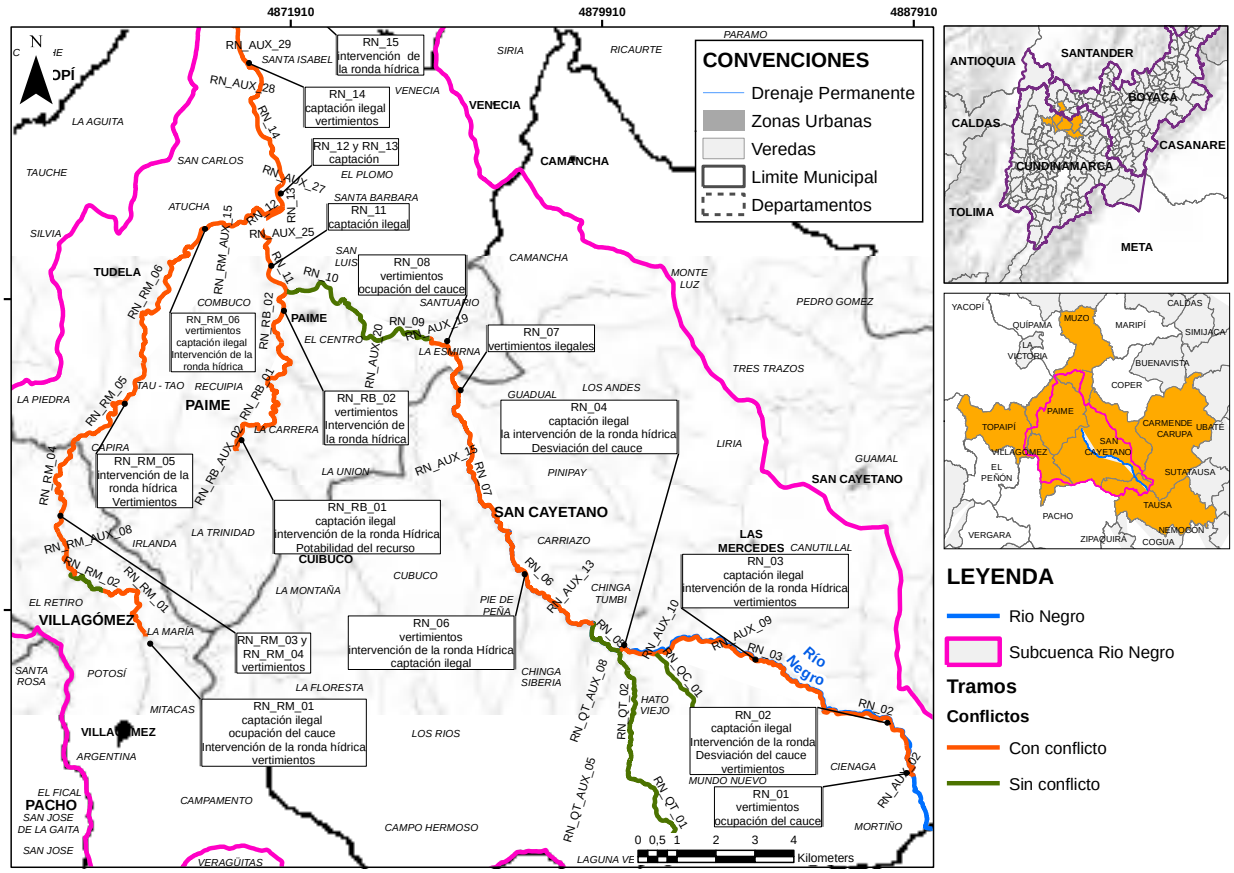
Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RN_RB_02	Conservación del ecosistema Calidad	Los principales conflictos en este tramo se dan por los vertimientos de las actividades domésticas provenientes del casco urbano del municipio de Paime la cuales no cumplen con las obligaciones impuestas por el acta administrativa y además se generan otro tipo de descargas de actividades pecuarias y agrícolas que no cuentan con permiso por parte de las autoridades competentes. No obstante, en la vereda cuatro caminos y combuco la ronda hídrica está siendo intervenida por usuarios que llevan a cabo actividades pecuarias, agrícolas e industriales (minería) que podrían estar afectando la calidad del agua, sin embargo, estos conflictos no están generando una alteración significativa la calidad del recurso puesto que en las dos campañas de monitoreo el tramo presentó un ICA, ICOMI, ICOSUS, e ICOMO aceptable dando cumplimiento a los objetivos de calidad actuales.
RN_RM_01	Demanda Conservación del ecosistema Calidad	De toda la microcuenca del Río Negro, en este tramo es donde se presenta el mayor número de conflictos por el recurso hídrico que están relacionados con la captación ilegal del agua y ocupación del cauce para llevar a cabo actividades agrícolas y pecuarias y así como construcción de obras hidráulicas en las veredas Argentina, La Maria, Potosí, Menecipa y el casco urbano de Villagomez Así mismo, en las veredas Caipal, Cerro azul y Potosí se han presentado conflictos por la ocupación de la ronda hídrica para actividades de silvicultura y agrícolas que podrían estar generando alteración de la calidad del agua y procesos de degradación del suelo. Y finalmente, en las veredas Argentina y El Centro se presentan vertimientos por parte de algunos usuarios que llevan a cabo actividades domésticas, pecuaria y agrícolas que no cumplen con las obligaciones impuestas en actas administrativas además del casco urbano de Villagomez que no cumple con el PSMV, el cual este último conflicto se está viendo reflejado en la calidad del recurso de acuerdo con lo reflejado en las campañas de monitoreo donde se presentó un ICA regular y un ICOMO alto, sin embargo, los objetivos de calidad se cumplen en la mayoría de parámetros evaluados.
RN_RM_03 y RN_RM_04	Calidad	En la vereda La unión ubicada entre el tramo RN_RM_03 y RN_RM_04 se presenta conflicto debido a vertimientos al agua sin ningún tipo de tratamiento previo realizados por parte de un usuario dedicado a actividades pecuarias y agrícolas, del cual de la misma fuente hídrica se surte de agua la población ubicada aguas abajo.

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RN_RM_05	Conservación del ecosistema Calidad	En este tramo se evidenció conflictos en el uso del recurso por intervención del área de ronda para llevar a cabo actividades de silvicultura que podrían estará afectando la calidad del suelo para la conservación de ecosistemas que garantizan el ciclo del agua. además de ello, se presencia vertimientos con incumplimiento de obligaciones impuestas en la ejecución de actividades agrícolas y pecuarias que se ven reflejados en los índices de calidad de acuerdo con las campañas de monitoreo realizadas en el tramo donde se presentó un ICA malo en la campaña 1 y regular en la campaña 2, además de altos niveles materia orgánica y solidos suspendidos, sin embargo, para los demás parámetros medidos se presenta cumplimiento en los objetivos de calidad actuales para la unidad en estudio.
RN_RM_05 y RN_RM_06	Oferta	Los habitantes aguas arriba de la vereda Tau Tao debido a un daño de la motobomba no tienen disponibilidad al recurso hídrico.
RN_RM_06	Calidad Conservación del ecosistema demanda	Finalmente, para este tramo se presentaron conflictos por el uso del recurso debido a vertimientos con incumplimiento de obligaciones impuestas por parte de algunos usuarios que utilizan el recurso para actividades pecuarias, domésticas y el incumplimiento en el PSMV del municipio de Paime el cual de acuerdo con el punto de monitoreo más cercano de calidad del agua este conflicto se está viendo reflejado en el recurso dado que se presentó un ICA malo en ambas campañas. Así mismo, el tramo está presentando conflictos del uso del agua por captación ilegal para llevar a cabo actividades agrícolas en la vereda Camacha e intervención de la ronda hídrica en la vereda el Palmar y el casco urbano de Paime para realizar actividades pecuarias y agrícolas lo que posiblemente podría estar afectando la calidad del agua y el suelo.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En la siguiente figura se muestra gráficamente los tramos que presentan conflicto por el uso del recurso hídrico con su respectiva descripción ilustrados de color naranja y los que hasta la fecha no cuentan con ningún tipo de registro o información sobre conflictos por el uso del agua, ilustrados de color verde.

Figura 404 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Negro



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

1.3.11.4.3 RÍO PALENQUE

En la subcuenca Río Palenque los conflictos por el agua se presentaron en los tramos RP_01, RP_02, RP_05, RP_11, RP_13, RP_RH_01, RV_01 y RV_02 los cuales se describen en la siguiente tabla.

Para los tramos RP_03, RP_04, RP_06, RP_07, RP_08, RP_09, RP_10, RP_12, RP_14, RV_03, RV_04 y RV_05 no se tiene registro o información de conflictos por uso del recurso hídrico.

Tabla 206 Conflicto del uso del agua por tramo, Río Palenque

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RP_01	Demanda Conservación del ecosistema	En este tramo el conflicto del agua se presenta en las veredas Boca de Monte, Guamal, Cardonal y Casa blanca por captación ilegal del recurso para actividades de tratamiento y distribución del agua al igual que intervención de la ronda hídrica para realizar actividades agrícolas y extracción de madera que podría estar generando reducción en la oferta hídrica y disminución en la calidad del suelo.

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RP_02	Calidad	El tramo presenta conflictos por uso del agua por vertimientos realizados a la fuente hídrica producto de actividades doméstica, agrícolas y pecuarias en el municipio de San Cayetano que no cumplen con las obligaciones impuestas por parte de las autoridades competentes, lo cual se está viendo reflejado en la calidad del agua debido a que presentan un Índice de calidad malo de acuerdo con las dos campañas de monitoreo realizadas.
RP_05	Demanda Oferta Calidad Sociales	Para este tramo, los conflictos que se presentan en las veredas Sucre, El centro y Dominguito están directamente relacionados con el uso del agua debido a la captación ilegal del recurso, ocupación y alteración del cauce sin permiso por algunos usuarios para llevar a cabo actividades domésticas, avícolas y otras actividades de servicios personales que afectan la disponibilidad del recurso aguas abajo del tramo en mención. Así mismo, la calidad del recurso hídrico ha venido disminuyendo tal y como se evidenció en las campañas de monitoreo donde se presentó un ICA regular debido a vertimientos de aguas residuales a los afluentes del Río Palenque producto de actividades avícolas que se realizan en la vereda sucre, en donde también realiza disposición final de algunos animales muertos provocando la contaminación del recurso hídrico y proliferación de vectores y plagas que pueden causar infecciones sobre la comunidad aledaña. Sin embargo, dichos vertimientos no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en los objetivos de calidad para el cuerpo de agua en estudio.
RP_08	Oferta	En la vereda el Turtur no cuentan con suficiente oferta hídrica ni con disponibilidad continua todo el año, por tanto, deben desplazarse a otras veredas para obtener el abastecimiento mínimo para sus necesidades domésticas, además de acuerdo con la comunidad se presencia fuerte olor a Cal
RP_11	Conservación del ecosistema	En este tramo lo conflictos identificados están directamente relacionados con la ocupación de la ronda hídrica la cual está siendo utilizada para expansión de la frontera agrícola en la vereda Guaimal, así mismo, en la vereda El Páramo donde se tiene la mayor reserva hídrica del municipio se están realizando actividades de deforestación para ampliar las actividades agrícolas lo cual pone en riesgo la reserva y disponibilidad hídrica además de afectar la calidad del suelo.
RP_13	Conservación del ecosistema	Para este tramo el conflicto por uso del agua identificado fue el de ocupación de la ronda hídrica para llevar a cabo actividades pecuarias, en donde se están realizando deforestaciones para ampliar las áreas de pastos para ganado, lo que posiblemente este generando afectaciones en la calidad del suelo y el agua. En Maripí viejo se presentan problemáticas con la calidad del recurso hídrico debido a que la comunidad manifiesta un fuerte olor a orina

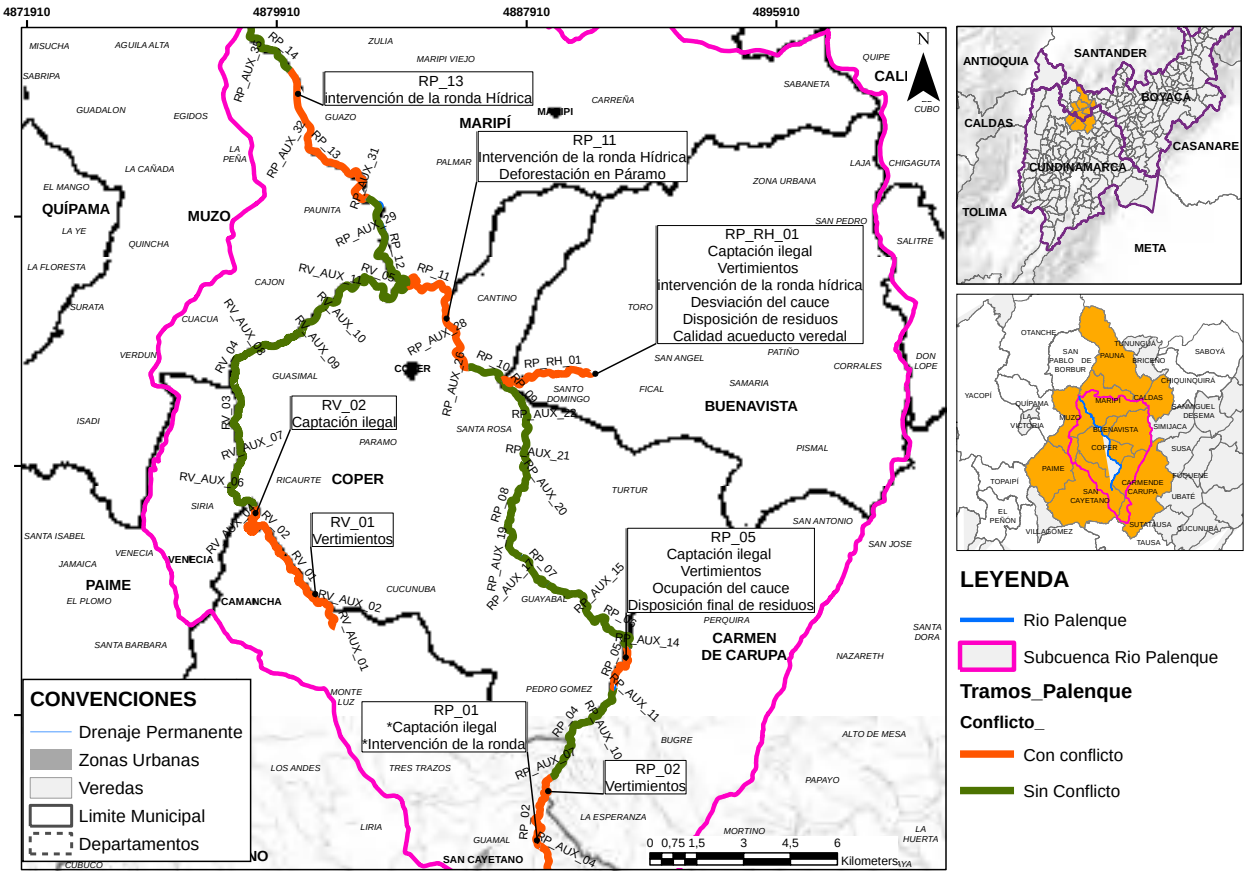
Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RP_RH_01	Demanda Conservación del ecosistema Calidad Social Riesgo Oferta Gobernanza	En este tramo se presenta el mayor número de conflictos del uso de agua debido a captación ilegal del recurso hídrico para llevar a cabo actividades pecuarias y agrícolas por parte de algunos usuarios ubicados en las veredas Miraflores, campo alegre, Patiño, Santa Rosa, La Herradura, San Rafael, Fical, Sabaneta, Sarvith, Campohermoso donde además se realizan actividades de extracción de madera. En las veredas Dominguito, San Pedro, Lajas, Corrales, Concepción y Honda se presentan conflictos por el uso del agua a causa de ocupación de la ronda hídrica para realizar las mismas actividades. De la misma manera, las veredas lajas y corrales presentaran conflictos del uso del agua por desviación del cauce para el riego de cultivos permanentes. Y en las veredas Sabaneta, Concepción, Dominguito y Honda el principal conflicto se presenta por algunos vertimientos directos al recurso hídrico que no cumplen con las obligaciones impuestas en el acto administrativo y otros que ilegales producto de actividades domésticas que generan alteraciones en la calidad del agua. Así mismo, debido a algunas actividades de porcicultura que se realizan en el tramo, el afluente del Río Palenque denominado quebrada La Locha la cual surte del recurso a población aguas abajo, se está viendo afectado por disposición final inadecuada de los residuos y lixiviados que genera esta actividad. Por su parte, en la vereda Cañaveral debido a varios eventos amenazantes de movimientos en masa los acueductos veredales se han visto afectados, obligando a la población a surtirse de aguas lluvia. En la vereda el Toro se presentan problemas en cuanto a la disponibilidad del recurso debido a que el aljibe desde donde se suministran de agua se seca constantemente, no sólo en el verano y la cantidad de agua no es suficiente para el consumo humano. En la vereda de Sabaneta se está realizando la construcción de un acueducto veredal que no ha sido posible terminar debido a que los tramites han resultado extensos por las exigencias de la corporación. Y finalmente, se reporta que el agua que llega del acueducto veredal para la vereda Patiño está presentando mala calidad debido a que los químicos utilizados para su tratamiento no están avalados por la secretaria de Salud, además de que el agua del acueducto veredal está siendo utilizada en su mayoría para las actividades pecuarias de los pequeños y medianos productores ganaderos, disminuyendo el caudal para el uso doméstico. Todos los conflictos anteriormente mencionados se ven reflejados en los índices de calidad, de acuerdo con las campañas de monitoreo donde se presenta un ICA entre malo y regular con índices de contaminación por sólidos suspendidos e índices de contaminación por materia orgánica muy altos. Además, también se presentan valores de DQO por encima de los límites máximos permisibles establecidos en los objetivos de calidad, sin embargo, los demás parámetros de estudio no se encuentran alterados.

Tramo	Clasificación del problema/ conflicto	Conflictos por el agua
RV_01	Calidad	En este tramo los conflictos identificados se relacionan con vertimientos que son realizados al cuerpo hídrico producto de actividades pecuarias y domésticas que no cumplen con las obligaciones impuesta en el acto administrativo en las veredas Camacha y Santa Isabel.
RV_02	Demanda	Para este tramo se presenta conflicto del uso del agua por captación ilegal en la vereda camacha para llevar a cabo actividades pecuarias y agrícolas que posiblemente estén reduciendo la oferta hídrica aguas abajo del punto de captación.

Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

En la siguiente figura se muestra gráficamente los tramos que presentan conflicto por el uso del recurso hídrico con su respectiva descripción ilustrados de color naranja y los que hasta la fecha no cuentan con ningún tipo de registro o información sobre conflictos por el uso del agua, ilustrados de color verde.

Figura 405 Conflictos del uso del agua por tramo, Río Palenque



Fuente: Consorcio PORH Boyacá 21, 2022

2 BIBLIOGRAFÍA

Acurio Méndez, S. P., & Arciniegas Solarte, K. N. (Mayo de 2015). Evaluación de la remoción de nitritos y nitratos en muestras de agua del río San Pedro Cantón Rumiñahui por microalgas clorofitas. *Trabajo de grado*. Quito. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9407/1/UPS-QT07135.pdf

Alarcón Herrera, M. T., Leal Quezada, L. O., Martín Dominguez, I. R., Miranda Navarro, S. V., & Benavides Montoya, A. (2003). *Arsénico en agua: Presencia, cuantificación analítica y mitigación* (1 ed.). Chihuahua, México: Centro de investigación en materiales avanzados. Obtenido de https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf

Arsenault, R., Gatien, P., Renaud, B., Brissette, F., & Martel, J.-L. (2015). A comparative analysis of 9 multi-model averaging approaches in hydrological continuous streamflow simulation. *Journal of Hydrology*(529), 754-767.

Bedoya, J. (2009). *Propuesta Metodológica para el Manejo de Acuíferos Costeros: EL Problema de la Intrusión Salina.* Medellín, Colombia.

Beita, W., & Barahona, M. (2011). Físico-química de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón. *UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación UNED*, 2(2), 157-179.

Beven, K., & Binley, A. (1992). The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. *Hydrological Processes*, 279-298.

Biggs, B., & Kilroy, C. (2000). *Stream Periphyton Monitoring Manual.* Christchurch: New Zealand Ministry for the Environment.

Blanco Hernández, A., Alonso Gutiérrez, D., Jiménez de Blas, O., Guervós, S., & Manzano, M. (1998). Estudio de los niveles de Plomo, Cadmio, Zinc, Arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. *Revista española de salud pública*, 72,53-65. Obtenido de https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v72n1/plomo.pdf

Bolaños Alfaro, J., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (2017). eterminación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27.

Budyko, M. (1974). Climate and Life. Academic Press. 508. New York: Academic Press.

Camacho, L. A., & Díaz-Granados, M. (2003). Metodología para la obtención de un modelo predictivo de transporte de soluto y de la calidad de agua en ríos- Caso río Bogotá. *Seminario Internacional La Hidroinformática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos Universidad del Valle/Instituto Cinara*.

Camacho, L., & DiazGranados, M. (2003). Metodología para la obtención de un modelo predictivo de transporte de solutos y de calidad de agua en ríos- Caso Río Bogota. *Seminario Internacional de Hidroinformatica en la Gestión integrada de los recursos Hídricos*.

CAR. (2005). *INFORME DE LA FASE DE DIAGNOSTICO CUENCA RIO SUTA.* BOGOTA. Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac6942179686.pdf

CAR. (2015). *FASE DE DIAGNOSTICO - CAPITULO II- CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO Y BIOTÍCO.* Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/5ca35400010da.pdf

CAR. (2016). Obtenido de https://www.car.gov.co/vercontenido/2429.

CAR. (2018). *FASE DE FORMULACIÓN-POMCA RÍO CARARE MINERO.* Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/5c9d037fec431.pdf

CAR. (s.f.). *ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO, PROSPECTIVA Y FORMULACIÓN PARA LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO MINERO.* Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac68866cc758.pdf

CAR, CAS, & CORPOBOYACA. (04 de marzo de 2019). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrografica del Río Carare Minero.* Recuperado el 15 de 11 de 2021, de https://www.car.gov.co/vercontenido/2665

CAR, CAS, Corpoboyaca. (04 de 03 de 2019). *CAR.* Recuperado el 01 de 2022, de https://www.car.gov.co/vercontenido/2665

Carvajal, L. F., & Roldán, E. (2007). Calibración del modelo lluvia-escorrentía. Aplicación: Cuenca Río Aburrá. *Dyna*(152), 73-87.

CAS, CAR, Corpoboyacá. (2019). *POMCA Río Carare Minero.* Bogotá D.C.

Chapra, S. (1997). *Surface water-quality modeling.* Long Grove: Waveland Press, Inc.

Chapra, S., & Pelletier, G. (2003). *Document and User Manual.* Boston: Tufts University.

Cho, K. (2014). Diatom flora of genus Stauroneis (Bacillariophyta) from mainly the mountain peatlands of Korea. *Journal of ecology and environment, 37*(4), 257-270.

CONSGA. (2017). *DESARROLLAR, IMPLEMENTAR Y TRASFERIR CONOCIMIENTO MEDIANTE UN MODELO DINÁMICO DE CALIDAD DE AGUA (SOFTWARE LIBRE), EN NUEVE (9) CUENCAS EN JURISDICCIÓN CAR, PARA ACTUALIZAR Y FORTALECER LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA PLANIFICACIÓN Y TOMA DE DECISIONES.* BOGOTÁ DC.

Constitución Política de Colombia. (1991). Art. 79 De Los Derechos Colectivos y del Ambiente. Colombia.

CORNARE. (2021). *Determinación de la calidad ecológica del Río Negro y afluentes con base en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, ficoperifiton, macrofitas y peces.* Medellín: Corporación Académica Ambiental Universidad de Antioquia.

Coron, L., Thirel, G. D., & Perrin, C. A. (2017). The suite of lumped GR hydrological models in an R package. *Environmental Modelling & Software*(94), 166-171.

CORPOBOYACA. (2021). *PLAN DE GESTION AMBIENTAL REGIONAL. PGAR 2021 - 2031.*

CORPOBOYACA, & CAR. (20 de Mayo de 2021). Resolución No. 0801 del 20 de mayo de 2021. *Por medio de la cual se declara en ordenamiento el recurso hídrico de 3 unidades hidrográficas de nivel (1) que corresponden a los ríos Palenque, Negro y Guaquimay de la subzona hidrografica del río Carare -Minero*. Boayacá, Colombia: CORPOBOYACA; CAR. Recuperado el 01 de Octubre de 2021, de https://www.car.gov.co/uploads/files/6102bdb6a95a7.pdf

Corpoboyacá, CAR, CAS. (2019). *POMCA río Carare minero.* Bogotá.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-. (2021). *Manual Técnico Operativo censo de usuarios del recruso hídrico.* Recuperado el Octubre de 2021

D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, T. L. Veith. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50*(3), 885-900.

Ecofluidos ingenieros S.A. (2012). *Ecofluidos Ingenieros, S. A. (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco.* Obtenido de https://www1. paho. org/per/images/stories/PyP/PER37/15. pdf

Espeso Molinero, P. (2017). Características y retos de la investigación acción participativa (IAP): una experiencia personal en investigación turística. *Dimensiones Turísticas, 1*(1), 53-80. doi:https://doi.org/10.47557/APGJ3821

FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, 56*. Roma, Italia.

Ficchí, A. (2017). An adaptive hydrological model for multiple time-steps. Diagnostics and improvements based on fluxes consistency. *Tesis Doctoral*. L'université Pierre Et Marie Curie.

Ficchì, A., Perrin, C., & Andréassian, V. (2019). Hydrological modelling at multiple sub-daily time steps: Model improvement via flux-matching. *Journal of Hydrology*(575), 1308-1327.

Fischer, H., List, E., Koh, R., Imberger, J., & Brooks, N. (1979). Mixing in inland and coastal waters. *London: Academic Press, Inc.*

Florez-Cordoba, E. (2020). *Implementación de un modelo de uso libre para la aplicación y apoyo en la interpretación del índice de calidad ecológica.* Medellín: Universidas de Antioquia.

Gafner Rojas, C. (2018). *La contaminación hídrica por mercurio y su manejo en el derecho colombiano.* Recuperado el 17 de 05 de 2022, de https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/handle/001/2471/MKA-spa-2018-La_contaminacion_hidrica_por_mercurio_y_su_manejo_en_el_derecho_colombiano?sequence=1&isAllowed=y

García, S., Arguello, A., Parra, R., & Pincay Pilay , M. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59-71. doi:https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909

Gomez, A. (2011). *Evaluación temporal del método número de curva de escorretía en una hoya hidrográfica sub-urbana a traves de modelos arima.* Bogotá.

Guiry, M. (2022). *Algaebase*. Obtenido de Algaebase: https://www.algaebase.org/

Gupta, H., Kling, H., Yilmaz, K., & Martinez, G. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 80-91.

Hernández, Rincón, E., Lamus Lemus, F., Carratalá Munuera, C., & Orozco Beltrán, D. (2017). Diálogo de saberes: propuesta para identificar, comprender y abordar temas críticos de la salud de la población. *Revista Salud Uninorte, 33*(2), 242-251. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/817/81753189016/html/

Ibáñez Ascensio, S. M. (2004). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.

IDEAM. (2012). *Actualizacion Nota Tecnica Heladas 2012.* Bogotá.

IDEAM. (2013). *Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas. Bogotá.*

IDEAM. (2018). *Protocolo de modelacion hidrologica e hidraulica.* Bogota DC: IDEAM.

IDEAM, INVEMAR. (2017). *Protocolo de monitoreo del agua.* Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA. (2017). Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cmbio Climático.

IDEAM_CAR. (2014). *Mapa Zonificacion de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal para la CAR.* Bogotá: IDEAM_CAR.

INDUANALISIS. (2019). *Turbidez*.

INGEOMINAS. (2003). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000.* Bogotá.

Jimenez-Perez, P. E. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de la quebrada Tolda fría (Villamaría, Caldas) a través del Índice de Calidad Ecológica (ICE) con algas perifíticas.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Jimenez-Perez, P. E. (2019). *Evaluación de la Calidad del agua de la quebrada Tolda Fría (Villamaría, Caldas) a través del Índice de Calidad Ecológica (ICE) con algas perifíticas.* Manizalez: Universidad Nacional de Colombia.

Lebecherel, L., Andréassian, V., & Perrin, C. (2016). On evaluating the robustness of spatial-proximity-based regionalization methods. *Journal of Hydrology*(539), 196-203.

Ley 99 de 1993. (22 de Diciembre de 1993). por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposici.

López Farfán, C. T. (2015). *Especiación y determinación de cromo en agua potable mediante análisis por inyección en flujo con micro-columna acoplada (FIA) y detección espectrofotmétrica en el ultravioleta-visible (UV-Vis).* Obtenido de Universidad Santo Tomás de Aquino: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2962/2015cindylopez.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Maidment, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology.* New York: Mc Graw Hill.

Matthieu, L. L. (2006). modelisation hydrologique dans un contexte de variabilite hydro-climatique. *Tesis Doctoral*. Institut National Polytechnique de Grenoble.

MINAMBIENTE. (2018). *GUÍA NACIONAL DE MODELACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES.* Bogotá DC.

MINAMBIENTE. (2019). *Metodologia para la Estimacion de Caudal Ambiental.* Bogota: MINAMBIENTE.

MINAMBIENTE, Corpoboyaca, CAR, CAS. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Carare Minero .* Bogotá: MINAMBIENTE.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; IDEAM. (2019). Metodología para la estimación del caudal ambiental. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico.* Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.* Colombia: MinAmbiente.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE]. (2018). GUÍA PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO CONTINENTAL. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.* Bogotá.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.* Bogotá D.C: Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2 de Junio de 2021). Por medio de la cual se definen los criterios y condiciones para el desarrollo de las actividades económicas, sociales y del Estado y se adopta el protocolo de bioseguridad para la ejecución de estas.

Moriasis, D., Arnold, J., Van Liew, M., Brigner, R., & Veith, T. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *American Society of Agricultural and Biological Vol 50 N° 3*, 885-900.

Nash, J. E., & Sufcliffe, J. V. (April de 1970). River Flow Forecasting Through Conceptual Models, Part I-A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology, Volume 10*, 282-290.

OIML. (2008). Evaluation of measurement data - Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" - Propagation of distributions using a Monte Carlo method. *International Organization Of Legal Metrology.* .

OMM. (2011). *Guía de Prácticas Climatológicas* (Primera ed.). Ginebra, Suiza.

OMM. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas* (Sexta ed., Vol. II). Ginebra, Suiza.

OMM. (2018). Guía de Prácticas Climatológicas. Ginebra, Suiza.

Oudin, L., Hervieu, F., Claude, M., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F., & Loumagne, C. (2005). Which potencial ETP input for a lumped rainfall-runoff model Part II. Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall–runoff modelling. *Journal of Hydrology*(303), 290-306.

Pabón, S., Benitez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf

Pearson, K. (June de 1895). Notes on regression and inheritance in the case of two parents. *58*, 240-242. Proccedings of the Royal Society of Londo.

Peña Pulla, E., & Chang, J. (2007). *Calidad del agua, oxígeno disuelto.* Obtenido de Escuela superior politecnica del litoral. Ingeniería en auditoria y control de gestión: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf

Perrin, C., Miche, C., & Andre´assian, V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology, 279*, 275-289.

Ponce Muñoz, A. (2004). Los actores sociales del cantón Rocafuerte y su participación en el desarrollo local. Quito, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Pushpalatha, R. (2013). Low-flow simulation and forecasting on French river basins: a hydrological modelling approach. *Tesis Doctoral*. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement.

Pushpalatha, R., Perrin, C., Le Moine, N., Mathevet, T., & Andréassian, V. (2011). A downward structural sensitivity analysis of hydrological models to improve low-flow simulation. *Journal of Hydrology*(411), 66-76.

Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). *Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación.* Bucaramanga: Scielo.

Rodríguez, E. (2017). La ecología de saberes en la sistematización de experiencias educativas como una apuesta pedagógica decolonial. Universidad Nacional de Córdoba.

Rodriguez, Rodríguez, G. A., & Muñoz Ávila, L. M. (2009). *La participación en la gestión ambiental : Un reto para el nuevo milenio.* Bogotá: Universidad del Rosario. Obtenido de https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/8893?show=full

Roldán. (2016). Los macroinvertebrados como indicadores biologicos de la calidad del agua: cuatro decadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Revista academica Colombiana de ciencias*, doi: http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335.

Santos, L. (2018). Que peut-on attendre des Super Modèles en hydrologie? Evaluation d´une approche de combinaison dynamique de modeles pluie-debit. *Tesis Doctoral*. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement.

Smilauer, P., & Leps, J. (2014). *Multivarate Analysis of Ecologican Data using CANOCO 5.* Czech Republic: Cambridge University Press.

Subdirección de Cultura Ambiental. (2020). *Estrategia para la gestión de la cultura y la educación ambiental.* Corantioquia.

Tapella, E. (2007). El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo de proyecto "Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario". Córdoba, Argentina.

Tapella, E. (2020). El mapeo de Actores Claves. *Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario*. Universidad Nacional de Cordoba.

Thirel, G., Andréassian, C., Perrin, J., & Audouy, L. (2015). Hydrology under change: an evaluation protocol to investigate how hydrological models deal with changing catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 1184-1199.

Thomann, R., & Mueller, J. (1987). Principles of surface water quality modeling and control. *New York: Harper & Row, Publishers, Inc.*

Topaipi, A. d. (2020). *PLAN DE DESARROLLO TOPAIPI 2020-2023.*

Torres et al. (2015). Concentración de selenio en agua y en fracciones de sedimento del río Catatumbo. *Multiciencias*, 15(2), 163-171. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/904/90443048006.pdf

Torres, D. (2020). *Remoción de arsénico, cromo y vanadio de agua residual mediante un proceso combinado de ferroxidación y preciptación química.* (T. d. (México), Ed.) Obtenido de Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información: http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6853/Remocion_de_arsenico_Torres_Leon_D_A_2020.pdf?sequence=5

Valencia , C. E. (2011). *Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción.* Recuperado el 16 de 05 de 2022, de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf

Varcárcel Gomez, H. (2016). *Análisis de incertidumbre en modelos hidrológicos usando HEC-HMS.* Bogotá DC-Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito .