CONTENIDO

Pág.

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA ____ 1

5.1 MEDIO ABIÓTICO ____ 1

5.1.1 Geología. ____ 1
5.1.1.1 Geología regional. ____ 1
5.1.1.1.1 Estratigrafía regional. ____ 5
5.1.1.2 Geología local. ____ 9
5.1.1.2.1 Lavas (TQvl). ____ 12
5.1.1.2.2 Lavas y piroclastos (NQlp). ____ 14
5.1.1.2.3 Depósitos de Cenizas de Rumichaca (Qdcr). ____ 16
5.1.1.2.4 Depósitos coluviales (Qco). ____ 17
5.1.1.2.5 Depósitos aluviales (Qal). ____ 18
5.1.1.3 Geología estructural. ____ 19
5.1.1.3.1 Sistema de Fallas Romeral. ____ 20
5.1.1.3.2 Falla Patía – Guáitara. ____ 21
5.1.1.3.3 Falla Iles ____ 21
5.1.1.3.4 Falla Gualmatán. ____ 21
5.1.1.4 Amenazas. ____ 22
5.1.1.4.1 Amenaza sísmica. ____ 22
5.1.1.4.2 Amenazas geológicas ____ 29
5.1.2 Geomorfología. ____ 35
5.1.2.1 Clasificación y categorización geomorfológica. ____ 36
5.1.2.1.1 Geomorfoestructura o zona geoestructural. ____ 37
5.1.2.1.2 Provincia geomorfológica. ____ 37
5.1.2.1.3 Regiones geomorfológicas. ____ 37
5.1.2.2 Descripción general de características geomorfológicas. ____ 38
5.1.2.2.1 Morfografía. ____ 38
5.1.2.2.2 Morfogénesis. ____ 42
5.1.2.2.3 Morfoestructura. ____ 50
5.1.2.2.4 Morfodinámica. ____ 51
5.1.3 Suelos y uso de la tierra. ____ 58
5.1.3.1 Paisaje de valle. ____ 61
5.1.3.1.1 Consociación Typic Haplustolls – ARBb, ARBc. ____ 62
5.1.3.2 Paisaje de lomerío. ____ 64
5.1.3.2.1 Consociación Pachic Melanudands - ALBc. ____ 65
5.1.3.2.2 Consociación Pachic Melanudands Símbolo: ALDd. ____ 68
5.1.3.2.3 Consociación Acrudoxic Fulvudands – MLEd. ____ 70
5.1.3.2.4 Consociación Andic Dystrustepts Símbolos - AMAb, AMAc. ____ 72
5.1.3.2.5 Asociación Vitrandic Dystrustepts, Typic Haplustalfs - AMDd. ____ 73
5.1.3.2.6 Grupo Indiferenciado Typic Haplustepts, Typic Ustorthents, Misceláneo de Cenizas y Vitrandic Dystrustepts, escarpados, erosionados – AMEd2-AMEf2, AMEg2. ____ 75
5.1.3.3 Paisaje de Montaña. ____ 77

5.1.3.3.1 Grupo Indiferenciado Typic Ustorthents, Misceláneo Rocoso, Entic Haplustolls y Typic Argiustolls, escarpados, erosionados - ARCd2, ARCe2, ARCf2. 78
5.1.3.4 Clasificación agrologica y aptitud de uso del suelo. 80
5.1.3.5 Uso Actual del suelo. 84
5.1.3.5.1 Uso Agrícola. 85
5.1.3.5.2 Ganadero 86
5.1.3.5.3 Uso Minero. 87
5.1.3.5.4 Uso de Conservación. 88
5.1.3.5.5 Uso infraestructura / asentamiento. 89
5.1.3.6 Conflictos de uso del suelo. 91
5.1.3.6.1 Sin conflicto. Símbolo A. 91
5.1.3.6.2 Conflictos por subutilización. 92
5.1.3.6.3 Conflictos por sobreutilización. Símbolo O. 92
5.1.4 Paisaje. 93
5.1.4.1 Unidades de paisaje ecológico. 94
5.1.4.2 Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona. 101
5.1.4.3 Análisis del paisaje visual. 102
5.1.4.3.1 Fragilidad del paisaje. 103
5.1.4.3.2 Calidad visual del paisaje. 106
5.1.4.3.3 Integridad del paisaje. 108
5.1.4.4 Sitios de interés paisajístico. 112
5.1.4.5 Percepción del entorno físico en términos culturales. 117
5.1.5 Hidrología 120
5.1.5.1 Sistemas Lénticos 120
5.1.5.2 Sistemas Loticos que Interceptan el Proyecto 121
5.1.5.3 Definición de unidades de análisis hidrológico (UAH) 137
5.1.5.3.1 Dinámica fluvial y relación espacio temporal de las corrientes 140
5.1.5.3.2 Caracterización morfométrica de la unidad de análisis 146
5.1.5.3.3 Codificación de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B 171
5.1.5.4 Información hidrometeorológica 172
5.1.5.4.1 Consistencia de la información hidrometeorológica 174
5.1.5.4.2 Complementación de información hidrometeorológicas 176
5.1.5.4.3 Generación de información hidrometeorológica para los ejercicios de modelación 178
5.1.5.5 Estimación de series hidrológicas para las UAH 180
5.1.5.5.1 Modelo bidimensional de flujo inestable de Saint Venant 181
5.1.5.5.2 Calibración del modelo 181
5.1.5.5.3 Identificación de Parámetros (parametrización del modelo) 184
5.1.5.5.4 Regionalización de parámetros 186
5.1.5.5.5 Simulación 188
5.1.5.6 Caracterización del régimen hidrológico 190
5.1.5.6.1 Caracterización probabilística 190
5.1.5.6.2 Caudales Mínimos, Medios y Máximos a partir de caracterización probabilística 200
5.1.5.6.3 Caudales Característicos mediante diagramas de dispersión (Box Plots) 215
5.1.6 Calidad del agua 223
5.1.6.1 Cuerpos de agua continentales. 225

5.1.6.1.1 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica para la época de lluvias. 225
5.1.6.1.2 Resultados de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de agua superficial. 246
5.1.6.1.3 Análisis de resultados cuerpos de agua lóticos. 266
5.1.6.1.4 Análisis de resultados cuerpos de agua lénticos. 284
5.1.6.1.5 Índices de calidad y contaminación cuerpos de agua lóticos. 296
5.1.6.1.6 Índices de calidad y contaminación cuerpos de agua lénticos. 307
5.1.6.1.7 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica para época seca mediante modelación. 310
5.1.6.1.8 Metodologia 311
5.1.6.1.9 Descripción del modelo qual2k 311
5.1.6.1.10 Información de entrada al modelo 313
5.1.6.1.11 Resultados y análisis de resultados 337
5.1.6.1.12 Índices de calidad y contaminación del agua. 372
5.1.6.1.13 Conclusiones 378
5.1.6.2 Análisis multitemporal de la calidad del agua en el área de estudio. 379
5.1.6.2.1 Resultados. 381
5.1.6.2.2 Análisis de resultados. 386
5.1.7 Usos del agua. 404
5.1.7.1 Demanda Hidrica 405
5.1.7.2 Principales fuentes contaminantes. 436
5.1.8 Hidrogeología. 437
5.1.9 Geotecnia. 439
5.1.9.1 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa. 439
5.1.9.2 Zonificación geotécnica. 447
5.1.9.2.1 Zona de estabilidad geotécnica muy alta (V). 448
5.1.9.2.2 Zona de estabilidad geotécnica alta (IV). 449
5.1.9.2.3 Zona de estabilidad geotécnica media (III). 450
5.1.9.2.4 Zona de estabilidad geotécnica baja (II). 450
5.1.9.2.5 Zona de estabilidad geotécnica muy baja (I). 451
5.1.10 Atmósfera. 451
5.1.10.1 Meteorología. 451
5.1.10.1.1 Precipitación. 453
5.1.10.1.2 Temperatura. 466
5.1.10.1.3 Humedad Relativa. 473
5.1.10.1.4 Evaporación. 477
5.1.10.1.5 Brillo Solar. 480
5.1.10.1.6 Nubosidad. 482
5.1.10.1.7 Viento. 486
5.1.10.1.8 Altura de Mezcla y estabilidad Atmosférica. 491
5.1.10.1.9 Presión Atmosférica. 493
5.1.10.1.10 Balance Hídrico. 495
5.1.10.1.11 Clasificación climática. 497
5.1.10.2 Identificación de fuentes de emisiones. 500
5.1.10.2.1 Fuentes Fijas. 501

5.1.10.2.2 Fuentes Móviles. _____ 504
5.1.10.2.3 Potenciales Receptores._____ 506
5.1.10.3 Calidad del aire. _____ 507
5.1.10.4 Ruido. _____ 566
5.1.10.4.1 Muestreo de los niveles de presión sonora. _____ 571

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 5-1 Características generales del Complejo Migmatítico de La Cocha. 5
Tabla 5-2 Características generales de la Formación Chingual. 5
Tabla 5-3 Características generales de las Andesitas de Guáitara. 6
Tabla 5-4 Características generales de las Andesitas Porfiríticas del Cerro Negro del Encino. 6
Tabla 5-5 Características generales de las Andesitas de Pajablanca. 7
Tabla 5-6 Características generales Lavas. 7
Tabla 5-7 Características generales de las Avalanchas ardientes y/o nubes ardientes. 8
Tabla 5-8 Características generales de las Lavas y Cenizas. 8
Tabla 5-9 Características generales de los Depósitos volcánicos sin diferenciar 8
Tabla 5-10 Características generales de otros Depósitos Piroclásticos. 9
Tabla 5-11 Estaciones realizadas en campo. 9
Tabla 5-12 Sismos recientes en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 24
Tabla 5-13 Histórico de sismos en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 27
Tabla 5-14. Características de volcanes aledaños a la zona de estudio. 29
Tabla 5-15 Vuelos y sobres consultados del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 36
Tabla 5-16 Clasificación del Relieve relativo. 39
Tabla 5-17 Relieve relativo en el área de influencia. 40
Tabla 5-18 Rango de pendientes. 41
Tabla 5-19 Descripción de los procesos más relevantes dentro del área de influencia. 52
Tabla 5-20 Clasificación de procesos erosivos. 55
Tabla 5-21 principales características de los suelos dentro del área de influencia. 60
Tabla 5-22 Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo. 81
Tabla 5-23 Clasificación agrológica y uso potencial del suelo en el área influencia. 82
Tabla 5-24 Distribución de usos del suelo en el área influencia. 84
Tabla 5-25 Matriz bidimensional de conflictos de uso del suelo. 91
Tabla 5-26 Distribución de los tipos de conflictos en área de influencia. 93
Tabla 5-27 Unidades de paisaje en la geoforma de Terraza antrópica. 95
Tabla 5-28 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional abrupta en piroclastos. 95
Tabla 5-29 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional en cenizas. 96
Tabla 5-30 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional residual coluvial. 97
Tabla 5-31 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional residual. 98
Tabla 5-32 Unidades de paisaje en la geoforma de Cauce activo. 99
Tabla 5-33 Unidades de paisaje en la geoforma de Terraza aluvial. 99
Tabla 5-34 Unidades de paisaje en la geoforma de Altiplanicie volcánica. 100
Tabla 5-35 Unidades de paisaje en la geoforma de Escarpes de lava. 100
Tabla 5-36 Unidades de paisaje en la geoforma de Laderas escarpadas en piroclastos y lavas. 101
Tabla 5-37 Unidades de paisaje intervenidas por el proyecto. 102
Tabla 5-38 Análisis de fragilidad del paisaje para las UP del área de influencia. 103
Tabla 5-39 Análisis de calidad visual del paisaje para las UP del área de influencia. 106

Tabla 5-40 Análisis de integridad del paisaje para las UP del área de influencia. 109
Tabla 5-41 Sitios de interés paisajístico identificados. 113
Tabla 5-42 Análisis de nivel de interés, escala y sensibilidad visual. 118
Tabla 5-43 Cuerpos de agua lénticos identificados en el área de influencia del Proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 121
Tabla 5-44 Jerarquización de la red Hidrográfica según Decreto 1640 de 2012. 122
Tabla 5-45 Jerarquización de la red hidrográfica área de influencia directa, proyecto vial Rumichaca Pasto Tramo San Juan-Pedregal. 123
Tabla 5-46 Unidades de Análisis Hidrográfica para el área AI-EIA-1B. 137
Tabla 5-47 Unidades de Análisis con fines de uso [captación y vertimiento] 140
Tabla 5-48 Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica 146
Tabla 5-49 Área y perímetro de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 146
Tabla 5-50 Longitud del cauce principal y coeficiente de sinuosidad de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 147
Tabla 5-51 Clasificación de cuenca de la FAO en función del índice de compacidad 149
Tabla 5-52 Ancho medio de las UAH y coeficiente de compacidad de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 149
Tabla 5-53 Altura y pendiente ponderada del cauce principal de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 158
Tabla 5-54 Altura y pendiente ponderada de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 167
Tabla 5-56 Densidad de drenajes de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 168
Tabla 5-57 Tiempos de concentración de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 170
Tabla 5-58 Codificación de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. 172
Tabla 5-59 Estaciones hidroclimatológicas situadas en el área de estudio. 173
Tabla 5-60 Periodos de tiempo considerados para la calibración modelo aglutinado simple 184
Tabla 5-61 Métricas de desempeño obtenidas en el proceso de calibración del modelo lluvia escorrentía 184
Tabla 5-62 Parámetros calibrados del modelo aglutinado simple para la cuenca hidrográfica río Guaitara en sus tres puntos de cierre 184
Tabla 5-63 Parámetros del modelo aglutinado simple para las estaciones Unidades de Análisis Hidrográfica para el área AI-EIA-1B 187
Tabla 5-64 Funciones de densidad de probabilidad teóricas evaluadas 191
Tabla 5-65 Valores esperados para caudales máximos, medios y mínimos [m^3/seg] 199
Tabla 5-66 Relación valores esperados $Q_{min-max}/Q_{med}$ 200
Tabla 5-67 Valores de caudal mínimo [litros/seg] para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B. 209
Tabla 5-68 Valores de caudal medio [litros/seg] para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B. 211
Tabla 5-69 Valores de caudal máximo [litros/seg] para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B. 213
Tabla 5-70 Estaciones de muestreo en cuerpos de agua lóticos – Proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 225
Tabla 5-71 Estaciones de muestreo en cuerpos de agua lénticos – Proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 227
Tabla 5-72 Descripción de los puntos de monitoreo de agua superficial, sistemas lóticos. 227
Tabla 5-73 Descripción de los puntos de monitoreo de agua superficial, sistemas lénticos. 242
Tabla 5-74 Listado de los métodos y técnicas analíticas empleadas para el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las estaciones monitoreadas. 245

Tabla 5-75 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 247
Tabla 5-76 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 249
Tabla 5-77 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 250
Tabla 5-78 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles _____ 253
Tabla 5-79 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 255
Tabla 5-80 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 256
Tabla 5-81 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 258
Tabla 5-82 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 261
Tabla 5-83 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 262
Tabla 5-84 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lénticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles. _____ 264
Tabla 5-85 Índice de Calidad Agua (WQI) y parámetros de calidad. _____ 296
Tabla 5-86 Índices de Contaminación (ICO's) obtenidos en los cuerpos de agua evaluados._____ 299
Tabla 5-87 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 302
Tabla 5-88 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 302
Tabla 5-89 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 303
Tabla 5-90 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 303
Tabla 5-91 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 303
Tabla 5-92 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 304
Tabla 5-93 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier. _____ 304
Tabla 5-94 Valores de ponderación IACAL para los cuerpos de agua monitoreados en año seco y año medio. _____ 305
Tabla 5-95 Índice de Calidad Agua (WQI) y parámetros de calidad. _____ 308
Tabla 5-96 Índices de Contaminación (ICO'S) obtenidos en los cuerpos de agua evaluados. _____ 309
Tabla 5-97 Tipos de parámetros modelados en QUAL2Kw._____ 313
Tabla 5-98 Listado de los métodos de estimación de los determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos de las estaciones monitoreadas para periodo seco._____ 317
Tabla 5-99 Variables de entrada al modelo (1/9) _____ 320
Tabla 5-100 Variables de entrada al modelo (2/9) _____ 322
Tabla 5-101 Variables de entrada al modelo (3/9) _____ 324
Tabla 5-102 Variables de entrada al modelo (4/9) _____ 325
Tabla 5-103 Variables de entrada al modelo (5/9) _____ 327
Tabla 5-104 Variables de entrada al modelo (6/9) _____ 329
Tabla 5-105 Variables de entrada al modelo (7/9) _____ 331
Tabla 5-106 Variables de entrada al modelo (8/9) _____ 333
Tabla 5-107 Variables de entrada al modelo (9/9) _____ 335

Tabla 5-108 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (1/8). 338
Tabla 5-109 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (2/8). 341
Tabla 5-110 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (3/8). 344
Tabla 5-111 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (4/8). 346
Tabla 5-112 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (5/8). 348
Tabla 5-113 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (6/8). 349
Tabla 5-114 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (7/8). 351
Tabla 5-115 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (8/8). 353
Tabla 5-116 Indice de Calidad del Agua para 18 fuentes de agua superficial 372
Tabla 5-117 Calificación de la calidad del agua ICA de acuerdo a la escala numérica y de colores 373
Tabla 5-118 Puntos de monitoreo para el análisis multitemporal de la calidad del agua. 379
Tabla 5-119 Comparación de los parámetros fisicoquímicos analizados. 382
Tabla 5-120 Índice de calidad agua (WQI) y parámetros de calidad. 403
Tabla 5-121 Puntos de cruce de los distritos de riego con el trazado del proyecto. 407
Tabla 5-122 municipios pertenecientes a las subcuencas del Rio Guaitara. 408
Tabla 5-123 Porcentaje de área de los municipios pertenecientes a las subcuencas del Rio Boquerón. 408
Tabla 5-124 Porcentaje de área de los municipios pertenecientes a las subcuencas del Rio Sapuyes. 409
Tabla 5-125 Distribución poblacional entre zona rural y urbana 409
Tabla 5-126 Complejidad del sistema 410
Tabla 5-127 Dotación bruta según nivel de complejidad para los municipios 410
Tabla 5-128 Fuente abastecedero de muncipios en el área urbana, que no hacen parte de las cuencas analizadas 411
Tabla 5-129 Demanda uso domestico cuenca río Boquerón 412
Tabla 5-130 Demanda uso domestico cuenca río Sapuyes 412
Tabla 5-131 Inventario Pecuario Municipal 413
Tabla 5-132 Requerimiento Hídrico por especie 414
Tabla 5-133 Demanda Uso Pecuario por Subcuenca 414
Tabla 5-134 Superficie de cultivos transitorios por municipio 415
Tabla 5-135 Superficie de cultivos permanentes por municipio 415
Tabla 5-136 Coeficeintes de cultivos transitorios 416
Tabla 5-137 Coeficeintes de cultivos Permanentes 416
Tabla 5-138 Demanda uso agrícola por cubcuenca 416
Tabla 5-139 Concesiones de agua superficial por municipio 417
Tabla 5-140 Demanda de Uso Industrial por Subcuenca 417
Tabla 5-141 Demanda hídrica total por Subcuenca 418
Tabla 5-142 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de captación 1 Rio Guáitara Vereda: San Juan 419

Tabla 5-143 Usos y usuarios aguas arriba y abajo de los sitios de captación 2 y Vertimiento 1 Rio Boquerón, Vereda: San Juan 420
Tabla 5-144 Usos y usuarios aguas arriba y abajo de los sitios de Captación 3, Vertimiento 2. 421
Tabla 5-145 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 4. 421
Tabla 5-146 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 5. 422
Tabla 5-147 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 6. 422
Tabla 5-148 Usos y usuarios aguas arriba y abajo de los sitios de Captación 7 y Vertimiento 4. 423
Tabla 5-149 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 8 Quebrada Yamburan, Vereda Aldea de Maria 426
Tabla 5-150 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 9 Quebrada San Francisco, Las Delicias 427
Tabla 5-151 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 10 Quebrada culantro, Culantro 427
Tabla 5-152 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 11 Quebrada El Manzano, Cuevas 429
Tabla 5.152 Usos y usuarios de puntos de agua identificados en el área del proyecto 429
Tabla 5-153 Calificación de los rangos de valores para el índice de regulación hídrica (IRH) 433
Tabla 5-154 Índice de regulación hídrica (IRH) en las subcuencas analizadas 433
Tabla 5-155 Calificación de los rangos de valores para el índice de uso del agua (IUA) 434
Tabla 5-156 Calculo de Caudal Ambiental. 435
Tabla 5-157 Oferta Neta anual por sectores de la cuenca. 435
Tabla 5-158 Indice de uso del agua (IUA) para las subcuencas analizadas 435
Tabla 5-159 Categorias índidece de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH) 436
Tabla 5-160 Categoria IVH para las cuencas analizadas 436
Tabla 5-161 Puntos de agua Identificados. 438
Tabla 5-162. Puntos de agua con posible afectación **Error! Bookmark not defined.**
Tabla 5-193 Regímenes de precipitación anual para el área de influencia del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 445
Tabla 5-194 Categorización de zonas homogéneas a tener en cuenta para la zonificación geotécnica sobre el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal. 447
Tabla 5-195 Estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 452
Tabla 5-196 Estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar cada uno de los parámetros climatológicos el área de influencia. 453
Tabla 5-197 Valores máximos, medios y mínimos mensuales multianuales de precipitación (mm) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. 455
Tabla 5-198 Valores Índices Oceánicos para el periodo de años analizados. 463
Tabla 5-199 Valores medios, máximos y mínimos mensuales multianuales de temperatura (°C) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del Proyecto. 468
Tabla 5-200 Valores medios, máximos y mínimos mensuales multianuales de humedad relativa (%) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. 475
Tabla 5-201 Valores medios, máximos y mínimos de evaporación (mm) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del Proyecto. 479
Tabla 5-202 Valores medios, máximos y mínimos de brillo solar mensual (horas) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. 481
Tabla 5-203 Interpretación de la nubosidad – OMM. 482

Tabla 5-204 Valores medios, máximos y mínimos de nubosidad (Octas) mensual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. 484
Tabla 5-205 Escala de Beaufort para la fuerza del viento. 486
Tabla 5-206 Valores medios, máximos y mínimos de velocidad del viento (m/s) mensual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. 488
Tabla 5-207 Rosa de los vientos mensual estación Apto. San Luis. 490
Tabla 5-208 Categorías de estabilidad de Pasquill. 492
Tabla 5-209 Criterios simplificados para estimar la clase de estabilidad atmosférica y la altura de la mezcla a partir de la velocidad del viento y el grado de insolación. 492
Tabla 5-210 Balance Hídrico en el Área del proyecto. 496
Tabla 5-211 Denominación termal. 498
Tabla 5-212 Denominación según Precipitación. 498
Tabla 5-213 Leyenda Mapa Zonificación Climática. 499
Tabla 5-214 Tipos de fuentes de contaminación atmosférica existente. 500
Tabla 5-215 Relación de Fuentes Fijas en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 503
Tabla 5-216 Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal TPDs. 504
Tabla 5-217 Proyecciones del TPDs en la vía Ipiales San Juan - Pedregal para el año 2017. 505
Tabla 5-218 Tasas de emisiones tipo 506
Tabla 5-219 emisión de contaminantes por kilómetro según el transito semanal actual. 506
Tabla 5-190 Equipos utilizados en el monitoreo. 509
Tabla 5-232 Norma en condiciones de referencia. 517
Tabla 5-232 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo. 519
Tabla 5-232 Resultados PM10. Estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera). 522
Tabla 5-232 Resultados PM10. Estación 2. Campamento Mikel (Vereda Porvenir). 523
Tabla 5-232 Resultados PM10. Estación 3. Picapiedra e Iles San Juan. 524
Tabla 5-232 Resultados PM10. Estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza). 525
Tabla 5-232 Resultados PM10. Estación 5. Contadero (Cabecera municipal). 526
Tabla 5-232 Resultados PM10. Estación 6. San Juan (Cabecera municipal). 527
Tabla 5-232 Resultados PM 2.5. Estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera) 529
Tabla 5-232 Resultados PM 2.5. Estación 2. Campamento Mikel (Vereda Porvenir). 530
Tabla 5-232 Resultados PM 2.5. Estación 3. Picapiedra e Iles San Juan. 531
Tabla 5-232 Resultados PM 2.5 Estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza). 532
Tabla 5-232 Resultados PM 2.5 Estación 5. Contadero (Cabecera municipal). 533
Tabla 5-232 Resultados PM 2.5 Estación 6. San Juan (Cabecera municipal). 534
Tabla 5-232 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera). 536
Tabla 5-232 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 2. Campamento Mikel (Vereda Porvenir). 537
Tabla 5-232 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 3. Picapiedra e Iles San Juan. 538
Tabla 5-232 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza). 539
Tabla 5-232 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 5. Contadero (Cabecera municipal). 540
Tabla 5-232 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 6. San Juan (Cabecera municipal). 541

Tabla 5-232 Resultados O3 Estaciones 1 a 6. 542
Tabla 5-232 Resultados CO Estaciones 1 a 6. 543
Tabla 5-232 Clasificación de la calidad del aire PM10 551
Tabla 5-232 Clasificación de la calidad del aire PM10 552
Tabla 5-232 Clasificación de la calidad del aire PM2.5 553
Tabla 5-232 Clasificación de la calidad del aire NOx 553
Tabla 5-232 Clasificación de la calidad del aire SO2 554
Tabla 5-232 Clasificación de la calidad del aire CO 554
Tabla 5-232 Índices de calidad del aire O3 555
Tabla 5-232 Información Meteorológica Diaria promedio 557
Tabla 5-232 Fuentes generadoras de ruido y potenciales receptores en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 566
Tabla 5-233 Fuentes de emisión de ruido presentes en el Área del Proyecto Vial 568
Tabla 5-232 Coordenadas - puntos de monitoreo de ruido ambiental 574
Tabla 5-232 Ubicación puntos de monitoreo de ruido ambiental 575
Tabla 5-232 Condiciones Meteorológicas - Día hábil 577
Tabla 5-232 Condiciones Meteorológicas – Día no hábil 578
Tabla 5-232 Características Sonómetro LARSON DAVIS. 578
Tabla 5-232 Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental 582
Tabla 5-232 Evaluación estadística en los puntos de ruido ambiental en horario diurno 585
Tabla 5-232 Evaluación estadística en los puntos de ruido ambiental en horario nocturno 585
Tabla 5-232 Resumen de la Incertidumbre de medición para LAeq 586
Tabla 5-232 Resultados de la Incertidumbre en mediciones diurnas y nocturnas en día hábil 588
Tabla 5-232 Evaluación ajustes en los puntos de ruido ambiental diurnos 589
Tabla 5-232 Evaluación ajustes en los puntos de ruido ambiental nocturnos 590
Tabla 5-232 Horario de mediciones diurnas 592
Tabla 5-232 Horario de mediciones nocturnas 592
Tabla 5-232 Resultados del monitoreo de ruido ambiental día hábil 595
Tabla 5-232 Resultados del monitoreo de ruido ambiental día no hábil 596

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 5.1 Esquema tectono-estratigráfico del extremo sur de la Cordillera Centro-Oriental. 2
Figura 5.2 Geología regional perteneciente a la plancha 429 – Pasto. 3
Figura 5.3 Geología regional perteneciente a la plancha 448 – Monopamba. 4
Figura 5.4 Perfil geológico representativo 1, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 11
Figura 5.5 Perfil geológico representativo 2, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 11
Figura 5.6 Columna litoestratigráfica característica de los depósitos piroclásticos. 14
Figura 5.7 Unidades Geológicas y estructuras locales para el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 20
Figura 5.8 Valores de Aa (aceleración pico e efectiva) EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 23
Figura 5.9 Intensidad sísmica máxima observada 2015. 23
Figura 5.10 Amenaza sísmica del área de influencia en un periodo de retorno de 475 años. 24
Figura 5.11 Distribución de sismos recientes en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 27
Figura 5.12 Sismos históricos en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 29
Figura 5.13 Amenaza volcánica - área de influencia del Volcán Galeras. 32
Figura 5.14 Amenaza volcánica - área de influencia del Volcán Chiles. 33
Figura 5.15 Amenaza volcánica - área de influencia del Volcán Cerro Negro. 34
Figura 5.16 Amenaza regional por movimientos en masa área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 35
Figura 5.17 Esquema de jerarquización geomorfológica. 36
Figura 5.18 Relieve relativo para el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 40
Figura 5.19 Mapa de Pendientes para el área de influencia del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 42
Figura 5.20 Mapa de ambientes morfogenéticos del área de influencia del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 43
Figura 5.21 Unidades geomorfológicas predominantes sobre el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 43
Figura 5.22 Procesos morfodinámicos identificados sobre el área de influencia para el EIA, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 54
Figura 5.23 Distribución espacial de las unidades de suelos dentro del área de influencia. 62
Figura 5.24 Clasificación agrológica y uso potencial del suelo en el área influencia. 84
Figura 5.25 Distribución Espacial de Los Usos Del Suelo Dentro del Área del área de influencia. 90
Figura 5.26 Distribución de los tipos de conflictos dentro del área de influencia. 93
Figura 5.27 Unidades de paisaje identificadas para el área de influencia. 94
Figura 5.28 Representación espacial del análisis de fragilidad del paisaje para las UP del área de influencia. 105

Figura 5.29 Representación espacial del análisis de calidad visual para las UP del área de influencia. ____ 108
Figura 5.30 Representación espacial del análisis de integridad del paisaje para las UP del área de influencia. ____ 111
Figura 5.31 Sitios de interés paisajístico identificados. ____ 113
Figura 5.32 Localización de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. ____ 139
Figura 5.33 Imagen satelital sobre el río Sapuyes en el sector de su desembocadura – Época 2005 ____ 142
Figura 5.34 Imagen satelital sobre el río Sapuyes en el sector de su desembocadura – Época 2015 ____ 142
Figura 5.35 Llanura de inundación T=100 años río Sapuyes, se destaca que la lámina de inundación coincide para la situación actual (sin viaducto) y futura (con viaducto) ____ 145
Figura 5.36 Perfil longitudinal para componente de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B ____ 150
Figura 5.37 Curva hipsométrica de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B. ____ 160
Figura 5.38 Sistema de codificación de unidades hidrográficas. ____ 171
Figura 5.39 Distribución espacial de las estaciones hidrometeorológicas dispuestas en la cuenca hidrográfica río Guaitara – Cierre estación San Pedro [52057050]. ____ 172
Figura 5.40 Curva de masa para la estación 21030060 ____ 175
Figura 5.41 Diagrama de Caja y Bigotes ____ 176
Figura 5.42 Resultados de las regresiones lineales múltiples para la estimación de los datos faltantes de caudal en la estación 52057050_QL en el periodo de enero de 1980 a diciembre de 2014. ____ 177
Figura 5.43 Esquema de funcionamiento de estadística zonal en el software ArcGis ____ 180
Figura 5.44 Disposición de las áreas de drenaje seleccionadas para la modelación y regionalización de parámetros. ____ 182
Figura 5.45 Resultados del proceso de calibración del modelo Aglutinado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) en la estación Carlosama [52057040] ____ 185
Figura 5.46 Resultados del proceso de calibración del modelo Aglutinado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) en la estación Pilcuan [52057010] ____ 185
Figura 5.47 Resultados del proceso de calibración del modelo Aglutinado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) en la estación San Pedro [52057050] ____ 186
Figura 5.48 Curva de estimación del parámetro τ en función del área. ____ 187
Figura 5.49 Serie de caudales máximos de la estación 52057010 [Pilcuan] ____ 192
Figura 5.50 Serie de caudales mínimos de la estación 52057010 [Pilcuan] ____ 193
Figura 5.51 Serie de caudales máximos de la estación 52057040 [Carlosama] ____ 193
Figura 5.52 Serie de caudales mínimos de la estación 52057040 [Carlosama] ____ 194
Figura 5.53 Serie de caudales máximos de la estación 52057050 [San Pedro] ____ 194
Figura 5.54 Serie de caudales mínimos de la estación 52057050 [San Pedro] ____ 195
Figura 5.55 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057010 [Pilcuan] para caudales máximos ____ 195
Figura 5.56 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057010 [Pilcuan] para caudales mínimos. ____ 196
Figura 5.57 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057040 [Carlosama] para caudales máximos. ____ 197
Figura 5.58 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057040 [Carlosama] para caudales mínimos. ____ 197
Figura 5.59 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057050 [San Pedro] para caudales máximos. ____ 198

Figura 5.60 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057050 [San Pedro] para caudales mínimos. 199
Figura 5.61 Caracterización de los regímenes hidrológicos para caudales mínimos, medios y máximos en litros por segundo [lps] 201
Figura 5.62 Diagramas de dispersión de las UAH para el área de influencia AI-EIA-1B. 215
Figura 5.63 Época de la campaña de monitoreo de aguas superficiales. 224
Figura 5.64 Ubicación de los puntos de monitoreo de cuerpos de agua superficial proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 244
Figura 5.65 Valores de temperatura registrados en los cuerpos de agua evaluados. 267
Figura 5.66 Valores de oxígeno disuelto registrados en los cuerpos de agua evaluados. 268
Figura 5.67 Valores de pH registrados en los cuerpos de agua evaluados. 269
Figura 5.68 Valores de conductividad, sólidos disueltos, suspendidos y totales registrados en los cuerpos de agua monitoreados. 272
Figura 5.69 Valores de turbiedad registrados en los cuerpos de agua. 273
Figura 5.70 Valores de color verdadero registrados en los cuerpos de agua. 274
Figura 5.71 Valores de alcalinidad total y bicarbonatos registrados en las estaciones de muestreo monitoreadas. 276
Figura 5.72 Valores de fenoles totales registrados en las estaciones de muestreo monitoreadas. 280
Figura 5.73 Valores de tensoactivos en las estaciones de muestreo monitoreadas. 281
Figura 5.74 Valores de coliformes totales registrados en los cuerpos de agua. 283
Figura 5.75 Valores de temperatura registrada en los cuerpos de agua lénticos evaluados 284
Figura 5.76 Valores de oxígeno disuelto registrados en los cuerpos de agua lénticos evaluados 285
Figura 5.77 Valores de pH registrados en los cuerpos de agua lénticos evaluados 286
Figura 5.78 Valores de conductividad y sólidos disueltos en los cuerpos de agua lénticos monitoreados 287
Figura 5.79 Relación Sólidos Suspendidos Totales y Turbiedad – puntos de agua lénticos monitoreados 288
Figura 5.80 Valores de color verdadero registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados 289
Figura 5.81 Valores de acidez, alcalinidad, bicarbonatos, dureza total y cálcica, registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados 290
Figura 5.82 Relación Nitratos y Nitritos registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados 292
Figura 5.83 Cloruros registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados 293
Figura 5.84 Hierro registrado en los cuerpos de agua monitoreados 294
Figura 5.85 Valores de coliformes totales y coliformes fecales registrados en los cuerpos de agua 295
Figura 5.86 Valores del índice de calidad de aguas (WQI) en los cuerpos de agua monitoreados. 298
Figura 5.87 Valores los índices de contaminación (ICO's) en los cuerpos de agua monitoreados. 301
Figura 5.88 Índice de alteración potencial de calidad del agua en los cuerpos de agua monitoreados en año seco. 306
Figura 5.89 Índice de alteración potencial de calidad del agua en los cuerpos de agua monitoreados en año medio. 307
Figura 5.90 Valores del índice de calidad de aguas (WQI) en los cuerpos de agua monitoreados 308
Figura 5.91 Valores los índices de contaminación (ICO's) en los cuerpos de agua monitoreados 310
Figura 5.92 Interface gráfica del modelo QUAL2Kw. 312
Figura 5.93 Cálculo del área transversal para el cauce en el tramo de estudio 315
Figura 5.94 Comportamiento de la temperatura en las estaciones de monitoreo de calidad del agua con la altura. 355

Figura 5.95 Comportamiento del oxígeno disuelto modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua _____ 356
Figura 5.96 Comportamiento del pH modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua ____ 357
Figura 5.97 Comportamiento de la conductividad y su relación con SDT modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua. _____ 358
Figura 5.98 Comportamiento de sólidos suspendidos totales y turbiedad modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua. _____ 360
Figura 5.99 Comportamiento de sólidos suspendidos totales, sólidos totales, color verdadero y turbiedad modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua._____ 361
Figura 5.100 Comportamiento de dureza cálcica y dureza total modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua _____ 362
Figura 5.101 Comportamiento de acidez total y alcalinidad total modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua. _____ 363
Figura 5.102 Comportamiento de DQO, DBO5 y COT modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua. _____ 364
Figura 5.103 Comportamiento de hidrocarburos totales, grasas y aceites en las estaciones de monitoreo de calidad del agua._____ 366
Figura 5.104 Comportamiento de tensoactivos (SAAM) modelados en las estaciones de monitoreo de calidad del agua. _____ 367
Figura 5.105 Comportamiento de coliformes totales y coliformes fecales modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua. _____ 368
Figura 5.106 Comportamiento de metales pesados modelados. _____ 369
Figura 5.107 Comportamiento de nitrógeno (nitrato, nitrito, amoniacal y total) modelados._____ 370
Figura 5.108 Comportamiento de fósforo (orgánico, inorgánico y total) modelados_____ 371
Figura 5.109 Índices de contaminación ICOMI, ICOM0, ICOSUS, ICOpH _____ 375
Figura 5.110 Índice ICOpH _____ 376
Figura 5.111 Índice de langelier _____ 378
Figura 5.112 Ubicación de los puntos de monitoreo para el análisis multitemporal de la calidad del agua. 381
Figura 5.113 Valores de Caudal, reportados en los diferentes monitoreos._____ 387
Figura 5.114 Valores de Temperatura, reportados en los diferentes monitoreos._____ 388
Figura 5.115 Valores de Oxígeno disuelto, reportados en los diferentes monitoreos._____ 389
Figura 5.116 Valores de pH, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 390
Figura 5.117 Valores de Conductividad y Sólidos disueltos totales, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 391
Figura 5.118 Valores de Sólidos suspendidos totales y Turbiedad, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 392
Figura 5.119 Valores de Color verdadero, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 393
Figura 5.120 Valores de DBO5, reportados en los diferentes monitoreos._____ 394
Figura 5.121 Valores de DQO, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 394
Figura 5.122 Valores de Nitratos, reportados en los diferentes monitoreos._____ 396
Figura 5.123 Valores de Nitritos, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 396
Figura 5.124 Valores de Alcalinidad, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 397
Figura 5.125 Valores de Dureza total y dureza cálcica, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 397
Figura 5.126 Valores de Grasas y aceites, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 398
Figura 5.127 Valores de fenoles, reportados en los diferentes monitoreos. _____ 399

Figura 5.128 Valores de Fósforo, reportados en los diferentes monitoreos. 400
Figura 5.129 Valores de Coliformes fecales, reportados en los diferentes monitoreos. 401
Figura 5.130 Valores de Coliformes totales, reportados en los diferentes monitoreos. 402
Figura 5.131 Valores del índice de calidad del agua (WQI) para las estaciones monitoreadas. 404
Figura 5.132 curva de duración de caudales mensuales rio Sapuyes 433
Figura 5.133 curva de duración de caudales mensuales rio Boquerón 433
Figura 5.171 Criterios de calificación de la variable geología. 439
Figura 5.172 Criterios de calificación de la variable densidad de fallas. 440
Figura 5.173 Criterios de calificación de la variable geomorfología. 440
Figura 5.174 Mapa de densidad de Fallas EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 441
Figura 5.175 Criterios de calificación de la variable densidad de procesos morfodinámicos. 441
Figura 5.176 Mapa de Procesos Morfodinámicos identificados en la etapa de campo para el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 442
Figura 5.177 Criterios de calificación de la variable pendientes. 442
Figura 5.178 Criterios de calificación de la variable rugosidad. 443
Figura 5.179 Mapa de Rugosidad del terreno del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 444
Figura 5.180 Criterios de calificación de la variable cobertura vegetal. 444
Figura 5.181 Criterios de calificación de la variable precipitación. 445
Figura 5.182 Criterios de calificación de la variable sismicidad. 446
Figura 5.183 Mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal 446
Figura 5.184 Mapa de zonificación geotécnica en el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. 449
Figura 5.185 Localización espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del Área del proyecto. 453
Figura 5.186 Distribución temporal de la precipitación (mm) media mensual multianual en el área de influencia del proyecto. 455
Figura 5.187 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la precipitación (mm) en el área de influencia del proyecto. 455
Figura 5.188 Precipitación temporal para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación El Común. 456
Figura 5.189 Diagrama de Box-Plot estación El Común. 457
Figura 5.190 Isoyetas Precipitación (mm) media mensual multianual del proyecto. 458
Figura 5.191 Precipitación (mm) media diaria multianual para las estaciones climatológicas del proyecto. 459
Figura 5.192 Precipitación (mm) máxima diaria multianual para las estaciones climatológicas del proyecto. 460
Figura 5.193 Isoyetas Precipitación (mm) media diaria multianual del proyecto. 460
Figura 5.194 Precipitación (mm) media anual multianual para las estaciones climatológicas del proyecto. 461
Figura 5.195 Precipitación (mm) máxima anual multianual para las estaciones climatológicas del proyecto. 462
Figura 5.196 Precipitación (mm) mínima anual multianual para las estaciones climatológicas del proyecto. 463

Figura 5.197 Distribución temporal de la precipitación (mm) total anual multianual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. 465
Figura 5.198 Isoyetas Precipitación (mm) media anual multianual del proyecto. 466
Figura 5.199 Distribución temporal de la temperatura (°C) media mensual multianual en el área de influencia del proyecto. 467
Figura 5.200 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la temperatura (°C) media en el área de influencia del proyecto. 468
Figura 5.201 Temperatura (°C) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación El Común. 468
Figura 5.202 diagrama de Box-Plot estación El Común máximos/medios/mínimos. 470
Figura 5.203 Distribución temporal de la temperatura (°C) mensual multianual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área del proyecto. 470
Figura 5.204 Isotermas Temperatura (°C) media mensual multianual del área del proyecto. 472
Figura 5.205 Temperaturas Máximas, Medias, y Mínimas promedio diarias 472
Figura 5.206 Temperaturas Máximas, y Mínimas absolutas diarias 473
Figura 5.207 Distribución temporal de la humedad relativa (%) media mensual multianual en el área de influencia del Área del proyecto. 474
Figura 5.208 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la humedad relativa (%) en el área de influencia del proyecto. 474
Figura 5.209 humedad relativa (%) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación El Común. 475
Figura 5.210 Isohumas humedad (%) relativa media mensual multianual del Área de proyecto. 477
Figura 5.211 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) en el área de influencia del proyecto. 477
Figura 5.212 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la evaporación en el área de influencia del proyecto. 479
Figura 5.213 Evaporación (mm) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Sindagua. 479
Figura 5.214 Distribución temporal de la radiación solar (horas) mensual multianual en el área de influencia del proyecto. 480
Figura 5.215 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la radiación solar (horas) en el área de influencia del proyecto. 481
Figura 5.216 Brillo Solar (horas) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Sindagua. 482
Figura 5.217 Distribución temporal de la nubosidad (Octas) media mensual multianual en el área de influencia del proyecto. 484
Figura 5.218 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la nubosidad (Octas) en el área de influencia del proyecto. 484
Figura 5.219 Nubosidad (Octas) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Sindagua. 486
Figura 5.220 Distribución temporal de la velocidad del viento (m/s) mensual multianual en el área de influencia del proyecto. 488
Figura 5.221 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la velocidad del viento (m/s) en el área de influencia del proyecto. 488
Figura 5.222 Distribución Temporal de Velocidad de viento (m/s) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Apto. San Luis. 489
Figura 5.223 rosa de los vientos anuales para la estación Apto San Luis. 489
Figura 5.224 Distribución temporal promedio de la altura de mezcla (m) estación Apto San Luis. 493

Figura 5.225 Presión atmosférica (mmHg) calculada en las estaciones meteorológicas del Área del Proyecto. 493
Figura 5.226 Distribución espacial de presión atmosférica (mmHg) en el área de influencia del proyecto. 494
Figura 5.227 Balance Hídrico para el Área del proyecto. 496
Figura 5.228 Zonificación Climática. 500
Figura 5.229 Fuentes fijas de emisión en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 504
Figura 5.230 Ajuste de distribuciones de probabilidad para la vía San Juan - Pedregal. 505
Figura 5.231 Potenciales receptores del área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal. 507
Figura 5.227 Muestreador (Medidor de Alto Volumen y PM10). 509
Figura 5.227 Kit de calibración. 510
Figura 5.227 Analizador de tres gases. 510
Figura 5.227 Probeta graduada. 511
Figura 5.227 Estación meteorológica. 511
Figura 5.227 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo. 519
Figura 5.227 Datos de Calidad del Aire para PM10 543
Figura 5.227 Datos de Calidad del Aire para PM2.5 544
Figura 5.227 Datos de Calidad del Aire para SO2 544
Figura 5.227 Datos de Calidad del Aire para NOx 544
Figura 5.227 Datos de Calidad del Aire para O3 545
Figura 5.227 Datos de Calidad del Aire para CO 545
Figura 5.227 Diagrama de Caja para PM10 Diario 545
Figura 5.227 Diagrama de Caja global para PM10 546
Figura 5.227 Diagrama de Caja para PM2.5 diario 546
Figura 5.227 Diagrama de Caja para PM2.5 547
Figura 5.227 Diagrama de Caja para SO2 diario 547
Figura 5.227 Diagrama de Caja global para SO2 547
Figura 5.227 Diagrama de Caja para NOx diario 548
Figura 5.227 Diagrama de Caja global para NOx 548
Figura 5.227 Diagrama de Caja por hora de monitoreo para O3 549
Figura 5.227 Diagrama de Caja global para O3 (Promedios diarios). 549
Figura 5.227 Diagrama de Caja por hora de monitoreo para CO 550
Figura 5.227 Diagrama de Caja global para CO (Promedios diarios). 550
Figura 5.227 Temperatura ambiente por día monitoreado. 558
Figura 5.227 Temperatura del aire por día monitoreado. 558
Figura 5.227 Humedad relativa. 559
Figura 5.227 Precipitación. 560
Figura 5.227 Velocidad del Viento 561
Figura 5.227 Clases de Frecuencia de Distribución del Viento 562
Figura 5.227 Rosa de Vientos inicial (Desde). 562
Figura 5.227 Rosa de Vientos Final (Hacia) 563
Figura 5.227 Imagen Satelital Rosa de Vientos Final (Desde) 564
Figura 5.227 Imagen Satelital Rosa de Vientos Final (Hacia) 564
Figura 5.249 Fuentes de emisiones de Ruido. 571

Figura 5.227 Área de audición humana clasificada por lesión acústica y pérdida de audición potenciales _ 573
Figura 5.227 Ubicación puntos de monitoreo _____ 574
Figura 5.227 LAeq diurno para ruido ambiental – Puntos 1, 3 y 4_____ 593
Figura 5.227 LAeq diurno para ruido ambiental – Puntos 2, 5 y 6_____ 593
Figura 5.227 LAeq nocturno para ruido ambiental – Puntos 1, 3 y 4 _____ 594
Figura 5.227 LAeq nocturno para ruido ambiental – Puntos 2, 5 y 6 _____ 595

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 5.1 Flujos de lava con estructuras de flujo por enfriamiento. 12
Fotografía 5.2 Lavas andesíticas intensamente fracturadas. 13
Fotografía 5.3 Roca melanocrática con fenocristal de anfíbol embebido en matriz afanítica. 13
Fotografía 5.4 Afloramiento de lavas y depósitos piroclásticos. 15
Fotografía 5.5 Detalle litología depósitos piroclásticos. 15
Fotografía 5.6 Detalle litología lavas. 15
Fotografía 5.7 Afloramiento de suelo residual con afloramiento de agua subsuperficial 16
Fotografía 5.8 Panorámica hacia un depósito de coluvión. 18
Fotografía 5.9 Depósito aluvial rio Guáitara. 19
Fotografía 5.10 Depósito aluvial alargado. 19
Fotografía 5.11 Depósito aluvial de sedimentos de composición ígnea que fueron retrabajados por la corriente, se observa grano de crecimiento dentro del depósito. 19
Fotografía 5.12 Cauce activo, río Guáitara 44
Fotografía 5.13 Terraza aluvial sobre las márgenes del río Guáitara. 45
Fotografía 5.14 Ladera denudacional abrupta de piroclastos. 46
Fotografía 5.15 Ladera denudacional residual. 47
Fotografía 5.16 Ladera denudacional de cenizas. 48
Fotografía 5.17 Ladera denudacional coluvial. 48
Fotografía 5.18 Escarpes de lava. 49
Fotografía 5.19 Ladera escarpada de piroclastos y lavas. 49
Fotografía 5.20 Altiplanicie Volcánica. 49
Fotografía 5.21 Terraza antrópica a media ladera. 50
Fotografía 5.22 Erosión laminar sobre taludes de corte. 56
Fotografía 5.23 Erosión en surcos sobre taludes naturales. 56
Fotografía 5.24 Socavación lateral del río Guáitara. 56
Fotografía 5.25 Deslizamiento rotacional antiguo estabilizado. 57
Fotografía 5.26 Deslizamiento traslacional a lo largo de una discontinuidad. 57
Fotografía 5.27 Talud donde se presenta caída de bloques. 58
Fotografía 5.28 Material desprendido por caída de bloques. 58
Fotografía 5.29 Flujo de detritos, matriz fina. 58
Fotografía 5.30 Flujo de detritos, tamaño variable de clastos. 58
Fotografía 5.31 Diferenciación de un perfil del suelo, Río Guáitara, municipio de Imués, vereda Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 957180 N: 604975 59
Fotografía 5.32 Suelos asociados al paisaje de valle dentro del área de influencia, municipio Imués, vereda Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 957180 N: 604975. 62
Fotografía 5.33 perfil del suelo dentro de la unidad ARB, vereda Pilcuan la recta, municipio de Iles, Coordenadas E: 956746 N: 605041. 63
Fotografía 5.34 perfil del suelo dentro de la unidad ARB, vereda El porvenir, municipio de Iles, Coordenadas E: 954992 N: 604592. 63
Fotografía 5.35 Suelos asociados al paisaje de lomerío dentro del área de influencia, municipio de Iles Nariño, vereda Urbano, Coordenadas E: 955307 N: 597100. 65

Fotografía 5.36 Perfil del suelo dentro de la unidad ALB, municipio de Iles Nariño, vereda Urbano, Coordenadas Este: 955307 Norte: 597957 _____ 66
Fotografía 5.37 Cultivos de papa en el municipio de Iles, Vereda Urbano, Coordenadas Este: 955307 Norte: 597957. _____ 66
Fotografía 5.38 Uso Ganadero sobre pastos limpios en el municipio de Iles, Vereda Urbano, Coordenadas Este: 955307 Norte: 597957. _____ 66
Fotografía 5.39 Clase agrologica III, en el municipio de Iles, Vereda Urbano, Coordenadas Este: 955283 Norte: 5978036_____ 67
Fotografía 5.40 Perfil del suelo en la unidad ALD, Municipio de Contadero, vereda Ospina Pérez, Coordenadas E: 952410 N: 595885 _____ 68
Fotografía 5.41 Uso agrícola (Papa - Maíz) en unidad ALD, Municipio de Contadero, vereda Ospina Pérez, Coordenadas E: 952410 N: 595895. _____ 69
Fotografía 5.42 Perfil del suelo en la unidad de suelo MLE, municipio de Iles Nariño, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 953951 N: 601738. _____ 71
Fotografía 5.43 Desarrollo de cultivos transitorios (Cebolla - Maíz), municipio de Iles Nariño, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 954063 N: 601302. _____ 71
Fotografía 5.44 Perfil del suelo, Unidad AMA, municipio de Ipiales, vereda Las Cruces coordenadas E: 943769 N: 586175._____ 73
Fotografía 5.45 Perfil del suelo Suelos Typic Haplustepts, vereda La Esperanza, municipio de Iles E: 955958 N: 600752._____ 75
Fotografía 5.46 Perfil del suelo Suelos Typic Ustorthents, vereda Urbano, municipio de Iles, Coordenadas E: 955140 N: 596967. _____ 76
Fotografía 5.47 Suelos del paisaje de Montaña, vereda San José de Qisnamuez, municipio de Contadero, Coordenadas E: 954745 N: 597200. _____ 78
Fotografía 5.48 Misceláneo Rocoso, Vereda Pilcuan La Recta, municipio de Imúes Nariño, Coordenadas E: 956075 N: 605447. _____ 79
Fotografía 5.49 Suelos Clase IIIsc, municipio de Imués, Vereda Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 957180 N: 604975. _____ 83
Fotografía 5.50 Suelos Clase IIIt, municipio de Iles Nariño, vereda Urbano, Coordenadas E: 955307 N: 597100 _____ 83
Fotografía 5.51 Suelos Clase IVts, municipio de Iles Nariño, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 954063 N: 601302. _____ 83
Fotografía 5.52 Suelos Clase VIIItc, vereda San José de Qisnamuez, municipio de Contadero, Coordenadas E: 954745 N: 597200. _____ 83
Fotografía 5.53 Cultivo de Frijol dentro del área de influencia, municipio de Ipiales Nariño, corregimiento de San Juan, coordenadas E: 948435 N: 590850. _____ 86
Fotografía 5.54 Mosaico de cultivos con espacios naturales, municipio de Iles Nariño, vereda el Tablón. __ 86
Fotografía 5.55 Ganadería sobre pastos naturales dentro del área de influencia, municipio de Iles, vereda Urbano, Coordenadas E: 955307 N: 597957 _____ 87
Fotografía 5.56 Ganadería sobre pastos naturales dentro del área de influencia, municipio de Iles, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 954070 N: 60170. _____ 87
Fotografía 5.57 Granja avícola El Naranjo, municipio de Ipiales Nariño, corregimiento de San Juan, Coordenadas E:948248 N: 590982_____ 87
Fotografía 5.58, Cría y reproducción de Cuyes municipio de Ipiales Nariño, corregimiento de San Juan, Coordenadas 948435 N: 590850 _____ 87

Fotografía 5.59 Actividades de extracción minera en el municipio de Iles, Coordenadas Este: 955656 Norte: 595699 88
Fotografía 5.60 Quebrada la Humedeadora, vereda San José de Qisnamuez, municipio de Contadero, Coordenadas E: 954745 N: 597200 89
Fotografía 5.61 Área protectora Arroyo Papa Sicce, vereda El Porvenir, municpio de Iles Nariño, Coordenadas E: 954626 N: 603417 89
Fotografía 5.62 Plantación de Eucalipto, municipio de Ipiales Nariño, vereda de San Juan, Coordenadas E: 948248 N: 590982. 89
Fotografía 5.63 Centro urbano del Municipio de Contadero Nariño. 90
Fotografía 5.64 Municipio de Imúes Nariño, corregimiento de Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 955428 N: 606133. 90
Fotografía 5.65 Torres de comunicación. 111
Fotografía 5.66 Redes eléctricas. 111
Fotografía 5.67 Zonas de extracción de materiales para construcción. 111
Fotografía 5.68 Vía Panamericana. 111
Fotografía 5.69 Centro poblado de Iles 114
Fotografía 5.70 Centro poblado de Pilcuan 114
Fotografía 5.71 Centro poblado de Pedregal. 114
Fotografía 5.72 Centro poblado de La Aldea de María. 114
Fotografía 5.73 Gruta de La Virgen. 115
Fotografía 5.74 Panoramica del paisaje del área de influencia observada desde la Gruta de La Virgen. 115
Fotografía 5.75 Cascada La Humeadora. Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954 115
Fotografía 5.76 Cascada La Humeadora. Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954 115
Fotografía 5.77 Cerro Iscuazán 116
Fotografía 5.78 Panoramica del paisaje del área de influencia observada desde el Cerro Iscuazán. 116
Fotografía 5.79 Petroglifos de Los Lobos. Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954 117
Fotografía 5.80 Petroglifos de Los Monos. Coordenadas N: 594177,699E: 951069,478 117
Fotografía 5.81 Río Guáitara. 117
Fotografía 5.82 Río Guáitara. 117
Fotografía 5.83 Panorámica Río Patía, municipio de Policarpa, departamento de Nariño 125
Fotografía 5.84 Río Guáitara municipio de Ipiales-Nariño. 126
Fotografía 5.85 Río Sapuyes, vereda Pilcúan, municipio de Imués – Nariño 127
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN014 130
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN014 130
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN015 132
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN015 132
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN015 132
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN015 132
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN025 133
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN025 133
Fotografía 5.85 Panorámica de la quebrada NN025 133
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN025 133
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN048 134
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN048 134
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN048 134

Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN048 134
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN055 135
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN055 135
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN055 135
Fotografía 5.85 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN055 135
Fotografía 5.85 Sitio de cruce de la quebrada NN057 con la vía existente 136
Fotografía 5.85 Sitio de cruce de la quebrada NN057 con la vía existente 136
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NN057 136
Fotografía 5.85 Cobertura aledaña a la quebrada NNZ2-1B 137
Fotografía 5.85 Condiciones actuales del cauce de la quebrada NNZ2-1B 137
Fotografía 5.86 Río Sapuyes vista hacia aguas abajo. Coordenadas: E: 955327 N: 604923. Línea amarilla describe la morfología del valle aluvial (Forma de "V"). 1. Cauce actual. 2. Terraza aluvial reciente. 3. Terraza aluvial antigua. 144
Fotografía 5.87 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el Río Sapuyes (vista hacia aguas abajo) 145
Fotografía 5.88 Tanque de recolección en un nacedero de la Vereda Tablón Alto. 405
Fotografía 5.89 Acueducto del condominio Arcoiris (Pilcuan). 405
Fotografía 5.90 Acueducto de la vereda San José de Quisnamuez. 405
Fotografía 5.91 Acueducto corregimiento de San Juan. 405
Fotografía 5.92 Aljibe de una vivienda de la vereda Ospina Pérez. E: 952272 N: 595129 406
Fotografía 5.93 Riego de cultivos en la vereda La Providencia. E: 948454 N: 591477 406
Fotografía 5.94 Punto de Captación del distrito de riego ASOSANFRANCISCO en la vereda Loma de Yáez. 407
Fotografía 5.95 Abrevadero en la quebrada La Cueva, vereda El Culantro. 407
Fotografía 5.96 Disposición de residuos sólidos en la margen del zanjón Chorrera Chiquita, vereda Tablón Alto. 436
Fotografía 5.115 Fuente de emisión producida por quemas de basura E: 954388; N 596850. 502
Fotografía 5.5 Estación 1 Pilcuan la Recta (La Gallera). 519
Fotografía 5.5 Estación 2 Campamento Mikel (Vereda El Porvenir). 520
Fotografía 5.5 Estación 4 31+100 (Vereda la Esperanza) 520
Fotografía 5.5 Estación 5. Contadero (Casco Urbano) 520
Fotografía 5.5 Estación 6. San Juan (Casco Urbano) 521
Fotografía 5.5 Registro fotográfico de la calibración 579

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

En el presente capítulo se describen los componentes que hacen parte del medio abiótico sobre el área de influencia relacionados con la geología, geomorfología, paisaje, Suelos y uso de la tierra, Hidrología, calidad de agua, Usos del agua, Hidrogeología, Geotecnia y Atmosfera que conforman la línea base del estudio de impacto ambiental para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.

5.1.1 Geología.

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas y los rasgos estructurales, pertenecientes al área de influencia, definidas a partir del análisis de información secundaria, análisis de imágenes satelitales y el trabajo desarrollado en la fase de campo.

5.1.1.1 Geología regional.

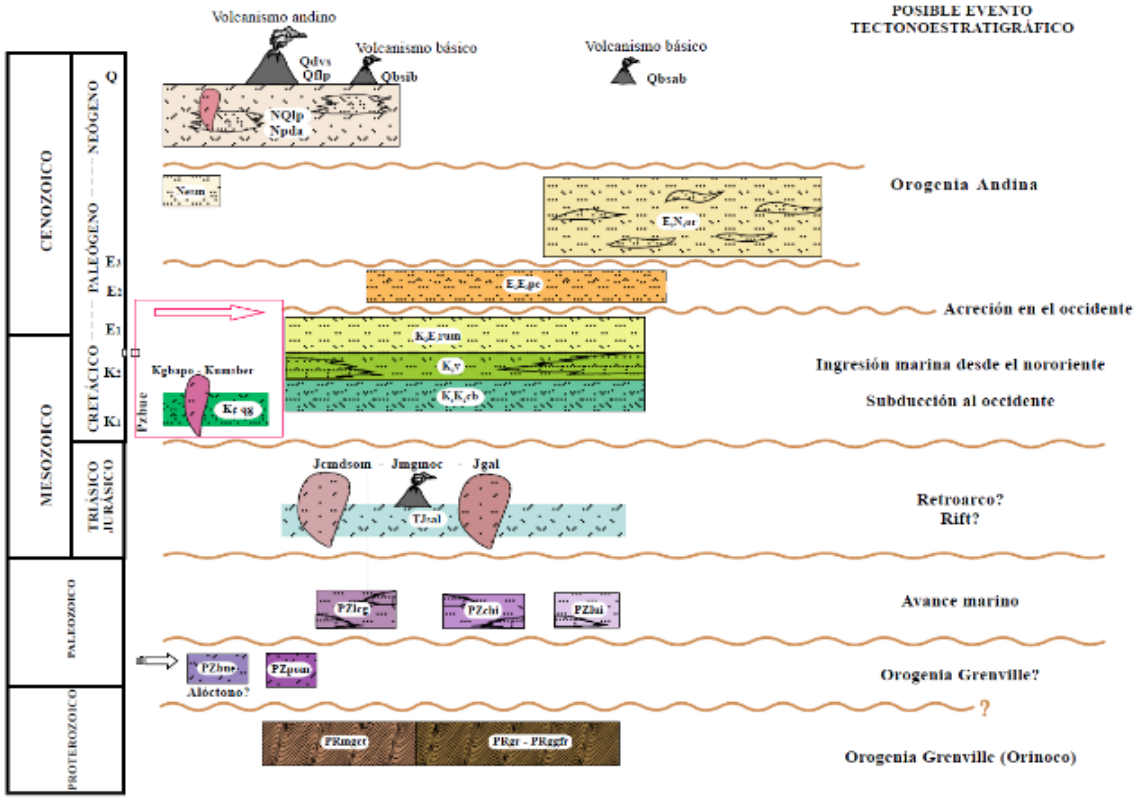
Para la descripción del componente geológico a nivel regional se tomaron como referencia las planchas 429 Pasto, 448 Monopamba y 447 – Ipiales, realizadas por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, escala 1:100.000 (ver **Figura 5.2** y **Figura 5.3**), en este sentido, las rocas más antiguas corresponden a las del Complejo Migmatítico de La Cocha, de edad precámbrica, que conforman parte del basamento del sector y se encuentran en contacto discordante con las rocas ígneas y sedimentarias del Neógeno – Cuaternario, resultantes del volcanismo andino, como los depósitos volcano-sedimentarios, y como de la dinámica fluvial asociada a los cauces actuales.

Geotectónicamente, los rasgos geológicos y fisiográficos presentes han permitido establecer tres (3) unidades estructurales, que enmarcan la geología regional, estas son: La Cordillera Occidental, la depresión Interandina y la cordillera Centro-Oriental. La primera de éstas se encuentra limitada por el sistema de fallas inversas del río Cauca y por el megasistema de fallas del Chocó; las rocas asociadas son metasedimentos con metamorfismo de facies esquistos verdes y secuencias volcano-sedimentarias con metamorfismo incipiente de facies prehnita - pumpellyita, que se encuentran suprayaciendo la corteza oceánica antigua. La segunda es interpretada como un graben limitado por el sistema de fallas de Romeral y el sistema de fallas del río Cauca, que marca la interacción entre la placa del Pacífico, de origen oceánico, y la placa Sudamericana, de origen continental. El relleno de este valle posee afinidad molásica en la parte basal, de rocas hipoabisales para el Mioceno – Plioceno y de depósitos volcánicos, asociados a los volcanes circundantes, para el Cuaternario. Por último, la cordillera Centro-Oriental es definida entre dos grandes rasgos estructurales y dos depresiones; al occidente la depresión Interandina y el sistema de fallas de Romeral y al oriente la falla Frontal Andina y el Piedemonte Andino oriental. El núcleo de esta cordillera se encuentra compuesto por migmatitas del Precámbrico y secuencias metamórficas del Paleozoico; además, en el flanco oriental dominan las rocas jura-triásicas volcano-sedimentarias y plutónicas, y en el occidental se encuentran depósitos asociados al vulcanismo cuaternario y rocas hipoabisales de edad paleo-neógena. En la **Figura 5.1,** se presenta el resumen de la evolución tectonoestratigráfica para la zona donde se relacionan las unidades rocosas y los procesos geotectónicos correspondientes.

Tal como se evidencia en la **Figura 5.2** y **Figura 5.3**, el área de influencia del proyecto se localiza sobre las rocas del Neógeno - Cuaternario, que posteriores a la orogenia andina tienen su origen debido al surgimiento de estratovolcanes asociados a volcanismo andino dominante en la zona; por esto se encuentran evidencias de

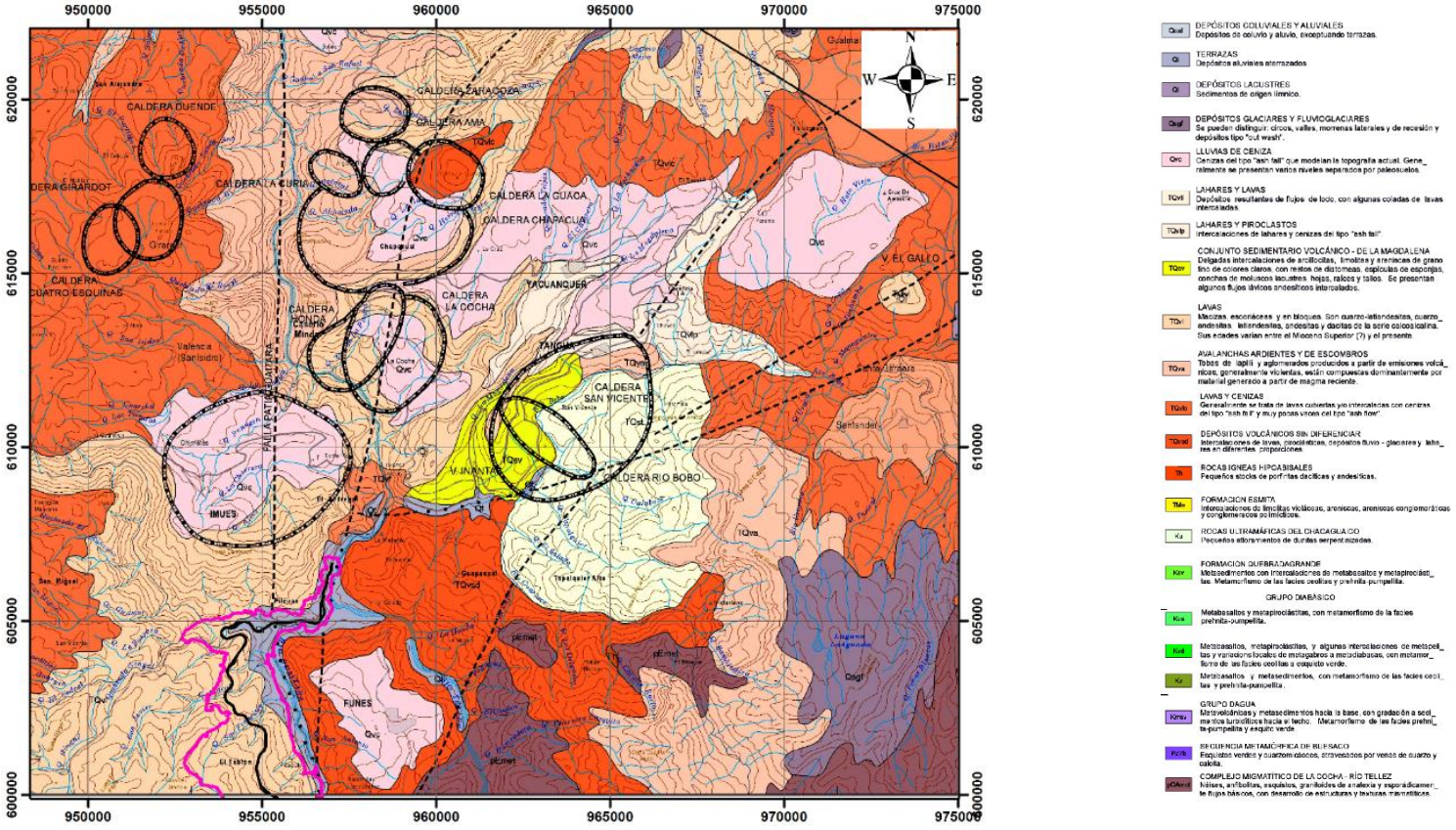
diferentes (pero recurrentes y constantes) eventos eruptivos, asociados a lavas (predominantemente andesíticas), depósitos piroclásticos gruesos (que varían en el tamaño de los sedimentos y el grado de consolidación) y estratos de cenizas volcánicas con espesores de más de 50 m.

Figura 5.1 Esquema tectono-estratigráfico del extremo sur de la Cordillera Centro-Oriental.



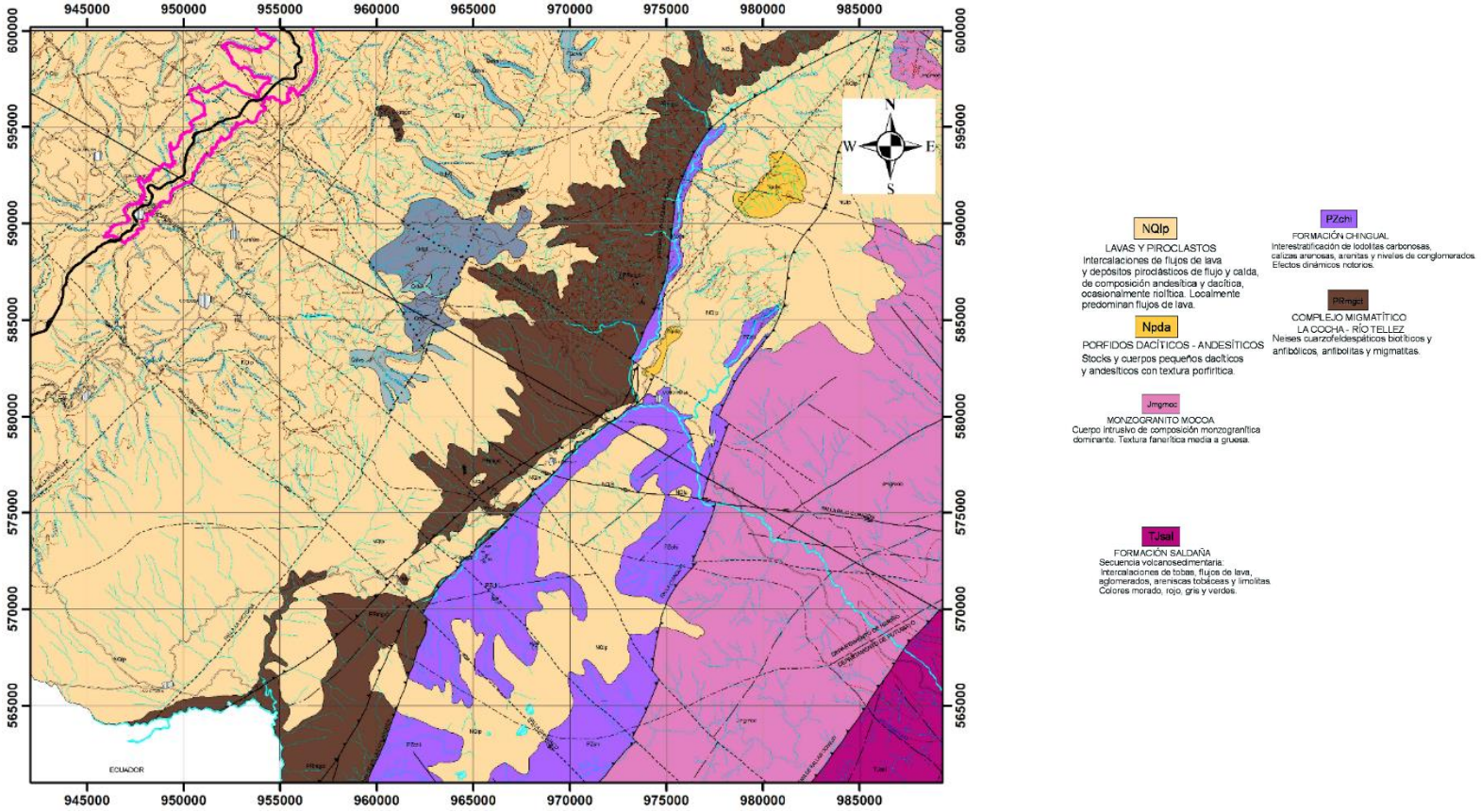
Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2003– Memoria Explicativa del reconocimiento geológico regional de las planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco.

Figura 5.2 Geología regional perteneciente a la plancha 429 – Pasto.



Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2003.

Figura 5.3 Geología regional perteneciente a la plancha 448 – Monopamba.



Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2003.

5.1.1.1.1 Estratigrafía regional.

La estratigrafía regional, que comprende el entorno geológico, está conformada por unidades volcánicas, volcano-sedimentarias y sedimentarias de origen continental, que suprayacen las rocas mesozoicas, paleozoicas y precámbricas presentes. La descripción estratigráfica se presenta a continuación, partiendo de las rocas más antiguas a las más recientes a saber:

- **Precámbrico.**

  - **Complejo Migmatítico de La Cocha (PRmgct).**

Esta unidad geológica está incluida en las planchas 429 y 448 del Servicio Geológico Colombiano, aflorando hacia el costado noroccidental del Sistema de Fallas Afiladores. Básicamente, está conformada por rocas metamórficas, principalmente migmatitas, esquistos, neises y anfibolitas, junto con rocas de aspecto granitoide, afectadas por blástesis. Son muy comunes las estructuras migmatíticas, fáciles de reconocer en los afloramientos existentes, en la **Tabla 5-1** se describen sus aspectos relevantes.

Tabla 5-1 Características generales del Complejo Migmatítico de La Cocha.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Complejo Migmatítico de La Cocha (PRmgct)
Litología	Conjunto de rocas metamórficas, principalmente migmatitas, esquistos, neises y anfibolitas, junto con rocas de aspecto granitoide, afectadas por blastesis. Son muy comunes las estructuras migmatíticas, fáciles de reconocer en los afloramientos.
Contactos	Los contactos entre las diferentes litologías de esta unidad son netos a transicionales, discordantes con las rocas cenozoicas de origen volcánico, y fallados contra el sistema de Fallas de Afiladores.
Edad	Precámbrico
Metamorfismo	Facies anfibolita.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 1991.

- **Paleozoico.**

  - **Formación Chingual (PZchi).**

Unidad de origen sedimentario, incluida en la plancha 448 del Servicio Geológico Colombiano (INGEOMINAS 2003), donde aflora gracias a la presencia de dos estructuras inversas: el Sistema de Fallas Afiladores y la Falla de Chingual. Esta unidad es un conjunto de rocas sedimentarias, afectadas por cataclasis, de color negro y verde, cuarzosas, con textura porfiroclástica, bandas sinuosas de cuarzo, intercaladas con bandas de minerales arcillosos y pirita finogranular, con interlaminaciones de cuarzoarenitas de colores gris y negro. En algunos sectores, se observa una interestratificación con lodolitas silíceas carbonosas, calizas arenosas y niveles de conglomerados con clastos de limolitas silíceas, cuarzo lechoso, limolitas arenosas y esquistos de color verde. A continuación, en la **Tabla 5-2** se describen sus aspectos principales.

Tabla 5-2 Características generales de la Formación Chingual.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Formación Chingual (PZchi)
Autor	Ponce (1979), Arango & Ponce (1982 a y b), INGEOMINAS & Geoestudios (2000c)
Litología	Conjunto de rocas sedimentarias afectadas por cataclasis de color negro y verde, cuarzosas, con textura porfiroclástica, bandas sinuosas de cuarzo, intercaladas con bandas de minerales arcillosos y pirita finogranular, con interlaminaciones de cuarzoarenitas de colores gris y negro. En algunos sectores se observa una interestratificación con lodolitas silíceas carbonosas, calizas arenosas y niveles de conglomerados con clastos de limolitas silíceas, cuarzo lechoso, limolitas arenosas y esquistos de color verde.
Contactos	Contacto fallado con el Complejo Migmatítico de La Cocha – Río Téllez y con el Monzogranito de Mocoa. Para las rocas más recientes (del Neógeno y Cuaternario), se tiene un contacto en discordancia angular con los depósitos volcano-sedimentarios.
Espesor	No se determina por el desconocimiento de sus límites estratigráficos
Edad	Paleozoico temprano.
Ambiente	Acumulación por debajo del nivel de las olas en un ambiente marino, afectado posteriormente por metamorfismo dinámico.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 2003.

- **Cenozoico.**

  - **Neógeno.**

El Neógeno está representado por rocas extrusivas, pertenecientes al volcanismo cenozoico de la Cordillera Occidental, que constituyen edificios volcánicos pliocénicos denudados. Dentro de este grupo se encuentran los edificios volcánicos compuestos por las Andesitas de Guáitara (N2agt), Andesitas Porfiríticas del Cerro Negro del Encino (N2acne) y Andesitas de Pajablanca (N2apb y N2fppb), descritas en la **Tabla 5-3**, **Tabla 5-4** y **Tabla 5-5**, respectivamente. Estas unidades se encuentran localizadas en la Plancha 447 – Ipiales, hacia el costado oriental; justo al norte del municipio de Ipiales se encuentran las Andesitas de Pajablanca, mientras que hacia el sur de ese mismo municipio se encuentran las Andesitas de Guáitara y las del Cerro Negro del Encino.

Tabla 5-3 Características generales de las Andesitas de Guáitara.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Andesitas de Guáitara
Litología	Se trata de una roca masiva de color gris oscuro con textura porfirítica, donde se distinguen algunos cristales milimétricos de plagioclasa y una proporción menor de cristales menores a 1 mm de color verde oscuro (piroxenos). La matriz, también de color gris oscuro, constituye alrededor del 60% de la roca. Es clasificada como Andesita.
Contactos	Contacto discordante con los espesor depósitos piroclásticos y eólicos de edad cuaternaria
Edad	Edad pre-Plioceno, relativa respecto a una datación cercana.
Origen	Debido a la ausencia de vesículas y a la alta proporción de cristales respecto al vidrio, se clasifican como flujos lávicos poco viscosos con muy bajo contenido de gases.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 2004.

Tabla 5-4 Características generales de las Andesitas Porfiríticas del Cerro Negro del Encino.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Andesitas Porfiríticas del Cerro Negro del Encino
Litología	Lavas masivas, inequigranulares, con estructura porfirítica de color gris oscuro, moteado gris claro, con 65% de fenocristales, en su mayoría plagioclasa tabular, hasta de 4 mm de longitud, los ferromagnesianos son de color negro a negro-verde, cortos, de unos 2 mm. La matriz es afanítica, color gris oscuro
Contactos	Contacto discordante con los espesor depósitos piroclásticos y eólicos de edad cuaternaria.
Edad	Edad pre-Plioceno, pero un poco más reciente que las Andesitas del Guáitara, interpretado debido a que se encuentra más conservada su morfología.
Origen	Se presume que forma parte del mismo vulcanismo que dio origen a las Andesitas de Guáitara.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 2004.

Tabla 5-5 Características generales de las Andesitas de Pajablanca.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Andesitas de Pajablanca
Litología	Se trata de un volcán compuesto, donde se alternaron flujos de lavas con flujos piroclásticos. Las lavas de Pajablanca se presentan como rocas macizas, de color gris verdoso oscuro, de estructura porfirítica con fenocristales de plagioclasa y en menor proporción piroxenos en matriz afanítica de color gris. Los flujos piroclásticos tienen más de 5 m de espesor, con bloques decimétricos, subangulares, rodeados por una matriz de ceniza y lapilli parcialmente meteorizada, de colores pardo claro a rojizo donde se conservan algunas pumitas y fragmentos líticos. Los bloques consisten de andesitas masivas y andesitas con textura brechosa y matriz ligeramente vesiculada.
Contactos	Contacto discordante con los espesor depósitos piroclásticos y eólicos de edad cuaternaria
Edad	Teniendo en cuenta la conservación parcial del edificio volcánico, el espesor del perfil de meteorización del orden de 4 m y la forma subangular de sus vertientes, se puede deducir que su edad es ligeramente menor que la del panecillo de Tufiño, es decir, más joven que 4,6 Ma.
Origen	Dadas las características de la mayoría de los fenocristales, se puede interpretar que en las etapas finales de su crecimiento se presentó un enriquecimiento en hierro y vapor de agua en la cámara magmática que dio como resultado la contaminación de los bordes de las plagioclasa e hidratación de las augitas para transformarlas en hornblenda y biotita.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 2004.

- **Terciario – Cuaternario.**

En este periodo, se desarrollan rocas correspondientes a la actividad volcánica terciario – cuaternaria, que cubren más de 75 % de la Plancha 429 – Pasto y se relacionan con diferentes centros eruptivos, asociados a fallas, ubicados en el Altiplano Nariñense y a las cordilleras Occidental y Centro – Oriental. Dentro de estas unidades se incluyen Lavas (TQvl) (**Tabla 5-6**), Avalanchas ardientes y/o nubes ardientes (TQva) (**Tabla 5-7**), Lavas y Cenizas (TQvlc) **(Tabla 5-8**), Depósitos volcánicos sin diferenciar (TQvsd) (**Tabla 5-9**) y otros Depósitos Piroclásticos (Qvc) (**Tabla 5-10**).

Tabla 5-6 Características generales Lavas.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Lavas
Litología	Los diferentes flujos tienden a tener formas tabulares, con espesores que generalmente no sobrepasan los 15 m. Comúnmente, reposan en los valles y quebradas, formando una topografía abrupta. En estado fresco, estas rocas presentan colores grises, negros o verdes, de textura porfirítica, con fenocristales orientados. En general, estas lavas se clasifican en dacitas, plagidacitas, cuarzo – latiandesitas, cuarzo – andesitas, latiandesitas y andesitas
Contactos	Contacto discordante con las unidades preexistentes
Edad	Desde el Mioceno medio, relacionado con la Orogenia Andina, hasta la actualidad.
Origen	La tectónica de fallamiento en gran escala está asociada a los procesos de subducción, presentes en la margen continental activa de Los Andes, siendo estas lavas resultado de la fusión de la placa subducida y de la cuña mantélica presente sobre dicha placa. Las series magmáticas a las que pertenecen estas lavas son calcoalcalinas, sobresaturadas en sílice.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 1991

Tabla 5-7 Características generales de las Avalanchas ardientes y/o nubes ardientes.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Avalanchas ardientes y/o nubes ardientes
Litología	Existen dos tipos de avalanchas ardientes: Una asociada al Complejo Volcánico del Galeras, que presenta un aspecto arenoso, conformado por material fragmentado y desintegrado de cantos de lavas. El otro tipo de avalancha es el más difundido y corresponde a tobas de lapilli y aglomerados embebidos en una matriz de ceniza color rojizo claro a rosa. Se observan algunos cantos de pumita y fragmentos de lavas dacítico – andesíticas, angulosos.
Contactos	Contacto discordante con las unidades preexistentes
Edad	Plio – Pleistoceno, asociado a los domos y calderas.
Origen	En general, se generan por el colapso de un domo u otra estructura del Complejo Volcánico Galeras, lo que genera un flujo explosivo y destructor que recorre grandes distancias, debido a la expansión de los gases

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 1991.

Tabla 5-8 Características generales de las Lavas y Cenizas.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Lavas y Cenizas
Litología	Las lavas en estado fresco presentan colores grises, negros o verdes, de textura porfirítica, con fenocristales orientados. En general, se clasifican en dacitas, plagidacitas, cuarzo – latiandesitas, cuarzo – andesitas, latiandesitas y andesitas. Los flujos de ceniza (ash flow) y lluvias de ceniza (ash fall) alcanzan a desarrollar decenas de metros de espesor alterados.
Contactos	Contacto discordante con las unidades preexistentes
Edad	Terciario – Cuaternario asociado a la actividad volcánica presente en el área.
Origen	Son generadas por los cambios de facies dados por el carácter de estratovolcán de algunos focos volcánicos cercanos.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 1991.

Tabla 5-9 Características generales de los Depósitos volcánicos sin diferenciar

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN

Nombre	Depósitos volcánicos sin diferencias
Litología	Estos depósitos aparecen mezclados e interdigitados, de forma que no ha sido posible diferenciarlos. En general, aparecen lavas, cenizas, avalanchas ardientes, lahares y depósitos de origen fluvio-glaciar; también, se encuentran depósitos de sedimentos detríticos no estratificados, correspondientes a antiguas avalanchas y flujos de lodo volcánico.
Contactos	Contacto discordante con las unidades preexistentes
Edad	Plio – Pleistoceno, asociado a los domos y calderas.
Origen	Se asocian principalmente a las diferentes calderas presentes en el área, como la parte superior del Complejo Volcánico Galeras, el volcán de la Guaca y al sur de Tangua.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 1991

Tabla 5-10 Características generales de otros Depósitos Piroclásticos.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre	Otros Depósitos Piroclásticos (Qvc)
Litología	Depósitos de lluvia o caída de cenizas que se encargan de suavizar la morfología preexistente, sus espesores pueden ir desde pocos centímetros hasta algunos metros. Se componen fundamentalmente de vidrio, biotita, plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feldespato potásico y fragmentos de pumita. En general, se encuentran alterados a arcillas de colores amarillo y rojizo. Tienen una composición dacítica.
Contactos	Contacto discordante con las unidades preexistentes
Edad	Son los depósitos de edad más reciente, evidenciando diferentes fases de emisión, normalmente desarrollan paleosuelos.
Origen	Generados por el estado más violento de los volcanes, que lanzan material finamente fragmentado a grandes distancias del centro de emisión.

Fuente: Consorcio SH. Tomado de INGEOMINAS, 1991.

5.1.1.2 Geología local.

La geología del área de influencia fue analizada y descrita en campo donde se recorrió el trazado del proyecto, se observó la composición de la roca, la relación temporal de los eventos y los contactos donde se encuentran contrastes litológicos, agrupando las unidades a escala de trabajo 1:10000; en dichos recorridos se realizaron 68 estaciones, como lo describe la **Tabla 5-11**, a continuación:

Tabla 5-11 Estaciones realizadas en campo.

PUNTO	X	Y	COTA	ID ESTACIÓN
1	957035	606573	1766	Pm1
2	954774	604986	1855	Pg9
3	954840	605081	1802	Pg8
4	956876	604375	1891	Pg7
5	956697	605091	1806	Pg6
6	948304	590912	2499	Pg57
7	947908	591764	2544	Pg56
8	948527	592057	2658	Pg55
9	949234	592222	2672	Pg54
10	948708	592374	2721	Pg531
11	949570	593226	2855	Pg53

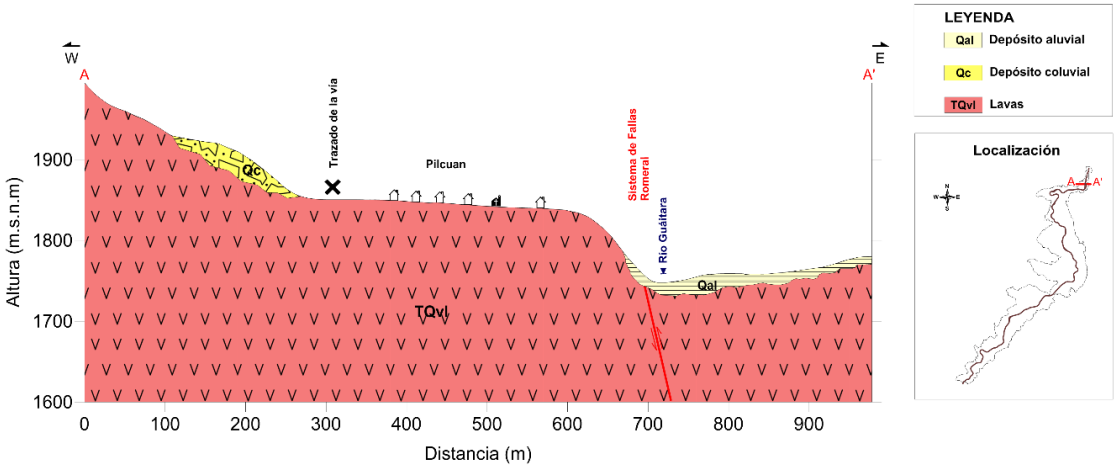
PUNTO	X	Y	COTA	ID ESTACIÓN
12	949999	593637	2876	Pg51
13	950627	594516	2873	Pg50
14	956696	605508	1793	Pg5
15	950858	594509	2930	Pg49
16	951330	595549	3033	Pg48
17	951689	595979	3052	Pg47
18	952329	595798	2988	Pg46
19	951956	594912	2859	Pg45
20	951784	594774	2836	Pg44
21	954013	596441	2846	Pg43
22	954906	597003	2762	Pg42
23	954992	596945	2754	Pg41
24	955429	598186	2815	Pg40
25	956774	605767	1779	Pg4
26	955806	598281	2740	Pg39
27	955380	597447	2734	Pg38
28	955199	596968	2717	Pg37
29	955388	596479	2724	Pg36
30	955702	595799	2387	Pg35
31	956223	600511	2116	Pg34
32	955995	600503	2149	Pg33
33	953987	601955	2526	Pg32
34	954415	601628	2463	Pg31
35	954924	601937	2363	Pg30
36	956829	605994	1773	Pg3
37	955191	601385	2309	Pg28
38	955135	600975	2274	Pg27
39	955352	601161	2226	Pg26
40	955438	601226	2219	Pg25
41	955357	602207	2092	Pg24
42	955351	602309	2083	Pg23
43	955290	602355	2078	Pg22
44	955222	602376	2073	Pg21
45	954846	602417	2047	Pg20
46	957015	606514	1765	Pg2
47	955126	603304	1961	Pg19
48	954598	603414	1933	Pg18
49	954332	603491	2017	Pg17
50	954607	604427	2039	Pg16
51	954582	604966	1936	Pg15
52	954672	604693	1959	Pg141
53	954668	604392	2023	Pg14
54	954713	604470	1966	Pg13
55	954704	604531	1949	Pg12
56	953964	604770	1900	Pg11
57	954244	605159	1866	Pg10
58	955128	601807	2340	P29
59	951669	595973	3091	Gm7

PUNTO	X	Y	COTA	ID ESTACIÓN
60	951323	595526	3064	Gm6
61	953707	598516	2829	Gm5
62	952617	598783	2920	Gm4
63	954991	604371	1855	Gm3
64	955240	604795	1831	Gm2
65	955228	604910	1797	Gm1
66	957002	606623	1783	G3
67	957016	606659	1784	G2
68	957054	606779	1786	G1

Fuente: Consorcio SH.

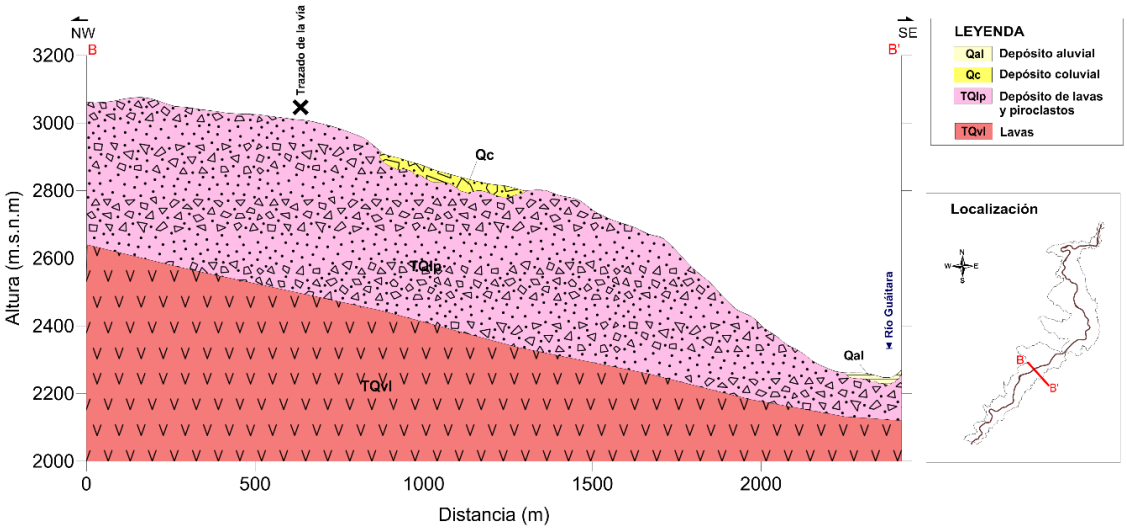
Localmente, el área de influencia se encuentra cubierta, predominantemente, por depósitos volcano-sedimentarios y volcánicos (**Figura 5.4** y **Figura 5.5**) que, en general, se asocian a erupciones de volcanes extintos o activos, como el Volcán Galeras; dicha sucesión se describe a continuación, de la más antigua a la más reciente (**Figura 5.7**), y se presenta en el **Anexo Cartográfico, Mapa N°5. Geología**.

Figura 5.4 Perfil geológico representativo 1, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.5 Perfil geológico representativo 2, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.1.2.1 **Lavas (TQvl).**

Las lavas identificadas se encuentran sobre la vía que de Pedregal conduce a Pilcuan Viejo, para el trazado desde el PK 45+00 hasta el PK 42+00, formando la Caldera de Imués, que aún conserva la morfología volcánica. Los diferentes flujos tienden a tener formas tabulares, comúnmente reposan en los valles de los ríos Sapuyes y Guáitara, modelando una topografía abrupta, consistente en valles en V, muy estrechos, profundos y escalonados. Dentro del área de influencia representa el 2,5%, correspondiente a 99,4 ha aproximadamente.

Se intercalan con otros flujos de lava o con depósitos piroclásticos de flujo y, generalmente, se presentan como lavas macizas y en bloque. Las principales estructuras, mostradas por los diferentes flujos, son fracturamiento, por flujo laminar en estado plástico o semisólido, y fracturamiento columnar, por enfriamiento (**Fotografía 5.1**); durante el trabajo de campo se identificaron dos familias principales de diaclasas predominantes en esta unidad geológica, una con una disposición de N64°E/79SE y otra con N17°W/85NE (**Fotografía 5.2**).

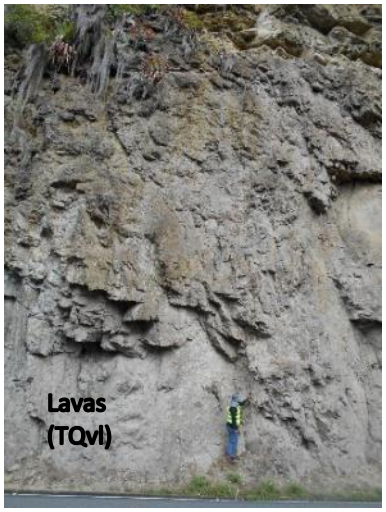
En estado fresco, estas rocas muestran una fuerte afinidad melanocrática, por lo cual exhiben colores entre grises, verdes y negros; cuando se meteorizan los colores resultantes son entre amarillo y marrón, debido a la oxidación de los minerales máficos. En general, predominan las texturas porfiríticas, con matriz afanítica y fenocristales subhedrales, que pocas veces sobrepasan los 2 mm en su longitud mayor, y corresponden a plagioclasas, anfíboles, biotita, piroxenos y escasamente cuarzo (**Fotografía 5.3**). Dependiendo de la variación en el contenido de cuarzo, en general, se clasifican como andesitas o dacitas. Las lavas pertenecientes a esta actividad volcánica son relacionadas con el hiato regional existente en el sur de Colombia y asociado con la Orogenia Andina.

Fotografía 5.1 Flujos de lava con estructuras de flujo por enfriamiento.

Ubicación X: 957016, Y: 606659. Municipio Imues

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.2 Lavas andesíticas intensamente fracturadas.



Ubicación X: 955240, Y: 604795. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.3 Roca melanocrática con fenocristal de anfíbol embebido en matriz afanítica.

Ubicación X: 955240, Y: 604795. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

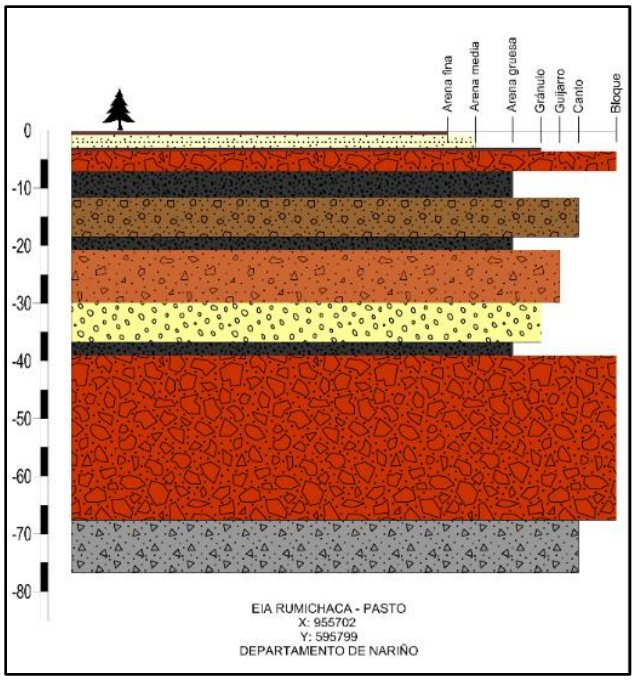
5.1.1.2.2 **Lavas y piroclastos (NQlp).**

Más de la mitad del recorrido por donde se proyecta el corredor vial (85,6%) se evidencia la presencia de esta unidad geológica, conformada por depósitos piroclásticos de flujo y caída que, generalmente, se encuentran en avanzado estado de meteorización, generando suelos residuales arcillosos de color pardo, gris y blanco; algunos de los depósitos piroclásticos tienen un incremento de feldespatos dentro de su composición, razón por la cual desarrollan material caolinítico; a su vez, esta unidad genera morfologías aterrazadas, que han sido socavadas profundamente por el río Guáitara.

Inteterestratificados con estos depósitos piroclásticos, o bajo ellos, se encuentran derrames lávicos, de espesor considerable, que en algunas ocasiones se presentan como afloramientos aislados, a manera de ventanas, bajo los depósitos piroclásticos, y en otras, son extensiones que cubren varios kilómetros (**Fotografía 5.4**). Las acumulaciones de piroclastos, en general, muestran rocas leucocráticas, que conforman cenizas y tobas, con abundantes fragmentos de pómez, angulares a subredondeados, de tamaño variable entre ceniza y bomba, que en general poseen líticos oxidados y muestran una tonalidad rojiza, debido a la oxidación de minerales ferromagnesianos (**Fotografía 5.5**), principalmente, los asociados a dacitas, riolitas y pumitas; éstos son matriz soportados, que en algunos sectores se encuentran como aglomerados piroclásticos, mientras en otros son brechas piroclásticas (**Figura 5.6**).

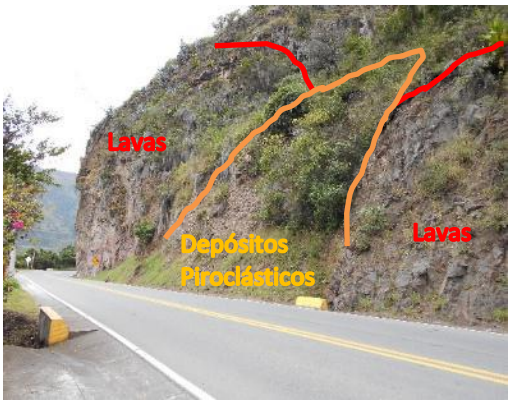
Las lavas son de composición fundamentalmente andesítica, de color gris, con diferentes tonalidades de verde, textura afanítica a porfirítica. En los fenocristales, predomina la plagioclasa y tienen como accesorios hornblenda y piroxeno, ocasionalmente biotita. La matriz es afanítica a vítrea (**Fotografía 5.6**).

Figura 5.6 Columna litoestratigráfica característica de los depósitos piroclásticos.



Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.4 Afloramiento de lavas y depósitos piroclásticos.



Ubicación E: 957002, N: 606623. Municipio Imues. - Ubicación E: 955061, N: 604071. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.5 Detalle litología depósitos piroclásticos.

Fotografía 5.6 Detalle litología lavas.

Ubicación E: 954668, N: 604392. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Ubicación E: 954668, N: 604392. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Unidad de suelo residual**

Dentro de esta unidad se presenta una capa importante de suelo residual arcilloso de color pardo, gris o blanco caracterizado por ser deleznable e incompetente, que tiene su origen en el desarrollo del perfil de meteorización y que posee una estrecha relación con la composición mineralógica de la unidad lavas y piroclastos (NQlp), sobre todo si los depósitos piroclásticos, descritos anteriormente, tienen un alto contenido de feldespatos dentro de su composición, los cuales en condiciones de hidrólisis muy fuerte se degradan en minerales del grupo del caolín. En campo se observó que esta unidad de suelo se encuentra íntimamente relacionada con la presencia de agua subsuperficial, lo que hace que se sature y se presenten procesos de remoción en masa puntuales de magnitud menor, pero recurrentes en todos los cortes antrópicos realizados. Esta unidad se encuentra entre el PK 30+100 – PK 26+800 y el PK 24+700 – PK 20+00.

Fotografía 5.7 Afloramiento de suelo residual con afloramiento de agua subsuperficial

Ubicación E: 955200, N: 596968. Municipio Contadero

Fuente: Consorcio SH.

5.1.1.2.3 Depósitos de Cenizas de Rumichaca (Qdcr).

Estos depósitos volcano-sedimentarios, pertenecen a varias generaciones de sedimentos arenosos y limo-

arenosos, con intercalaciones de pumitas de caída. El espesor de esta secuencia puede alcanzar 200 m, en el cañón del río Guáitara, al sur del municipio de Ipiales. Esta unidad se caracteriza por suavizar la topografía, en especial de las zonas de menor pendiente y, en general, ocupa un área de 136,3 ha, correspondiente al 3,4 % del área de influencia del presente EIA.

Los estratos, en general, se componen de capas de espesor decimétrico a centimétrico, formadas por arenas finas y limos, producto del transporte eólico de cenizas volcánicas, que revelan condiciones climáticas secas durante su depositación, que se intercalan con depósitos de caída de ceniza y pómez, de espesor variable, entre unos pocos centímetros y más de dos metros. Los episodios de caída de pómez registran un intenso volcanismo cuaternario en la zona; dicha pómez se encuentra altamente vesiculada, de color blanco, con algunos cristales de hornblenda y biotita.

5.1.1.2.4 **Depósitos coluviales (Qco).**

Estos depósitos están constituidos por detritos angulares de diferente tamaño, mal seleccionados y con bajo contenido de matriz. En general, son clasto-soportados y predomina una litología única dentro del depósito (**Fotografía 5.8**). Estas acumulaciones son recientes y continúan presentándose, como resultado de la dinámica terrestre, el clima y la actividad antrópica; por esta razón su ocurrencia es común, especialmente en la zona montañosa, debido a su origen gravitatorio o por procesos de remoción en masa; se encuentran relacionados con cambios morfológicos fuertes, con sectores donde las unidades de rocas se encuentran intensamente meteorizadas o donde las rocas tienen un alto grado de fracturamiento. Dentro del área de influencia ocupan un 3,9%, correspondiente a 156,2 ha, aproximadamente, e involucran los tramos: PK 44+300 – PK 44+200, PK 43+900 – PK 43+500, PK 42+700 – PK 42+00, PK 39+600 – PK 38+00. Generalmente, Esta unidad geológica mantiene un bajo grado de consolidación debido a su composición heterogénea, ya que al ser de un origen volcánico, estos materiales tienden a ser más vulnerables al intemperismo y a la meteorización, de acuerdo con lo anterior sobre estos depósitos se pueden desencadenar procesos de remoción en masa principalmente en zonas de acumulación de aguas sub-superficiales y de altas pendientes.

Fotografía 5.8 Panorámica hacia un depósito de coluvión.

Ubicación X: 955240, Y: 604795. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

5.1.1.2.5 **Depósitos aluviales (Qal).**

Los sedimentos aluviales que se encuentran en el área de influencia del presente EIA, están asociados a los cauces principales de ríos y quebradas, donde su extensión y espesor son inversamente proporcionales a la profundidad y estrechez del valle generado, de forma que en los valles en V, incisos y cerrados, se generan espesores decimétricos que cubren áreas muy pequeñas; mientras que en los valles en V, más amplios, los espesores son métricos y las áreas que cubren estos sedimentos son de más de 50 m en promedio, tal como se observa en la zona de la desembocadura del donde el río Sapuyes sobre el río Guáitara, donde hay un desarrollo de terrazas aluviales, que fueron depositadas mientras los cauces fueron diseccionando la topografía. La morfología de las terrazas es plana, amplia y la litología se encuentra conformada por gravas, de tamaño bloque a guijo, de composición muy variable y matriz de arena media a gruesa, esporádicamente estos depósitos se encuentran conformados únicamente por arenas gruesas (**Fotografía 5.9** y **Fotografía 5.10**).

Fotografía 5.9 Depósito aluvial rio Guáitara.

Ubicación E: 957002, N: 606623. Municipio Imues

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.10 Depósito aluvial alargado.

Ubicación E: 957002, N: 606623. Municipio Imues

Fuente: Consorcio SH.

En general, los depósitos aluviales están conformados por partículas subangulares a subredondeadas (dependiendo del transporte al que fueron sometidas), con o sin matriz, de composición litológica variada, que corresponde en su mayoría a las rocas volcánicas y volcano-sedimentarias que cubren el área por donde el cauce drena. Cuando la matriz se encuentra presente, corresponde a una mezcla limo – arcillosa (relación 70-30%), se encuentran imbricados y organizados de forma grano de creciente (**Fotografía 5.11**). Los espesores de los depósitos aluviales en el área de influencia pueden alcanzar hasta de 5 m, de acuerdo con las observaciones de campo. Por la naturaleza del ambiente de depositación que los generó, las permeabilidades en este tipo de depósitos suelen ser altas, con una alta porosidad, aunque pueden variar según la cantidad de matriz presente en el mismo.

Fotografía 5.11 Depósito aluvial de sedimentos de composición ígnea que fueron retrabajados por la corriente, se observa grano de crecimiento dentro del depósito.

Ubicación E: 957054, N: 606779. Municipio Imues

Fuente: Consorcio SH.

5.1.1.3 Geología estructural.

El área de influencia del presente EIA se encuentra localizada en el Nudo de los Pastos, donde se comienzan a dividir dos de las tres cordilleras colombianas; esto hace que la tectónica del sector sea compleja, debido a que convergen megaestructuras, que se encuentran enmascaradas por grandes espesores de depósitos volcánicos y volcano-sedimentarios neógenos y cuaternarios, lo que hace difícil su identificación. Su estilo estructural está dominado por fallas de alto ángulo, de dirección N-NE, que producen una deformación notoria en la Cordillera Occidental, debido al proceso continuo de acreción y subducción del plateau oceánico (**Figura 5.7**).

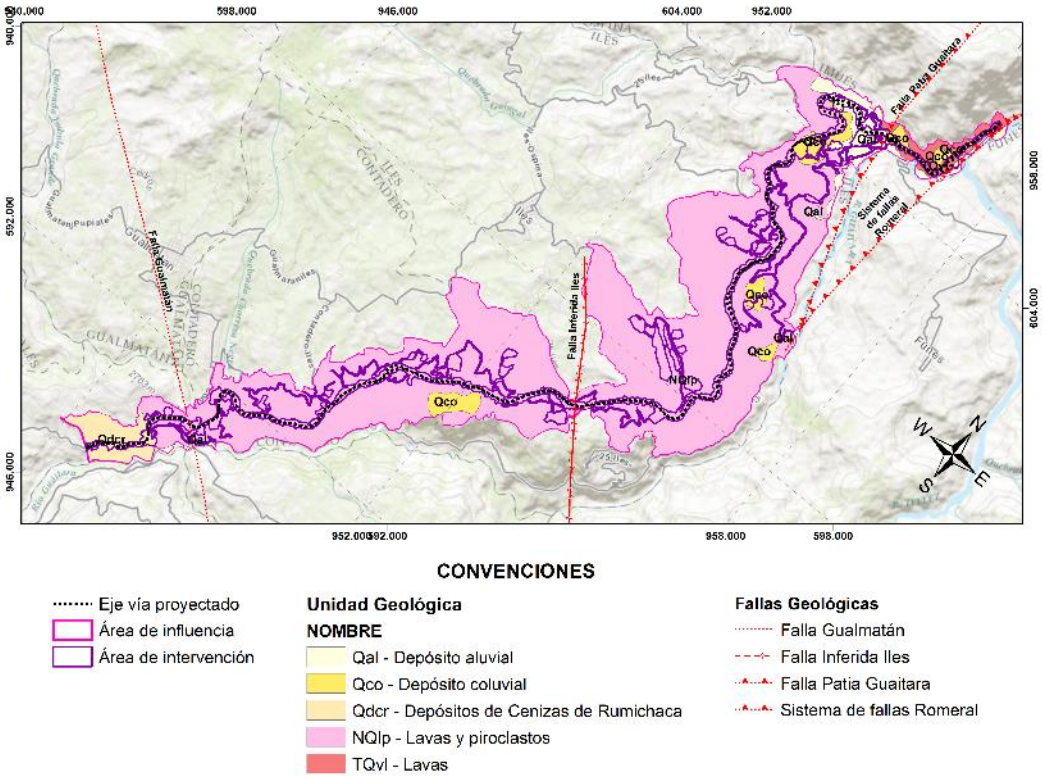
Las estructuras geológicas, cartografiadas en esta área, evidencian la actividad tectónica que ha dado la expresión actual del sistema montañoso de Los Andes del Norte, especialmente, la porción que corresponde a la diferenciación entre Los Andes Ecuatorianos y Los Andes de Colombia. Estos procesos tectónicos se han interpretado como originados por diferentes mecanismos geodinámicos, como por ejemplo la migración del sistema de cabalgamiento subandino, que comenzó en el Mesozoico y continuó progresivamente durante el Cenozoico, y aun en el Cuaternario (Noblet et al., 1996, en Velandia, 2001), o como tectonismo de plegamiento de antepaís, con avance principal hacia el oriente, desde Perú, en dirección a Ecuador y Colombia (Butler, 1983; Mojica & Franco, 1992; Coney & Evenchick, 1994, en Velandia, 2001).

El trazado vial propuesto se encuentra intervenido por varios lineamientos de falla, entre esos la Falla Patía – Guáitara en el PK 42+00, la Falla inferida de Iles en el PK 28+300, la Falla de Gualmatán en el PK 18+400 y el Sistema de Fallas de Romeral, que se encuentra controlando el cauce del río Guáitara, paralelo al trazo de la vía entre el PK 43+300 y 45+00. A pesar de esto, en el área de influencia los rasgos morfológicos que dejan estas fallas son enmascarados por los depósitos volcano – sedimentarios, lavas y depósitos piroclásticos, asociados al volcanismo que domina la zona; por esto en campo solo se levantaron algunas discontinuidades presentes en las lavas, y que marcan los planos donde se pueden desarrollar procesos de remoción en masa puntuales, asociados a caída o desprendimiento de rocas; sin embargo, no se identificaron sectores con mayor fracturamiento asociado a las fallas que cruzan la vía, solo fue posible inferir algunos trazos por el control estructural de algunos cauces, identificados regionalmente en la imagen satelital del área, y por las fallas trazadas en las planchas geológicas del Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100.000, nombradas anteriormente. Como estas fallas son zonas de debilidad por donde la energía de un eventual sismo va a tender a desplazarse con mayor facilidad, se pueden generar procesos de inestabilidad asociados a dichas fallas al momento de generarse un movimiento telúrico.

5.1.1.3.1 Sistema de Fallas Romeral.

En general, este sistema de fallas es la expresión morfológica de una paleosutura formada durante la subducción del Jurásico – Cretácico Inferior, que en el sector pone en contacto al Altiplano Nariñense con la Cordillera Centro-Oriental y controla tectónicamente la Caldera Imúes y el trazo del río Guáitara, al norte, después de Pilcuan Viejo. Su trazo tiene un buzamiento de alto ángulo y un rumbo N – S, que pone en contacto las rocas más antiguas del Precámbrico (Complejo Migmatítico de La Cocha – Río Tellez) con las rocas del Grupo Diabásico del Cretácito y las rocas neógeno – cuaternarias de origen volcánico.

Figura 5.7 Unidades Geológicas y estructuras locales para el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.1.3.2 Falla Patía – Guáitara.

Esta falla controla el trazo del río Guáitara al sur, después de Pilcuan Viejo hasta la desembocadura del río Angasmayo, con una orientación N35°W y un alto grado de buzamiento; esta falla pone en contacto las rocas de metasedimentos y metabasaltos del Grupo Diabásico del Cretácico, con metamorfismo de las facies zeolita, prenhita – pumpellita y facies esquisto verde, con stocks ígneos hipoabisales, de composición dacítica y andesítica de edad terciaria y las rocas sedimentarias detríticas de la Formación Esmita.

5.1.1.3.3 Falla Iles

Falla de rumbo sinestral, considerada como falla del basamento, con dirección NW-SE, que corta y desplaza las unidades más antiguas a profundidad y estructuras más recientes, que poseen orientación NE-SW; su trazo, en general, se encuentra cubierto por los depósitos piroclásticos y de flujo que suavizan el terreno, haciendo compleja su identificación fotogeológica.

5.1.1.3.4 Falla Gualmatán.

Falla de alto ángulo con buzamiento al sureste, de rumbo sinestral con componente normal NW-SE, esta falla

se encuentra controlando el curso del río Boquerón, el cual pasa entre el municipio de Contadero y el corregimiento de San Juan, municipio de Ipiales; evidenciando tramos rectilíneos y un control físico sobre el cauce.

5.1.1.4 Amenazas.

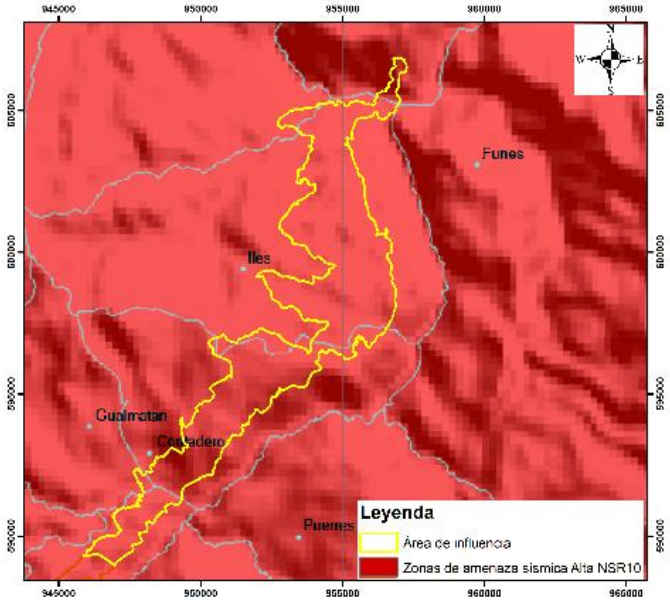
5.1.1.4.1 Amenaza sísmica.

El área de influencia es sísmicamente activa. Debido a la actividad volcánica que allí se ha presentado, a través de los años, se esperan temblores muy fuertes, con aceleración efectiva entre 0.30 y 0.35, es considerada una zona de amenaza sísmica alta (**Figura 5.8**). La aceleración pico efectiva (Aa) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño, contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre (g = 980 cm/s). El valor del parámetro Aa se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

Según el mapa de intensidad sísmica máxima (2015), observada para el área de influencia del presente EIA, se define que en se han presentado sismos, cuya intensidad puede generar un daño moderado (**Figura 5.9**).

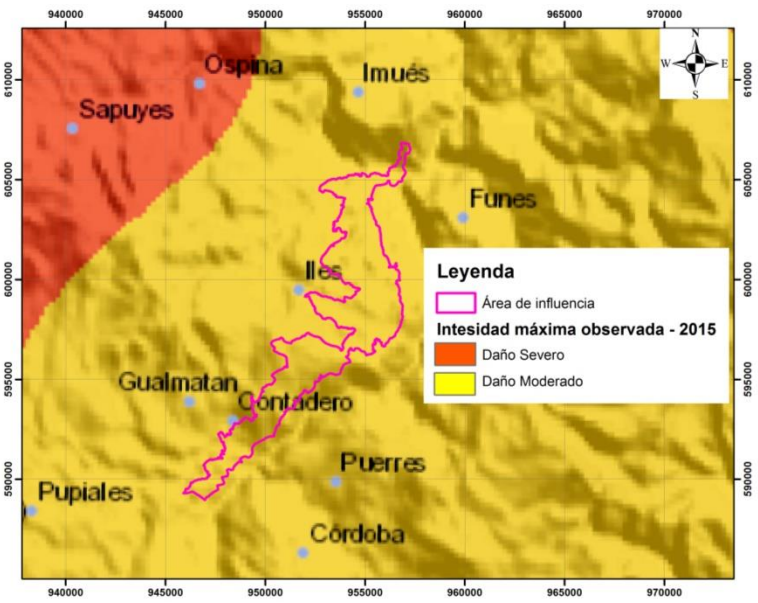
El mapa de amenaza sísmica, representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno, que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia; este movimiento del terreno se calcula en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA), y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un tiempo de 50 años, tiempo estimado de vida útil de una construcción corriente. Estas probabilidades se asocian con la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) de los sismos potencialmente destructores: De ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2475 años), frecuentes (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años). Para la región donde se encuentra el área de influencia, se estima que el movimiento del terreno en términos de aceleración horizontal de la roca (PGA) está entre 200 y 250 cm/sg2, para un periodo de retorno de 475 años (**Figura 5.10**).

Figura 5.8 Valores de Aa (aceleración pico e efectiva) EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



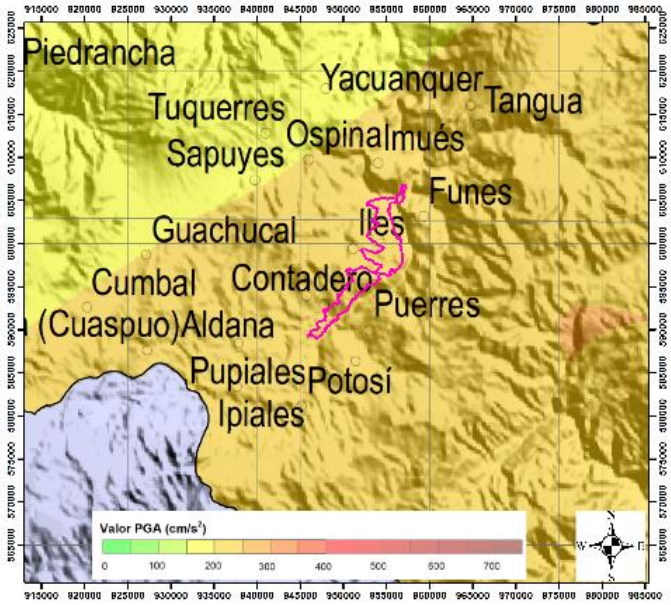
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2016.

Figura 5.9 Intensidad sísmica máxima observada 2015.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2016

Figura 5.10 Amenaza sísmica del área de influencia en un periodo de retorno de 475 años.



Fuente: INGEOMINAS, 2010.

Por otra parte, y según la Red Sismológica Nacional del Servicio Geológico Colombiano, entre los años 1993 y 2017, en los municipios de Contadero, Gualmatán, Ipiales, Imues, Funes e Iles se han presentado sismos con magnitudes entre 0.9 y 3.9. En la **Tabla 5-12** se observa la información respecto a la hora, fecha, ubicación, magnitud y profundidad a la cual se registraron dichos sismos y en la **Figura 5.11** se pueden apreciar los sismos más cercanos al proyecto, donde la distancia de estos respecto al trazado de la vía varía desde unos pocos metros (como es el caso del sismo registrado en inmediaciones del PK 36+500) hasta un poco menos de tres kilómetros, en cercanías a la Aldea de María; cabe resaltar que los sismos más cercanos han tenido una profundidad que varía entre 0 y 30 Km (identificados con el color rojo) y una magnitud de momento (Mw) que no supera la magnitud 3 (correspondiente a la circunferencia de menor diámetro).

Tabla 5-12 Sismos recientes en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal

	FECHA	HORA UTC	MAGNITUD	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	PROF.
	AAAA/MM/DD	HH:MM:SS		GRADOS	GRADOS		KM
1	03/06/1993	14:16:10	2.8	-77.796	.549	IPIALES	105.2
2	25/09/1993	20:41:37	2	-77.34	.993	FUNES	1.1
3	31/03/1994	10:39:40	2.8	-77.392	1.008	FUNES	0
4	04/06/1994	05:30:20	3.2	-77.84	.3	IPIALES	130
5	20/11/1995	10:25:29	1.8	-77.426	1.028	FUNES	100
6	23/04/1996	04:50:30	2.2	-77.862	.346	IPIALES	151.7
7	15/03/1998	15:45:00	2.3	-77.489	1	FUNES	9.3
8	14/11/1998	01:59:13	1.3	-77.493	1.085	IMUES	11.6
9	17/11/1998	04:54:03	1.6	-77.413	1.022	FUNES	11
10	07/12/1998	01:37:04	1.8	-77.655	.829	IPIALES	6.3

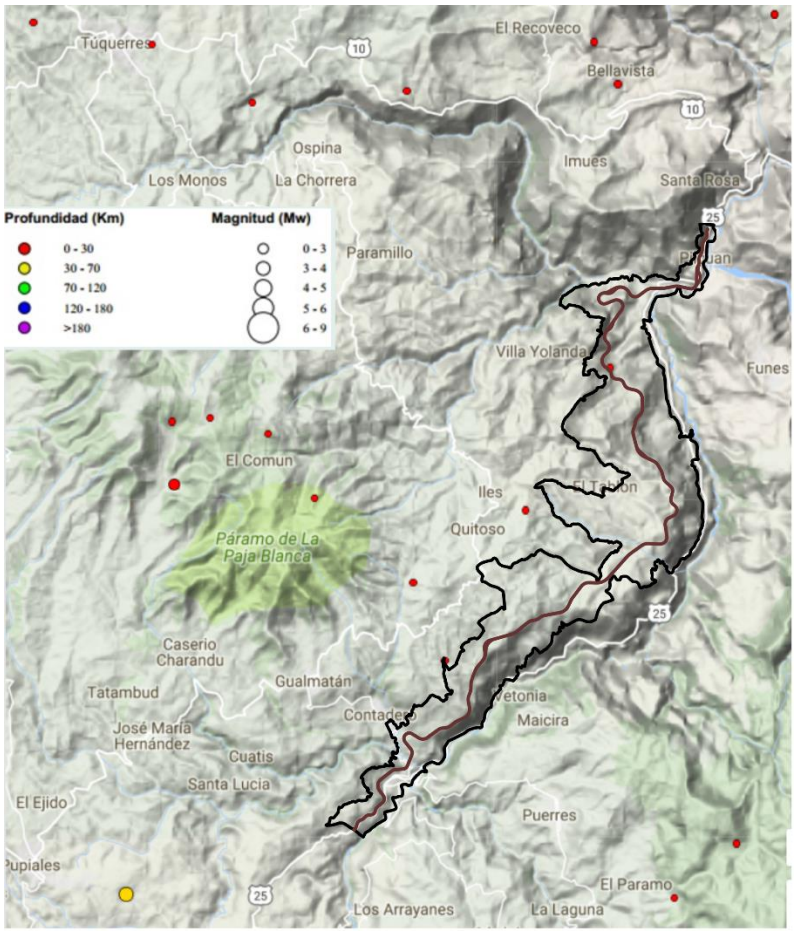
	FECHA	HORA UTC	MAGNITUD	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	PROF.
	AAAA/MM/DD	HH:MM:SS		GRADOS	GRADOS		KM
11	25/05/1999	00:24:33	3.4	-77.585	.977	ILES	0
12	14/11/2000	21:03:17	3	-77.395	.96	FUNES	0
13	07/01/2005	07:48:52	3.6	-77.785	.425	IPIALES	4
14	09/05/2005	20:21:19	3.9	-77.602	.969	GUALMATAN	3.9
15	15/08/2007	20:17:18	2.4	-77.44	.98	FUNES	69.9
16	25/10/2007	11:00:13	1.7	-77.632	.774	IPIALES	64.6
17	08/08/2009	07:29:51	2.4	-77.94	.194	IPIALES	3.8
18	27/11/2009	04:56:12	1.9	-78.072	-.1	IPIALES	111.4
19	05/04/2010	05:29:37	1.9	-77.297	.943	FUNES	21.4
20	12/06/2010	05:27:15	2.7	-77.362	.908	FUNES	24.5
21	12/08/2010	09:06:18	1.4	-77.292	.901	FUNES	0
22	24/09/2010	06:22:42	1.9	-77.304	.88	FUNES	.5
23	25/09/2010	10:07:50	.9	-77.285	.894	FUNES	0
24	01/10/2010	20:38:30	1.7	-77.328	.921	FUNES	4.2
25	04/03/2011	07:43:01	2.1	-77.566	.966	ILES	3.9
26	04/03/2011	07:57:46	2	-77.578	.983	ILES	4
27	21/03/2011	05:47:21	2	-77.701	.771	IPIALES	0
28	20/07/2011	03:21:56	1.1	-77.308	.98	FUNES	0
29	24/05/2012	02:02:55	1.7	-77.802	.462	IPIALES	12.9
30	04/06/2012	02:48:43	2.6	-77.881	.12	IPIALES	0
31	19/06/2012	18:39:23	2.1	-77.853	.223	IPIALES	0
32	01/10/2012	18:57:05	2.6	-77.285	.898	FUNES	4
33	03/11/2012	07:56:29	1.6	-77.737	.618	IPIALES	0
34	21/01/2013	05:47:59	1.9	-77.774	.304	IPIALES	85.2
35	17/05/2013	11:53:51	2.7	-77.311	.872	FUNES	4
36	17/05/2013	12:12:07	2.7	-77.366	.934	FUNES	0
37	17/05/2013	12:26:01	2.2	-77.401	.953	FUNES	22
38	17/05/2013	12:45:41	1.9	-77.428	.969	FUNES	31.1
39	17/05/2013	14:51:06	2.8	-77.325	.883	FUNES	3.7
40	17/05/2013	12:09:44	2.8	-77.487	1.074	IMUES	26.9
41	18/05/2013	07:49:21	1.6	-77.286	.886	FUNES	.1
42	20/05/2013	12:33:24	1.8	-77.275	.929	FUNES	.4
43	20/05/2013	20:24:30	2.7	-77.324	.876	FUNES	3.6
44	11/06/2013	05:37:59	2.1	-77.531	.98	ILES	0
45	11/08/2013	05:30:38	1.6	-77.511	.963	ILES	4
46	16/01/2014	16:49:59	2	-77.4	1.018	FUNES	0
47	09/03/2014	01:56:09	2.5	-77.683	.589	IPIALES	0
48	09/03/2014	02:10:57	3.9	-77.674	.612	IPIALES	.2
49	09/03/2014	02:23:16	1.7	-77.834	.478	IPIALES	92
50	06/05/2014	15:04:41	3.7	-77.239	.861	FUNES	4.2
51	14/05/2014	08:42:16	2.5	-77.32	.917	FUNES	4.1
52	21/06/2014	05:59:17	2.1	-77.312	.941	FUNES	3.9
53	21/10/2014	00:46:03	1.5	-77.771	.347	IPIALES	28.1
54	27/04/2015	03:32:28	3.1	-77.308	.917	FUNES	4
55	25/09/2015	08:51:01	2.2	-77.18	.83	FUNES	16.5
56	01/10/2015	20:20:39	2.2	-77.805	.174	IPIALES	0
57	01/03/2016	00:02:37	1.4	-77.327	.902	FUNES	0
58	13/03/2016	20:17:19	2.5	-77.803	.235	IPIALES	0
59	20/03/2016	10:10:20	1.8	-77.821	.245	IPIALES	1.5
60	20/03/2016	10:13:06	2.5	-77.843	.282	IPIALES	0
61	12/06/2016	01:20:08	2.8	-77.941	.073	IPIALES	3.2

	FECHA	HORA UTC	MAGNITUD	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	PROF.
	AAAA/MM/DD	HH:MM:SS		GRADOS	GRADOS		KM
62	17/10/2016	04:50:26	1.8	-77.335	.943	FUNES	3.7
63	02/01/2017	19:44:09	2.6	-77.803	.232	IPIALES	0
64	28/02/2017	02:13:14	1.5	-77.532	.924	CONTADERO	4
65	28/02/2017	02:02:59	1.4	-77.54	.944	ILES	4.1

Fuente: Red sismológica Nacional, 2017, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

Del mismo modo, según el registro de sismos históricos de la Red Sismológica Nacional del Servicio Geológico Colombiano, en los municipios de Contadero, Gualmatán, Ipiales, Imues, Sapuyes, Funes e Iles se han presentado sismos con magnitudes entre 5.6 y 8.4, tal como lo registra la **Tabla 5-13**. En la **Figura 5.12** se clasifica la intensidad de los sismos, donde: El color rojo representa un daño severo, con magnitudes entre 8.1 y 5.9, se localiza a menos de 5 Km del trazado, el color naranja correspondiente a daño general, con magnitudes entre 6.3 y 6.1, se encuentra a 5 Km del trazado, el color amarillo identificado como daño moderado se ubica a 4 Km, con magnitudes que varían de 5.8 a 7.1, el color verde designado como daño leve localizado a menos de 4 Km del trazado, con magnitudes que van desde 5.8 hasta 6.3 y el color cyan que representa una intensidad fuerte, con magnitud de 6.1 a menos de 2 Km del trazado vial proyectado.

Figura 5.11 Distribución de sismos recientes en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



Fuente: Red sismológica Nacional, 2017, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

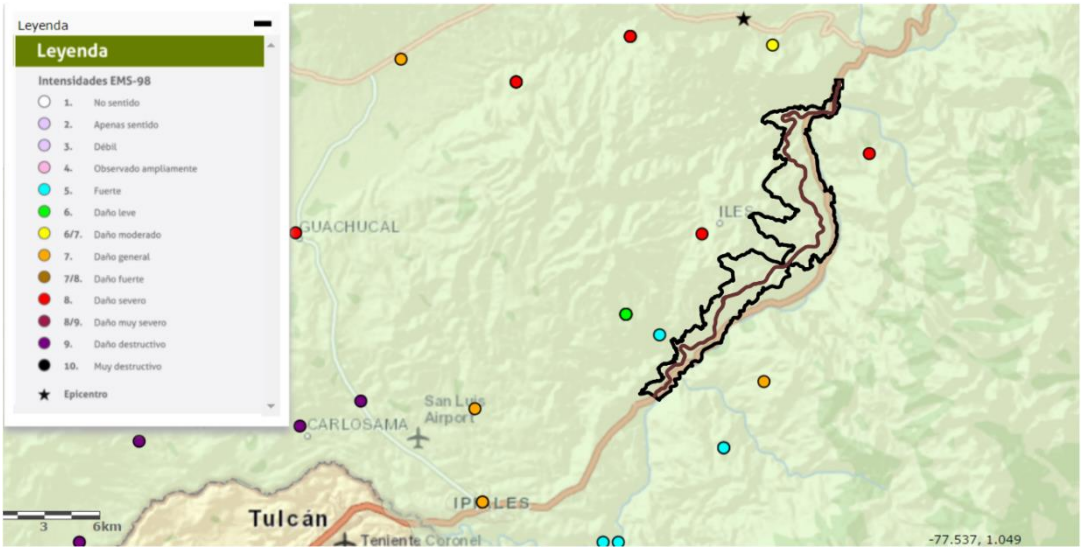
Tabla 5-13 Histórico de sismos en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal

	FECHA	HORA UTC	MAGNITUD	TIPO	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	PROF.
	AAAA/MM/DD	HH:MM:SS		MAGNITUD	GRADOS	GRADOS		KM
1	1827/11/16	18:00	7.1	MW	-75.52	1.8	Sapuyes	15
2	1834/01/20	07:00	6.7	MW	-76.93	1.1	Funes	15
3	1834/01/20	07:00	6.7	MW	-76.93	1.1	Gualmatán	15
4	1834/01/20	07:00	6.7	MW	-76.93	1.1	Ipiales	15
5	1834/01/20	07:00	6.7	MW	-76.93	1.1	Sapuyes	15
6	1906/01/31	10:36	8.4	MW	-79.37	0.99	Ipiales	20
7	1923/12/14	05:31	6.2	MW	-77.78	0.87	Ipiales	10
8	1926/12/18	20:50	6.3	ML	-77.5	1.1	Ipiales	20
9	1935/08/07	04:00	6.1	MW	-77.3	1.05	Funes	10
10	1935/08/07	04:00	6.1	MW	-77.3	1.05	Gualmatán	10

	FECHA	HORA UTC	MAGNITUD	TIPO	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	PROF.
	AAAA/MM/DD	HH:MM:SS		MAGNITUD	GRADOS	GRADOS		KM
11	1935/08/07	04:00	6.1	MW	-77.3	1.05	Gualmatán	10
12	1935/08/07	04:00	6.1	MW	-77.3	1.05	Iles	10
13	1935/08/07	04:00	6.1	MW	-77.3	1.05	Ipiales	10
14	1935/10/26	20:15	5.9	MW	-77.51	1.07	Gualmatán	10
15	1935/10/26	20:15	5.9	MW	-77.51	1.07	Gualmatán	10
16	1935/10/26	20:15	5.9	MW	-77.51	1.07	Iles	10
17	1935/10/26	20:15	5.9	MW	-77.51	1.07	Ipiales	10
18	1935/10/26	20:15	5.9	MW	-77.51	1.07	Sapuyes	10
19	1936/01/09	23:30	5.6	MW	-77.6	1.1	Ipiales	10
20	1936/01/09	23:30	5.6	MW	-77.6	1.1	Sapuyes	10
21	1936/07/14	18:00	6.3	MW	-77.7	1.17	Gualmatán	10
22	1936/07/14	18:00	6.3	MW	-77.7	1.17	Iles	10
23	1936/07/14	18:00	6.3	MW	-77.7	1.17	Ipiales	10
24	1936/07/14	18:00	6.3	MW	-77.7	1.17	Sapuyes	10
25	1947/07/14	02:00	6.1	MW	-77.23	1.3	Contadero	10
26	1947/07/14	02:00	6.1	MW	-77.23	1.3	Funes	10
27	1947/07/14	02:00	6.1	MW	-77.23	1.3	Imués	10
28	1947/07/14	02:00	6.1	MW	-77.23	1.3	Ipiales	10
29	1953/12/22	23:45	5.8	MW	-77.59	1.09	Gualmatán	10
30	1953/12/22	23:45	5.8	MW	-77.59	1.09	Iles	10
31	1953/12/22	23:45	5.8	MW	-77.59	1.09	Imués	10
32	1953/12/22	23:45	5.8	MW	-77.59	1.09	Ipiales	10
33	1953/12/22	23:45	5.8	MW	-77.59	1.09	Sapuyes	10
34	1958/01/19	09:07	7.6	MW	-79.49	1.01	Iles	27.5
35	1958/01/19	09:07	7.6	MW	-79.49	1.01	Imués	27.5
36	1958/01/19	09:07	7.6	MW	-79.49	1.01	Ipiales	27.5
37	1973/08/30	13:25	6.3	MW	-72.76	7.14	Ipiales	180
38	1979/12/12	02:59	8.1	MW	-79.36	1.6	Iles	25
39	1979/12/12	02:59	8.1	MW	-79.36	1.6	Ipiales	25
40	1994/06/06	15:47	6.8	MW	-76.07	2.85	Ipiales	12
41	2013/02/09	09:16	7	MW	-77.56	1.11	Funes	162
42	2013/02/09	09:16	7	MW	-77.56	1.11	Imués	162
43	2013/02/09	09:16	7	MW	-77.56	1.11	Ipiales	162
44	2013/02/09	09:16	7	MW	-77.56	1.11	Sapuyes	162

Fuente: Red sismológica Nacional, 2017, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

Figura 5.12 Sismos históricos en el área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



Fuente: Red sismológica Nacional, 2017, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

5.1.1.4.2 Amenazas geológicas

Las amenazas geológicas en el área de influencia están asociadas al volcanismo de la región incluyendo los flujos piroclásticos, caídas piroclásticas, flujos de lodo, flujos de lava, proyectiles balísticos, gases volcánicos y sismos volcánicos principalmente.

- **Amenaza volcánica.**

Las principales amenazas geológicas a la que está expuesta el área de influencia es la cercanía a los volcán Galeras, Azuflal, Chiles, Cumbal y Cerro Negro (**Tabla 5-14**). Cabe resaltar, que para el área de influencia del presente EIA únicamente los volcanes Galeras, Chiles y Cerro Negro representan amenaza.

Tabla 5-14. Características de volcanes aledaños a la zona de estudio.

NOMBRE	ALTURA (msnm)	CLASIFICACIÓN	ÚLTIMA ERUPCIÓN
Volcán Galeras	4276	Estratovolcán - caldérico	2014
Volcán Azufral	4070	Estratovolcán - caldérico	930 a.C.
Volcán Chiles	4748	Estratovolcán, dominantemente efusivo con evidencia de etapas altamente explosivas	Pleistoceno
Volcán Cumbal	4764	Estratovolcán	2014
Cerro Negro	4470	Estratovolcán, dominantemente efusivo con evidencia de etapas altamente explosivas	1999

Fuente: SGC, observatorio vulcanológico de Pasto, 2017.

El volcán Galeras es uno de los más activos de Colombia, está ubicado en el departamento de Nariño, a unos 9 Km al occidente de la ciudad de Pasto. En la zona de influencia del volcán se encuentran más de seis (6) municipios, entre los cuales se halla Iles, Ipiales, Funes y Contador, y más de siete (7) corregimientos. El Galeras es un estratovolcán andesítico, con una actividad que se ha caracterizado por erupciones de tipo explosivo.

Las principales amenazas, a las que se enfrenta el área de influencia de los volcanes Galeras, Chiles y Cerro Negro, son las siguientes:

- **Flujos Piroclásticos.**

Es una de las mayores amenazas a la que está sometida la comunidad que habita en inmediaciones de los volcanes, y corresponden a mezclas de fragmentos rocosos, escombros piroclásticos y gases que se mueven accionados por la gravedad, pueden ser secos y calientes; están acompañados por nubes piroclásticas, que pueden alcanzar lugares muy alejados, la velocidad de estos flujos puede alcanzar los 200 m/s, lo que los hace aún más peligrosos. En la región donde se encuentra el área de influencia la amenaza puede llegar a ser de media a alta, debido a la mezcla de estos gases.

- **Caídas Piroclásticas.**

Son fragmentos de rocas y pómez, lanzados del cráter del volcán con tamaños que varían desde <2 mm hasta 64 mm. Estos fragmentos pueden ocasionar incendios y son altamente tóxicos para la salud respiratoria de los seres vivos. El volcán Galeras representa amenaza baja para este ítem, mientras que para los volcanes Cerro Negro y Chiles la amenaza es de alta a media, a causa de piroclastos (ceniza y lapilli) que pueden ser transportados por el viento.

- **Flujos de Lodo (Lahares).**

Son mezclas de material volcánico y el material activo de los ríos. Su peligrosidad radica en el tamaño de grano, la pendiente o encajonamiento de los valles, y el contenido de agua. Este evento se produce por el derretimiento de glaciares o nevados, asociados al volcán donde ocurre la erupción, además de épocas de lluvias prolongadas. El área de influencia, en su parte sur, podría ser alcanzada por estos flujos de lodo, en la zona de influencia del volcán Chiles.

- **Flujos de Lava.**

Corresponden a corrientes de roca fundida, que salen del cráter del volcán o de grietas en sus flancos. Estos flujos tienden a canalizarse en los valles, su fluidez depende de la composición de la lava y de la morfología por la cual se transportan. En el área de influencia esta amenaza se considera baja.

- **Proyectiles Balísticos.**

Son fragmentos de roca, que pueden alcanzar varios metros de diámetro, expulsados desde el volcán, con un movimiento parabólico. Tienen la suficiente fuerza para impactar la superficie del terreno con brusquedad y ocasionar daños mayores en edificaciones y seres vivos. Debido a la lejanía de los cráteres, en el área de influencia la amenaza por proyectiles es baja para los volcanes Galeras y Cerro Negro, no obstante puede ser media para el volcán Chiles.

- **Gases Volcánicos**

Son gases que se encuentran en el interior del volcán y son expulsados en las erupciones; son altamente nocivos para la salud humana, en especial el ácido fluorhídrico (HF), que en altas concentraciones ocasiona asfixia en personas y animales. Otros gases expulsados son dióxido y monóxido de carbono, vapor de agua,

dióxido de azufre, ácido sulfhídrico, y cloro, letales en concentraciones altas. Por sus características, estos gases podrían alcanzar el área de influencia del presente EIA.

- **Sismos Volcánicos.**

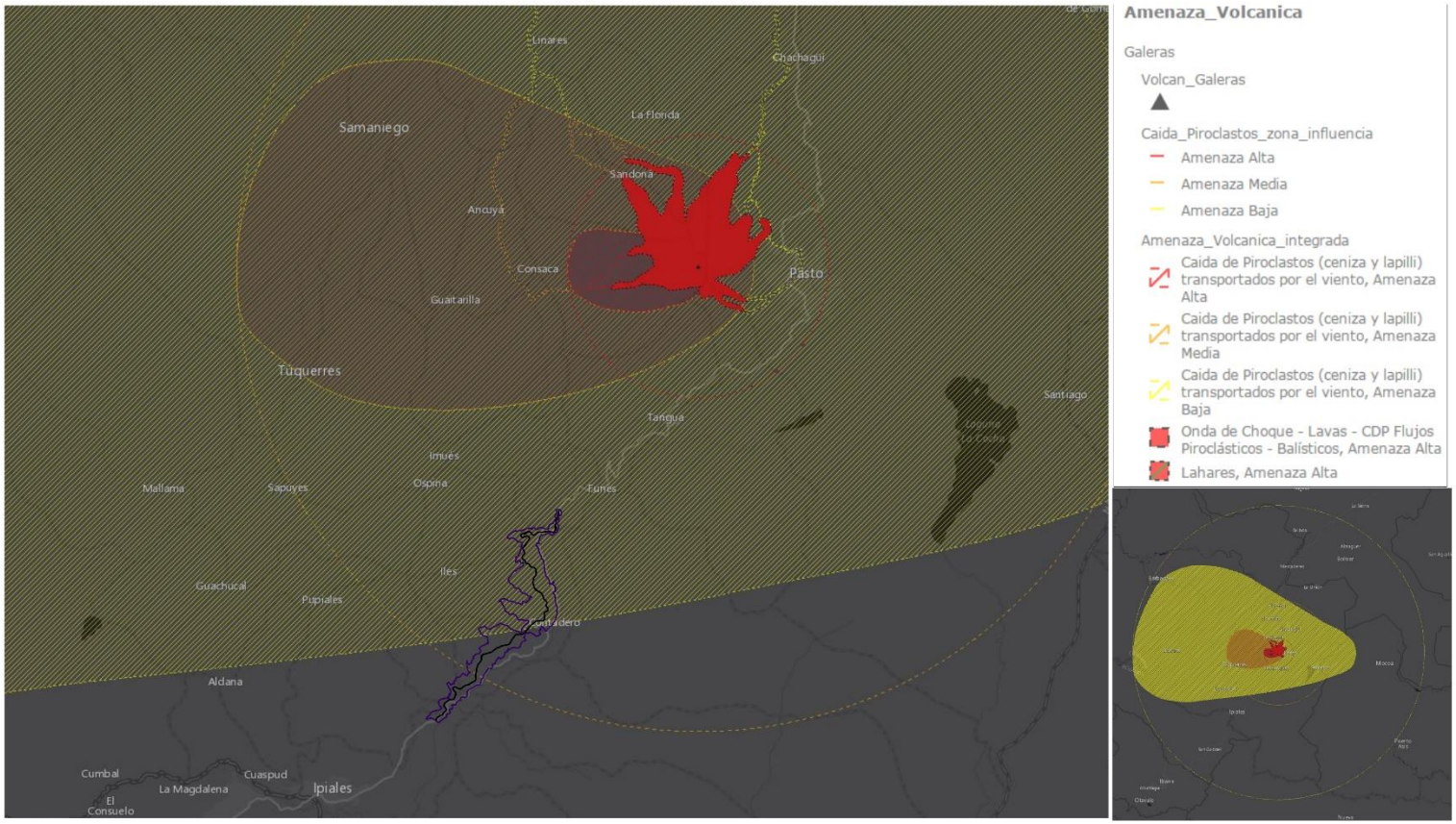
Son sismos ocasionados antes durante y después de la erupción del volcán, en sectores alejados del cráter no ocasiona daños severos, son monitoreados por los instrumentos de vigilancia del volcán. En el área de influencia estos sismos se presentan con magnitudes de 1.1 a 3.4ml.

A continuación, se presentan los mapas de amenaza de los volcanes Chiles, Galeras y Cerro Negro (**Figura 5.13, Figura 5.14** y **Figura 5.15**), elaborado a partir de la superposición de los eventos de flujos piroclásticos, lava, caída piroclásticas y flujos de lodo (lahares), y de la determinación de la severidad de cada uno estos por el Servicio Geológico Colombiano en el año de 2016 (última actualización).

- **Amenaza por remoción en masa**

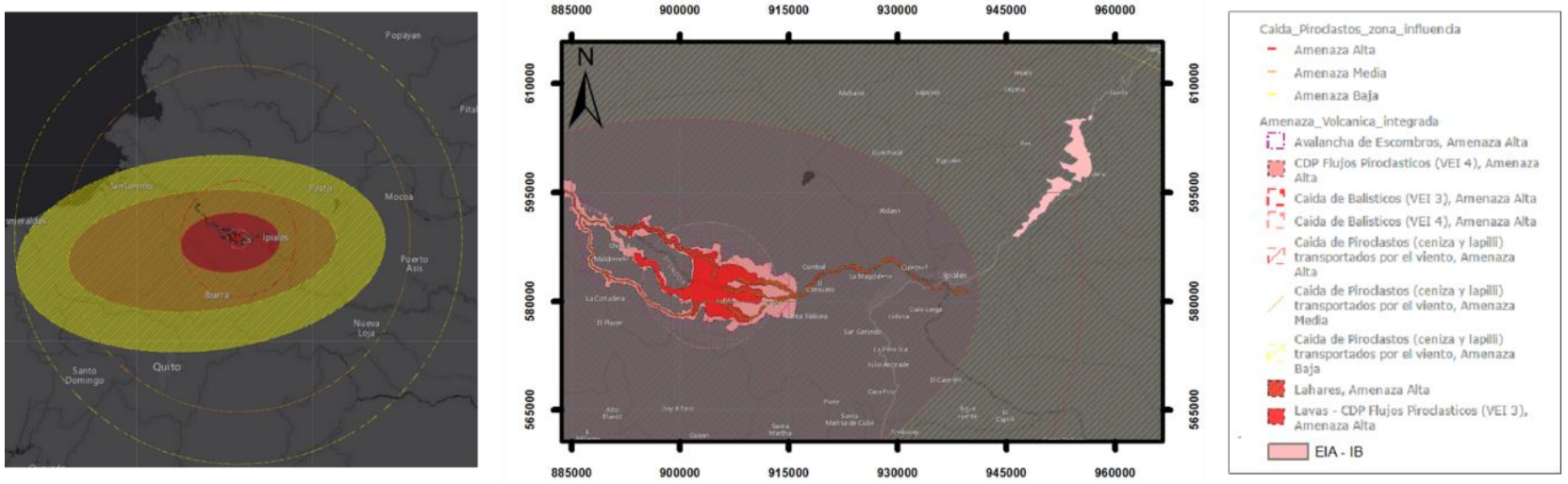
Los procesos de remoción en masa se presentan cuando se combinan diferentes factores que son detonantes de estos procesos, como la saturación de agua dentro de la roca, y varían en intensidad de acuerdo a las zonas donde se interrelacionan, el Servicio Geológico Colombiano, en el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa clasifica el área de influencia del proyecto como media – muy alta (**Figura 5.16**), sin embargo, más adelante, en el numeral **5.1.2.2.4 Morfodinámica** se describen y se profundiza en la caracterización de los procesos que se presentan sobre el área de influencia.

Figura 5.13 Amenaza volcánica - área de influencia del Volcán Galeras.



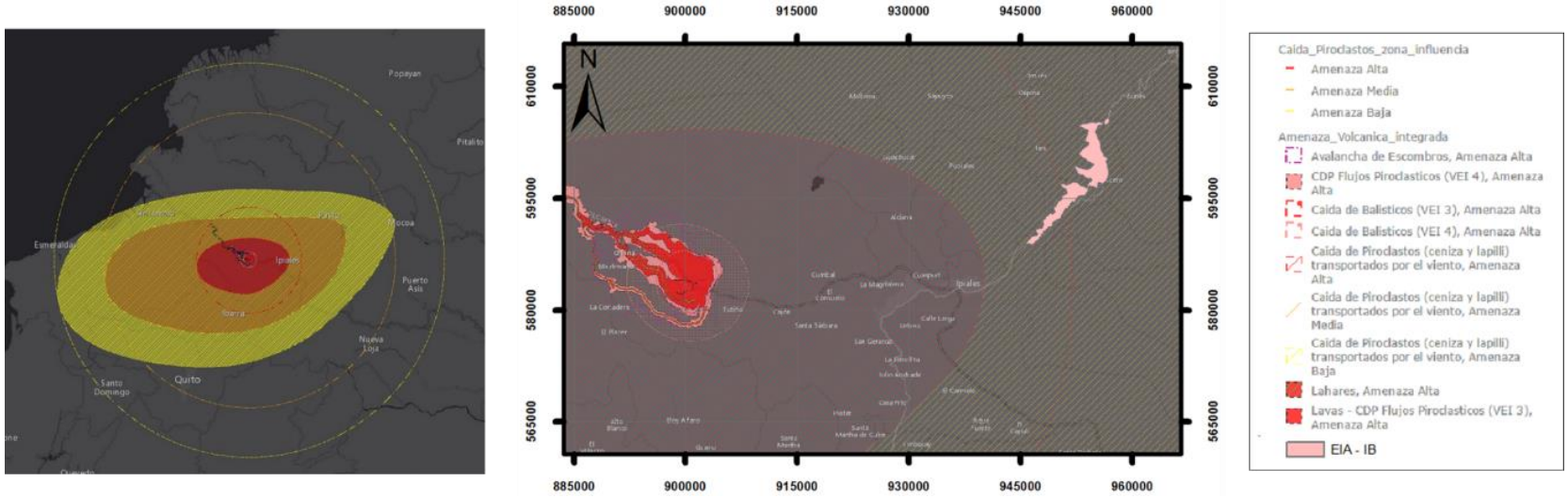
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2016.

Figura 5.14 Amenaza volcánica - área de influencia del Volcán Chiles.



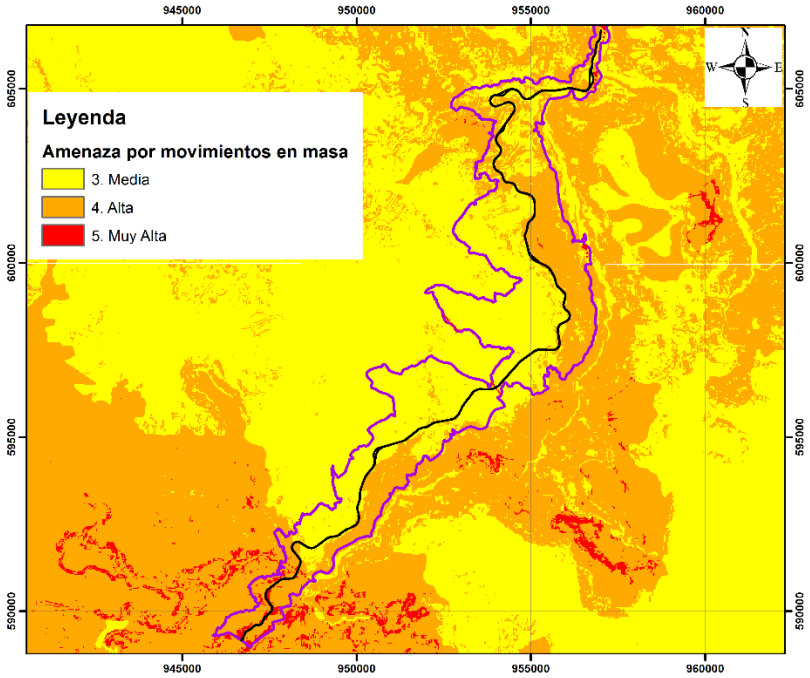
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2016.

Figura 5.15 Amenaza volcánica - área de influencia del Volcán Cerro Negro.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2016.

Figura 5.16 Amenaza regional por movimientos en masa área de influencia EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



Fuente: Mapa Nacional de Amenazas por Movimientos en Masa, 2016, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

5.1.2 Geomorfología.

La variedad de las geoformas identificadas el área de influencia, obedecen a la interacción dinámica de diferentes factores, ya sean de tipo geológico, hidrológico, procesos erosivos, entre otros, enmarcados en la variable tiempo; los cuales modelan el relieve dando como resultado diversos tipos de paisaje.

Para el análisis geomorfológico se empleó la siguiente Información:

- Propuesta metodológica para la estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia, elaborado por (Carvajal 2012).
- Una imagen Worldview multiespectral de 4 bandas (incluye: natural color, infrared color, 4-band pan-sharpened, 4-band bundle) del 19 de agosto de 2015, con resolución espacial de 0.5 m, que cubren el área norte.
- Una imagen Rapideye multiespectral de 5 bandas, del 27 de enero de 2016, con resolución espacial de 5 m, que cubre el área centro.

El análisis del componente geomorfológico, en el área de influencia del presente EIA, inicia con la consulta de las fotografías aéreas que cubren el área de influencia; sin embargo, la escala a la cual fueron adquiridas no ayuda a reconocer las unidades al nivel de detalle requerido y sugerido en la metodología propuesta por (Carvajal, 2012), para lo cual fueron analizados los aspectos de: morfografía, morfodinámica, morfoestructura y morfogénesis. En la **Tabla 5-15** se encuentra el listado de vuelos consultados, el año, el número de sobre y

la escala de adquisición.

Tabla 5-15 Vuelos y sobres consultados del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

PERIODO	VUELO	SOBRE	ESCALA	OBSERVACIÓN
2001 - 2010	C-2770	S-40342		Vuelo puntual sobre el casco urbano de Iles.
		S-40343		Vuelo puntual sobre el casco urbano de Córdoba.
		S-40344		Vuelo puntual sobre el casco urbano de Puerres.
1991 - 1995	C-2572-58-95	S-3764	1:58100	
	C-2572-62-95	S-37367	1:57300	
	C-2541-40-94	S-37008	1:40000	
	C-2541-45.8-94	S-37001	1:46400	
	C2449-63-91	S-36056	1:62500	
	C-2154-22-84	S-32368	1:23800	
	C-2144-24-84	S-32297	1:23700	
	C-2144-23-84	S-32296	1:21450	
	C-2144-24-84	S-32297	1:23100	
	C-2144-21-84	S-32299	1:21450	
	C-2191-34-85	S-32798	1:34400	
	C-2191-34-85	S-32802	1:34450	
	C-2191-38-85	S-32801	1:32100	
	C-2191-33-85	S-32803	1:32700	
	C-2128-19-84	S-32142	1:18500	
	C-2128-18-84	S-32143	1:18400	

Fuente: Consorcio SH.

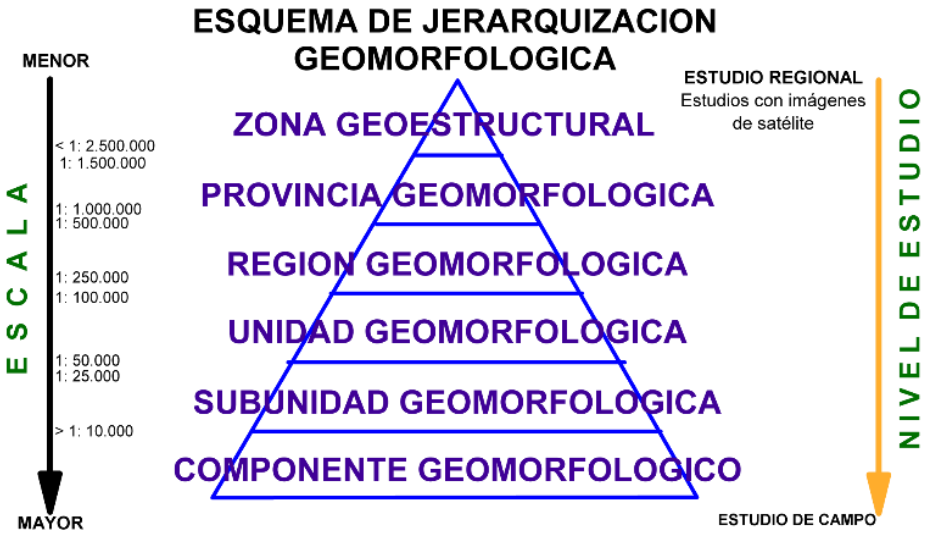
Teniendo en cuenta que las fotografías aéreas listadas en la **Tabla 5-15** fueron tomadas a escalas muy grandes, se convierten en una herramienta poco eficaz para adelantar un análisis multitemporal. De otra parte, durante los recorridos de campo, no se evidenciaron procesos de remoción en masa antiguos que indique un comportamiento inestable de las laderas y taludes. Vale la pena anotar que los procesos inestables identificados son recientes y están asociados a cortes sobre vías principalmente, por intervención antrópica.

5.1.2.1 Clasificación y categorización geomorfológica.

Para facilitar el análisis geomorfológico de una zona determinada se ha adoptado la jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2012); a continuación, se describen los niveles de la subdivisión geomorfológica, aplicada a la escala de trabajo del presente estudio (**Figura 5.17**).

De acuerdo a la jerarquización geomorfológica y a la escala de trabajo utilizada, se toma como referencia la subunidad geomorfológica (1:10.000, 1:25.000); esta categoría se encuentra definida fundamentalmente por los contrastes morfométricos, que relacionan las diferencias litoestratigráficas con la correspondiente topografía del terreno y los diferentes procesos morfodinámicos activos.

Figura 5.17 Esquema de jerarquización geomorfológica.



Fuente: Carvajal, 2012.

5.1.2.1.1 Geomorfoestructura o zona geoestructural.

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intra-continentales, caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales (megageoformas de origen tectónico), estando establecidas por una escala 1:2.500.000 (Carvajal, 2012). Para la zona de evaluación, ésta corresponde principalmente a una geomorfoestructura de cordillera, relacionada con el Nudo de Los Pastos y el sistema orogénico andino.

5.1.2.1.2 Provincia geomorfológica.

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente, se relaciona con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están delimitados por el trazo de megafracturas y suturas definidas o inferidas. Se diferencian y delimitan las formas del relieve, tomando como base sus características geológicas, morfológicas y geográficas, estando establecidas para escalas entre 1:1.000.000 – 1:500.000 (Carvajal, 2012). Para la región donde se localiza el área de influencia del presente EIA, se diferencia una (1) provincia geomorfológica, constituida por la Cordillera Central, separada por la megafractura del Sistema de Fallas de Romeral y, al oriente, definida por el Sistema de Fallas del Piedemonte, la cual está representada en esta región por el Sistema de Fallas Afiladores.

5.1.2.1.3 Regiones geomorfológicas.

Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos, afectados por procesos geomorfológicos similares. La escala de trabajo está definida entre 1: 250.000 y 1: 500.000 (Carvajal, 2012). De acuerdo a lo anterior, en la área de influencia se diferenciaron cuatro (4) regiones geomorfológicas: 1) Llanuras Aluviales, 2) Serranías denudacionales, 3) Edificios volcánicos y 4) Planicies antrópicas.

5.1.2.2 Descripción general de características geomorfológicas.

Para la escala de trabajo 1:10.000, se analizaron los aspectos de: a) Morfografía o análisis de las formas de las laderas, crestas y valles, b) Morfogénesis o análisis del origen de las diferentes unidades, c) Morfoestructura o análisis de las formas de tipo estructural y d) Morfodinámica o análisis de los procesos dinámicos activos sobre la superficie del terreno.

5.1.2.2.1 Morfografía.

Las propiedades morfográficas de las geoformas son atributos cualitativos y cuantitativos del paisaje y están derivados de la elevación del terreno y la red de drenaje que lo acompaña. Para el análisis y la clasificación morfográfica se hace uso del procesamiento cartográfico, generando y categorizando modelos digitales de elevación (DEM), así se obtienen los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos, como la inclinación del terreno, densidad y frecuencia de drenaje, entre otros.

Para el análisis del área de influencia del presente EIA, se tomaron en cuenta los atributos morfográficos, presentados en el documento metodológico arriba descrito; además, se tuvieron en cuenta otros aspectos que se consideran importantes, como el patrón de drenaje y la rugosidad del terreno.

- **Tipos de relieve e índice de contraste de relieve.**

Morfográficamente, el área de influencia presenta un relieve que varía desde alomado hasta montañoso, con elevaciones relativas desde 50 m, en las zonas más bajas, hasta >500 m, en la zona más elevada. El índice de contraste de relieve es desde bajo (< 29 m) hasta extremadamente alto (>500 m), con pendientes principalmente abruptas (16°-20°) y muy abruptas (21°-30°). Las zonas morfogenéticas que exhiben las pendientes más altas son las volcánicas (V), y algunas denudacionales (D), que tienen influencia de rocas volcánicas competentes.

- **Formas de laderas, crestas y valles.**

El ambiente morfogenético Denudacional (D), asociado a depósitos piroclásticos y a depósitos piroclásticos y lavas, representado principalmente por un relieve de lomas y esporádicamente montañas, presenta en general laderas convexas e irregulares, en algunos sectores; las crestas son redondeadas en su mayoría y en menor proporción planas. Sobre este sector los valles de los cuerpos de agua que drenan la zona tienen forma de “U”, en las zonas de lomerío, con bajo a moderado grado de incisión, debido a la litología de baja competencia. En las zonas montañosas, los valles tienen forma de “V”, con un grado de incisión de moderado a alto.

Sobre el ambiente morfogenético Fluvial (F), asociado con los depósitos aluviales, y donde el relieve predominante son las terrazas y algunos depósitos asociados a la dinámica de los cauces, con índice de contraste de relieve bajo y muy bajo, las laderas se caracterizan por ser rectas y las crestas planas. Sobre este sector los valles de los ríos y quebradas que drenan la zona tienen forma de “V”.

Sobre el ambiente morfogenético Volcánico (V), asociado a las lavas andesíticas, con un relieve predominantemente montañoso y alomado, las laderas por lo general son rectas y las crestas agudas, planas o convexas amplias. Sobre este sector los valles de los cuerpos de agua que drenan la zona tienen forma de “V”, con grado de incisión de moderado a alto, debido a la mayor inclinación de las pendientes.

- **Longitud de las laderas.**

La longitud de las laderas de las diferentes unidades geomorfológicas, localizadas dentro del área de influencia del presente EIA, son la respuesta a la competencia del material litológico de la roca constituyente y la actividad tectónica presente en el área que, en conjunto con los agentes meteóricos, han generado diferentes tipos y longitudes de ladera, dependiendo del ambiente morfogenético.

Las laderas planas y con pendientes a nivel, del ambiente morfogenético Fluvial (F), tienen longitudes moderadas (251 - 500 m). Las laderas de las lomas del ambiente morfogenético Denudacional (D), tienen longitudes cortas (51 – 250 m) a moderadas (251-500 m). Las laderas del relieve montañoso y alomado del ambiente morfogenético Volcánico (V) tienen longitudes de largas (501-1000 m) a moderadas (251-500 m).

- **Relieve Relativo.**

Este factor representa la rugosidad natural del terreno, el cual es definido como la mayor diferencia de alturas por unidad de área, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RR = \frac{(altura\ máxima - \ altura\ mínima)}{unidad\ de\ área}$$

Los valores de relieve relativo (Rr) también pueden ser expresados como valores de pendientes, ya que con los datos de entrada, se calculan las mismas, en grados o en porcentaje. Una vez calculado el relieve relativo, el valor de peso de éste se asigna en la **Tabla 5-16**.

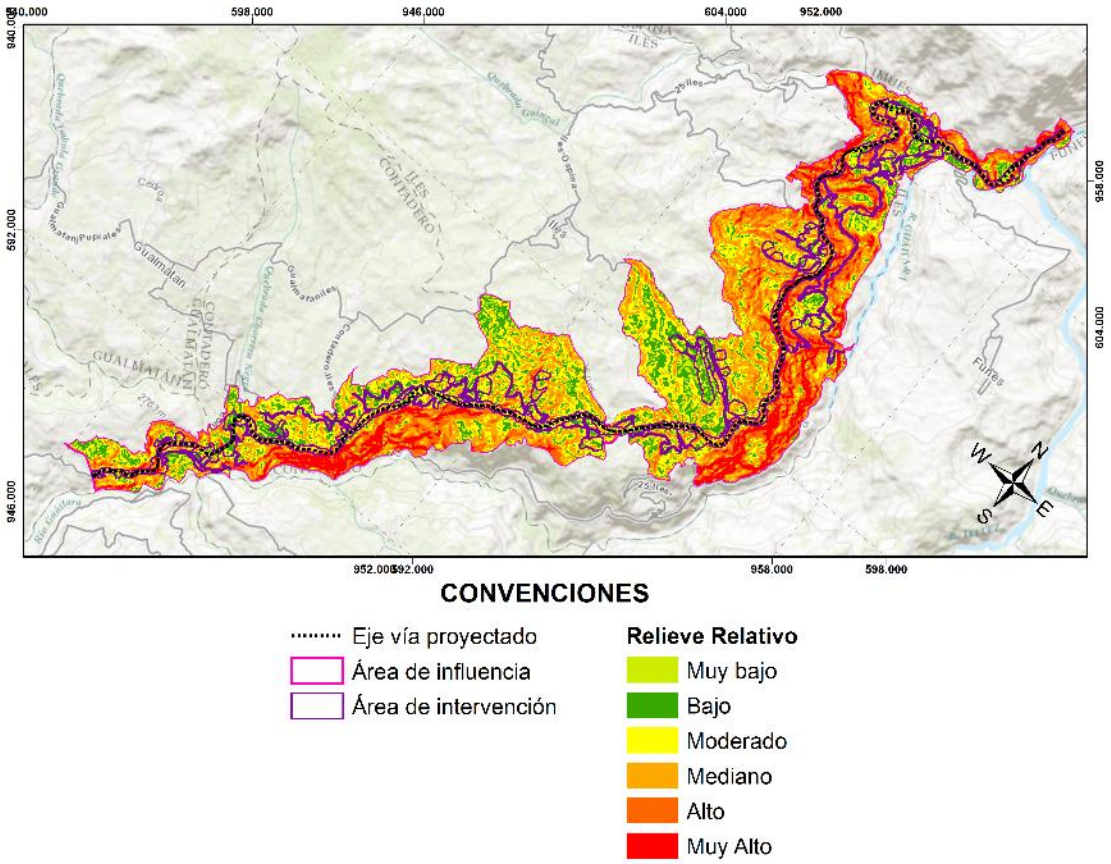
Tabla 5-16 Clasificación del Relieve relativo.

RELIEVE RELATIVO (m/km$^{2)}$)	PENDIENTE (%)	PENDIENTE EN GRADOS	CALIFICATIVO
0 – 75	0 7.5	0 -4.29	Muy Bajo
76 – 175	7.6 – 17.5	4.30 – 9.93	Bajo
176 – 300	17.6 – 30	9.94 – 16.7	Moderado
301 – 500	30.1 – 50	16.71 – 26.57	Mediano
501 – 800	50.1 – 80	26.58 – 38.66	Alto
> 800	> 80.1	> 38.66	Muy Alto

Fuente: Modificado de SNET, 2004.

El relieve relativo del área de influencia se observa en la **Figura 5.18**, y los porcentajes presentes de cada unidad se observan en la **Tabla 5-17**.

Figura 5.18 Relieve relativo para el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-17 Relieve relativo en el área de influencia.

CALIFICATIVO	ÁREA (ha)	%
Muy Bajo	231,5	5,7
Bajo	589,2	14,6
Moderado	1045,8	25,9
Mediano	1200,2	29,7
Alto	719,3	17,8
Muy Alto	253,3	6,3

Fuente: Consorcio SH.

Para el cálculo de este parámetro, se procesaron los valores de altura del ASTER GDEM, y se clasificaron con los rangos de la **Tabla 5-16**. Tal como se muestra en la **Tabla 5-17**, existe un predominio de las áreas con relieve relativo mediano (29,7%) y moderado (25,9%).

- **Pendientes**

El grado de inclinación del terreno es un factor que limita el desarrollo de actividades sobre el suelo; y es, además, una herramienta para la determinación de la susceptibilidad a erosión, procesos de remoción en masa e inundaciones. Para calcular las pendientes del área de influencia del presente EIA, se emplearon los rangos de pendiente planteados en la **Tabla 5-18**.

Morfográficamente, existe un predominio de las pendientes fuertemente inclinadas en un 37,4% del área de influencia, el 25% corresponde a pendientes moderadamente inclinadas (7% - 12%), 15,8% pertenece a pendientes ligeramente escarpadas (25% - 50%), 6,2% son pendientes ligeramente inclinadas (3% - 7%), 3,4% a pendientes ligeramente planas (1% - 3%) y 7,3% pendientes moderadamente escarpadas (50% - 75%), 4,9% corresponde a pendientes fuertemente escarpadas (75% - 100%) y 0,1% a pendientes a nivel (0 – 1%).

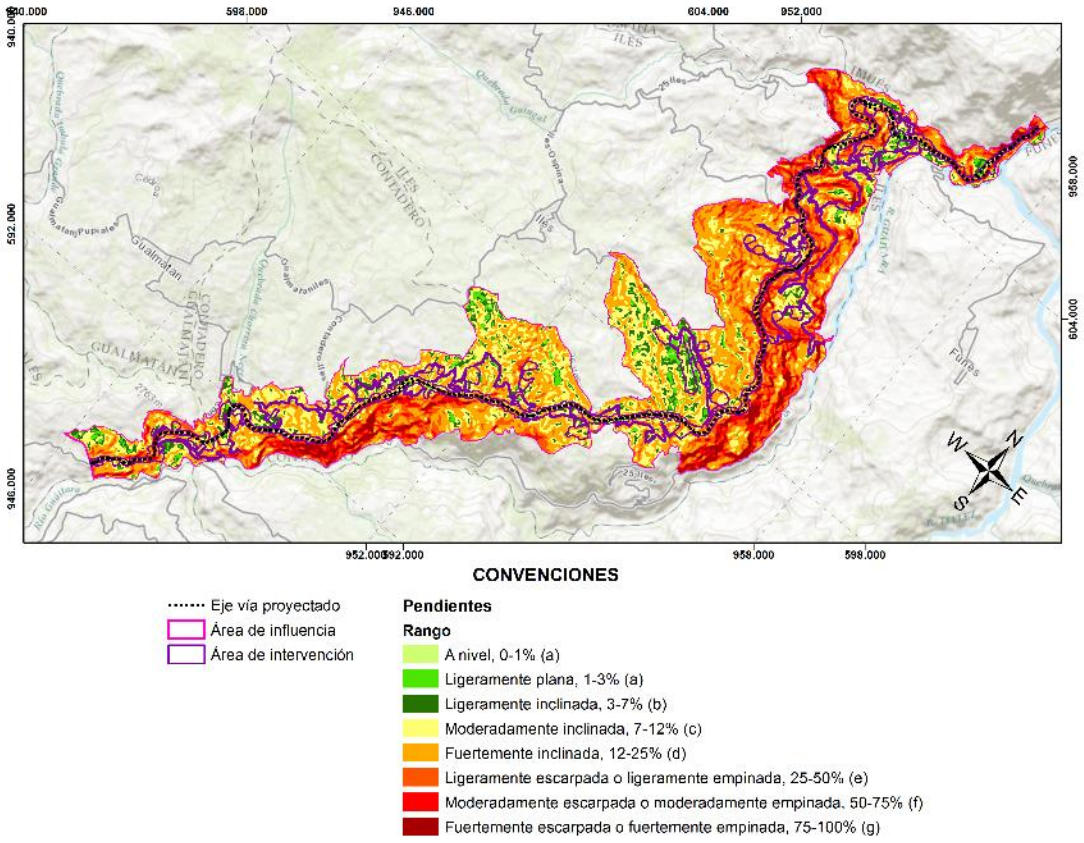
La mayor parte de estas altas pendientes corresponde o se encuentra asociada a los puntos de inflexión de las geoformas de origen volcánico, las más sobresalientes son las fuertemente inclinadas, resaltadas en color naranja, que se relacionan principalmente con las áreas conformadas por las litologías más competentes. El segundo tipo de pendiente se caracteriza por incluir zonas moderadamente inclinadas, resaltadas en color amarillo y que se relacionan principalmente con los relieves de lomas que caracterizan la parte central y occidental del área de influencia. El tercer tipo de pendiente, característico del área de influencia, incluye zonas de pendientes ligeramente escarpadas, identificadas dentro de la figura con el color naranja intenso, que ocupa un área de 638,9 ha (**Figura 5.19** y **Anexo Cartográfico, Mapa N°6 Pendientes**).

Tabla 5-18 Rango de pendientes.

RANGO (%)	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	%
0 – 1%	A nivel	2,4	0,1
1% – 3%	Ligeramente plana	138,4	3,4
3% – 7%	Ligeramente inclinada	251,9	6,2
7% – 12%	Moderadamente inclinada	1007,8	25,0
12% – 25%	Fuertemente inclinada	1508,7	37,4
25% – 50%	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada	638,7	15,8
50% – 75%	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	293,1	7,3
75% - 100%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	196,5	4,9

Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.19 Mapa de Pendientes para el área de influencia del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

5.1.2.2.2 **Morfogénesis.**

La morfogénesis define el origen de las geoformas del terreno, en este sentido, el origen de un paisaje está en función de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre, en diferentes proporciones e intensidades, durante un intervalo de tiempo geológico (Carvajal, 2012).

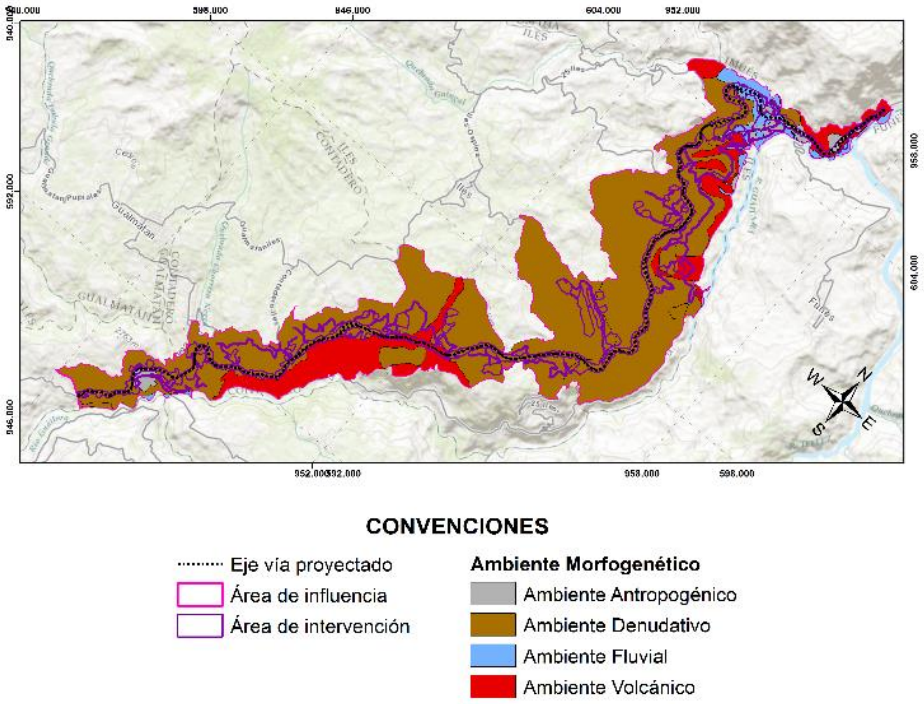
En el área de influencia del presente EIA, se presentan geoformas que han sido modeladas por diversos procesos exógenos y endógenos, generándose unidades geomorfológicas (**Figura 5.21** y **Anexo Cartográfico, Mapa N°8. Unidades Geomorfológicas**) de cuatro ambientes: principalmente Fluvial (F), Denudacional (D), Volcánico (V) y, en menor proporción, Antrópico (A).

- **Ambientes Morfogenéticos.**

Los ambientes morfogenéticos son áreas donde las geoformas han sido modeladas por la conjunción de la morfoestructura, geotectonismo y geoclimatología. De ahí que, para el área de influencia, se presentan cuatro (4) de estos ambientes, que determinan la ocurrencia y distribución de las diferentes unidades

geomorfológicas, a continuación en la **Figura 5.20** se muestra la distribución de dichos ambientes dentro del área de influencia.

Figura 5.20 Mapa de ambientes morfogenéticos del área de influencia del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



Fuente: Consorcio SH.

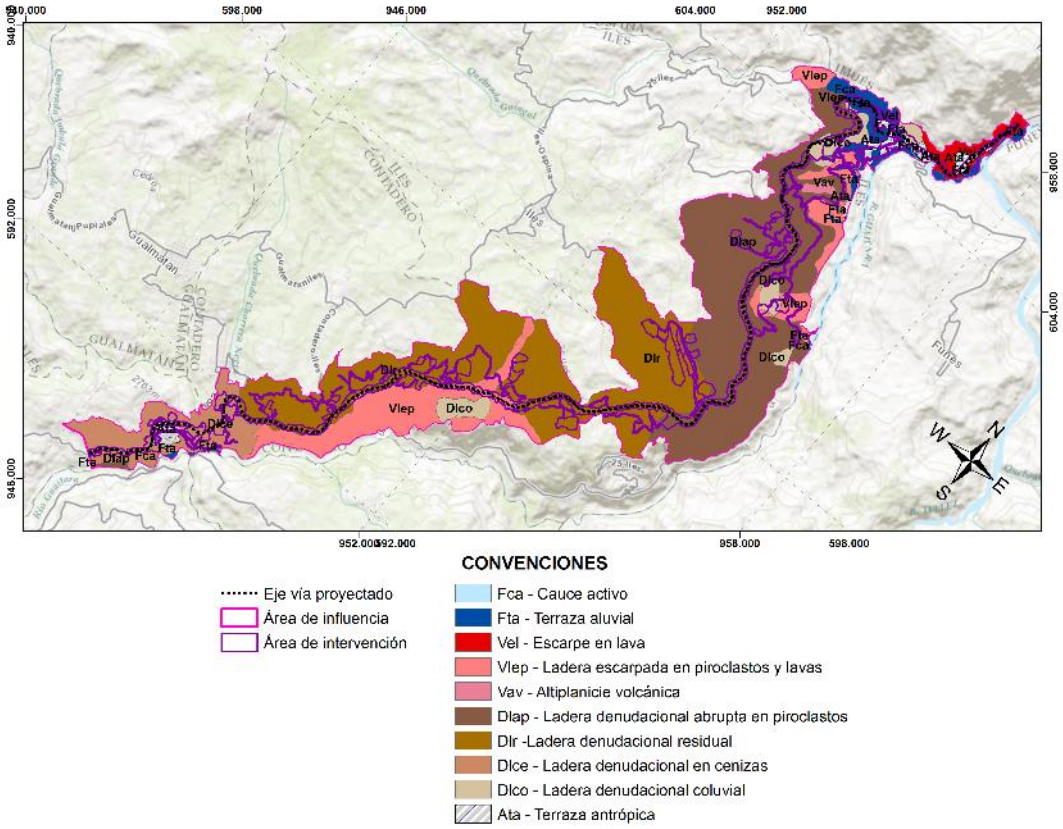
- **Ambiente Fluvial (F).**

Las geoformas originadas por modelamiento fluvial se presentan principalmente en las zonas de depositación reciente de los ríos Guáitara y Sapuyes, dando lugar a valles con topografía abrupta y las zonas de desborde en época de lluvias. Además, corresponde a los relieves de morfología plana, horizontales a sub-horizontales y distribuidos de forma paralela a los principales ríos de la región, relacionados principalmente con los depósitos cuaternarios de origen aluvial. Las geoformas asociadas a este ambiente fueron producidas por la acumulación de sedimentos asociados a la dinámica fluvial. Las geoformas de ambiente Fluvial ocupan el 0,4% del área, aproximadamente.

Este ambiente está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Los ríos se encargan de transportar sus carga liquida y sólida a lo largo del sistema fluvial, generando procesos erosivos y de acumulación, en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conducen a la formación de geoformas características del sistema fluvial; en área de influencia, principalmente, se evidencian las terrazas aluviales y el cauce activo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM 2013).

Figura 5.21 Unidades geomorfológicas predominantes sobre el área de influencia, proyecto vial doble

calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Cauce activo (Fca).**

Geoforma de origen fluvial, que corresponde a las áreas por donde circulan las corrientes permanentes de agua, asociadas principalmente a los ríos Guaítara y Sapuyes (**Fotografía 5.12**). Se encuentra restringido a la zona más profunda de los valles y limitado por las orillas, generalmente, en taludes verticales que están sometidos a la acción de procesos morfodinámicos como socavación lateral y por zonas de barras activas, cuyo material se desplaza durante las crecidas de los ríos.

Fotografía 5.12 Cauce activo, río Guáitara

Ubicación E: 957054, N: 606779. Municipio iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Terraza aluvial (Fta).**

Geoforma de origen fluvial, conformadas por depósitos aluviales, producto de la dinámica de los ríos que drenan el área, con morfologías planas a ligeramente inclinadas alcanzando espesores considerables (**Fotografía 5.13**). Los procesos morfodinámicos actuantes en esta unidad están asociados a procesos erosivos difusos y procesos de remoción en masa, de menor magnitud, sobre los taludes circundantes. Esta unidad se localiza entre el PK 41+600 – PK 40+300.

Fotografía 5.13 Terraza aluvial sobre las márgenes del río Guáitara.

Ubicación E: 955228, N: 604910. Municipio Iles.

Fuente: Consorcio SH.

- **Ambiente Denudacional.**

Este ambiente se caracteriza por los relieves suaves y se desarrolla principalmente a partir de las rocas neógenas, de los depósitos asociados a la fuerte actividad volcánica de la zona. Las geoformas asociadas a este ambiente fueron producidas por la meteorización y erosión de las rocas, en la cual, el agua y el viento han sido los agentes erosivos que han modelado la superficie en estos sectores, generando lomas o montañas, en función de la competencia del material. Las geoformas de ambiente Denudacional ocupan aproximadamente el 78% del área de influencia.

La disección de los paisajes, por los agentes exógenos, se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, las formas erosivas menores son las que dominan; mientras que en condiciones húmedas se favorece la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con deslizamientos, flujos de suelos y rocas. Indudablemente, los dos procesos interactúan para producir un sinnúmero de combinaciones. Aun así, los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa, constituyen los dos subambientes dominantes del Ambiente Denudacional (Instituto de Hidrologí-a, Meteorologí-a y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM 2013).

- **Ladera denudacional abrupta de piroclastos (Dlap)**

Geoforma de origen denudacional conformada por flujos piroclásticos con bajo grado de meteorización donde se desarrollan suelos residuales de poco espesor, inclinaciones entre 15 y 30°. Las laderas son alargadas, cóncavas y convexas, predominando un relieve de lomerío (**Fotografía 5.14**). Esta unidad se ubica entre el PK 40+300 – PK 38+600 y el PK 38+00 – PK 30+100.

Fotografía 5.14 Ladera denudacional abrupta de piroclastos.

Ubicación E: 954781, N: 589720. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Ladera denudacional residual (Dlr).**

Geoforma de origen denudacional, conformada por flujos piroclásticos con alto grado de meteorización, donde se desarrollan suelos residuales, con espesores que alcanzan hasta 15 m, aproximadamente, inclinaciones entre 5 y 20° (**Fotografía 5.15**). Las laderas son alargadas, cóncavas y convexas, con predominio de un relieve alomado. Los procesos morfodinámicos actuantes en esta unidad están asociados a procesos erosivos y de remoción en masa de menor magnitud y procesos erosivos incipientes. Esta unidad se encuentra entre el PK 30+100 – PK 26+800 y el PK 24+700 – PK 20+00.

Fotografía 5.15 Ladera denudacional residual.

Ubicación E: 954014, N: 596441. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Ladera denudacional de cenizas (Dlce).**

Geoforma de origen denudacional, conformada por flujos piroclásticos, con predominio de cenizas volcánicas; se evidencia un moderado grado de meteorización, las laderas mantienen una inclinación entre 5 y 20°, de forma alargada, predominando un relieve de lomerío.(**Fotografía 5.16**) Los procesos morfodinámicos actuantes en esta unidad están asociados a procesos erosivos y de remoción en masa de menor magnitud. Esta unidad se ubica entre el PK 20+00 – PK 15+700.

- **Ladera denudacional coluvial (Dlco).**

Geoforma de origen denudacional, conformada por depósitos de pendiente clasto-soportados, con espesores que oscilan entre 5 y 30 m, las laderas rectilíneas que mantienen una inclinación, siguiendo la pendiente de depositación (**Fotografía 5.17**). Los procesos morfodinámicos actuantes en esta unidad están asociados a procesos erosivos y de remoción en masa.

Fotografía 5.16 Ladera denudacional de cenizas.

Ubicación E: 946600, N: 589479. Municipio Ipiales

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.17 Ladera denudacional coluvial.

Ubicación E: 955228, N: 604916. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Ambiente Volcánico.**

El ambiente volcánico se caracteriza por geoformas, construidas a partir de las erupciones magmáticas de carácter lávico y/o explosivo y sus productos. Las geoformas volcánicas se presentan en todos los tamaños, desde cráteres de tamaño métrico hasta mesetas lávicas de miles de kilómetros de extensión. También, los distintos tipos de magmas inciden en el comportamiento de las geoformas volcánicas, diferenciándose las tendencias explosivas de las calderas (magmas riolíticos), tendencias tranquilas lávicas de los volcanes escudo (magma basáltico) y los procesos mixtos de los estratovolcanes (magma andesítico). Los subambientes más notorios se relacionan con los distintos procesos volcánicos explosivos y la generación de cráteres, laderas volcánicas, mantos de piroclastos o las coladas de lava, entre otros. También, las geoformas pueden resultar de procesos combinados como los flujos piroclásticos y fluvio-volcánicos o “lahares” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM 2013).

- **Escarpes de lava (Vel).**

Geoforma de origen volcánico, conformada por lavas desde andesíticas a dacíticas, masivas fracturadas que forman escarpes con inclinaciones que superan los 45°, sus laderas son alargadas y convexas, principalmente (**Fotografía 5.18**). Los procesos morfodinámicos actuantes en esta unidad están asociados a caída de bloques y procesos erosivos laminares principalmente. Esta unidad se ubica entre el PK 45+00 – PK 42+700.

Fotografía 5.18 Escarpes de lava.

Ubicación E: 945093, N: 604105. Municipio Iles.

Fuente: Consorcio SH.

- **Laderas escarpadas de piroclastos y lavas (Vlepl).**

Geoforma de origen volcánico, conformada por flujos piroclásticos y ventanas de lavas de composición máfica; que forman laderas con inclinaciones mayores a 45°, alargadas, cóncavas y convexas (**Fotografía 5.19**). Los procesos morfodinámicos actuantes en esta unidad están asociados a procesos erosivos y de remoción en masa, de menor magnitud. Esta unidad se localiza entre el PK 26+800 – PK 24+500.

Fotografía 5.19 Ladera escarpada de piroclastos y lavas.

Ubicación E: 9553045, N: 604951. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.20 Altiplanicie Volcánica.

Ubicación E: 954516, N: 602856. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Altiplanicie volcánica (Vav).**

Geoforma de origen volcánica, conformada por flujos piroclásticos, pertenecientes a diferentes eventos, se caracteriza por tener una morfología plana en toda su extensión, limitada por laderas muy inclinadas a escarpadas (**Fotografía 5.20**). Los procesos morfodinámicos actuantes corresponden a erosión laminar.

- **Ambiente Antrópico.**

Este ambiente se caracteriza por presentar geoformas, generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre, por la acción del hombre. Dentro de estos procesos se destacan los rellenos artificiales, rellenos sanitarios y las excavaciones, generalmente asociados con la minería a cielo abierto y los embalses artificiales. Aunque las zonas urbanas también representan una modificación notable de la superficie terrestre, en especial la permeabilidad del suelo urbano, por el momento se considera como una alteración secundaria de la morfología básica del terreno, aspecto para tratarse en levantamientos más detallados (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM 2013).

- **Terraza antrópica (Ata).**

Geoforma originada a partir de la intervención del hombre, debido al desarrollo urbanístico, vías, desarrollo minero y labores agrícolas, principalmente. La topografía resultante de esta geoforma es plana a suavemente alomada y suele dejar expuestos a la intemperie los materiales constituyentes; por esta razón se asocian procesos morfodinámicos de tipo erosivo laminar y/o diferencial y procesos de remoción en masa de menor magnitud (**Fotografía 5.21**). Esta unidad se localiza entre el PK 44+300 – PK 44+200, el PK 43+900 – PK 43+300, el PK 42+800 – PK 41+900, el PK 41+800 – PK 41+200 y el PK 18+00 – PK 17+500.

Fotografía 5.21 Terraza antrópica a media ladera.

Ubicación E: 955702, N: 595799. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

5.1.2.2.3 Morfoestructura.

El punto de esta ciencia es el estudio de las morfoestructuras, las cuales tienen elementos lineales y circulares de los paisajes, controlados por la tectónica y la denudación. Las morfoestructuras exhiben relaciones jerárquicas con las escalas de tiempo geológico (Goudie, 2004). El análisis morfoestructural descifra la interacción compleja de los procesos endógenos con el relieve de la superficie. Esto resulta muy útil para la identificación de diferentes dislocaciones de las rocas del basamento, que comúnmente están ocultas bajo

coberteras sedimentarias, volcánicas, deformaciones e intrusiones (Goudie, 2004). Se dice que es pasiva cuando trata de las características de los materiales involucrados y su disposición estructural, y activa cuando está relacionada con la dinámica endógena (volcanismo, plegamientos, fallamiento).

En el área de influencia del presente EIA, se presentan dos (2) dominios estructurales principales: 1) El dominio de las fallas y lineamientos orientados NE-SW y 2) Fallas o lineamientos con orientación NW-SE. Asociadas al primer grupo se encuentran las geoformas resultantes de la actividad volcánica (p. ej. Calderas volcánicas), que tienen influencia morfoestructural, relacionada con el Sistema de Fallas de Romeral, y su disposición actual obedece a la influencia tectónica de fallas inversas de alto ángulo. En contraste, el segundo grupo de estructuras obedece a fallas de rumbo, que producen un ligero movimiento en elementos lineales como cauces; este hecho, tiene importancia desde el punto de vista estructural, ya que indica actividad neotectónica y evidencia que el proceso dinámico entre las placas tectónicas mayores (Placa Sudamericana y Placa de Nazca) no ha cesado; sin embargo, ninguna de estas evidencias neotectónicas fueron observadas en campo, debido a que se encuentran enmascaradas por el gran espesor que poseen los depósitos piroclásticos cuaternarios, que representan la constante actividad volcánica de la región.

5.1.2.2.4 **Morfodinámica.**

La morfodinámica corresponde con una rama de la geomorfología que se encarga del estudio de los procesos dinámicos activos o aquellos que pueden activarse en el futuro, sobre la superficie del terreno, procesos formadores del relieve que pueden ser agradacionales o denudacionales. Los procesos superficiales agradacionales son aquellos que generan la elevación de la superficie terrestre y están asociados, principalmente, a procesos de acumulación o sedimentación de material, como el caso de depósitos aluviales. Los procesos de degradación o denudacionales, son los que contribuyen a la degradación y reducción de los relieves iniciales, tales procesos son la erosión y los fenómenos de remoción en masa. El reconocimiento de los procesos actuales de denudación y sedimentación, es un aspecto importante para la determinación de la susceptibilidad de un área específica, a ser afectada por fenómenos naturales o actividades antrópicas (Villota, 2005).

El levantamiento, la erosión y el relieve son componentes fundamentales de un sistema morfodinámico y su funcionamiento tiene una relación inversa (Goudie, 2004). Cuando prevalece el levantamiento del relieve se incrementa la tasa de erosión, al aumentar la erosión, eventualmente, se crea un balance en el proceso orogénico; en este caso, las montañas no cambian en elevación. Cuando la erosión supera los efectos del levantamiento, las elevaciones se hacen menores y, por consiguiente, se reduce la tasa de erosión progresivamente hasta que el proceso llega a su fin (Goudie, 2004).

La erosión es un término amplio, aplicado a las diversas maneras de cómo los agentes móviles (agua, viento y glaciares), desprenden y transportan los productos de la meteorización y de la sedimentación, produciendo pérdidas de materiales en la superficie de la corteza terrestre. A su vez, los fenómenos de remoción en masa abarcan el conjunto de procesos denudativos, relacionados con la deformación del terreno, y el desplazamiento y trasposición, más o menos rápida y localizada, de diferentes volúmenes de suelo, de mantos completos de meteorización, incluyendo material de suelo, detritos, bloques y masas rocosas, cuesta abajo, por incidencia de las fuerzas de desplazamiento (gravedad y movimientos sísmicos), a veces con participación mayor o menor del agua del suelo, hielo y otros agentes (Villota, 2005).

En el área de influencia del presente EIA, los movimientos morfodinámicos han sido determinados principalmente por la pendiente del terreno, la dinámica fluvial, el régimen climático y, en parte, generados y/o acelerados por la actividad antrópica. Se presentan, tanto los procesos morfodinámicos agradacionales como los degradacionales o denudacionales (Ver **Anexo Cartográfico, Mapa N°7. Procesos Morfodinámicos)**.

El recorrido realizado en campo dentro del área de influencia arrojó la presencia de 35 procesos morfodinámicos en total (**Anexo 3. Geomorfología**), donde 11 fueron procesos erosivos (6 procesos erosivos laminares, 2 procesos erosivos generados por actividad antrópica, 2 procesos erosivos en surcos y un proceso erosivo por socavación lateral), y 24 procesos de remoción en masa (8 deslizamientos rotacionales, 4 deslizamientos traslacionales, 7 caídas de roca, 5 flujos de detritos). De estos únicamente se describen en la **Tabla 5-19** los procesos más relevantes y característicos encontrados dentro del área de influencia, tal como se muestra a continuación:

Tabla 5-19 Descripción de los procesos más relevantes dentro del área de influencia.

NÚMERO	TIPO DE PROCESO	ID	X	Y	DESCRIPCIÓN DE PROCESO
1	Caída rocas	CR1	957015	606514	A la altura de la abscisa K44+80 del trazado del proyecto vial, sobre la vía Ipiales - Pasto, se puede observar un macizo rocoso intensamente fracturado de aproximadamente 20 m de altura, se evidencia caída de detritos y fallas potenciales en cuña sobre el macizo rocoso, generando una amenaza alta para el trazado. El macizo rocoso está conformado por rocas ígneas porfiríticas de composición predominantemente andesítica. las familias de discontinuidades principales medidas en este talud fueron: N64E/78SE y N17W/86NE.
2	Deslizamiento rotacional	DR3	954840	605081	A la altura de la abscisa K42+000 se identificó un deslizamiento rotacional antiguo, masa de suelo en estado seco, avanzado, sin presencia de grietas y con un escarpe principal de al menos 20 m de altura, un ancho de 40 m, ubicado a una de la margen izquierda del Río Sapuyes, los materiales involucrados en este proceso morfodinámico corresponden a depósitos piroclásticos y depósitos aluviales asociados a la dinámica del río Sapuyes.
3	Deslizamiento rotacional menor	DRm4	953964	604770	En inmediaciones de la abscisa K40+ 100 se evidencia un enjambre de procesos de remoción en masa menores producto de la actividad antrópica (construcción de vías de acceso y edificaciones). La topografía de la zona es abrupta y litológicamente está compuesta, depósitos de lavas y piroclastos y suelos residuales de poco espesor.
4	Caída rocas	CR2	954332	603491	A la altura de la abscisa K39+100 se evidenció un flujo de detritos de aproximadamente 30 metros de ancho y 170 metros de longitud, producto de la actividad minera de la zona, esta explotación minera genera amenaza en la vía terciaria. La litología del área corresponde con depósitos piroclásticos vulcano sedimentarios de tamaño de grano arena gruesa y toba gruesa, en algunas zonas se encuentran bloques de más de 30 cm de diámetro.
5	Caída rocas	CR5	955128	601807	A la altura de la abscisa K35 + 600 del proyecto vial se evidencia un proceso de erosión laminar y de caída de bloques y detritos sobre la vía Ipiales - Iles, donde el talud rocoso se encuentra intensamente fracturado y presencia de fallas potenciales en cuña. Se identificó la presencia de agua subsuperficial que contribuye a la meteorización de las rocas; este proceso tiene una afectación de al menos 50 m sobre la vía aproximadamente.
6	Deslizamiento planar	DP4	954924	601937	Sobre la abscisa K35+900 se localiza un proceso de remoción en masa sobre un talud conformado por depósitos piroclásticos muy meteorizados y de granulometrías finas, se evidencian caídas de bloques y detritos, cerca a este punto se encuentran una seria de deslizamientos menores con mecanismo de falla planar, los cuales involucran suelos blandos representando una amenaza alta para la vía afectando una longitud de aproximadamente 300 metros.
7	Proceso erosivo laminar	PEla2	955380	597447	A la altura de la abscisa K30+200 del corredor vial proyectado, se evidencia un proceso de erosión laminar sobre la vía Iles - Contadero y sobre los cultivos de maíz. Los procesos erosivos presentes en el

NÚMERO	TIPO DE PROCESO	ID	X	Y	DESCRIPCIÓN DE PROCESO
					sitio no ofrecen amenaza significativa para el proyecto. La litología presente en la zona corresponde principalmente a depósitos piroclásticos finos como cenizas volcánicas, arcillosas limosas de color habano y de suelos residuales.
8	Deslizamiento rotacional menor	Dm6	954906	597003	Sobre la abscisa K29+300 se presenta un deslizamiento rotacional sobre un suelo arcilloso negro, con un espesor de aproximadamente 2 metros, que afecta a la vía al municipio de Contadero - Iles, en esta zona hay presencia de gran cantidad de agua subsuperficial actuando como un factor detonante para la generación del deslizamiento se produjo una afectación sobre la vía en una longitud de 5 m.
9	Deslizamiento rotacional menor	DRm8	947908	591764	Sobre la abscisa K19+600 se evidencia un proceso erosivo a lo largo del talud de la vía que de San Juan conduce al municipio de Contadero, puntualmente, se desarrollan procesos de remoción en masa de menor magnitud con mecanismo de falla rotacional, se evidencian cenizas volcánicas muy meteorizadas, en la parte superior de los taludes y suelos residuales seguidos de un depósito de cenizas volcánicas de color habano, arcillo - limosas con fragmentos líticos y máficos menores a 1mm.
10	Proceso erosivo laminar	PEla6	947571	590214	A la altura de al abscisa K17+300 se observa un proceso de erosión laminar sobre un talud antrópico, en este tramo hay ocurrencia de caída de bloques y detritos, la composición litológica del talud corresponde a las cenizas de Rumichaca conformada principalmente por arenas finas y limos, en la parte superior del talud hay presencia de suelos residuales con cobertura vegetal.

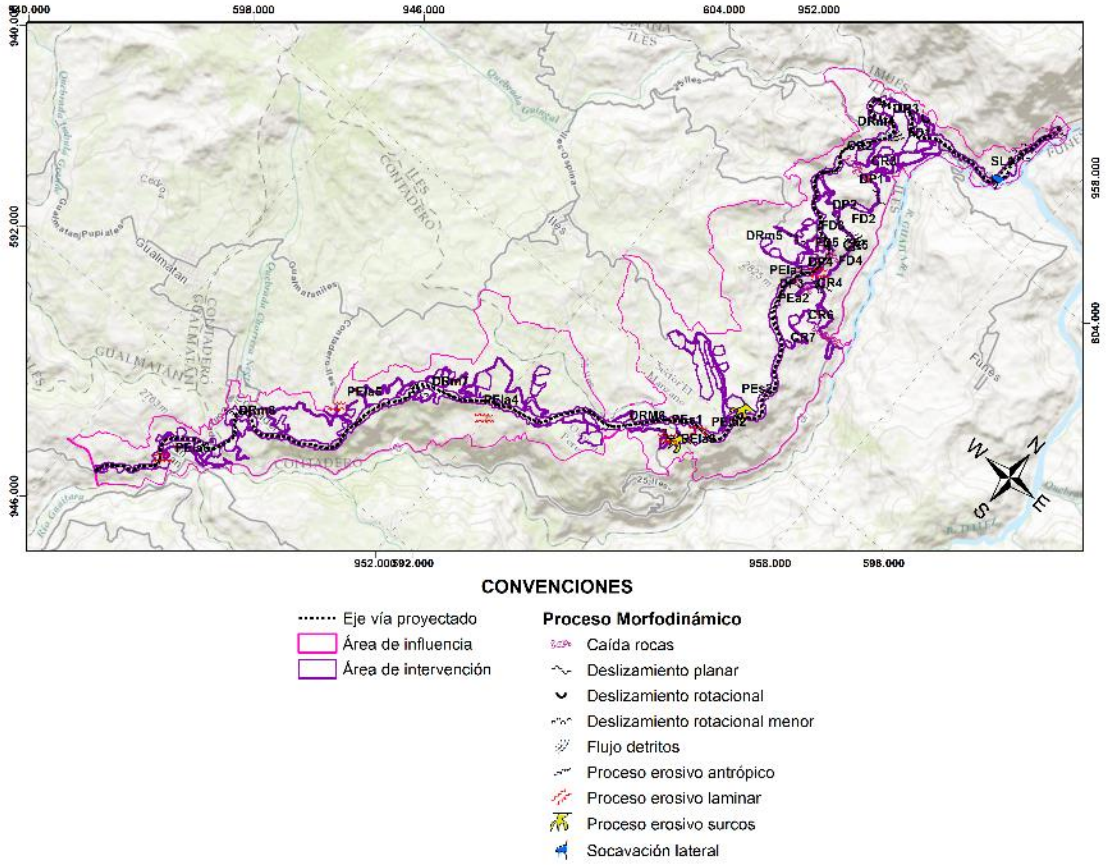
Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.22** se ilustran, de manera general, los principales procesos morfodinámicos que fueron identificados sobre las diferentes unidades geomorfológicas, presentes dentro del área de influencia, donde el reconocimiento de los diferentes procesos se realizó a partir de la visita de campo y de la observación de imágenes satelitales disponibles, con una resolución acorde a la escala de trabajo.

- **Procesos agradacionales.**

Los procesos agradacionales dentro del área de influencia se encuentran asociados al cauce del río Guáitara, estando representados por la sedimentación hacia la zona de menor energía de los meandros del río en forma de barras laterales, en algunas zonas donde se desarrolla una incipiente llanura de inundación y en las barras de cauce que van migrando de posición dentro del mismo. Sin embargo, la dinámica fluvial asociada al río Guáitara está determinada por un comportamiento rectilíneo que en algunas zonas genera meandros, pero que pertenece a un cauce joven, con un valle profundo y estrecho, el cual tiene un carácter erosivo y no depositacional.

Figura 5.22 Procesos morfodinámicos identificados sobre el área de influencia para el EIA, proyecto vial doble calzada Rumichacha – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Procesos denudativos.**

Los procesos denudativos están representados por procesos de erosión, fenómenos de remoción en masa y actividades antrópicas, descritos a continuación:

- **Procesos erosivos.**

Se entiende por erosión, el movimiento y desprendimiento de las partículas del suelo o roca, por efecto de los agentes meteóricos, su manifestación depende de factores, tales como el tipo de roca o sedimento constituyente de las geoformas y las pendientes de las mismas, las características climáticas (principalmente, pluviosidad y temperatura), y la cobertura vegetal. La **Tabla 5-20** presenta el grado de erosión, el cual depende de la profundidad, espaciamiento entre los canales y cobertura por unidad de área.

Tabla 5-20 Clasificación de procesos erosivos.

TIPO DE EROSIÓN	ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES (m)					
	<5	5 A 15	15 A 50	50 A 150	150 A 500	> 500
Erosión laminar	Severa	Moderada	Suave			
Surcos (<50 cm de profundidad)	Severa	Severa	Moderada	Suave		
Barrancos (51 -150 cm de profundidad)	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	
Cárcavas (> 150 cm de profundidad)	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave

Fuente: Carvajal, 2012.

Los procesos erosivos presentes dentro del área de influencia son de tres tipos: la erosión que se da a partir de la socavación lateral en los ríos principales, la erosión laminar, la cual es una erosión superficial y que, a su vez, puede dar origen a la erosión en surcos o cárcavas.

- **Erosión Laminar.**

La erosión laminar es un desgaste superficial del suelo, a partir de la cual se pierde una capa fina uniforme de suelo, debido a la escorrentía principalmente; se presenta en las laderas donde la pendiente facilita la pérdida de la capa superficial de suelo. En este tipo de erosión intervienen dos procesos fundamentales: El desprendimiento de partículas de suelo por la lluvia y el alejamiento de dichas partículas desde su emplazamiento primitivo por escurrimiento difuso (Villota, 2005).

En el área de influencia, presenta como erosión superficial, que afecta principalmente la primera capa de suelos residuales, puede involucrar pérdida de cobertura vegetal (**Fotografía 5.22**) o erosión diferencial, de acuerdo a los cambios litológicos que tenga la sección; se observa, en general, sobre los taludes de los corredores viales existentes, y áreas intervenidas por cultivos en menor proporción.

- **Erosión en surcos.**

Los surcos son el resultado del arrastre de suelo y sedimento, generado por el flujo del agua, que se canaliza. Se presentan como erosión que tiene profundidades hasta de 50 cm, afectando la vegetación y los suelos superficiales. A partir de los surcos, a medida que se profundizan los canales dan origen a la formación de cárcavas.

Dentro del área de influencia del presente estudio, este tipo de procesos están relacionados principalmente a las geoformas de lomas y laderas denudacionales (**Fotografía 5.23**), donde hay presencia de agua sub-superficial y un desarrollo de suelos residuales de espesores considerables, a partir de depósitos piroclásticos, poco competentes y de baja consolidación.

- **Socavación Lateral.**

Corresponde con un tipo de erosión hídrica y hace referencia a la excavación, causada por el agua en el roce con las márgenes sinuosas de las corrientes. La socavación provoca el retroceso de los taludes que limitan el cauce, que al ser debilitados en su base, se van colapsando progresivamente. La socavación lateral se produce, principalmente, y en mayor magnitud sobre las márgenes del río Guáitara (**Fotografía 5.24**), donde las afectaciones se dan, principalmente en época de invierno, cuando el cauce tiene mayor energía y erosiona rápidamente los márgenes, arrastrando áreas de terreno considerables.

Fotografía 5.22 Erosión laminar sobre taludes de corte.

Ubicación E: 955191, N: 601389. Municipio Iles.

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.23 Erosión en surcos sobre taludes naturales.

Ubicación E: 955200, N: 596968. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.24 Socavación lateral del río Guáitara.

Ubicación E: 956697 N: 605508. Municipio Funes.

Fuente: Consorcio SH.

- **Procesos de Remoción en Masa.**

Abarcan el conjunto de procesos denudativos, relacionados con el desplazamiento de volúmenes variables de roca, material meteorizado y/o suelo, ladera abajo. Los procesos de remoción en masa, en general, son producto de las condiciones geomecánicas de las unidades geológicas, aflorantes en el área de influencia, y de la topografía asociada a las laderas de las mismas, generados de acuerdo al grado de inestabilidad los diferentes procesos. Dentro del área de influencia del presente EIA, fueron identificados tres (3) tipos de procesos de remoción en masa: Deslizamientos, caída de rocas y flujo de detritos.

- **Deslizamientos rotacionales y traslacionales.**

Los deslizamientos rotacionales se producen a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, donde el terreno experimenta un movimiento a lo largo de la misma (Escobar y Duque-Escobar, 2016). A partir del reconocimiento de campo, se identificaron deslizamientos rotacionales localizados, donde algunos alcanzan una altura considerable hasta de 15 m, asociados a los depósitos piroclásticos, poco consolidados, de granulometrías finas, en las zonas montañosas y alomadas (**Fotografía 5.25**).

De otra parte, los deslizamientos traslacionales tienen lugar a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada, de forma que se desplazan sobre la superficie del terreno original y, si la inclinación es suficiente, prosiguen (Escobar y Duque-Escobar, 2016). Dentro del área de influencia se reconocieron deslizamientos traslacionales puntuales, de no más de 7 m de altura, asociados a flujos de lava intensamente fracturados, tal como lo muestra la **Fotografía 5.26**.

Fotografía 5.25 Deslizamiento rotacional antiguo estabilizado.

Ubicación E: 954841, N: 605081. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.26 Deslizamiento traslacional a lo largo de una discontinuidad.

Ubicación E: 955352, N: 601161. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Caída de rocas.**

Se originan por el despegue de rocas de una pared empinada o acantilado y posterior descenso mediante caída libre, a través del aire, y rebote o rodadura final. Los factores detonantes principales son el intemperismo, vientos, lluvias o actividad sísmica, con la contribución de la gravedad (Escobar y Duque-Escobar, 2016). Debido a la naturaleza de la matriz, y a la mala selección y madurez que poseen los sedimentos de los depósitos piroclásticos de la región, además de la fuerte pendiente que exhiben los cortes en los taludes de las vías, este proceso es bastante frecuente a lo largo de todos los trayectos carreteables, tal como se muestra en la **Fotografía 5.27** y la **Fotografía 5.28**.

Fotografía 5.27 Talud donde se presenta caída de bloques.

Ubicación E: 955135 N: 600975. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.28 Material desprendido por caída de bloques.

Ubicación E: 955995, N: 600503. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

- **Flujo de detritos.**

Este tipo de procesos se producen debido a la presencia de fragmentos de roca de diferente tamaño, embebidos en matriz una matriz fina, que se movilizan en forma muy rápida, dependiendo del terreno y del contenido de humedad. Dentro de la zona de estudio, al igual que la caída de rocas, este proceso se asocia a los sedimentos de los depósitos piroclásticos, que están constituidos erráticamente y se concentran sobre la cara de los taludes de corte existentes, tal como se aprecia en la **Fotografía 5.29** y **Fotografía 5.30**.

Fotografía 5.29 Flujo de detritos, matriz fina.

Ubicación E: 950389, N: 594537. Municipio Contadero

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.30 Flujo de detritos, tamaño variable de clastos.

Ubicación E: 955352, N: 601161. Municipio Iles

Fuente: Consorcio SH.

5.1.3 Suelos y uso de la tierra.

El área de influencia se caracteriza por presentar variabilidad en cuanto a paisajes, climas, suelos y material parental; además, por los fenómenos de erosión, remoción en masa y aportes de materiales aluviales, marinos y piroclásticos, estos últimos provenientes de las repetidas erupciones de los volcanes Galeras, Cumbal y Azufral.

El suelo es el producto de la alteración de un material originario, sea este orgánico o mineral. Su formación y desarrollo depende de la acción conjunta, que ejercen sobre dichos materiales el clima, los organismos y la topografía, a través del tiempo.

Como resultado de la interacción de los factores pedogenético, ocurren procesos de pérdidas, adiciones, transformaciones y translocaciones, los que se encargan de producir la diferenciación de horizontes y determinar el grado de evolución de los suelos. Ver **Fotografía 5.31**.

Fotografía 5.31 Diferenciación de un perfil del suelo, Río Guáitara, municipio de Imués, vereda Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 957180 N: 604975

Fuente: Consorcio SH.

La descripción de las unidades de suelos en el presente estudio, se hace con base al Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento de Nariño (IGAC, 2004), el Modelo Digital de Elevación 15 metros y la metodología propuesta por el IGAC - Mecanismo básico de recolección de información en campo. Durante el trabajo de campo se realizaron observaciones detalladas de los suelos, según el patrón de distribución previamente establecido en el área de influencia.

Las observaciones detalladas corresponden a las calicatas realizadas en las unidades cartográficas del área de influencia. Cada calicata fue ubicada estratégicamente, a fin de brindar mayor cobertura a las unidades presentes. El análisis de la información en campo para el reconocimiento del suelo se realizó a través del análisis de cortes de vías y la realización de 8 (ocho) observaciones de caracterización (calicatas); las muestras de suelos para el análisis fisicoquímico se recolectaron de las observaciones de caracterización (calicatas) realizadas, teniendo en cuenta los dos (2) primeros horizontes del perfil modal.

En cada calicata realizada se describieron, en forma completa y detallada, las características internas y externas de los suelos, excavando a profundidades de 100 a 120 cm de ancho, 120 cm de largo y 100 cm de profundidad, e incluso profundidades menores, cuando se encontraron limitaciones físicas como rocosidad o pedregosidad y nivel freático. Las características que se evaluaron fueron: entorno o paisaje, propiedades físicas y químicas y la morfología de cada uno de los horizontes y/o capas del suelo.

Dentro de la descripción de las unidades de suelo, se hace mención a la Consociación y Grupo indiferenciado,

dichos términos se describen a continuación:

Consociación: unidad cartográfica constituida al menos en un 75% por un solo taxón u áreas misceláneas y suelos similares.

Grupo indiferenciado: Unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, que se presentan íntimamente asociados y en las que no es posible establecer las pautas de distribución en el paisaje.

Seguidamente, en la **Tabla 5-21** se describen las principales características que forman parte del área de influencia, y en la **Figura 5.23** y en el **Anexo Cartográfico, Mapa Nº10. Suelos** la distribución espacial de las unidades de suelos.

Tabla 5-21 principales características de los suelos dentro del área de influencia.

CLIMA AMBIENTAL	LITOLOGÍA	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	COMPONENTE TAXONÓMICO	UNIDAD DE SUELO	FASE CARTOGRÁFICA	ÁREA (ha)	%
Lomerío	Mantos de ceniza volcánica sobre tobas de ceniza y lapilli o sobre andesitas	Relieve ligeramente inclinado con pendientes hasta del 12%, son muy profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados y moderadamente bien drenados	Pachic Melanudands, Pachic Fulvudands, Vitric Hapludands y Typic Paleudults.	ALB	ALBc	482,08	11,94
	Mantos de ceniza volcánica sobre tobas de ceniza y lapilli y aglomerados	La unidad corresponde al paisaje de lomas, relieve fuertemente ondulado, suelos muy profundos y moderadamente profundos, limitados por capa cementada, bien drenados, de textura franco gruesa sobre arenosa.	Pachic Melanudands, Typic Hapludands, Acrudoxic Placudands, Humic Dystrudepts y Histic Humaquepts.	ALD	ALDd	886,14	21,93
	Mantos de ceniza volcánica sobre tobas de ceniza y lapilli	El relieve varia de fuertemente ondulado a fuertemente escarpado, son muy profundos, bien drenados, muy permeables.	Acrudoxic Fulvudands, Typic Fulvudands y Typic Palehumults.	MLE	MLEd	425,20	10,52
	Tobas de ceniza y lapilli con ceniza volcánica sectorizada	Son muy profundos, bien drenados y de grupo textural francoso grueso y arenoso	Consociación Andic Dystrustepts	AMA	AMAc	41,37	1,02
	Tobas de ceniza y lapilli	Son bien drenados, profundos y muy profundos, pertenecen al grupo textural	Asociación Vitrandic Dystrustepts, Typic Haplustalfs	AMD	AMDd	82,44	2,04

CLIMA AMBIENTAL	LITOLOGÍA	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	COMPONENTE TAXONÓMICO	UNIDAD DE SUELO	FASE CARTOGRÁFICA	ÁREA (ha)	%
		francoso fino sobre arenoso y francoso fino.					
	Tobas, lapilli y aglomerados	Relieve moderadamente escarpado a fuertemente escarpado, erosión moderada, son profundos y superficiales, excesivamente drenados del grupo textural franco fino y arcilloso.	Typic Haplustepts, Typic Ustorthents, Misceláneo de Cenizas y Vitrandic Dystrustepts.	AME	AMEd2, AMEf2 AMEg2	1.229,12	30,42
Valle	Tobas de ceniza lapilli y aglomerados	Suelos correspondientes al valle aluvial, pendientes hasta de los 12%, moderadamente profundos, limitados por fragmento de roca y/o material compactado, bien drenados, grupo textural francoso fino a francoso grueso	Typic Haplustolls, Cumulic Haplustolls y Typic Argiustolls.	ARB	ARBb, ARBc	154,79	3,83
Montaña	Tobas de ceniza, lapilli y aglomerados sobre andesitas	Relieve moderadamente escarpado a fuertemente escarpado, erosión moderada son muy superficiales y superficiales, excesivamente drenados del grupo textural grueso y franco grueso	Typic Ustorthents, misceláneo rocoso, Entic Haplustolls y Typic Argiustolls.	ARC	ARCf2	631,08	15,62
Cuerpos de agua						18,54	0,46
Zonas urbanas						89,82	2,22
Total						4040,58	100,0

Fuente: Consorcio SH.

En el área de influencia se encuentran presentes los paisajes de: valle, lomas y montañas; ocupando la mayor parte del área el paisaje de lomas.

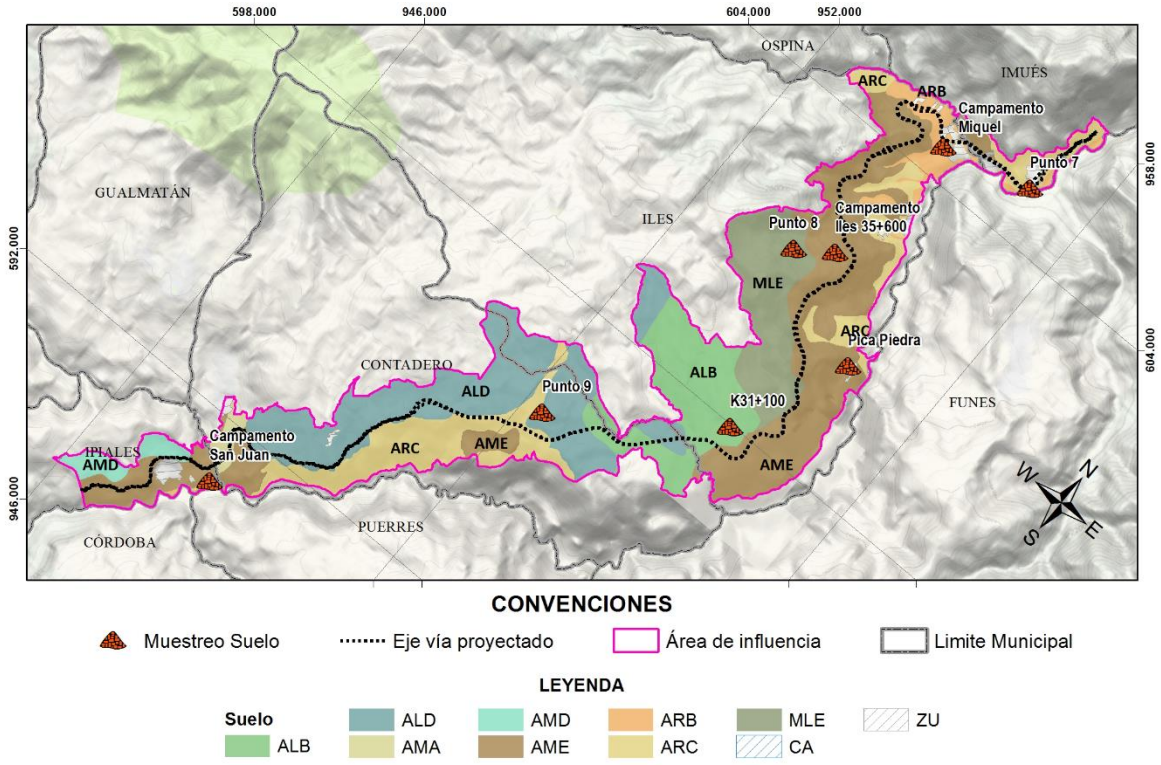
Seguidamente, se realiza la descripción de las unidades de paisajes, con su correspondiente unidad de suelos.

5.1.3.1 Paisaje de valle.

La topografía plana a ligeramente inclinada, representada por pequeñas áreas de formas alargadas y angostas, localizadas en algunos sectores. Los suelos desarrollados en esta zona, son producto del aporte de sedimentos depositados por los ríos; presentando un complejo de cambio altamente saturado, con distribución irregular del carbono orgánico, alta fertilidad, de poca y moderada profundidad, limitados por la presencia de cantos y gravas producto de antiguos aportes aluviales y en algunos casos por la presencia de un horizonte Bk, formado por acumulación de carbonatos secundarios; constituyéndose este último caso, como un proceso específico de ganancia conocido como calcificación. Ver **Fotografía 5.32.**

Seguidamente, se describe la unidad de suelos correspondiente al paisaje de valle.

Figura 5.23 Distribución espacial de las unidades de suelos dentro del área de influencia.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.1.1 Consociación Typic Haplustolls – ARBb, ARBc.

Esta unidad representa el tipo de relieve de terrazas, moderadamente disectadas, dentro del paisaje de valle. Comprenden áreas de poca extensión, se localiza específicamente en la vereda Pilcuán, en el municipio de Imúes, en sectores aledaños al río Guáitara. El clima es seco, con temperaturas de 14°C y precipitaciones de 1000 mm anuales aproximadamente.

El relieve varía de ligeramente inclinado a moderadamente inclinado, con pendientes entre 3 y 12%, medias a largas, rectilíneas.

Son suelos desarrollados a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados y se caracterizan por ser moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca y/o material compactado, bien drenados, grupo textural francoso fino a francoso grueso y de fertilidad alta. Ver **Fotografía 5.33** y **Fotografía 5.34**.

Fotografía 5.32 Suelos asociados al paisaje de valle dentro del área de influencia, municipio Imués, vereda Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 957180 N: 604975.

Fuente: Consorcio SH.

La unidad la integran en un 50% los suelos Typic Haplustolls; un 35% los suelos *Cumulic Haplustolls* y un 15% los suelos *Typic Argiustolls*, con fases delimitados en las siguientes unidades.

ARBb: Fase, ligeramente inclinada.

ARBc: Fase, moderadamente inclinada.

Las unidades cartográficas ARBb y ARBc corresponden a la subclase IIIsc por capacidad de uso.

Fotografía 5.33 perfil del suelo dentro de la unidad ARB, vereda Pilcuan la recta, municipio de Iles, Coordenadas E: 956746 N: 605041.

Fotografía 5.34 perfil del suelo dentro de la unidad ARB, vereda El porvenir, municipio de Iles, Coordenadas E: 954992 N: 604592.

Fuente: Consorcio SH.

- **Suelos Typic Haplustolls.**

Estos suelos se presentan en las terrazas, son moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados y de grupo textural francoso fino, se han desarrollado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados.

Morfológicamente, presentan perfiles de tipo A-B-C. El horizonte Ap es grueso, de 47 cm de espesor, colores pardos grisáceos muy oscuros y negros, texturas franco y franco arcilloso y estructura en bloques angulares y

subangulares, gruesa, mediana y fina, débil y moderada. Posteriormente, se presenta un Bw de color gris muy oscuro y pardo amarillento oscuro y pardo, textura franca y estructura en bloques subangulares, fina y media, débil; el cual descansa sobre un C, de color pardo amarillento y textura franca.

Químicamente, son suelos moderadamente ácidos en superficie y ligeramente ácidos en profundidad, de mediana capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, medianos contenidos de carbono orgánico, bajos contenidos de fósforo y fertilidad alta. Las escasas y mal distribuidas lluvias y la moderada profundidad efectiva son los factores limitantes para el uso y manejo de estas tierras.

- **Suelos Cumulic Haplustolls.**

Estos suelos ocupan la posición de terrazas; se han desarrollado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados, son moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados y de grupo textural francoso grueso sobre francoso fino. Morfológicamente, presentan perfiles de tipo A-C. El horizonte A, es muy grueso, de 70 cm de espesor, conformado por varias capas de colores pardo oscuro, gris muy oscuro y negro en profundidad, texturas francas y estructura granular en superficie y en bloques subangulares, fina y media, moderada en profundidad; el cual descansa sobre un C, de color pardo grisáceo muy oscuro y textura franco arenosa pedregosa.

Químicamente, son suelos fuertemente ácidos en superficie y moderadamente ácidos a neutros en profundidad, de alta capacidad catiónica de cambio, saturación de bases, contenidos de calcio, magnesio, potasio y materia orgánica; fertilidad alta y medianos contenidos de fósforo aprovechable en superficie. Las escasas lluvias constituyen el principal limitante para el uso y manejo de los suelos.

- **Suelos Typic Argiustolls.**

Son suelos que ocupan la posición de terrazas, y representan la inclusión de la unidad, son moderadamente profundos, limitados por material compactado, bien drenados y de grupo textural francoso grueso, se han originado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados.

El perfil modal es de tipo A-B-C. El horizonte Ap presenta de 20 a 25 cm de espesor, color pardo muy oscuro, textura franca y estructura en bloques subangulares, fina, débil; el horizonte argílico Bt, de acumulación de arcilla iluvial, tiene colores negro y gris muy oscuro con manchas pardo grisáceas, desarrollo de cutanes, texturas franca y franco arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, débil; el horizonte C, es de color pardo muy pálido con manchas negras y de textura franca, que yace sobre un Cr, de material de toba compactado.

Son suelos moderadamente ácidos en el primer horizonte y ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos con la profundidad, de mediana capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de potasio, magnesio y calcio, altos contenidos de carbono orgánico, bajos contenidos de fósforo y fertilidad alta. Los principales limitantes para el uso y manejo son las escasas y mal distribuidas lluvias y la moderada profundidad efectiva de los suelos.

5.1.3.2 Paisaje de lomerío.

Son áreas de gran extensión. El material geológico se compone de arcillas marinas de edad terciaria y rocas sedimentarias arcillolitas y areniscas. La acción del clima a través del tiempo, sobre los materiales del origen mencionado, produce la rápida meteorización de minerales primarios, la pérdida de bases intercambiables, la acumulación de óxidos hidratados de hierro y la formación de arcillas de baja actividad (caolinita y haloisita). Bajo estas condiciones, se generan suelos de fertilidad baja y muy baja, con alta saturación de aluminio y muy

fuertemente ácidos. Ver **Fotografía 5.35.**

Fotografía 5.35 Suelos asociados al paisaje de lomerío dentro del área de influencia, municipio de Iles Nariño, vereda Urbano, Coordenadas E: 955307 N: 597100.

Fuente: Consorcio SH.

Seguidamente, se describen las unidades de suelos correspondientes al paisaje de lomerío.

5.1.3.2.1 **Consociación Pachic Melanudands - ALBc.**

Geográficamente, en el área de influencia, la unidad se encuentra ubicada en el municipio de Iles en el departamento de Nariño, en clima frío húmedo y muy húmedo, con temperaturas entre 12°C y precipitaciones de 1050 mm anuales.

Geomorfológicamente, ocupan sectores de las laderas y ligeramente inclinado a moderadamente inclinado, con pendientes hasta del 12%, cortas, algunas veces medias y moderada disección.

Son suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli o sobre andesitas, son muy profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, pobremente drenados y fertilidad alta y moderada. Ver **Fotografía 5.36**.

La vegetación natural ha sido destruida y reemplazada por pastos y cultivos como maíz, papa, cebolla, arveja, hortalizas y habas. Sin embargo, se encuentran algunas especies como pillo, chilca blanca, paico, espino, borrachero, encenillo y mora entre otros. Ver **Fotografía 5.37** y **Fotografía 5.38.**

Fotografía 5.36 Perfil del suelo dentro de la unidad ALB, municipio de Iles Nariño, vereda Urbano, Coordenadas Este: 955307 Norte: 597957

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.37 Cultivos de papa en el municipio de Iles, Vereda Urbano, Coordenadas Este: 955307 Norte: 597957.

Fotografía 5.38 Uso Ganadero sobre pastos limpios en el municipio de Iles, Vereda Urbano, Coordenadas Este: 955307 Norte: 597957.

Fuente: Consorcio SH.

Integran la unidad en un 50% los suelos Pachic Melanudands, en un 30% los suelos *Pachic Fulvudands*, un 10% por los suelos *Vitric Hapludands* y un 10% por los suelos *Typic Paleudults*.

La fase de suelo que se encuentra dentro del área de influencia del presente EIA corresponde a:

ALBc: Fase, moderadamente inclinada.

La unidad por capacidad de uso, corresponde a la clase IIIt. Ver **Fotografía 5.39**.

Fotografía 5.39 Clase agrologica III, en el municipio de Iles, Vereda Urbano, Coordenadas Este: 955283 Norte: 5978036

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

Seguidamente, se describen los componentes taxonómicos, correspondientes a la unidad de suelos ALB.

Suelos Pachic Melanudands: Estos suelos se presentan en las laderas, dentro del paisaje de lomerío; comprende suelos muy profundos, bien drenados y de textura franco gruesa; se han desarrollado de cenizas volcánicas sobre tobas de ceniza y lapilli.

Morfológicamente, presentan un perfil de tipo A-B-C. El horizonte Ap, tiene 18 cm de espesor, color negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; luego aparece el A2, color negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, media, fuerte. El horizonte B de alteración, color pardo oscuro, con manchas negras y textura franco arenosa; que yace sobre un C, de colores pardo grisáceo muy oscuro y pardo amarillento, texturas franco arcillosas (al tacto) y sin estructura, masiva.

Químicamente, son suelos de reacción fuerte a moderadamente ácida, de alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos a altos contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio, bajos en fósforo y de fertilidad alta. Los principales limitantes para el uso y manejo son las frecuentes heladas y las texturas moderadamente gruesas.

- **Suelos Pachic Fulvudands.**

Son suelos que ocupan la posición de laderas de las mesas, dentro del paisaje de lomerío, son profundos, bien drenados y de textura francos a fina; se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas, que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli. El perfil modal es de tipo A-B-C. El horizonte superficial Ap grueso, de 33 cm de espesor, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillo arenosa y estructura granular, gruesa, moderada; que yace sobre un horizonte A2, de color negro, textura franco arcillosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, moderada; posteriormente, se presenta el horizonte B, color pardo amarillento oscuro, con manchas negras, textura franco arcillosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, débil. El horizonte C, de color pardo amarillento con manchas negras; textura franco arcillosa y sin estructura, masiva.

Los suelos son moderadamente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos de calcio y magnesio, altos en potasio, bajos en fósforo y de fertilidad alta. Las frecuentes heladas son los principales limitantes para el uso y manejo de estos suelos.

- **Suelos Vitric Hapludands.**

Estos suelos representan la inclusión de la unidad y ocupan la posición de laderas. Comprende suelos moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados y de grupo textural francoso fino; son suelos que se han desarrollado de cenizas volcánicas depositadas sobre andesitas. Morfológicamente presentan un perfil de tipo A-B-C. El horizonte Ap, de 18 cm de espesor, color pardo oscuro y textura franco arcillosa. El horizonte B tiene colores pardo amarillento oscuro, en mezcla con pardo grisáceo oscuro, texturas franco arcillosa y franca y estructura en bloques subangulares, media y fina, fuerte y media y gruesa, moderada. El horizonte BC transicional presenta color pardo amarillento oscuro en mezcla con pardo grisáceo oscuro, textura franca y abundante material saprolítico y piedra de origen ígneo.

Son suelos de reacción extremadamente ácida en superficie y muy fuerte a fuertemente ácida en profundidad, de alta capacidad catiónica de cambio, altos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos de calcio y magnesio, altos contenidos de potasio, bajos en fósforo y fertilidad alta.

5.1.3.2.2 **Consociación Pachic Melanudands Símbolo: ALDd.**

Esta unidad se encuentra localizada en los municipios de Iles y Contadero; en altitudes entre los 2000 y 3100 msnm, en clima frío húmedo y muy húmedo, con temperaturas de 12 a 18°C y precipitaciones de 1000 a 4000 mm anuales. La unidad corresponde a las lomas de relieves fuertemente ondulados y fuertemente quebrados, con pendientes entre 12 y 50%, medias y largas, rectilíneas y disección moderada. Las cenizas volcánicas sobre tobas de ceniza, lapilli y aglomerados, han originado suelos muy profundos y moderadamente profundos, limitados por capa cementada, bien drenados, de textura francosa gruesa sobre arenosa y fertilidad moderada y baja. Ver **Fotografía 5.40**.

Fotografía 5.40 Perfil del suelo en la unidad ALD, Municipio de Contadero, vereda Ospina Pérez, Coordenadas E: 952410 N: 595885

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

La vegetación natural está constituida por especies como espina negra, borrachero, abrojo, jundi, zarcillo, chilca, guanto, encenillo, espino, mora, mayo y amarillo. Los suelos de esta unidad en su mayor parte están dedicados a agricultura intensiva con cultivos de papa, trigo, cebada, maíz, ollucos, ocas, hortalizas y algunos sectores con pastos manejados y naturales. Ver **Fotografía 5.41**.

Fotografía 5.41 Uso agrícola (Papa - Maíz) en unidad ALD, Municipio de Contadero, vereda Ospina Pérez, Coordenadas E: 952410 N: 595895.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

Integran la unidad en un 40% los suelos *Pachic Melanudands*, en un 30% los suelos *Typic Hapludands*, un 10% por los suelos *Acrudoxic Placudands*, un 10% por los suelos *Humic Dystrudepts* y un10% por los suelos *Histic Humaquepts.*

Presenta fase por pendiente, delimitada en la siguiente unidad:

ALDd: Fase, fuertemente inclinada.

La unidad por capacidad de uso, corresponde a la clase IIIt.

Seguidamente, se describen los componentes taxonómicos que forman la unidad de suelos ALD.

- **Suelos Pachic Melanudands.**

Estos suelos ocupan la posición de ladera de las lomas; son muy profundos, bien drenados, de buena permeabilidad y retención de humedad; se han desarrollado de cenizas volcánicas, que cubren tobas de ceniza, lapilli y aglomerados.

El perfil de suelo es de tipo A-B-C. El horizonte A, tiene más de 100 cm de espesor, color negro, textura franco arenosa y estructura granular, media y fina, fuerte. El horizonte B presenta color pardo amarillento, textura franco arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, débil; que yace sobre un C de color amarillo pardusco y textura franco arenosa.

Químicamente, son suelos de reacción fuertemente ácida con alta capacidad catiónica de cambio, altos contenida de carbono orgánico, baja saturación de bases, bajos contenidos de calcio, magnesio y sodio, mediana en potasio, alta retención de fosfatos y fertilidad moderada.

Los principales limitantes para el uso y manejo son las fuertes pendientes, la susceptibilidad a la erosión y las heladas ocasionales.

- **Suelos Typic Hapludands.**

Estos suelos se presentan en los hombros de las lomas. Son muy profundos, bien drenados y de textura francosa gruesa. Son suelos desarrollados sobre rocas volcánicas: tobas de ceniza, lapilli y aglomerados. El perfil modal presenta una secuencia de horizontes de tipo A-C. El horizonte A, de 80 cm de espesor, está

conformado por varios horizontes de color pardo amarillento oscuro y pardo grisáceo muy oscuro, texturas franco arenosas y estructura en bloques subangulares, media, fuerte. El horizonte C, tiene color pardo amarillento oscuro con manchas de color negro y capas de arena.

Son suelos de reacción fuerte a moderadamente ácida, de mediana capacidad catiónica de cambio, altos contenidos de carbono orgánico, baja saturación de bases, bajos contenidos de calcio, magnesio y fósforo, medianos contenidos de potasio en superficie y moderada fertilidad. Las pendientes fuertes y la susceptibilidad a la erosión, son los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos.

- **Suelos Acrudoxic Placudands.**

Estos suelos constituyen una inclusión dentro de la unidad, generalmente se localizan en las cimas de las lomas. Son suelos desarrollados sobre depósitos de ceniza y arena volcánica, son bien drenados, de grupo textural francoso grueso y moderadamente profundos, limitados por una capa cementada; donde se ha desarrollado un horizonte superficial A, de textura franco arenosa; posteriormente un Bw, de color pardo oliva y textura franco arenosa; que yace sobre un horizonte B cementado (Bsm) formado por acumulación de hierro y materia orgánica, de color negro rojizo. Se caracterizan por ser muy fuerte a fuertemente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, moderada saturación de aluminio, bajos contenidos de calcio, potasio y fósforo, medianos contenidos de magnesio en superficie y fertilidad baja.

5.1.3.2.3 Consociación Acrudoxic Fulvudands – MLEd.

Esta unidad cartográfica ocupa la posición de lomas; dentro del área de influencia se encuentra ubicada en el municipio de Iles, en altitudes comprendidas entre los 2000 y 3000 metros, correspondiente al clima frío húmedo y muy húmedo, con temperaturas entre los 12 y 18°C y precipitaciones de 1000 mm anuales, aproximadamente. El relieve varía de fuertemente ondulado a ligeramente escarpado, con pendientes entre 12 y 50%, medias a muy largas, rectilíneas. En algunos sectores, se presenta erosión hídrica laminar y en surcos en grado moderado.

Los suelos se han originado de ceniza volcánica sobre andesitas o sobre tobas de ceniza y lapilli, son muy profundos, bien drenados, muy permeables y de fertilidad baja a moderada. Ver **Fotografía 5.42**.

La vegetación natural la constituyen especies como sietecueros, zarcillos, helechos, mora silvestre, encino, moridera, chicoria, orejuela, berro, verbena, espina, amarillo, cedrillo y cordoncillo entre otros.

La mayor parte de la vegetación ha sido reemplazada y sustituida por cultivos como papa, hortalizas, legumbres y principalmente por pastos naturales y mejorados. Ver **Fotografía 5.43**.

La unidad cartográfica está conformada en un 50% por los suelos *Acrudoxic Fulvudands*; un 30% por los suelos *Typic Fulvudands* y en un 20% por los suelos *Typic Palehumults*.

Presenta fase por pendiente, delimitada en la siguiente unidad:

MLEd: Fase, ligeramente escarpada.

La unidad por capacidad de uso, corresponde a la clase IVts.

Seguidamente, se describen los componentes taxonómicos que forman la unidad de suelos.

Fotografía 5.42 Perfil del suelo en la unidad de suelo MLE, municipio de Iles Nariño, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 953951 N: 601738.

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.43 Desarrollo de cultivos transitorios (Cebolla - Maíz), municipio de Iles Nariño, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 954063 N: 601302.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Suelos Acrudoxic Fulvudands.**

Se localizan en la ladera superior de las lomas. Son suelos desarrollados a partir de depósitos de ceniza volcánica que descansan sobre andesitas. Se caracterizan por ser muy profundos, bien drenados y de texturas franco arenosa y arenosa franca. Morfológicamente, se presenta un perfil de tipo A-B. El horizonte superficial Ap, tiene 18 cm de espesor, colores gris muy oscuro a negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares y angulares, fina y media, débil. El horizonte Bw de alteración, presenta dos sub horizontes de colores pardo oscuro, pardo amarillento y pardo amarillento oscuro, textura arenosa franca y estructura en bloques subangulares, fina y media, débil.

Químicamente, son suelos extremada y muy fuertemente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico y aluminio intercambiable, bajos contenidos de calcio, potasio, magnesio y fósforo y fertilidad baja. Los principales limitantes para el uso y manejo son la alta saturación de aluminio, las pendientes fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas y la baja fertilidad.

- **Suelos Typic Fulvudands.**

Estos suelos ocupan la posición de ladera media, dentro del paisaje de las lomas. Son suelos desarrollados a partir de ceniza volcánica sobre tobas de ceniza y pumitas. Son suelos muy profundos, bien drenados y de texturas francas a franco arcillosas. El perfil modal presenta una secuencia de horizontes de tipo A-AB-B-C. El horizonte Ap, tiene color pardo grisáceo muy oscuro, a gris muy oscuro, textura franca y estructura en bloques subangulares, fina y media; posteriormente, se presenta un horizonte transicional AB, color pardo amarillento oscuro, en mezcla con gris muy oscuro y textura franca. El horizonte Bw de color pardo amarillento, textura franca a franco arcillosa y estructura en bloques subangulares, media, moderada, muy débil; este horizonte yace sobre un horizonte C, de color pardo amarillento y textura arcillosa.

Son suelos de reacción fuerte a muy fuertemente ácida, de alta capacidad catiónica de cambio, media a baja saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos en calcio y magnesio, altos en potasio, bajos en fósforo y fertilidad moderada.

Las pendientes fuertemente inclinadas y escarpadas y la susceptibilidad a la erosión son los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos.

- **Suelos Typic Palehumults.**

Estos suelos se encuentran en la ladera inferior (faldas) de las lomas, dentro del paisaje de montaña; son profundos, bien drenados y grupo textural francoso fino sobre arcilloso fino y muy fino; los cuales se han desarrollado sobre tobas de ceniza y lapilli. El perfil modal presenta una secuencia de horizontes de tipo A-B. El horizonte superficial Ap, tiene 20 cm de espesor, color pardo oscuro, textura franca, gravillosa y cascajosa y estructura en bloques subangulares, media, débil; sigue un horizonte Bw, color pardo rojizo oscuro, textura arcillosa y estructura en bloques subangulares, media, moderada; el cual descansa sobre un horizonte Bt, de acumulación de arcilla iluvial, de colores pardo rojizo y pardo amarillento, textura arcillosa y estructura en bloques subangulares, gruesa y media, fuerte.

Son suelos fuertemente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, medios contenidos de calcio, altos en magnesio y potasio, bajos en fósforo, altos contenidos de carbono orgánico y fertilidad moderada. Las fuertes pendientes y la susceptibilidad a la erosión son los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos.

5.1.3.2.4 Consociación Andic Dystrustepts Símbolos - AMAb, AMAc.

Se localizan en sectores del municipio de Ipiales. Ocupan la posición de mesas dentro del paisaje de lomas denudacional de origen hidro-volcánico, ligeramente disectada y afectadas algunas veces por procesos erosivos en grado moderado.

La forma del relieve es plano a moderadamente inclinado, con pendientes entre 0 y 12%, largas a muy largas, rectilíneas. Los suelos se han originado de tobas de ceniza y lapilli con ceniza volcánica sectorizada. Son muy profundos, bien drenados y de grupo textural francoso grueso y arenoso. La vegetación natural ha sido reemplazada por cultivos como trigo, cebada, maíz, papa y arveja y en algunos sectores por pastos. La escasa vegetación natural que aún queda está representada por algunas especies como chilco, mora, hierba, gallinazo, espino, encino y altamisa.

La unidad está compuesta en un 100% por los suelos *Andic Dystrustepts*, con fases por pendiente y erosión delimitadas en la siguiente unidad:

AMAc: Fase, moderadamente inclinada.

Las unidades AMAc corresponden a la subclase IIIc por capacidad de uso.

Seguidamente, se describe el componente taxonómico que forma la unidad de suelo.

- **Suelos Andic Dystrustepts.**

Estos suelos se presentan en los bancos de las mesas dentro del paisaje de lomas, son muy profundos, de baja retención de humedad y bien drenados; se han desarrollado a partir de ceniza y arena volcánica sobre tobas de ceniza. El perfil modal muestra una secuencia de horizontes de tipo A-C-A. El horizonte A es grueso, de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, media, fuerte; el horizonte C, constituido por varios horizontes de colores pardo amarillento con manchas negras y color blanco con puntos negros, texturas arenosas y sin estructura; a continuación se presenta un horizonte sepultado (Ab), de color pardo oscuro con franjas rojas, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, débil.

Los suelos presentan reacción moderada y fuertemente ácida, alta capacidad catiónica de cambio, mediana saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos de calcio y magnesio, altos contenidos de potasio en superficie y bajos en profundidad, bajos contenidos de fósforo en superficie y medianos en profundidad y fertilidad moderada. Los principales limitantes para el uso y manejo son las escasas lluvias y las heladas que se presentan ocasionalmente. Ver **Fotografía 5.44.**

Fotografía 5.44 Perfil del suelo, Unidad AMA, municipio de Ipiales, vereda Las Cruces coordenadas E: 943769 N: 586175.

Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.2.5 Asociación Vitrandic Dystrustepts, Typic Haplustalfs - AMDd.

Se localiza en el municipio de Ipiales. Ocupa la posición de lomas. El relieve es fuertemente inclinado y ligeramente escarpado, con pendientes entre 12 y 25%, de longitud media, forma rectilínea y moderadamente disectados.

El clima es frío seco, con alturas entre los 2500 y 3000 metros, con temperaturas de 12 a 18°C y precipitaciones entre 500 y 1000 mm anuales. Los suelos se han desarrollado de tobas de ceniza y lapilli. Son bien drenados, profundos y muy profundos, pertenecen al grupo textural francoso fino sobre arenoso y francoso fino, la fertilidad es moderada y alta.

Están afectados por movimientos en masa y por erosión hídrica. La vegetación natural ha sido reemplazada

en gran parte por cultivos de maíz, papa, haba, trigo, cebada, hortalizas y pastos; la que aún se preserva está constituida por chilco, capuli, espina negra, mote, borrachero, sauco, pumamaque, barrabás, cujaca y fiques.

La unidad se compone en un 45% por los suelos *Vitrandic Dystrustepts*; un 40% por los suelos *Typic Haplustalfs* y en un 15% por los suelos *Vitrandic Ustorthents.*

Presenta fases por gradientes de las pendientes delimitadas en la siguiente forma:

AMDd: Fase, fuertemente inclinada

Las unidades cartográficas AMDd corresponden a la subclase IVts por capacidad de uso.

Seguidamente, se describen los componentes taxonómicos que forman la unidad de suelo AMD.

- **Suelos Vitrandic Dystrustepts**

Se localizan en las cimas de las lomas. Son suelos profundos, bien drenados, pertenecen al grupo textural francoso fino en los dos primeros horizontes y arenoso en profundidad; se han desarrollado a partir de tobas de ceniza y lapilli. Presentan una secuencia de horizontes de tipo A-B-C. El horizonte superior A tiene 25 cm de espesor, color pardo oscuro con moteados pardo fuertes y pardo amarillentos, textura franca y estructura en bloques subangulares, media, moderada; el horizonte Bw es de color pardo muy oscuro con moteados pardo oscuros y textura franco arcillo arenosa; el horizonte C, está compuesto por varias capas, de colores pardo a pardo oscuro, gris oscuro con moteados pardo grisáceo oscuros y amarillo pálido con moteados gris oscuro en profundidad, la textura es arenosa y arenosa franca.

Son suelos moderadamente ácidos a ligeramente ácidos, de mediana capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases en los dos primeros horizontes y baja en profundidad, bajos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos de calcio, magnesio y potasio en los dos horizontes superiores y bajos en profundidad, bajos en fósforo y fertilidad moderada. Los principales limitantes para el uso y manejo son las escasas lluvias, la susceptibilidad a la erosión y las fuertes pendientes.

- **Suelos Typic Haplustalfs**

Estos suelos ocupan las laderas de las lomas. Corresponden a suelos muy profundos, bien drenados y pertenecen al grupo textural francoso fino; se han desarrollado a partir de tobas de ceniza y lapilli. El perfil modal es de tipo A-B-C. El horizonte superficial A tiene 20 cm de espesor, color pardo amarillento oscuro, textura franco arcillosa y estructura en bloques subangulares, media, débil; yace sobre un horizonte Bt, de acumulación de arcilla iluvial, de colores pardo amarillento oscuro, con manchas pardo grisáceas muy oscuras y en profundidad pardo grisáceo muy oscuro con manchas pardo muy oscuras, texturas franco arcillo arenosa, arcillosa y arcillo arenosa. El horizonte transicional BC, de color pardo amarillento oscuro con manchas amarillo parduscas, textura arcillosa y estructura en bloques subangulares, media, débil.

Químicamente, son suelos de reacción neutra a ligeramente ácida, de mediana capacidad catiónica de cambio, medianos contenidos y decrecimiento irregular de carbono orgánico, alta saturación de bases, medianos contenidos de fósforo en el primer horizonte y bajos en profundidad, fertilidad alta.

Las pendientes fuertes, la susceptibilidad a la erosión y las escasas lluvias son los principales limitantes para el uso y manejo.

- **Suelos Vitrandic Ustorthents**

Estos suelos representan la inclusión de la unidad, se localizan en los hombros de las lomas, son superficiales, limitados por material tobáceo poco meteorizado, bien drenados; pertenecen al grupo textural francoso fino.

El horizonte superior es delgado de 15 cm de espesor, de color pardo a pardo oscuro, textura arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, media, débil. El horizonte Cr corresponde a roca intemperizada, color pardo amarillento claro, con manchas pardo muy pálido y rojo amarillento.

Son suelos de reacción moderadamente ácida, de alta capacidad catiónica de cambio en el primer horizonte y baja en profundidad, mediana saturación de bases, medianos contenidos de calcio y magnesio en el primer horizonte, altos contenidos de potasio y sodio, bajos en fósforo y fertilidad moderada.

5.1.3.2.6 Grupo Indiferenciado Typic Haplustepts, Typic Ustorthents, Misceláneo de Cenizas y Vitrandic Dystrustepts, escarpados, erosionados – AMEd2-AMEf2, AMEg2.

Esta unidad se encuentra ubicada en la mayor parte del área de influencia, en clima frío seco, altitudes entre 2300 y 2700 metros, precipitaciones hasta de 1000 mm anuales y temperaturas entre 12 y 18°C. La unidad corresponde a los cañones, con pendientes mayores del 50%, muy largas, rectilíneas; está afectada por procesos erosivos en surcos y cárcavas de grado moderado. Los suelos se han desarrollado sobre tobas de ceniza, lapilli y aglomerados; son excesiva a bien drenados, profundos y superficiales; pertenecen al grupo textural francoso fino y arcilloso fino. La fertilidad es alta a moderada.

Fotografía 5.45 Perfil del suelo Suelos Typic Haplustepts, vereda La Esperanza, municipio de Iles E: 955958 N: 600752.

Fuente: Consorcio SH.

La unidad la conforman en un 30% los suelos *Typic Haplustepts*, en un 30% los suelos *Typic Ustorthents*, un 25% por Misceláneo de Cenizas y un 15% por los suelos *Vitrandic Dystrustepts.*

Presentan fases por pendientes y erosión delimitadas en las siguientes unidades:

AMEd2: Fase Moderadamente quebrada, erosión moderada.

AMEf2: Moderadamente escarpada o M. empinada, erosión moderada.

AMEe2: Fase escarpada, erosión moderada.

Corresponden a la subclase VIIItc por capacidad de uso.

Seguidamente, se describen los componentes taxonómicos que forman la unidad de suelo.

Suelos Typic Haplustepts: Estos suelos se localizan en la ladera superior del cañón. Se caracterizan por ser profundos, son excesivamente drenados y de grupo textural francoso fino; se han formado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados.

El perfil modal es de tipo A-C. El horizonte superficial A es delgado, con espesores entre 12 y 20 cm, color pardo oscuro, textura franca y estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; posteriormente se encuentra un horizonte C, de color pardo muy pálido, blanco y pardo amarillento con manchas rojo amarillentas y textura franca.

Químicamente, son suelos fuertemente ácidos en el primer horizonte y neutros en profundidad, con alta capacidad catiónica de cambio, media a alta saturación de bases, medios y altos contenidos de calcio, magnesio y potasio, bajos contenidos de fósforo, altos contenidos de carbono orgánico y fertilidad alta.

Las fuertes pendientes, la susceptibilidad a la erosión, la presencia de misceláneo de ceniza y la erosión en grado moderado son los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos.

- **Suelos Typic Ustorthents.**

Estos suelos ocupan la posición de ladera media de los cañones. Son profundos, excesivamente drenados, pertenecen al grupo textural francoso fino, gravilloso y cascajoso, se han desarrollado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados. Morfológicamente presentan un perfil de tipo A-C. El horizonte A de 20 cm de espesor, es de color pardo a pardo oscuro, textura arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, media, débil; que yace sobre un horizonte C, pardo amarillento claro con manchas amarillo parduscas, de textura franco arcillo arenosa gravillosa y abundantes fragmentos de roca.

Fotografía 5.46 Perfil del suelo Suelos Typic Ustorthents, vereda Urbano, municipio de Iles, Coordenadas E: 955140 N: 596967.

Fuente: Consorcio SH.

Químicamente, son ligeramente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de calcio, magnesio y potasio, bajos en fósforo aprovechable, altos en carbono orgánico y fertilidad alta. Los principales limitantes para el uso y manejo son las pendientes escarpadas, la susceptibilidad a la erosión, la presencia de misceláneo de ceniza y la erosión en grado moderado.

- **Suelos Vitrandic Dystrustepts.**

Estos suelos ocupan la posición de resalto de ladera en los cañones; son superficiales, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, pertenecen al grupo textural francoso fino, se han desarrollado sobre tobas de ceniza, lapilli y aglomerados.

Morfológicamente, presenta un perfil de tipo A-C. El horizonte Ap es grueso, de 35 cm de espesor, color negro, textura franco arcillo arenosa con cascajo y guijarro y estructura en bloques subangulares, fina, moderada; luego se presenta el Cr de fragmentos de roca de tipo guijarro y laja, de forma angular con matriz de suelo color oliva y textura franco arcillo arenosa.

Los suelos son fuertemente ácidos en superficie y ligeramente ácidos en profundidad, de alta capacidad catiónica de cambio, mediana saturación de bases, altas bases totales, altos en carbono orgánico, bajos contenidos de fósforo en el primer horizonte y medianos en profundidad y fertilidad alta. Los principales limitantes para el uso y manejo son las fuertes pendientes, la susceptibilidad a la erosión, la poca profundidad efectiva, los afloramientos rocosos y la erosión en grado moderado.

5.1.3.3 Paisaje de Montaña.

El material parental a partir del cual se han formado la mayoría de los suelos de montaña, incluyendo algunos de las unidades cartográficas de clima medio húmedo y muy húmedo y seco corresponde a depósitos de ceniza volcánica procedentes de volcanes. Los diversos tipos de vegetación de composición compleja por la variación climática, han aportado materiales orgánicos necesarios para el desarrollo pedogenético.

El relieve que domina es escarpado y muy escarpado. En general, los factores formadores de mayor relevancia en el desarrollo de los suelos de montaña son el material parental, el clima y los organismos. El vidrio volcánico y los feldespatos presentes en la ceniza, bajo adecuadas condiciones de humedad como las que imperan en la zona, se meteorizan y se transforman en minerales de bajo grado de cristalinidad (amorfos) que logran una estabilidad tal que les permite persistir con muy poco avance en la alteración a través de largos períodos de tiempo. La materia orgánica por su parte, se acumula y tiende a formar compuestos o complejos orgánicominerales del tipo «humus - alofana» muy estables; estos procesos permiten explicar la presencia de horizontes superiores negros y espesos a través de los cuales el agua percolante de las lluvias ocasiona la lixiviación o pérdida de bases y la acumulación de formas intercambiables de aluminio, lo que determina la baja y moderada fertilidad y la muy fuerte a extrema acidez que caracteriza a la mayoría de los suelos de montaña. Ver **Fotografía 5.47.**

En general, son suelos de evolución moderada, producto de procesos físico-químicos a partir de abundantes minerales primarios, principalmente anfíboles y feldespatos y en menor proporción materiales alterados ricos en calcio y magnesio, sobre los cuales se presenta alta humificación y el desarrollo de minerales arcillosos de alta actividad tipo montmorillonita, vermiculita y metahaloisita.

Fotografía 5.47 Suelos del paisaje de Montaña, vereda San José de Qisnamuez, municipio de Contadero, Coordenadas E: 954745 N: 597200.

Fuente: Consorcio SH.

Por otra parte, a medida que las condiciones son más secas, se observan de manera marcada, grandes variaciones tanto en el paisaje, como en la morfología de los suelos. La escasa precipitación crea un medio confinado que hace que los procesos de evolución se orienten hacia los suelos altamente saturados, es decir hay alteración pero muy baja lixiviación, originando un medio de acumulación de elementos (bases y silicio, principalmente).

Como resultado de la pérdida de bases por lavado o por lixiviación, así como de la transformación y mineralización rápida de la materia orgánica que no permite que ésta se acumule, se generan suelos muy fuertemente ácidos, desaturados, con alta saturación de aluminio y baja fertilidad; en éstos predomina el cuarzo y los minerales alterados y están conformados por horizontes superficiales delgados de color pardo amarillento y pardo fuerte a rojo amarillento en profundidad.

Seguidamente, se describen las unidades de suelos correspondientes al paisaje de montaña.

5.1.3.3.1 Grupo Indiferenciado Typic Ustorthents, Misceláneo Rocoso, Entic Haplustolls y Typic Argiustolls, escarpados, erosionados - ARCd2, ARCe2, ARCf2.

Esta unidad cartográfica representa el tipo de relieve de cañones, dentro del paisaje montaña. Son el resultado de un proceso de entalle por erosión concentrada sobre las laderas o a lo largo de líneas de falla que dio origen a incisiones en forma de V formados por los ríos; con taludes escarpados, que presentan algunas formas secundarias representadas por pequeños resaltos.

Son áreas de pequeña extensión dentro del área de influencia, localizadas en la vereda de Pilcuán principalmente. Forman parte de los cañones moderadamente disectados del río Guáitara, en altitudes comprendidas entre 1000 y 2000 msnm, correspondiente al clima medio seco, con temperaturas entre 18 y 24°C y precipitaciones de 500 a 1000 mm anuales. El relieve varía de moderadamente escarpado a fuertemente escarpado, con pendientes de 50-75% y mayores, muy largas y rectilíneas. La unidad se encuentra afectada por erosión en grado moderado, además se presentan frecuentemente misceláneos de roca. En forma localizada se observan fenómenos de remoción en masa como deslizamientos, patas de vaca.

Fotografía 5.48 Misceláneo Rocoso, Vereda Pilcuan La Recta, municipio de Imúes Nariño, Coordenadas E: 956075 N: 605447.

Fuente: Consorcio SH.

El relieve varía de moderadamente escarpado a fuertemente escarpado, con pendientes de 50-75% y mayores, muy largas y rectilíneas. La unidad se encuentra afectada por erosión en grado moderado, además se presentan frecuentemente misceláneos de roca. En forma localizada se observan fenómenos de remoción en masa como deslizamientos, patas de vaca y golpes de cuchara.

Son suelos desarrollados a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados que yacen sobre andesitas, son muy superficiales y superficiales, excesivamente drenados, de grupo textural francoso grueso y francoso fino, con o sin gravilla y fertilidad alta y moderada.

La vegetación natural está constituida por la denominada paja y mosquerillo. El uso actual es de tierras en descanso. Solamente en los descansos de ladera, donde las pendientes son suaves se encuentran cultivos de maíz principalmente.

Integran esta unidad los suelos *Typic Ustorthents*, misceláneo rocoso, *Entic Haplustolls* y como inclusión los suelos *Typic Argiustolls.*

Presentan fases por pendiente y erosión delimitadas en las siguientes unidades:

ARCd2: moderadamente escarpada, erosión moderada.

ARCe2: Ligeramente escarpada, erosión moderada.

ARCf2: Fase, moderadamente escarpada, erosión moderada.

La unidad cartográfica ARC corresponde a la subclase VIIItc por capacidad de uso.

Seguidamente, se describen los componentes taxonómicos que forman la unidad de suelo ARC.

- **Suelos Typic Ustorthents.**

Estos suelos se localizan en las laderas de los cañones, son muy superficiales, limitados por capa cementada, excesivamente drenados, de grupo textural francoso fino, se han desarrollado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados. El perfil modal es de tipo A-C. El horizonte A, tiene de 10 a 15 cm de espesor, color pardo a pardo oscuro, textura franco arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, gruesa, fuerte; el horizonte C, presenta colores pardo amarillento y textura franco arcillo arenosa gravillosa; en profundidad se

presenta el aglomerado con abundante cascajo, guijarro y piedra de naturaleza piroclástica.

Químicamente, son suelos ligeramente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio y alta saturación de bases, altos contenidos de calcio, magnesio y potasio, medianos en carbono orgánico, bajos en fósforo aprovechable y fertilidad moderada.

Los principales limitantes para el uso y manejo son las pendientes fuertemente escarpadas, la susceptibilidad a la erosión, la poca profundidad efectiva, las escasas lluvias, la erosión actual y los afloramientos de roca.

- **Suelos Entic Haplustolls.**

Ocupan la posición de ladera; se caracterizan por ser muy superficiales, limitados por una capa cementada, excesivamente drenados y de grupo textural francoso fino; se han desarrollado a partir de tobas de ceniza, lapilli y aglomerados. Morfológicamente presenta un perfil de tipo A/C. El horizonte A presenta, de 20 a 25 cm de espesor, color gris muy oscuro, textura franco arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; descansa sobre el aglomerado (Cr). Los suelos son de reacción ligeramente ácida, de alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, bajos contenidos de fósforo y fertilidad alta. La poca profundidad efectiva, las escasas lluvias, las fuertes pendientes, la erosión moderada y los afloramientos rocosos son los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos.

- **Suelos Typic Argiustolls**

Estos suelos representan la inclusión de la unidad. Se caracterizan por ser superficiales, limitados por capa cementada, bien drenados y de grupo textural francoso grueso gravilloso sobre francoso fino; presentan un perfil de suelo con un horizonte A, de 32 cm de espesor, color negro, textura franco arenosa gravillosa y estructura granular, gruesa, moderada. Luego aparece un horizonte cementado (Btm), de colores gris muy oscuro y pardo amarillento, texturas franco arcillosas y estructura en bloques angulares, gruesa, fuerte; el cual yace sobre un C, color amarillo pardusco y textura franco arcillosa. Son ligeramente ácidos, de alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de calcio, magnesio y potasio, bajos en fósforo aprovechable.

5.1.3.4 Clasificación agrologica y aptitud de uso del suelo.

El uso potencial del suelo del área de influencia, se determinó según concepto del manual 210 del servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (Klingebiel y Montgomery, 1961), actualizado a 2010 por el IGAC; el cual determina que la clasificación está dada por clases y subclases, en las cuales en la medida que aumentan las limitaciones, aumenta su valor numérico. Ver **Tabla 5-22.**

Tabla 5-22 Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo.

AUMENTAN LA INTENSIDAD DE USO →								
CLASES CAPACIDAD DE USO	VIDA SILVESTRE	PASTOREO O FORESTAL			CULTIVO			
		Limitado	Moderado	Intensivo	Limitado	Moderado	Intensivo	Muy intensivo
I								
II								
III								
IV								
V								
VI								
VII								
VIII								

Aumentan las limitaciones y riegos en sentido vertical y disminuye la adaptabilidad y la libertad para la elección del uso en el mismo sentido.

Fuente: IGAC, 2001.

A continuación, se describe cada una de las clases establecidas en el sistema:

Clase I: Suelos con pocas limitaciones. Apropiados para un uso agrícola intensivo o con capacidad de uso muy elevada. Son suelos llanos y sin problemas de erosión o muy pequeños. Son suelos profundos, generalmente bien drenados y fácilmente de trabajar, tienen una buena capacidad de retención de agua, están provistos de nutrientes y responden a la fertilización.

Clase II: Suelos con algunas limitaciones que restringen la elección de plantas o requieren prácticas moderadas de conservación. Apta para un laboreo continuado. La principal diferencia con los suelos de Clase I, está en que presentan una pendiente suave, están sujetos a erosión moderada, su profundidad es mediana y pueden inundarse ocasionalmente.

Clase III: Suelos con limitaciones importantes que restringen la elección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación o ambas cosas. Se encuentran situados sobre pendientes moderadas y, por tanto, el riesgo de erosión es más severo en ellos. Su fertilidad es más baja. Requieren sistemas de cultivo que proporcionen una adecuada protección para defender al suelo de la erosión.

Clase IV: Suelos con limitaciones muy importantes que restringen la elección de plantas y requieren un manejo muy cuidadoso. Es una clase transicional, que sólo permite un laboreo ocasional. En algunos casos, tiene limitaciones debido a la presencia de pendientes muy pronunciadas y, por tanto, susceptibles de que sobre ellos se produzca una erosión severa.

Clase V: Suelos con poco o sin riesgo de erosión, pero con otras limitaciones imposibles de eliminar en la práctica, que limitan el uso a pastos o explotación forestal. No permiten el cultivo por su carácter encharcado, pedregoso o por otras causas. La pendiente es casi horizontal. El pastoreo debe ser regulado para evitar la destrucción de la cubierta vegetal.

Clase VI: Suelos con limitaciones muy importantes que hacen de ellos impropios para el cultivo. Usos: pastos, forestal. Su uso entraña riesgos moderados. Se hallan sujetos a limitaciones permanentes, pero moderadas. Su pendiente es fuerte o son muy someros.

Clase VII: Suelos con limitaciones muy importantes, impropios para el cultivo. Usos: pastos, forestal. Son

suelos pendientes, erosionados, accidentados, someros, áridos o inundados.

Clase VIII: Suelos no aprovechables, ni siquiera para uso agrícola, pastos o forestal. Son suelos con rocas desnudas, arenales, zonas pantanosas, etc. Deben emplearse para uso de la fauna silvestre, para esparcimiento o para usos hidrológicos.

Las subclases están formadas por grupos e tierra dentro de cada clase, que tienen limitaciones y/o deficiencias similares en cuanto a su uso. En esta forma se reconocen cuatro tipos de limitaciones, que por sí mismas definen las subclases generales, así:

Erosión: (e) Comprende todas aquellas tierras con diferentes grados de erosión causadas tanto por mal manejo (erosión actual) o riesgos de erosión ocasionados por limitaciones topográficas.

Humedad: (h) Integra todas aquellas tierras que presentan limitaciones provocadas por excesos de humedad, tanto superficiales como en el subsuelo.

Suelos: (s) Se refiere a las tierras que presentan limitaciones o deficiencias en la zona radicular (profundidad efectiva, texturas pesadas o livianas, pedregosidad y/o rocosidad, etc.)

Clima: (c) En esta subclase se agrupan aquellas tierras que presentan marcadas limitaciones climatológicas para fines agrícolas.

Nota: estas subclases se pueden presentar solas o combinadas.

A continuación, en la **Tabla 5-23** se describe la clase agrologica y uso potencial suelo correspondientes al área de influencia.

Tabla 5-23 Clasificación agrológica y uso potencial del suelo en el área influencia.

CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA	SUBCLASE	UNIDAD CARTOGRÁFICA	LIMITANTES DE USO	USO POTENCIAL	TIPO DE USO	Área (ha)	%
III	sc	ARBb, ARBc	Escasa y mala distribución de lluvias, y moderada profundidad efectiva del suelo	Cultivos de plátano, maíz, piña, frutales, cítricos y pastos resistentes a las sequias	Cultivos transitorios intensivos (CTI)	154,79	3,83
III	c	AMAc	Están limitados por heladas periódicas, algunos suelos presentan baja retención de humedad y moderada profundidad efectiva.	Cultivos de trigo, cebada, papa, arveja, maíz, zanahoria, cebada y trigo. Igualmente, se pueden utilizar con ganadería con pastos mejorados.	Cultivos transitorios intensivos (CTI)	41,37	1,02
III	t	ALBc, ALDd	Las pendientes inclinadas y la susceptibilidad a la arción son las principales limitantes para el uso de estas tierras	Cultivos de papa, hortalizas, cebollas, haba, arveja, curuba, mora y pastos introducidos	Cultivos transitorios intensivos (CTI)	1368,22	33,86
IV	ts	MLEd, AMDd	Relieve moderadamente quebrado, susceptibilidad a la erosión, moderada profundidad efectiva de los suelos, alta saturación de aluminio y fertilidad baja en los suelos	Cultivos de papa, hortalizas, cebollas, haba, arveja, curuba, mora y pastos introducidos	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	507,64	12,56
VIII	tc	ARCf2, , AMEd2, AMEf2, AMEg2	Relieves fuertemente escarpados, poca	Preservación y conservación de los	Áreas para la conservación y/o	1860,19783	46,04

CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA	SUBCLASE	UNIDAD CARTOGRÁFICA	LIMITANTES DE USO	USO POTENCIAL	TIPO DE USO	Área (ha)	%
			profundidad efectiva, alta saturación de aluminio, alta susceptibilidad a la erosión y fertilidad baja	bosques naturales protectores-productores y la vida silvestre.	recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)		
Cuerpos de agua						18,54	0,46
Zonas Urbanas						89,82	2,22
Total						4040,58	100

Fuente: Consorcio SH.

Seguidamente, de la **Fotografía 5.49** a la **Fotografía 5.52**, se presenta el registro fotográfico de los suelos, según las clases agrologicas descritas.

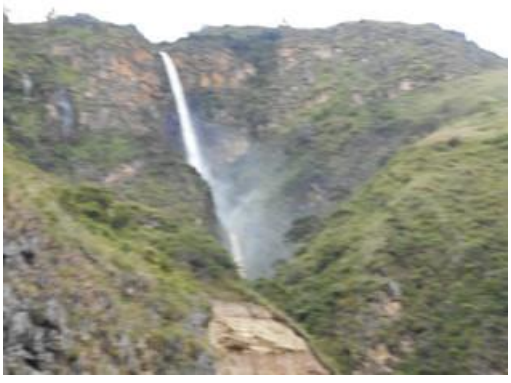
Fotografía 5.49 Suelos Clase IIIsc, municipio de Imués, Vereda Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 957180 N: 604975.

Fotografía 5.50 Suelos Clase IIIt, municipio de Iles Nariño, vereda Urbano, Coordenadas E: 955307 N: 597100

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.51 Suelos Clase IVts, municipio de Iles Nariño, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 954063 N: 601302.

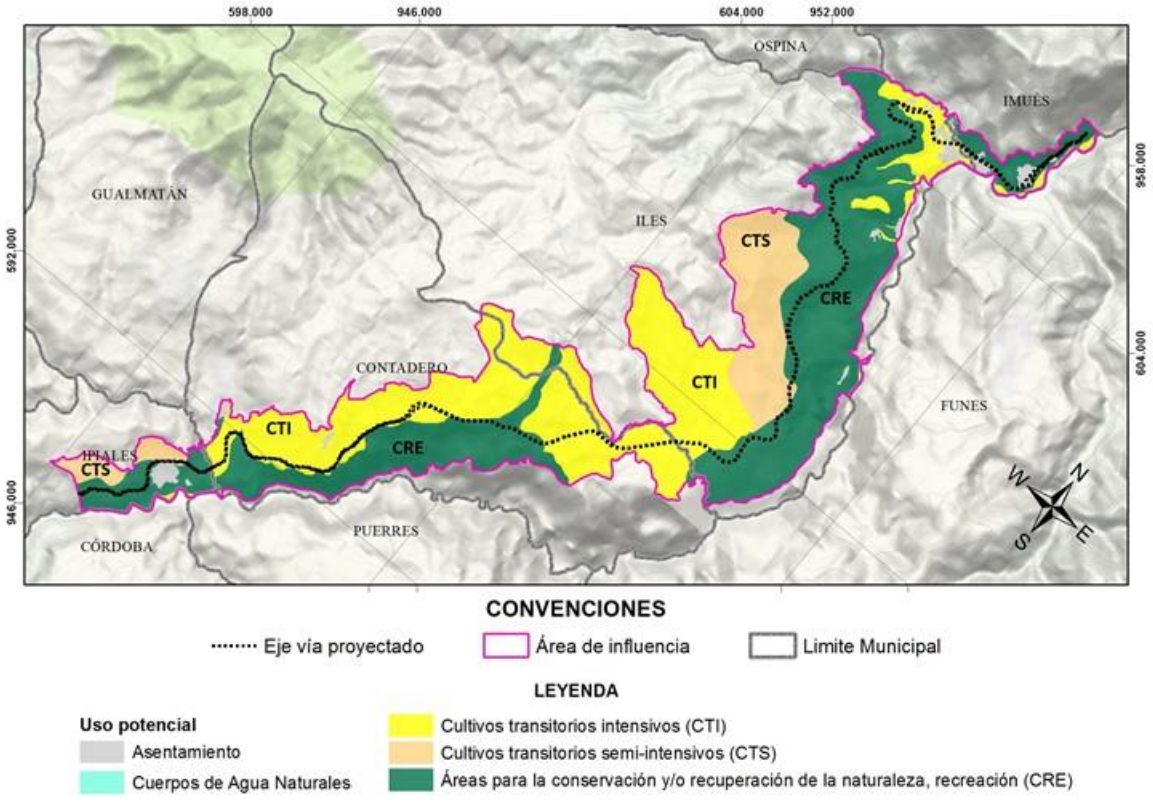
Fotografía 5.52 Suelos Clase VIIItc, vereda San José de Qisnamuez, municipio de Contadero, Coordenadas E: 954745 N: 597200.



Fuente: Consorcio SH.

Seguidamente, en la **Figura 5.28 y en el Anexo Cartográfico, Mapa N°12. Uso Potencial**, se muestra la distribución del uso potencial del suelo dentro del área de influencia.

Figura 5.24 Clasificación agrológica y uso potencial del suelo en el área influencia.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.5 Uso Actual del suelo.

El uso actual del suelo indica la ocupación del mismo expresado en forma de cobertura, bien sea por las diferentes actividades humanas o por la vegetación natural; este se determinó de acuerdo con las actividades naturales y antrópicas observadas en el trabajo de campo; teniendo en cuenta las categorías de grupo (uso del suelo) y subgrupo (Tipo de uso) definidas en la metodología del IGAC según el Manual Levantamiento de suelos del 2010. Ver **Tabla 5-24**.

Tabla 5-24 Distribución de usos del suelo en el área influencia.

COBERTURA VEGETAL	USO ACTUAL	TIPO DE USO ACTUAL	ÁREA	%
Bosque denso altoandino	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	859,58	21,27
Bosque ripario	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)		

COBERTURA VEGETAL	USO ACTUAL	TIPO DE USO ACTUAL	ÁREA	%
Plantación forestal	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)		
Herbazal abierto rocoso	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)		
Vegetación secundaria alta	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)		
Vegetación secundaria baja	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)		
Ríos	Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	18,51	0,46
Explotación de Materiales de construcción	Minería	Materiales de construcción	11,59	0,29
Mosaico de cultivos	Agrícola	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	2955,52	73,15
Mosaico de pastos y cultivos	Agrícola	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)		
Pastos limpios	Ganadería	Pastoreo intensivo (PIN)	85,48	2,12
Red vial y terrenos asociados	Infraestructura	Transporte	24,35	0,60
Tejido urbano continuo	Asentamiento	Residencial	85,54	2,12
Tejido urbano discontinuo	Asentamiento	Residencial		
Total			4040,58	100,00

Fuente: Consorcio SH.

Teniendo en cuenta los usos del suelo expuestos en la **Tabla 5-24,** es posible establecer, que los usos que mayor área ocupan dentro del área de estudio, corresponde al uso agrícola con un 73,15%, seguido del uso de conservación con un 21,27%.

Seguidamente, se describen cada uno de los usos encontrados dentro del área de influencia.

5.1.3.5.1 **Uso Agrícola.**

Dentro del área de influencia, el uso agrícola está representado por cultivos de ciclo vegetativo corto (transitorios), los cultivos predominantes son: Papa, Cebolla, Maíz, Mora, Arveja, Frijol y Haba principalmente; además, se encuentran en asociación con mosaico de pastos. Ver **Fotografía 5.53** y **Fotografía 5.54**.

Fotografía 5.53 Cultivo de Frijol dentro del área de influencia, municipio de Ipiales Nariño, corregimiento de San Juan, coordenadas E: 948435 N: 590850.

Fotografía 5.54 Mosaico de cultivos con espacios naturales, municipio de Iles Nariño, vereda el Tablón.

Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.5.2 **Ganadero**

Son los suelos usados para la reproducción y cría de animales mediante el uso de su vegetación como alimento, sea aquella natural o inducida. Dentro del área de influencia, la actividad ganadera es practicada por familias o pequeños grupos de personas para producir leche o carne que será consumido por ellos mismos, no para ser comercializada. Esta suele practicarse en espacios naturales, con las mínimas intervenciones del hombre. Ver **Fotografía 5.55** y **Fotografía 5.56**.

Por otra parte, se encuentran las actividades asociadas a la producción avícola, porcicola y cunicola. Ver **Fotografía 5.57** y **Fotografía 5.58**.

Fotografía 5.55 Ganadería sobre pastos naturales dentro del área de influencia, municipio de Iles, vereda Urbano, Coordenadas E: 955307 N: 597957

Fotografía 5.56 Ganadería sobre pastos naturales dentro del área de influencia, municipio de Iles, vereda Tablón Alto, Coordenadas E: 954070 N: 60170.

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.57 Granja avícola El Naranjo, municipio de Ipiales Nariño, corregimiento de San Juan, Coordenadas E:948248 N: 590982

Fotografía 5.58, Cría y reproducción de Cuyes municipio de Ipiales Nariño, corregimiento de San Juan, Coordenadas 948435 N: 590850

Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.5.3 **Uso Minero.**

Corresponden las zonas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras de construcción. Ver **Fotografía 5.59**.

Fotografía 5.59 Actividades de extracción minera en el municipio de Iles, Coordenadas Este: 955656 Norte: 595699

Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.5.4 **Uso de Conservación.**

Corresponden aquellas zonas que no pueden sobreexplotarse por sus características biofísicas e importancia ecológica. En el área de influencia se encuentran: Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Herbazal abierto rocoso, Bosque denso altoandino, Bosque ripario, Plantación forestal (PROTECTORA) y Río. Ver **Fotografía 5.60** y **Fotografía 5.61.** Las coberturas mencionadas anteriormente, pueden ser intervenidas durante el desarrollo del proyecto teniendo en cuanta los criterios establecidos en la zonificación de Manejo Ambiental. Por otra parte, se encuentran las plantaciones forestales, las cuales se fundamentan en el establecimiento de plantaciones que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras. En el área de influencia se encuentran establecidas plantaciones de Eucalipto principalmente. Ver **Fotografía 5.62.**

Fotografía 5.60 Quebrada la Humedeadora, vereda San José de Qisnamuez, municipio de Contadero, Coordenadas E: 954745 N: 597200

Fotografía 5.61 Área protectora Arroyo Papa Sicce, vereda El Porvenir, municpio de Iles Nariño, Coordenadas E: 954626 N: 603417

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.62 Plantación de Eucalipto, municipio de Ipiales Nariño, vereda de San Juan, Coordenadas E: 948248 N: 590982.

Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.5.5 **Uso infraestructura / asentamiento.**

Comprende las zonas urbanizadas, incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados a ellas. El uso está conformado por las siguientes coberturas de la tierra: zonas industriales, red vial y terrenos asociados, tejido urbano continuo y discontinuo formado por los municipios de Imúes, Iles, Contadero e Ipiales, correspondientes al departamento de Nariño. Ver **Fotografía 5.63** y **Fotografía 5.64**.

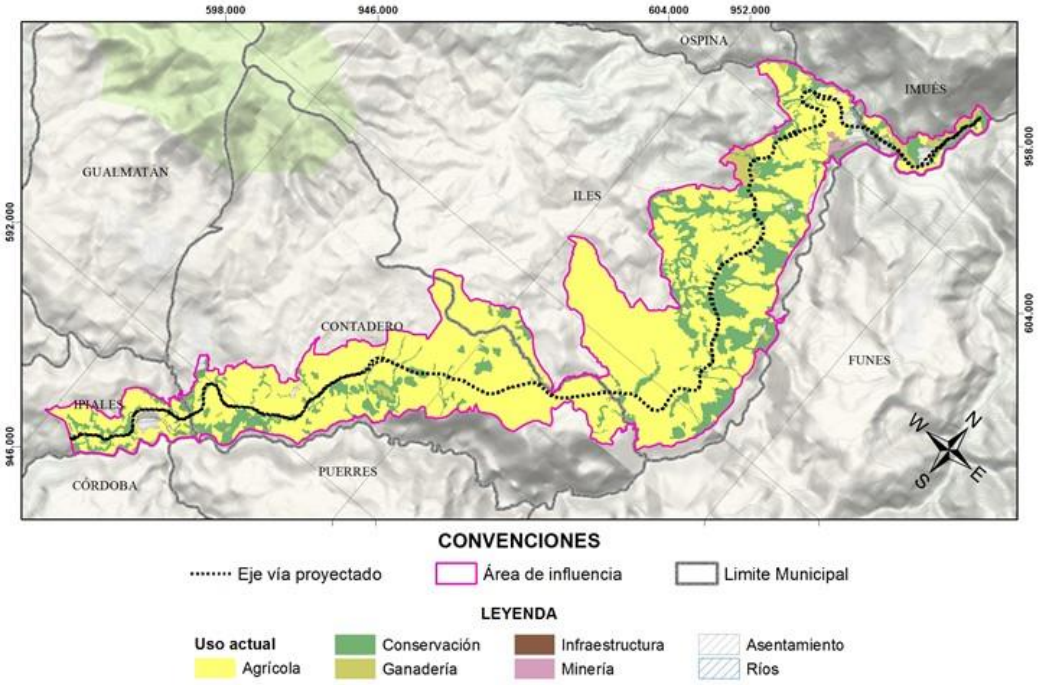
Fotografía 5.63 Centro urbano del Municipio de Contadero Nariño.

Fotografía 5.64 Municipio de Imúes Nariño, corregimiento de Pilcuan La Recta, Coordenadas E: 955428 N: 606133.

Fuente: Consorcio SH.

Seguidamente, en la **Figura 5.25 y en el Anexo Cartográfico, Mapa N°11. Uso Actual**, se presenta la distribución espacial de los uso del suelo dentro del área de influencia.

Figura 5.25 Distribución Espacial de Los Usos Del Suelo Dentro del Área del área de influencia.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.3.6 Conflictos de uso del suelo.

Los conflictos en el uso del suelo se ponen en manifiesto al cruzar los mapas de uso potencial del suelo, según clases agrologicas, y las coberturas de la tierra. A través de la matriz bidimensional que se presenta en la **Tabla 5-25**, se obtuvieron las áreas que presentan uso adecuado del suelo (zonas sin conflicto) y zonas en conflicto (subutilización y sobreutilización). Ver **Tabla 5-25**, distribución de conflictos en el uso del suelo. La descripción de los conflictos de uso del suelo se realizan teniendo en cuenta los conceptos del estudio realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi "zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia – Año 2002".

Tabla 5-25 Matriz bidimensional de conflictos de uso del suelo.

COBERTURA VEGETAL	USO ACTUAL	CLASIFICACIÓN AGROLOGICA Y USO POTENCIAL DEL SUELO			
		IIISC	IIIT	IVTS	VIIITC
		CULTIVOS TRANSITORIOS INTENSIVOS (CTI)	CULTIVOS TRANSITORIOS INTENSIVOS (CTI)	CULTIVOS TRANSITORIOS SEMI-INTENSIVOS (CTS)	ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN Y/O RECUPERACIÓN DE LA NATURALEZA, RECREACIÓN (CRE)
Bosque denso altoandino	Conservación		A		A
Bosque ripario	Conservación	A	A	A	A
Explotación de Materiales de construcción	Minería	O3			O3
Herbazal abierto rocoso	Conservación				A
Mosaico de cultivos	Agrícola	A		A	O3
Mosaico de pastos y cultivos	Agrícola	A	A	A	03
Pastos limpios	Ganadería	S1		S1	O3
Plantación forestal	Conservación	A	A	A	A
Vegetación secundaria alta	Conservación	A	A	A	A
Vegetación secundaria baja	Conservación	A	A	A	A

A: Sin Conflicto; S1: Subutilización Ligera; O3: Sobreutilización severa.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES. S.A. 2017.

A continuación, se presenta el análisis de los conflictos de uso del suelo dentro de área de influencia.

5.1.3.6.1 Sin conflicto. Símbolo A.

Bajo este título, se califica a las tierras donde el agroecosistema dominante, guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras.

En el área de influencia se presentan áreas sin conflicto en los siguientes casos:

Por el establecimiento de bosque denso alto andino, bosque ripario, herbazal rocoso, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja y plantación forestal; se considera que estas coberturas sirven para dar protección al suelo y cuerpos de agua y conservación de la biodiversidad de la flora y fauna.

Por otra parte, se presentan zonas sin conflictos por el establecimiento de mosaico de cultivos y mosaico de pastos y cultivos en suelos que permiten su desarrollo.

5.1.3.6.2 Conflictos por subutilización.

Calificación dada a las tierras donde el agroecosistema dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de uso, si se compara con la vocación de uso principal o la de los usos compatibles.

Dentro del área de influencia se encuentran zonas con subutilización ligera, la cual se describe a continuación:

- **Subutilización ligera. Símbolo S1.**

Tierras cuyo uso actual es muy cercano al uso principal, por ende a los usos compatibles, aunque se ha evaluado como de menor intensidad al recomendado.

En el área de influenciase presenta subutilización ligera por el desarrollo de: pastos limpios en suelos que tienen potencial para el desarrollo de sistemas agrícolas.

5.1.3.6.3 Conflictos por sobreutilización. Símbolo O.

Calificación dada a las tierras donde el uso actual dominante es más intenso, en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas.

En estas tierras, los usos actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, siendo incompatibles con la vocación de uso principal y los usos compatibles recomendados para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social.

Los conflictos por sobreutilización en el área de influencia de subdividen de la siguiente forma:

- **Sobreutilización severa. Símbolo O3.**

Tierras en las cuales el uso actual, supera en tres o más niveles la clase de vocación de uso principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como, procesos erosivos severos, disminución marcada de la productividad de las tierras, procesos de salinización, entre otros.

Se genera sobreutilización severa por la explotación de materiales para la construcción, en suelos que tienen potencial para el desarrollo de sistemas agrícolas.

Además, por el desarrollo de pastos limpios, mosaico de cultivos y mosaico de pastos y cultivos en suelos que deben ser sometidos a la protección y conservación del suelo y la cobertura nativa de la zona.

Como se puede ver en la **Tabla 5-26, Figura 5.26 y en el Anexo Cartográfico, Mapa N°13. Conflicto de Uso**, las zonas sin conflicto ocupan hasta el 70,16% del total del área de influencia, seguido de la sobreutilización severa (26,47%), la cual se genera por el establecimientos de cultivos y explotación de materiales para la construcción, en suelos que tienen potencial para la conservación.

En conclusión se puede determinar que la oferta natural del suelo está siendo utilizada en actividades productivas que corresponden a su potencialidad y por lo tanto no están siendo sobre explotados en su gran

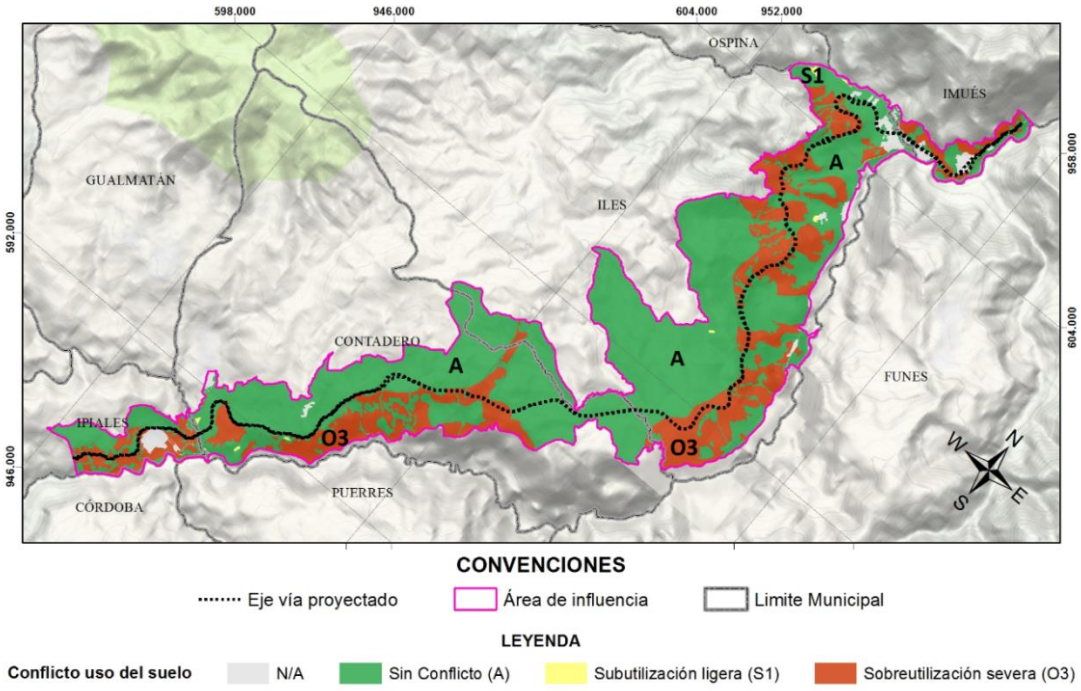
mayoría.

Tabla 5-26 Distribución de los tipos de conflictos en área de influencia.

TIPO DE CONFLICTO	ÁREA (ha)	%
Sin conflicto (A)	2.834,96	70,16
Sobreutilización severa (O3)	1.069,47	26,47
Subutilización ligera (S1)	7,74	0,19
Cuerpos de agua	18,54	0,46
Zonas Urbanas	89,82	2,22
Total	4040,58	100,0

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A 2017.

Figura 5.26 Distribución de los tipos de conflictos dentro del área de influencia.



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A 2017.

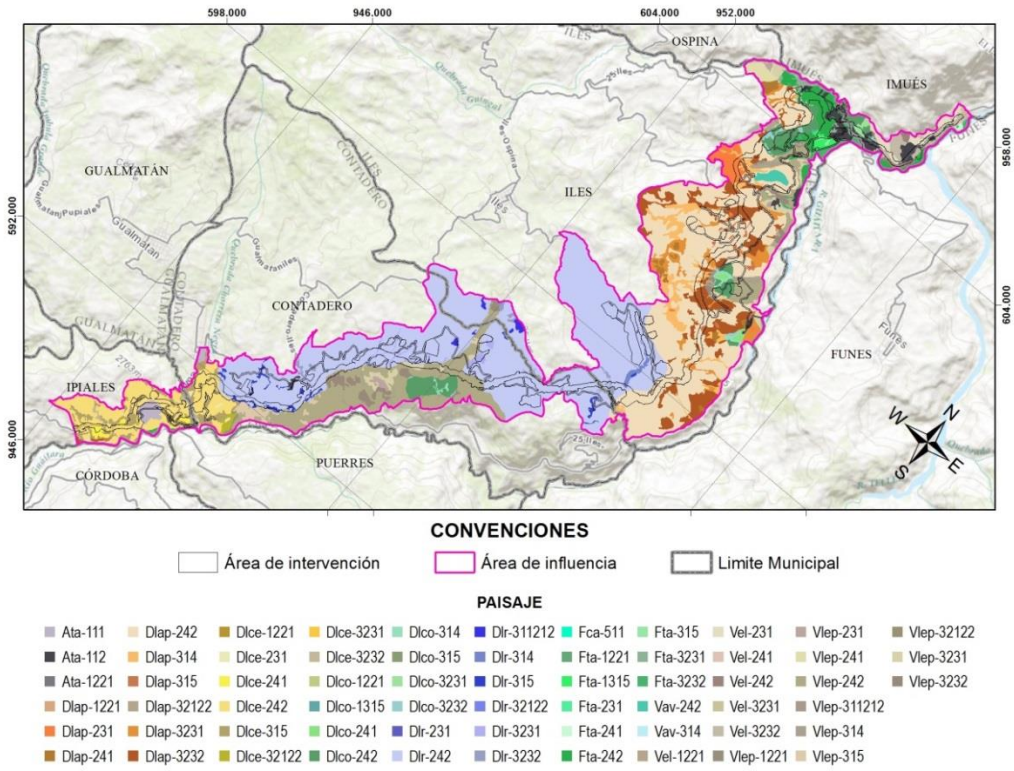
5.1.4 Paisaje.

El análisis para el componente de paisaje se realizó para el área de influencia del proyecto, y contempló la descripción del paisaje ecológico (expresado en las unidades de paisaje), y el análisis de fragilidad, calidad visual e integridad del paisaje como síntesis del análisis visual de paisaje. Igualmente se presenta la descripción del componente de paisaje respecto a las características del proyecto, la identificación y descripción de los sitios de interés paisajístico, y el análisis cultural respecto a este componente.

5.1.4.1 Unidades de paisaje ecológico.

El paisaje ecológico se expresa espacialmente en las unidades de paisaje, las cuales resultan del cruce entre las geoformas y coberturas identificadas dentro del área de influencia indirecta del proyecto. Así bien se identificaron 63 unidades de paisaje, agrupadas en diez (10) geoformas diferentes: Altiplanicie volcánica, Cauce activo, Escarpe en lava, Ladera denudacional abrupta en piroclastos, Ladera denudacional en cenizas, Ladera denudacional residual, Ladera denudativa coluvial, Ladera escarpada en piroclastos y lavas, Terraza aluvial y Terraza antrópica. Estas unidades se representan espacialmente en la **Figura 5.27** y en el **Anexo Cartográfico, Mapa N°9. Unidades de Paisaje Local,** y se describen de manera consiguiente.

Figura 5.27 Unidades de paisaje identificadas para el área de influencia.



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2016.

- **Terraza antrópica.**

Esta unidad geomorfológica es una de las de menor tamaño del área de influencia (89,82 ha, es decir 2,22% de la misma), y agrupa tres (3) unidades de paisaje, siendo las de mayor dominancia las asociadas a Tejido urbano continuo y discontinuo, con 25,81% y 69,43% de la geoforma, respectivamente (**Tabla 5-27**). Como su nombre lo indica, estas unidades de paisaje tienen origen en modificaciones de tipo antrópico por lo que son dominantes las coberturas de territorios artificializados (Red vial y Tejido urbano), sin presencia de coberturas

naturales.

Tabla 5-27 Unidades de paisaje en la geoforma de Terraza antrópica.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
1	**Tejido urbano continuo en Terraza antrópica**	**Ata-111**	23,19	25,81	0,57
2	**Tejido urbano discontinuo en Terraza antrópica**	**Ata-112**	62,36	69,43	1,54
3	Red vial y territorios asociados en Terraza antrópica	Ata-1221	4,27	4,76	0,11
Área de la geoforma (ha)			89,82	% representatividad de la geoforma en el AI	2,22

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Ladera denudacional abrupta en piroclastos.**

Esta geoforma corresponde a una de las de mayor tamaño dentro del área de influencia analizada, agrupando un total de nueve (9) unidades de paisaje. De estas, la unidad de paisaje asociada a Mosaico de pastos y cultivos (Dlap-242) es la de mayor dominancia, representando 63,44% del área de la geoforma, y siendo además de una de las de mayor dominancia en el área de influencia analizada, ocupando el 20,46% del área de la misma, como se puede observar en la **Tabla 5-28**. En cuanto a las unidades asociadas a coberturas naturales, la unidad asociada a Vegetación secundaria baja es la más representativa, con 15,57% del área de la geoforma, evidenciando una baja representatividad de unidades asociadas o coberturas naturales.

Tabla 5-28 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional abrupta en piroclastos.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
4	Red vial y territorios asociados en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-1221	3,91	0,30	0,10
5	Pastos limpios en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-231	40,51	3,11	1,00
6	Mosaico de cultivos en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-241	23,46	1,80	0,58
7	**Mosaico de pastos y cultivos en Ladera denudacional abrupta en piroclastos**	**Dlap-242**	826,62	63,44	20,46
8	Bosque ripario en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-314	103,81	7,97	2,57
9	Plantación forestal en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-315	14,50	1,11	0,36
10	Bosque denso altoandino en	Dlap-	5,04	0,39	0,12

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
	Ladera denudacional abrupta en piroclastos	32122			
11	Vegetación secundaria alta en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-3231	82,21	6,31	2,03
12	Vegetación secundaria baja en Ladera denudacional abrupta en piroclastos	Dlap-3232	202,85	15,57	5,02
Área de la geoforma (ha)			1.302,91	**% representatividad de la geoforma en el AI**	32,25

Fuente: Consorcio SH.

- **Ladera denudacional en cenizas.**

Esta geoforma representa un 8,10% del área de influencia, agrupando ocho (8) unidades de paisaje, de las cuales la de mayor dominancia corresponde está asociada a la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos (Dlce-242), con una representatividad del 63,88% del área de la geoforma, como puede detallarse en la **Tabla 5-29**; siendo las actividades agropecuarias la principal dinámica que ha modelado el paisaje actual de la geoforma. En cuanto a la unidad de paisaje que sigue en orden de representatividad, esta corresponde a las Plantaciones forestales, con un porcentaje del 24,39% de la geoforma, por lo que igualmente corresponde a una geoforma donde son dominantes las unidades de paisaje originadas a partir de modificaciones antrópicas del paisaje.

Tabla 5-29 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional en cenizas.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
13	Red vial y territorios asociados en Ladera denudacional en cenizas	Dlce-1221	4,81	1,47	0,12
14	Pastos limpios en Ladera denudacional en cenizas	Dlce-231	3,17	0,97	0,08
15	Mosaico de cultivos en Ladera denudacional en cenizas	Dlce-241	14,51	4,43	0,36
16	**Mosaico de pastos y cultivos en Ladera denudacional en cenizas**	**Dlce-242**	209,08	63,88	5,17
17	**Plantación forestal en Ladera denudacional en cenizas**	**Dlce-315**	79,84	24,39	1,98
18	Herbazal abierto rocoso en Ladera denudacional en cenizas	Dlce-32122	7,64	2,33	0,19
19	Vegetación secundaria alta en Ladera denudacional en cenizas	Dlce-3231	0,67	0,21	0,02
20	Vegetación secundaria baja en Ladera denudacional en cenizas	Dlce-3232	7,59	2,32	0,19

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
Área de la geoforma (ha)			327,31	**% representatividad de la geoforma en el AI**	8,10

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Ladera denudacional coluvial.**

En esta geoforma, que corresponde a una de las de menor representatividad en el área de influencia analizada (3,77 % de la misma), se agrupan ocho (8) unidades de paisaje de las cuales, de las cuales la asociada a los Mosaicos de pastos y cultivos (Dlco-242) es la de mayor representatividad con 74,80% del área de la geoforma; seguida por las unidades de paisaje Vegetación secundaria baja (Dlco-3232) y Bosque ripario (Dlco-314) con 7% de ocupación de la misma cada una. Con los porcentajes de representatividad especificados en la **Tabla 5-30**, se puede observar que las unidades de paisaje asociadas a coberturas naturales solo representan un 18,87% aproximadamente, siendo una geoforma en donde las unidades de paisaje han sido modeladas casi en su totalidad por modificaciones de tipo antrópico.

Tabla 5-30 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional residual coluvial.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
21	Red vial y territorios asociados en Ladera denudacional coluvial	Dlco-112	0,20	0,13	0,01
22	Explotación de materiales en Ladera denudacional coluvial	Dlco-1221	0,54	0,35	0,01
23	Pastos limpios en Ladera denudacional coluvial	Dlco-231	6,05	3,98	0,15
24	Mosaico de cultivos en Ladera denudacional coluvial	Dlco-241	113,85	74,80	2,82
25	**Mosaico de pastos y cultivos en Ladera denudacional coluvial**	**Dlco-242**	10,66	7,00	0,26
26	**Bosque ripario en Ladera denudacional coluvial**	**Dlco-314**	2,84	1,87	0,07
27	Vegetación secundaria alta en Ladera denudacional coluvial	Dlco-3231	7,25	4,77	0,18
28	Vegetación secundaria baja en Ladera denudacional coluvial	Dlco-3232	10,80	7,10	0,27
Área de la geoforma (ha)			152,19	**% representatividad de la geoforma en el AI**	3,77

Fuente: Consorcio SH.

- **Ladera denudacional residual.**

Esta unidad geomorfológica es la de mayor dominancia en el área de influencia definida para el proyecto, ocupando un área de 1.368,22 ha, es decir 33,86% del AI; y agrupa en total ocho (8) unidades de paisaje. De estas, al igual que ocurre con las anteriores geoformas descritas, la unidad de paisaje de mayor representatividad es la asociada al Mosaico de pastos y cultivos (Dlr-242) con casi la totalidad del área de la geoforma, representando 94% de la misma (**Tabla 5-31**). Además de lo anterior, la unidad Dlr-242 es la de mayor dominancia del paisaje general del área de influencia, ocupando 31,83% de esta (casi una tercera parte), lo cual es un indicador de la dominancia de las actividades agropecuarias como principales factores modeladores del paisaje actual.

Tabla 5-31 Unidades de paisaje en la geoforma de Ladera denudacional residual.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
29	Pastos limpios en Ladera denudacional residual	Dlr-231	0,59	0,04	0,01
30	**Mosaico de pastos y cultivos en Ladera denudacional residual**	**Dlr-242**	1286,19	94,00	31,83
31	Bosque denso altoandino en Ladera denudacional residual	Dlr-311212	9,15	0,67	0,23
32	Bosque ripario en Ladera denudacional residual	Dlr-314	9,29	0,68	0,23
33	Plantación forestal en Ladera denudacional residual	Dlr-315	22,91	1,67	0,57
34	Herbazal abierto rocoso en Ladera denudacional residual	Dlr-32122	0,28	0,02	0,01
35	Vegetación secundaria alta en Ladera denudacional residual	Dlr-3231	19,71	1,44	0,49
36	Vegetación secundaria baja en Ladera denudacional residual	Dlr-3232	20,12	1,47	0,50
Área de la geoforma (ha)			1.368,22	**% representatividad de la geoforma en el AI**	33,86

Fuente: Consorcio SH.

- **Cauce activo.**

Esta geoforma agrupa una (1) unidad de paisaje, representada por los ríos, siendo la dinámica fluvial el principal factor modelador de las unidades y del paisaje (**Tabla 5-32**).

Tabla 5-32 Unidades de paisaje en la geoforma de Cauce activo.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
37	**Ríos en Cauce activo**	**Fca-511**	18,54	100	0,46
Área de la geoforma (ha)			0,46	**% representatividad de la geoforma en el AI**	100

Fuente: Consorcio SH.

- **Terraza aluvial.**

Esta geoforma agrupa ocho (8) unidades de paisaje, de las cuales la de mayor representatividad corresponde al Mosaico de pastos y cultivos, ocupando un 55,98% del área de la geoforma (**Tabla 5-33**). Para el caso de las unidades asociadas a coberturas naturales, la de mayor dominancia corresponde a la vegetación secundaria baja con 18,42% del área total de la geoforma, y 12,78% por la vegetación secundaria alta, siendo una de las geoformas que conserva una proporción moderada de vegetación nativa, aunque sigue siendo baja respecto al total analizado.

Tabla 5-33 Unidades de paisaje en la geoforma de Terraza aluvial.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
38	Red vial y territorios asociados en Terraza aluvial	Fta-1221	1,09	0,78	0,03
39	Explotación de materiales de construcción en Terraza aluvial	Fta-1315	11,05	7,89	0,27
40	Pastos limpios en Terraza aluvial	Fta-231	0,84	0,60	0,02
41	Mosaico de cultivos en Terraza aluvial	Fta-241	2,73	1,95	0,07
42	**Mosaico de pastos y cultivos en Terraza aluvial**	**Fta-242**	78,48	55,98	1,94
43	**Plantaciones forestales en Terraza aluvial**	**Fta-315**	2,27	1,62	0,06
44	Vegetación secundaria alta en Terraza aluvial	Fta-3231	17,91	12,78	0,44
45	**Vegetación secundaria baja en Terraza aluvial**	**Fta-3232**	25,82	18,42	0,64
Área de la geoforma (ha)			140,18	% representatividad de la geoforma en el AI	3,47

Fuente: Consorcio SH.

- **Altiplanicie volcánica.**

Esta geoforma agrupa dos (2) unidades de paisaje, aunque está ocupada casi en su totalidad por el Mosaico de pastos y cultivos (Vav-242), ocupando el 96,39 del área de la geoforma (**Tabla 5-34**). La unidad de paisaje restante está asociada a Bosque ripario, y ocupa un 3,61% de la geoforma, evidenciando su alto nivel de

transformación a causa de las actividades antrópicas.

Tabla 5-34 Unidades de paisaje en la geoforma de Altiplanicie volcánica.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
46	**Mosaico de pastos y cultivos en Altiplanicie volcánica**	**Vav-242**	14,08	96,39	0,35
47	Bosque ripario en Altiplanicie volcánica	Vav-314	0,53	3,61	0,01
Área de la geoforma (ha)			14,61	**% representatividad de la geoforma en el AI**	0,36

Fuente: Consorcio SH.

- **Escarpes de lava.**

Esta geoforma es una de las de menor tamaño del área de influencia (con 1,96% de la misma), y agrupa seis (6) unidades de paisaje, de las cuales los Pastos limpios son los de mayor representatividad (38,98%), seguido del Mosaico de pastos y cultivos (14,14%). De otra parte, las unidades de paisaje asociadas a coberturas naturales están representadas por las vegetaciones secundarias alta y baja, que en su conjunto representan el 43,80% del área de la geoforma; donde a pesar de su representatividad, las actividades antrópicas siguen siendo nuevamente los principales factores modeladores del paisaje actual de la geoforma.

Tabla 5-35 Unidades de paisaje en la geoforma de Escarpes de lava.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
48	Red vial y territorios asociados en Escarpes de lava	Vel-1221	1,10	1,37	0,03
49	**Pastos limpios en Escarpes de lava**	**Vel-231**	31,18	38,98	0,77
50	Mosaico de cultivos en Escarpes de lava	Vel-241	1,36	1,70	0,03
51	**Mosaico de pastos y cultivos en Escarpes de lava**	**Vel-242**	11,31	14,14	0,28
52	Vegetación secundaria alta en Escarpes de lava	Vel-3231	4,34	5,43	0,11
53	Vegetación secundaria baja en Escarpes de lava	Vel-3232	30,70	38,37	0,76
Área de la geoforma (ha)			79,99	**% representatividad de la geoforma en el AI**	0,76

Fuente: Consorcio SH.

- **Laderas escarpadas en piroclastos y lavas.**

Esta geoforma, que representa el 13,51% del área de influencia, agrupa diez (10) unidades de paisaje, de las cuales aquella asociada a los Mosaicos de pastos y cultivos es la de mayor representatividad, con 63,38% del área de la geoforma (**Tabla 5-36**). En cuanto a las unidades de paisaje asociadas a las coberturas naturales, las unidades asociadas a Vegetación secundaria alta y baja representan un poco menos del 20% del área de la

geoforma, evidenciando nuevamente que las actividades de tipo antrópico han jugado el papel principal en la modelación del paisaje actual de la geoforma.

Tabla 5-36 Unidades de paisaje en la geoforma de Laderas escarpadas en piroclastos y lavas.

# UP	NOMBRE DE LA UNIDAD DE PAISAJE	CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE LA UP (HA)	% REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN LA GEOFORMA	% DE REPRESENTATIVIDAD DE LA UP EN EL AI
54	Red vial y territorios asociados en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-1221	8,94	1,64	0,22
55	Pastos limpios en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-231	9,19	1,68	0,23
56	Mosaico de cultivos en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-241	21,21	3,88	0,52
57	**Mosaico de pastos y cultivos en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas**	**Vlep-242**	346,59	63,38	8,58
58	Bosque denso altoandino en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-311212	0,17	0,03	0,004
59	Bosque ripario en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-314	21,19	3,88	0,52
60	Plantación forestal en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-315	24,65	4,51	0,61
61	Herbazal abierto rocoso en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas	Vlep-32122	4,79	0,88	0,12
62	**Vegetación secundaria alta en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas**	**Vlep-3231**	57,41	10,50	1,42
63	**Vegetación secundaria baja en Laderas escarpadas en piroclastos y lavas**	**Vlep-3232**	52,66	9,63	1,30
Área de la geoforma (ha)			546,80	**% representatividad de la geoforma en el AI**	13,53

Fuente: Consorcio SH.

5.1.4.2 Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona.

Bajo el escenario del área de intervención se verían intersectadas 49 de las 63 unidades de paisaje, es decir 79,78% de las mismas, en un área de 642,28 ha (15,9% del área de influencia analizada). De estas unidades, una vez se realicen las diferentes actividades del proyecto, la mayor intervención se daría sobre las unidades de paisaje asociadas a las geoformas de Ladera denudacional abierta en piroclastos (Dlap) (con ocho unidades de paisaje), y Ladera escarpada en piroclastos y lava (Vlep), con siete UP dentro del área de interés (**Tabla 5-37**).

En línea con lo anterior, la unidad de paisaje de mayor afectación correspondería a los Mosaicos de pastos y cultivos ubicados sobre la Ladera denudacional residual (Dlr-242) con 213,07 ha (33,17% del área de intervención), seguido de Mosaicos de pastos y cultivos ubicados sobre la Ladera denudacional abierta en piroclastos (Dlap-242) con 132,72 ha (20,66% del área de intervención), y de Mosaicos de pastos y cultivos ubicados sobre Ladera denudacional en cenizas lavas (Dlce-242) con 54,06 ha (8,42% del área de intervención). Estas tres unidades de paisaje suman entonces un 62,26% del área de intervención, y al tener en cuenta las demás UP asociadas a la cobertura de Mosaicos de pastos y cultivos se alcanzan 50,29 ha adicionales de

intervención. Con lo anterior se concluye que para el escenario con proyecto, el 70,08% del área está representada por unidades de paisaje asociadas a los Mosaicos de pastos y cultivos (en un área de 450,14 ha, siendo muchísima menor la intervención sobre las demás unidades de paisaje.

Tabla 5-37 Unidades de paisaje intervenidas por el proyecto.

CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE INTERVENCIÓN (HA)		CÓDIGO DE LA UP	ÁREA DE INTERVENCIÓN (HA)
Ata-111	3,11		Dlr-315	5,06
Ata-112	20,85		Dlr-3231	8,02
Ata-1221	2,73		Dlr-3232	3,12
Dlap-1221	0,24		Fca-511	1,02
Dlap-231	6,22		Fta-1221	0,49
Dlap-241	0,27		Fta-1315	2,53
Dlap-242	132,72		Fta-242	28,54
Dlap-314	6,32		Fta-315	0,40
Dlap-315	4,83		Fta-3231	2,32
Dlap-3231	5,84		Fta-3232	4,46
Dlap-3232	21,57		Vav-314	0,03
Dlce-1221	3,18		Vel-1221	0,99
Dlce-231	0,31		Vel-231	6,11
Dlce-241	3,94		Vel-241	0,41
Dlce-242	54,06		Vel-242	2,28
Dlce-315	14,44		Vel-3231	0,46
Dlce-3232	0,77		Vel-3232	8,81
Dlco-242	19,47		Vlep-1221	0,01
Dlco-314	0,06		Vlep-241	0,00
Dlco-315	0,15		Vlep-242	34,10
Dlco-3231	3,25		Vlep-314	1,10
Dlco-3232	4,90		Vlep-315	0,33
Dlr-242	213,07		Vlep-3231	6,72
Dlr-311212	0,30		Vlep-3232	1,66
Dlr-314	0,69			

Fuente: Consorcio SH.

De otra parte, cabe mencionar que, de las 49 unidades de paisaje potencialmente afectadas por el proyecto, 19 de estas (38,78%) están asociadas a coberturas vegetales naturales (exceptuando plantaciones forestales), sumando un área de 80,41 ha. De estas las intervenciones de mayor área se presentarían sobre unidades asociadas a Vegetación secundaria (**Tabla 5-37**), de las cuales la de mayor intervención será la asociada a Vegetación secundaria baja en la Ladera denudacional abierta en piroclastos (Dlap-3232) con 21,57 ha, seguida de Vegetación secundaria baja en Ladera denudacional residual con 8,02 ha.

5.1.4.3 Análisis del paisaje visual.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de fragilidad, calidad e integridad del paisaje realizado para las unidades de paisaje ecológico identificadas para el área de influencia del proyecto.

5.1.4.3.1 **Fragilidad del paisaje.**

El análisis de fragilidad del paisaje hace referencia al mantenimiento de elementos y atributos naturales del paisaje que condiciona la capacidad de respuesta frente a perturbaciones visuales y de forma, en la medida en que el paisaje asimila dichos cambios. En este sentido, unidades de paisaje con mayor grado de transformación cuentan con una alta fragilidad relacionada con una baja presencia de elementos y atributos naturales, mientras que unidades con un mayor grado de conservación mantienen una menor fragilidad del paisaje y una mayor capacidad de asimilar los cambios generados en el mismo.

Respecto al análisis realizado, tres (3) unidades de paisaje fueron evaluadas con fragilidad visual baja (5%), las cuales corresponden a aquellas que se encuentran mejor conservadas, manteniendo vegetación nativa, bajos contrastes entre el suelo, la roca y la vegetación, alto potencial de regeneración de la vegetación, y una buena estabilidad del terreno con baja presencia de procesos erosivos. En esta medida, se encuentran en esta categoría las unidades de paisaje asociadas a geoformas de pendientes suaves y poco inclinadas que mantienen vegetación nativa, tales como Vegetación secundaria alta y baja, Bosque ripario y denso altoandino y algunas plantaciones forestales, que tienen una alta capacidad de absorción visual al actuar como barreras naturales que atribuyen altos valores estéticos al paisaje.

En cuanto a la fragilidad visual Media, 36 unidades de paisaje (57,14% del total) fueron evaluadas dentro de esta categoría, y se caracterizan por presentar algunos elementos que mantienen una capacidad de absorción visual moderada, tales como pendientes de poca inclinación, el mantenimiento de vegetación y el potencial medio de regeneración de la misma. Dichos elementos hacen que exista un bajo contraste entre el suelo, las rocas y la vegetación, lo que se traduce en un paisaje con armonía entre sus elementos, que se hace agradable al observador. Se agrupan distintas unidades asociadas a áreas agrícolas heterogéneas, vegetaciones sucesionales, y algunos bosques naturales y territorios artificializados.

De otra parte, 38,1 % de las unidades de paisaje (24 en total), fueron calificadas con fragilidad Alta, y está representada por las unidades asociadas a las coberturas antrópicas y territorios artificializados, como Red vial y territorios asociados, sistemas productivos, tejido urbano continuo y discontinuo, y algunas áreas naturales ubicadas sobre pendientes pronunciadas donde se incrementa el contraste entre suelo, roca y vegetación.

Tabla 5-38 Análisis de fragilidad del paisaje para las UP del área de influencia.

UNIDAD DE PAISAJE		PENDIENTE	DIVERSIDAD DE VEGETACIÓN	ESTABILIDAD DEL SUELO Y EROSIONABILIDAD	CONTRASTE ENTRE SUELO Y VEGETACIÓN	REGENERACIÓN POTENCIAL DE LA VEGETACIÓN	CONTRASTE DE COLOR ENTRE EL SUELO Y ROCA	VALORACIÓN	FRAGILIDAD VISUAL
1	Ata - 111	3	1	2	1	1	2	21	Media
2	Ata - 112	3	1	2	1	1	1	18	Media
3	Ata - 1221	3	1	2	1	1	1	18	Media
4	Dlap - 1221	2	1	2	1	1	1	12	Alta
5	Dlap - 231	2	1	2	2	1	1	14	Alta
6	Dlap - 241	2	2	2	2	1	2	18	Media
7	Dlap - 242	2	2	2	2	1	2	18	Media
8	Dlap - 31121	2	3	3	3	3	3	30	Media

UNIDAD DE PAISAJE		PENDIENTE	DIVERSIDAD DE VEGETACIÓN	ESTABILIDAD DEL SUELO Y EROSIONABILIDAD	CONTRASTE ENTRE SUELO Y VEGETACIÓN	REGENERACIÓN POTENCIAL DE LA VEGETACIÓN	CONTRASTE DE COLOR ENTRE EL SUELO Y ROCA	VALORACIÓN	FRAGILIDAD VISUAL
9	Dlap - 314	2	3	3	3	3	3	30	Media
10	Dlap - 315	2	2	3	3	2	3	26	Media
11	Dlap - 3231	2	3	3	3	3	3	30	Media
12	Dlap - 3232	2	3	3	3	3	3	30	Media
13	Dlce - 1221	2	1	2	1	1	1	12	Alta
14	Dlce - 231	2	1	2	1	1	1	12	Alta
15	Dlce - 241	2	2	2	2	1	2	18	Media
16	Dlce - 242	2	2	2	2	1	2	18	Media
17	Dlce - 315	2	2	3	3	2	2	24	Media
18	Dlce - 32122	2	2	3	2	2	1	20	Media
19	Dlce - 3231	2	3	3	3	2	2	26	Media
20	Dlce - 3232	2	3	3	3	3	2	28	Media
21	Dlco - 1221	2	1	2	1	1	2	14	Alta
22	Dlco-1315	2	1	2	1	1	2	14	Alta
23	Dlco - 231	2	1	2	1	1	2	14	Alta
24	Dlco - 241	2	2	2	2	1	2	18	Media
25	Dlco - 242	2	2	2	2	1	2	18	Media
26	Dlco - 314	2	3	3	3	3	3	30	Media
27	Dlco - 3231	2	3	3	3	3	3	30	Media
28	Dlco - 3232	2	3	3	3	3	3	30	Media
29	Dlr - 231	2	1	2	1	1	1	12	Alta
30	Dlr - 242	2	2	2	2	1	2	18	Media
31	Dlr - 311212	2	3	3	3	3	3	30	Media
32	Dlr - 314	2	3	3	3	3	3	30	Media
33	Dlr - 315	2	2	3	3	2	3	26	Media
34	Dlr - 32122	2	3	3	3	3	3	30	Media
35	Dlr - 3231	2	3	3	3	3	3	30	Media
36	Dlr - 3232	2	3	3	3	3	3	30	Media
37	Fca - 511	3	1	2	2	1	1	21	Media
38	Fta - 1221	3	1	2	1	1	1	18	Media
39	Fta - 1315	3	1	2	1	1	1	18	Media
40	Fta - 231	3	1	2	1	1	2	21	Media
41	Fta - 241	3	2	2	2	1	3	30	Media
42	Fta - 242	3	2	2	2	1	3	30	Media
43	Fta - 315	3	2	2	2	1	3	30	Media
44	Fta - 3231	3	3	3	3	3	3	45	Baja
45	Fta - 3232	3	3	3	3	3	3	45	Baja
46	Vav - 242	3	2	2	2	1	2	27	Media
47	Vav - 314	3	3	2	3	3	3	42	Baja
48	Vel - 1221	1	1	2	1	1	1	6	Alta
49	Vel - 231	1	1	1	1	1	1	5	Alta
50	Vel - 241	1	2	1	2	1	2	8	Alta
51	Vel - 242	1	2	1	2	1	1	7	Alta
52	Vel - 3231	1	3	2	3	3	3	14	Alta
53	Vel - 3232	1	3	2	3	3	3	14	Alta
54	Vlep - 1221	1	1	2	1	1	1	6	Alta
55	Vlep - 231	1	1	1	1	1	1	5	Alta

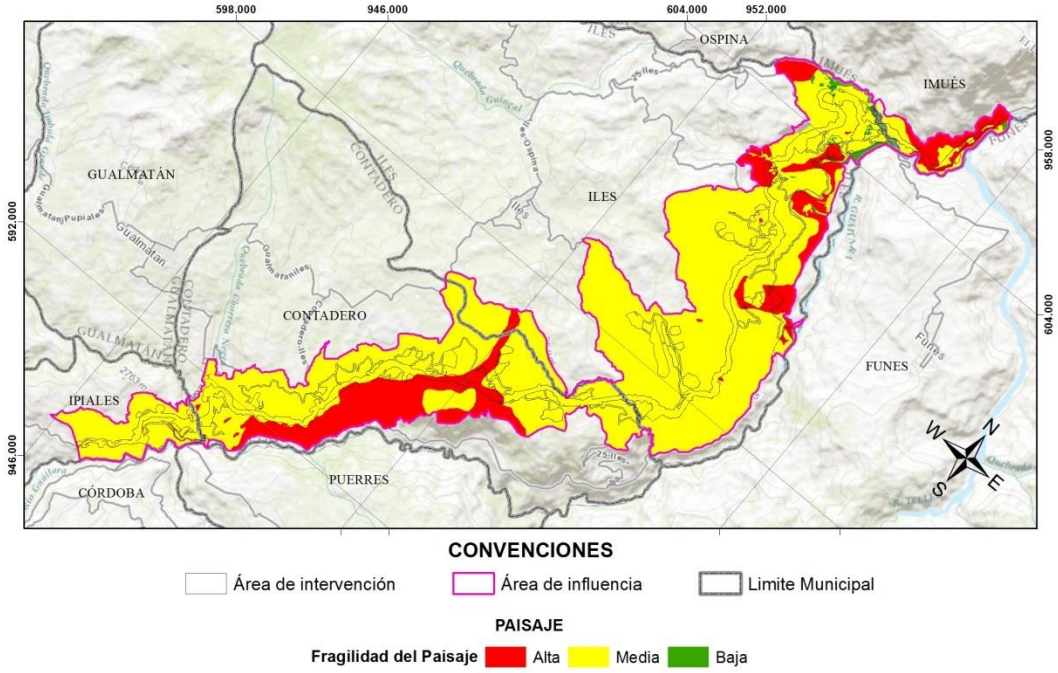
UNIDAD DE PAISAJE		PENDIENTE	DIVERSIDAD DE VEGETACIÓN	ESTABILIDAD DEL SUELO Y EROSIONABILIDAD	CONTRASTE ENTRE SUELO Y VEGETACIÓN	REGENERACIÓN POTENCIAL DE LA VEGETACIÓN	CONTRASTE DE COLOR ENTRE EL SUELO Y ROCA	VALORACIÓN	FRAGILIDAD VISUAL
56	Vlep - 241	1	2	1	2	1	2	8	Alta
57	Vlep - 242	1	2	1	2	1	1	7	Alta
58	Vlep- 311212	1	3	2	2	3	2	12	Alta
59	Vlep - 314	1	3	2	3	3	2	13	Alta
60	Vlep - 315	1	2	2	3	2	2	11	Alta
61	Vlep - 32122	1	2	2	2	2	2	10	Alta
62	Vlep - 3231	1	3	2	3	3	2	13	Alta
63	Vlep - 3232	1	3	2	3	3	2	13	Alta

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

En la **Figura 5.28** puede observarse la representación espacial de la evaluación realizada para las unidades de paisaje del área de influencia como parte del análisis de fragilidad del paisaje.

Figura 5.28 Representación espacial del análisis de fragilidad del paisaje para las UP del área de influencia.

54



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

5.1.4.3.2 **Calidad visual del paisaje.**

La calidad visual hace referencia a la presencia de atributos visibles que aportan belleza y armonía al paisaje, tales como la vegetación y los cuerpos de agua loticos y lenticos; donde además se deben mantener características como el fondo escénico, sin cambios abruptos en la percepción del mismo. En esta medida, la existencia de áreas de suelo expuesto con procesos de degradación, o la dominancia de sistemas transformados se traducen en una baja calidad visual, mientras que la conservación de las características típicas del paisaje expresan una calidad visual alta.

En cuanto a las unidades de paisaje evaluadas, 15 de estas (que representan un 23,81%) fueron evaluadas con una calidad del paisaje Alta (**Tabla 5-39**), en donde se encuentran algunos Mosaicos de pastos y cultivos que configuran el paisaje típico de la región manteniendo cercas vivas que aportan a la armonía del paisaje, así como aquellas unidades asociadas a las geoformas de menor pendiente, que reducen los procesos de remoción en masa y mantienen atributos visuales que aportan calidad al sistema. En su conjunto estas unidades de paisaje aportan a un fondo escénico agradable para el observador, con colores agradables y mosaicos singulares con los que las comunidades tienen un arraigo importante, por representar allí su cotidianidad.

De otra parte, 33 unidades de paisaje que representan 51,56% del total, fueron evaluadas con una calidad del paisaje Media, que corresponden a diferentes unidades de paisaje, tanto asociadas a coberturas transformadas como a coberturas naturales, relacionadas de una manera estrecha con las condiciones de relieve de las geoformas. Así, se encuentran agrupadas en esta categoría de calidad visual unidades asociadas a Plantaciones forestales, Pastos limpios, Áreas agrícolas heterogéneas, Pastos limpios, Bosques riparios y coberturas sucesionales, que mantienen elementos como la vegetación que portan al mantenimiento de un fondo escénico agradable.

Tabla 5-39 Análisis de calidad visual del paisaje para las UP del área de influencia.

UNIDAD DE PAISAJE		MORFOLOGÍA	VEGETACIÓN	AGUA	COLOR	FONDO ESCÉNICO	RAREZA	ACTUACIÓN HUMANA	VALORACIÓN	CALIDAD DEL PAISAJE
1	Ata - 111	3	3	0	5	3	1	1	16	Media
2	Ata - 112	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
3	Ata - 1221	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
4	Dlap - 1221	3	5	0	5	5	2	2	22	Baja
5	Dlap - 231	3	1	0	1	3	1	0	9	Media
6	Dlap - 241	3	1	0	1	3	1	0	9	Media
7	Dlap - 242	3	1	0	1	0	1	0	6	Baja
8	Dlap - 311212	3	1	0	3	3	1	0	11	Baja
9	Dlap - 314	3	1	0	3	3	1	0	11	Baja
10	Dlap - 315	3	3	0	5	5	1	1	18	Media
11	Dlap - 3231	3	3	0	5	5	1	1	18	Media
12	Dlap - 3232	3	3	0	5	3	1	1	16	Media
13	Dlce - 1221	3	5	0	5	5	2	2	22	Media
14	Dlce - 231	3	1	5	5	5	1	2	22	Media
15	Dlce - 241	3	1	0	1	3	1	0	9	Media
16	Dlce - 242	3	1	0	1	0	1	0	6	Alta
17	Dlce - 315	3	1	0	3	3	1	0	11	Alta

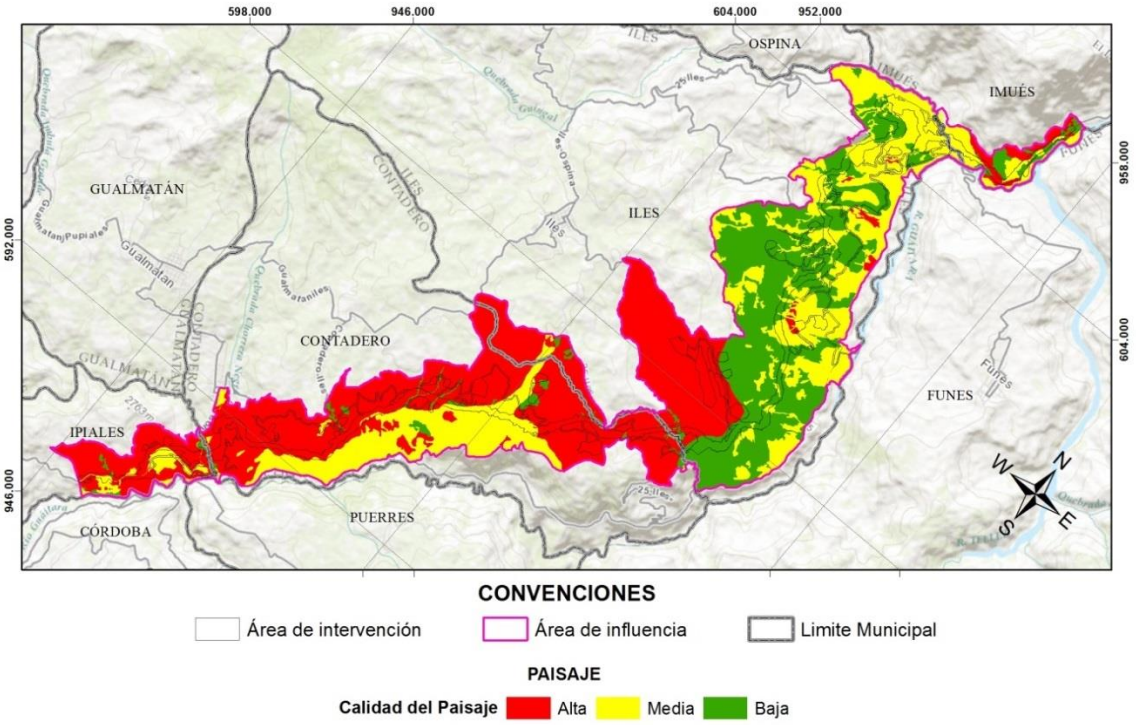
UNIDAD DE PAISAJE		MORFOLOGÍA	VEGETACIÓN	AGUA	COLOR	FONDO ESCÉNICO	RAREZA	ACTUACIÓN HUMANA	VALORACIÓN	CALIDAD DEL PAISAJE
18	Dlce - 32122	3	3	0	5	5	1	1	18	Alta
19	Dlce - 3231	3	3	0	5	5	1	1	18	Alta
20	Dlce - 3232	3	5	0	5	5	1	2	21	Baja
21	Dlco - 1221	3	1	0	1	3	1	0	9	Media
22	Dlco-1315	3	3	0	5	5	1	1	19	Baja
23	Dlco - 231	3	1	0	3	3	1	0	11	Media
24	Dlco - 241	3	3	0	5	5	1	1	18	Media
25	Dlco - 242	3	5	0	5	5	6	2	26	Media
26	Dlco - 314	3	5	3	5	5	2	2	25	Media
27	Dlco - 3231	3	3	0	5	5	1	1	18	Media
28	Dlco - 3232	3	5	0	5	5	2	2	22	Media
29	Dlr - 231	1	1	5	5	5	1	2	20	Alta
30	Dlr - 242	1	1	0	5	3	1	0	11	Alta
31	Dlr - 311212	1	3	0	5	5	1	1	16	Alta
32	Dlr - 314	1	3	0	5	5	1	1	16	Alta
33	Dlr - 315	1	5	0	5	5	2	2	20	Alta
34	Dlr- 32122	1	3	0	5	5	1	1	16	Alta
35	Dlr - 3231	1	5	0	5	5	2	2	20	Baja
36	Dlr - 3232	1	1	5	5	5	1	2	20	Baja
37	Fca - 511	1	5	0	5	5	2	2	20	Media
38	Fta - 1221	1	1	5	5	5	1	2	20	Baja
39	Fta - 1315	1	3	0	5	5	1	1	16	Baja
40	Fta - 231	1	5	3	5	5	2	2	23	Baja
41	Fta - 241	5	1	0	1	3	1	0	11	Media
42	Fta - 242	5	1	0	1	0	1	0	8	Media
43	Fta-315	5	1	0	1	0	1	0	8	Media
44	Fta - 3231	5	1	0	3	5	1	0	15	Media
45	Fta - 3232	5	3	0	5	5	1	1	20	Media
46	Vav - 242	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
47	Vav - 314	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
48	Vel - 1221	5	1	0	1	0	1	0	8	Alta
49	Vel - 231	5	1	0	3	3	1	0	13	Alta
50	Vel - 241	5	3	0	5	5	1	1	20	Alta
51	Vel - 242	5	3	0	5	5	1	1	20	Alta
52	Vel - 3231	5	5	0	5	5	6	2	28	Baja
53	Vel - 3232	5	5	3	5	5	2	2	27	Baja
54	Vlep - 1221	5	3	0	5	5	1	2	21	Baja
55	Vlep - 231	5	5	0	5	5	2	2	24	Baja
56	Vlep - 241	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
57	Vlep - 242	3	3	0	5	3	1	1	16	Media
58	Vlep- 311212	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
59	Vlep - 314	5	5	0	5	5	2	2	24	Media
60	Vlep - 315	3	1	0	1	3	1	0	9	Media
61	Vlep - 32122	3	1	0	1	0	1	0	6	Media
62	Vlep - 3231	3	1	0	3	3	1	0	11	Media
63	Vlep - 3232	3	3	0	5	5	1	1	18	Alta

Fuente: Consorcio SH.

Por último, 15 unidades de paisaje (23,44%) fueron evaluadas con calidad visual Baja, dentro de las que se encuentras aquellas asociadas a las geoformas de mayor pendiente como Ladera denudacional abierta en piroclastos, Escarpes de lava, entre otras, con coberturas transformadas como la Red vial y territorios asociados, y la Explotación de materiales de construcción, donde hay una alta presencia de actividades antrópicas, y en las cuales los elementos naturales tales como la vegetación, se han reemplazado por sistemas artificializados.

En la **Figura 5.29** puede observarse la representación espacial de la evaluación realizada para las unidades de paisaje del área de influencia como parte del análisis de calidad visual.

Figura 5.29 Representación espacial del análisis de calidad visual para las UP del área de influencia.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.4.3.3 **Integridad del paisaje.**

La integridad del paisaje hace referencia al grado de correspondencia que existe entre los elementos del paisaje y el color, así como el nivel de intervención antrópica representado en la presencia de elementos discordantes y su tamaño. En este sentido, la belleza del paisaje se traduce en una correspondencia cromática típica del paisaje, con bajos niveles de intervención antrópica y elementos que generan discordancia, manteniendo la forma típica del paisaje. En esta medida la presencia de cortes o cambios abruptos en la forma natural del paisaje, y una dominancia de sistemas artificiales genera una baja integridad del paisaje, mientras que bajos niveles de intervención y transformación antrópica expresan una alta integridad del paisaje.

De acuerdo con lo anterior, el 28,57% de las unidades de paisaje (18 en total) (**Tabla 5-40**), fueron evaluadas

con una integridad escénica muy alta, en la medida en que conservan los elementos naturales con muy baja intervención, sin presencia de elementos discordantes y con una alta correspondencia cromática. Dentro de estas se encuentran las unidades de paisaje asociadas a coberturas vegetales boscosas incluidas las plantaciones forestales, puesto que corresponden a las unidades mejor conservadas del área de influencia analizada. De otra parte, 36,51% (23 unidades de paisaje) fueron calificadas con integridad escénica Alta (**Tabla 5-40**), puesto que, a pesar de presentar pequeñas discordancias, se mantienen elementos como la vegetación, siendo agradable y acorde con el entorno observado. Así se agruparon en esta categoría las unidades asociadas a Mosaicos de cultivos y de pastos y cultivos, Ríos, Plantaciones forestales, algunas áreas de Pastos limpios sin presencia de elementos discordantes, y los parches de vegetación nativa cercanos a áreas intervenidas.

Respecto a las unidades de paisaje evaluadas con integridad Moderada, estas representaron el 20,64% (13 unidades de paisaje), y corresponden a áreas con presencia tanto de elementos discordantes como de algunos atributos naturales del paisaje, que generan un impacto visual medio respecto al tamaño de las discordancias. Así bien se agrupan unidades asociadas a Pastos limpios, Tejido urbano discontinuo y algunas las coberturas transformadas ubicadas en la geoforma de Terraza antrópica (**Tabla 5-40**).

Tabla 5-40 Análisis de integridad del paisaje para las UP del área de influencia.

UNIDAD DE PAISAJE		ELEMENTOS DISCORDANTES	TAMAÑO DE LA DISCORDANCIA	CORRESPONDENCIA CROMÁTICA	INTEGRIDAD ESCÉNICA
1	Ata - 111	0	0	1	Muy Baja
2	Ata - 112	0	0	1	Muy Baja
3	Ata - 1221	0	0	1	Muy Baja
4	Dlap - 1221	0	2	1	Baja
5	Dlap - 231	1	2	2	Moderada
6	Dlap - 241	2	3	2	Alta
7	Dlap - 242	2	3	2	Alta
8	Dlap - 311212	3	3	3	Muy Alta
9	Dlap - 314	3	3	3	Muy Alta
10	Dlap - 315	3	3	2	Muy Alta
11	Dlap - 3231	3	3	3	Muy Alta
12	Dlap - 3232	3	0	3	Alta
13	Dlce - 1221	0	0	1	Muy Baja
14	Dlce - 231	1	0	2	Baja
15	Dlce - 241	2	2	2	Alta
16	Dlce - 242	2	2	2	Alta
17	Dlce - 315	2	2	2	Alta
18	Dlce - 32122	3	2	3	Muy Alta
19	Dlce - 3231	3	2	3	Muy Alta
20	Dlce - 3232	3	2	3	Muy Alta
21	Dlco - 1221	0	3	1	Moderada
22	Dlco-1315	0	2	1	Baja
23	Dlco - 231	1	3	2	Alta
24	Dlco - 241	2	3	2	Alta
25	Dlco - 242	2	3	2	Alta
26	Dlco - 314	3	0	3	Alta

UNIDAD DE PAISAJE		ELEMENTOS DISCORDANTES	TAMAÑO DE LA DISCORDANCIA	CORRESPONDENCIA CROMÁTICA	INTEGRIDAD ESCÉNICA
27	Dlco - 3231	3	0	3	Alta
28	Dlco - 3232	3	2	3	Muy Alta
29	Dlr - 231	1	2	2	Moderada
30	Dlr - 242	2	2	2	Alta
31	Dlr - 311212	3	2	3	Muy Alta
32	Dlr - 314	3	2	3	Muy Alta
33	Dlr - 315	3	2	2	Alta
34	Dlr - 32122	3	2	3	Muy Alta
35	Dlr - 3231	3	2	3	Muy Alta
36	Dlr - 3232	3	2	3	Muy Alta
37	Fca - 511	3	0	3	Alta
38	Fta - 1221	0	3	1	Moderada
39	Fta - 1315	0	2	0	Baja
40	Fta - 231	1	2	2	Moderada
41	Fta - 241	2	0	2	Moderada
42	Fta - 242	2	0	2	Moderada
43	Fta - 242	2	0	2	Moderada
44	Fta - 3231	3	2	3	Muy Alta
45	Fta - 3232	3	2	3	Muy Alta
46	Vav - 242	2	0	2	Moderada
47	Vav - 314	3	0	2	Moderada
48	Vel - 1221	0	2	1	Baja
49	Vel - 231	0	2	2	Moderada
50	Vel - 241	2	2	2	Alta
51	Vel - 242	2	2	2	Alta
52	Vel - 3231	3	2	3	Muy Alta
53	Vel - 3232	3	2	3	Muy Alta
54	Vlep - 1221	0	3	1	Moderada
55	Vlep - 231	1	3	2	Alta
56	Vlep - 241	2	3	2	Alta
57	Vlep - 242	2	3	2	Alta
58	Vlep- 311212	3	0	3	Alta
59	Vlep - 314	3	0	3	Alta
60	Vlep - 315	3	0	2	Moderada
61	Vlep - 32122	3	0	3	Alta
62	Vlep - 3231	3	0	3	Alta
63	Vlep - 3232	3	2	3	Muy Alta

Fuente: Consorcio SH.

De las unidades de paisaje restantes, cinco (5) fueron evaluadas con integridad Baja (es decir, un 7,93%), las cuales se encuentran asociadas a las unidades de paisaje relacionadas con Tejido urbano discontinuo, y algunas áreas de pastos limpios con discordancias de tamaño moderado (torres de comunicación o redes eléctricas, por ejemplo). Por último, cuatro (4) unidades de paisaje fueron evaluadas con integridad escénica Muy baja (Tejido urbano continuo y discontinuo, y Red vial y territorios asociados en Terraza antrópica, y las

áreas de explotación de materiales de construcción), donde además de que convergen numerosos elementos discordantes como maquinaria, equipos e infraestructura civil, también hay un alto grado de transformación de las coberturas naturales, siendo dominantes los elementos artificiales.

Algunos ejemplos de elementos discordantes identificados dentro de las áreas de influencia del proyecto, que restan integridad escénica al paisaje analizado pueden observarse de la **Fotografía 5.65** a la **Fotografía 5.68.**

Fotografía 5.65 Torres de comunicación.
Coordenadas N: 596152,058 E: 949372,948

Fotografía 5.66 Redes eléctricas.
Coordenadas N: 596152,058 E: 949372,948

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.67 Zonas de extracción de materiales para construcción.
Coordenadas N: 590483,3 E: 948291,072

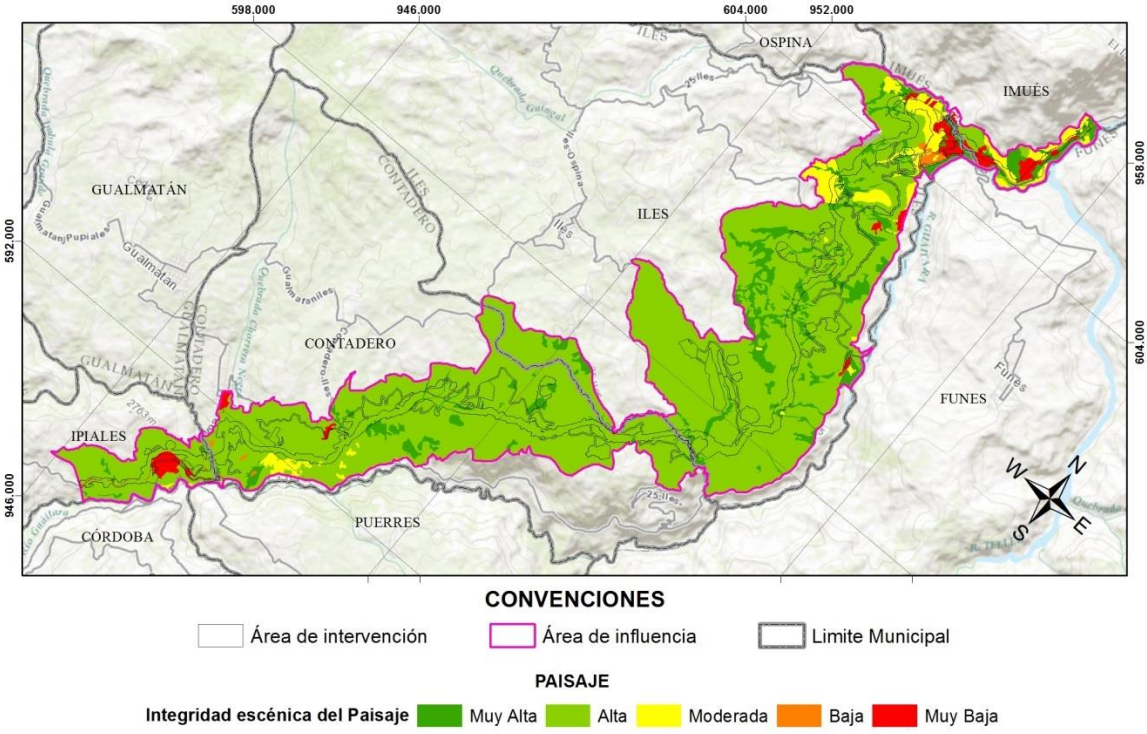
Fotografía 5.68 Vía Panamericana.
Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.30** puede observarse la representación espacial de la evaluación realizada para las unidades de paisaje del área de influencia como parte del análisis de integridad.

Figura 5.30 Representación espacial del análisis de integridad del paisaje para las UP del área de

influencia.



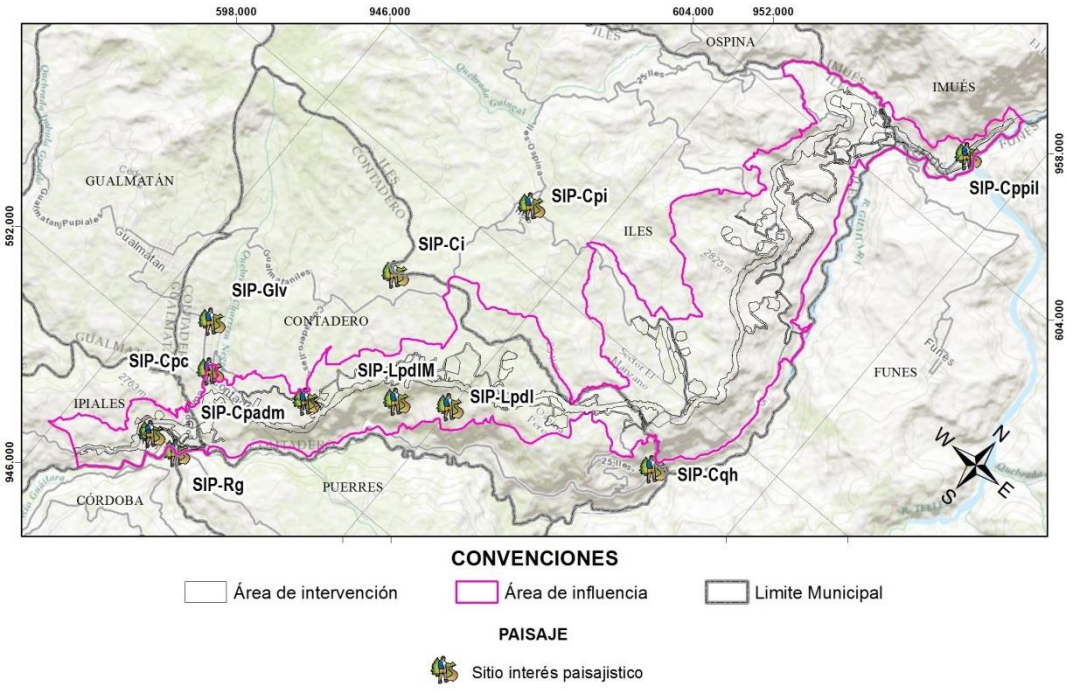
Fuente: Consorcio SH.

5.1.4.4 Sitios de interés paisajístico.

Los sitios de interés paisajístico se refieren a los lugares de importancia ecológica, histórica y cultural que se encuentran dentro de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto, donde se desarrollan entre otras actividades como el turismo, recreación, esparcimiento o contemplación, al igual que zonas que concentran elementos naturales que albergan la biodiversidad nativa, como zonas de reserva o protección de los recursos naturales.

Los sitios de interés paisajístico fueron identificados por medio de los formatos de campo utilizados (**Anexo 4. Paisaje**), en donde se preguntó a las personas entrevistadas acerca de los lugares importantes cercanos, que representaran referentes geográficos, áreas de importancia histórica o cultural, sitios de turismo y recreación, o zonas ambientalmente relevantes. De esta manera se identificaron seis (6) sitios de interés paisajístico; tres (3) dentro del área de influencia y tres (3) por fuera de la misma, pero igualmente reconocidos como relevantes por parte de las comunidades (**Figura 5.31**).

Figura 5.31 Sitios de interés paisajístico identificados.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-41** se mencionan las coordenadas de cada uno de estos, y su descripción general se presenta consecutivamente.

Tabla 5-41 Sitios de interés paisajístico identificados.

	NOMBRE	COORDENADAS NORTE (X)	COORDENADAS ESTE (Y)
1	Centro poblado Aldea de María	592988,612	949654,039
2	Centro Poblado San Juan	590454,741	947653,371
3	Centro Poblado Iles*	599010,392	950614,123
4	Centro Poblado Pilcuan	605525,77	956782,235
5	Centro Poblado Pedregal*	608032,702	958396,196
6	Centro Poblado Contadero	592204,523	947753,627
7	Gruta La Virgen*	593002,981	947120,642
8	Cascada Quebrada Humeadora*	596486,419	955965,954
9	Cerro Iscuazán*	596152,058	949372,948
10	Piedra de los Monos	594177,699	951069,478
11	La Piedra de los Lobos	594792,175	951970,481
12	Río Guáitara	590483,3	948291,072
**Por fuera del área de influencia*			

Fuente: Consorcio SH.

- **Centros poblados.**

Los centros poblados representan lugares estratégicos para las actividades educativas, culturales y recreativas, el intercambio, comercio y adquisición de bienes y servicios, y como referentes histórico-culturales de los habitantes. Entre los centros poblados identificados se encuentran la Aldea de María, San Juan, Contadero, Iles, Pedregal y Pilcuan. En general los centros poblados cuentan con diferentes atractivos turísticos o recreativos como El Santuario de Nuestra Señora de Iles (**Fotografía 5.69**), las piscinas y centros recreativos de Pilcuan cerca del río Guáitara (**Fotografía 5.70**), o la venta de comida típica y postres en San Juan o la Aldea de María (**Fotografía 5.71** y **Fotografía 5.72**).

Fotografía 5.69 Centro poblado de Iles

Coordenadas N: 599010,392 E: 950614,123

Fotografía 5.70 Centro poblado de Pilcuan

Coordenadas N: 605525,77 E: 956782,235

Fotografía 5.71 Centro poblado de Pedregal.

Coordenadas N: 608032,702 E: 958396,196

Fotografía 5.72 Centro poblado de La Aldea de María.

Coordenadas N: 592988,612 E: 949654,039

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Gruta La Virgen*.**

Corresponde a un lugar de peregrinación del municipio de Contadero, ya que hay un altar en la parte alta del cerro, donde la gente lleva flores y hace oraciones. Igualmente, desde allí se puede además apreciar el paisaje típico de esta región. Está ubicado sobre la vía que conduce desde Contadero hacia Gualmatan, por fuera del área de influencia del proyecto, y puede observarse en la **Fotografía 5.73** y **Fotografía 5.74**.

Fotografía 5.73 Gruta de La Virgen.
Coordenadas N: 608032,702 E: 958396,196

Fotografía 5.74 Panoramica del paisaje del área de influencia observada desde la Gruta de La Virgen.
Coordenadas N: 608032,702 E: 958396,196

Fuente: Consorcio SH.

- **Cascada Quebrada Humeadora*.**

Es considerado un sitio de interés paisajístico por su atractivo escénico y belleza escénica, pues corresponde a la caída de la quebrada La Humeadora sobre el cañón del río Guáitara, donde finalmente desemboca. Igualmente es utilizada como un referente geográfico entre San Juan y Pilcuan. Se encuentra dentro del área de influencia sobre la vía Panamericana, y puede observarse en la **Fotografía 5.75** y **Fotografía 5.76**.

Fotografía 5.75 Cascada La Humeadora.
Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954

Fotografía 5.76 Cascada La Humeadora.
Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954

Fuente: Consorcio SH.

- **Cerro Iscuazán*.**

Este sitio es importante por ser un referente geográfico para las comunidades, donde se encuentran ubicadas las torres de comunicaciones de la zona (**Fotografía 5.77**), y desde donde además de puede tener una panorámica tanto del área de influencia del proyecto (**Fotografía 5.78**), como de otros lugares importantes en el paisaje como el páramo de Paja Blanca. Son frecuentes los recorridos de los habitantes por el sendero del cerro Iscuazán, pues cuenta con un alto atractivo escénico por el paisaje que se observa desde allí. Respecto a su ubicación, este se encuentra por fuera del área de influencia, en área rural del municipio de Iles.

Fotografía 5.77 Cerro Iscuazán
Coordenadas N: 596152,058 E: 949372,948

Fotografía 5.78 Panoramica del paisaje del área de influencia observada desde el Cerro Iscuazán.
Coordenadas N: 596152,058 E: 949372,948

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Sitios arqueológicos (Piedra de los Monos y Los Lobos).**

Estos dos sitios de interés paisajístico corresponden a hallazgos arqueológicos de petroglifos grabados en las rocas, que representan mitos y leyendas de la creación de los Pastos, calendarios y formas de organización social de las comunidades indígenas. En total son dos puntos donde hay varias rocas con petroglifos, las cuales son visitadas por las personas de los cabildos y por instituciones educativas, como parte de la apropiación de los sistemas tradicionales de creencias. Respecto a su ubicación, se encuentran dentro del área de influencia del proyecto, en la zona rural del municipio de Contadero. En la **Fotografía 5.79** y **Fotografía 5.80** se pueden apreciar algunos de estos petroglifos.

Fotografía 5.79 Petroglifos de Los Lobos.
Coordenadas N: 596486,419 E: 955965,954

Fotografía 5.80 Petroglifos de Los Monos.
Coordenadas N: 594177,699E: 951069,478

Fuente: Consorcio SH.

- **Río Guáitara.**

Este cuerpo de agua es de gran importancia para la región ya que corresponde a un referente geográfico y cultural relevante, al estar asociado a diferentes puntos importantes como la frontera entre Ecuador y Colombia, el cañón del río Guáitara cerca de Ipiales, y el paso por diferentes centros poblados como San Juan y Pilcuan (**Fotografía 5.81** y **Fotografía 5.82**). Sobre este río se realizan además actividades de extracción de materiales (rocas) para construcción, se lavan automóviles, y además existen zonas cerca de Pilcuan y San Juan con áreas de playa, que se prestan para actividades de recreación y dispersión. Sin embargo, durante las entrevistas realizadas se mencionó que la calidad ambiental del río había disminuido desde 2015 cuando ocurrió un derrame de crudo sobre el cuerpo de agua proveniente del Oleoducto Transandino, por lo que ya no era un lugar para pescar frecuentemente, teniendo en cuenta que anteriormente era una actividad típica en el río.

Fotografía 5.81 Río Guáitara.
Coordenadas N: 590483,3 E: 948291,072

Fotografía 5.82 Río Guáitara.
Coordenadas N: 590483,3 E: 948291,072

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

5.1.4.5 Percepción del entorno físico en términos culturales.

De acuerdo con el MADS (2012), el nivel de interés se refiere al "grado de importancia que tanto visitantes como actores locales asignan a un paisaje que está siendo observado desde una vía, sendero, miradores o cualquier otra infraestructura que permita disfrutar del paisaje". De acuerdo con lo anterior, el nivel de interés expresa el sentido de pertenencia y apropiación de las unidades de paisaje por parte de las comunidades, en tanto que reconocen valores tangibles o intangibles en las mismas, asignando diferentes grados de importancia a los elementos que constituyen su entorno, lo que expresa la relación cultural con el mismo.

En relación con lo anterior, le escala visual indica la distancia o plano de observación que los observadores tienen de las diferentes unidades de paisaje y sus características principales; lo que en términos culturales se presta para identificar aquellas unidades con la que existe una mayor interacción y relación visual de lo que es típico, cotidiano y agradable de observar en el paisaje, desde la perspectiva de las personas que allí habitan. Por último, la sensibilidad visual está determinada por el nivel de exposición y frecuencia de observación que los habitantes tienen del paisaje, desde donde pueden observarse cambios en el número y presencia de elementos discordantes, cambios en los contrastes naturales de color, en la armonía de la forma y textura del paisaje, y de manera general en la percepción que tienen observadores permanentes y flotantes del mismo. En este sentido, estos tres atributos permiten describir de manera general la manera como las comunidades perciben su entorno y expresan diferentes aspectos culturales en el mismo, en tanto que allí es donde están representados sus modos de vida, actividades productivas, actividades de ocio y esparcimiento, y referentes culturales e históricos.

Respecto al análisis realizado para las unidades de paisaje de área de influencia del proyecto, se pudo observar que el 28,58% de las unidades de paisaje son valoradas con un nivel de interés de Primer plano, asociado con aquellas unidades de paisaje relacionadas con actividades productivas, lugares para el transporte (vías), y el suministro e intercambio de bienes y servicios son las que se encuentran más cercanas a las comunidades (tejido urbano continuo y discontinuo), sobre las cuales existe un alto grado de valoración, al representar la cotidianidad de las personas que habitan en el área de influencia (**Tabla 5-42**). E mismo porcentaje cuenta con una sensibilidad visual alta, en función de la cercanía de estas unidades a las vías y caminos, centros poblados y lugares con relieve montañoso desde donde pueden ser apreciadas con detalle.

Tabla 5-42 Análisis de nivel de interés, escala y sensibilidad visual.

UNIDAD DE PAISAJE		NIVEL DE INTERÉS	ESCALA VISUAL	SENSIBILIDAD VISUAL
1	Ata - 111	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
2	Ata - 112	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
3	Ata - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
4	Dlap - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
5	Dlap - 231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
6	Dlap - 241	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
7	Dlap - 242	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
8	Dlap - 311212	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Baja
9	Dlap - 314	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Baja
10	Dlap - 315	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
11	Dlap - 3231	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
12	Dlap - 3232	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
13	Dlce - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
14	Dlce - 231	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
15	Dlce - 241	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta

UNIDAD DE PAISAJE		NIVEL DE INTERÉS	ESCALA VISUAL	SENSIBILIDAD VISUAL
16	Dlce - 242	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
17	Dlce - 315	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Media
18	Dlce - 32122	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Media
19	Dlce - 3231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Media
20	Dlce - 3232	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Media
21	Dlco - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
22	Dlco- 1315	Primer plano	Vista en primer plano con interés bajo	Alta
23	Dlco - 231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
24	Dlco - 241	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
25	Dlco - 242	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
26	Dlco - 314	Plano lejano	Vista lejana con interés alto	Media
27	Dlco - 3231	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
28	Dlco - 3232	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
29	Dlr - 231	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
30	Dlr - 242	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
31	Dlr - 311212	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
32	Dlr - 314	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
33	Dlr - 315	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Baja
34	Dlr - 32122	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
35	Dlr - 3231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Baja
36	Dlr - 3232	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
37	Fca - 511	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
38	Fta - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
39	Fta - 1315	Primer plano	Vista en primer plano con interés medio	Alta
40	Fta - 231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
41	Fta - 241	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
42	Fta - 242	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
43	Fta - 315	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
44	Fta - 3231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Media
45	Fta - 3232	Plano intermedio	Vista intermedia con interés medio	Media
46	Vav - 242	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
47	Vav - 314	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Baja
48	Vel - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
49	Vel - 231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
50	Vel - 241	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
51	Vel - 242	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
52	Vel - 3231	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
53	Vel - 3232	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
54	Vlep - 1221	Primer plano	Vista en primer plano con interés alto	Alta
55	Vlep - 231	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
56	Vlep - 241	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
57	Vlep - 242	Plano intermedio	Vista intermedia con interés alto	Media
58	Vlep - 311212	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
59	Vlep - 314	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
60	Vlep - 315	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
61	Vlep - 32122	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja

UNIDAD DE PAISAJE		NIVEL DE INTERÉS	ESCALA VISUAL	SENSIBILIDAD VISUAL
62	Vlep - 3231	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja
63	Vlep - 3232	Plano lejano	Vista lejana con interés medio	Baja

Fuente: Consorcio SH.

En cuanto a las unidades de paisaje que se encuentran en una escala visual Intermedia con interés alto (30,16%), se encuentran aquellas asociadas a áreas agrícolas heterogéneas ubicadas en geoformas de Ladera (Dlap y Dlco) y Terraza aluvial (Fta), puesto que se encuentran por fuera de las cuencas visuales inmediatas, y es necesario movilizarse a otros puntos de observación para poder detallarlas, aunque siguen siendo igualmente importantes para las comunidades puesto que representan sus actividades económicas (**Tabla 5-42**). Con escala visual intermedia y nivel de interés medio se encuentran las unidades de paisaje asociadas a coberturas en estado sucesional (vegetación secundaria alta y baja), otras coberturas naturales como los Herbazales abiertos rocosos y algunas plantaciones forestales ubicadas en Laderas (Dlce, Dlco y Dlr), representando un 12,70%, las cuales no cuentan con una valoración cultural relevante, aunque se consideran importantes para el entorno por ser agregaciones de vegetación que aportan distintos servicios a las comunidades. Igualmente, un porcentaje cercano de unidades de paisaje se calificó con sensibilidad visual media (36,51%), contemplando que al estar ubicadas en áreas distantes de vías de acceso o lugares de observación de cuenca amplia, la sensibilidad frente a los cambios ocurridos en la misma disminuye.

Respecto a la escala visual Lejana, 18 unidades de paisaje (28,57%) fueron evaluadas en esta categoría, con un nivel de interés medio (17) y alto (1). Estas corresponden principalmente a las unidades que se encuentran más distantes a los asentamientos, vías de acceso y miradores, y por lo tanto de los observadores, y cuya visibilidad se encuentra restringida por diversos aspectos como el relieve, la presencia de vegetación o la distancia significativa a caminos y vías de acceso. En esta categoría se encuentran entonces las unidades asociadas a Vegetación secundaria alta y baja, Plantaciones forestales, Bosques riparios, y Bosque denso altoandino, las cuales además cuentan con una sensibilidad visual baja, puesto que cuentan con un reducido nivel de exposición frente a los cambios ocurridos sobre dichas unidades de paisaje, dada la distancia a la que se encuentran de las vías de acceso y centro poblados. En cuanto al referente cultural, estas unidades están igualmente asociadas a coberturas con vegetación nativa, por lo que son reconocidas como importantes, aunque no se identifican como unidades de alto interés al no aportar un beneficio directo para las mismas, debido a su ubicación y difícil acceso.

5.1.5 Hidrología

El presente capítulo contiene los aspectos metodológicos y resultados de la caracterización hidrológica para el área de influencia del proyecto.

5.1.5.1 Sistemas Lénticos

Corresponden a todas las aguas interiores que no presentan corrientes continuas, sin flujos, tales como humedales, que corresponden a ecosistemas intermedios con ambientes permanentemente inundados y de ambiente normalmente secos; lagunas, las cuales representan geoformas de especial importancia desde el punto de vista ecológico de la región. En el Área de influencia del proyecto se identificaron cuerpos lenticos que comprenden depósitos o estanques artificiales, creados para el almacenamiento de agua con el propósito de abastecimiento agrícola.

La localización de los sistemas lénticos identificados se presenta en la **Tabla 5-43** y en el **Anexo Cartografico,**

Mapa N°14. Hidrologia. Por su parte la descripción de los cuerpos de agua y la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica se presenta en el numeral **5.1.6 Calidad del agua**.

Tabla 5-43 Cuerpos de agua lénticos identificados en el área de influencia del Proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE	
		ESTE	NORTE
1	Estanque 1	949886	593518
2	Estanque 2	955298	600356
3	Estanque 3	955635	600610
4	Estanque 4	955260	600436
5	Estanque 5	954456	601960

Fuente: Consorcio SH.

5.1.5.2 Sistemas Lóticos que Interceptan el Proyecto

La identificación de la red hidrográfica del área del proyecto se realizó a partir de la cartografía IGAC escala 1:25000, encontrándose que está constituida esencialmente por una red de drenajes de tipo lótico. Las alternativas del proyecto se encuentran localizadas en una de las cinco vertientes hidrográficas del país, específicamente en la correspondiente al Área Hidrográfica del Pacífico (5), la cual está formada por más de 200 cauces primarios. Obedece fundamentalmente a la presencia en su extremo oriental, de la cordillera Occidental y de las serranías del Baudó y del Pacífico, las cuales le sirven como centros hidrográficos donde nacen los ríos, así como también de barreras naturales a los vientos oceánicos, que al originar permanentes lluvias alimentan el caudal de los mismos.

Por otro lado, de las 41 zonas hidrográficas establecidas por el IDEAM, el proyecto se localiza en la No. 52 - Río Patía, y de las 311 subzonas en la correspondiente al río Guaítara como se detalla en la siguiente tabla.

- **Cuencas Hidrográficas**

Una cuenca, en sentido amplio, es una unidad de territorio donde las aguas fluyen mediante un sistema natural interconectado; en la cual pueden interactuar uno o varios elementos biofísico-socioeconómicos y culturales. (IDEAM, Noviembre de 2013) (IDEAM, Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia, 2013)

Como subsistema biofísico la cuenca está constituida por una oferta ambiental en un área delimitada por la línea divisoria de aguas y con características específicas de clima, suelo, bosques, red hidrográfica, usos de suelo, componentes geológicos, etc. Como subsistema económico la cuenca presenta una disponibilidad de recursos que se combinan con diversas técnicas para producir bienes y servicios; es decir, en toda cuenca existen alguna o algunas posibilidades de explotación o transformación de recursos. Como subsistema social involucra las comunidades humanas asentadas en su área demográfica, acceso a servicios básicos, estructura organizativa, actividades, entre otros, que necesariamente causa impactos sobre el ambiente natural. También incluye el conjunto de valores culturales tradicionales y creencias de las comunidades asentadas (Minambiente, 2013).

El Decreto 1640 de 2012 (por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones), coherente con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH, plantea la estructura para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos en cuatro niveles:

Áreas hidrográficas o macrocuencas: Corresponden a las cinco macrocuencas o áreas hidrográficas del país (Magdalena-Cauca, Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacifico) que son objeto de Planes Estratégicos, instrumentos de planificación ambiental de largo plazo con visión nacional y constituyen el marco de formulación, ajuste, y/o ejecución de los diferentes instrumentos de política, planeación, gestión y seguimiento existentes en cada una de ellas, los Planes Estratégicos se formularán a escala 1: 500.000.

Zonas hidrográficas: Corresponden a las definidas en el mapa de zonificación hidrográfica de Colombia (41), las cuales son el espacio para monitorear el estado del recurso hídrico y el impacto que sobre éste tienen las acciones desarrolladas en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. El instrumento de planificación de las zonas hidrográficas es el Programa Nacional de Monitoreo Recurso Hídrico.

Subzonas hidrográficas o su nivel subsiguiente: Corresponde a las cuencas objeto de ordenación y manejo (311), definidas en el mapa de zonificación hidrográfica del IDEAM, en la cuales se formularán e implementarán los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA).

Microcuencas y acuíferos: Corresponde a las cuencas de orden inferior a las subzonas hidrográficas o su nivel subsiguiente que no hagan parte de un POMCA, así como, los acuíferos prioritarios; estos serán objeto de Planes de Manejo Ambiental.

El presente numeral describe y caracteriza los resultados de los análisis de hidrografía e hidrología para el área de influencia del proyecto, a partir de la información de los principales organismos consultados como Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO).

Las características hidrológicas de los cuerpos de agua de interés, referentes al régimen hidrológico y los caudales característicos, parten del análisis de la información de series históricas de las unidades hidrográficas instrumentadas por el IDEAM mediante estaciones hidrométricas activas representativas para este proyecto.

El Proyecto se encuentra localizado en una de las cinco vertientes hidrográficas, correspondiente al Área Hidrográfica del Pacífico (5), la cual está formada por más de 200 ríos. Obedece fundamentalmente a la presencia en su extremo oriental, de la cordillera Occidental y de las serranías del Baudó y del Pacífico, las cuales le sirven como centros hidrográficos donde nacen los ríos, así como también de barreras naturales a los vientos oceánicos, que al originar permanentes lluvias alimentan el caudal de los mismos.

Por otro lado, de las zonas hidrográficas establecidas por el IDEAM, el proyecto se localiza en la No. 52 - Río Patía, y de las 311 subzonas en la correspondiente al río Guáitara (5205), tal y como se relaciona en la **Tabla 5-44.**

Tabla 5-44 Jerarquización de la red Hidrográfica según Decreto 1640 de 2012.

VERTIENTE (ÁREA HIDROGRÁFICA)	GRAN CUENCA (ZONA HIDROGRÁFICA)	CUENCA (SUBZONA HIDROGRÁFICA)	SUBCUENCA CODIGO POMCAS
Pacífico (5)	Patía (52)	Río Guaítara (5205)	Afluentes Directos Río Guaítara.

La jerarquización de la red hidrográfica en un sentido más amplio se presenta en la **Tabla 5-45**, donde se encuentran del orden 0 al orden 4 los componentes de la red hidrográfica para el EIA 1B.

Tabla 5-45 Jerarquización de la red hidrográfica área de influencia directa, proyecto vial Rumichaca Pasto Tramo San Juan-Pedregal.

AH	ZH	SZH	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 2	ORDEN 3	ORDEN 4	ÁREA TOTAL [Km^2]
Pacifico	Patía	Río Guaítara	Pacifico	Patía	Río Guaítara	Afluentes Directos Río Guaítara	MI GUAITARA 07	0.55
							MI GUAITARA 08	0.99
							MI GUAITARA 09	0.73
							MI GUAITARA 11	0.96
							MI GUAITARA 12	0.91
							MI GUAITARA 13	0.21
							MI GUAITARA 14	0.25
							MI GUAITARA 15	0.15
							MI GUAITARA 16	0.21
							MI GUAITARA 17	0.24
							MI GUAITARA 18	0.42
							MI GUAITARA 19	0.30
							MI GUAITARA 20	0.08
							MI GUAITARA 21	0.12
							MI GUAITARA 22	0.08
							MI GUAITARA 23	0.08
							MI GUAITARA 24	0.24
							MI GUAITARA 25	0.62
							MI GUAITARA 26	0.26
							MI GUAITARA 27	0.96
							MI GUAITARA 28	0.35
							MI GUAITARA 29	0.76
							MI GUAITARA 30	0.62
							MI GUAITARA 35	17,34
							MI GUAITARA 36	12,78
							NN005	18,52
							NN003	34,95
							NN005A	15,50
							EL CULANTRO	2.52
							EL TABLÓN	1.74
							HONDA	1.83
							HUMEADORA 02	14.63
							LA LECHUZA	0.75
							LAS CUEVAS	1.96
							MACAL 02	9.20
							LA LLAVE - MOLEDORES[1]	9.06

[1] La denominación de la corriente se establece conforme cartografía base IGAC a escala 1:25.000.

AH	ZH	SZH	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 2	ORDEN 3	ORDEN 4	ÁREA TOTAL [Km²]
							SAN ANTONIO	2.48
							SAN FRANCISCO	3.50
							SECA	0.53
							YAMBURAYAN	1.77
						Rio Boquerón	QDA BOQUERÓN	215.79
						Río Sapuyes	SAPUYES	521.25

Fuente: Consorcio SH.

A continuación, se presenta, la descripción de los principales cuerpos de agua según la jerarquización de la red hidrográfica, se describieron hasta algunos cuerpos de agua de orden que representan una importancia significativa para el análisis hidrológico.

- **Área Hidrográfica del Pacífico (5).**

La vertiente del Pacífico tiene una extensión de 77.311 km2 y es formada por más de 200 ríos. Sus ríos atraviesan zonas selváticas y por la alta pluviosidad son torrentosos, sus cursos son cortos y de grandes pendientes que favorece el arrastre de gran carga de sedimentos, los cuales al ser depositados en las zonas bajas propician la formación de deltas. Está formada por las siguientes cuencas (IDEAM, noviembre de 2013)

Cuenca del río Mira (5.865 km²)

Cuenca del río Patía (24.000 km²)

Cuenca del río Tapaje – Dagua – Directos (20.804 km²)

Cuenca del río San Juan (16.411 km2)

Cuenca del río Baudó – Directos – Pacífico (5.965 km2)

Cuenca Pacífico – Directos (4.252 km2)

Cuenca Islas Pacífico (14 km2)

La Macrocuenca del Pacífico abarca longitudinalmente desde el extremo Norte en Juradó municipio de departamento de Chocó al extremo Sur en Tumaco municipio del departamento Nariño, una distancia aproximada de 740 km, un 40% de la longitud máxima del nuestro país.

La Macrocuenca del Pacífico tiene jurisdicción en los departamentos de Chocó, Risaralda, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, siendo el Departamento de Nariño el que tiene una mayor representatividad (36,48%) y Risaralda (1,42%) el de menor pacifico, (Febrero 2013).

- **Zona Hidrográfica Río Patía (52)**

El Patía es el río más extenso de la vertiente Pacífica de Colombia y de Suramérica, con sus 400 km de curso, de los cuales sólo son navegables 90 debido a que es un río de montaña y llanura. Su recorrido lo realiza con dirección sur, entre las cordilleras Central (donde nace en el Macizo Colombiano) y Occidental, a la cual rompe

en la depresión de la Hoz de Minamá, para entrar luego en la llanura del Pacífico donde recibe su principal afluente, el Telembí. En la **Fotografía 5.83**, se observa el Rio Patía en el departamento de Nariño.

En el recorrido abarca los departamentos de Cauca y Nariño, y su hoya hidrográfica cubre una extensión cercana a los 24.000 km2, por lo cual es considerado el segundo río más caudaloso del litoral Pacífico colombiano y el primero en extensión de la cuenca. Posteriormente atraviesa la planicie del Pacífico nariñense y desemboca en el Océano Pacífico, formando un amplio delta de una extensión aproximada de 5.000 km2. A lo largo de su curso recibe numerosos afluentes como los ríos Guachicono, Mayo, Juanambú, Guáitara, Telembí, Magüí, Mamaconde, Pusbí y Nansalví.

Fotografía 5.83 Panorámica Río Patía, municipio de Policarpa, departamento de Nariño

Fuente: Google Earth. 2016

La cuenca del Patía se destaca económicamente por sus riquezas en oro, cacao y banano. Está formada por las siguientes cuencas (IDEAM, noviembre de 2013):

Cuenca del río Patía Alto (3.228 km²)

Cuenca del río Guachicono (2.626 km²)

Cuenca del río Mayo (874 km²)

Cuenca del río Juanambú (2.070 km²) – ver Fotografía 5.1.25

Cuenca del río Guáitara (3.650 km2) – ver Fotografía 5.1.24

Cuenca del río Telembí (4.635 km2)

Cuenca de río Patía Medio (2.390 km2)

Cuenca del río Patía Bajo (4.527 km2)

- **Subzona Hidrográfica Río Guáitara (5205)**

La cuenca hidrográfica del Río Guáitara o Subzona Hidrográfica de Orden 2 (Código 5205), es una cuenca transfronteriza, debido a que se encuentra entre Colombia y Ecuador. En Colombia se ubica en el departamento de Nariño, con una extensión de 364.045.43 ha. Equivalente a aproximadamente al 91% del

área total de la cuenca. En Ecuador se ubica en la provincia del Carchi.

La cuenca hidrográfica del Río Guáitara se encuentra en jurisdicción de 33 municipios del Departamento de Nariño: Ancuya, Aldana, Consacá, Contadero, Córdoba, Cuaspud, Cumbal, El Peñol, El Tambo, Funes, Guachucal, Guaitarilla, Gualmatán, Íles, Imués, Ipiales, La Florida, La Llanada, Linares, Los Andes, Ospina, Pasto, Potosí, Providencia, Puerres, Pupiales, Samaniego, Sandoná, Santacruz de Guachavez, Sapuyes, Tangua, Túquerres y Yacuanquer; correspondientes 51.6% del total de los 64 municipios del departamento (CORPONARIÑO, 2009).

El río Guáitara, ver **Fotografía 5.84**, por su característica de encañonamiento ha sido utilizado como colector de todos los desechos sólidos y líquidos que produce la ciudad de Ipiales y algunas cabeceras municipales por donde éste recorre, presentándose un alto grado de contaminación de sus aguas.

Fotografía 5.84 Río Guáitara municipio de Ipiales-Nariño.

Fuente: Google Earth. 2016

- **Unidades Hidrográficas Nivel I**

Unidad Hidrográfica Nivel I – Río Carchi (Guáitara Alto)

El Río tiene su origen en el Volcán Chiles, formado por una pequeña fuente que nace por deshielo a 3550 msnm denominada Játiva; a 3600 msnm, nace la Quebrada Alumbre la cual se junta con el Riachuelo Játiva y dan origen al Río Carchi, que conserva el nombre de Játiva hasta la localidad de Tufiño, sirve de límite a los dos países (Colombia y Ecuador) hasta el Puente Internacional de Rumichaca en un tramo aproximado de 45 kilómetros. Su recorrido lo realiza por regiones de páramo, subpáramo y clima frío de relieve plano o ligeramente ondulado (Ipiales, 2003).

Unidad Hidrográfica Nivel I – Río Sapuyes

El río Sapuyes nace en el municipio de Guachacal, sigue su curso de suroeste a noroeste desembocando en el río Guáitara. Las principales quebradas que desembocan en este río son la de Chillanquer la cual nace en la Peña Blanca y marca límites entre los municipios de Túquerres y la exprovincia de Obando; la del Clarinero,

que nace en la Cinta del Monte; la del Chilco la cual nace en la entrada sur de la población y nace en la zona de Chambuyan; la de Cuarris la cual nace en el cerro del Rucio y se distingue por la transparencia de sus aguas, la del Manco o Chontas, la cual marca el límite con el municipio de Ospina y la quebrada del Chungel la cual nace a las faldas del Volcán Azufral.

En el área de influencia directa EIA 1B, el río Sapuyes ver **Fotografía 5.85,** se encuentra localizado hacia la parte norte en el municipio de Imués, Nariño.

Fotografía 5.85 Río Sapuyes, vereda Pilcúan, municipio de Imués – Nariño

Fuente: Consorcio SH.

El Rio Sapuyes es un rio semi-meandrico cuyo cauce tiene un curso con sinuosidad pronunciada. El cauce principal del Rio Sapuyes se divide o agrupa en tres zonas:

Zona Alta: correspondiente al punto de nacimiento o inicio en el Volcán Azufral en el municipio de Guachucal, hasta la confluencia con el afluente natural El Carrizo en el municipio de Sapuyes, este tramo presenta vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas e industriales provenientes del sector lácteo en el municipio de Guachucal.

Zona Media: correspondiente al tramo entre la confluencia del Rio Sapuyes con el afluente El Carrizo hasta la confluencia con la Quebrada Cunchila al cauce principal, este tramo atraviesa el Casco urbano de los municipios de Sapuyes y Tuquerres, a lo largo de este, se evidencia un gran número de vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas.

Zona Baja: correspondiente al tramo entre la confluencia del Rio Sapuyes con la Quebrada Cunchila hasta la desembocadura al Rio Guáitara (CORPONARIÑO, 2016).

- **Unidades Hidrográficas Nivel II**

Unidad Hidrográfica Nivel II – Quebrada San Francisco

Hace parte de los corregimientos de Alto del Rey y Urbano del municipio de Iles, su cauce principal y afluentes a este, surcan las veredas Tablón Alto, Loma Alta y Capulá.

La zona alta de la microcuenca Quebrada San Francisco, está dedicada en su totalidad a rastrojos altos. La zona media se dedica el suelo a pasturas para la ganadería en su mayor extensión y rastrojos altos, la parte baja se dedica el suelo a los potreros y cultivos misceláneos (fríjol, arveja, maíz, cebolla, frutales).

La microcuenca Quebrada San Francisco, presenta problemas de deforestación para la obtención de leña para el consumo de la familia, el establecimiento de potreros para el ganado y la ampliación de la frontera agrícola para la siembra cultivos misceláneos. La contaminación hídrica por actividad agropecuaria incide en la calidad del agua.

Unidad Hidrográfica Nivel II – Quebrada La Llave - Moledores

Hace parte de los corregimientos de Tablón Bajo, San Javier, Alto del Rey y Urbano, con un área de influencia sobre las veredas de Iscuazán, Tamburán, Loma Alta, Urbano y la Esperanza del municipio de Iles, esta microcuenca ocupa un área de 874.12 ha. El cauce principal se denomina quebrada La Llave - Moledores y desemboca directamente al río Guáitara. Los afluentes que conforman la red hídrica de la microcuenca: Quebrada la Chorrera Chiquita, Quebrada la Llave y 19 afluentes sin nombre.

La zona alta de la microcuenca Quebrada La Llave - Moledores está dedicada especialmente a cultivos misceláneos (papa, trigo, cebada, maíz, pastos). En la zona media se dedica el suelo en mayor cantidad a rastrojos altos, cultivos misceláneos (maíz, cebada, trigo, fríjol, arveja, pastos); la zona baja de la microcuenca, se dedica el suelo a los potreros quienes ocupan un lugar importante dentro de las actividades de uso del suelo en esta zona, seguidos de cultivos misceláneos (fríjol, arveja, maíz, cebolla, frutales).

La Microcuenca Quebrada La Llave - Moledores, presenta serios problemas ambientales, entre los que se destacan los altos índices de contaminación por vertimientos directos de aguas residuales al caudal principal y afluentes por parte de los pobladores. La deforestación se produce principalmente por la ampliación de la frontera agrícola para el establecimiento de cultivos misceláneos y pasturas para la ganadería.

Unidad Hidrográfica Nivel II – Zanja Chorrera Negra

Hace parte de los corregimientos de Tablón Bajo y San Javier del municipio de Íles, su cauce principal y afluentes atraviesa la vereda de el Rosario y el Porvenir del mismo municipio; esta microcuenca ocupa un área de 267.59 ha. El cauce principal se denomina quebrada la Chorrera Negra y desemboca directamente al río Sapuyes.

La zona alta de la microcuenca Quebrada la Chorrera Negra, está dedicada en su mayoría al mantenimiento de cultivos misceláneos (papa, trigo, cebada, maíz, pastos). La zona media se dedica el suelo a rastrojos altos en toda su extensión y, la parte baja, se dedica el suelo a los rastrojos bajos y pajonales.

La microcuenca Quebrada la Chorrera Negra presenta problemas de deforestación en la zona alta por el establecimiento de cultivos misceláneos principalmente. La tala del bosque para la obtención de leña para el consumo familiar y madera para la construcción, son las principales causas de la deforestación. Se presentan altos índices de quemas y contaminación hídrica por la actividad agrícola en la zona.

Unidad Hidrográfica Nivel II - Quebrada La Humeadora

Ubicada en el sector norte del municipio Contadero, limita al Norte con el municipio de Íles; al Sur con las microcuencas Honda, Dos Quebradas, La Cueva, El Manzano, La Brigada y El Guarango; al Oriente con la

microcuenca El Guarango y el escurrimiento H, al Occidente con el municipio de Íles. La quebrada la Humeadora nace a una altura de 3.100 m.s.n.m. en el sector aledaño al Cerro Iscuazán, tiene un recorrido en sentido occidente oriente de 8.5 km. y vierte sus aguas sobre el río Guaitara a una altura de 2000 m.s.n.m. Sus principales afluentes corresponden a las quebradas El Manzano y Los Arrayanes y pequeñas aguadas (MUNICIPIO DE CONTADERO, 2006).

La quebrada la Humeadora nace a una altura de 3.100 m.s.n.m. en el sector aledaño al Cerro Iscuazán, tiene un recorrido en sentido occidente oriente de 8.5 km. y vierte sus aguas sobre el río Guáitara a una altura de 2000 m.s.n.m. Sus principales afluentes corresponden a las quebradas El Manzano y Los Arrayanes y pequeñas aguadas.

Unidad Hidrográfica Nivel II – Quebrada El Manzano

Hace parte de los corregimientos de Alto del Rey y Urbano del municipio de Iles, su cauce principal y afluentes surcan las veredas de Iscuazán, Alto del Rey y Urbano del mismo municipio; esta microcuenca ocupa un área de 418.63 ha. El cauce principal se denomina el Manzano y desemboca directamente al río al río Guáitara.

La zona alta de la microcuenca Quebrada el Manzano, está dedicada especialmente a cultivos misceláneos (papa, trigo, cebada, maíz, pastos) en su mayor parte. En la zona media se dedica el suelo en igual proporción a cultivos misceláneos (papa, trigo, cebada, maíz, pastos) y rastrojos altos; la parte baja se dedica el suelo a los potreros y en orden de área a cultivos misceláneos (fríjol, arveja, maíz, cebolla, frutales).

La microcuenca Quebrada el Manzano presenta problemas de deforestación por el establecimiento de potreros para ganadería, además de la contaminación por la actividad pecuaria, todos estos agravados por la inconciencia de la gente al realizar quemas irresponsables sin control.

Unidad Hidrográfica Nivel II - Quebrada La Cueva

Ubicada en el sector central del municipio de Contadero, limita al Norte con la UMH La Humeadora; al Sur con el municipio de Puerres; Oriente con escurrimientos y la microcuenca El Manzano y al Occidente con la microcuenca Dos Quebradas. La quebrada La Cueva nace a una altura de 3.100 m.s.n.m. en el sector llamado Yanalquer, tiene un recorrido en sentido norte sur de 3.8 km. y vierte sus aguas sobre el río Guáitara a una altura de 2300 m.s.n.m. (MUNICIPIO DE CONTADERO, 2006).

Unidad Hidrográfica Nivel II – Quebrada Honda

Ubicada en el sector central del municipio, limita al Norte con la microcuenca Dos Quebradas y municipio de Iles; al Sur con la microcuenca San Antonio, escurrimiento D y municipio de Puerres; Oriente con la microcuenca Dos quebradas y al Occidente con la microcuenca San Antonio. La quebrada Honda nace a una altura de 3.025 m.s.n.m., tiene un recorrido en sentido norte sur de 2.8 km. y vierte sus aguas sobre el río Guáitara a una altura de 2300 m.s.n.m. Sus principales afluentes corresponden a la quebrada Coayarira que es el nombre que toma en la parte alta y pequeñas aguadas. La microcuenca comprende las veredas de Iscuazán (10.5%), El Contaderito (25%), El Capulí (37.7%), Las Delicias (13.9%) Y El Culantro (4.1%), abarcando un área total de 221.1 hectáreas que representan el 5.23% del municipio (MUNICIPIO DE ILES, 2003).

Adicionalmente a las unidades hidrográficas de nivel II previamente relacionadas, se incluye la descripción de las corrientes superficiales denominadas NN014, NN015, NN025, NN048, NN055, NN057 y NNZ2-1B, la cual

ha sido requerida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA como información adicional.

Quebrada NN014

Esta fuente hídrica de régimen intermitente con un caudal medido en campo de 0,45 l/seg, cruzada por el proyecto en el K24+130, tiene una longitud de 916,89 metros, se ubica en la vereda El Culantro del municipio de Contadero y es afluente de la Quebrada El Culantro. Se evidencia la invasión de la ronda de protección de 30 m de la corriente hídrica por el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias, las cuales generan presión sobre las coberturas riparias y sobre la disponibilidad de este recurso, cuyo uso se destina en actividades pecuarias y agrícolas.

La percepción óptica del agua refiere un color transparente y se percibe un olor vegetal típico de aguas poco profundas. Las márgenes y lecho de la quebrada son en tierra, en algunos puntos se presenta acumulación de sedimentos debido a que la corriente no tiene el caudal y la energía suficiente para arrastrarlos.

A nivel general la matriz dominante circundante es mosaico de pastos y cultivos; la cobertura riparia protectora del cuerpo de agua es inexistente, en ella se observan parches de chusque (*Chusquea tessellata*) e individuos de herbazal, pero a nivel general la ronda de protección está fuertemente intervenida como se menciona anteriormente y se evidencia en las siguientes fotografías.

Fotografía 5.86 Cobertura aledaña a la quebrada NN014

Fotografía 5.87 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN014

Fotografía 5.88 Cobertura aledaña a la quebrada NN014

Fotografía 5.89 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN014

Fuente: Consorcio SH.

Quebrada NN015

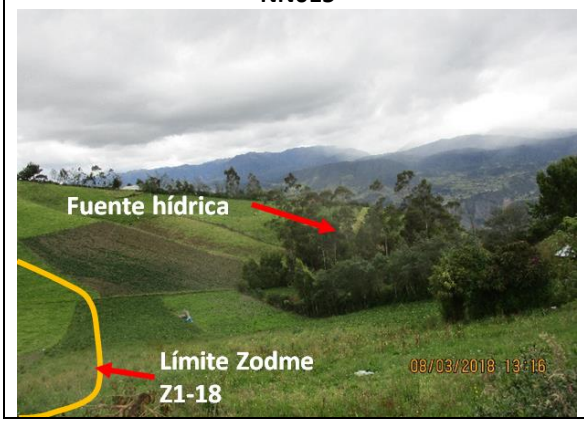
La quebrada NN015 se intercepta por el proyecto en el K25+350. Esta corriente de caudal intermitente medido en campo de 0,29 l/seg., discurre por las veredas San Andrés y Las Cuevas del municipio de Contadero y tiene una longitud de 664,73 m. En cuanto a las características del agua, esta es incolora, no se perciben olores y la turbiedad es mínima. Actualmente se presenta invasión de la ronda de protección de 30 m de la fuente hídrica debido al desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, además en ciertos puntos el ganado ingresa a beber agua directamente del cauce lo que genera un aporte importante de sedimentos. Ahora bien, al observar las márgenes y el lecho de la quebrada estas se encuentran en tierra. Ésta corriente es utilizada principalmente para actividades agrícolas y pecuarias.

A nivel general la matriz dominante circundante es mosaico de pastos y cultivos; la cobertura riparia protectora del cuerpo de agua está representada principalmente por eucalipto (*Eucalyptus globulus*) especie exótica, además de vegetación secundaria baja nativa en proceso sucesional. A nivel general la ronda de protección está fuertemente intervenida como se menciona anteriormente y se evidencia en las fotografías.

Fotografía 5.90 Cobertura aledaña a la quebrada NN015

Fotografía 5.91 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN015

Fotografía 5.92 Cobertura aledaña a la quebrada NN015



Fotografía 5.93 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN015

Quebrada NN025

La quebrada NN025 se intercepta por el proyecto en el K30+015, se localiza en la vereda Urbano del municipio de Íles, y tiene una longitud de 811,58 metros. El caudal de la fuente es muy bajo (0,43 m^3/seg.) e intermitente, en algunos sectores se observa un color amarillento. Se observa en la totalidad del lecho y las márgenes de la fuente hídrica la presencia de pasto y vegetación de tipo arbustivo. Por su bajo caudal, y de acuerdo con información suministrada por la comunidad, no se encuentra asociado ningún uso a éste cuerpo de agua.

En las zonas aledañas al cauce se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias, por lo que se observa un alto grado de intervención de la ronda de protección.

A nivel general la matriz dominante circundante es mosaico de pastos y cultivos; la cobertura riparia protectora del cuerpo de agua es inexistente y está representada por una línea de vegetación arbustiva en estado sucesional, pero a nivel general la ronda de protección está fuertemente intervenida como se menciona anteriormente y se evidencia en las siguientes fotografías.

Fotografía 5.94 Cobertura aledaña a la quebrada NN025

Fotografía 5.95 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN025

Fotografía 5.96 Panorámica de la quebrada NN025

Fotografía 5.97 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN025

Quebrada NN048

Ésta quebrada tiene una longitud aproximada de 887,4 m, caudal intermitente medido en campo de 0,39 l/seg y se localiza en la vereda El Porvenir del municipio de Íles. Se intercepta por el proyecto en el K37+960. Se identifica una alteración en el aspecto del recurso, tornándose de un color café, asociado posiblemente al elevado contenido de las partículas disueltas y en suspensión, asimismo, en el agua se percibe un olor vegetal típico de aguas poco profundas. El recurso de esta corriente se destina a actividades agrícolas y pecuarias.

A nivel general la matriz dominante circundante es herbazal abierto rocoso; la cobertura riparia protectora del cuerpo de agua se encuentra en buen estado de conservación con especies arbóreas de Quillotocto, Aliso y Chusque, además de vegetación secundaria alta y baja nativa en proceso sucesional, como se observa en las siguientes fotografías.

Fotografía 5.98 Cobertura aledaña a la quebrada NN048

Fotografía 5.99 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN048

Fotografía 5.100 Cobertura aledaña a la quebrada NN048

Fotografía 5.101 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN048

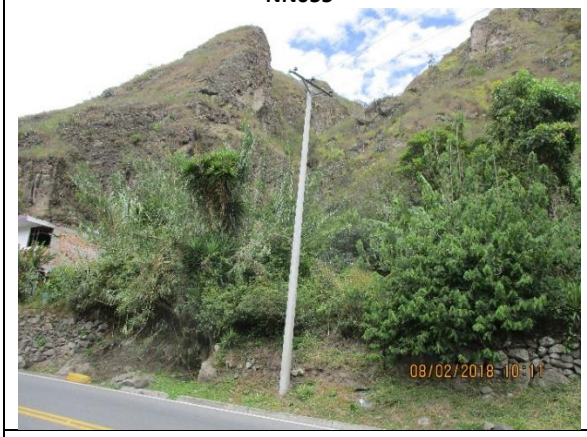
Quebrada NN055

Esta fuente hídrica corresponde a un drenaje intermitente con un caudal medido en campo de 0,30 l/seg., el cual se localiza en la vereda Pilcuán del municipio de Imues. Tiene una longitud de 1064,55 m y se intercepta por el proyecto en el K43+800.

En la fecha en que se adelantó el trabajo de campo no se evidenció flujo de caudal de agua. Se observó la descarga de vertimientos domésticos de las viviendas cercanas de forma directa, los cuales discurren hacia la alcantarilla de la vía existente. De acuerdo a la información de la comunidad, no se identifica ningún tipo de uso del recurso.

A nivel general la matriz dominante circundante es herbazal abierto rocoso; la cobertura riparia protectora del cuerpo de agua está ausente, se encuentra infraestructura social muy cerca del cauce y como se mencionó anteriormente se evidenció la descarga de aguas residuales.

Fotografía 5.102 Cobertura aledaña a la quebrada NN055



Fotografía 5.103 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN055

Fotografía 5.104 Cobertura aledaña a la quebrada NN055

Fotografía 5.105 Aspecto de las condiciones actuales del cauce de la quebrada NN055

Quebrada NN057

Esta fuente hídrica se encuentra asociada a la escorrentía de agua del manantial PA-209, con un caudal medio de 0,05 l/seg e intermitente, ubicado en la parte alta, la cual discurre sobre el talud hasta la cuneta y la alcantarilla de la vía existente.

Debido a que el caudal de agua es bajo no se observa un lecho definido. A simple vista el agua no presenta color y tampoco se perciben olores. El recurso es utilizado para riego y uso domestico

A nivel general la matriz dominante circundante es herbazal abierto rocoso; la cobertura riparia no se diferencia de la cobertura circundante probablemente por el bajo caudal y la fuerte pendiente relacionada anteriormente.

Fotografía 5.106 Sitio de cruce de la quebrada NN057 con la vía existente

Fotografía 5.107 Sitio de cruce de la quebrada NN057 con la vía existente

Fotografía 5.108 Cobertura aledaña a la quebrada NN057

Quebrada NNZ2-1B

Esta fuente hídrica se localiza en la vereda El Manzano del municipio de Contadero, entre los dos polígonos de la Zodme Z2-1B. Esta corriente es afluente de la quebrada Los Arrayanes, que a su vez es afluente de la quebrada El Manzano, y es usada para el desarrollo de actividades agropecuarias. Tiene un caudal medido en sitio de 1,76 l/seg con un régimen intermitente.

Tiene una longitud aproximada de 720 m y discurre por zonas con vocación agrícola y pecuaria, donde se observa una invasión de la ronda de protección y presión sobre las coberturas naturales de la fuente; el agua presenta un olor vegetal e incoloro. El lecho y márgenes de la quebrada son en tierra.

A nivel general la matriz dominante circundante es mosaico de pastos y cultivos; la cobertura riparia protectora del cuerpo de agua es inexistente, en ella se observan parches de chusque (*Chusquea tessellata*) e individuos de vegetación secundaria baja y herbazal, pero a nivel general la ronda de protección está fuertemente intervenida como se menciona anteriormente y se evidencia en las siguientes fotografías.

Fotografía 5.109 Cobertura aledaña a la quebrada NNZ2-1B

Fotografía 5.110 Condiciones actuales del cauce de la quebrada NNZ2-1B

5.1.5.3 Definición de unidades de análisis hidrológico (UAH)

Las unidades de estudio se ubican en la cuenca hidrográfica binacional del río Carchi – Guaitara, la cual está ubicada al suroccidente en el Departamento de Nariño y al noroccidente en la Provincia del Carchi en el Ecuador. Con el sistema de coordenadas Colombia West Zone y origen latitud 77º 34’ 51.3’’ W, el río nace en la República del Ecuador ubicándose en el siguiente cuadrante geográfico: 987.778 m E; 566.365 m N en el divorcio topográfico de la cuenca en el Ecuador y en el sur del Departamento de Nariño, República de Colombia, en la vertiente del Océano Pacifico, Colombiano a 901.546 m E; 667.359 m N hasta su desembocadura en el río Patía a 400 m.s.n.m.(CORPONARIÑO, 2011).

Tabla 5-46 Unidades de Análisis Hidrográfica para el área AI-EIA-1B.

No.	CÓDIGO	NOMBRE	Área [Km^2]	No.	CÓDIGO	NOMBRE	Área [Km^2]
1	52050335	AFD_MI_GUAITARA_07	0.553	20	52050304	AFD_MI_GUAITARA_26	0.259
2	52050334	AFD_MI_GUAITARA_08	0.990	21	52050103	AFD_MI_GUAITARA_27	0.963
3	52050333	AFD_MI_GUAITARA_09	0.728	22	52050102	AFD_MI_GUAITARA_28	0.347
4	52050331	AFD_MI_GUAITARA_10	0.196	23	52050101	AFD_MI_GUAITARA_29	0.762
5	52050325	AFD_MI_GUAITARA_11	0.955	24	52050308	AFD_MI_GUAITARA_30	0.621
6	52050323	AFD_MI_GUAITARA_12	0.913	25	52050327	EL_CULANTRO	2.517
7	52050321	AFD_MI_GUAITARA_13	0.214	26	52050306	EL TABLÓN	1.739
8	52050320	AFD_MI_GUAITARA_14	0.251	27	52050328	HONDA	1.834
9	52050319	AFD_MI_GUAITARA_15	0.153	28	52050322	HUMEADORA_02	14.631
10	52050318	AFD_MI_GUAITARA_16	0.208	29	52050307	LA_LECHUZA	0.753
11	52050317	AFD_MI_GUAITARA_17	0.243	30	52050326	LAS_CUEVAS	1.963
12	52050316	AFD_MI_GUAITARA_18	0.422	31	52050301	MACAL_02	9.202
13	52050315	AFD_MI_GUAITARA_19	0.298	32	52050311	LA LLAVE - MOLEDORES	9.063
14	52050314	AFD_MI_GUAITARA_20	0.076	33	52050332	QDA_BOQUERON	215.792
15	52050313	AFD_MI_GUAITARA_21	0.124	34	52050329	SAN_ANTONIO	2.480
16	52050312	AFD_MI_GUAITARA_22	0.077	35	52050303	SAN_FRANCISCO	3.497
17	52050310	AFD_MI_GUAITARA_23	0.084	36	52050201	SAPUYES	521.245
18	52050309	AFD_MI_GUAITARA_24	0.241	37	52050324	SECA	0.533

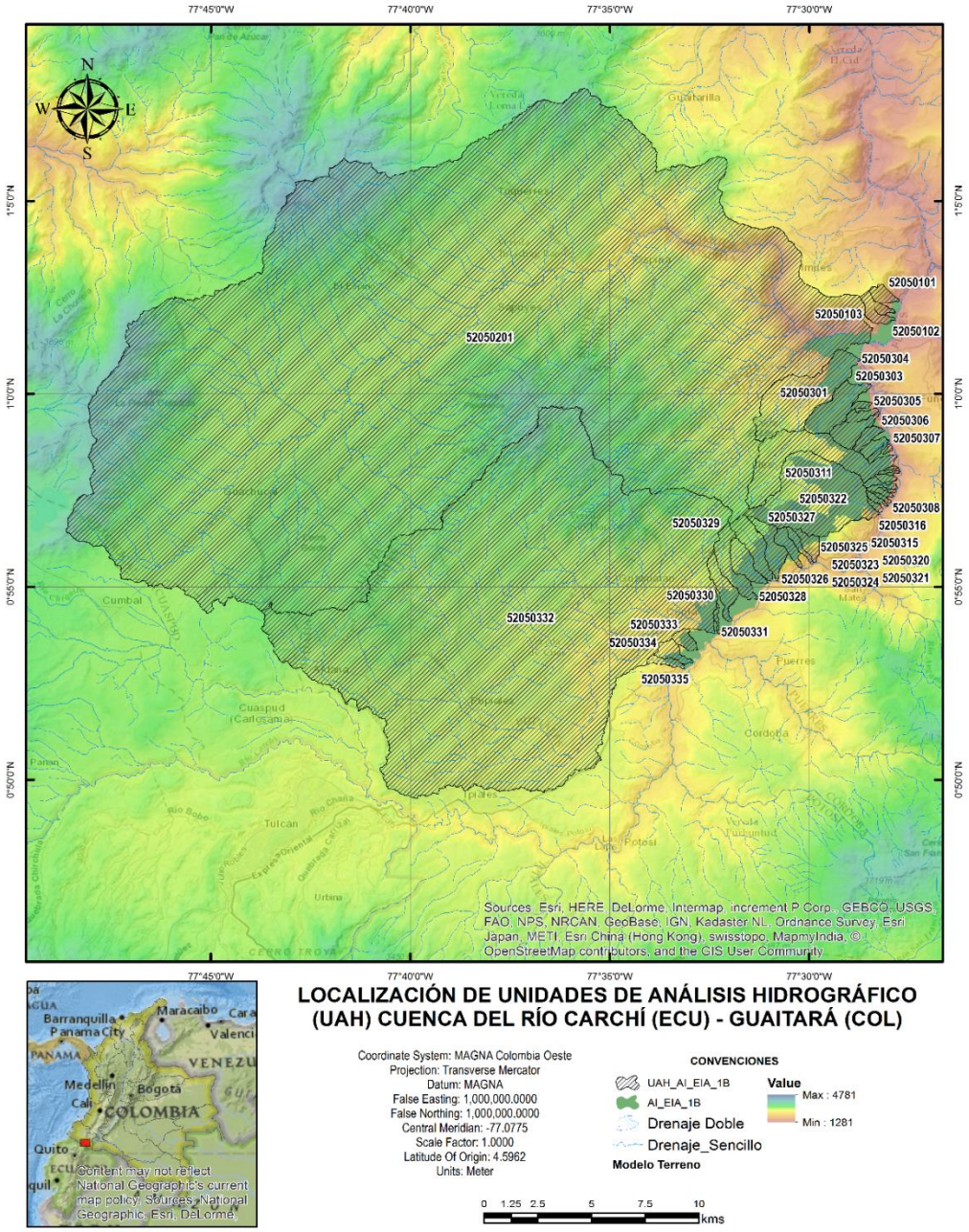
19	52050305	AFD_MI_GUAITARA_25	0.624	38	52050330	YAMBURAYAN	1.769
39	52050340	NN005A	0,16	42	52050336	NN003	0,35
40	52050337	AFD MI Guaitara 35	0,17	43	52050338	AFD MI Guaitara 36	0,13
41	52050339	NN005	0,18				

Fuente: Consorcio SH.

Cada una de estas UAH ha sido delimitada y representada en la cartografía, en la cual se presentan algunas áreas que no pertenecen a una cuenca específica y que no están asociados a una corriente, los cuales se denominan interfluvios. Asi mismo al inicio del proyecto, en el costado sur se presenta un área que no drena a una corriente de agua que este localizada dentro del área de influencia por lo cual esta en la cartografia no se representa.

De acuerdo con la clasificación del IDEAM, la cuenca (al menos en la parte colombiana) pertenece a área hidrográfica Pacífico (AH 5), zona hidrográfica del río Patía (ZH 52) y sub-zona hidrográfica de la cuenca del río Guáitara (SZH 5205). Las unidades de análisis hidrográfica (en adelante UAH), se generaron tomando como puntos de cierre la confluencia de cada uno de los drenajes con el cauce principal río Guaitara y se codificaron de acuerdo a la metodología propuesta por IDEAM (Instituto de Hidrología y Metereología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013) como se muestra en la tabla anterior. La Codificación ver **Tabla 5-46** muestra la localización y unidad de análisis Río Guaitara, la cuenca del río Guaitara se desarrolla entre Colombia y Ecuador; en la parte del vecino país, la corriente es monitoreada en la parte alta (río Játiva y río Bobo); mientras que, en Colombia, la cuenca para efectos de la caracterización de esta corriente en el área de influencia del proyecto, solo es monitoreada antes de su confluencia con el río Sapuyes, en la estación Pilcuan [52057010].

Figura 5.32 Localización de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.



Fuente: Consorcio SH.

Adicionalmente, se caracterizaron 12 áreas relacionadas con puntos en donde se pretende captar y/o verter agua, estas unidades son:

Tabla 5-47 Unidades de Análisis con fines de uso [captación y vertimiento]

NOMBRE	CÓDIGO	TIPO	ÁREA [Km²]
RIO_GUAITARA	PC	CAPTACIÓN	1,062.37
EL_MACAL	PC	CAPTACIÓN	8.07
YAMBURAN	PC	CAPTACIÓN	1.35
SAN_FRANCISCO_01	PC	CAPTACIÓN	2.03
CULANTRO	PC	CAPTACIÓN	1.80
EL_MANZANO	PC	CAPTACIÓN	0.16
LA LLAVE - MOLEDORES	PC	CAPTACIÓN	8.26
SAN_FRANCISCO_02	PC	CAPTACIÓN	1.21
HUMEADORA	PCV	CAPTACIÓN Y VERTIMIENTO	13.39
SAPUYES	PCV	CAPTACIÓN Y VERTIMIENTO	520.26
GUAITARA	PV	VERTIMIENTO	1,405.23
QDA_BOQUERON [52050332]	PCV	CAPTACIÓN Y VERTIMIENTO	215.79

Fuente: Consorcio SH.

5.1.5.3.1 Dinámica fluvial y relación espacio temporal de las corrientes

Desde el punto de vista de la hidráulica fluvial, todos los ríos están sujetos en mayor o menor grado a procesos de erosión o degradación, equilibrio y sedimentación o agradación. Un río se considera en estado de equilibrio cuando no varía el perfil del fondo y de las márgenes del cauce y por lo tanto, existe compensación entre los sedimentos que son transportados hacia el sitio y desde el sitio. La degradación se manifiesta cuando el nivel del lecho baja o si las márgenes se desplazan hacia afuera, lo que se presenta cuando la carga de sedimentos es inferior a la capacidad de transporte del flujo de agua. Este proceso se acelera e intensifica durante crecientes, que además originan el problema de las inundaciones sobre todo en las zonas planas aluviales de los ríos.

El área de influencia del proyecto presenta cuencas, subcuencas y microcuencas de alta montaña, estas son determinantes en la aportación de agua al hidrosistema ya que discurren corrientes que cortan el sustrato rocoso, donde en algunas ocasiones se presentan nacederos de aguas subterráneas contribuyendo con los caudales base de dichas corrientes. Estos ríos muestran una baja variabilidad de la morfología dentro del área, debido al control externo que ejerce la geología, la tectónica y el aporte de sedimentos. Acarrean grandes bloques de roca que corresponden a materiales de origen ígneo, tienen pendientes abruptas en su lecho y están relacionadas con el transporte de materiales y con las tasas de erosión que en este caso son moderadas, son ríos encañonados y estrechos limitado a ambos lados por paredes o laderas rocosas.

La variabilidad temporal que sufre la morfología de sus márgenes es baja debido a la elevada magnitud de caudal requerida para iniciar el movimiento de sedimentos, que se ve dificultado no solo por el mayor tamaño de estos si no por la disposición y agrupación que adoptan las partículas y por las formas del fondo del lecho

que tienden a maximizar la resistencia al flujo, de esta forma es común la formación de cascadas y rápidos a lo largo de los cauces.

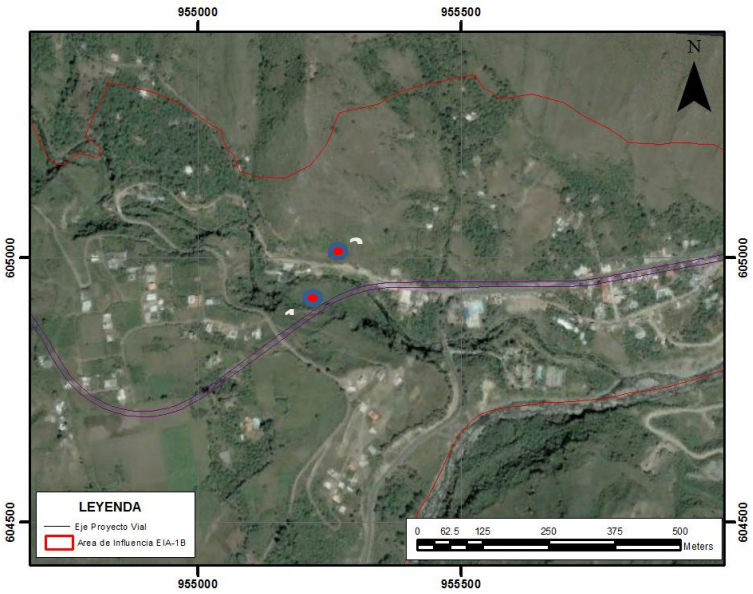
En este sentido, la evaluación de la dinámica fluvial de las corrientes es infructuosa toda vez que no es común la migración lateral de sus cauces al estar encañonados. Los mayores cambios de divagación lateral se presentan en las terrazas bajas de las corrientes principales, como los ríos Sapuyes, Boquerón y Guáitara, en el caso de los dos primeros se proyecta atravesar dichas corrientes mediantes puentes elevados.

El río Sapuyes es un río joven de alta energía tributario del río Guaitara, caracterizado por desarrollarse en zonas de pendientes altas formando un valle aluvial en forma de "V" profundo, con paredes inclinadas y tributarios que se conectan en ángulos rectos. Se encuentra en la parte topográficamente más baja del relieve, donde desarrolla zonas planas y consecuentemente niveles de terrazas aluviales con granulometría extendida; exhibe un patrón recto a sinuoso y su génesis está asociada principalmente a procesos denudacionales aunque involucra otros agradacionales de forma simultánea. Es un río que tiene control estructural debido al paso de la falla del río Sapuyes (falla normal con componente dextral y tendencia NW-SE), control litológico y de pendientes.

En el caso del río Sapuyes se realizó una comparación a través de imágenes satelitales de Google Earth de los años 2005 (periodo Niño débil,

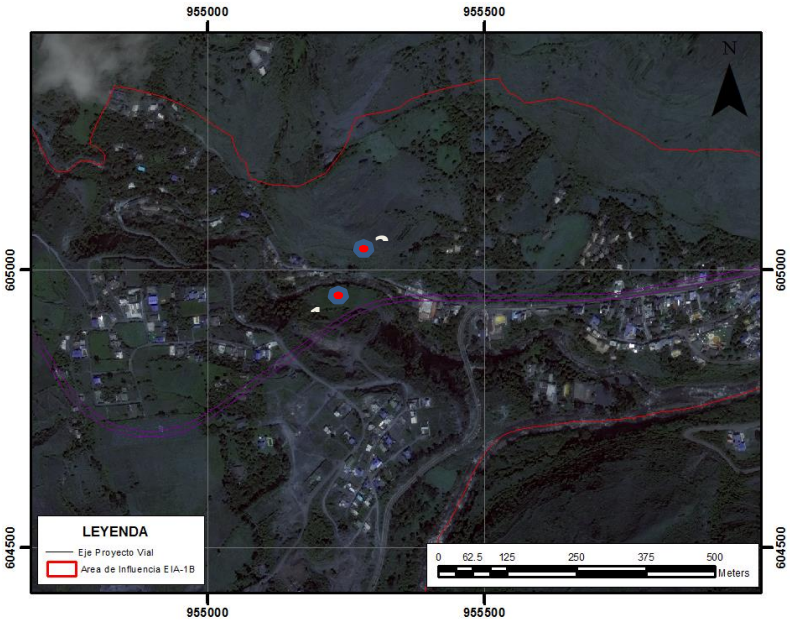
Figura 5.33) y 2015 (periodo Niño fuerte, **Figura 5.34**), este análisis se realizó en el sector de su desembocadura con el río Guáitara, describiendo en particular el cruce con el proyecto vial. En las imágenes se identifican terrazas de acumulación subrecientes especialmente en la margen derecha, las cuales han sido estables por lo menos durante la última década (punto 1); en contraste hacia la margen izquierda se evidencian procesos de socavación lateral incrementados en los últimos años, los cuales podrían llegar afectar la banca de la vía existente (punto 2). En relación al proyecto vial en estudio se concluye que el impacto sobre la dinámica fluvial es despreciable, toda vez que el cruce se realizara mediante un viaducto con estribos cimentados adecuadamente en terrenos estables mediante pilotes tipo caissons y micropilotes.

Figura 5.33 Imagen satelital sobre el río Sapuyes en el sector de su desembocadura – Época 2005



Fuente: Consorcio SH

Figura 5.34 Imagen satelital sobre el río Sapuyes en el sector de su desembocadura – Época 2015



Fuente: Consorcio SH

Actualmente su canal de estiaje alcanza en promedio los 20m de ancho en zonas próximas a su desembocadura sobre el río Guaitara, presentando el desarrollo de terrazas aluviales recientes dentro de un margen de distancia de aproximadamente 35m y antiguas que alcanzan a localizarse a un poco más de 120m desde su canal actual, originadas por procesos netamente agradacionales (**Fotografía 5.111**). Adicionalmente, se encuentran barras laterales y longitudinales sobre el cauce produciendo zonas con aumento local en la velocidad de la corriente producida por la acumulación del material transportado. Los principales procesos denudacionales están relacionados con socavación lateral en zonas con tramos sinuosos que pueden desencadenar procesos de remoción en masa y caída de material y alguna socavación de fondo (aunque muy baja). Su divagación es limitada por la amplitud del actual valle aluvial.

Fotografía 5.111 Río Sapuyes vista hacia aguas abajo. Coordenadas: E: 955327 N: 604923. Línea amarilla describe la morfología del valle aluvial (Forma de "V"). 1. Cauce actual. 2. Terraza aluvial reciente. 3. Terraza aluvial antigua.

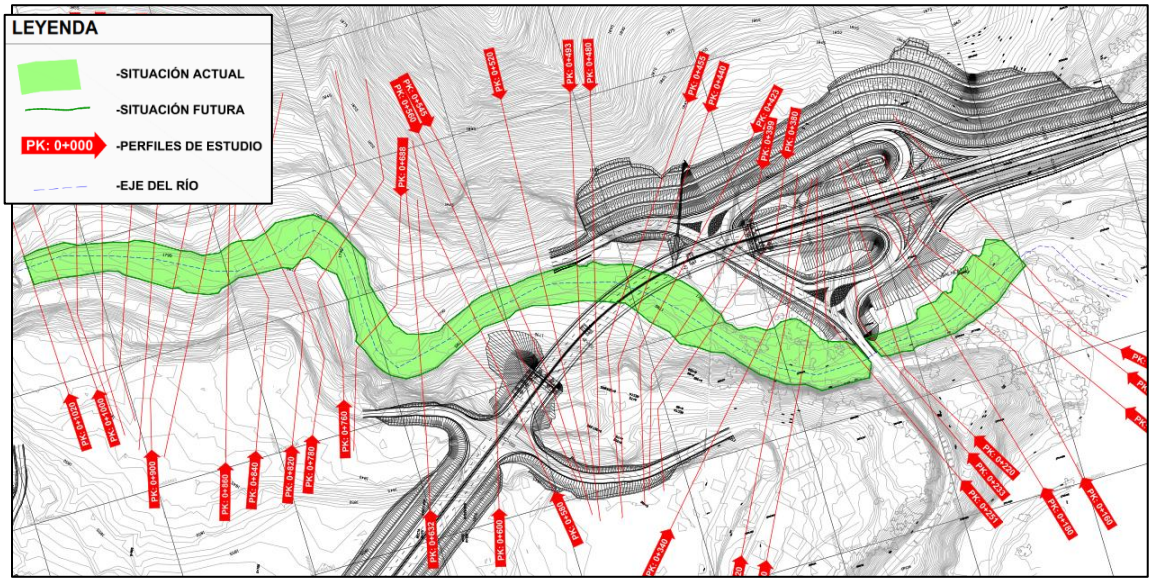
Fuente: DISEÑOS DEFINITIVOS FASE III DEL CONTRATO 015 DE 2015 TRAMO: RUMICHACA-PEDREGAL, CONSORCIO SH 2016

Por otra parte, los estudios de hidrología, hidráulica y socavación ejecutados en la fase de "DISEÑOS DEFINITIVOS FASE III DEL CONTRATO 015 DE 2015 TRAMO: RUMICHACA-PEDREGAL, Consorcio SH - 2016", tuvieron como uno de sus objetivos el cálculo de la lámina de agua y determinación de las zonas inundables: la modelización del río Sapuyes realizada, se trata de una modelización doble, con el objetivo de comparar la situación actual y la situación futura que incluye el trazado y el viaducto proyectado (**Fotografía 5.112**), así como la representación gráfica de las llanuras de inundación. Una vez ejecutado el modelo, se desprende del mismo que lo que refleja la modelización de T=100 años en la zona de influencia del viaducto proyectado, es que la Lámina de agua (WS en planos), en ningún caso afecta a los estribos o tablero del mismo. Las pilas tampoco se ven afectadas. La situación de la modelización actual coincide íntegramente con la modelización futura, por lo que no se produce sobreelevación de la lámina de agua debido a la implantación del viaducto (**Figura 5.35**).

Fotografía 5.112 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el Río Sapuyes (vista hacia aguas abajo)

Fuente: DISEÑOS DEFINITIVOS FASE III DEL CONTRATO 015 DE 2015 TRAMO: RUMICHACA-PEDREGAL, CONSORCIO SH 2016

Figura 5.35 Llanura de inundación T=100 años río Sapuyes, se destaca que la lámina de inundación coincide para la situación actual (sin viaducto) y futura (con viaducto)



Fuente: DISEÑOS DEFINITIVOS FASE III DEL CONTRATO 015 DE 2015 TRAMO: RUMICHACA-PEDREGAL, CONSORCIO SH 2016

5.1.5.3.2 Caracterización morfométrica de la unidad de análisis

La caracterización de las unidades de análisis (UAH, no incluye las unidades con fines de uso) del río Guaitara se realizaron a escala 1:25000 teniendo en cuenta la cartografía nacional fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), dicha cartografía se procesó mediante los softwares QGIS y GRASS GIS. El sistema de referenciación utilizado en los productos del presente capitulo es Magna-Colombia-Oeste (Código EPSG 3115).

Las características de una cuenca y de las corrientes que forman el sistema hidrográfico pueden representarse cuantitativamente mediante índices de forma y relieve de la cuenca y de la conexión con la red fluvial. Muchos de los índices son razones matemáticas, por lo que pueden utilizarse para caracterizar y comparar cuencas de diferentes tamaños.

El ingeniero e hidrólogo estadounidense Robert E. Horton fue el primero que estableció un método cuantitativo para analizar las redes de drenaje. Esta clasificación de las corrientes, desarrollada a comienzos de la década de 1940, establece una estructura jerárquica (Chow, 1994). Horton estableció en 1945 las leyes estadísticas de la composición de las redes de drenaje en las que relacionaba la categoría, número, longitud y área de drenaje de las corrientes. Las leyes de Horton, como se han denominado, fueron modificadas y ampliadas con posterioridad, principalmente por los investigadores estadounidenses A. N. Strahler y R. L. Shreve.

- **Área de la cuenca – Área aferente (A)**

Este parámetro resulta ser uno de los más importantes ya que está directamente relacionado con los procesos hidrológicos que se dan al interíor de ella (Reyes T., Barroso, & Carvajal E., 2010), el mismo autor propone una clasificación en función del área de la unidad hidrográfica.

Tabla 5-48 Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica

ÁREA (KM^2)	UNIDAD HIDROLÓGICA
<5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: (Reyes T. et al., 2010)

Tabla 5-49 Área y perímetro de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

UAH	ÁREA (KM^2)	PERÍMETRO (KM)	UAH	ÁREA (KM^2)	PERÍMETRO (KM)
Quebrada Boqueron	0,76	4,90	Afluentes Directos Río Guaitara 13	0,24	4,35
Quebrada Yamburayan	0,35	3,45	Afluentes Directos Río Guaitara 14	0,21	3,40
Quebrada San Antonio	0,96	6,83	Afluentes Directos Río Guaitara 15	0,15	2,85
Quebrada Honda	521,25	170,68	Afluentes Directos Río Guaitara 16	0,25	3,80
Quebrada El Culantro	9,20	21,05	Afluentes Directos Río Guaitara 17	0,21	3,23
Quebrada Las Cuevas	3,50	12,18	Afluentes Directos Río Guaitara 18	14,63	23,75
Quebrada Seca	0,26	3,03	Afluentes Directos Río Guaitara 19	0,91	6,43

UAH	ÁREA (KM²)	PERÍMETRO (KM)	UAH	ÁREA (KM²)	PERÍMETRO (KM)
Quebrada La Llave - Moledores	0,62	5,25	Afluentes Directos Río Guaitara 20	0,53	6,35
Quebrada La Lechuza	1,74	8,88	Afluentes Directos Río Guaitara 21	0,96	7,05
Quebrada El Tablon	0,75	5,65	Afluentes Directos Río Guaitara 22	1,96	11,25
Quebrada San Francisco	0,62	5,13	Afluentes Directos Río Guaitara 23	2,52	11,13
Afluentes Directos Río Guaitara 30	0,24	4,13	Afluentes Directos Río Guaitara 24	1,83	8,73
Afluentes Directos Río Guaitara 07	0,08	1,88	Afluentes Directos Río Guaitara 25	2,48	13,03
Afluentes Directos Río Guaitara 08	9,06	28,38	Afluentes Directos Río Guaitara 26	1,77	11,08
Afluentes Directos Río Guaitara 09	0,08	2,08	Quebrada Macal 02	0,20	4,33
Afluentes Directos Río Guaitara 10	0,12	2,88	Afluentes Directos Río Guaitara 27	215,79	103,48
Afluentes Directos Río Guaitara 11	0,08	1,83	Afluentes Directos Río Guaitara 28	0,73	4,95
Afluentes Directos Río Guaitara 12	0,30	3,15	Afluentes Directos Río Guaitara 29	0,99	6,63
Quebrada Humeadora 02	0,42	5,45	Río Sapuyes	0,55	5,60
NN005A	0,16	1,89	NN003	0,35	2,83
AFD MI Guaitara 35	0,17	2,09	AFD MI Guaitara 36	0,13	1,48
NN005	0,18	2,51			

Fuente: Consorcio SH

Adicionalmente se determinó para las áreas de interés, el perímetro, ya que en conjunto con el área permiten inferir sobre la forma de la cuenca. En la **Tabla 5-49** se presentan los resultados obtenidos para cada componente de la unidad de análisis. Bajo el criterio de clasificación por áreas de Reyes la mayor parte de estas se clasifican como unidades.

- **Longitud del cauce principal (Lt)**

Es la distancia del recorrido que hace el cauce principal desde su nacimiento hasta su desembocadura medida en kilómetros. Usualmente L_t presenta un grado de sinuosidad, el cual se representa a través del coeficiente de sinuosidad K_s que constituye la relación entre la distancia total configurada por el recorrido de la corriente L_t, sobre la distancia lineal desde el nacimiento hasta la desembocadura L_l (Domínguez, 2010):

$$K_s = \frac{L_t}{L_l}$$

En la **Tabla 5-50** se resume los resultados obtenidos para cada índice comentado anteriormente e incluyendo la estimación del índice de sinuosidad

Tabla 5-50 Longitud del cauce principal y coeficiente de sinuosidad de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

CORRIENTE	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KM)	COEFICIENTE SINUOSIDAD (AD)	CORRIENTE	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KM)	COEFICIENTE SINUOSIDAD (AD)
Quebrada Boqueron	1,72	1,18	Afluentes Directos Río Guaitara 13	1,54	1,20
Quebrada Yamburayan	1,51	1,38	Afluentes Directos Río Guaitara 14	1,12	1,25
Quebrada San Antonio	2,70	1,49	Afluentes Directos Río Guaitara 15	1,21	1,23
Quebrada Honda	69,97	1,88	Afluentes Directos Río Guaitara 16	1,48	1,20
Quebrada El Culantro	7,90	1,28	Afluentes Directos Río Guaitara 17	0,62	1,08
Quebrada Las Cuevas	4,33	1,26	Afluentes Directos Río Guaitara 18	8,76	1,39

CORRIENTE	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KM)	COEFICIENTE SINUOSIDAD (AD)	CORRIENTE	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KM)	COEFICIENTE SINUOSIDAD (AD)
Quebrada Seca	1,14	1,14	Afluentes Directos Río Guaitara 19	2,38	1,26
Quebrada La Llave - Moledores	1,76	1,39	Afluentes Directos Río Guaitara 20	2,51	1,21
Quebrada La Lechuza	2,89	1,16	Afluentes Directos Río Guaitara 21	2,50	1,17
Quebrada El Tablon	1,79	1,24	Afluentes Directos Río Guaitara 22	4,25	1,28
Quebrada San Francisco	1,55	1,15	Afluentes Directos Río Guaitara 23	4,49	1,37
Afluentes Directos Río Guaitara 30	1,34	1,13	Afluentes Directos Río Guaitara 24	3,49	1,30
Afluentes Directos Río Guaitara 07	0,46	1,33	Afluentes Directos Río Guaitara 25	5,24	1,38
Afluentes Directos Río Guaitara 08	11,37	1,57	Afluentes Directos Río Guaitara 26	4,27	1,22
Afluentes Directos Río Guaitara 09	0,48	1,09	Quebrada Macal 02	1,70	1,15
Afluentes Directos Río Guaitara 10	1,15	1,19	Afluentes Directos Río Guaitara 27	40,46	2,15
Afluentes Directos Río Guaitara 11	0,73	1,18	Afluentes Directos Río Guaitara 28	0,05	1,00
Afluentes Directos Río Guaitara 12	1,29	1,27	Afluentes Directos Río Guaitara 29	2,55	1,38
Quebrada Humeadora 02	1,84	1,14	Río Sapuyes	1,98	1,14
NN005A	0,71	1,07	NN003	0,48	1,29
AFD MI Guaitara 35	0,53	1,08	AFD MI Guaitara 36	0,44	1,48
NN005	0,96	1,09			

Fuente: Consorcio SH

Valores de K_s cercanos a la unidad caracterizan cauces con alineamiento recto, mientras valores por encima de dos describen cauces con meandros y curvas. En este sentido la mayor parte de las UAH presentan alineamiento recto, característica concordante debido a la reducida extensión de las mismas, presentando un bajo desarrollo en el recorrido de los drenajes.

- **Ancho medio de la cuenca (B)**

Se determina cómo el cociente entre el área de la cuenca y la longitud lineal de la corriente principal:

$$B = \frac{A}{L_l}$$

Los resultados de los anchos medios para cada componente de la unidad de estudio se presentan en el **Tabla 5-52.**

- **Elongación de la cuenca o coeficiente de forma (σ)**

Se calcula como el cociente entre la longitud lineal de la corriente principal L_l y el ancho medio de la cuenca B:

$$\sigma = \frac{L_l}{B} = \frac{{L_l}^2}{A}$$

Los resultados se presentan en la **Tabla 5-52.**

- **Coeficiente de compacidad (Kc)**

Es la relación entre la longitud del perímetro de la cuenca P_{cuenca} y el perímetro de un círculo con área equivalente a la de la cuenca $P_{circulo}$:

$$k_c = \frac{P_{cuenca}}{P_{circulo}} = \frac{P_{cuenca}}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28\frac{P_{cuenca}}{\sqrt{A}}$$

Los resultados de las unidades de análisis se presentan en la **Tabla 5-52.**

Tabla 5-51 Clasificación de cuenca de la FAO en función del índice de compacidad

TIPO	RANGO	DESCRIPCIÓN
KC_1	1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
KC_2	1.26 – 1.50	Oval redonda a oval oblonga
KC_3	1.51 – 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
KC_4	> 1.75	Rectangular oblonga

Fuente: (FAO, 1985)

Tabla 5-52 Ancho medio de las UAH y coeficiente de compacidad de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

UAH	ANCHO MEDIO DE LAS UAH (KM)	COEFICIENTE DE COMPACIDAD (AD)	TIPO	UAH	ANCHO MEDIO DE LA (KM)	COEFICIENTE DE COMPACIDAD (AD)	TIPO
Quebrada Boqueron	0,52	1,57	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 13	0,19	2,47	KC4
Quebrada Yamburayan	0,32	1,64	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 14	0,23	2,09	KC4
Quebrada San Antonio	0,53	1,95	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 15	0,16	2,04	KC4
Quebrada Honda	14,01	2,09	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 16	0,20	2,13	KC4
Quebrada El Culantro	1,49	1,94	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 17	0,37	1,95	KC4
Quebrada Las Cuevas	1,02	1,82	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 18	2,32	1,74	KC4
Quebrada Seca	0,26	1,66	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 19	0,48	1,88	KC3
Quebrada La Llave - Moledores	0,49	1,86	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 20	0,26	2,44	KC4
Quebrada La Lechuza	0,70	1,88	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 21	0,45	2,02	KC4
Quebrada El Tablon	0,52	1,82	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 22	0,59	2,25	KC4
Quebrada San Francisco	0,46	1,82	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 23	0,77	1,96	KC4
Afluentes Directos Río Guaitara 30	0,20	2,35	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 24	0,68	1,80	KC4
Afluentes Directos Río Guaitara 07	0,24	1,81	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 25	0,65	2,32	KC4
Afluentes Directos Río Guaitara 08	1,25	2,64	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 26	0,50	2,33	KC3
Afluentes Directos Río Guaitara 09	0,18	2,09	KC3	Quebrada Macal 02	0,13	2,73	KC4

UAH	ANCHO MEDIO DE LAS UAH (KM)	COEFICIENTE DE COMPACIDAD (AD)	TIPO	UAH	ANCHO MEDIO DE LA (KM)	COEFICIENTE DE COMPACIDAD (AD)	TIPO
Afluentes Directos Río Guaitara 10	0,13	2,29	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 27	11,45	1,97	KC4
Afluentes Directos Río Guaitara 11	0,12	1,85	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 28	13,73	1,62	KC3
Afluentes Directos Río Guaitara 12	0,29	1,62	KC4	Afluentes Directos Río Guaitara 29	0,53	1,86	KC3
Quebrada Humeadora 02	0,26	2,35	KC3	Río Sapuyes	0,32	2,11	KC4
NN005A	0,22	1,34	KC2	NN003	0,73	1,34	KC2
AFD MI Guaitara 35	0,32	1,40	KC2	AFD MI Guaitara 36	0,29	1,16	KC1
NN005	0,19	1,63	KC3				

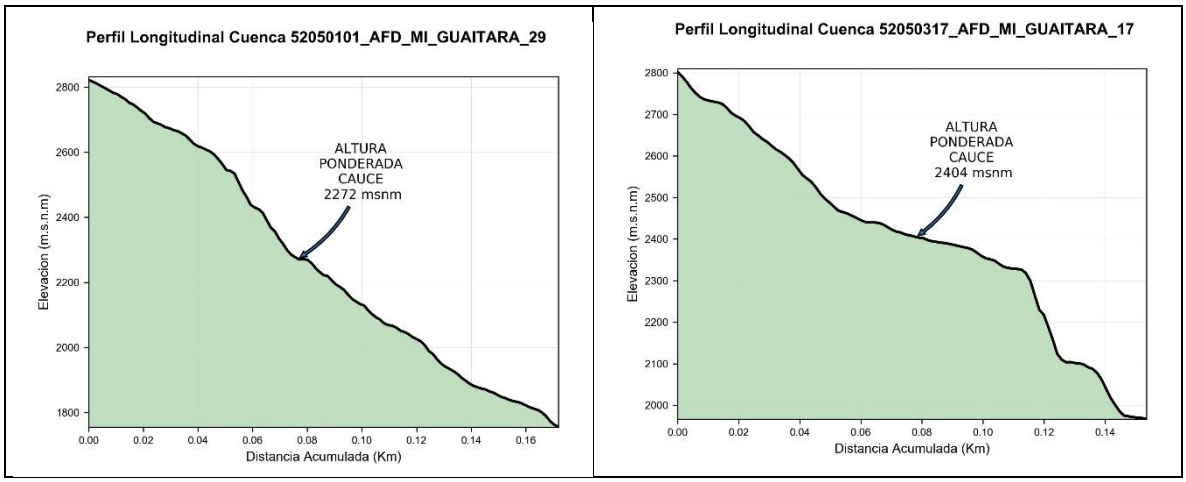
Fuente: Consorcio SH

Más del 80% de las UAH pertenecientes a el área de estudio AI-EIA-1B presentan una forma rectangular oblonga.

- **Perfil longitudinal del cauce principal**

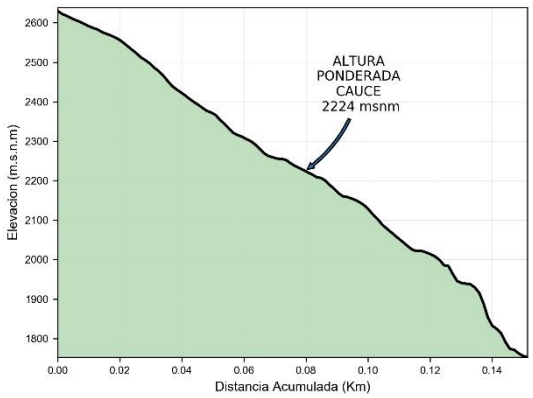
Este perfil muestra la evolución de las cotas de altitud del cauce principal. El corte longitudinal, se puede construir con base en batimetrías realizadas en campo o en su defecto con base en los modelos de elevación digital mundiales. El levantamiento de campo del perfil longitudinal puede realizarse para toda la corriente o en su defecto para tramos característicos. Los tramos característicos se pueden delimitar de acuerdo con los sitios de cambios fuertes en las profundidades del río, puntos de socavación o acumulación, lugares con cambio en el ancho superior del cauce, etc. Para construir el perfil longitudinal, con una línea recta horizontal, según la escala seleccionada, se expresa la longitud de la corriente. En el eje vertical se representan las cotas del fondo del río o del nivel del agua para cada punto de la corriente donde se tenga información (Domínguez, 2010).En las siguientes figuras se muestra el perfil longitudinal para componente de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B, extraído a partir del modelo digital de terreno ASTER - GDEM y el cauce principal.

Figura 5.36 Perfil longitudinal para componente de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B



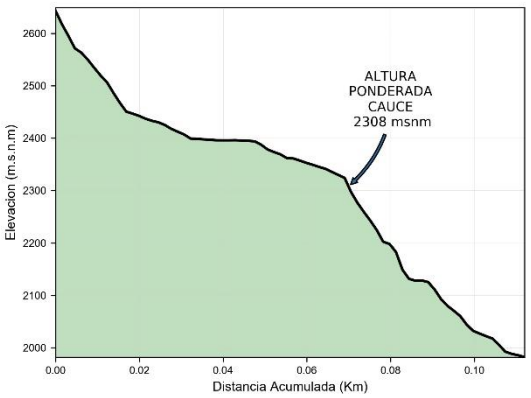
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 29

Perfil Longitudinal Cuenca 52050102_AFD_MI_GUAITARA_28



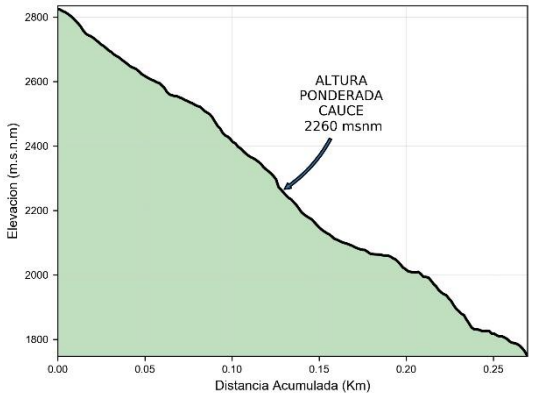
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 17

Perfil Longitudinal Cuenca 52050318_AFD_MI_GUAITARA_16



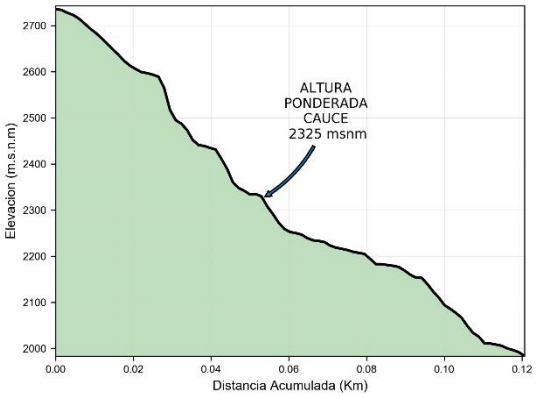
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 28

Perfil Longitudinal Cuenca 52050103_AFD_MI_GUAITARA_27



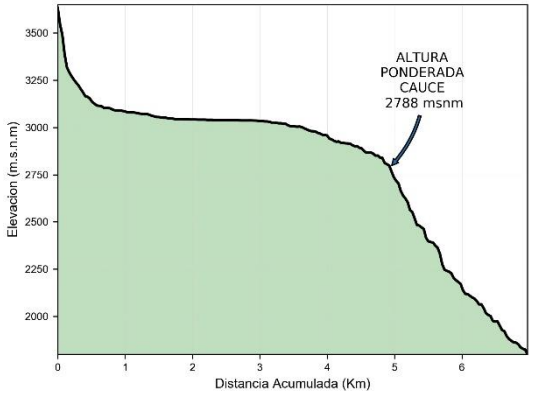
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 16

Perfil Longitudinal Cuenca 52050319_AFD_MI_GUAITARA_15



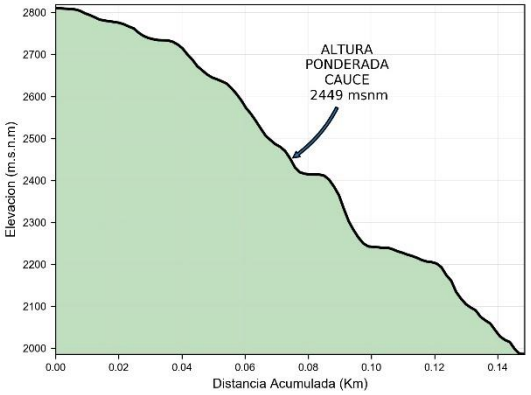
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 27

Perfil Longitudinal Cuenca 52050201_SAPUYES

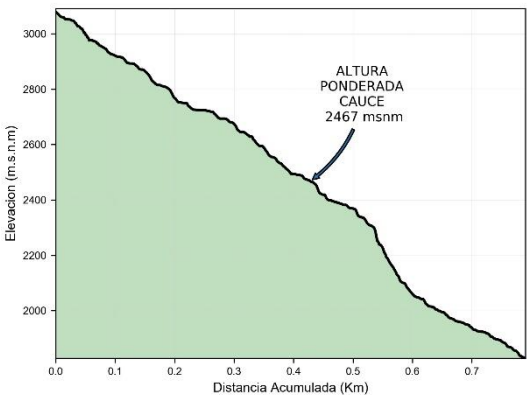


UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 15

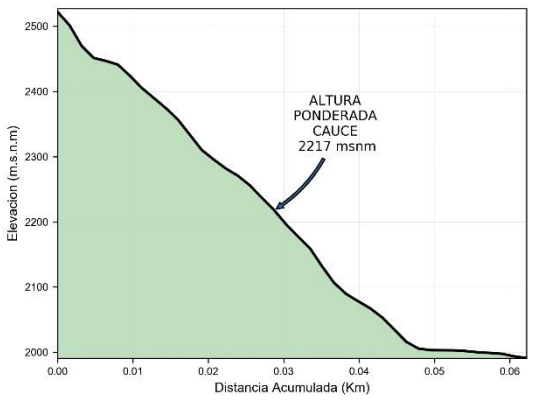
Perfil Longitudinal Cuenca 52050320_AFD_MI_GUAITARA_14



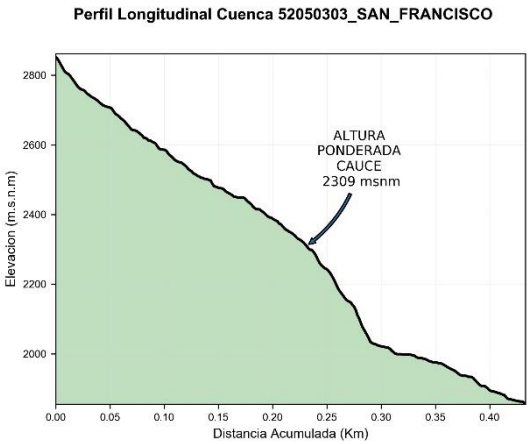
UAH - Quebrada Río Sapuyes | **UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 14**



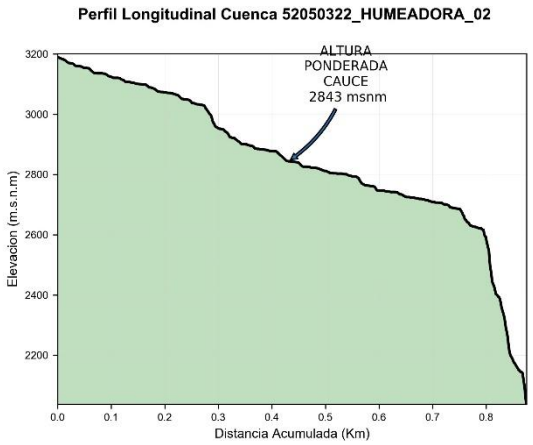
UAH - Quebrada Macal 02



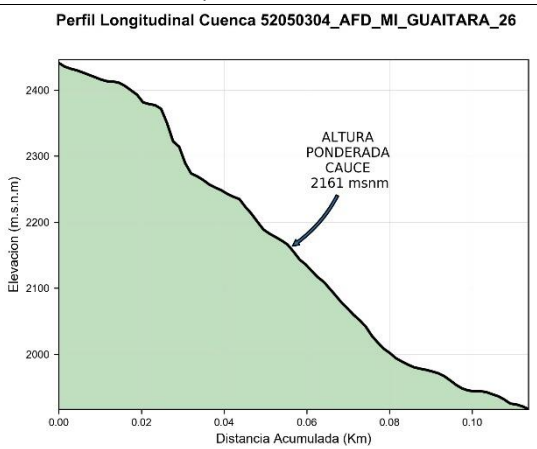
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 13



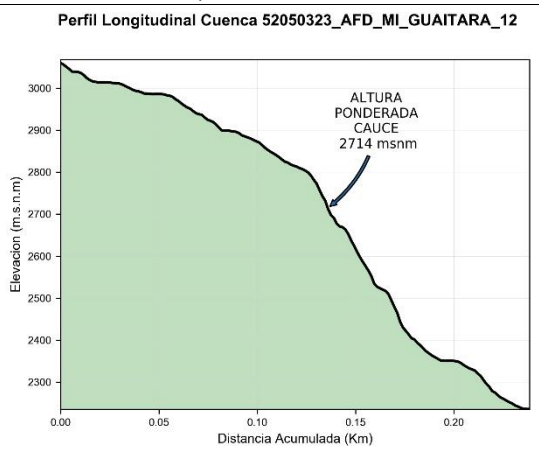
UAH - Quebrada San Francisco



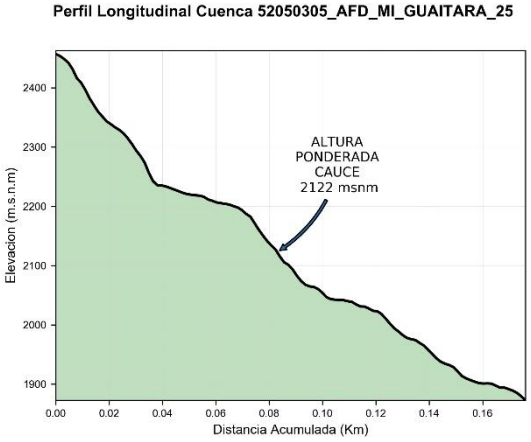
UAH - Quebrada Humeadora 02



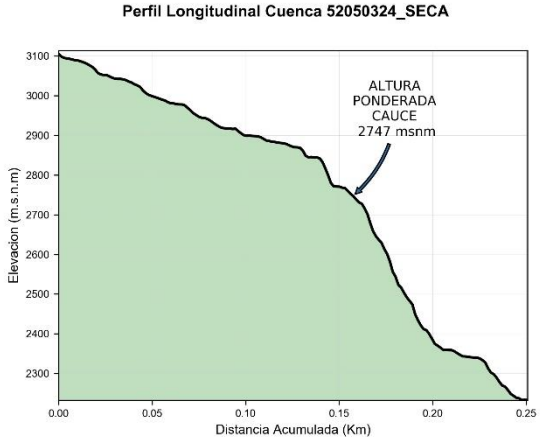
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 26



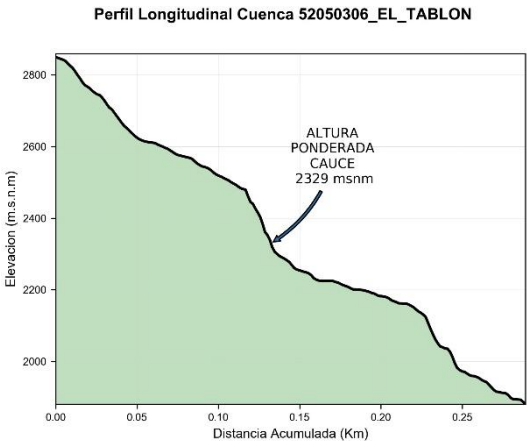
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 12



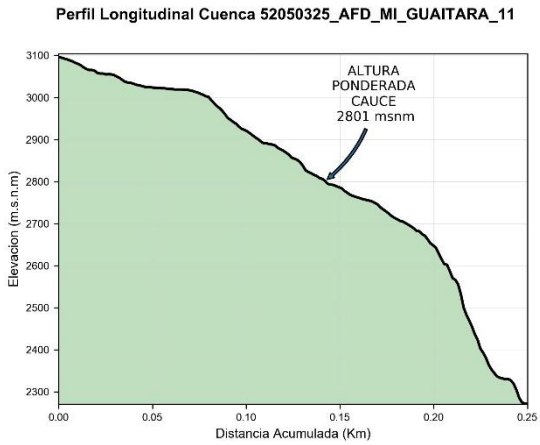
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 25



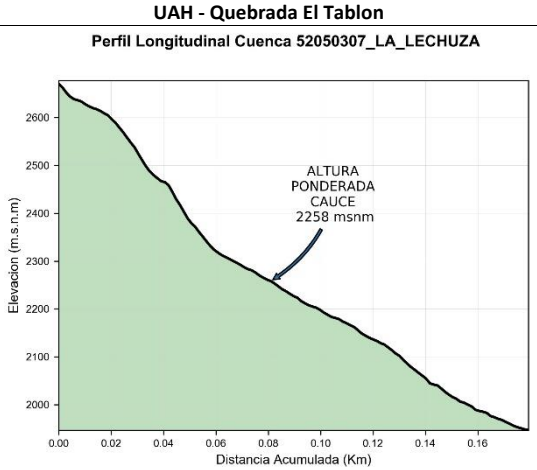
UAH - Quebrada Seca



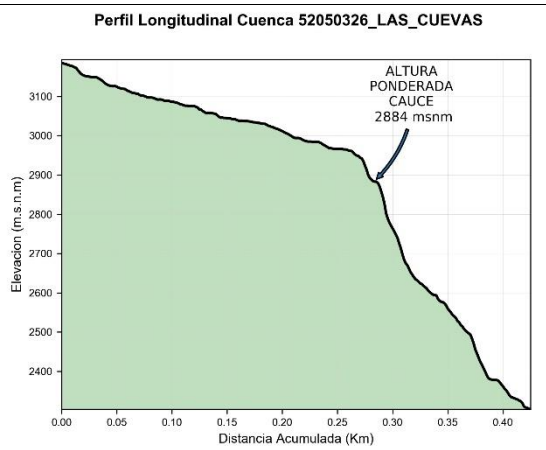
UAH - Quebrada El Tablon



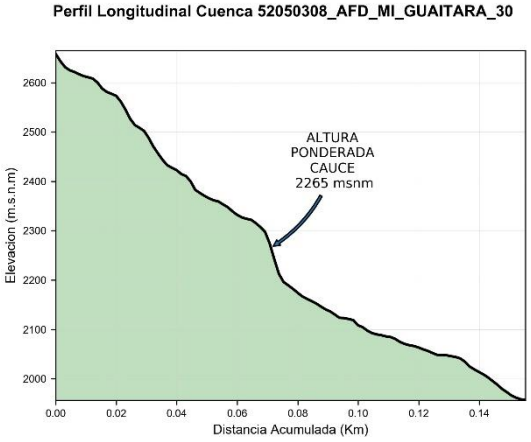
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 11



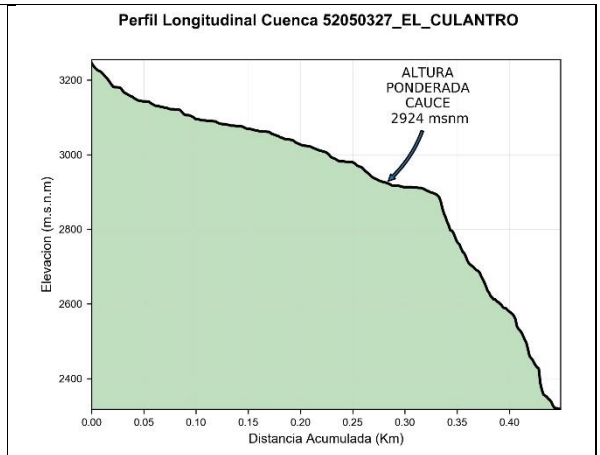
UAH - Quebrada La Lechuza



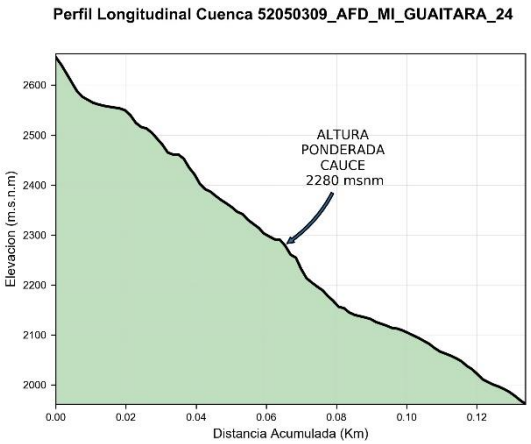
UAH - Quebrada Las Cuevas



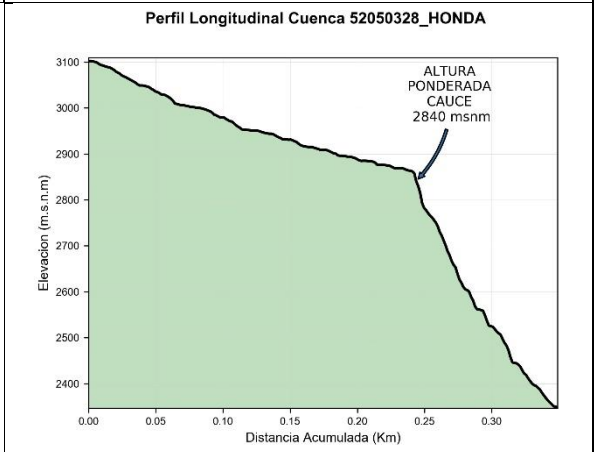
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 30



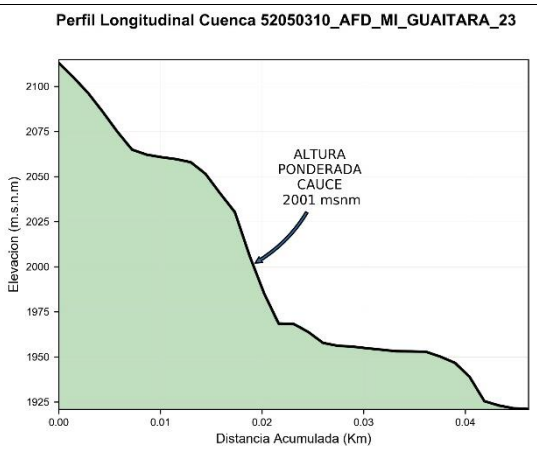
UAH - Quebrada El Culantro



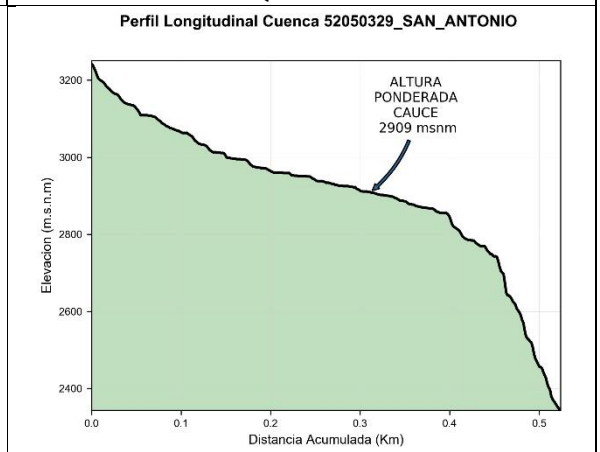
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 24



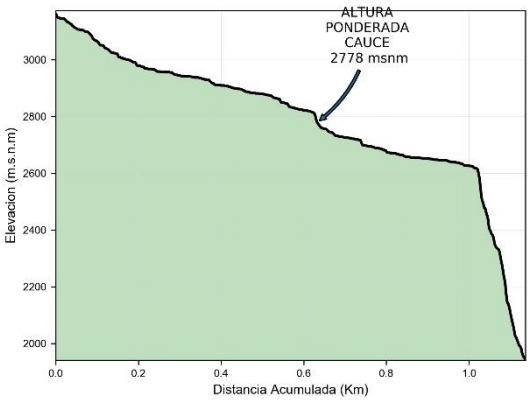
UAH - Quebrada Honda



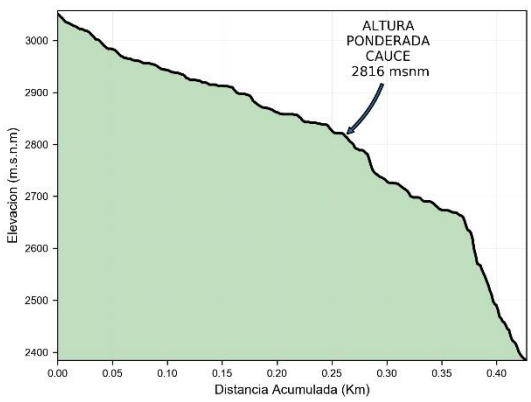
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 23



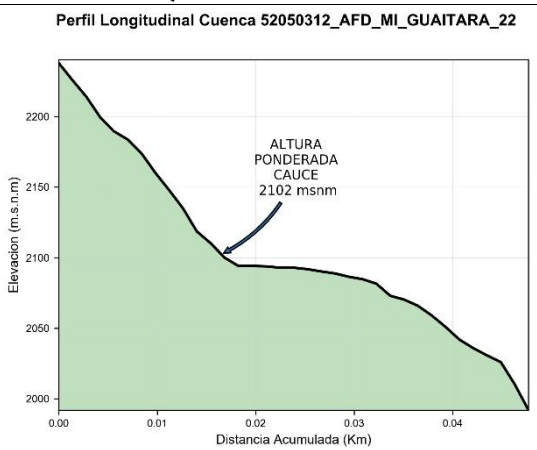
UAH - Quebrada San Antonio



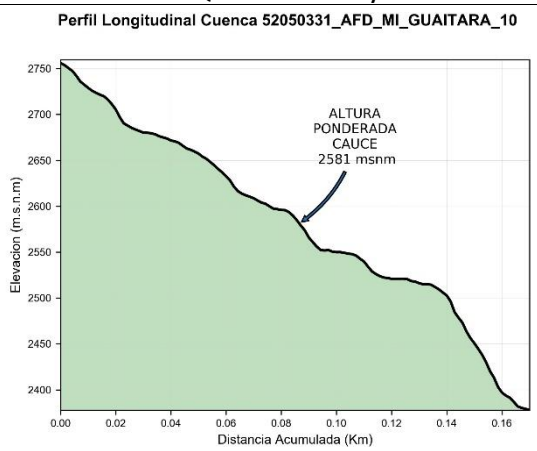
UAH - Quebrada La Llave - Moledores



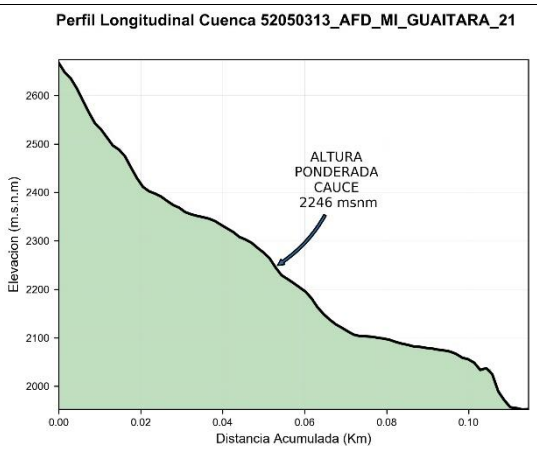
UAH - Quebrada Yamburayan



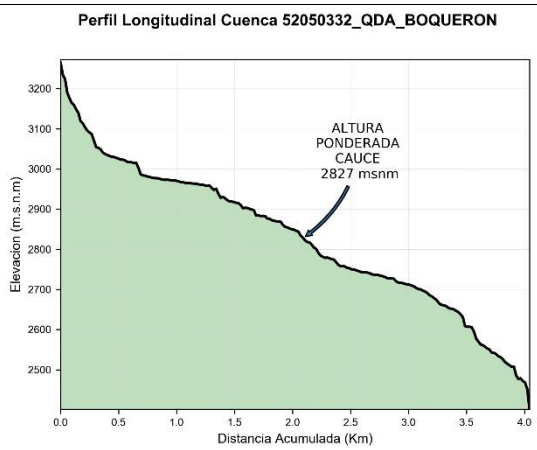
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 22



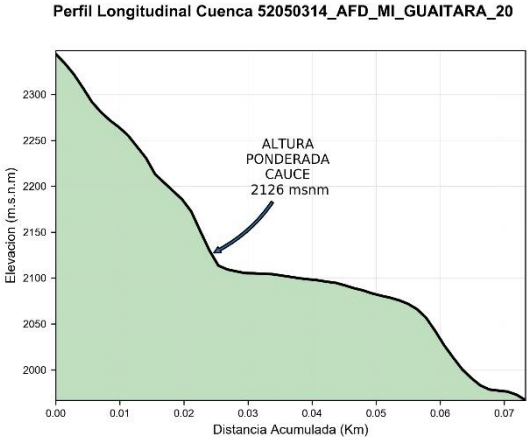
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 10



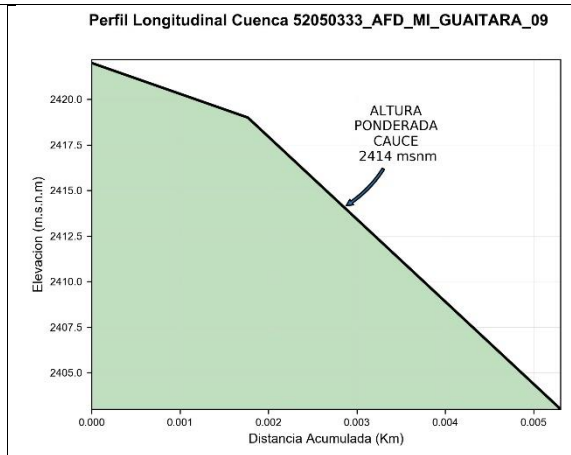
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 21



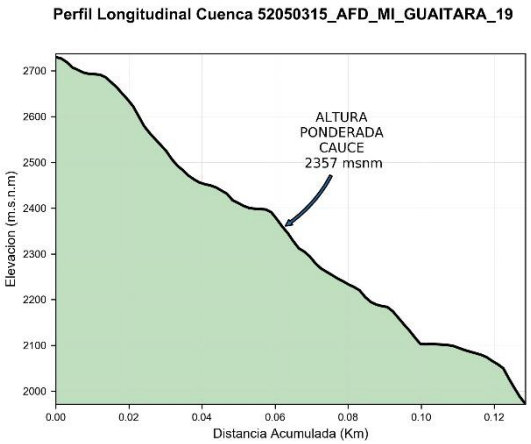
UAH - Quebrada Boqueron



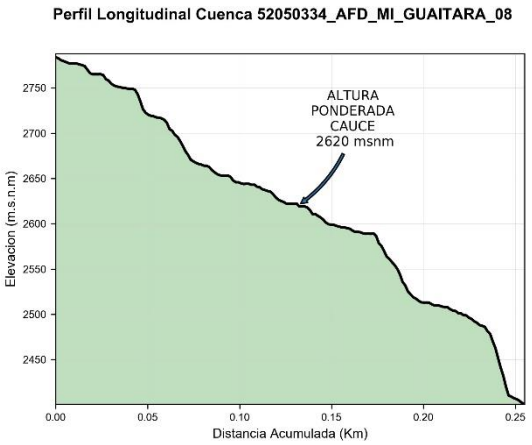
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 20



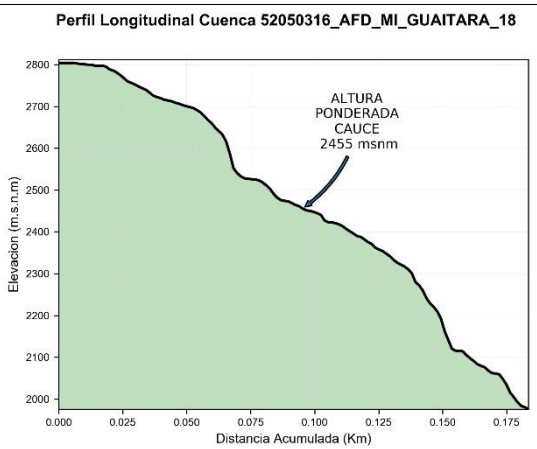
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 09



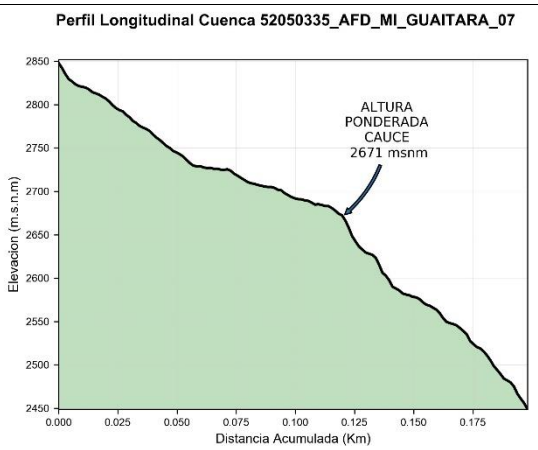
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 19



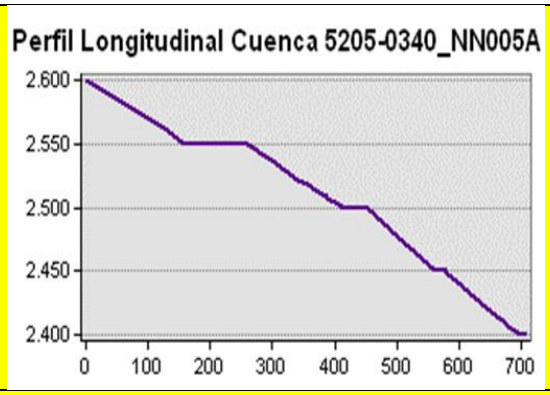
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 08



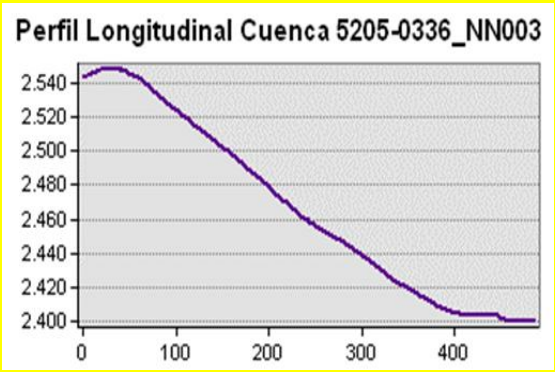
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 18



UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 07

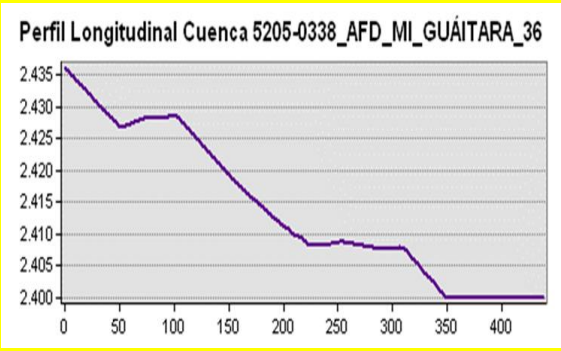


UAH NN005A

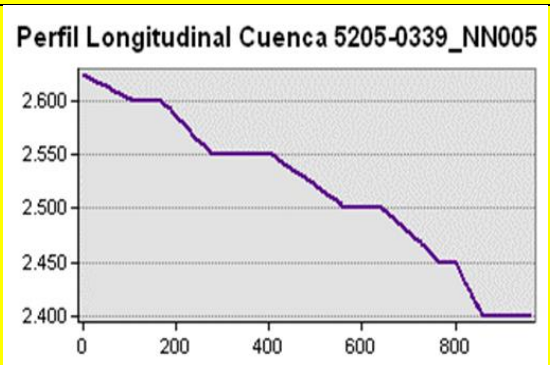


UHA NN003

UAH GUAITARA 35



UAH GUAITARA 36



UAH NNOO5

- **Altura del cauce principal (Hcauce)**

Se calcula como la altura promedio de los tramos característicos utilizados en la construcción del perfil longitudinal del cauce principal. Para las corrientes con muchos cambios de altura en el recorrido del cauce principal se calcula la pendiente promedio ponderada con base en las frecuencias relativas producto de la agrupación en clases (usualmente entre 8 a 12 clases) de los valores de altura tomados en los tramos característicos (Domínguez, 2010):

$$H_{cauce} = H_1 f_1 + H_2 f_2 + \cdots + H_n f_n$$

Aquí: $H_i$es la cota de altura en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

En la **Tabla 5-53** se muestran los valores para la estimación de la altura ponderada de los componentes de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

- **Pendiente del cauce principal (Icauce)**

Por pendiente se entiende el cociente entre los incrementos de alturas/cotas y los incrementos de longitud de la corriente para un tramo determinado. Se distingue la pendiente promedio y la pendiente promedio ponderada. La pendiente promedio I_{cauce}es el cociente entre la caída de alturas/cotas ΔH sobre la longitud del tramo ΔL en la que esta caída ocurre (Domínguez, 2010):

$$I_{cauce} = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

Para las corrientes con muchos cambios de pendiente se calcula la pendiente promedio ponderada. Ésta utiliza las frecuencias relativas producto de la agrupación en clases (usualmente entre 8 a 12 clases) para ponderar los valores de pendiente calculados (Domínguez, 2010):

$$I_{cauce} = I_1 f_1 + I_2 f_2 + \cdots + I_n f_n$$

Aquí: $I_i$es la pendiente en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

La pendiente del cauce es uno de los factores importantes que inciden en la capacidad que tiene el flujo para transportar sedimentos, por cuanto está relacionada directamente con la velocidad del agua. En los tramos de pendiente fuerte los cauces tienen pendientes superiores al 5 %, y las velocidades de flujo resultan tan altas que pueden mover como carga de fondo sedimentos de diámetros mayores de 5 centímetros, además de los sólidos que ruedan por desequilibrio gracias al efecto de lubricación producido por el agua (Reyes T. et al., 2010).

Tabla 5-53 Altura y pendiente ponderada del cauce principal de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

UAH	Altura Ponderada de la UAH (msnm)	Pendiente Ponderada Cauce Principal (%)	UAH	Altura Ponderada de la UAH (msnm)	Pendiente Ponderada Cauce Principal (%)
Quebrada Boqueron	2827,67	23,78	Afluentes Directos Río Guaitara 13	2217,78	895,30
Quebrada Yamburayan	2816,63	172,40	Afluentes Directos Río Guaitara 14	2449,89	568,78
Quebrada San Antonio	2909,26	194,63	Afluentes Directos Río Guaitara 15	2325,65	653,33
Quebrada Honda	2840,90	230,28	Afluentes Directos Río Guaitara 16	2308,03	632,79
Quebrada El Culantro	2924,80	232,05	Afluentes Directos Río Guaitara 17	2404,85	572,22
Quebrada Las Cuevas	2884,24	231,16	Afluentes Directos Río Guaitara 18	2455,82	466,51
Quebrada Seca	2747,29	373,69	Afluentes Directos Río Guaitara 19	2357,61	618,47
Quebrada La Llave - Moledores	2778,73	148,77	Afluentes Directos Río Guaitara 20	2126,16	543,59
Quebrada La Lechuza	2258,13	413,76	Afluentes Directos Río Guaitara 21	2246,36	674,10
Quebrada El Tablon	2329,70	359,43	Afluentes Directos Río Guaitara 22	2102,41	536,47

UAH	Altura Ponderada de la UAH (msnm)	Pendiente Ponderada Cauce Principal (%)	UAH	Altura Ponderada de la UAH (msnm)	Pendiente Ponderada Cauce Principal (%)
Quebrada San Francisco	2309,63	223,06	Afluentes Directos Río Guaitara 23	2001,24	435,42
Afluentes Directos Río Guaitara 30	2265,69	446,06	Afluentes Directos Río Guaitara 24	2280,08	535,91
Afluentes Directos Río Guaitara 07	2671,06	201,37	Afluentes Directos Río Guaitara 25	2122,85	343,48
Afluentes Directos Río Guaitara 08	2620,29	169,66	Afluentes Directos Río Guaitara 26	2161,59	474,27
Afluentes Directos Río Guaitara 09	2414,08	354,34	Quebrada Macal 02	2467,65	167,87
Afluentes Directos Río Guaitara 10	2581,18	228,85	Afluentes Directos Río Guaitara 27	2260,93	412,65
Afluentes Directos Río Guaitara 11	2801,18	342,43	Afluentes Directos Río Guaitara 28	2224,66	592,77
Afluentes Directos Río Guaitara 12	2714,57	359,70	Afluentes Directos Río Guaitara 29	2272,68	642,41
Quebrada Humeadora 02	2843,92	184,07	Río Sapuyes	2788,25	31,91
NN005A	2489,0	31,64	NN003	2505	34,6
AFD MI GUAITARA35	2451	19,70	AFD MI GUAITARA 36	2424,50	13,9
NN005	2515	24,5			

Fuente: Consorcio SH

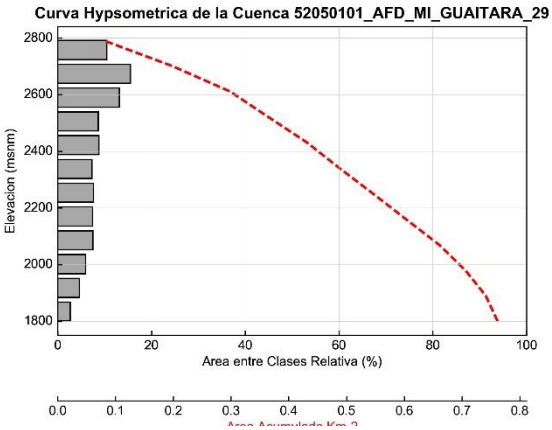
- **Curva hipsométrica**

Esta curva da una interpretación clara de la distribución de las áreas de la cuenca contenidas en distintas zonas altitudinales. También son un indicativo a los patrones evolutivos de las cuencas (Strahler, 1952), así, cuencas con mayor parte del área con elevación por encima de los valores medios de la cuenca, son consideradas cuencas con gran potencial erosivo (cuencas inmaduras), de lo contrario son consideradas cuencas maduras o sedimentarias (Strahler, 1952). Para cuencas donde esta relación se encuentre en equilibrio (área relativa cuenca – elevación ponderada) se consideran como cuencas en equilibrio.

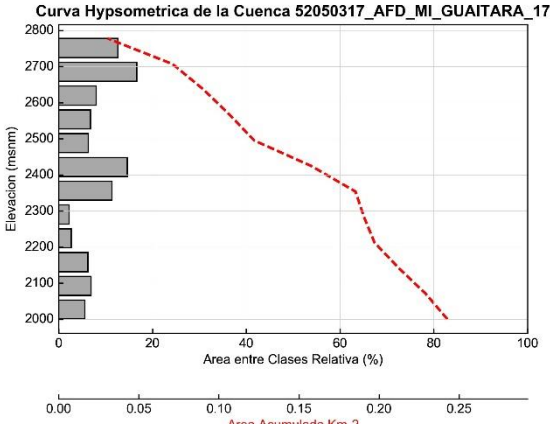
Para construirla se determinan de 8 a 12 zonas altitudinales y de acuerdo con la información del modelo digital de terreno, se calcula el porcentaje de área contenido en cada una de ellas. En el eje horizontal se gráfica el porcentaje de área de la cuenca cubierto por cada zona altitudinal y en el vertical los intervalos de clase de cada zona altitudinal (Domínguez, 2010).

En la **Figura 5.37** se presenta la curva hipsométrica para cada componente de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B, en ellas se observa que la mayor parte de la distribución de las alturas (clases) con una mayor parte del área de la cuenca distribuida hacia valores por encima de la cota promedio, concentrándose en la zona de montaña. Por lo que se considera entonces como cuencas de gran potencial erosivo (inmaduras).

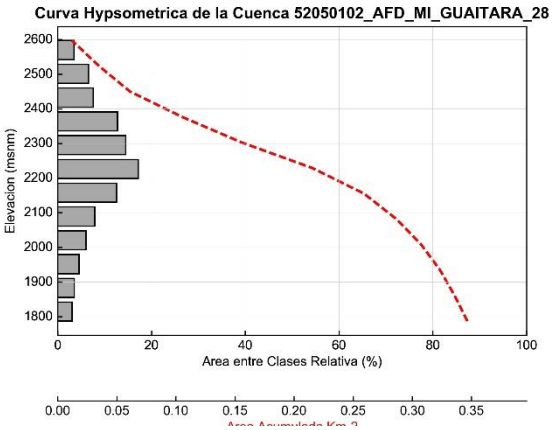
Figura 5.37 Curva hipsométrica de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.



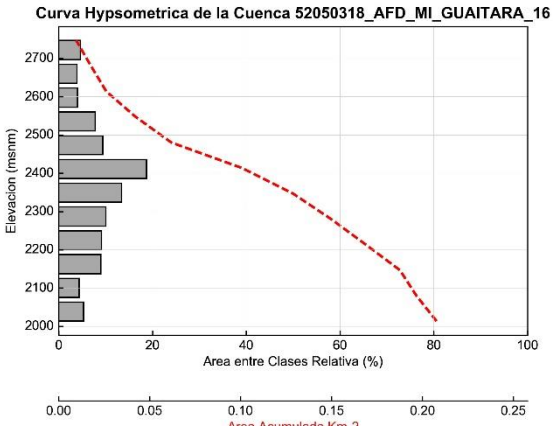
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 29



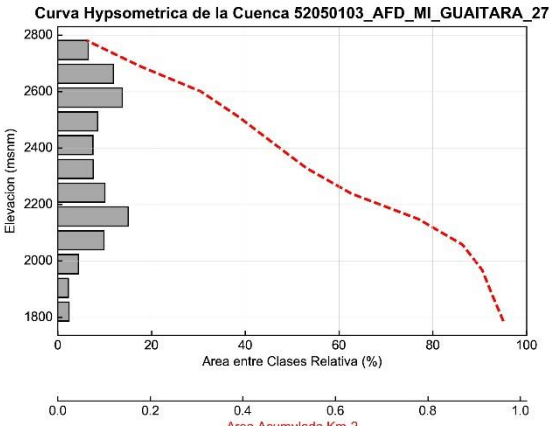
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 17

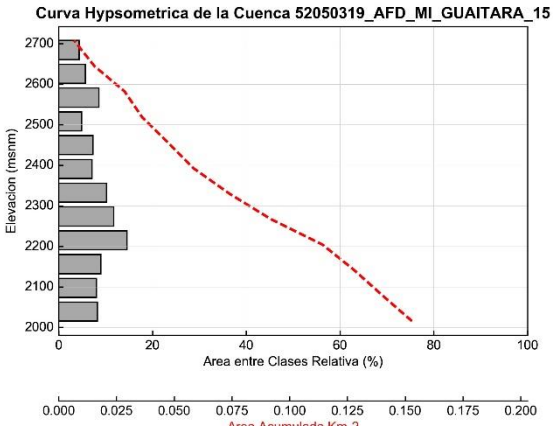


UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 28

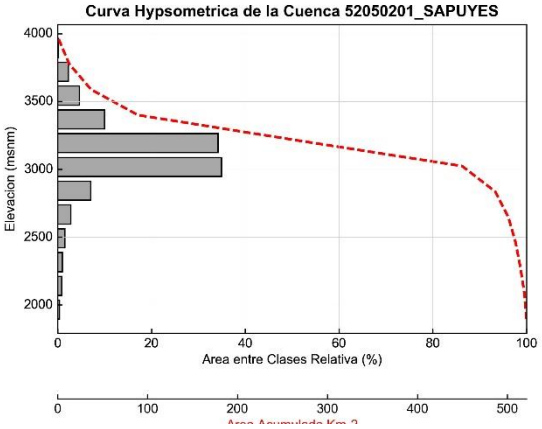


UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 16



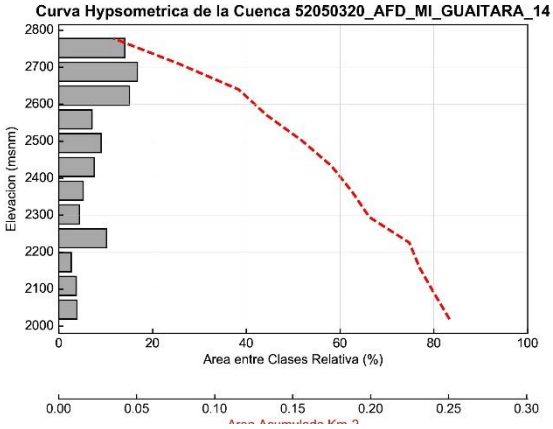


UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 27

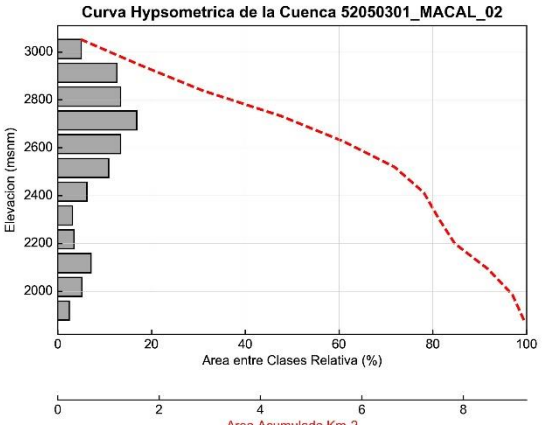


UAH - Quebrada Río Sapuyes

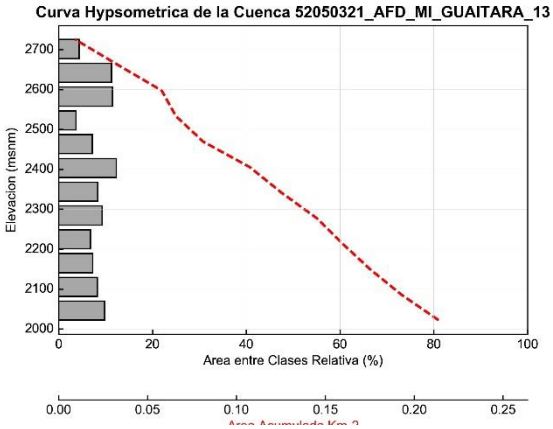
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 15



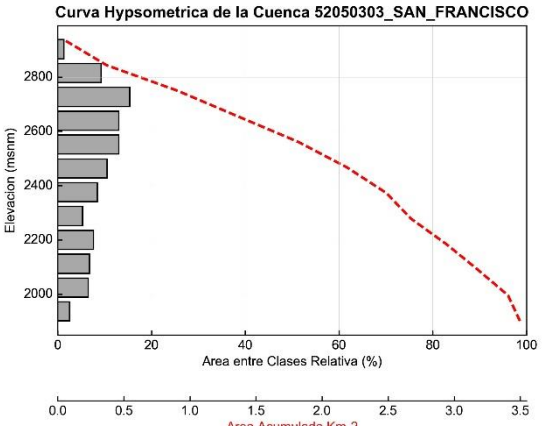
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 14



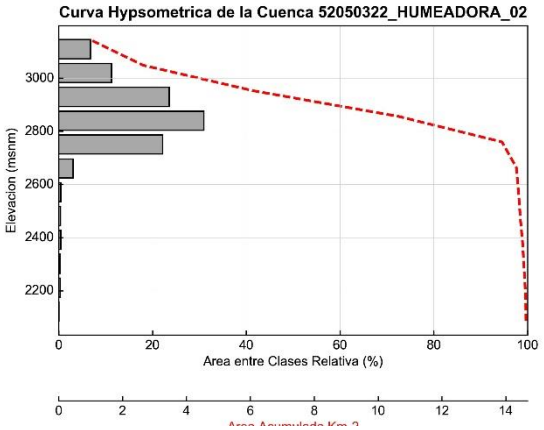
UAH - Quebrada Macal 02



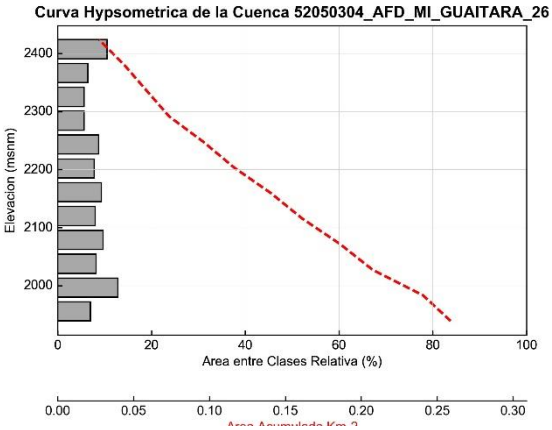
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 13



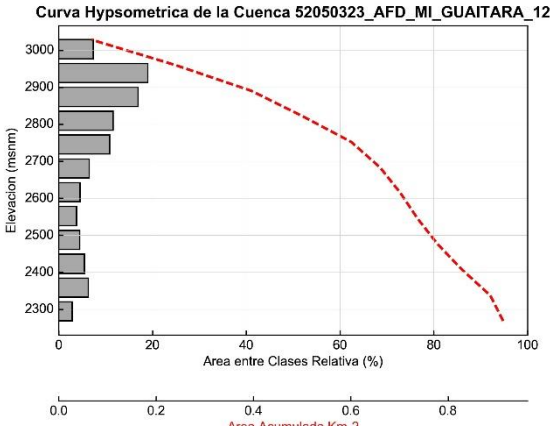
UAH - Quebrada San Francisco



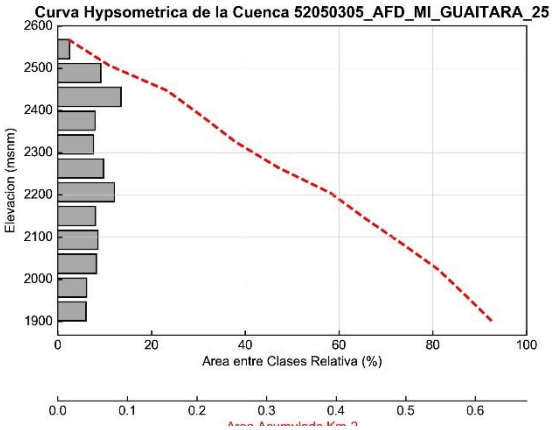
UAH - Quebrada Humeadora 02



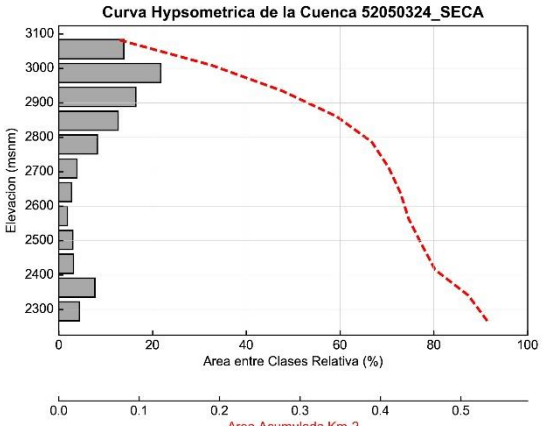
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 26



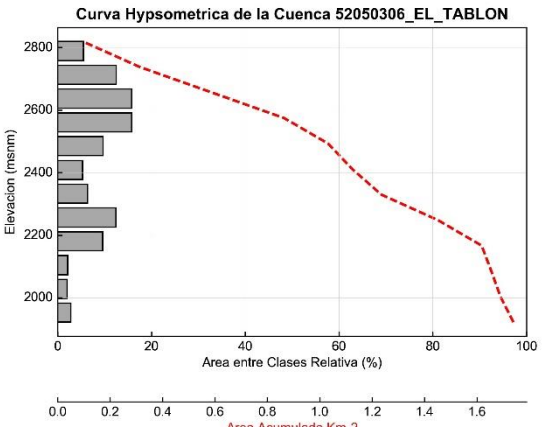
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 12



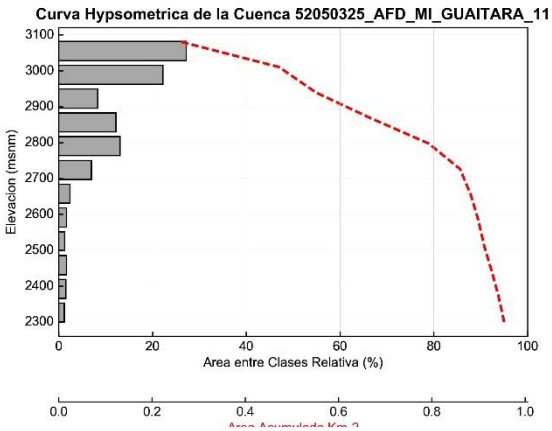
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 25



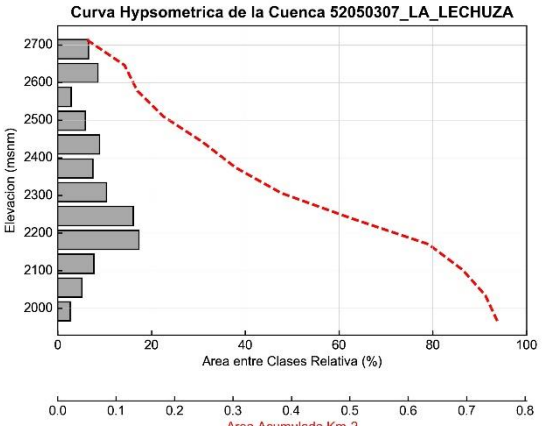
UAH - Quebrada Seca



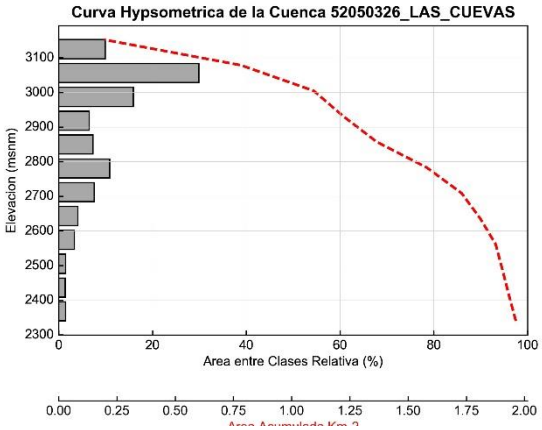
UAH - Quebrada El Tablon



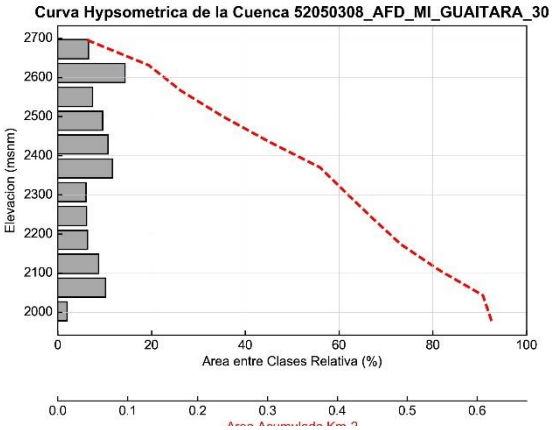
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 11



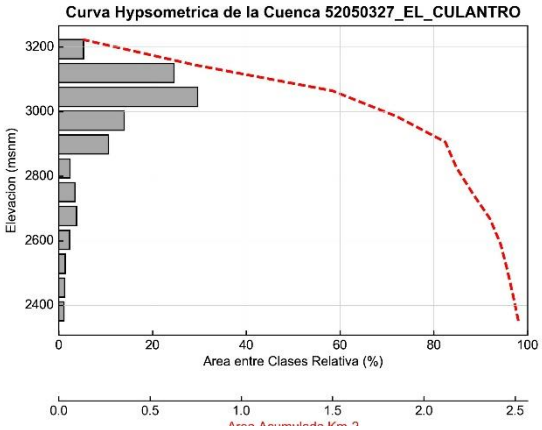
UAH - Quebrada La Lechuza



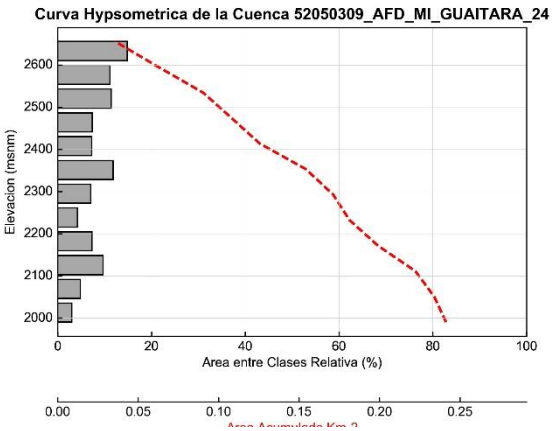
UAH - Quebrada Las Cuevas



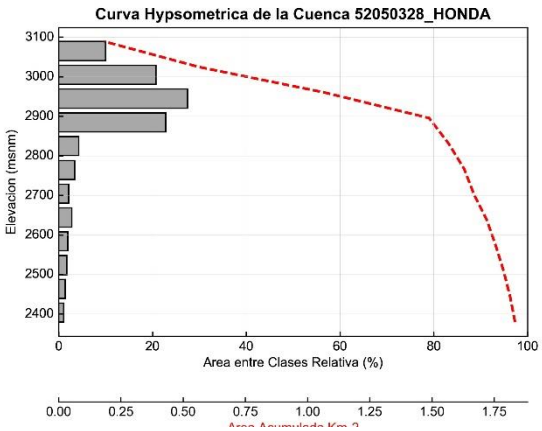
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 30



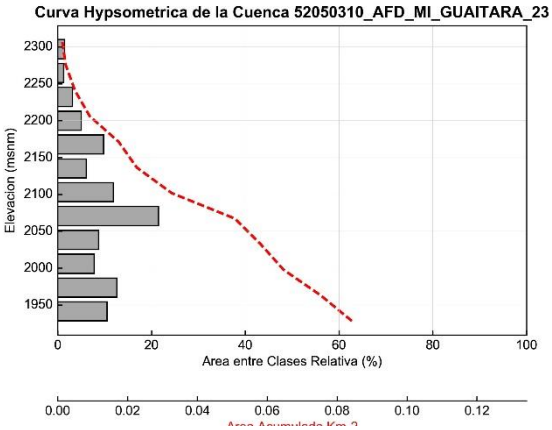
UAH - Quebrada El Culantro



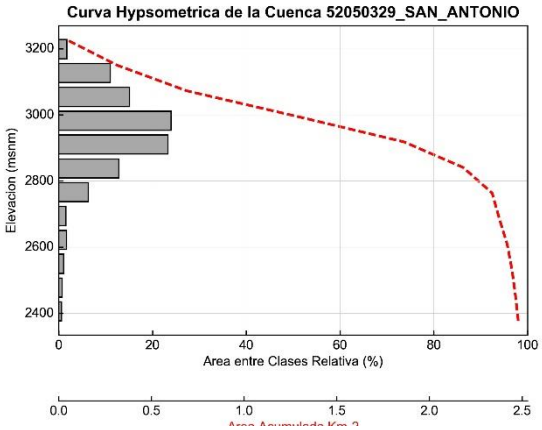
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 24



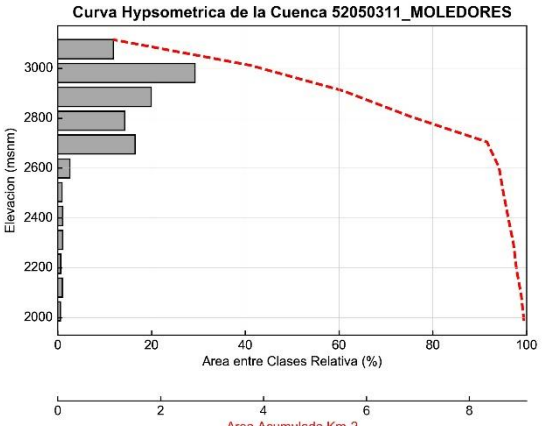
UAH - Quebrada Honda



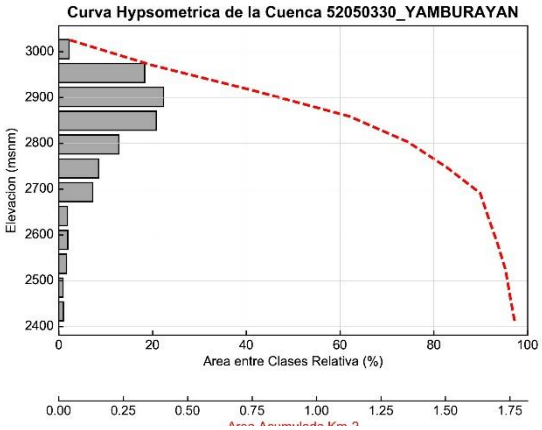
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 23



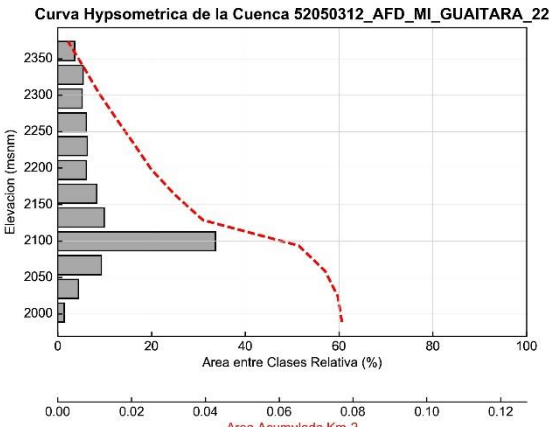
UAH - Quebrada San Antonio



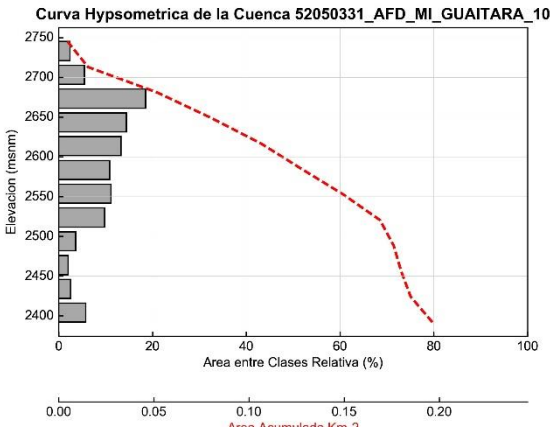
UAH - Quebrada La Llave - Moledores



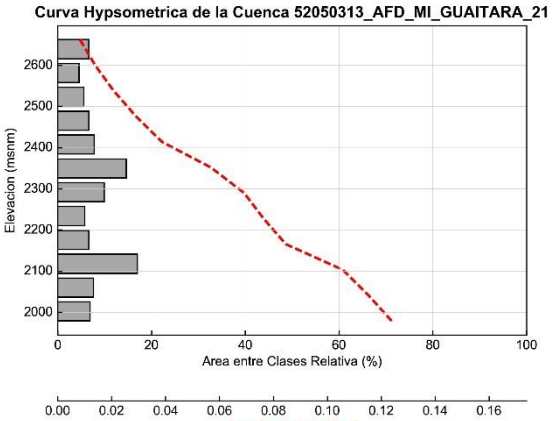
UAH - Quebrada Yamburayan



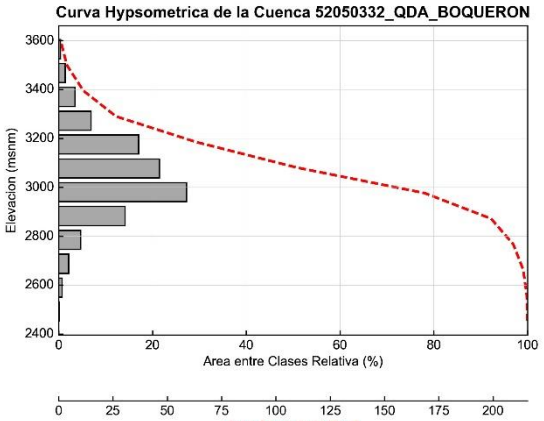
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 22



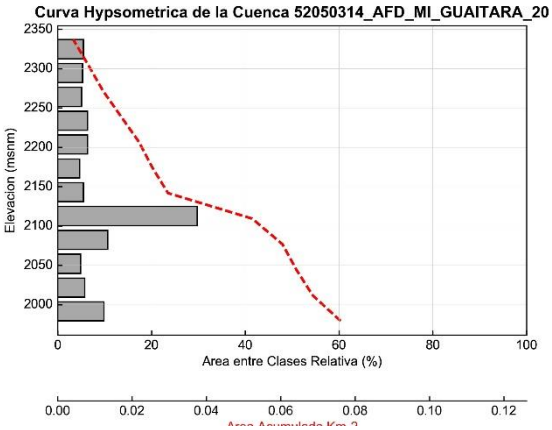
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 10



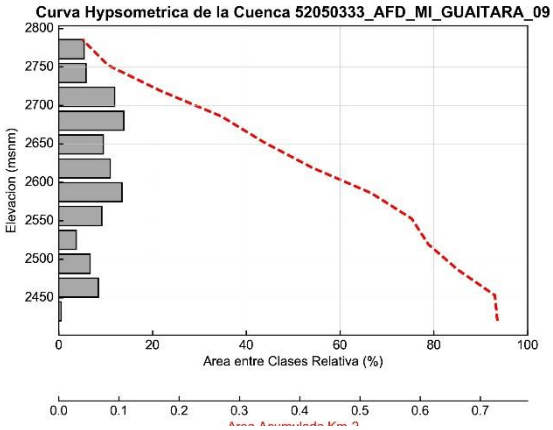
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 21



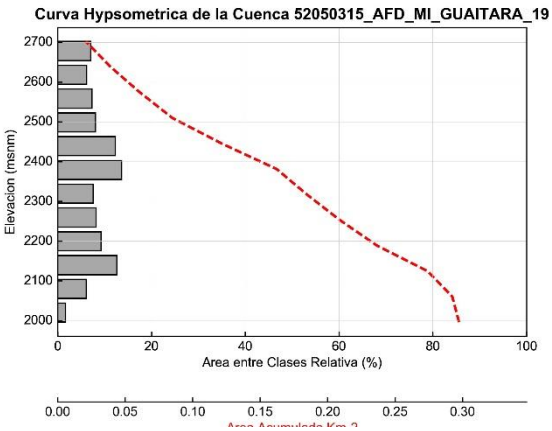
UAH - Quebrada Boqueron



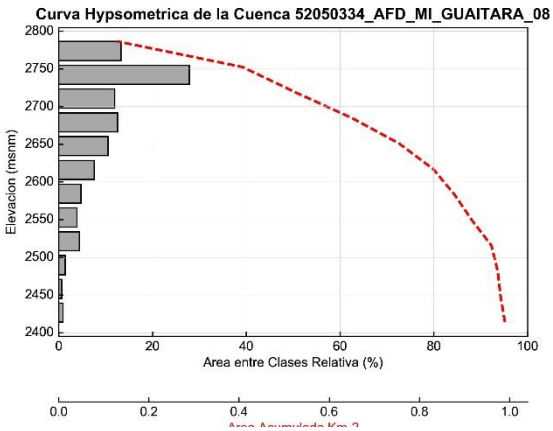
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 20



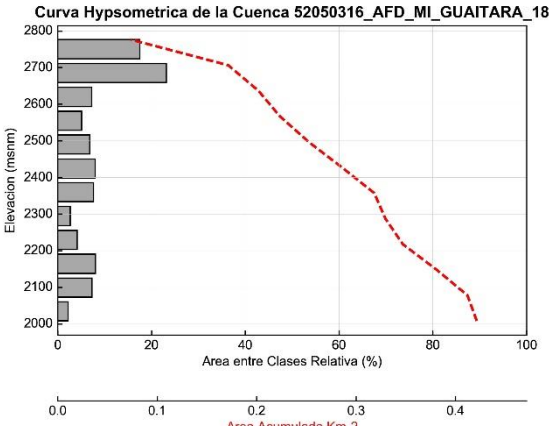
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 09



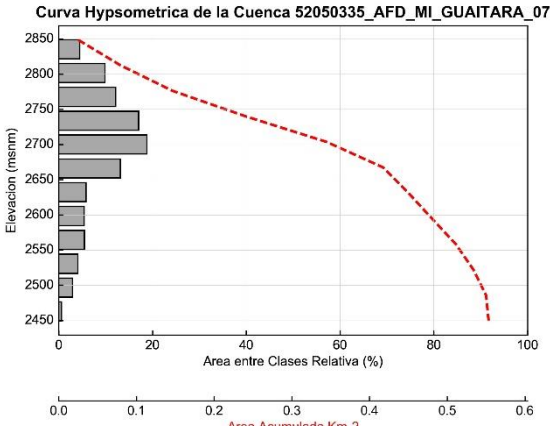
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 19



UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 08



UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 18



UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 07

Fuente: Consorcio SH

- **Altura de la cuenca (Hcuenca)**

Se calcula con base al diagrama de frecuencias de la curva hipsométrica, homólogo al cálculo de H_{cauce}, pero usando las 8 a 12 zonas altitudinales definidas (Domínguez, 2010):

$$H_{cuenca} = H_1 f_1 + H_2 f_2 + \cdots + H_n f_n$$

Aquí: $H_i$es la cota de altura en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

En la **Tabla 5-54** se muestra los valores para la estimación de la altura ponderada para las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B., para su construcción se consideraron 12 clases.

- **Pendiente de la cuenca (Icuenca)**

Para obtener la pendiente media de la cuenca con base en el DEM, se construye el diagrama de pendientes con las pendientes locales de cada celda calculada a partir del cambio de alturas de las 8 celdas vecinas (Arriba, Abajo, Derecha, Izquierda, Arriba derecha, Arriba izquierda, Abajo derecha, Abajo izquierda). De modo similar al aplicado para definir la altura media, la pendiente promedio ponderada de la cuenca se obtiene cómo (Domínguez, 2010):

$$I_{cuenca} = I_1 f_1 + I_2 f_2 + \cdots + I_n f_n$$

Aquí: $I_i$es la pendiente en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

En la **Tabla 5-54** se muestra los valores para la estimación de la pendiente ponderada de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B, para su construcción se consideraron 12 clases.

La profundidad de disección de la cuenca H_{dis} representa la diferencia entre la altura media de la cuenca H_{cuenca} y la altura media del perfil longitudinal del río principal H_{cauce} (Domínguez, 2010):

$$H_{dis} = H_{cuenca} - H_{cauce}$$

En la **Tabla 5-54** se presentan los resultados de dicho índice.

Tabla 5-54 Altura y pendiente ponderada de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

UAH	ALTURA PONDERADA DE LA UAH (MSNM)	PENDIENTE PONDERADA DE LA UAH (%)	UAH	ALTURA PONDERADA DE LA UAH (MSNM)	PENDIENTE PONDERADA DE LA UAH (%)
Quebrada Boqueron	3045,27	23,35	Afluentes Directos Río Guaitara 13	2366,91	94,16
Quebrada Yamburayan	2842,54	25,61	Afluentes Directos Río Guaitara 14	2507,78	71,46
Quebrada San Antonio	2951,43	29,64	Afluentes Directos Río Guaitara 15	2320,14	88,57
Quebrada Honda	2915,65	32,90	Afluentes Directos Río Guaitara 16	2363,41	74,44
Quebrada El Culantro	2997,06	31,37	Afluentes Directos Río Guaitara 17	2464,42	68,48
Quebrada Las Cuevas	2922,84	36,24	Afluentes Directos Río Guaitara 18	2504,62	54,59
Quebrada Seca	2820,07	43,14	Afluentes Directos Río Guaitara 19	2360,19	77,02
Quebrada La Llave - Moledores	2873,19	30,90	Afluentes Directos Río Guaitara 20	2134,88	61,96
Quebrada La Lechuza	2325,71	53,99	Afluentes Directos Río Guaitara 21	2289,22	80,18
Quebrada El Tablon	2469,19	46,46	Afluentes Directos Río Guaitara 22	2155,48	57,21
Quebrada San Francisco	2477,62	42,24	Afluentes Directos Río Guaitara 23	2068,09	75,41
Afluentes Directos Río Guaitara 30	2374,57	58,68	Afluentes Directos Río Guaitara 24	2387,44	58,52
Afluentes Directos Río Guaitara 07	2697,38	24,79	Afluentes Directos Río Guaitara 25	2240,44	50,65
Afluentes Directos Río Guaitara 08	2687,73	24,80	Afluentes Directos Río Guaitara 26	2169,28	57,86
Afluentes Directos Río Guaitara 09	2621,71	39,97	Quebrada Macal 02	2593,96	40,14
Afluentes Directos Río Guaitara 10	2595,62	27,53	Afluentes Directos Río Guaitara 27	2357,86	60,39
Afluentes Directos Río Guaitara 11	2907,84	37,75	Afluentes Directos Río Guaitara 28	2232,75	80,71
Afluentes Directos Río Guaitara 12	2752,81	56,57	Afluentes Directos Río Guaitara 29	2405,20	82,91
Quebrada Humeadora 02	2883,31	26,95	Quebrada Río Sapuyes	3117,67	25,90
NN005A	2489,0	31,64	NN003	2505	34,6
AFD MI GUAITARA35	2451	19,70	AFD MI GUAITARA 36	2424,50	13,9
NN005	2515	24,5			

Fuente: Consorcio SH

- **Densidad y patrón de drenaje**

Este parámetro se define como el cociente entre la longitud total de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca, expresados en kilómetros y el área total de la cuenca expresada en kilómetros cuadrados (Horton, 1945). Matemáticamente se expresa como:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_{t_i}}{A}$$

Donde n es el número de corrientes visibles en la cartografía disponible y A es el área en kilómetros cuadrados la cuenca evaluada. La densidad de la red hidrográfica está controlada por el clima, la geología y la estructura

del relieve (Domínguez, 2010). Los resultados de este índice se presentan en la **Tabla 5-55**.

Tabla 5-55 Densidad de drenajes de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

UAH	DENSIDAD DE DRENAJE	UAH	DENSIDAD DE DRENAJE
Quebrada Boqueron	2,63	Afluentes Directos Río Guaitara 13	3,78
Quebrada Yamburayan	2,93	Afluentes Directos Río Guaitara 14	4,59
Quebrada San Antonio	3,28	Afluentes Directos Río Guaitara 15	4,03
Quebrada Honda	3,06	Afluentes Directos Río Guaitara 16	5,08
Quebrada El Culantro	3,25	Afluentes Directos Río Guaitara 17	3,47
Quebrada Las Cuevas	3,11	Afluentes Directos Río Guaitara 18	2,90
Quebrada Seca	4,85	Afluentes Directos Río Guaitara 19	2,33
Quebrada La Llave - Moledores	2,66	Afluentes Directos Río Guaitara 20	5,24
Quebrada La Lechuza	3,11	Afluentes Directos Río Guaitara 21	3,60
Quebrada El Tablon	4,02	Afluentes Directos Río Guaitara 22	1,77
Quebrada San Francisco	3,16	Afluentes Directos Río Guaitara 23	3,43
Afluentes Directos Río Guaitara 30	3,87	Afluentes Directos Río Guaitara 24	3,67
Afluentes Directos Río Guaitara 07	3,10	Afluentes Directos Río Guaitara 25	3,22
Afluentes Directos Río Guaitara 08	3,03	Afluentes Directos Río Guaitara 26	2,62
Afluentes Directos Río Guaitara 09	3,61	Quebrada Macal 02	3,02
Afluentes Directos Río Guaitara 10	5,45	Afluentes Directos Río Guaitara 27	2,58
Afluentes Directos Río Guaitara 11	3,43	Afluentes Directos Río Guaitara 28	3,10
Afluentes Directos Río Guaitara 12	3,43	Afluentes Directos Río Guaitara 29	2,94
Quebrada Humeadora 02	2,76	Río Sapuyes	3,78
NN005A	4,43	NN003	1,37
AFD MI GUAITARA35	3,18	AFD MI GUAITARA 36	3,38
NN005	5,33		

Fuente: Consorcio SH

El Patrón es un primer indicio sobre la evolución reciente de las cuencas y los factores que han influido en su desarrollo (Monsalve Saénz, 2008). El drenaje identificado en las unidades de análisis corresponde a en general a un patrón dendrítico, característico de zonas de alta montaña con pendientes pronunciadas. No obstante, en la parte noroccidental de la UAH Sapuyes se expresan patrones paralelos altamente marcados.

- **Tiempos de Concentración (Tc)**

Es el tiempo transcurrido entre el final del hietograma de excesos y el final del escurrimiento directo, siendo ésta la definición que aparece reseñada en la literatura con mayor frecuencia. Sin embargo, otros autores reportan el Tc como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo.

Además, se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial. Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrolladas por diversos autores. Algunas de las fórmulas que se emplean para el cálculo de este indicador y sus cálculos se muestran a continuación:

- Formula de Dirección general de carreteras:

$$T_c = 0.02 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Fuente: (Wanielista, 1997)

Donde:

Tc Tiempo de concentración (min)
L Longitud del cauce principal en (m)
S Pendiente del cauce principal (m/m)

Formula de Kirpich:

$$T_c = 0.3 * \left[\frac{L}{S^{0.25}}\right]^{0.75}$$

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

Tc Tiempo de concentración (horas)
L Longitud del cauce principal en (km)
S Pendiente del cauce principal (m/m)

- Formula de Giandotti

$$T_c = \left[\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}\right]^{0.75}$$

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

Tc Tiempo de concentración (Horas)
L Longitud del cauce principal en (Km)
A Área de la cuenca (km^2)
H Diferencia de alturas del cauce principal (m)

- Formula de Bransby-Williams

$$T_c = \frac{L}{1.5D}\sqrt[5]{\frac{A^2}{S}}$$

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

Tc Tiempo de concentración (Horas)
L Longitud del cauce principal en (Km)
A Área de la cuenca (km^2)
S Pendiente media del cauce principal (%)

D Diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km)

- Formula de Temez:

$$T_c = 0.3\left[\frac{L}{J^{0.25}}\right]^{0.76}$$

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

Tc Tiempo de concentración (Horas)
L Longitud del cauce principal en (Km)
J Pendiente media del cauce principal (H/L)
H Diferencia de nivel entre el punto de salida y el punto hidrológicamente más cercano (m)

Los resultados obtenidos para la Cuenca del río Guaitara por cada una de las metodologías explicadas arriba, se presentan en el **Tabla 5-56.** Como es de esperar, los valores difieren ampliamente según la metodología utilizada desde algunas horas hasta días.

Tabla 5-56 Tiempos de concentración de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

UAH	BRANSBY-WILLIAMS (HR)	DIR. GEN, CARRETERAS (HR)	GIANDOTTI (HR)	KIRPICH (HR)	TEMEZ (HR)	TIEMPO PROMEDIO (HR)
Quebrada Boqueron	7,41	2,79	3,38	2,04	6,30	4,38
Quebrada Yamburayan	0,85	0,35	0,65	0,17	0,80	0,56
Quebrada San Antonio	0,98	0,40	0,67	0,19	0,92	0,63
Quebrada Honda	0,65	0,28	0,58	0,13	0,66	0,46
Quebrada El Culantro	0,81	0,34	0,63	0,16	0,79	0,55
Quebrada Las Cuevas	0,79	0,33	0,60	0,15	0,76	0,53
Quebrada Seca	0,48	0,20	0,39	0,08	0,47	0,32
Quebrada La Llave - Moledores	1,98	0,78	1,03	0,38	1,72	1,18
Quebrada La Lechuza	0,33	0,15	0,39	0,06	0,36	0,26
Quebrada El Tablon	0,50	0,22	0,49	0,09	0,52	0,36
Quebrada San Francisco	0,77	0,33	0,64	0,15	0,77	0,53
Afluentes Directos Río Guaitara 30	0,28	0,13	0,36	0,05	0,32	0,23
Afluentes Directos Río Guaitara 07	0,43	0,18	0,48	0,09	0,44	0,32
Afluentes Directos Río Guaitara 08	0,54	0,24	0,59	0,11	0,55	0,41
Afluentes Directos Río Guaitara 09	0,01	0,01	1,00	0,00	0,03	0,21
Afluentes Directos Río Guaitara 10	0,40	0,16	0,38	0,07	0,38	0,28
Afluentes Directos Río Guaitara 11	0,46	0,20	0,44	0,09	0,47	0,33
Afluentes Directos Río Guaitara 12	0,44	0,19	0,43	0,08	0,45	0,32
Quebrada Humeadora 02	1,39	0,62	1,04	0,29	1,36	0,94
Afluentes Directos Río Guaitara 13	0,11	0,06	0,24	0,02	0,14	0,11
Afluentes Directos Río Guaitara 14	0,28	0,12	0,28	0,05	0,29	0,20
Afluentes Directos Río Guaitara 15	0,24	0,10	0,25	0,04	0,24	0,17
Afluentes Directos Río Guaitara 16	0,21	0,10	0,27	0,04	0,23	0,17
Afluentes Directos Río Guaitara 17	0,29	0,13	0,28	0,05	0,30	0,21
Afluentes Directos Río Guaitara 18	0,35	0,15	0,33	0,06	0,35	0,25
Afluentes Directos Río Guaitara 19	0,24	0,11	0,28	0,04	0,26	0,19
Afluentes Directos Río Guaitara 20	0,16	0,07	0,23	0,03	0,17	0,13

UAH	BRANSBY-WILLIAMS (HR)	DIR. GEN, CARRETERAS (HR)	GIANDOTTI (HR)	KIRPICH (HR)	TEMEZ (HR)	TIEMPO PROMEDIO (HR)
Afluentes Directos Río Guaitara 21	0,23	0,10	0,24	0,04	0,23	0,17
Afluentes Directos Río Guaitara 22	0,10	0,05	0,24	0,02	0,13	0,11
Afluentes Directos Río Guaitara 23	0,10	0,05	0,26	0,02	0,13	0,11
Afluentes Directos Río Guaitara 24	0,26	0,11	0,29	0,04	0,27	0,19
Afluentes Directos Río Guaitara 25	0,34	0,15	0,41	0,07	0,36	0,27
Afluentes Directos Río Guaitara 26	0,22	0,10	0,30	0,04	0,25	0,18
Quebrada Macal 02	1,34	0,55	0,88	0,27	1,28	0,86
Afluentes Directos Río Guaitara 27	0,48	0,20	0,41	0,08	0,48	0,33
Afluentes Directos Río Guaitara 28	0,28	0,12	0,29	0,05	0,29	0,21
Afluentes Directos Río Guaitara 29	0,29	0,13	0,33	0,05	0,32	0,22
Río Sapuyes	11,06	4,05	3,66	2,78	8,99	6,11
NN005A	0,029	0,14	0,030	0,076	0,12	0,008
AFD MI Guaitara 35	0,029	0,13	0,024	0,078	0,10	0,072
NN005	0,048	0,19	0,028	0,072	0,16	0,099
NN003	0,028	0,10	0,024	0,06	0,098	0,062
AFD MI Guaitara 36	0,025	0,13	0,022	0,052	0,99	0,24

Fuente: Consorcio SH

5.1.5.3.3 Codificación de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B

La codificación de las de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B se realizó mediante la metodología propuesta por el IDEAM (Instituto de Hidrología y Metereología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013). En este sistema se distinguen los conceptos de cuenca (área que no recibe drenaje de ninguna otra área), cuenca interna (área que no contribuye con flujo de agua a otra área de drenaje o cuerpo de agua) e intercuenca (área que recibe drenaje de otras cuencas aguas arriba) y se procede a codificar las unidades de manera alternada. La estructura de la codificación se presenta en la siguiente figura.

Figura 5.38 Sistema de codificación de unidades hidrográficas.

Fuente: (IDEAM, 2013)

El orden en la codificación de los niveles puede darse a partir del punto de entrega o desembocadura y en sentido por la derecha se inicia la asignación de valores de forma consecutiva comenzando por 01, hasta que se retorna al punto de cierre; las subdivisiones que quedan en el interior, se numeran después de que se ha

finalizado la codificación de aquellas que se encuentran en los límites de la unidad, se inicia comenzando también por la derecha. (IDEAM, 2013). Los resultados de la codificación de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B, se presentan en la **Tabla 5-57.**

Tabla 5-57 Codificación de las UAH para el área de estudio AI-EIA-1B.

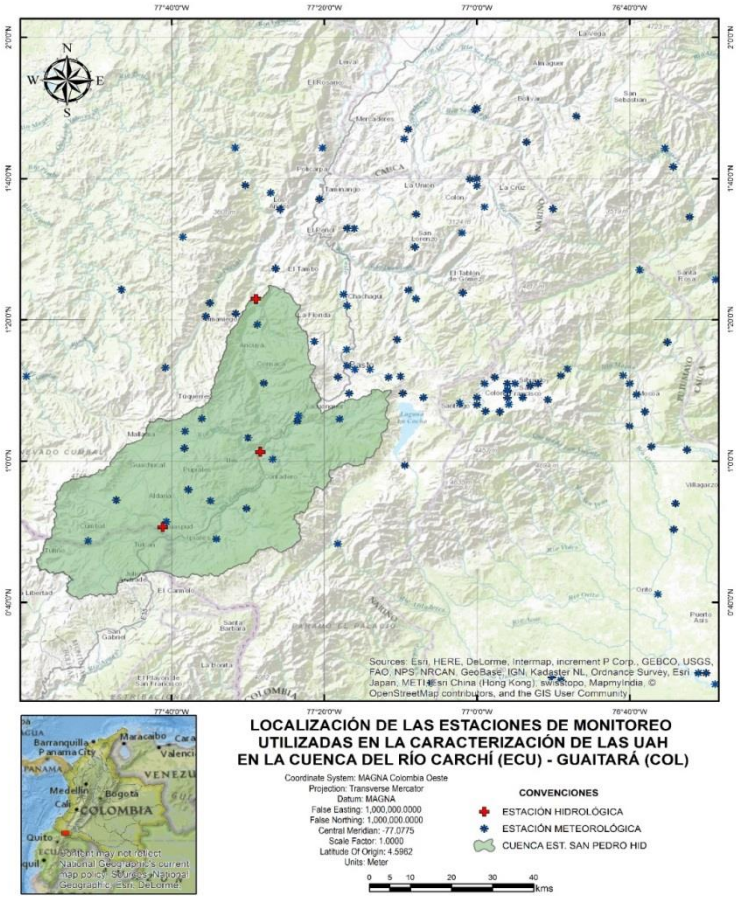
UAH	CODIFICACIÓN	UAH	CODIFICACIÓN
Quebrada Boqueron	52050332	Afluentes Directos Río Guaitara 13	52050321
Quebrada Yamburayan	52050330	Afluentes Directos Río Guaitara 14	52050320
Quebrada San Antonio	52050329	Afluentes Directos Río Guaitara 15	52050319
Quebrada Honda	52050328	Afluentes Directos Río Guaitara 16	52050318
Quebrada El Culantro	52050327	Afluentes Directos Río Guaitara 17	52050317
Quebrada Las Cuevas	52050326	Afluentes Directos Río Guaitara 18	52050316
Quebrada Seca	52050324	Afluentes Directos Río Guaitara 19	52050315
Quebrada La Llave - Moledores	52050311	Afluentes Directos Río Guaitara 20	52050314
Quebrada La Lechuza	52050307	Afluentes Directos Río Guaitara 21	52050313
Quebrada El Tablón	52050306	Afluentes Directos Río Guaitara 22	52050312
Quebrada San Francisco	52050303	Afluentes Directos Río Guaitara 23	52050310
Afluentes Directos Río Guaitara 30	52050308	Afluentes Directos Río Guaitara 24	52050309
Afluentes Directos Río Guaitara 07	52050335	Afluentes Directos Río Guaitara 25	52050305
Afluentes Directos Río Guaitara 08	52050334	Afluentes Directos Río Guaitara 26	52050304
Afluentes Directos Río Guaitara 09	52050333	Quebrada Macal 02	52050301
Afluentes Directos Río Guaitara 10	52050331	Afluentes Directos Río Guaitara 27	52050103
Afluentes Directos Río Guaitara 11	52050325	Afluentes Directos Río Guaitara 28	52050102
Afluentes Directos Río Guaitara 12	52050323	Afluentes Directos Río Guaitara 29	52050101
Quebrada Humeadora 02	52050322	Río Sapuyes	52050201
NN005A	52050340	NN003	52050336
AFD MI GUAITARA35	52050337	AFD MI GUAITARA 36	52050338
NN005	52050339		

Fuente: Consorcio SH

5.1.5.4 Información hidrometeorológica

Derivado del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) se logró consolidar la base de datos con los registros hidrometeorológicos para el área de interés a resolución mensual. En total y luego de aplicar filtros de calidad (los cuales se exponen más adelante) se identificaron 137 estaciones meteorológicas y 3 estaciones hidrológicas. El criterio considerado para la selección de las estaciones correspondió a extensión temporal y la continuidad de registro en las mismas, tomándose solo aquellas con registros mayores a 11 años y que además dispusieran al menos el 70% de completitud en sus series de registro. En la siguiente figura se presenta la distribución espacial de las estaciones hidrometeorológicas dispuestas en la cuenca hidrográfica río Guaitara hasta su punto de cierre en la estación San Pedro [52057050] y sus alrededores.

Figura 5.39 Distribución espacial de las estaciones hidrometeorológicas dispuestas en la cuenca hidrográfica río Guaitara – Cierre estación San Pedro [52057050].



Fuente: Consorcio SH

En la **Tabla** 5-58 se presentan solo las estaciones las estaciones hidrometeorológicas localizadas al interior de la cuenca del Río Guaitara hasta su punto de cierre en la estación Pilcuan [52057010]. La descripción de las estaciones restantes se presenta en el **Anexo 6 Hidrologia - Registros Ideam**.

Tabla 5-58 Estaciones hidroclimatológicas situadas en el área de estudio.

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	ESTADO	FECHA INSTALACIÓN	FECHA SUSPENSIÓN
52050070	TUQUERRES	PM	SUS	15/01/1958	15/02/1987
52050090	IMUES	PM	ACT	15/01/1957	-
52050100	GUALMATAN	PM	ACT	15/07/1972	-
52050110	CUMBAL	PM	ACT	15/01/1958	-
52050120	PUERRES	PM	ACT	15/08/1971	-
52050130	CHILES	PM	ACT	15/07/1972	-
52050190	STA ROSA POTOSI	PM	ACT	15/06/1995	-
52055010	APTO SAN LUIS	SP	ACT	15/07/1941	-
52055020	EL PARAISO	CO	ACT	15/07/1968	-

52055100	VILLA ROSA	CO	SUS	15/04/1990	08/05/2006
52055200	FUNES	CO	ACT	01/09/2009	-
52057010	PILCUAN	LG	ACT	15/10/1979	-
52057040	CARLOSAMA	LG	ACT	15/12/1955	-
52057050	SAN PEDRO	LG	ACT	15/02/1980	-

Fuente: Consorcio SH

5.1.5.4.1 Consistencia de la información hidrometeorológica

Los datos hidroclimatológicos suministrados por el IDEAM, por lo general presentan discontinuidad temporal en sus registros, así como ciertas inconsistencias en los mismos. Estas pueden ser debidas posiblemente a fallas en los instrumentos de medición, o a factores operativos de carácter antrópico en las estaciones de monitoreo, así como muchas otras más. En este sentido, para verificar la calidad de los registros, se realizó un análisis preliminar de la consistencia de la información. Para esto se implementó la metodología de diagrama de caja en el análisis de los datos atípicos o extremos (este análisis solo se llevó acabo para las estaciones meteorológicas). Las metodologías implementadas se describen a continuación y los resultados se presentan en el **Anexo 6 Hidrologia – Consistencia y Calidad Hidrometeorología.**

- **Desviación Absoluta Media (MADS)**

La desviación absoluta media (MADS) (Rousseeuw & Croux, 1993) es una medida de dispersión que pretende dar una idea resumen de "distancias a un punto central" tal como ocurre con el desvío estándar.

A diferencia de estas, el MADS considera la mediana como punto central de la distribución para calcular las desviaciones (Izquierda y Derecha), luego se estima el valor absoluto de las desviaciones para eliminar el signo (en vez de elevar al cuadrado como hacemos al calcular el desvío estándar), para finalmente tomar la mediana de las distancias (en vez de promediar como hacemos con s). Definimos la MADS de una muestra X_1, X_2, ..., X_n como:

$$MAD = mediana \; \vee \; X_i - \hat{X}$$

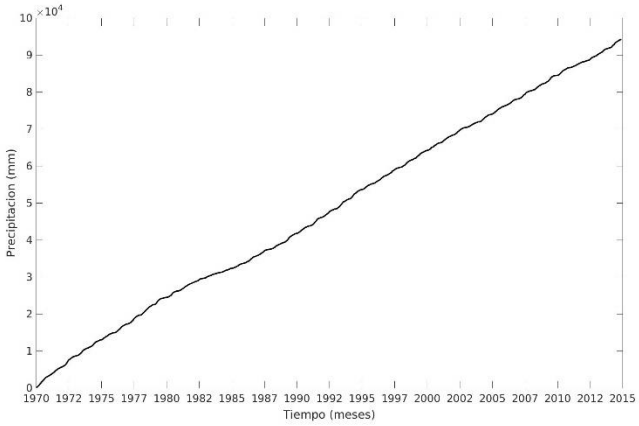
Donde:

X_i Variable observada
$\hat{X}$ Mediana de la variable observada

- **Curva de Masa (Segerer & Villodas, 2006).**

Se define como la curva de precipitación acumulada en un determinado período de tiempo (meses o años), representada en un sistema de ejes en que se grafican los valores del tiempo en abscisas y de la variable acumulada (mm) en las ordenadas. Principalmente las curvas de masa, son utilizadas para verificar la consistencia en el registro precipitación de una estación, en un período de tiempo determinado. En estas, se espera que presenten un comportamiento de tipo lineal; pues toman como hipótesis la conservación de la precipitación a lo largo de todos los años, durante el período de tiempo analizado; por otra parte, constituyen además una información deseable a tener en cada estación de la cuenca o zona bajo análisis.

Figura 5.40 Curva de masa para la estación 21030060



Fuente: Consorcio SH

- **Diagramas de caja y Bigotes o Box Plot**

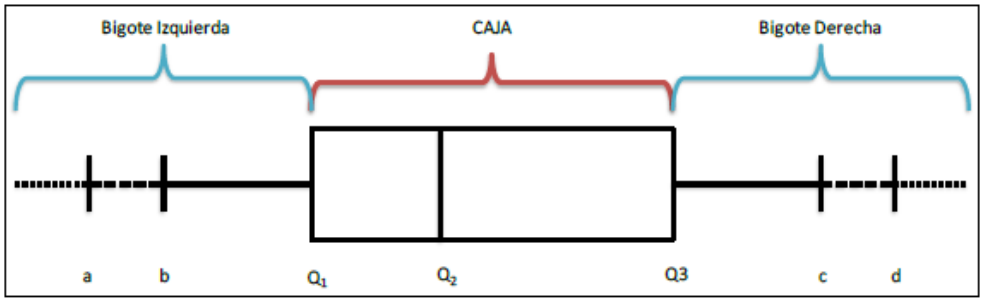
Este diagrama, también conocido como box – whister, caja y punto o caja con patillas, ofrece una representación creada a partir de siete números, con el objeto de que los datos del conjunto analizado no pierdan su distribución espacial (Moros, 2010). Esta herramienta de análisis exploratorio permite estudiar la simetría de los datos y detectar los valores atípicos en la información que se está analizando. El diagrama de cajas y bigotes divide los datos en cuatro áreas de igual frecuencia, con los siguientes intervalos:

- -∞, Q1
- Q1, Q2
- Q2, Q3
- Q3, +∞

El diagrama de caja y bigotes consta de una caja central y dos segmentos horizontales (bigotes) que parten del centro de cada lado de la caja. La caja central encierra el 50% de los datos. La línea vertical al interior de la caja representa la mediana o 50 percentil. Si esta línea está en el centro de la caja, no hay asimetría en los datos. Los lados verticales de la caja están situados en los cuartiles inferior (25 percentil) y superior (75 percentil) de los datos. Partiendo del centro de cada lado vertical de la caja se dibujan los bigotes, uno hacia la izquierda y el otro hacia la derecha, teniendo en cuenta lo siguiente:

- El bigote de la izquierda tiene un extremo en el primer cuartil (Q1) y el otro extremo en el correspondiente valor de “b”
- El bigote de la derecha tiene un extremo en el tercer cuartil (Q3) y el extremo superior correspondiente al valor de “c”

Figura 5.41 Diagrama de Caja y Bigotes



Fuente: (Moros, 2010)

$$b = Q1 - 1{,}5 * (R.I)$$

$$c = Q3 + 1{,}5 * (R.I)$$

Donde el valor R.I: rango inter-cuartílico, está definido por la siguiente expresión:

$$R.I = (75percentil) - (25percentil)$$

A los datos que se encuentran a la izquierda del bigote izquierdo y a la derecha del bigote derecho, se les denomina valores atípicos moderados siempre cuando se halle entre [a, b] y [c, d], Donde "a" y "d" se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$a = Q1 - 3{,}0 * (R.I)$$

$$d = Q3 + 3{,}0 * (R.I)$$

Los datos ubicados a la izquierda del valor "a" y a la derecha después del valor "d" se le llaman valores atípicos extremos. Ver **Anexo 6.2.**

5.1.5.4.2 Complementación de información hidrometeorológicas

Como se mencionó anteriormente en la consistencia de la información, estos factores también influyen en la discontinuidad de la información hidrometeorológica registrada por las estaciones, por lo que es necesario realizar una complementación de la información faltante. Para esto se implementó un esquema de regresiones lineales múltiples, el cual es basado en el grado de información presente en otras series de tiempo en variables correlacionadas, como por ejemplo la precipitación y los caudales. El **Anexo 6 Hidrologia - Resultados Regresiones Lineales**, contiene los estadísticos de confiabilidad de las regresiones, así como también los predictores para cada uno de las estaciones de caudal en el período de registro considerado. Para la complementación de las series hidrológicas (Estación Carlosama, Pilcuan y San Pedro) se utilizaron como predictores las estaciones meteorológicas circundantes seleccionadas (137 Estaciones). Una breve explicación del esquema de complementación se describe a continuación. En el **Anexo 6 Hidrologia - Series De Caudal Sin Faltantes**, presenta las series hidrológicas sin datos faltantes para los períodos del análisis (1970-2014). La **Figura 5.42** contiene la información de los predictores identificados y los desempeños estadísticos obtenidos.

Figura 5.42 Resultados de las regresiones lineales múltiples para la estimación de los datos faltantes de caudal en la estación 52057050_QL en el periodo de enero de 1980 a diciembre de 2014.

```
################################################################################
Station: 52057050_QL
Range:   1980-01 - 2014-12
################################################################################
################################################################################

Month: 01, Significance Correlation: 0.32

                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:            52057050_QL   R-squared:                       0.992
Model:                            OLS   Adj. R-squared:                  0.983
Method:                 Least Squares   F-statistic:                     109.4
Date:                Mon, 10 Apr 2017   Prob (F-statistic):           1.08e-09
Time:                        20:53:54   Log-Likelihood:                 27.593
No. Observations:                  25   AIC:                            -27.19
Df Residuals:                      11   BIC:                            -10.12
Df Model:                          13
Covariance Type:            nonrobust
==============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      [95.0% Conf. Int.]
------------------------------------------------------------------------------
52040160_PT     1.1097      0.096     11.563      0.000         0.898     1.321
52050120_PT     0.3650      0.073      5.031      0.000         0.205     0.525
52045010_PT    -1.7228      0.184     -9.364      0.000        -2.128    -1.318
52045040_PT     0.3187      0.074      4.295      0.001         0.155     0.482
52050090_PT     0.4589      0.075      6.090      0.000         0.293     0.625
21015020_PT     0.5630      0.053     10.632      0.000         0.446     0.680
52045030_PT    -0.2927      0.082     -3.584      0.004        -0.472    -0.113
52045020_PT     0.1789      0.077      2.317      0.041         0.009     0.349
52055020_PT     0.3082      0.070      4.420      0.001         0.155     0.462
21010130_PT     0.3577      0.057      6.244      0.000         0.232     0.484
47010050_PT     0.4165      0.041     10.251      0.000         0.327     0.506
52050130_PT    -0.2321      0.059     -3.945      0.002        -0.362    -0.103
52040050_PT    -0.1762      0.048     -3.648      0.004        -0.283    -0.070
const           0.5114      0.045     11.259      0.000         0.411     0.611
==============================================================================
Omnibus:                        1.218   Durbin-Watson:                   1.610
Prob(Omnibus):                  0.544   Jarque-Bera (JB):                1.060
Skew:                           0.315   Prob(JB):                        0.589
Kurtosis:                       2.212   Cond. No.                         25.8
==============================================================================
```

Fuente: Consorcio SH

- **Regresiones Lineales Múltiples (RLM)**

La regresión lineal múltiple considera que existe p variables independientes o represores la RLM establece el modelo siguen (Francisco, 2015):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_P X_P + \varepsilon$$

Aceptando que se tiene *n* observaciones $Y, X_1, X_2, \ldots, X_p$, la expresión anterior en notación matricial será dada por:

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Cuyas matrices son:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} 1 X_{11} X_{12} \ldots Y_1 \\ 1 X_{21} X_{22} \ldots Y_2 \\ \vdots \ \vdots \ \vdots \ \cdots \ \vdots \\ 1 X_{n1} X_{n2} \cdots Y_n \end{bmatrix} \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

En la matriz $X, X_{i,j}$ representa a la *i*-ésima observación o dato en la *j*-ésima variable independiente. El método de mínimos cuadrados de los residuos establece que la suma de los errores (ε_i) elevados al cuadrado debe ser minimizada, esto es:

$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\gamma_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \cdots - \beta_p X_{ip}\right)^2$$

La diferencia del lado derecho de la ecuación anterior con respecto a $\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_p$, por separado e igualada a cero, produce *p* ecuaciones con *p* parámetros desconocidos, las cuales se conocen como ecuaciones normales, su notación matricial es:

$$X^T \cdot X \cdot \beta = X^T \cdot Y$$

Su solución será:

$$\beta = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y$$

En la ecuación anterior, X^T es la matriz transpuesta C y $(X^T * X)^{-1}$ es la matriz inversa de $X^T * X$.

5.1.5.4.3 Generación de información hidrometeorológica para los ejercicios de modelación

La generación de la información hidrometeorológica para los ejercicios de modelación en cada una de las unidades hidrológicas de análisis, se realizó a partir de las estaciones meteorológicas seleccionadas (137) con las cuales se generaron los campos mensuales de precipitación para el período comprendido desde enero de 1970 hasta diciembre del 2014 mediante la metodología de interpolación por Kriging en el caso de la precipitación, y regresiones temperatura – elevación para las isotermas.

Posteriormente mediante estadística zonal y a partir de los campos de precipitación interpolados, se estimó la precipitación mensual promedio para cada una de las unidades hidrológicas de análisis, generando así series sintéticas de precipitación mensual en todo el período de registro mencionado anteriormente (**Anexo 6 Hidrologia - Series de Precipitación para Modelos**).

- **Interpolación Kriging**

La interpolación Kriging es una técnica de estimación local que ofrece el mejor estimador lineal insesgado. La limitación a la clase de estimadores lineales es bastante natural ya que esto significa que solamente se requiere el conocimiento del momento de segundo orden de la función aleatoria (La covarianza o el variograma) (Giraldo, 2011).

- **Semi-variograma**

El semi-variograma, conocido también como variograma, es la herramienta central de la geoestadística. Dada una variable regionalizada $Z(x)$ que cumpla la hipótesis intrínseca entonces existe la función semivarianza y se define como:

$$\gamma_{(h)} = \frac{\sum \left(Z(x+h) - Z(x)\right)^2}{2n}$$

Donde

$Z(x)$	Variable en la posición x
$Z(x+h)$	Variable separada una distancia h de x
$n\ y\ h$	Número de parejas que se encuentran separadas por dicha distancia.

El semivariograma es una función que relaciona la semivarianza con el vector *h* conocido como "lag", el cual denota la separación en distancia y dirección de cualquier par de valores $Z(x)\ y\ Z(x+h)$.

- **Planteamiento general**

Sea $Z(x)$ una función aleatoria, la cual está definida en un soporte puntual y es estacionaria de segundo orden: El estimador lineal Z_k considerado es una combinación lineal de n valores de datos:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i)$$

Los **n** coeficientes de λ_i son calculados de manera que el estimador sea insesgado y que la varianza de la estimación sea mínima, entonces se dice que el estimador es óptimo. Para que el valor esperado del error sea igual a cero, se debe imponer la siguiente condición:

$$E\left(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i)\right) = m$$

Eso implica que:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i E\big(Z(x_i)\big) = m$$

La esperanza de la estimación (Kriging) es igual a la esperanza del estimador, la siguiente condición garantiza que la varianza de la estimación:

$$m\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = m \Rightarrow \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$$

Por lo tanto, se debe minimizar la siguiente función:

$$F = \sigma_e^2 - 2\mu\left(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i - 1\right)$$

La primera parte de la ecuación representa la varianza de la estimación, μ como multiplicador de Lagrange y el último término garantiza el NO sesgo de la estimación. Resolviendo el sistema de ecuaciones, la varianza del error de la estimación se puede calcular de una manera más simple si se sustituye el valor de μ, obteniendo de esta manera:

$$\sigma_k^2 = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j C_{1j} + \mu$$

De forma matricial se puede obtener el sistema Kriging sustituye las varianzas por las semivarianzas:

$$\begin{bmatrix} 0 & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & 0 & \cdots & \gamma_{2n} & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \cdots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{k1} \\ \gamma_{k2} \\ \cdots \\ \gamma_{kn} \\ 1 \end{bmatrix}$$

La matriz de covarianza por los pesos cada pareja de puntos, nos da el vector de semivarianza. Finalmente, la varianza de la estimación de acuerdo a la forma matricial se obtiene así:

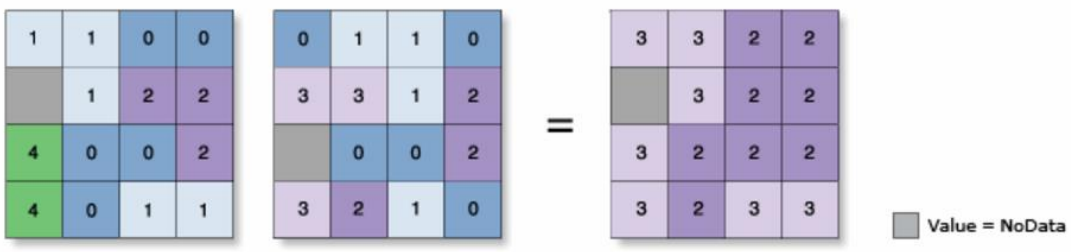
$$\sigma_k^2 = \sigma^2 - \sum_{i=1}^{n} \lambda_i C_{i0} - \mu$$

- **Estadística Zonal**

La herramienta Estadísticas zonales (Environmental Systems Research Institue (ESRI), 2017), permite el cálculo de las estadísticas para cada zona definida por un dataset de zonas, en base a los valores de otro dataset (un ráster de valores). Se calcula un valor de salida simple para cada zona en el dataset de zonas de entrada.

Una zona son todas las celdas en un ráster que tienen el mismo valor, sean o no contiguas. La capa de zonas de entrada define la forma, los valores y las ubicaciones de las zonas. Para definir las zonas se especifica un campo de entero en la entrada de zonas.

Figura 5.43 Esquema de funcionamiento de estadística zonal en el software ArcGis



Fuente: (Environmental Systems Research Institue (ESRI), 2017)

El ráster de valores de entrada contiene los valores de entrada que se utilizan para calcular la estadística de salida para cada zona. En la **Figura 5.43** muestra la capa zona muestra un ráster de entrada que define las zonas. La capa valor contiene la entrada para la que se calcula la estadística por zona.

5.1.5.5 Estimación de series hidrológicas para las UAH

Teniendo en cuenta que la red de monitoreo hidrológico es insuficiente para la caracterización de las UAH definidas en este estudio, se planteó la construcción de un modelo lluvia escorrentía aglutinado de resolución mensual descrito mediante una ecuación diferencial ordinaria. El operador matemático presenta dos parámetros, κ y τ, los cuales fueron determinados mediante la solución del problema inverso de modelación matemática apoyados en los registros observados de las estaciones Pilcuan, Carlosama y San Pedro, en las cuales sus áreas aferentes cubren la totalidad del área de influencia del proyecto. Finalmente, mediante técnicas de regionalización de identificaron los parámetros para cada UAH a partir de los resultados de optimización comentados anteriormente y con los cuales (en conjunto además con las precipitaciones estimadas mediante estadística zonal) se simularon los caudales en cada UAH en el periodo de 1970 a 2014. A continuación, se describe de manera general la metodología aplicada. Como se mencionó anteriormente la escasa información hidrometeorológica disponible, dificulta la implementación de modelos hidrológicos robustos, debido a la información de entrada requerida por los mismos, como lo son registros de coberturas multi-temporales, parámetros físicos del suelo, características del clima local, entre muchas otras más; que si bien, estas variables pueden ser estimadas de forma indirecta, la incertidumbre asociada a estas es por lo general muy alta. Adicionalmente a esto, la gran mayoría de modelos hidrológicos presentan una considerable suma de parametrizaciones, las cuales pueden tener una interpretación física o no, dificultando en mayor

medida el poder realizar una extrapolación de los mismos a zonas donde no existe información (regionalización), sin olvidar además la incertidumbre asociada que conlleva esto. Por otra parte, existen modelos hidrológicos que cumplen con el criterio de parsimonia basados en una simplificación de la representación de los procesos hidrológicos que ocurren en una cuenca a una escala determinada, de tal forma que sólo es necesario calibrar un número reducido de parámetros (Xu & Singh, 1996). De esta forma se obtiene información hidrológica relevante para la gestión de los recursos hídricos en cuencas con información hidrometeorológica de baja resolución espacial y temporal (Pande, Savenije, Bastidas, & Gosain, 2011) (Vargas, De la Fuente, & Arumí, 2012).

En este sentido y en aras de poder caracterizar el régimen hidrológico de la mejor forma en las unidades de análisis, se optó por construir modelos para aquellas cuencas que cuentan con registros históricos hidrológicos de acuerdo con los criterios de calidad expuestos anteriormente, estas son las áreas de drenaje a las estaciones Carlosama, Pilcuan y San Pedro.

5.1.5.5.1 Modelo bidimensional de flujo inestable de Saint Venant

Este modelo no es otra cosa que la versión discreta de la ecuación de Saint Venant planteada como un esquema explícito de diferencias finitas optimizado por gradiente conjugado:

$$\tau \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{1}{k} Q(t) = X(t)$$

En donde: τ son las características inerciales de la cuenca; $Q(t)$es caudal; (t) es coordenada temporal; k es el coeficiente de escorrentía y $\dot{X}$ es precipitación efectiva.

$$Q_i = k\left(x_i - \emptyset\left(\frac{Q_{i-1}}{x_{i-1}}\right) - Q_{i-1}\right)$$

Para la implementación de este modelo es necesario realizar dos pasos esenciales: **(1)** *búsqueda del predictor óptimo correspondiente a la variable* X_i y **(2)** *búsqueda de los valores óptimos de los parámetros* κ y τ. La búsqueda del predictor óptimo consiste en tomar un conjunto de series históricas de datos de precipitación y evaluar para cada una de ellas qué tan estrecha es su relación con la serie de caudales en cuestión, la serie de precipitación que resulte tener la relación más estrecha con la serie de caudales será el predictor óptimo. En la **Figura 5.44** se detallan las unidades hidrográficas contempladas en el proceso de identificación de los parámetros del modelo lluvia escorrentía.

5.1.5.5.2 Calibración del modelo

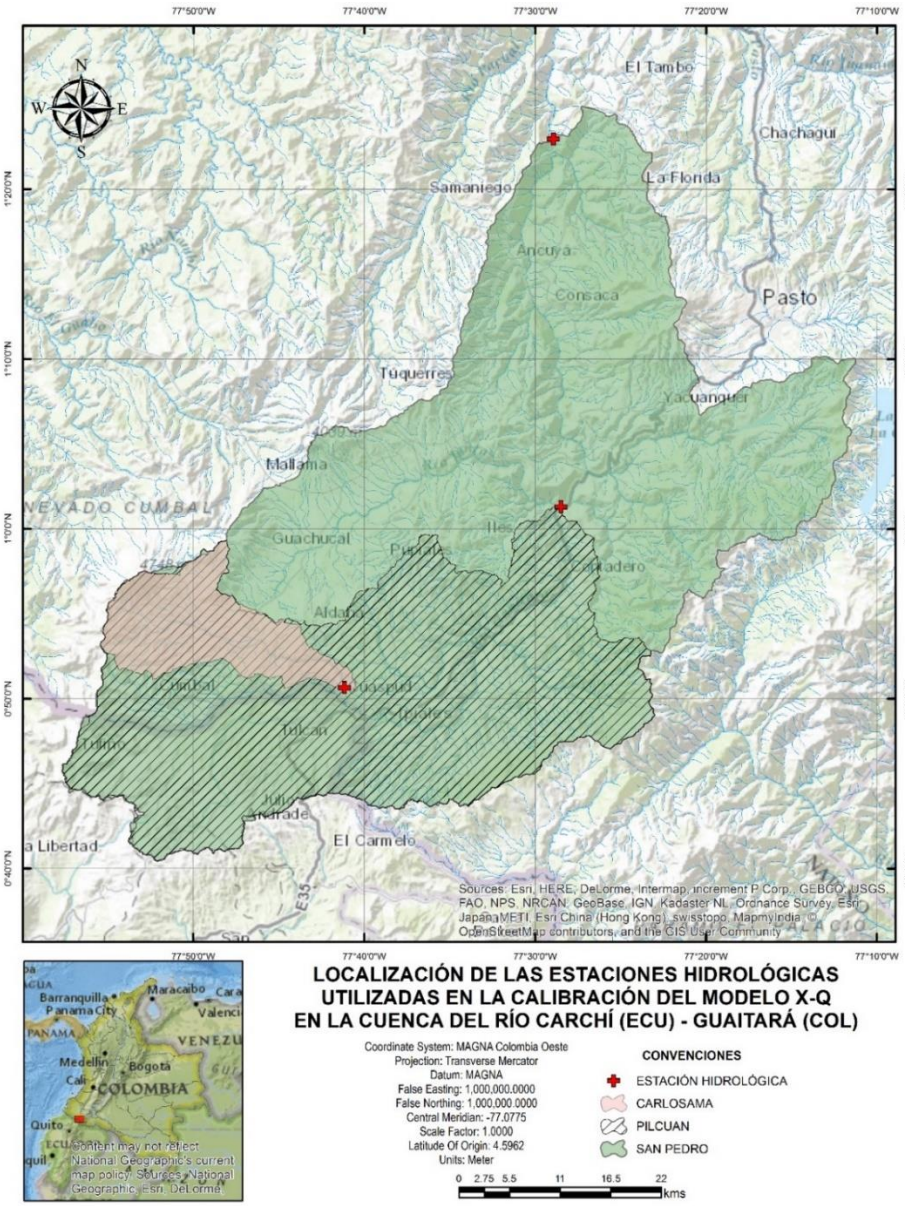
Para una definición cuantitativa de los mejores conjuntos de parámetros que mejor representan los caudales observados es necesario seleccionar medidas de desempeño del modelo a calibrar, estas medidas son denominadas métricas de desempeño. Una métrica de desempeño se define como un sistema de parámetros, o métodos de evaluación cuantitativa, para algo que se va a medir. La métricas definen lo que se va a medir, junto con los procesos que se utilizan para llevar a cabo dicha medición.(Teegavarapu & Elshorbagy, 2005). Las métricas implementadas para la evaluación del desempeño del modelo aglutinado simple fueron el RMSE, el coeficiente e determinación de Pearson (R^2), el IRMSE y el SPHR las cuales se describen a continuación.

- **Raíz del Error cuadrático medio (RMSE)**

La raíz del error cuadrático medio (RMSE) de un estimador mide el promedio de la raíz de los errores al cuadrado, es decir, la diferencia entre el estimador y lo que se estima. El RMSE es una función de error,

correspondiente al valor esperado de la pérdida del error. La diferencia se produce debido a la aleatoriedad o porque el estimador no tiene en cuenta la información que podría producir una estimación más precisa (Lehmann, E. L.; Casella, 1998).

Figura 5.44 Disposición de las áreas de drenaje seleccionadas para la modelación y regionalización de parámetros.



Fuente: Consorcio SH

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{X}_i - X_i\right)^2}$$

Donde:

$\hat{X}_i$ Valor observado.
X_i Valor simulado.
n Cantidad de datos.

- **Inercia de la raíz del error medio cuadrático**

La inercia de la raíz del error cuadrático medio (IRMSE) de un estimador mide la asimetría del promedio de la raíz de los errores al cuadrado, es decir, la centralización entre diferencia entre el estimador y lo que se estima. La expresión matemática de esta métrica se presenta a continuación.

$$Si\hat{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \; entonces \sigma_X = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \hat{X}_i\right)^2}$$

$$IRMSE = \frac{RMSE}{\sigma_X}$$

- **Criterio del Servicio de Pronóstico Hidrológico Ruso**

El criterio del Servicio de Pronóstico Hidrológico Ruso (SPHR) calcula el error medio de los pronósticos para el 70% de los aciertos. Esta métrica permite evaluar la efectividad del pronóstico, no tiene límite superior y su valor, para un modelo perfecto, es cero.

- **Coeficiente de determinación (r2)**

El coeficiente de determinación realiza una estimación de la calidad de predicción que puede presentar un modelo para replicar de la mejor forma los resultados producto de una simulación, y la proporción de variación generada, producto de los resultados que puede explicarse por el modelo. (Teegavarapu & Elshorbagy, 2005).

$$r_{xy} = \left[\frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}\right]^2 = \left[\frac{E\left[(X-\mu_x)(Y-\mu_y)\right]}{\sigma_x \sigma_y}\right]^2$$

Donde

σ_{xy} Covarianza de valor observado y simulado.
σ_x Desviación estándar del valor observado.
σ_y Desviación estándar del valor simulado.

5.1.5.5.3 Identificación de Parámetros (parametrización del modelo)

El período de registro de información hidrometeorológica considerado para calibración de la cuenca hidrográfica Río Guitara en sus tres estaciones de cierre se presenta en la **Tabla 5-59**.

Tabla 5-59 Periodos de tiempo considerados para la calibración modelo aglutinado simple

CÓDIGO	ESTACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN
52057050	Pilcuan	Enero-1980	Diciembre-2014
52057010	Carlosama	Enero-1979	Diciembre-2014
52057040	San Pedro	Enerp-1970	Diciembre-2014

Fuente: Consorcio SH

La consideración de la totalidad del registro hidrometeorológico para la calibración, sin la exclusión de fracción alguna para la calibración de dicho modelo, obedeció principalmente a que este no tiene como finalidad funcionar en modo de pronóstico o de manera operacional, de tal forma que fuese necesario evaluar su desempeño con datos diversos a los de la calibración. Si no que por el contrario permitiera realizar una estimación del régimen hidrológico en las unidades de análisis seleccionadas, las cuales no contaban con información disponible al interior de ellas.

Tabla 5-60 Métricas de desempeño obtenidas en el proceso de calibración del modelo lluvia escorrentía

CÓDIGO	ESTACIÓN	RMSE [MM]	RMSE [%]	IRMSE	R^2	%ACIERTOS
52057010	Pilcuan	25,96	30,03	0,75	0,48	0,28
52057040	Carlosama	11,27	26,31	0,61	0,72	0,28
52057050	San Pedro	11,16	24,60	0,69	0,68	0,26

Fuente: Consorcio SH

Para las áreas de drenaje Río Guaitara en las estaciones de cierre Carlosama y San Pedro se obtuvo un mejor desempeño que para el cierre en la estación Pilcuan, sin embargo, en general las calibraciones realizadas fueron buenas, teniendo en cuenta la parsimonia del modelo implementado.

Tabla 5-61 Parámetros calibrados del modelo aglutinado simple para la cuenca hidrográfica río Guaitara en sus tres puntos de cierre

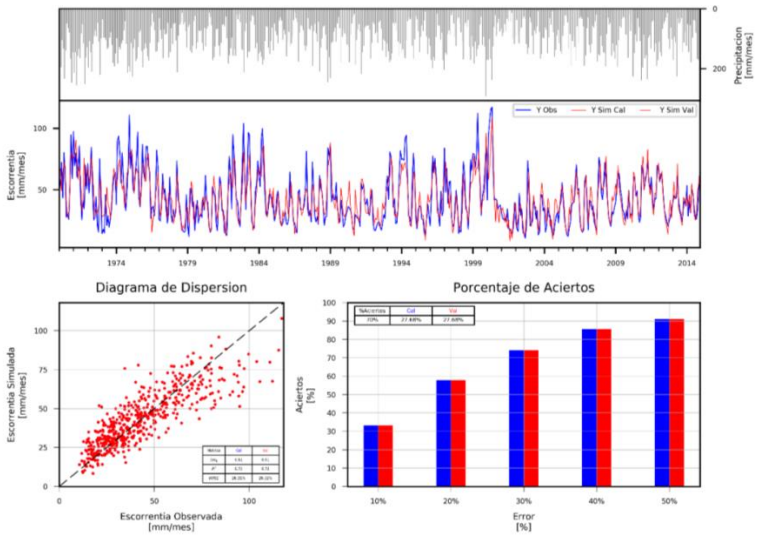
CÓDIGO	ESTACIÓN	κ	τ	ÁREA (KM^2)
52057010	Pilcuan	0,36	1,68	1040,97
52057040	Carlosama	0,22	2,14	210,33
52057050	San Pedro	0,19	3,12	3202,85

Fuente: Consorcio SH

En la **Figura 5.45** a la **Figura 5.47** se presentan uno a uno el desempeño en las series de caudal observadas y

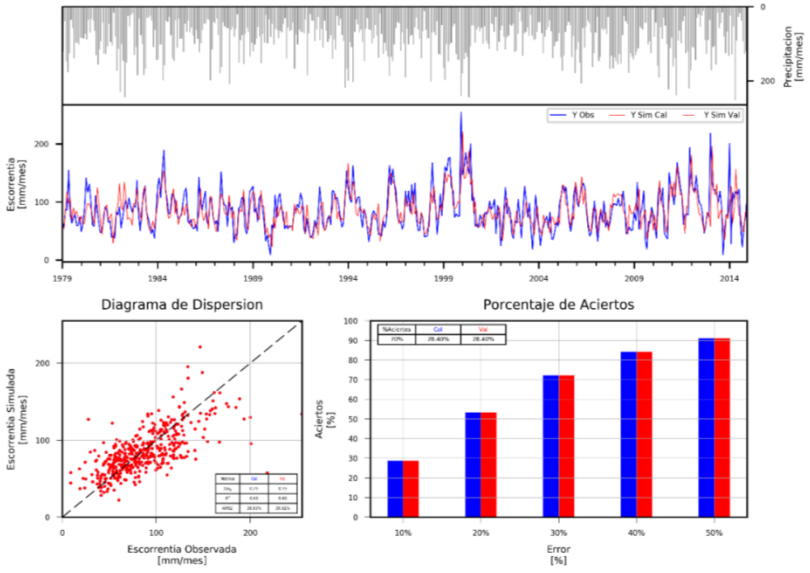
estimadas mediante el modelo aglutinado simple para las tres áreas de drenaje evaluadas, así como también el diagrama de dispersión comparativo y el porcentaje de aciertos por parte del modelo evaluado.

Figura 5.45 Resultados del proceso de calibración del modelo Aglutinado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) en la estación Carlosama [52057040]



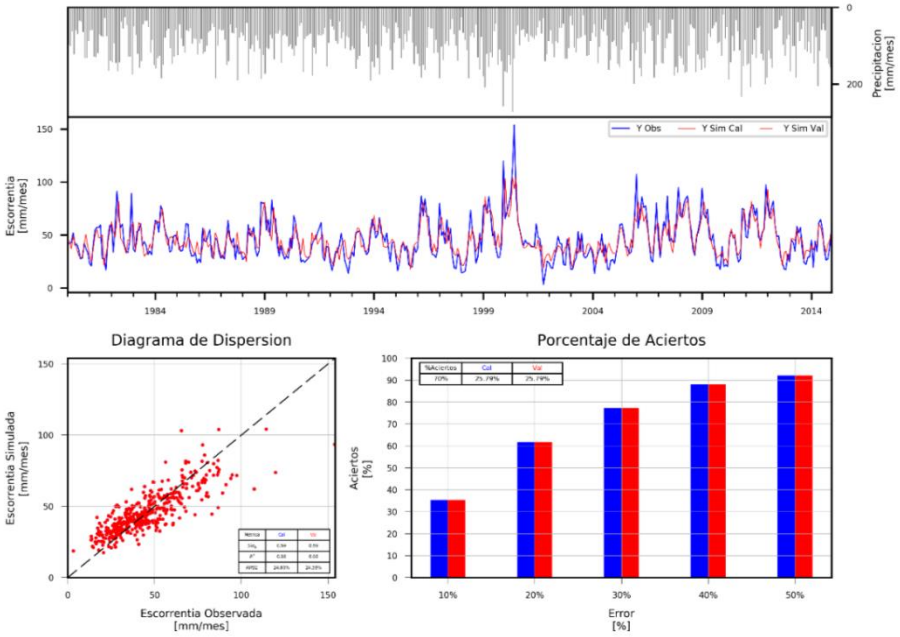
Fuente: Consorcio SH

Figura 5.46 Resultados del proceso de calibración del modelo Aglutinado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) en la estación Pilcuan [52057010]



Fuente: Consorcio SH

Figura 5.47 Resultados del proceso de calibración del modelo Aglutinado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) en la estación San Pedro [52057050]

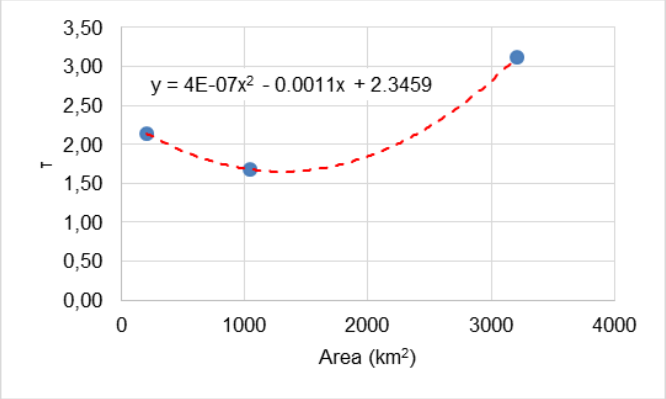


Fuente: Consorcio SH

5.1.5.5.4 Regionalización de parámetros

Posteriormente a la calibración del modelo lluvia escorrentía (X-Q) para las tres áreas de drenaje se procedió a realizar la distribución de los parámetros en cada una de las unidades de análisis seleccionas para poder realizar la estimación de las series sintéticas de caudal.

Figura 5.48 Curva de estimación del parámetro τ en función del área.



Fuente: Consorcio SH

Para parámetro τ se identificó una relación con el área aferente de cada una de las unidades de análisis (ver figura arriba). En relación con el coeficiente de escorrentía la distribución se tomó teniendo en cuenta la condición hidrológica (precipitación y cobertura) de cada una.

Tabla 5-62 Parámetros del modelo aglutinado simple para las estaciones Unidades de Análisis Hidrográfica para el área AI-EIA-1B

UAH	κ	τ	ÁREA KM^2
Afluentes Directos Río Guaitara 29	0,3647	2,3401	5,2598
Afluentes Directos Río Guaitara 28	0,3647	2,3423	3,2395
Afluentes Directos Río Guaitara 27	0,3647	2,3439	1,8252
Río Sapuyes	0,3647	2,3444	1,3931
Quebrada Macal 02	0,3647	2,3410	4,4847
Quebrada San Francisco	0,3647	2,3423	3,2702
Afluentes Directos Río Guaitara 26	0,3647	2,3445	1,2958
Afluentes Directos Río Guaitara 25	0,3647	1,6287	1062,3702
Quebrada El Tablón	0,3647	2,1272	215,7922
Quebrada La Lechuza	0,3647	2,3440	1,7691
Afluentes Directos Río Guaitara 30	0,3647	2,3432	2,4797
Afluentes Directos Río Guaitara 24	0,3647	2,3439	1,8342
Afluentes Directos Río Guaitara 23	0,3647	2,3431	2,5172
QuebradaLa Llave - Moledores	0,3647	2,3437	1,9631
Afluentes Directos Río Guaitara 22	0,3647	2,3453	0,5330
Afluentes Directos Río Guaitara 21	0,3647	2,3312	13,3897
Afluentes Directos Río Guaitara 20	0,3647	2,3360	9,0625

UAH	κ	τ	ÁREA KM^2
Afluentes Directos Río Guaitara 19	0,3647	2,3451	0,7527
Afluentes Directos Río Guaitara 18	0,3647	2,3440	1,7394
Afluentes Directos Río Guaitara 17	0,3647	2,3421	3,4970
Afluentes Directos Río Guaitara 16	0,3647	2,3370	8,0692
Afluentes Directos Río Guaitara 15	0,3647	1,8819	520,2606
Afluentes Directos Río Guaitara 14	0,3647	2,3452	0,6206
Afluentes Directos Río Guaitara 13	0,3647	2,3454	0,4672
Quebrada Humeadora 02	0,3647	2,3454	0,4598
Afluentes Directos Río Guaitara 12	0,3647	2,3444	1,3517
Quebrada Seca	0,3647	2,3449	0,8738
Afluentes Directos Río Guaitara 11	0,3647	2,3427	2,8850
Quebrada Las Cuevas	0,3647	2,3451	0,7464
Quebrada El Culantro	0,3647	2,3453	0,5534
Quebrada Honda	0,3647	2,3448	0,9898
Quebrada San Antonio	0,3647	2,3451	0,7283
Quebrada Yamburayan	0,3647	2,3457	0,1964
Afluentes Directos Río Guaitara 10	0,3647	2,3448	0,9553
Quebrada Boqueron	0,3647	2,3449	0,9134
Afluentes Directos Río Guaitara 09	0,3647	2,3299	14,6305
Afluentes Directos Río Guaitara 08	0,3647	2,3457	0,2138
Afluentes Directos Río Guaitara 07	0,3647	2,3456	0,2506
Captación Quebrada Culantro	0,3647	2,3448	0,9634
Captación Quebrada El Macal	0,3647	2,3455	0,3467
Captación Quebrada El Manzano	0,3647	2,3451	0,7617
Captación Quebrada La Llave - Moledores	0,3647	2,3444	1,3478
Captación Río Guaitara	0,3647	2,3437	2,0273
Captación Quebrada San Francisco 01	0,3647	2,3439	1,8005
Captación Quebrada San Francisco 02	0,3647	2,3457	0,1555
Captación Quebrada Yamburan	0,3647	2,3368	8,2553
Captación Y Vertimiento Quebrada Humeadora	0,3647	1,5900	1405,2263
Captación Y Vertimiento Quebrada Sapuyes	0,3647	2,3446	1,2144
Vertimiento Guaitara	0,3647	1,8812	521,2452

Fuente: Consorcio SH

5.1.5.5.5 **Simulación**

Una vez determinados los parámetros del modelo para cada UAH, solo es necesaria la condición inicial del

sistema (condición hidrológica antecedente). Esta se estimó como una aproximación de la condición media de la cuenca para el mes de enero a través de un balance de largo plazo entre la precipitación y la evapotranspiración potencial como se explica a continuación:

- **Determinación de la condición inicial mediante aproximación por balance de largo plazo**

Identificados los parámetros en cada una de las unidades de análisis se procedió a realizar la estimación de las series sintéticas de caudal para cada una de las unidades de análisis. Como se ha mencionado, no se cuenta con registros históricos de caudales en dichas unidades, los cuales permitan establecer la condición inicial para la operación del modelo. Por lo tanto, se desarrolló un balance hídrico mensual multianual a largo para todas las unidades de análisis mediante la ecuación de conservación de masa para la estimación del valor inicial de escorrentía en cada UAH, así:

$$E = P - ET$$

Donde:

E : Escorrentía (mm/mes)
P : Precipitación (mm/mes)
ET : Evapotranspiración potencial (mm/mes)

Se identificaron las estaciones meteorológicas con registros de temperatura al interior de las unidades de análisis, así como de sus alrededores. Previo al análisis de consistencia de la información (Complementación de datos faltantes e identificación de datos atípicos) se generaron campos de temperatura (isotermas) y mediante estadística zonal se obtuvo la temperatura promedio mensual multianual para cada una de las unidas de análisis. No obstante, para el presente análisis no se consideró el ajuste por brillo solar, ya que este solo influye en la estimación de la condición inicial del proceso de simulación.

La metodológica propuesta por Thorthwaite (Thornthwaite, 1948) fue aplicada para la estimación de la evapotranspiración potencial promedio mensual multianual para todas las unidades de análisis seleccionadas. A partir de esta y de la precipitación estimada se realizó el balance hídrico a largo plazo para todas las unidades de análisis. Por último, se seleccionó como condición inicial la escorrentía (excesos del balance) correspondiente al mes de enero dado que el período de simulación se encuentra entre enero de 1970 y diciembre de 2014.

- **Evapotranspiración Potencial**

Se trata de un modelo de temperatura empírico el cual fue desarrollado con base en mediciones de temperatura y su correlación con datos de lisímetros y balances hídricos del suelo en cuencas pequeñas de los Estados Unidos. El método tiene restricciones en su uso para zonas áridas, pues no tiene en cuenta la radiación neta, factor importante en el fenómeno de evapotranspiración (Thornthwaite, 1948).

$$ET_m = 1.6\left[\frac{10 * T_i}{j}\right]^a$$

Donde,

ET_m es la evapotranspiración potencial en mm dia^{-1}

T_i es la temperatura media mensual del aire en °C

j es el índice de calor anual $j_i = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5}\right)^{1.514}$

a es el exponente en función de j

$$a = 675x10^{-9} \cdot j^3 - 77x10^{-7} \cdot j^2 + 179x10^{-4} \cdot j + 0.492$$

Los resultados del proceso de simulación arrojaron las series de tiempo de caudales mediante el ejercicio de modelación matemática en cada una de las UAH y los puntos de intervención en el área de influencia del proyecto. Las series de tiempo pueden ser consultadas en el **Anexo 6 Hidrología - Series de Caudal UAH 1b.**

5.1.5.6 Caracterización del régimen hidrológico

A partir de las series generadas mediante el modelo aglutinado simple para cada una de las unidades hidrológicas de análisis para el área **AI-EIA-1B**. Se realizó la caracterización del régimen hidrológico de las mismas. Al igual que las series de precipitación, las series de caudal generadas se describieron probabilísticamente mediante las funciones de densidad de probabilidad. Para la caracterización del régimen hidrológico se utilizó el valor del primer momento estadístico para cada conjunto estadístico válido [*ene, feb, …, nov, dic*]. Teniendo en cuenta que el modelo hidrológico implementado solo reproduce la variabilidad de los caudales medios mensuales y, que este mismo enfoque no puede ser utilizado para reproducir la variabilidad de los caudales mínimos y máximos, se incluyeron las series de tiempo mensuales de los caudales mínimos y máximos para las estaciones hidrológicas Carlosama, Pilcuan y San Pedro las cuales son las estaciones de registro hidrológico en la cuenca del río Guaitara sobre el área de influencia del proyecto. A los registros mínimos, medios y máximos de caudal de dichas estaciones se les realizó un ajuste de funciones de probabilidad teóricas para cada mes en el periodo histórico al igual que a las series de caudales medios de cada UAH obtenida mediante los ejercicios de modelación. Por último, los valores característicos de caudal mínimo y máximo en cada mes para cada UAH fueron obtenidos al estimar la relación entre los valores esperados de los caudales medios y los valores esperados de los caudales mínimos y máximos de la estación Carlosama y Pilcuan y aplicarlos a los valores esperados del caudal medio en cada UAH. En la mayoría de los casos el ajuste se realizó con los datos de la estación Carlosama debido a la similitud del área con las UAH, a excepción de la UAH río Sapuyes en donde se aplicó la relación obtenida en los análisis de la estación Pilcuan. Por otra parte, el criterio adoptado para la definición de régimen hidrológicamente húmedo y seco, consistió en tomar los valores que fueran superiores e inferiores al promedio mensual multianual respectivamente. Las metodologías empleadas se describen a continuación.

5.1.5.6.1 Caracterización probabilística

Para el presente estudio se llevó a cabo una caracterización probabilística mediante funciones de densidad de probabilidad y la estimación de sus respectivos momentos para las series hidroclimatológicas de caudal. Los resultados de los mejores ajustes de las funciones teóricas se presentan en el **Anexo 6 Hidrologia - CAR. Probabilística.**

- **Ajuste de funciones de densidad de probabilidad teóricas (PDF)**

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados (Ven Te Chow, Maidment, & Mays, 1994).

Cada una de las señales de precipitación y caudal fueron caracterizadas mediante una función de densidad de probabilidad a nivel mensual. Se realizó de esta forma, puesto que cuando una variable es descrita con esta vestidura debe cumplir las hipótesis de una magnitud aleatoria la cual establece que: *"una magnitud aleatoria es aquella que al ser medida, siempre en las mismas condiciones, con los mismos métodos e instrumentos, arroja valores que difieren entre sí"* (Dominguez C, 2016a). Partiendo de este principio, la hipótesis que se planteó, considera que las condiciones energéticas, atmosféricas y de más, que rigen el ciclo hidrológico a nivel mensual, son similares en cada mes a lo largo de los años.

Tabla 5-63 Funciones de densidad de probabilidad teóricas evaluadas

TEÓRICA	ECUACIÓN
Normal	$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\acute{x})}{2\sigma^2}}$
Log Normal	$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{x-\acute{x}}$
Exponencial	$P(x) = \lambda e^{-\lambda x} \forall x \geq 0$
Gamma	$P(x) = \frac{\lambda^2 x^{(a-1)} e^{-\lambda x}}{\Gamma(a)}$
Loggamma	$P(x) = e^{\frac{-(cx-e^x)}{\Gamma(c)}} parax, c > 0$
Weibull min	$P(x) = CX^{(c-1)} e^{(-x^c)}$
Weibull max	$P(x) = C(-x)^{(c-1)} e^{(-(-x)^c)}$
Nakagami	$P(x) = \frac{2 * N^N}{\Gamma(N) x^{2*N-1} e^{-Nx^2}} parax > 0, N > 0$
Gumbel con asimetría derecha	$P(x) = e^{-(x+e^{-x})}$
Genextreme	$P(x) = \frac{e^{(-e^{-x})}}{e^{-x}} parac = 0 P(x) = (1-cx)^{\frac{1}{(c-1)}} e^{-(1-cx)^{\frac{1}{c}}} parax \leq \frac{1}{c}, c > 0$
Power Law	$P(x) = a * x^{(a-1)} 0 \leq x \leq 1, a > 0$
Gumbel con asimetría izquierda	$P(x) = e^{(x-e^x)}$

Fuente: (Monsalve, 1995).

Algunas de las ecuaciones de las PDF que fueron evaluadas en el presente estudio, sin embargo si el lector desea mayor información puede remitirse a la referencia de (Chow, 1994). La frecuencia empírica se realizó mediante la ecuación propuesta por weibull tal como se describe Domínguez C (2016b). La selección del mejor ajuste se realizó en base a métricas como: error cuadrático medio en donde este fuese menor al 20% y la prueba de Kolmogorov-Smirnov fuera valida con un nivel de significancia del 95%.

- **Régimen de Caudales (1er Momento o valor esperado)**

Los momentos estadísticos de una magnitud aleatoria son un conjunto de características cuantitativas que sirven para describirla. Este conjunto está compuesto por momentos estadísticos de orden $k | k \in \{1, 2, ..., n\}$. Tener la colección de momentos estadísticos hasta el momento de orden n con n → ∞ es equivalente a tener la Curva de Densidad Probabilística (CDP) $p(x)$ o a su equivalente función de distribución $F(x)$ (Dominguez C, 2016b). A continuación, se presenta la ecuación para su estimación.

$$m_k = \sum_{i=i}^{n} x_i^k P_i$$

$$\mu_k = \sum_{i=i}^{n} (x_i - m_1)^k P_i$$

Donde

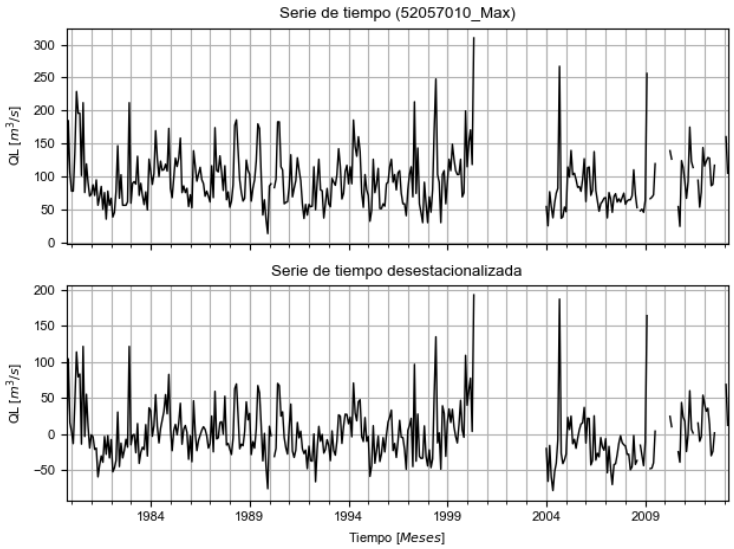
k Orden del momento $k \in 1,2,\ldots,\infty$

n números observados de la magnitud aleatoria

- **Caracterización caudales mínimos y máximos estaciones Pilcuan, Carlosama y San Pedro.**

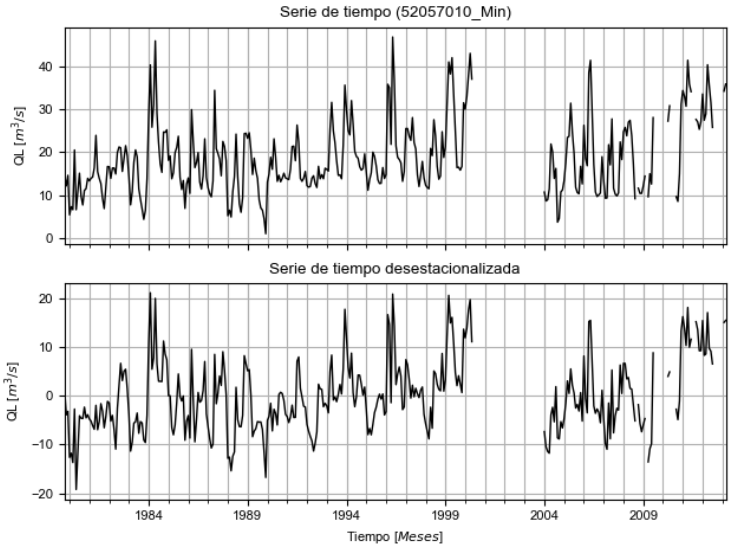
Las series de tiempo de los caudales mínimos y máximos para las estaciones Pilcual, Carlosama y San Pedro fueron obtenidas mediante consulta al IDEAM. Las dinámicas temporales de los registros extremos se presentan a continuación. Como se puede apreciar los datos presentan una consistencia aceptable para su tratamiento.

Figura 5.49 Serie de caudales máximos de la estación 52057010 [Pilcuan]



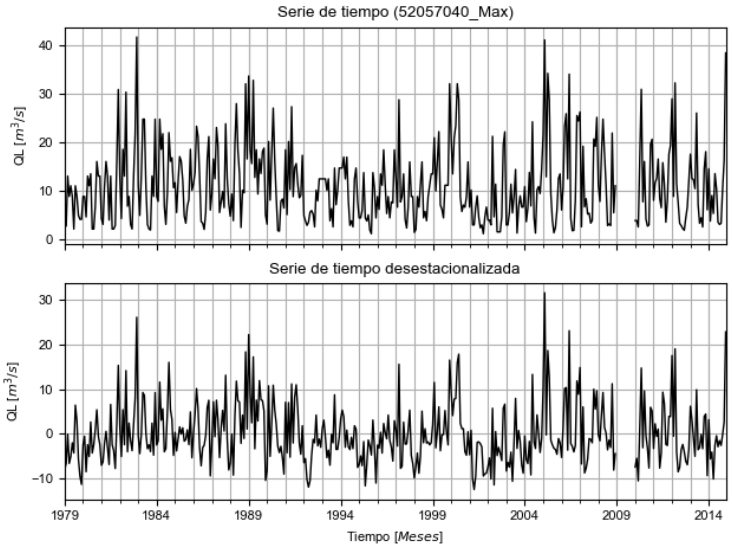
Fuente: Consorcio SH

Figura 5.50 Serie de caudales mínimos de la estación 52057010 [Pilcuan]



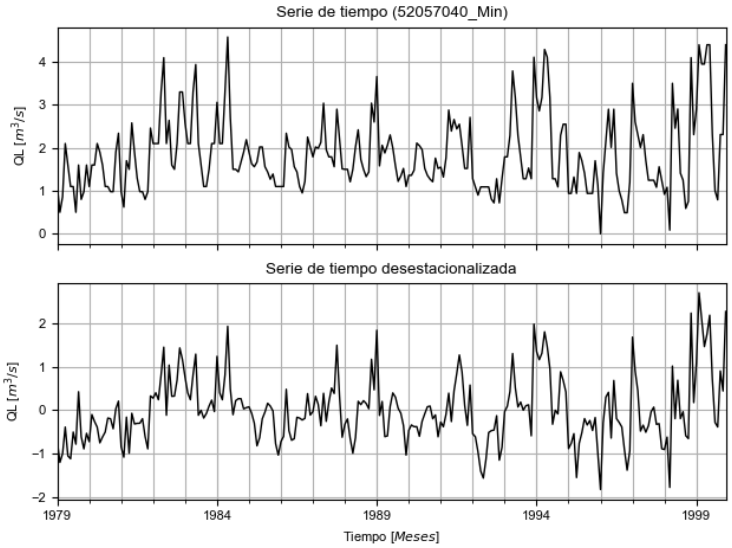
Fuente: Consorcio SH

Figura 5.51 Serie de caudales máximos de la estación 52057040 [Carlosama]



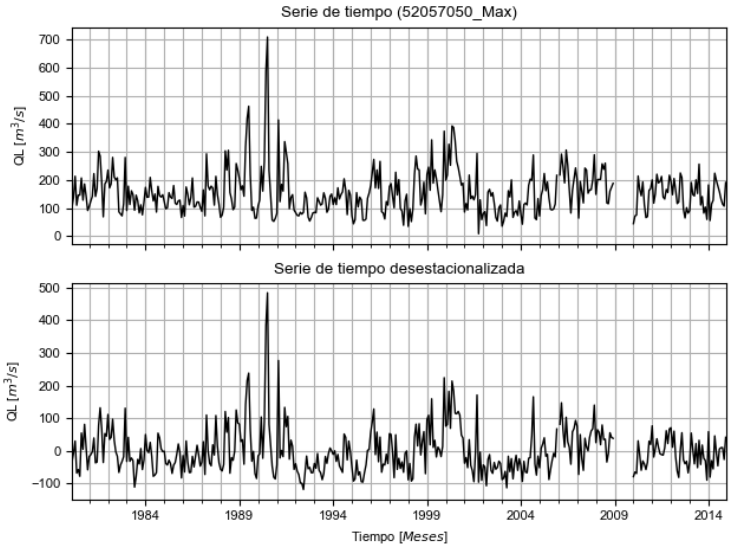
Fuente: Consorcio SH

Figura 5.52 Serie de caudales mínimos de la estación 52057040 [Carlosama]



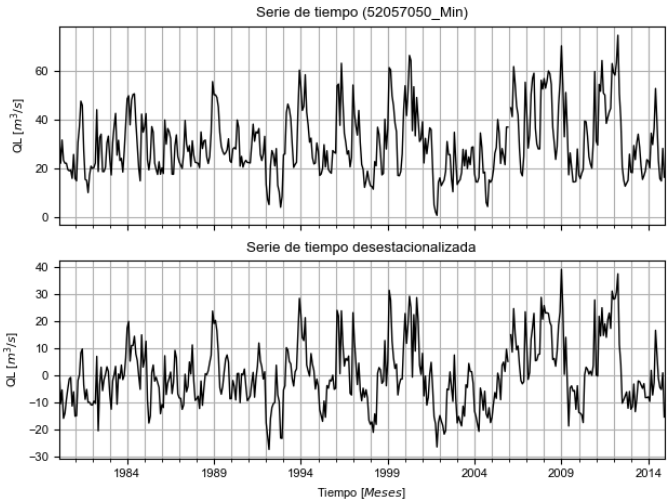
Fuente: Consorcio SH

Figura 5.53 Serie de caudales máximos de la estación 52057050 [San Pedro]



Fuente: Consorcio SH

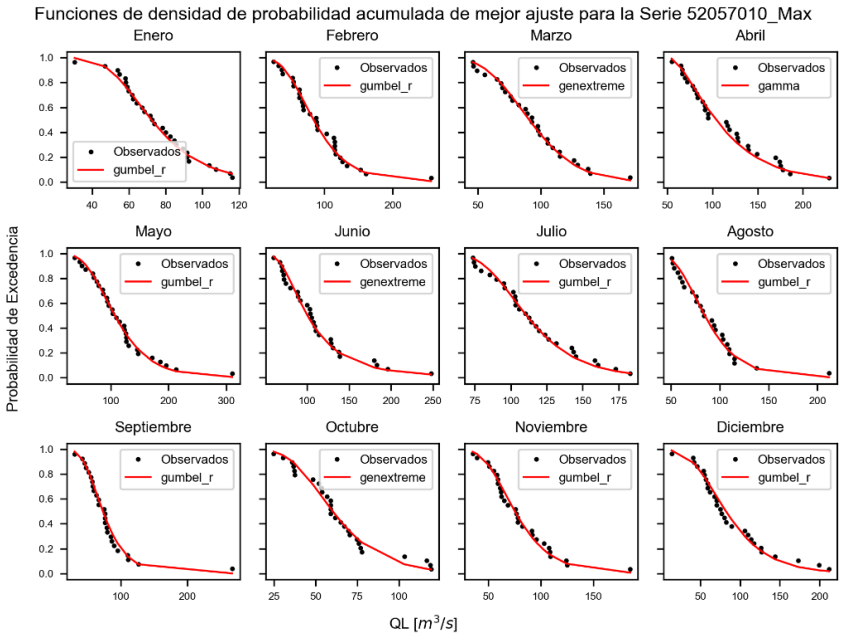
Figura 5.54 Serie de caudales mínimos de la estación 52057050 [San Pedro]



Fuente: Consorcio SH

Los resultados de la caracterización probabilística a los registros de datos extremos de las tres estaciones se presentan a continuación:

Figura 5.55 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057010 [Pilcuan] para caudales máximos

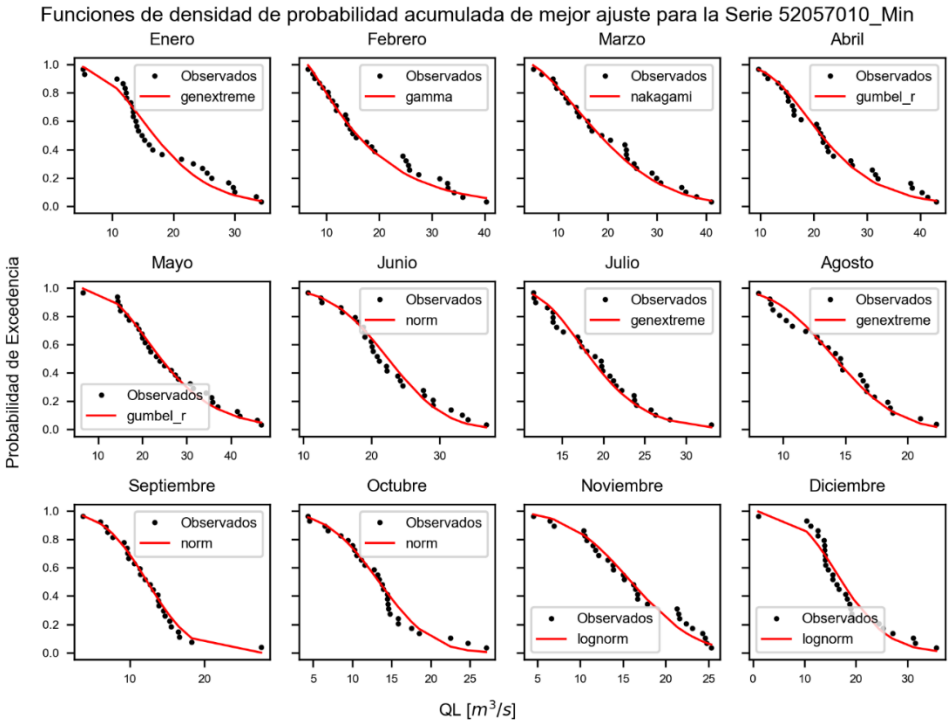


Fuente: Consorcio SH

Para la estación Pilcuan, en el conjunto de los datos máximos mensuales la función de mayor ajuste para los conjuntos mensuales fue la distribución teórica de Gumbel con asimetría derecha [8/12] seguida de la función generalizada de extremos [3/12] y en solo una ocasión la función gama.

Mientras que, en los conjuntos de caudales mínimos, los resultados son más variados en términos de la función de mejor ajuste, en este caso, las funciones que describen en la mayor parte del tiempo son la generalizada de extremos y la normal en el 50% del tiempo [6/12] seguida de las funciones log-normal y Gumbel con asimetría derecha cada una en 2 ocasiones.

Figura 5.56 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057010 [Pilcuan] para caudales mínimos.

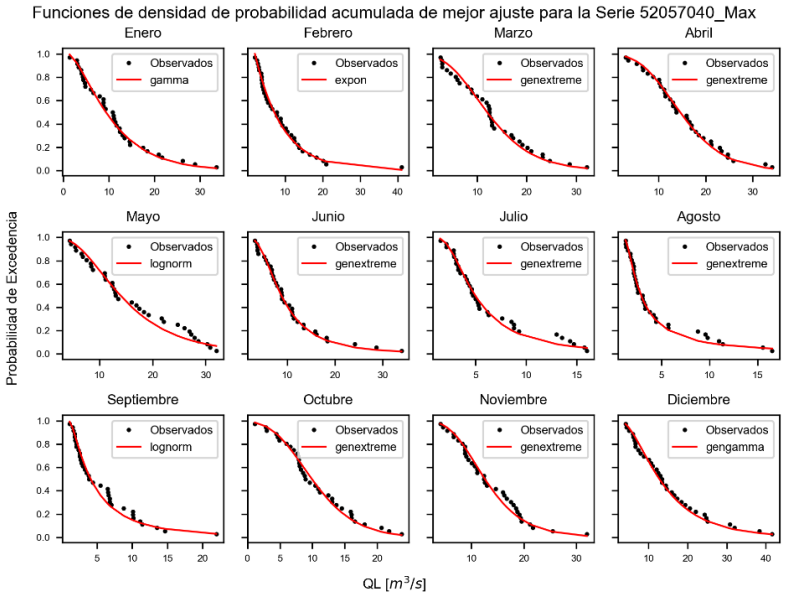


Fuente: Consorcio SH

Para la estación Carlosama, en el conjunto de los datos máximos mensuales la función de mayor ajuste para los conjuntos mensuales fue la distribución teórica generalizada de extremos [7/12] seguida de la función log-normal [2/12].

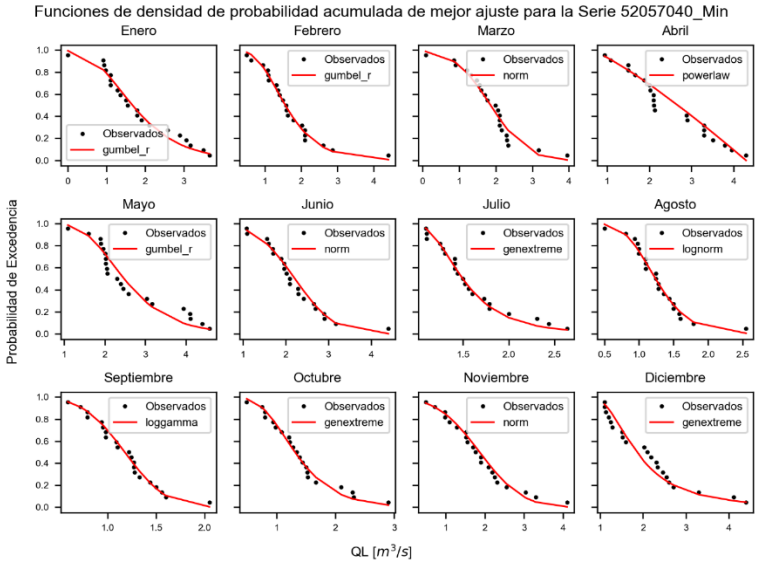
Por otra parte, los conjuntos de caudales mínimos, los resultados son más variados en términos de la función de mejor ajuste, en este caso, las funciones que describen en la mayor parte del tiempo son la función Gumbel con asimetría derecha [3/12], generalizada de extremos [3/12] y la normal [3/12] en el 75% del tiempo [9/12].

Figura 5.57 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057040 [Carlosama] para caudales máximos.



Fuente: Consorcio SH

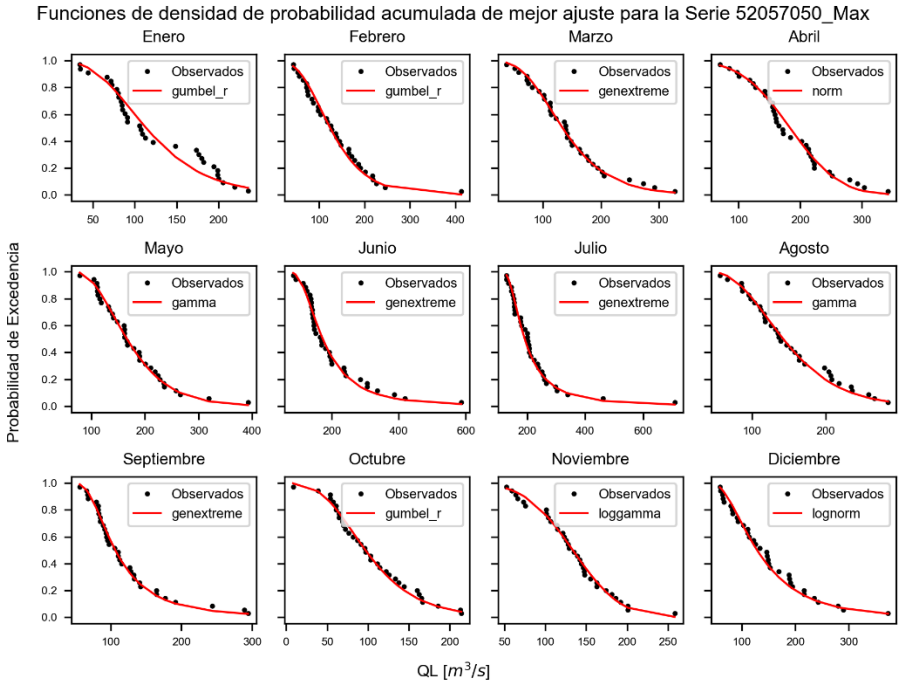
Figura 5.58 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057040 [Carlosama] para caudales mínimos.



Fuente: Consorcio SH

Por último, en la estación San Pedro (la cual resume la escorrentía total de la cuenca del río Guaitara luego de las áreas de influencia del proyecto vial), los resultados para los caudales máximos indican que las funciones de mayores ajustes son la función generalizada de extremos [4/12], seguida de la función gumbel con asimetría derecha [3/12] y la función gamma [2/12].

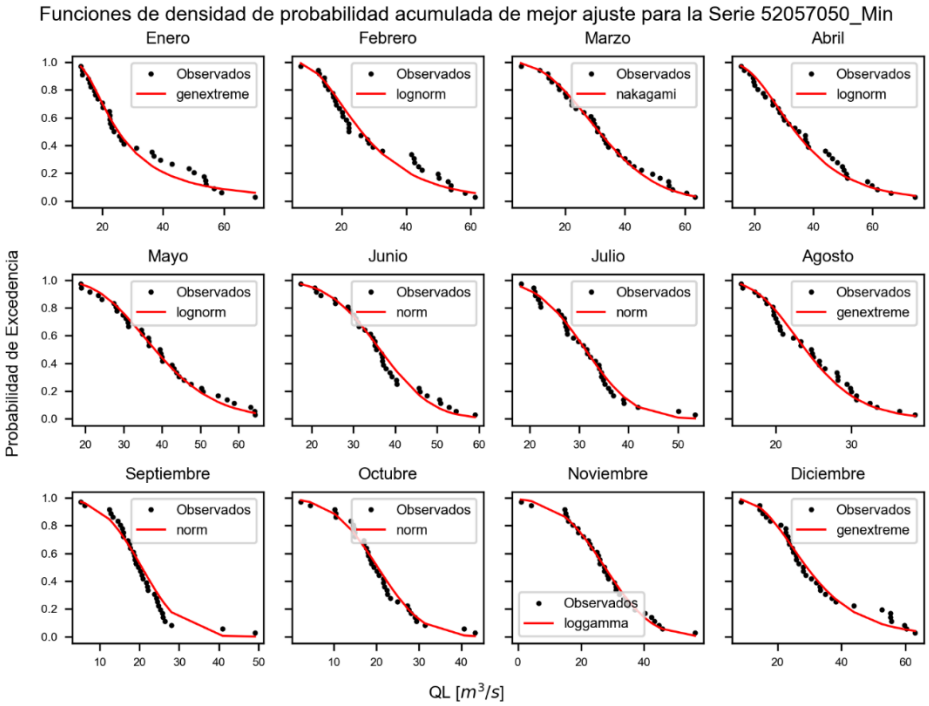
Figura 5.59 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057050 [San Pedro] para caudales máximos.



Fuente: Consorcio SH

De la misma forma, los caudales mínimos son descritos por las funciones de probabilidad normal [4/12, log-normal [3/12] y generalizada de extremos [3/12].

Figura 5.60 Mejores ajustes de la función de probabilidad para la estación 52057050 [San Pedro] para caudales mínimos.



Fuente: Consorcio SH

En general, la variabilidad hidrológica en los conjuntos de caudales máximos y mínimos son descritos por las funciones gumbel con asimetría derecha y generalizada de extremos las cuales son ampliamente utilizadas para caracterizar eventos extremos.

A partir de los resultados anteriores se estimaron los valores esperados (primer momento estadístico) para cada conjunto mensual para los caudales máximos, medios y mínimos.

Tabla 5-64 Valores esperados para caudales máximos, medios y mínimos [m³/seg]

ESTACIÓN	TIPO CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
52057040	MÁXIMO	11.33	9.41	13.05	15.41	16.22	11.00	6.70	6.26	6.19	10.58	13.57	15.43
52057040	MEDIO	3.52	3.27	3.89	4.69	4.64	3.45	2.43	1.88	1.81	2.78	3.80	4.12
52057040	MÍNIMO	1.84	1.69	1.86	2.62	2.64	2.22	1.61	1.28	1.18	1.41	1.87	2.18
52057010	MÁXIMO	76.29	91.41	93.33	115.12	115.99	113.94	116.05	89.67	78.11	64.23	80.27	89.78
52057010	MEDIO	31.63	33.10	37.42	42.39	44.64	42.30	38.32	28.31	22.68	25.33	31.75	35.68
52057010	MÍNIMO	17.98	19.08	20.08	23.04	25.99	22.42	19.14	14.27	12.35	13.41	16.01	17.77
52057050	MÁXIMO	123.60	135.36	144.70	183.32	178.29	204.70	227.48	152.71	124.52	105.64	133.44	151.25

ESTACIÓN	TIPO CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
52057050	MEDIO	51.15	51.55	56.98	68.13	70.70	70.17	62.79	47.12	35.66	35.90	49.57	59.51
52057050	MÍNIMO	33.35	30.26	32.76	37.42	39.46	36.34	31.26	24.57	20.58	20.34	27.51	31.99

Fuente: Consorcio SH

De acuerdo a la relación de áreas, la estación más cercana a los tamaños de las UAH (a excepción de la UAH río Sapuyes) es la estación Carlosama. Para la UAH río Sapuyes se asocia en los mismos órdenes de magnitud a la estación Pilcuan. Por lo tanto, las relaciones obtenidas entre los valores esperados de los caudales medios y, los valores esperados de los caudales máximos y mínimos se aplicaron a los valores esperados de las UAH de acuerdo con las relaciones de área explicados. Los factores que se aplicaron a los valores esperados de las UAH se presentan en la tabla a continuación.

Como se puede apreciar, para la zona de la cuenca alta del río Guaitara, la relación entre los caudales medios y los máximos se da entre 2.76 y 3.75 veces el caudal medio mensual, mientras que las relaciones entre los valores medios y mínimos son más constantes en la cuenca alta (estación Carlosama) y media (estación Pilcuan) con una relación de 0.56 veces los valores medios.

Tabla 5-65 Relación valores esperados $Q_{min-max}/Q_{med}$

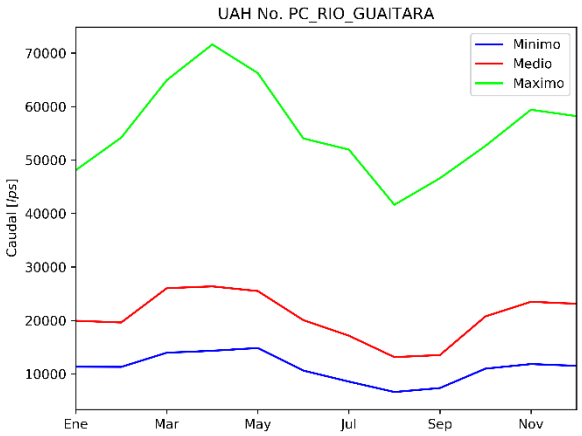
ESTACIÓN	TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
52057040 Carlosama	Factor Q_{max}	3.22	2.88	3.36	3.29	3.50	3.19	2.76	3.33	3.43	3.81	3.58	3.75
	Factor Q_{min}	0.52	0.52	0.48	0.56	0.57	0.64	0.66	0.68	0.65	0.51	0.49	0.53
52057010 Pilcuan	Factor Q_{max}	2.41	2.76	2.49	2.72	2.60	2.69	3.03	3.17	3.44	2.54	2.53	2.52
	Factor Q_{min}	0.57	0.58	0.54	0.54	0.58	0.53	0.50	0.50	0.54	0.53	0.50	0.50

Fuente: Consorcio SH

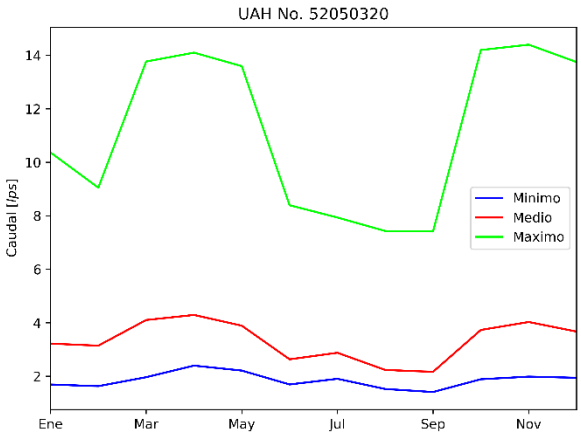
5.1.5.6.2 Caudales Mínimos, Medios y Máximos a partir de caracterización probabilística

En todas las series mensuales multianuales de caudal y precipitación, se observa que presentan un comportamiento de dos máximos, entre los meses de marzo y mayo en el primer semestre, y octubre y diciembre para el segundo semestre siendo este último mayor que el primero, como es característicos en los Andes Colombianos de acuerdo a Bedoya *et al*. (2010), además se observa un período de caudales bajos comprendido entre junio a septiembre, y enero a febrero. En las gráficas a continuación se presentan las distribuciones del régimen de caudales mensuales multianuales para las unidades del área de influencia 1B (UAH) y las unidades con fines de uso (captación y vertimiento).

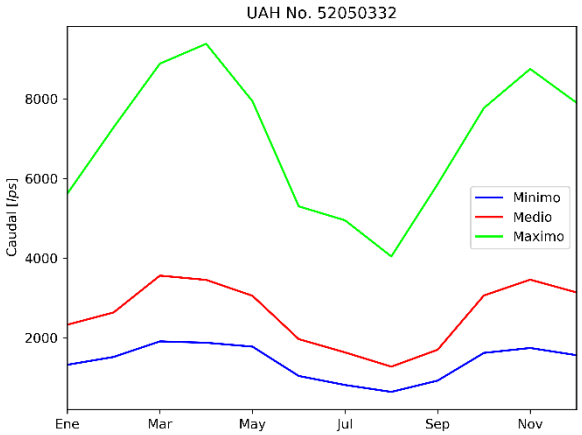
Figura 5.61 Caracterización de los regímenes hidrológicos para caudales mínimos, medios y máximos en litros por segundo [*lps*]



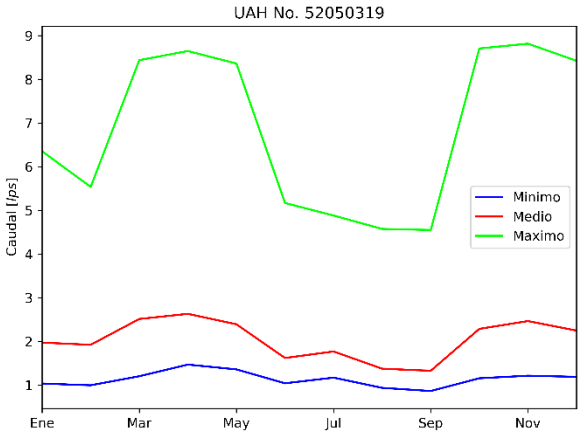
UAH - Captación Río Guaitara



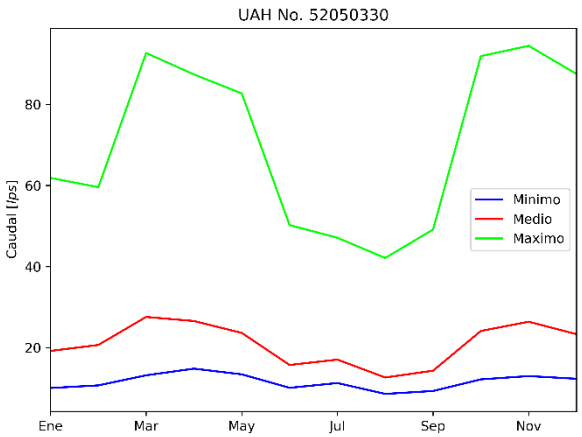
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 14



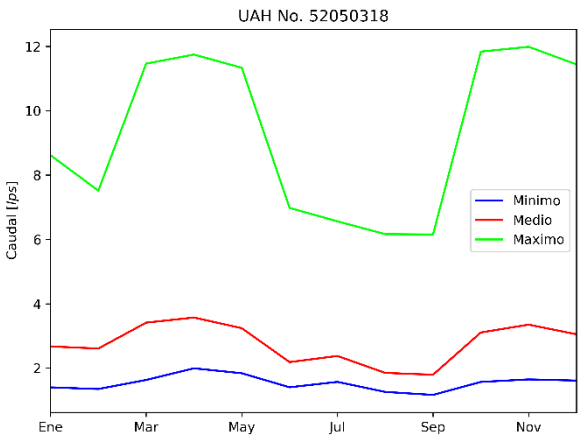
UAH - Quebrada Boquerón



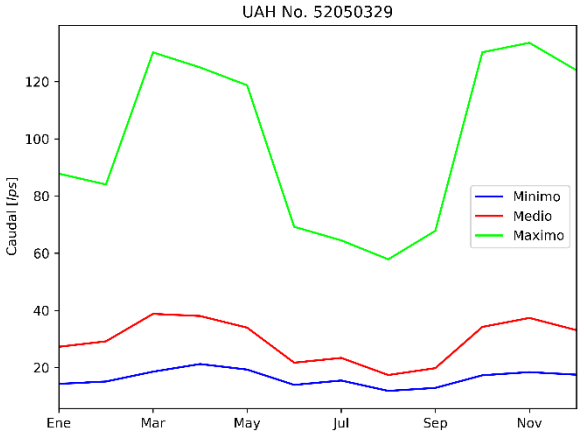
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 15



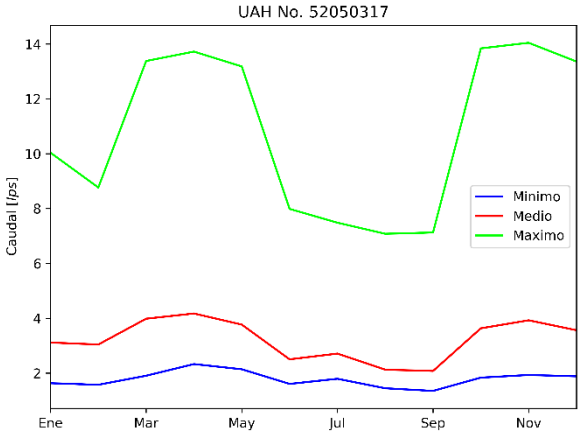
UAH - Quebrada Yamburayan



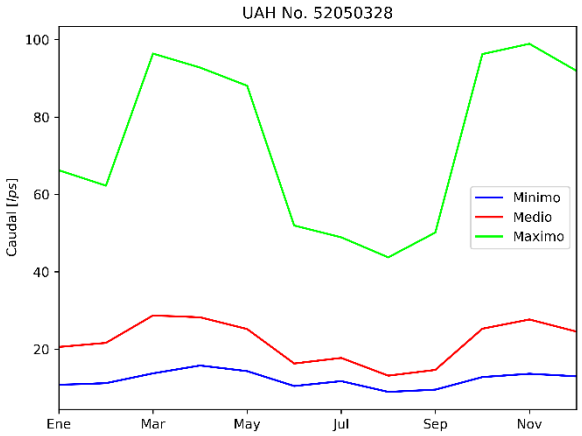
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 16



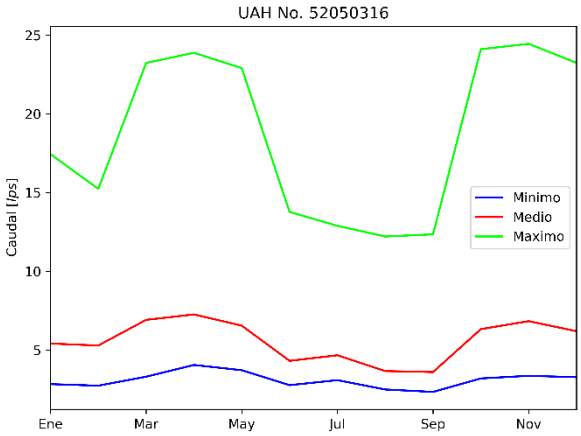
UAH - Quebrada San Antonio



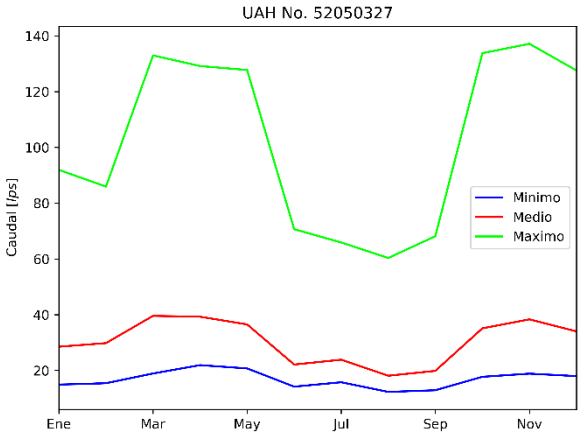
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 17



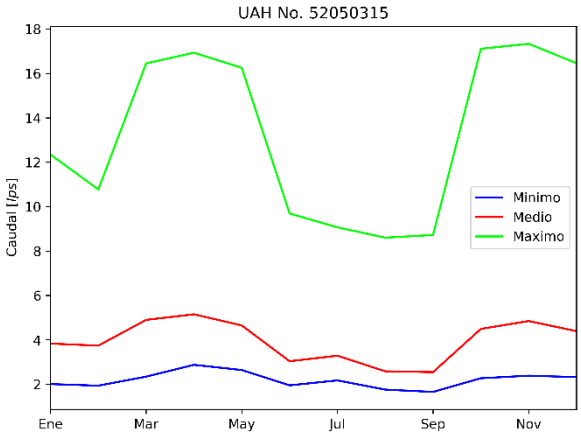
UAH - Quebrada Honda



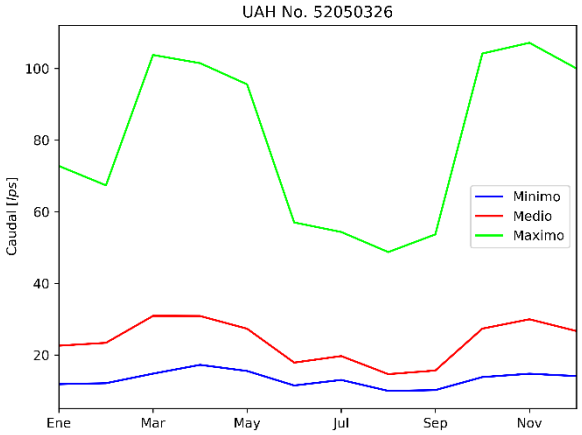
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 18



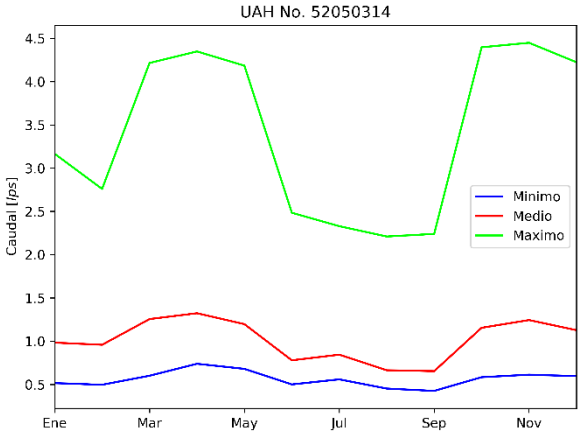
UAH - Quebrada El Culantro



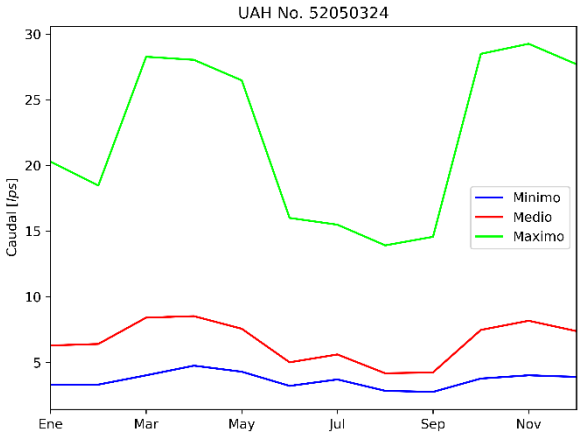
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 19



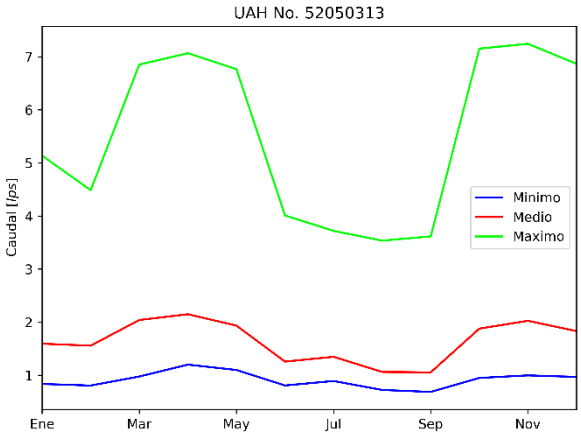
UAH - Quebrada Las Cuevas



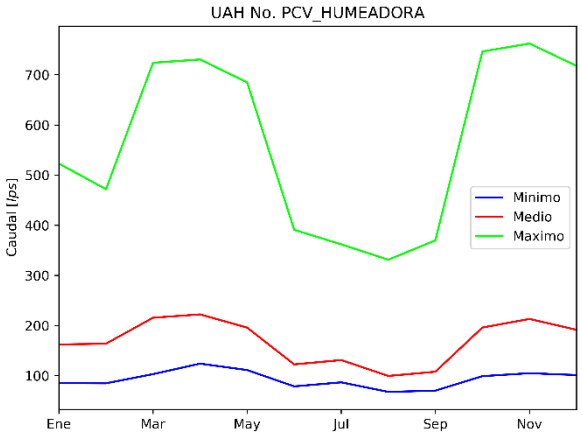
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 20



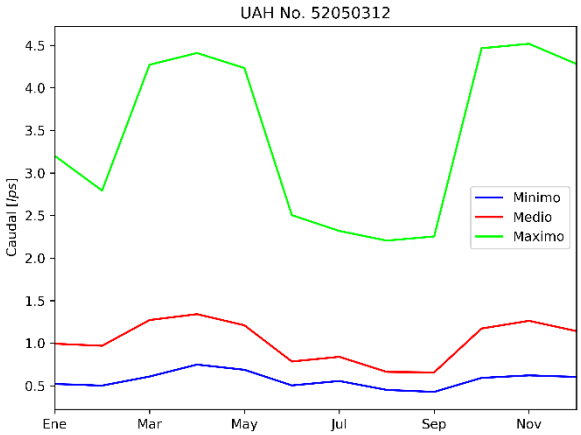
UAH - Quebrada Seca



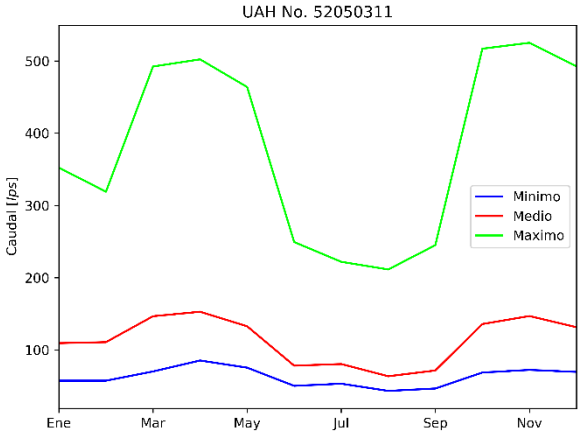
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 21



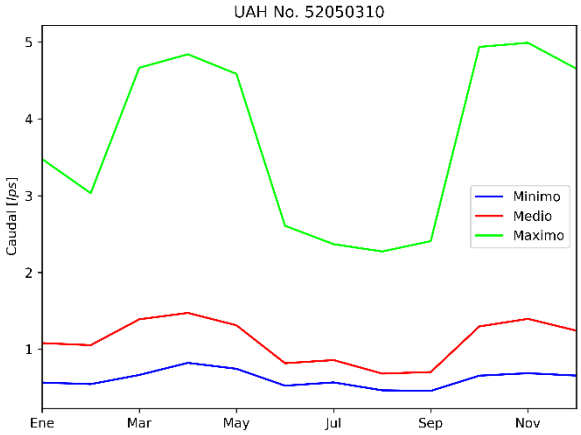
Captación y Vertimiento Quebrada Humeadora



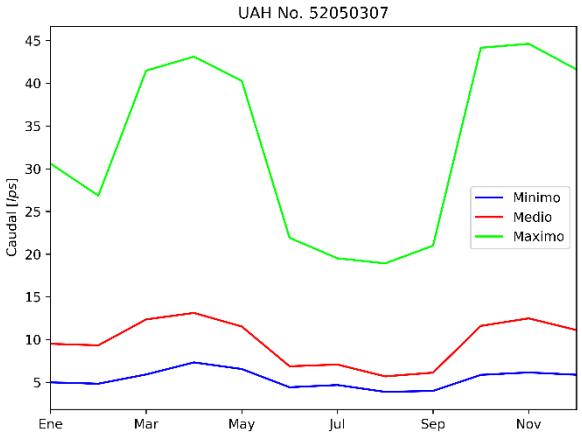
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 22



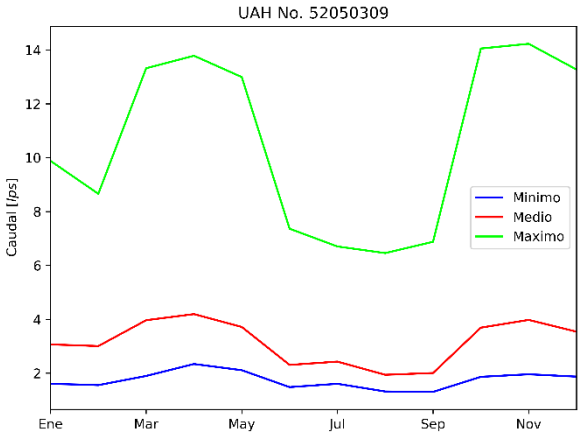
UAH - Quebrada La Llave - Moledores



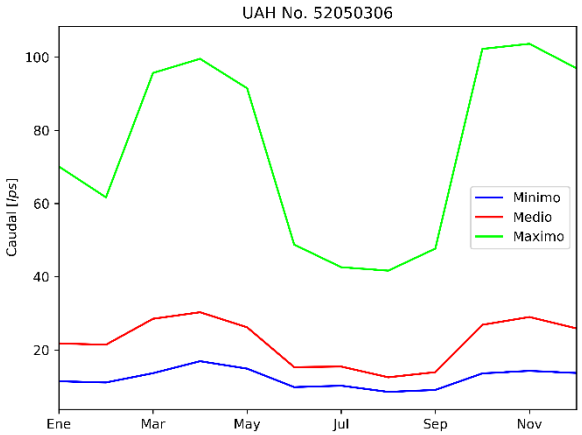
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 23



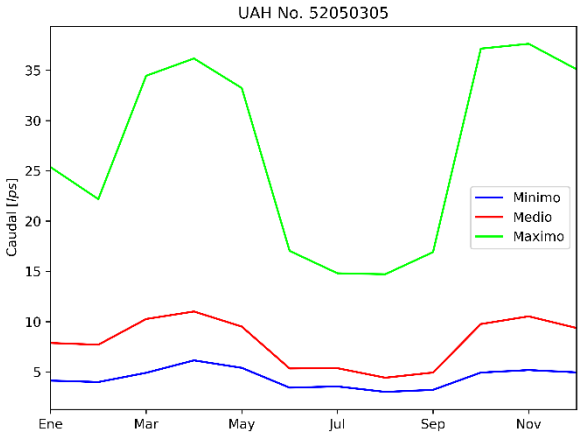
UAH - Quebrada La Lechuza



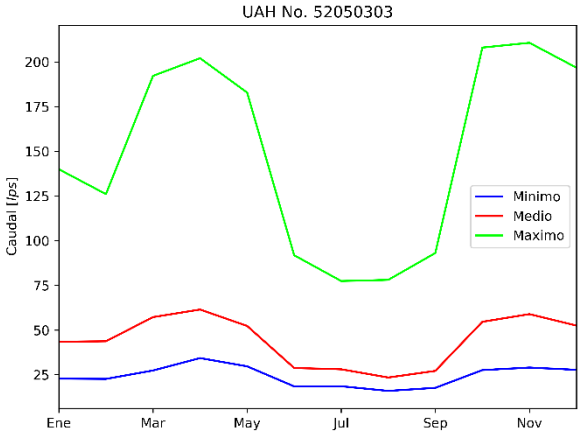
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 24



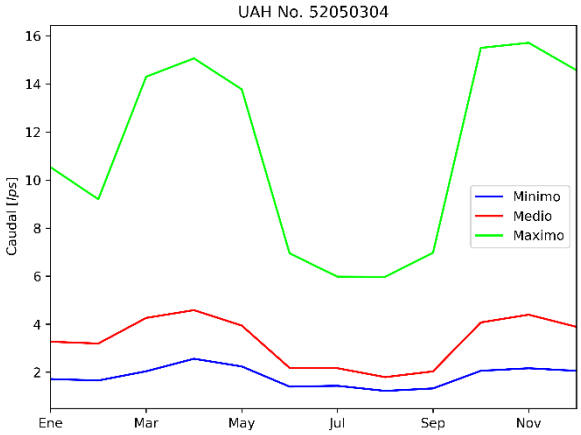
UAH - Quebrada El Tablón



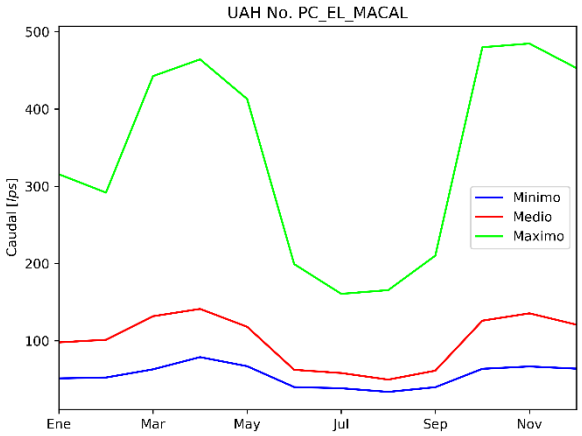
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 25



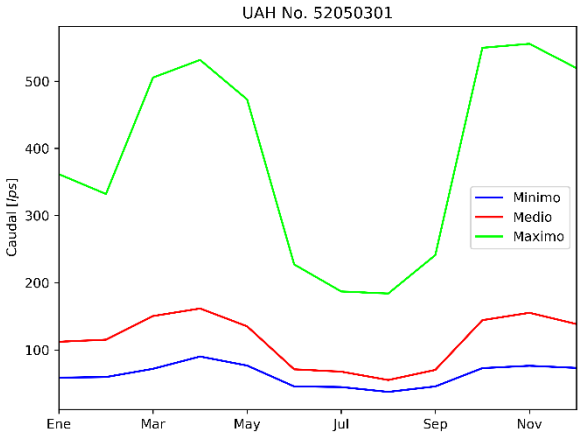
UAH - Quebrada San Francisco



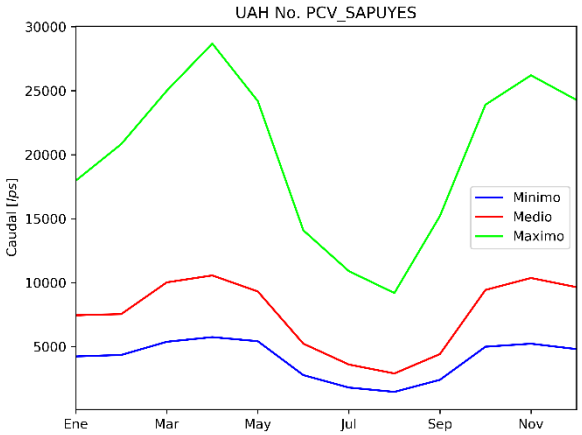
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 26



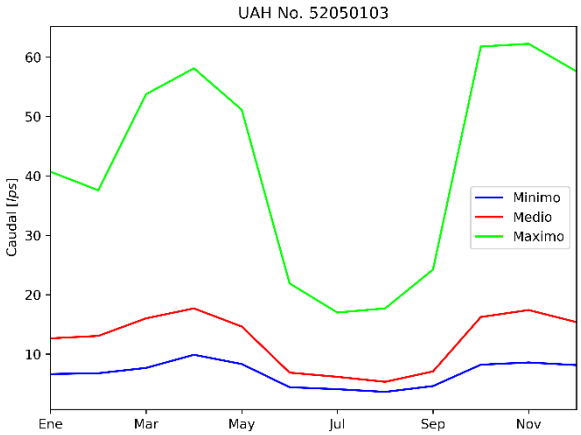
Captación Quebrada El Macal



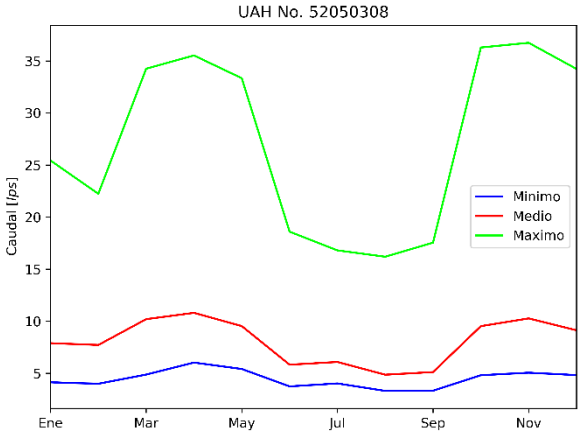
UAH - Quebrada Macal 02



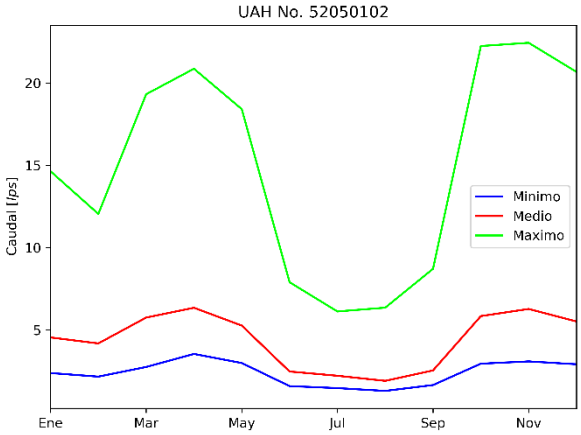
Captación y Vertimiento Quebrada Sapuyes



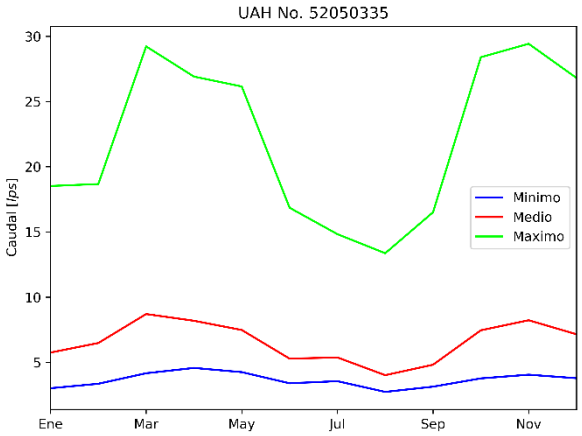
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 27



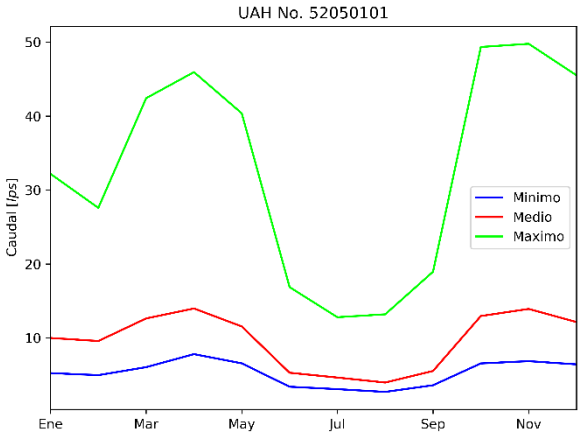
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 30



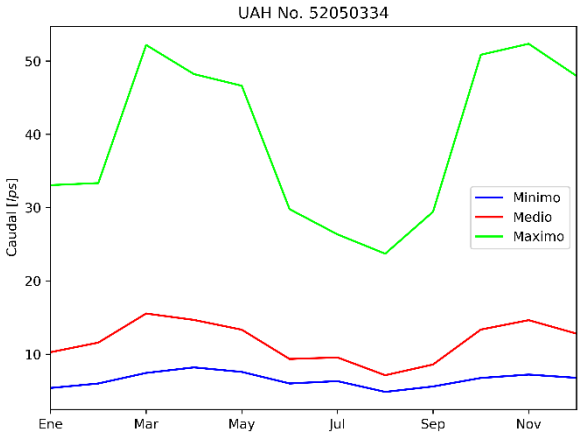
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 28



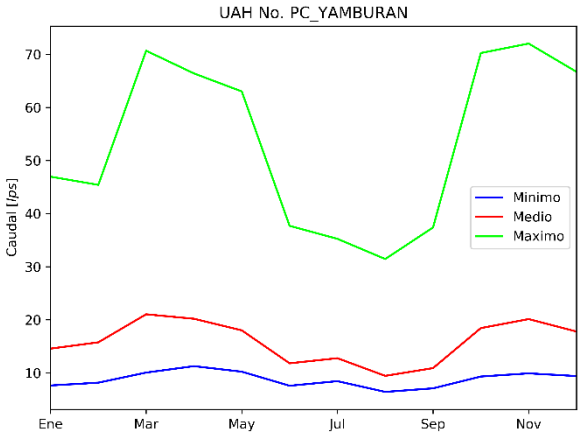
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 07



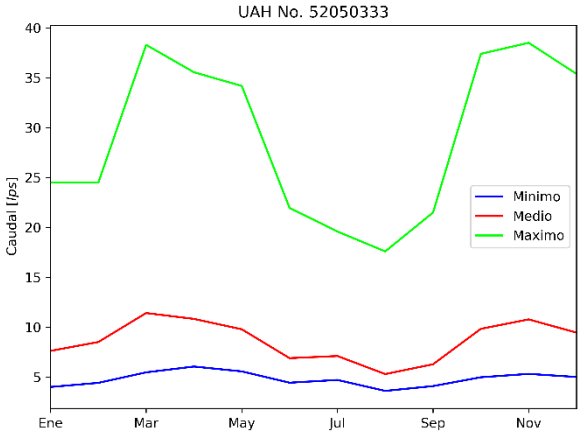
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 29



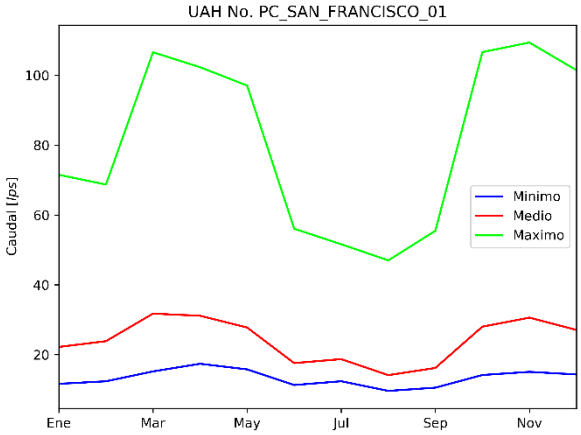
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 08



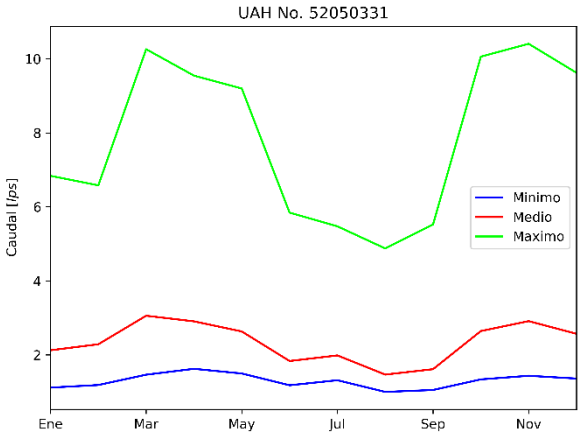
Captación Quebrada Yamburan



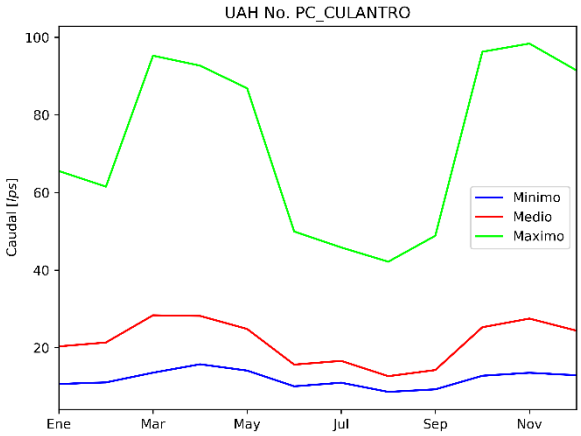
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 09



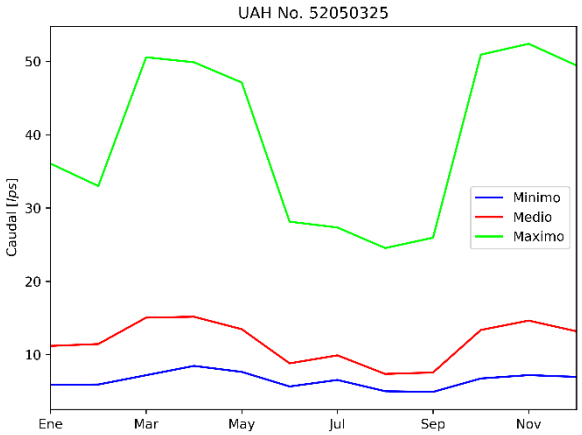
Captación Quebrada San Francisco 01



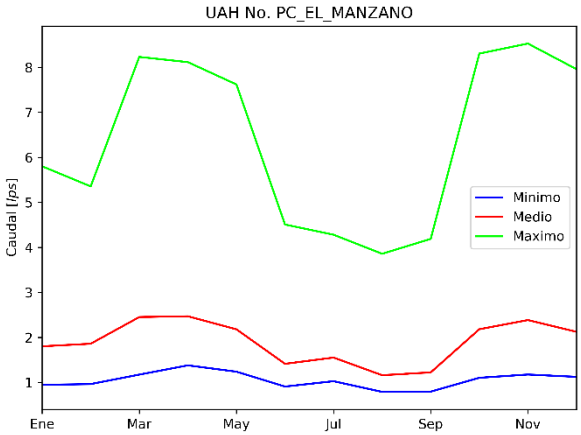
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 10



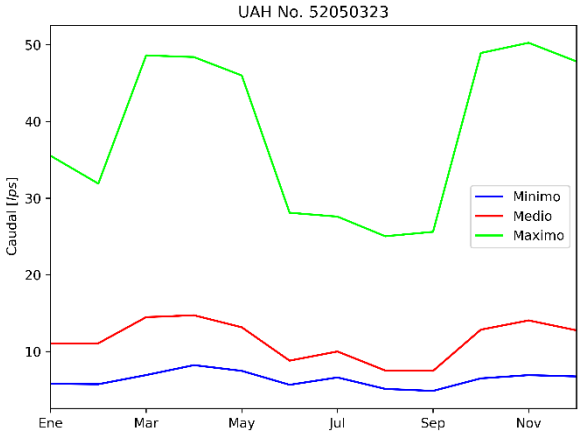
Captación Quebrada Culantro



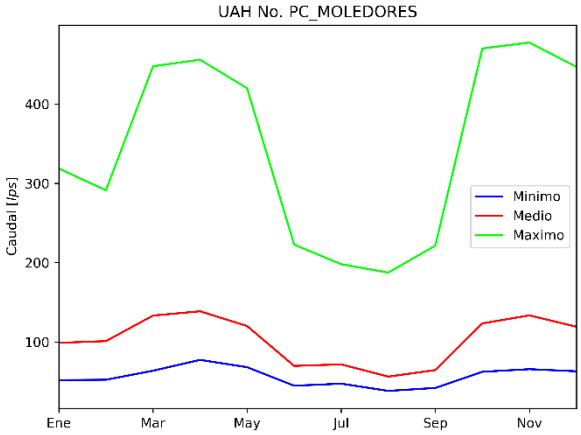
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 11



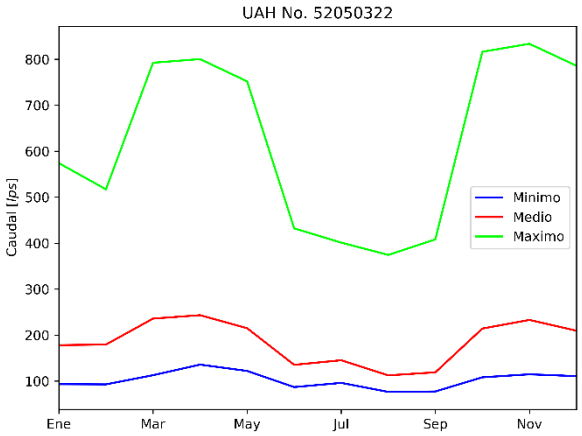
Captación Quebrada El Manzano



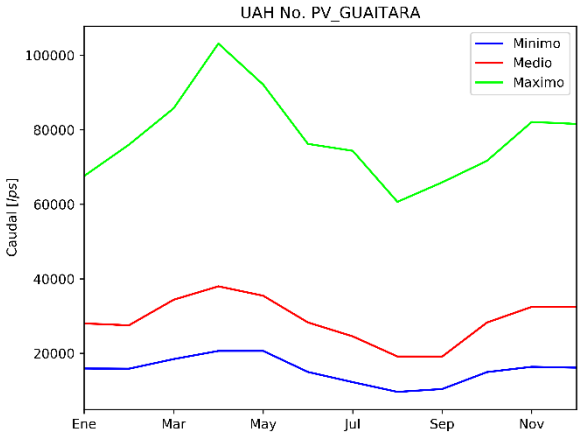
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 12



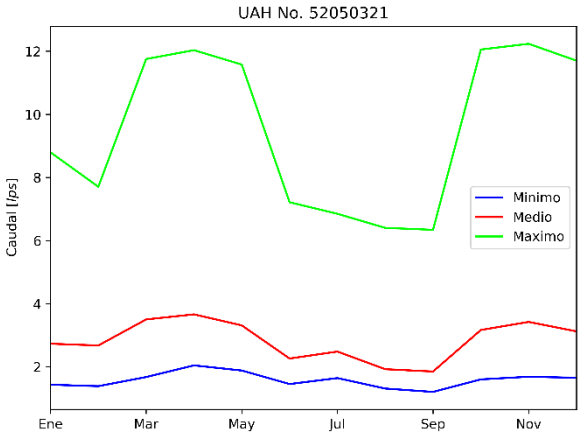
Captación Quebrada La Llave - Moledores



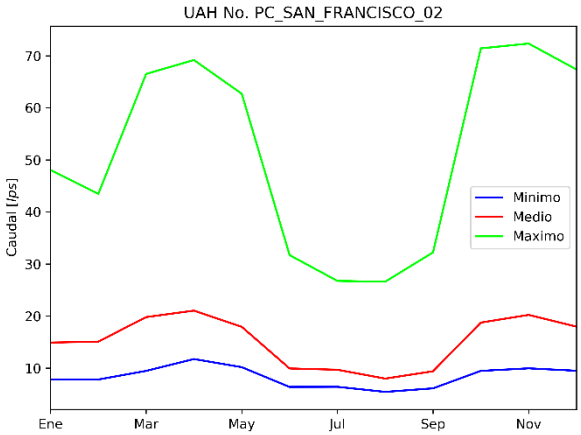
UAH - Quebrada Humeadora 02



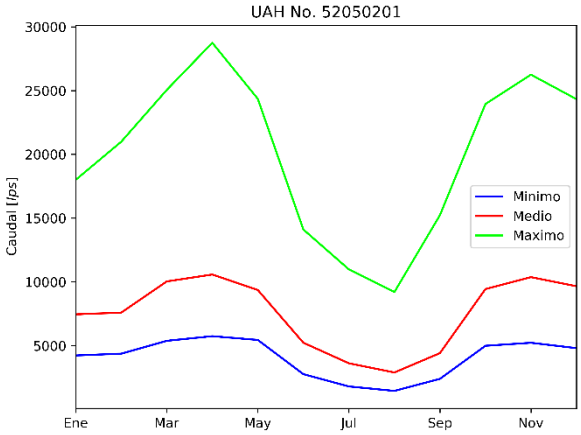
Vertimiento Guaitara



UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 13



Captación Quebrada San Francisco 02



UAH - Río Sapuyes

Fuente: Consorcio SH

Este comportamiento de máximos se debe en mayor medida a la migración meridional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) la cual es uno de los mecanismos preponderantes para explicar la variabilidad anual e interanual de la precipitación en Colombia. La distribución de uno o dos máximos en la distribución de la precipitación y caudal, en el ciclo anual, está asociada a la mayor actividad convectiva asociada al paso de la ZCIT por la geografía colombiana, así como de su interacción con las circulaciones de los Océanos Pacifico, Atlántico y de la cuenca del Amazonas. Por otra parte, la distribución espacial de la lluvia sobre Colombia está asociada con la época del año, cuando la ZCIT se encuentra más al sur (en el verano del hemisferio sur), la zona de la costa caribe presenta una disminución en las lluvias y viceversa para la zona sur durante el verano del hemisferio norte (Julio – Agosto). Entre tales extremos del calendario, la ZCIT pasa dos veces por encima del territorio Colombiano, en su camino hacia el sur en la época de octubre-noviembre y hacia el norte en la época de abril-mayo, produciendo las temporadas de mayor pluviosidad en el centro de Colombia (Velez, Poveda, & Mesa, 2000).

En las **Tabla 5-66** a la **Tabla 5-68** se presentan las magnitudes de los caudales característicos mensuales multianuales para para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B.

Tabla 5-66 Valores de caudal mínimo [*litros/seg*] para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B.

UAH	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
52050101	5.24	4.96	6.04	7.81	6.56	3.40	3.07	2.70	3.60	6.55	6.85	6.42	**5.27**
52050102	2.38	2.17	2.75	3.55	2.99	1.59	1.47	1.30	1.66	2.96	3.09	2.92	**2.40**
52050103	6.63	6.76	7.66	9.88	8.31	4.41	4.07	3.62	4.60	8.21	8.57	8.13	**6.74**
52050201	4,242.93	4,381.40	5,389.63	5,752.23	5,457.14	2,776.96	1,812.50	1,465.13	2,408.03	4,998.93	5,235.87	4,815.09	**4,061.32**
52050301	58.88	59.74	72.02	90.31	76.84	45.78	44.86	37.67	45.82	72.99	76.52	73.32	**62.89**
52050303	22.79	22.67	27.39	34.33	29.72	18.50	18.57	15.98	17.69	27.62	29.02	27.78	**24.34**
52050304	1.72	1.65	2.04	2.56	2.24	1.40	1.43	1.22	1.32	2.06	2.16	2.06	**1.82**

UAH	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
52050305	4.13	3.99	4.91	6.15	5.40	3.43	3.55	3.01	3.21	4.93	5.18	4.96	**4.40**
52050306	11.42	11.10	13.64	16.91	14.87	9.82	10.21	8.52	9.06	13.58	14.28	13.69	**12.26**
52050307	4.98	4.83	5.91	7.33	6.55	4.41	4.68	3.87	3.99	5.86	6.15	5.88	**5.37**
52050308	4.14	4.00	4.88	6.03	5.42	3.75	4.03	3.31	3.33	4.82	5.06	4.83	**4.47**
52050309	1.61	1.56	1.90	2.34	2.11	1.48	1.61	1.32	1.31	1.87	1.96	1.87	**1.74**
52050310	0.57	0.55	0.66	0.82	0.75	0.53	0.57	0.47	0.46	0.66	0.69	0.66	**0.61**
52050311	57.36	57.38	70.15	85.32	75.40	50.21	53.22	43.25	46.54	68.65	72.33	69.52	**62.44**
52050312	0.52	0.50	0.61	0.75	0.69	0.50	0.56	0.45	0.43	0.59	0.62	0.60	**0.57**
52050313	0.84	0.81	0.98	1.20	1.10	0.81	0.89	0.72	0.69	0.95	1.00	0.97	**0.91**
52050314	0.52	0.50	0.60	0.74	0.68	0.50	0.56	0.45	0.43	0.58	0.61	0.60	**0.56**
52050315	2.01	1.94	2.34	2.88	2.64	1.95	2.17	1.76	1.66	2.27	2.39	2.32	**2.19**
52050316	2.84	2.74	3.31	4.06	3.72	2.77	3.09	2.50	2.35	3.20	3.37	3.28	**3.10**
52050317	1.63	1.58	1.91	2.33	2.14	1.61	1.79	1.45	1.35	1.84	1.93	1.89	**1.79**
52050318	1.40	1.35	1.63	2.00	1.84	1.41	1.57	1.26	1.17	1.57	1.65	1.62	**1.54**
52050319	1.03	1.00	1.20	1.47	1.36	1.04	1.17	0.94	0.86	1.16	1.21	1.19	**1.14**
52050320	1.69	1.63	1.96	2.40	2.21	1.69	1.90	1.52	1.41	1.89	1.98	1.94	**1.85**
52050321	1.43	1.39	1.67	2.04	1.88	1.45	1.64	1.31	1.20	1.60	1.69	1.65	**1.58**
52050322	93.47	93.02	112.91	135.93	122.18	87.04	96.21	76.63	77.54	108.37	114.79	110.91	**102.42**
52050323	5.79	5.74	6.93	8.22	7.48	5.66	6.62	5.12	4.86	6.50	6.92	6.75	**6.38**
52050324	3.30	3.32	4.03	4.76	4.30	3.22	3.72	2.85	2.77	3.78	4.03	3.91	**3.67**
52050325	5.87	5.94	7.20	8.47	7.66	5.67	6.56	5.02	4.93	6.76	7.22	6.98	**6.52**
52050326	11.85	12.12	14.79	17.24	15.53	11.48	13.03	9.97	10.19	13.83	14.76	14.12	**13.24**
52050327	14.97	15.46	18.95	21.94	20.76	14.23	15.81	12.35	12.95	17.76	18.89	18.01	**16.84**
52050328	10.79	11.20	13.74	15.76	14.32	10.46	11.73	8.95	9.53	12.78	13.63	12.98	**12.16**
52050329	14.30	15.12	18.56	21.24	19.30	13.95	15.47	11.84	12.89	17.30	18.40	17.51	**16.32**
52050330	10.08	10.72	13.20	14.84	13.44	10.12	11.30	8.62	9.33	12.20	13.01	12.35	**11.60**
52050331	1.11	1.18	1.46	1.62	1.49	1.18	1.31	1.00	1.05	1.34	1.43	1.36	**1.30**
52050332	1,324	1,520	1,911	1,877	1,779	1,043	816	643	926	1,621	1,745	1,564	**1,397**
52050333	3.99	4.40	5.46	6.04	5.55	4.42	4.69	3.60	4.08	4.97	5.30	4.99	**4.79**
52050334	5.38	6.00	7.44	8.19	7.58	6.00	6.32	4.85	5.59	6.75	7.21	6.77	**6.51**
52050335	3.02	3.36	4.17	4.57	4.25	3.40	3.56	2.74	3.14	3.77	4.05	3.78	**3.65**
PC_CULANTRO	10.67	11.07	13.58	15.75	14.12	10.06	10.99	8.63	9.28	12.78	13.55	12.91	**11.95**
PC_EL_MACAL	51.38	52.49	63.07	78.87	67.12	40.13	38.55	33.89	39.93	63.73	66.76	63.94	**54.99**

UAH	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
PC_EL_MANZANO	0.95	0.96	1.17	1.38	1.24	0.91	1.03	0.79	0.80	1.10	1.17	1.12	1.05
PC_LA LLAVE - MOLEDORES	51.91	52.40	63.80	77.47	68.25	44.88	47.50	38.38	42.07	62.43	65.78	63.08	56.50
PC_RIO_GUAITARA	11,332	11,311	13,969	14,330	14,847	10,630	8,569	6,623	7,365	10,987	11,850	11,520	11,111
PC_SAN_FRANCISCO_01	11.65	12.37	15.19	17.39	15.78	11.29	12.38	9.62	10.54	14.17	15.07	14.33	13.31
PC_SAN_FRANCISCO_02	7.82	7.82	9.48	11.75	10.19	6.39	6.42	5.45	6.12	9.48	9.96	9.51	8.37
PC_YAMBURAN	7.65	8.17	10.07	11.28	10.24	7.59	8.45	6.44	7.10	9.33	9.92	9.42	8.80
PCV_HUMEADORA	85.14	84.87	103.16	124.09	111.28	78.72	86.78	67.77	70.24	99.10	104.98	101.31	93.12
PCV_SAPUYES	4,233	4,347	5,377	5,740	5,420	2,771	1,798	1,461	2,403	4,989	5,227	4,805	4,048
PV_GUAITARA	15,927	15,861	18,452	20,641	20,648	14,995	12,265	9,650	10,416	14,960	16,379	16,146	15,528

Fuente: Consorcio SH

Tabla 5-67 Valores de caudal medio [*litros/seg*] para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B.

UAH	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
52050101	9.99	9.58	12.63	13.98	11.55	5.29	4.64	3.97	5.53	12.96	13.92	12.14	9.68
52050102	4.55	4.19	5.76	6.35	5.27	2.48	2.22	1.91	2.54	5.84	6.28	5.52	4.41
52050103	12.64	13.05	16.01	17.69	14.63	6.86	6.16	5.32	7.07	16.23	17.41	15.37	12.37
52050201	7,465.59	7,601.02	10,043.55	10,584.49	9,372.08	5,239.36	3,628.52	2,907.96	4,423.53	9,444.49	10,380.06	9,666.90	7,563.13
52050301	112.27	115.32	150.51	161.74	135.24	71.26	67.81	55.32	70.40	144.36	155.38	138.59	114.85
52050303	43.45	43.76	57.24	61.48	52.30	28.80	28.07	23.47	27.17	54.64	58.92	52.50	44.32
52050304	3.27	3.19	4.26	4.58	3.94	2.18	2.17	1.79	2.03	4.07	4.39	3.89	3.31
52050305	7.88	7.70	10.26	11.01	9.51	5.34	5.37	4.42	4.94	9.76	10.52	9.37	8.01
52050306	21.77	21.42	28.50	30.29	26.17	15.29	15.44	12.52	13.92	26.86	28.99	25.87	22.25
52050307	9.50	9.32	12.36	13.12	11.53	6.87	7.07	5.69	6.13	11.60	12.48	11.11	9.73
52050308	7.90	7.72	10.20	10.81	9.54	5.83	6.09	4.87	5.12	9.53	10.27	9.13	8.08
52050309	3.07	3.01	3.97	4.19	3.72	2.31	2.43	1.94	2.01	3.69	3.98	3.54	3.15
52050310	1.08	1.05	1.39	1.47	1.31	0.82	0.86	0.68	0.70	1.30	1.40	1.24	1.11
52050311	109.37	110.75	146.61	152.81	132.71	78.16	80.45	63.51	71.50	135.78	146.86	131.40	113.33
52050312	0.99	0.97	1.27	1.34	1.21	0.79	0.84	0.66	0.66	1.17	1.26	1.14	1.03
52050313	1.59	1.56	2.04	2.15	1.94	1.26	1.35	1.06	1.06	1.88	2.03	1.83	1.64
52050314	0.98	0.96	1.26	1.32	1.20	0.78	0.84	0.66	0.65	1.15	1.24	1.13	1.02
52050315	3.83	3.74	4.90	5.15	4.65	3.04	3.29	2.58	2.55	4.49	4.85	4.39	3.96
52050316	5.42	5.29	6.92	7.27	6.55	4.32	4.67	3.67	3.61	6.33	6.84	6.20	5.59

UAH	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
52050317	3.12	3.04	3.98	4.18	3.77	2.50	2.71	2.13	2.08	3.63	3.93	3.56	3.22
52050318	2.68	2.61	3.42	3.57	3.24	2.19	2.38	1.85	1.80	3.11	3.35	3.05	2.77
52050319	1.97	1.92	2.51	2.63	2.39	1.62	1.77	1.37	1.33	2.29	2.47	2.25	2.04
52050320	3.22	3.14	4.10	4.29	3.89	2.63	2.88	2.23	2.16	3.73	4.03	3.67	3.33
52050321	2.73	2.68	3.50	3.66	3.31	2.26	2.48	1.92	1.85	3.17	3.42	3.12	2.84
52050322	178.22	179.54	235.97	243.46	215.05	135.49	145.43	112.53	119.13	214.35	233.09	209.64	185.16
52050323	11.03	11.08	14.48	14.73	13.16	8.81	10.00	7.52	7.47	12.85	14.06	12.76	11.50
52050324	6.30	6.42	8.42	8.53	7.57	5.02	5.62	4.18	4.25	7.48	8.18	7.39	6.61
52050325	11.19	11.46	15.06	15.17	13.47	8.82	9.91	7.37	7.57	13.37	14.65	13.19	11.77
52050326	22.60	23.39	30.91	30.88	27.34	17.87	19.70	14.65	15.66	27.36	29.97	26.68	23.92
52050327	28.55	29.84	39.60	39.30	36.54	22.16	23.89	18.14	19.89	35.13	38.35	34.04	30.45
52050328	20.56	21.62	28.71	28.23	25.20	16.29	17.73	13.14	14.63	25.29	27.67	24.53	21.97
52050329	27.27	29.18	38.79	38.03	33.97	21.71	23.38	17.39	19.80	34.22	37.37	33.09	29.52
52050330	19.21	20.69	27.60	26.59	23.65	15.75	17.08	12.66	14.34	24.14	26.41	23.35	20.95
52050331	2.12	2.29	3.06	2.90	2.63	1.83	1.98	1.47	1.61	2.64	2.91	2.57	2.33
52050332	2,328.97	2,636.77	3,560.61	3,453.83	3,055.31	1,967.19	1,634.27	1,276.21	1,700.89	3,063.18	3,459.83	3,139.77	2,606.40
52050333	7.61	8.50	11.40	10.81	9.77	6.88	7.10	5.28	6.27	9.82	10.77	9.44	8.64
52050334	10.27	11.58	15.54	14.67	13.34	9.34	9.55	7.12	8.59	13.36	14.64	12.80	11.73
52050335	5.75	6.48	8.71	8.19	7.48	5.28	5.38	4.02	4.82	7.46	8.23	7.15	6.58
PC_CULANTRO	20.35	21.36	28.37	28.20	24.85	15.66	16.62	12.67	14.26	25.29	27.52	24.41	21.63
PC_EL_MACAL	97.97	101.31	131.81	141.25	118.13	62.47	58.28	49.76	61.35	126.05	135.55	120.85	100.40
PC_EL_MANZANO	1.80	1.86	2.45	2.47	2.18	1.41	1.55	1.16	1.22	2.18	2.39	2.12	1.90
PC_LA LLAVE - MOLEDORES	98.97	101.15	133.33	138.75	120.12	69.86	71.80	56.36	64.64	123.48	133.57	119.24	102.61
PC_RIO_GUAITARA	19,939.65	19,622.89	26,030.93	26,369.03	25,498.59	20,056.52	17,153.88	13,145.27	13,529.30	20,758.48	23,492.52	23,128.55	20,727.14
PC_SAN_FRANCISCO_01	22.20	23.87	31.76	31.14	27.77	17.58	18.71	14.13	16.19	28.02	30.60	27.08	24.09
PC_SAN_FRANCISCO_02	14.92	15.10	19.81	21.05	17.93	9.94	9.70	8.00	9.41	18.76	20.23	17.97	15.23
PC_YAMBURAN	14.58	15.77	21.05	20.20	18.02	11.82	12.78	9.45	10.91	18.45	20.14	17.80	15.91
PCV_HUMEADORA	162.33	163.82	215.60	222.25	195.86	122.54	131.17	99.52	107.92	196.01	213.16	191.50	168.47
PCV_SAPUYES	7,448.22	7,541.06	10,020.41	10,561.70	9,308.46	5,228.53	3,599.08	2,900.69	4,414.57	9,426.03	10,362.59	9,646.19	7,538.13
PV_GUAITARA	28,024.02	27,516.32	34,385.35	37,981.70	35,460.21	28,291.09	24,554.36	19,153.47	19,134.51	28,264.03	32,470.74	32,415.04	28,970.90

Fuente: Consorcio SH

Tabla 5-68 Valores de caudal máximo [*litros/seg*] para cada unidad del área de influencia AI-EIA-1B.

UAH	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
52050101	32.18	27.58	42.42	45.94	40.37	16.87	12.80	13.19	18.95	49.34	49.77	45.51	**32.91**
52050102	14.64	12.05	19.32	20.87	18.42	7.90	6.13	6.36	8.72	22.25	22.45	20.68	**14.98**
52050103	40.70	37.59	53.77	58.13	51.13	21.89	16.99	17.69	24.24	61.79	62.26	57.61	**41.98**
52050201	18,006.71	20,992.47	25,051.35	28,744.71	24,351.68	14,114.64	10,988.43	9,209.73	15,234.02	23,948.45	26,246.58	24,327.43	**20,101.35**
52050301	361.57	332.10	505.34	531.58	472.77	227.29	187.06	184.06	241.23	549.63	555.58	519.36	**388.96**
52050303	139.95	126.03	192.20	202.07	182.85	91.85	77.43	78.08	93.11	208.03	210.69	196.76	**149.92**
52050304	10.53	9.20	14.30	15.06	13.77	6.95	5.98	5.97	6.97	15.50	15.71	14.57	**11.21**
52050305	25.37	22.18	34.45	36.17	33.23	17.04	14.81	14.71	16.91	37.15	37.63	35.10	**27.06**
52050306	70.10	61.69	95.68	99.55	91.49	48.78	42.59	41.65	47.68	102.25	103.65	96.95	**75.17**
52050307	30.60	26.85	41.49	43.12	40.29	21.91	19.51	18.92	20.99	44.16	44.63	41.63	**32.84**
52050308	25.43	22.24	34.25	35.52	33.34	18.60	16.81	16.20	17.55	36.29	36.74	34.23	**27.27**
52050309	9.88	8.66	13.32	13.78	12.99	7.36	6.70	6.46	6.88	14.05	14.23	13.27	**10.63**
52050310	3.48	3.03	4.67	4.84	4.59	2.61	2.37	2.27	2.41	4.94	4.99	4.65	**3.74**
52050311	352.23	318.96	492.27	502.20	463.93	249.30	221.94	211.34	245.00	516.97	525.12	492.43	**382.64**
52050312	3.20	2.79	4.27	4.41	4.23	2.50	2.32	2.21	2.25	4.47	4.52	4.28	**3.45**
52050313	5.14	4.49	6.85	7.07	6.77	4.01	3.72	3.54	3.62	7.15	7.24	6.86	**5.54**
52050314	3.17	2.76	4.22	4.35	4.18	2.48	2.33	2.21	2.24	4.40	4.45	4.22	**3.42**
52050315	12.34	10.77	16.45	16.93	16.25	9.69	9.07	8.60	8.72	17.11	17.33	16.46	**13.31**
52050316	17.44	15.24	23.24	23.88	22.91	13.78	12.89	12.21	12.35	24.11	24.45	23.24	**18.81**
52050317	10.04	8.77	13.38	13.72	13.18	7.99	7.48	7.08	7.13	13.84	14.04	13.36	**10.83**
52050318	8.62	7.52	11.47	11.75	11.34	6.98	6.56	6.17	6.16	11.84	11.99	11.44	**9.32**
52050319	6.35	5.54	8.44	8.65	8.36	5.17	4.88	4.57	4.55	8.71	8.82	8.42	**6.87**
52050320	10.37	9.05	13.77	14.10	13.60	8.39	7.93	7.43	7.41	14.20	14.40	13.75	**11.20**
52050321	8.79	7.70	11.75	12.03	11.58	7.21	6.85	6.40	6.34	12.05	12.23	11.70	**9.55**
52050322	573.97	517.05	792.29	800.14	751.79	432.16	401.20	374.43	408.22	816.11	833.47	785.67	**623.87**
52050323	35.54	31.90	48.63	48.41	46.00	28.10	27.60	25.04	25.61	48.94	50.27	47.83	**38.66**
52050324	20.29	18.48	28.27	28.04	26.47	16.01	15.49	13.92	14.57	28.49	29.26	27.70	**22.25**
52050325	36.04	33.00	50.55	49.87	47.10	28.14	27.34	24.54	25.95	50.90	52.39	49.43	**39.60**
52050326	72.78	67.37	103.78	101.49	95.57	57.01	54.34	48.74	53.67	104.18	107.18	100.00	**80.51**
52050327	91.93	85.94	132.96	129.15	127.74	70.67	65.91	60.36	68.15	133.77	137.13	127.58	**102.61**
52050328	66.23	62.26	96.40	92.78	88.09	51.96	48.91	43.73	50.14	96.27	98.93	91.95	**73.97**

UAH	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
52050329	87.83	84.05	130.25	125.00	118.75	69.24	64.50	57.87	67.84	130.30	133.61	124.00	**99.44**
52050330	61.87	59.58	92.66	87.38	82.69	50.23	47.11	42.13	49.13	91.90	94.44	87.49	**70.55**
52050331	6.84	6.58	10.26	9.55	9.20	5.84	5.47	4.88	5.52	10.06	10.41	9.62	**7.85**
52050332	5,617.38	7,282.22	8,881.14	9,379.70	7,938.68	5,299.54	4,949.12	4,041.87	5,857.62	7,767.32	8,748.38	7,901.46	**6,972.04**
52050333	24.51	24.48	38.29	35.54	34.17	21.94	19.58	17.58	21.48	37.39	38.50	35.38	**29.07**
52050334	33.06	33.35	52.19	48.22	46.62	29.79	26.35	23.71	29.43	50.86	52.35	47.97	**39.49**
52050335	18.52	18.68	29.23	26.91	26.15	16.86	14.83	13.37	16.51	28.40	29.43	26.81	**22.14**
PC_CULANTRO	65.53	61.52	95.26	92.69	86.86	49.96	45.84	42.17	48.87	96.27	98.39	91.47	**72.90**
PC_EL_MACAL	315.52	291.78	442.56	464.23	412.98	199.25	160.77	165.58	210.22	479.90	484.69	452.91	**340.03**
PC_EL_MANZANO	5.80	5.36	8.23	8.12	7.62	4.51	4.28	3.86	4.19	8.31	8.53	7.96	**6.40**
PC_LA LLAVE - MOLEDORES	318.75	291.30	447.68	456.02	419.93	222.82	198.09	187.53	221.50	470.14	477.62	446.87	**346.52**
PC_RIO_GUAITARA	48,093.65	54,194.43	64,928.21	71,611.42	66,253.55	54,031.57	51,947.89	41,632.10	46,593.06	52,637.42	59,402.21	58,204.61	**55,794.18**
PC_SAN_FRANCISCO_01	71.51	68.73	106.62	102.34	97.08	56.07	51.62	47.01	55.47	106.67	109.41	101.48	**81.17**
PC_SAN_FRANCISCO_02	48.04	43.48	66.50	69.17	62.69	31.71	26.75	26.61	32.23	71.41	72.34	67.35	**51.52**
PC_YAMBURAN	46.96	45.41	70.67	66.39	63.01	37.70	35.25	31.45	37.39	70.24	72.02	66.70	**53.60**
PCV_HUMEADORA	522.81	471.78	723.89	730.43	684.71	390.87	361.87	331.16	369.79	746.28	762.20	717.67	**567.79**
PCV_SAPUYES	17,964.82	20,826.88	24,993.63	28,682.82	24,186.37	14,085.49	10,899.25	9,186.70	15,203.18	23,901.66	26,202.42	24,275.32	**20,034.04**
PV_GUAITARA	67,592.85	75,994.48	85,766.40	103,148.40	92,137.04	76,215.20	74,359.10	60,660.53	65,896.62	71,669.30	82,104.15	81,574.69	**78,093.23**

Fuente: Consorcio SH

De acuerdo con los ejercicios de modelación, la mayor parte de las UAH (a excepción de la unidad río Sapuyes y Quebrada Boquerón) presentan caudales medios entre los 1.02 y 185.16 litros/seg y, además se presentan valores mínimos inferiores a 1 lps (a excepción de las UAH Sapuyes y Boquerón que presentan valores superiores en 4 órdenes de magnitud). Mientras tanto, las unidades Qda. Boquerón y río Sapuyes presentan valores medios mensuales multianuales de 2.61 y 7.53 m^3/seg respectivamente. En relación a los caudales máximos, la unidad que presenta el mayor volumen de escorrentía es cuenca del río Sapuyes con 20 m^3/seg. Sin embargo, algunas unidades de análisis con fines de uso (captación y/o vertimiento), como el caso de la unidad Punto de Vertimiento Guaitará presenta un valor esperado máximo de hasta 103.15 m^3/seg.

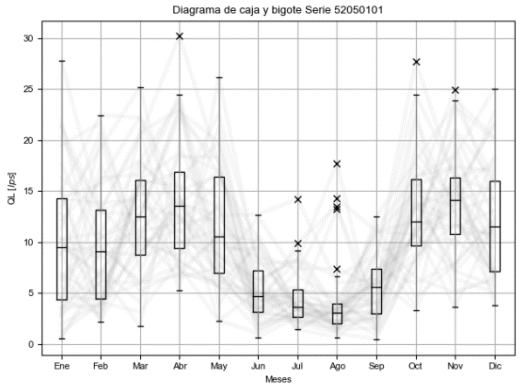
Estas características tienen lugar gracias a diversos factores tanto físicos como metodológicos. En primer lugar, las UAH son zonas de drenaje inferiores a 10 km^2 dispuestas principalmente a la margen izquierda del río Guaitara, con unas características morfométricas que favorecen la escorrentía (especialmente las altas pendientes en la cuenca y los cauces, longitudes de cauce muy cortas y coeficientes de sinuosidad casi rectos) lo cual favorece la menor capacidad de regulación de las áreas hidrográficas analizadas. Lo anterior sumado al régimen de precipitación consolidan las características hidrológicas de la zona y expuestas en el presente capitulo.

Otro aspecto importante, es que las magnitudes aquí reportadas obedecen a características de largo, es decir, que es muy probable que la mayoría de las corrientes presenten flujo intermitente en los períodos de estiaje, pues los resultados de la caracterización de mínimos arrojaron valores muy cercanos a cero. Lo anterior es posible dado el contexto de variabilidad hidroclimática.

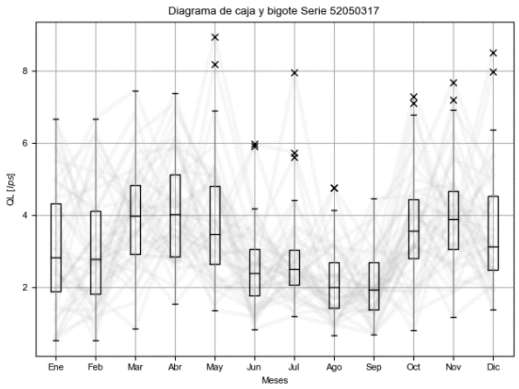
5.1.5.6.3 Caudales Característicos mediante diagramas de dispersión (Box Plots)

A continuación, se presentan los caudales característicos mediante diagramas de dispersión, en los cuales se puede observar la distribución de los datos y la disposición de los rangos de los regímenes para cada una de las unidades de análisis a nivel mensual.

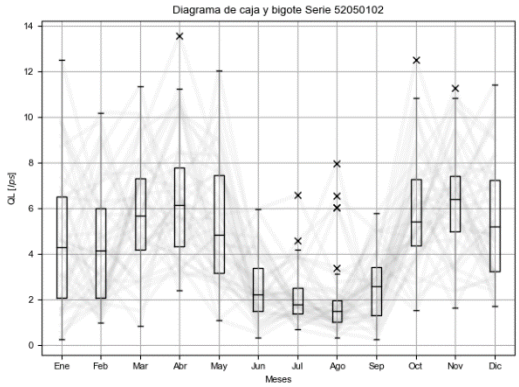
Figura 5.62 Diagramas de dispersión de las UAH para el área de influencia AI-EIA-1B.



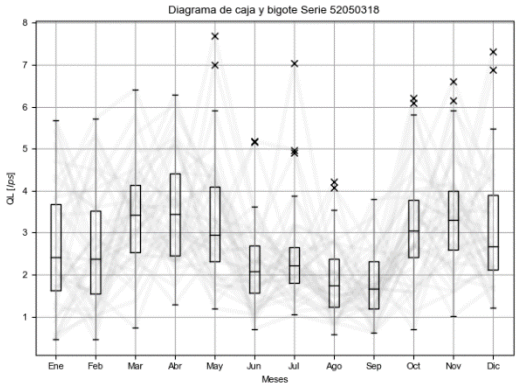
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 29



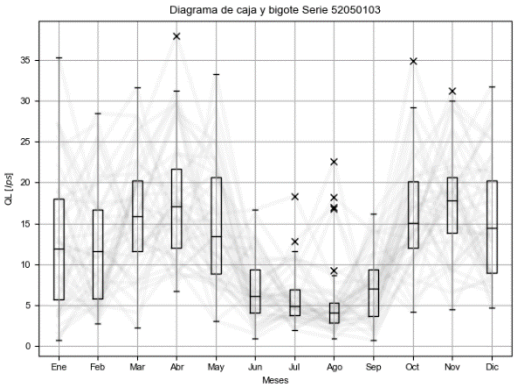
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 17



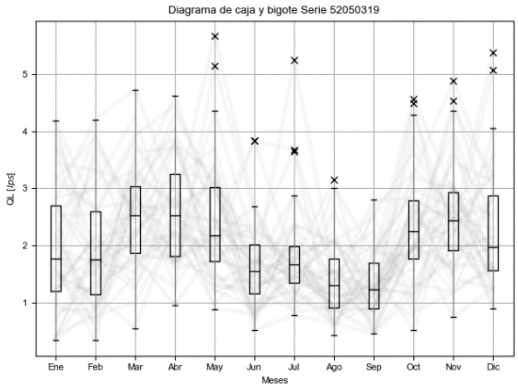
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 28



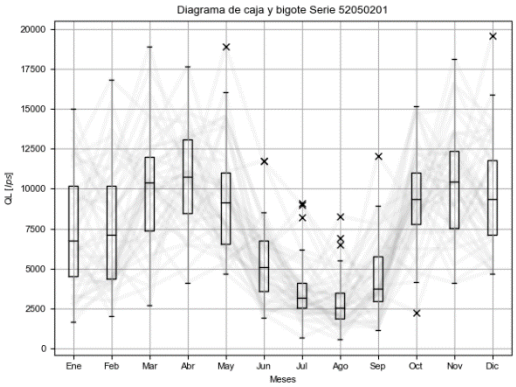
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 16



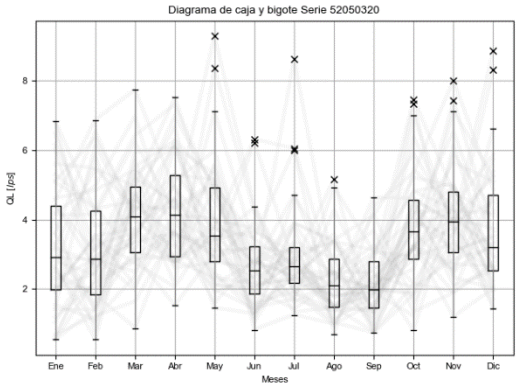
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 27



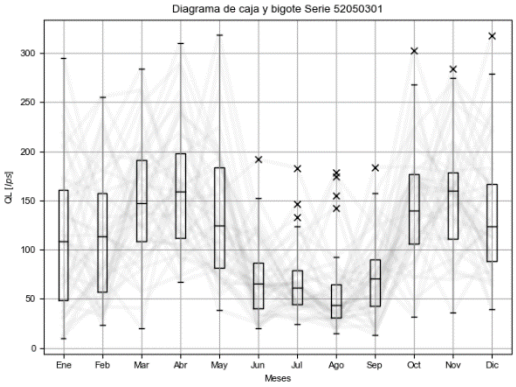
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 15



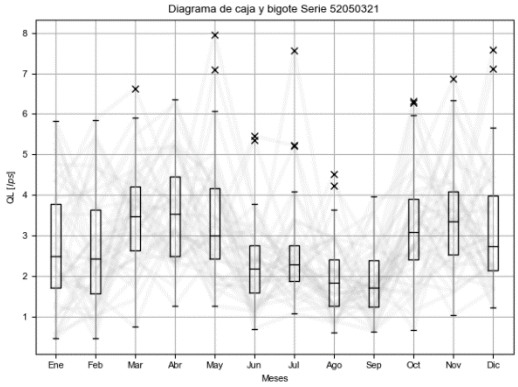
UAH - Río Sapuyes



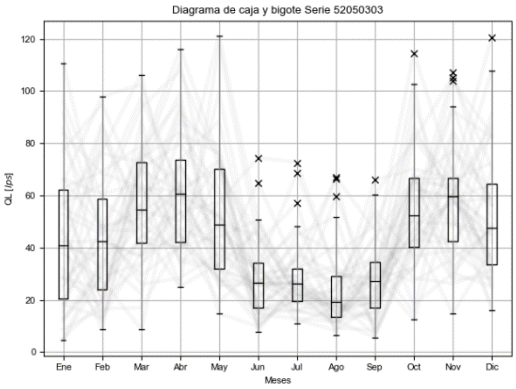
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 14



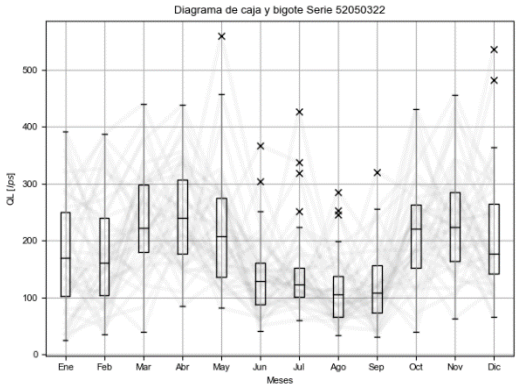
UAH - Quebrada Macal 02



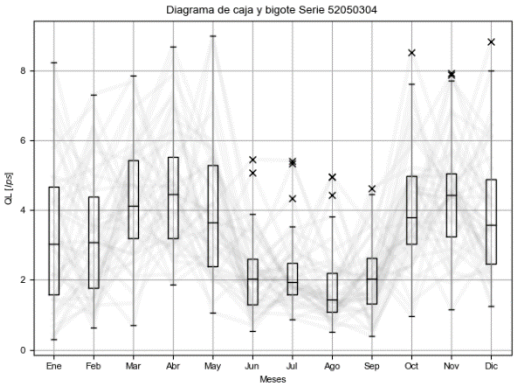
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 13



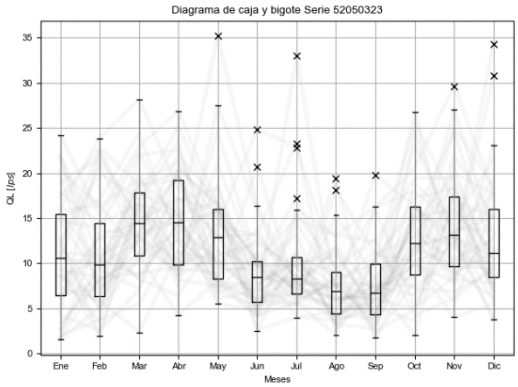
UAH - Quebrada San Francisco



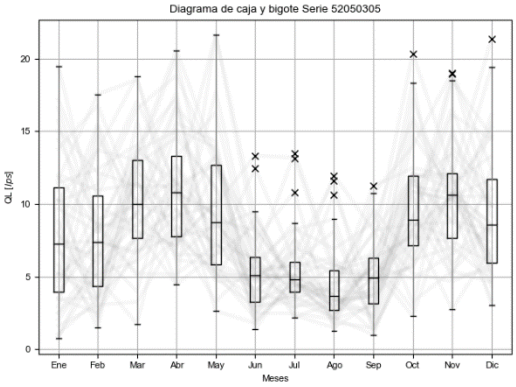
UAH - Quebrada Humeadora 02



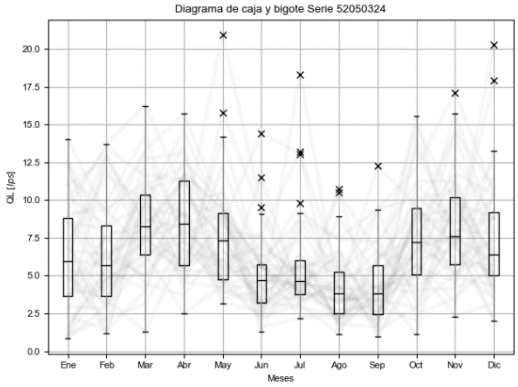
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 26



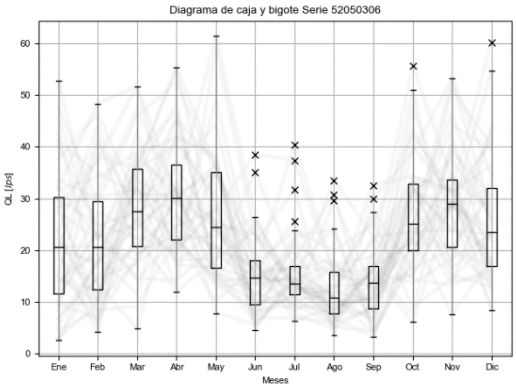
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 12



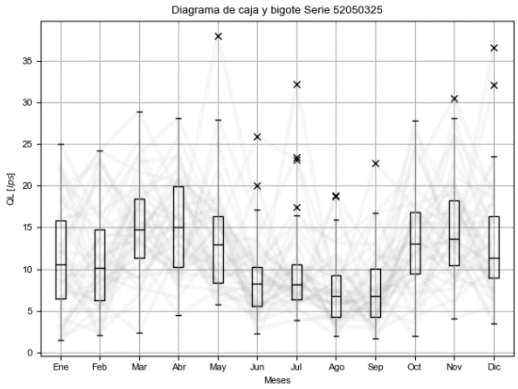
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 25



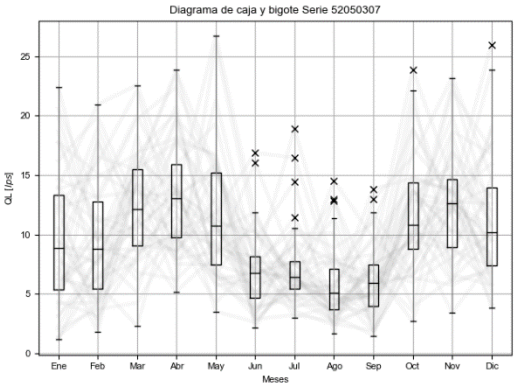
UAH - Quebrada Seca



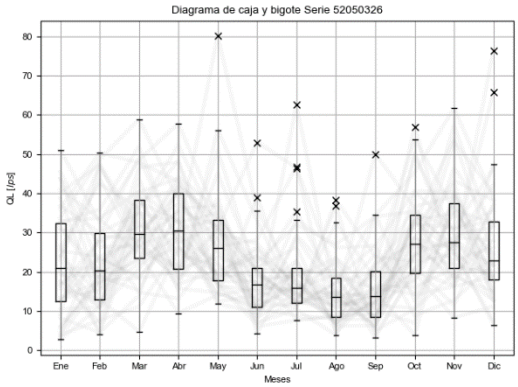
UAH - Quebrada El Tablón



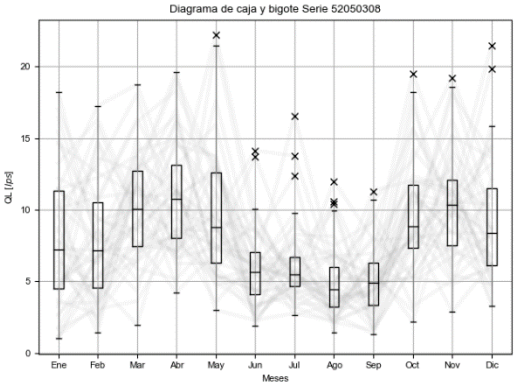
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 11



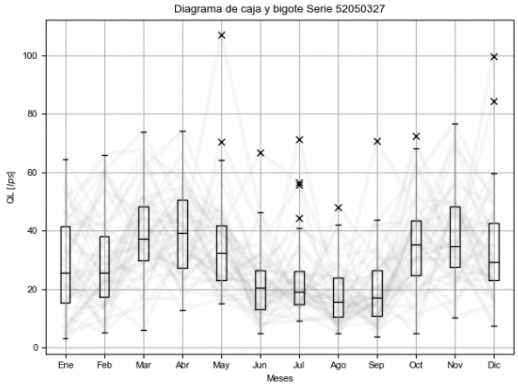
UAH - Quebrada La Lechuza



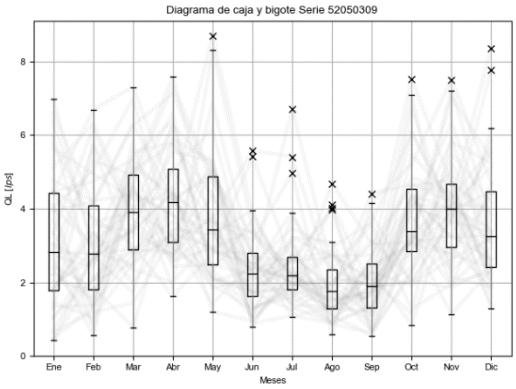
UAH - Quebrada Las Cuevas



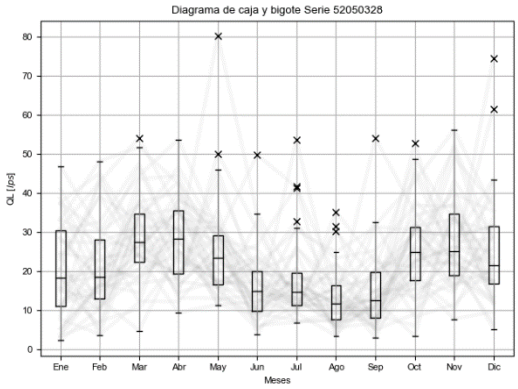
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 30



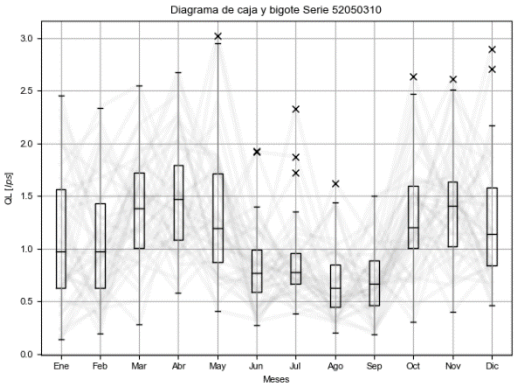
UAH - Quebrada El Culantro



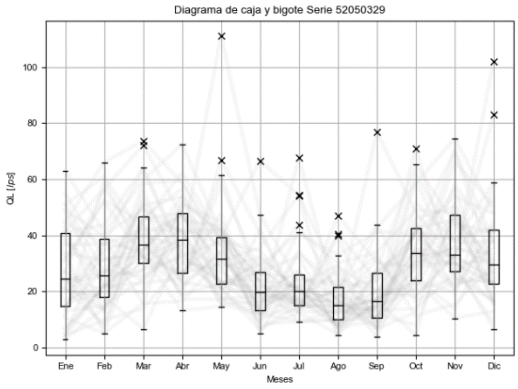
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 24



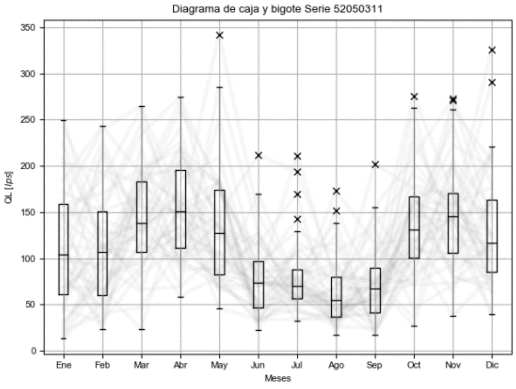
UAH - Quebrada Honda



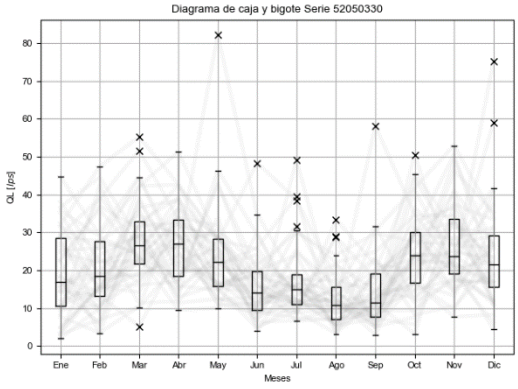
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 23



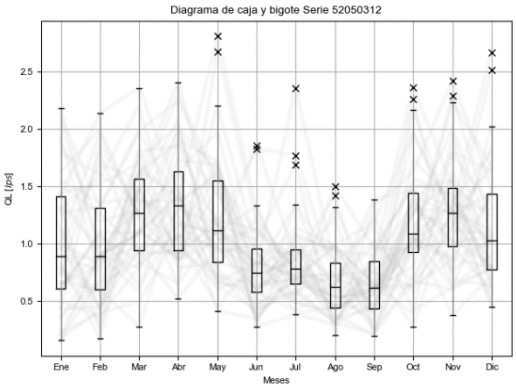
UAH - Quebrada San Antonio



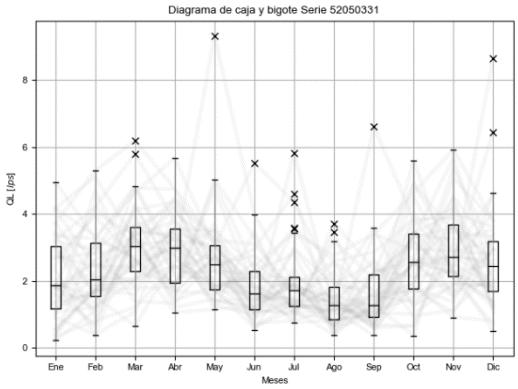
UAH - Quebrada La Llave - Moledores



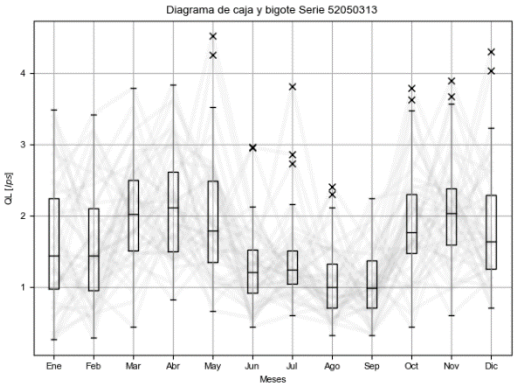
UAH - Quebrada Yamburayan



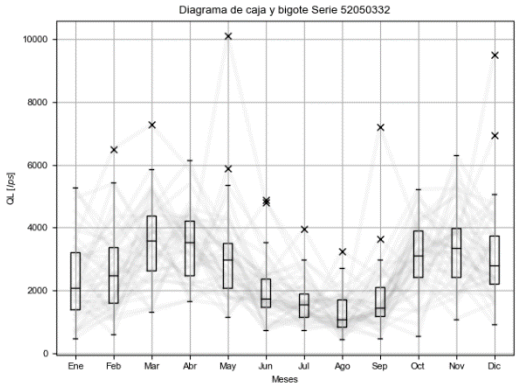
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 22



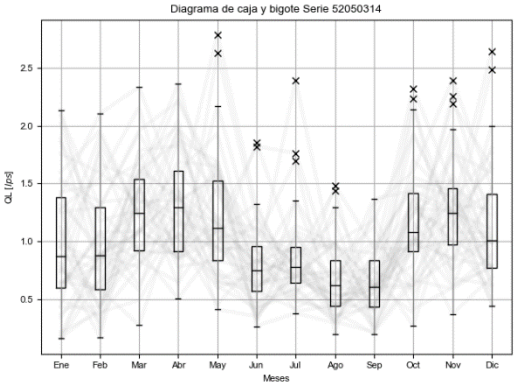
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 10



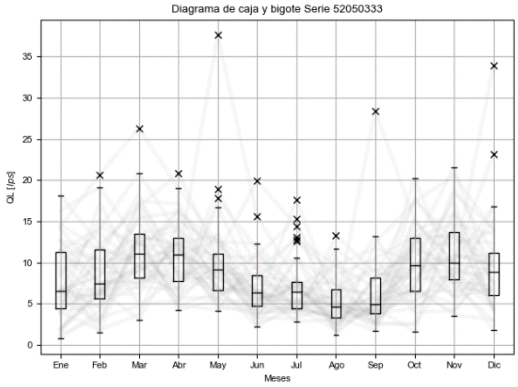
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 21



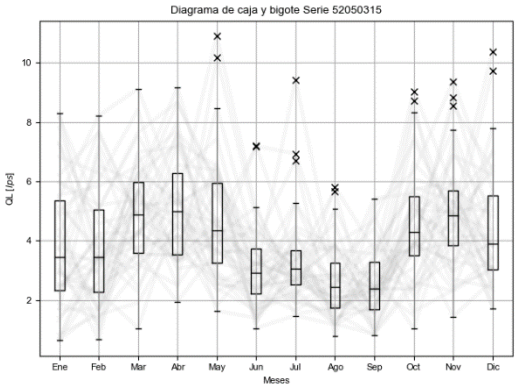
UAH - Quebrada Boquerón



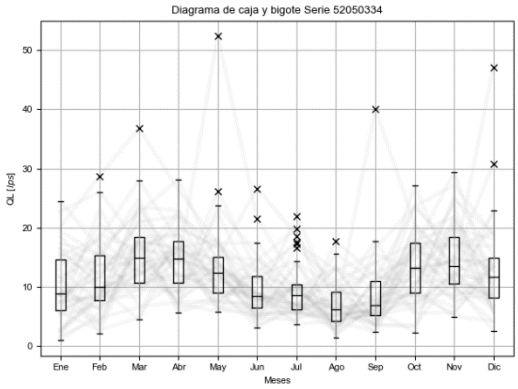
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 20



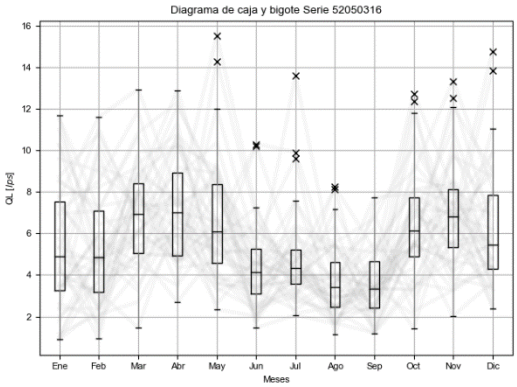
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 09



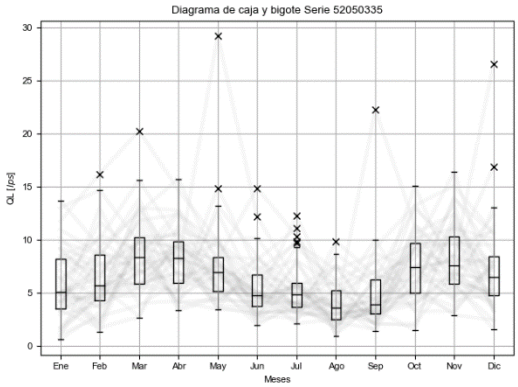
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 19



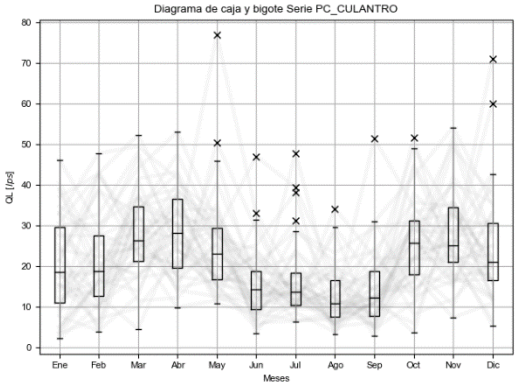
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 08



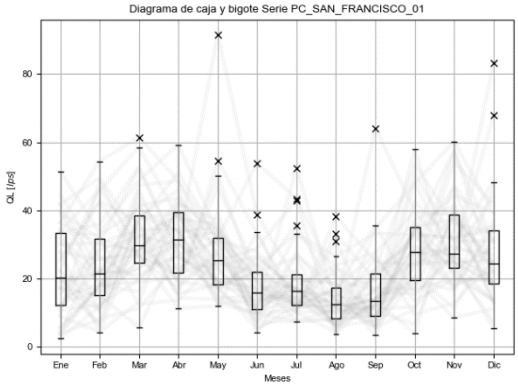
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 18



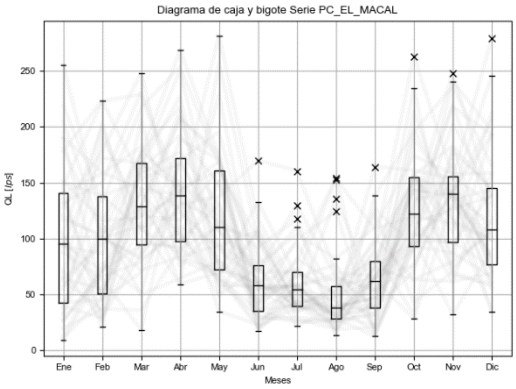
UAH - Afluentes Directos Río Guaitara 07



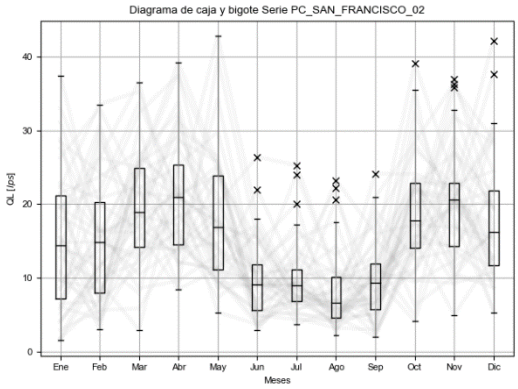
Captación Quebrada Culantro



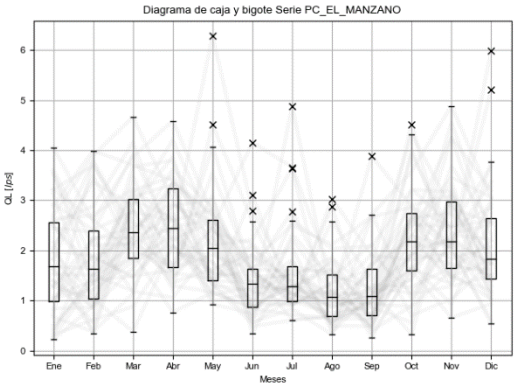
Captación Quebrada San Francisco 01



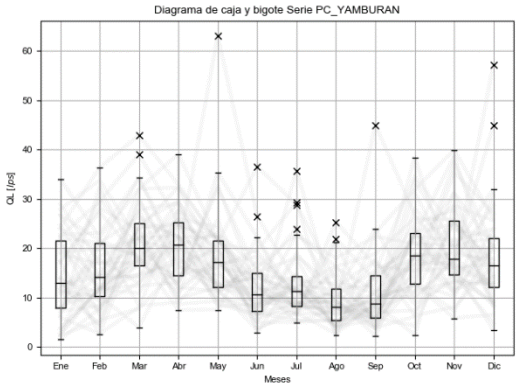
Captación Quebrada El Macal



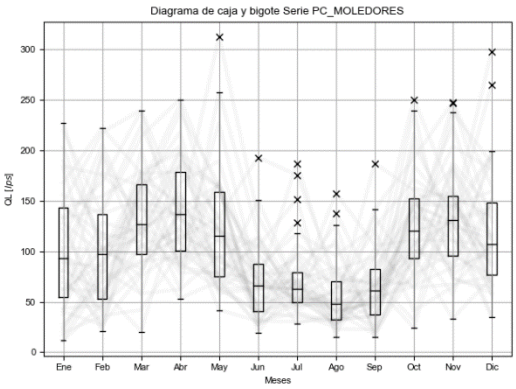
Captación Quebrada San Francisco 02



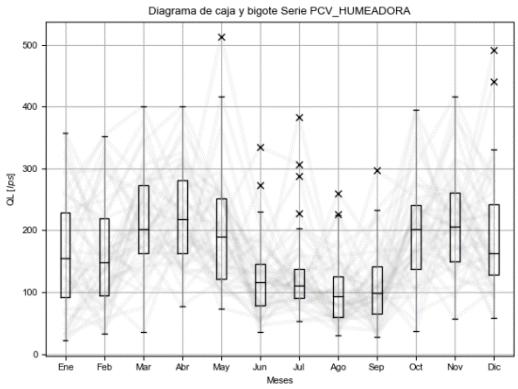
Captación Quebrada El Manzano



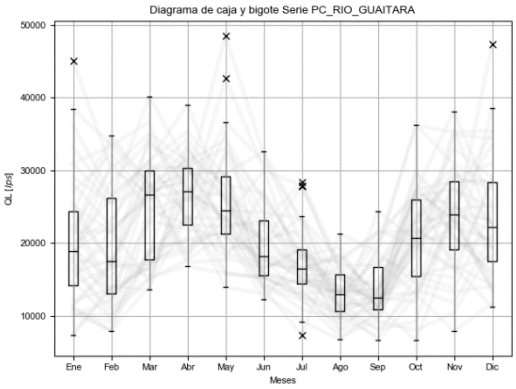
Captación Quebrada Yamburan



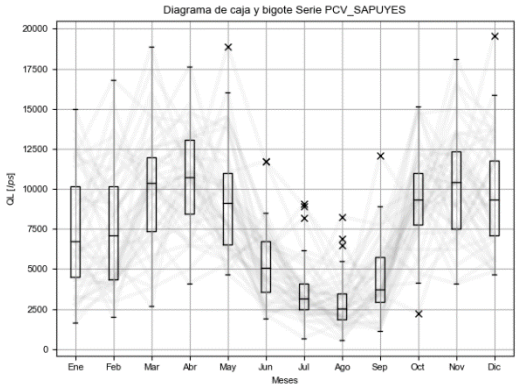
Captación Quebrada La Llave - Moledores



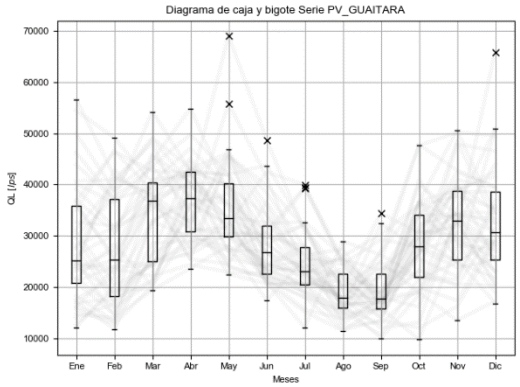
Captación y Vertimiento Quebrada Humeadora



Captación Río Guaitara



Captación y Vertimiento Quebrada Sapuyes



UAH - Vertimiento Guaitara

Fuente: Consorcio SH

En general, se observa como para todas las UAH para el área de influencia AI-EIA-1B, los diagramas de dispersión confirman los regímenes hidrológicos para los caudales medios, máximos y mínimos anteriormente descritos. Por otra parte, estos diagramas exhiben de manera diciente eventos de carácter extremo, presentando la mayor predominancia de estos en los periodos de régimen hidrológico seco, siendo esto producto de la reducción en los rangos de variabilidad de lluvia en estos tiempos. Sin embargo, los mayores valores se presentan en los periodos hidrológicamente húmedos, siendo la variabilidad de los datos mucho mayor en estos.

5.1.6 Calidad del agua

La calidad del agua se entiende como la composición fisicoquímica del agua en la medida en que ésta es alterada por la concentración de diferentes sustancias generadas por procesos naturales y actividades antrópicas. Se determina de acuerdo al uso para el cual el agua es destinada.

Con base en lo anterior, los criterios que se establecen según los estándares de calidad del agua representan una serie de variaciones dependiendo de su aplicación, si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

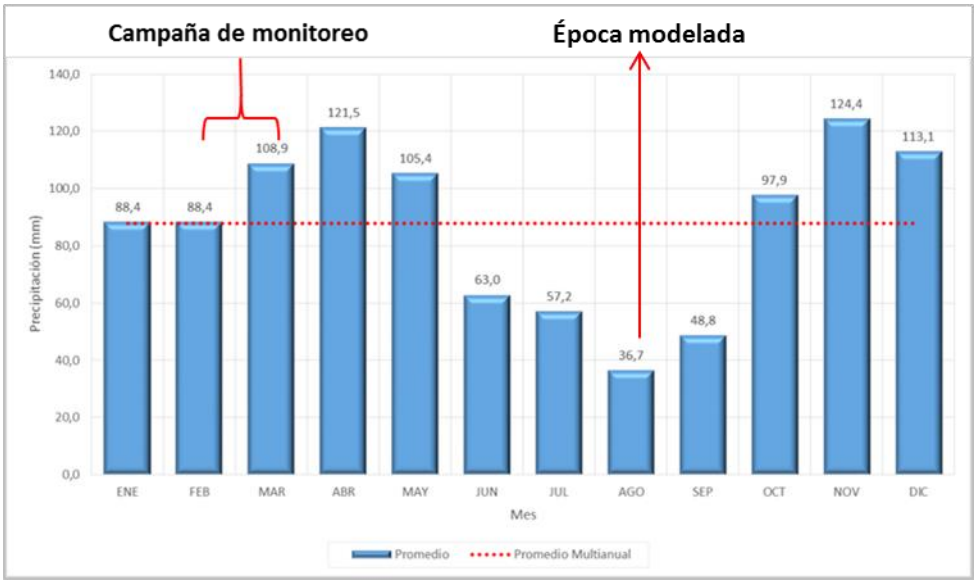
Para determinar la calidad actual del agua, en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca

– Pasto, tramo San Juan – Pedregal, el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo ambiental, realizó los monitoreos (laboratorio acreditado por el IDEAM, Resolución 2892 del 30 de diciembre de 2016 y Resolución 0049 del 16 de enero de 2017), mediante los cuales se conocen los atributos fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos de los cuerpos de agua y con base en estos se determina su aptitud para los diferentes usos potenciales del recurso en la zona de estudio, según los estándares de calidad establecidos en el Decreto único 1076 de 2015.

De igual manera, se calcularon: El Índice de calidad del agua (ICA), Índice de Alteración del Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)[2], Índice de Langelier, Índice de la Capacidad Buffer (tampón) y los Índices de contaminación (ICOs), para evaluar las condiciones de cada una de las fuentes hídricas consideradas en cuanto a diferentes tipos de contaminación.

La campaña de monitoreo se realizó durante los días 26 de febrero al 27 de marzo del 2017, que corresponde a la época de lluvias de acuerdo al análisis climático, específicamente al régimen de precipitaciones (**Figura 5.63**). Así mismo, Para dar cumplimiento a los términos de referencia M-M-INA-02 Versión 2, en el sentido de considerar los dos periodos climáticos (época seca y época de lluvias), se estimó mediante una modelación la calidad del agua para el periodo seco (agosto).

Figura 5.63 Época de la campaña de monitoreo de aguas superficiales.



Fuente: Consorcio SH.

Para los cuerpos de agua lénticos (estanques artificiales construidos por la comunidad para almacenar agua para riego), se realizaron 5 monitoreos en el mes de octubre de 2017 (época de lluvias). Cabe aclarar que para estos cuerpos de agua no se modelaron los resultados para época seca, ya que uno de los principalmes datos de entrada para realizar la modelación es el caudal del cuerpo de agua, y a estos no se les determina dicho parámetro.

[2] IDEAM. 2010. Estudio Nacional del Agua, D. C.

Adicionalmente, se presenta un análisis multitemporal de agua, con datos de estudios realizados previamente en los principales cuerpos de agua del área de estudio, lo que permite analizar su comportamiento en el tiempo, para este análisis se tomaron los monitoreos de los años 2016 y 2017.

5.1.6.1 Cuerpos de agua continentales.

En el proyecto se presentan cuerpos de agua de tipo continental, los cuales hacen parte del sistema de la subzona hidrográfica del Río Guáitara.

5.1.6.1.1 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica para la época de lluvias.

En este numeral se muestra la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de aguas superficiales ubicados dentro del área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.

El plan de monitoreo se elaboró con el objetivo de caracterizar las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de los cuerpos hídricos que intervendría el proyecto vial, para esto se identificaron las subcuencas y microcuencas que hacen parte del área de influencia del proyecto, una vez identificados sus cauces principales se localizaron puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de estos (Río y/o quebradas) tomando como punto central el eje de la vía. Así mismo fueron caracterizados los cuerpos hídricos donde se realizara captación y vertimiento, cabe aclarar que debido a las fuertes variaciones topográficas, algunos cuerpos hídricos se encontraban encañonados por lo cual se determinaron los puntos de monitoreo con base al acceso a estos.

En la selección de los puntos a muestrear, se tuvo en cuenta aquellos identificados en estudios previos en la zona, para efectuar un análisis multitemporal de la calidad del agua, que permita el seguimiento del ecosistema hídrico.

El plan de monitoreo planteado contempló 44 puntos en cuerpos de agua lóticos y 5 puntos en cuerpos de agua lénticos (Ver **Tabla 5-69** y **Tabla 5-70 respectivamente)**. La ubicación y descripción de los sitios de monitoreo se muestra en la **Tabla 5-71, Tabla 5-72** y en la **Figura 5.64** se presenta la localización espacial.

Tabla 5-69 Estaciones de muestreo en cuerpos de agua lóticos – Proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		FECHA DE MONITOREO
		ESTE	NORTE	
1	Quebrada NN 3 aguas arriba	947096	589672	26-Febrero-2017
2	Río Guáitara	948503	590762	26-Febrero-2017
3	Río Boquerón aguas arriba	947873	591368	26-Febrero-2017
4	Río Boquerón aguas abajo	948589	590972	26-Febrero-2017
5	Quebrada Yamurayán aguas arriba	949114	592110	27-Febrero-2017
6	Quebrada Yamurayán aguas abajo	949327	591577	28-Febrero-2017
7	Quebrada San Francisco aguas arriba	949980	593156	27-Febrero-2017
8	Quebrada San Francisco aguas abajo	950086	593036	27-Febrero-2017
9	Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	950179	593808	28-Febrero-2017

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		FECHA DE MONITOREO
		ESTE	NORTE	
10	Quebrada Honda aguas arriba	950297	594011	28-Febrero-2017
11	Quebrada Honda aguas abajo	950982	593341	09-Marzo-2017
12	Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	950591	594688	06-Marzo-2017
13	Quebrada Culantro aguas arriba	950823	594809	02-Marzo-2017
14	Quebrada Culantro aguas abajo	950603	594509	06- Marzo -2017
15	Quebrada La Cueva aguas arriba	951107	595359	03- Marzo -2017
16	Quebrada La Cueva aguas abajo	950979	594734	03- Marzo -2017
17	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	951604	595195	04- Marzo -2017
18	Quebrada El Manzano aguas arriba	951875	595341	05- Marzo -2017
19	Quebrada El Manzano aguas abajo	952102	594886	05- Marzo -2017
20	Quebrada Brigada aguas arriba	952234	595503	04- Marzo -2017
21	Quebrada Brigada aguas abajo	952271	595345	04- Marzo -2017
22	Afluente a la quebrada Humeadora aguas arriba	954168	596477	05- Marzo -2017
23	Quebrada Los Arayanes (Huneadora) aguas arriba	954623	597220	07- Marzo -2017
24	Quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba	954840	597388	06- Marzo -2017
25	Quebrada Urbano (Humeadora) aguas arriba	955161	597523	06- Marzo -2017
26	Quebrada Humeadora aguas abajo	955074	597201	06- Marzo -2017
27	Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	955908	598687	07- Marzo -2017
28	Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	956740	599033	09- Marzo -2017
29	Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	955872	598885	08- Marzo -2017
30	Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo	956019	598991	08- Marzo -2017
31	Quebrada El Tablón aguas abajo	955333	600464	12- Marzo -2017
32	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	955135	600723	12- Marzo -2017
33	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	954815	601862	12- Marzo -2017
34	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	954467	601562	12- Marzo -2017
35	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba	953962	601557	13- Marzo -2017
36	Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	955044	602720	13- Marzo -2017
37	Quebrada El Macal aguas arriba	951530	602195	14- Marzo -2017
38	Quebrada El Macal aguas abajo	954870	603721	13- Marzo -2017
39	Quebrada Saraconcha aguas arriba	953962	604651	14- Marzo -2017
40	Quebrada Saraconcha aguas abajo	953970	604830	14- Marzo -2017
41	Río Sapuyes aguas arriba	954977	605045	15- Marzo -2017
42	Río Sapuyes aguas abajo	955466	604839	15- Marzo -2017
43	Río Guáitara 2	957634	607421	16- Marzo -2017
44	Río Guáitara 3	956508	600552	27- Marzo -2017

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-70 Estaciones de muestreo en cuerpos de agua lénticos – Proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		FECHA DE MONITOREO
		ESTE	NORTE	
1	Estanque 1	949886	593518	14-Octubre- 2017
2	Estanque 2	955298	600356	14-Octubre- 2017
3	Estanque 3	955635	600610	14-Octubre- 2017
4	Estanque 4	955260	600436	14-Octubre- 2017
5	Estanque 5	954456	601960	12-Octubre- 2017

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-71 Descripción de los puntos de monitoreo de agua superficial, sistemas lóticos.

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
1	Quebrada NN 3 aguas arriba	**Vereda**: San Juan **Municipio**: Ipiales	Cuerpo de agua lótico, de canal recto con un nivel de agua muy bajo, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena, limo y rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 947096 N: 589672
2	Río Guáitara	**Vereda**: San Juan **Municipio**: Ipiales	Cuerpo de agua lótico, de canal recto con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena, limo y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 948503 N: 590762

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
3	Río Boquerón aguas arriba	**Vereda**: Boqueron **Municipio**: Ipiales	Cuerpo de agua lótico, de canal meándrico con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena y rocas, agua con turbiedad moderada y alta velocidad. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 947873 N: 591368
4	Río Boquerón aguas abajo	**Vereda**: San Juan **Municipio**: Ipiales	Cuerpo de agua lótico, de canal meándrico con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena y rocas, agua con turbiedad moderada y alta velocidad. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 948589 N: 590972
5	Quebrada Yamurayán aguas arriba	**Vereda**: Aldea de María **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, canal recto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arcilla y arena, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas emergentes. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 949114 N: 592110

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
6	Quebrada Yamurayán aguas abajo	**Vereda**: La Providencia **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto cubierto de vegetación, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por limo, arcilla y hojarasca, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	**E:** 949327 N: 591577
7	Quebrada San Francisco aguas arriba	**Vereda**: Las Delicias **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, canal meándrico, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas emergentes. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 949980 N: 593156
8	Quebrada San Francisco aguas abajo	**Vereda**: Aldea de María **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, canal meándrico, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas emergentes. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950086 N: 593036

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
9	Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	**Vereda**: El Capulí **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por limo y arcilla, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950179 N: 593808
10	Quebrada Honda aguas arriba	**Vereda**: El Culantro **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal expandido recto cubierto de vegetación y hojarasca, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por limo, arcilla y hojarasca, agua levemente turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950297 N: 594011
11	Quebrada Honda aguas abajo	**Vereda**: Las Delicias **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena y rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	**E:** 950982 N: 593341

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
12	Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	**Vereda**: El Culantro **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal meándrico e inclinado, lecho con estabilidad deposición alta, compuesto por arcilla, arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950591 N : 594688
13	Quebrada Culantro aguas arriba	**Vereda**: El Culantro **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo y empozado, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por limo, arcilla y hojarasca, agua levemente turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950823 N: 594809
14	Quebrada Culantro aguas abajo	**Vereda**: El Culantro **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal meándrico e inclinado, lecho con estabilidad deposición alta, compuesto por arcilla, arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950603 N: 594509

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
15	Quebrada La Cueva aguas arriba	**Vereda**: Iscuazan **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por limo y arcilla, agua levemente turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 951107 N: 595359
16	Quebrada La Cueva aguas abajo	**Vereda**: El Culantro **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena, hojarasca y rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 950979 N: 594734
17	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	**Vereda**: Las Cuevas **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal meándrico e inclinado, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 951604 N: 595195

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
18	Quebrada El Manzano aguas arriba	**Vereda**: Ospina Pérez **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, inclinado tipo cascada, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 951875 N: 595341
19	Quebrada El Manzano aguas abajo	**Vereda**: Las Cuevas **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal meándrico e inclinado, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	**E:** 952102 N: 594886
20	Quebrada Brigada aguas arriba	**Vereda**: Ospina Pérez **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por limo y arcilla, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 952234 N: 595503

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
21	Quebrada Brigada aguas abajo	**Vereda**: Ospina Pérez **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto cubierto de vegetación, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por limo y arcilla, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación muy baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 952271 N: 595345
22	Afluente a la quebrada Humeadora aguas arriba	**Vereda**: San José de Quisnamuez **Municipio**: Contadero	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por rocas y arena, agua clara. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 954168 N: 596477
23	Quebrada Los Arayanes (Humeadora) aguas arriba	**Vereda**: Alto el Rey **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena, limo y arcilla, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 954623 N: 597220

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
24	Quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba	**Vereda**: Casco Urbano Iles **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena y rocas, agua levemente turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación ripiara compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas, macrófitas emergentes, sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 954840 N: 597388
25	Quebrada Urbano (Humeadora) aguas arriba	**Vereda**: Casco Urbano Iles **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, canal recto, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua clara. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas emergentes No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	**E:** 955161 N: 597523
26	Quebrada Humeadora aguas abajo	**Vereda**: Casco Urbano Iles **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio, canal recto, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arcilla y arena, agua moderadamente turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. No se presentan olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955074 N: 597201

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
27	Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	**Vereda**: Tablón Alto **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo, lecho con estabilidad deposición moderada cubierto de vegetación, compuesto por arena, limo y arcilla, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955908 N: 598687
28	Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	**Vereda**: La Esperanza **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio, lecho con estabilidad deposición moderada, compuesto por arena y rocas, agua con turbiedad leve. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	**E:** 956740 N: 599033
29	Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	**Vereda**: Tablón Alto **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, canal recto, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por limo y arcilla, agua levemente turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955872 N: 598885

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
30	Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo	**Vereda**: Tablón Alto **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio-alto, canal meándrico, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua levemente turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 956019 N: 598991
31	Quebrada El Tablón aguas abajo	**Vereda**: Tablón Bajo **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, de pequeñas dimensiones, con un nivel de agua bajo, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y limo, agua turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955333 N: 600464
32	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	**Vereda**: Tablón Bajo **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, canal meándrico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena, limo y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955135 N: 600723

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
33	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	**Vereda**: Tablón Alto **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, de canal recto con un nivel de agua bajo, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena, limo y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 954815 N: 601862
34	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	**Vereda**: Tablón Alto **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con caída de agua tipo cascada, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad deposición baja, compuesto por arena, limo y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación baja, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 954467 N: 601562
35	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba	**Vereda**: Tablón Alto **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 953962 N: 601557

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
36	Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	**Vereda**: Capulí **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955044 N: 602720
37	Quebrada El Macal aguas arriba	**Vereda**: El Rosario **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 953397 N: 602713
38	Quebrada El Macal aguas abajo	**Vereda**: El Porvenir **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua turbia y con alta velocidad. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 954870 N: 603721

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
39	Quebrada Saraconcha aguas arriba	**Vereda**: El Porvenir **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 953962 N: 604651
40	Quebrada Saraconcha aguas abajo	**Vereda**: El Porvenir **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua bajo-medio, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, agua turbia. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Presencia de macrófitas Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 953970 N: 604830
41	Río Sapuyes aguas arriba	**Vereda**: Silamag **Municipio**: Imués	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, amplias dimensiones, agua turbia y con alta velocidad. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	**E:** 954977 N: 605045

ID	CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
42	Río Sapuyes aguas abajo	**Vereda**: El Porvenir **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, amplias dimensiones, agua turbia y con alta velocidad. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 955466 N: 604839
43	Río Guáitara 2	**Vereda**: El Pedregal **Municipio**: Imues	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, amplias dimensiones, agua turbia y con alta velocidad. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 957634 N: 607421
44	Río Guáitara 3	**Vereda**: La Esperanza **Municipio**: Iles	Cuerpo de agua lótico, con un nivel de agua medio-alto, lecho con estabilidad, deposición baja, compuesto por arena y rocas, amplias dimensiones, agua turbia y con alta velocidad. Perturbación de la vegetación moderada, se observa que el uso local del suelo es bosque nativo. Vegetación riparia compuesta de una cobertura de arbustos y hierbas. Sin olores característicos ni presencia de aceites sobre el cuerpo de agua.	E: 956508 N: 600552

Fuente: Consorcio SH.

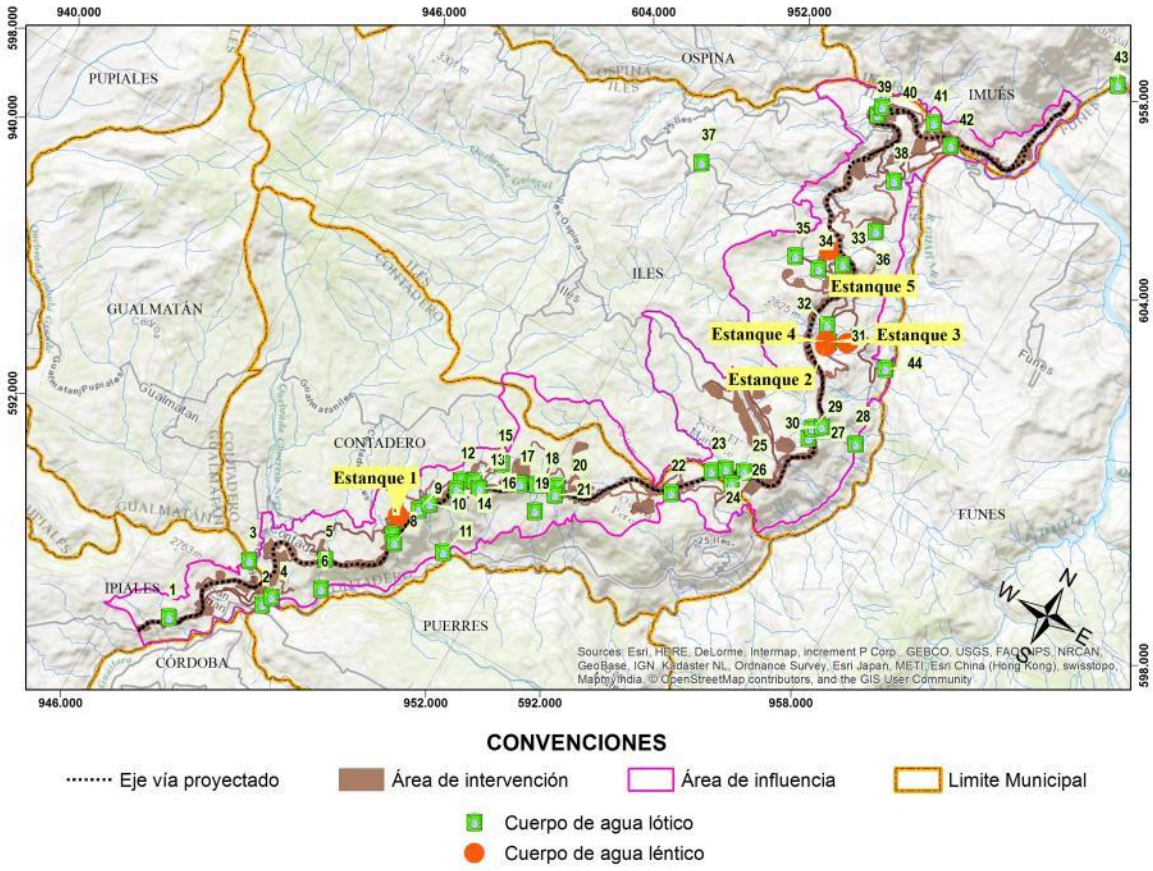
Tabla 5-72 Descripción de los puntos de monitoreo de agua superficial, sistemas lénticos.

ID	CUERPO DE AGUA	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
1	Estanque 1	Cuerpo de agua léntico con un nivel bajo del recurso, con características organolépticas favorables en cuanto al olor, agua levemente turbia (color café), con material flotante y sin presencia de película visible de aceites sobre el agua y un lecho compuesto principalmente por limo. El punto de monitoreo, se encuentra rodeado por pastos y lama, con unas dimensiones aproximadas de 2,50 m y 0,90 m de largo y ancho respectivamente, además, es posible evidenciar un grado de perturbacion moderado, asociado posiblemente al desarrollo de las actividades como la ganaderia y la agricultura.	E: 949886 N: 593518
2	Estanque 2	Cuerpo de agua léntico de baja profundidad, con agua levemente turbia sin olores ofensivos ni presencia de película visible de aceites sobre el agua, con un lecho estable compuesto limo. El punto de monitoreo, se encuentra rodeado por pastos y por un alambre de puas, con unas dimensiones aproximadas de 1,00 m y 2,00 m de largo y ancho respectivamente, además, es posible evidenciar un grado de perturbacion moderado, asociado directamente con el desarrollo de las actividades como la ganaderia y la agricultura.	E: 955298 N: 600356
3	Estanque 3	Cuerpo de agua léntico con un nivel de agua muy bajo, con agua levemente turbia sin olores ofensivos ni presencia de película visible de aceites sobre el agua, aunque con presenta un color café claro, con un grado de perturbación moderado aunque con un lecho limoso estable. El punto de monitoreo, se encuentra rodeado por pastos y plantas de bajo porte, con unas dimensiones aproximadas de 2,40 m de largo y 1,00 m de ancho, además, es posible evidenciar un grado de perturbacion moderado, asociado directamente con el desarrollo de las actividades como la ganaderia y la agricultura.	E: 955635 N: 600610

ID	CUERPO DE AGUA	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO / COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE
4	Estanque 4	Cuerpo de agua léntico con un nivel bajo del recurso, se obsreva un plástico negro en su base y rodeado por un alambre de puas, con un largo de 2,00 m y un ancho de 0,80 m. El punto de monitoreo presenta una tubiedad leve, sin olores ofensivos ni presencia de película visible de aceites sobre el agua que indique algún grado de contaminación, lecho con deposición moderada compuesto por limo. El uso local del suelo en la zona está destinado a cultivos y ganadería.	E: 955260 N: 600436
5	Estanque 5	Se evidencia un cuerpo de agua estancado, con agua turbia y coloración verdosa, anque sin olores ofensivos, material flotante ni presencia de película visible de aceites sobre el agua, lecho con deposición moderada compuesto por limo. El punto de monitoreo, se encuentra rodeado por pastos y se observan mangueras como sistema de captación del recurso, para el desarrollo de actividades de riego de cultivos en la zona.	E: 954456 N: 601960

Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.64 Ubicación de los puntos de monitoreo de cuerpos de agua superficial proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

Los parámetros analizados son los establecidos en los Términos de Referencia para la Elaboración de estudios de impacto ambiental –Proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, así como los requeridos para determinar los índices de contaminación calculados. Su caracterización se realizó siguiendo la metodología descrita en el **Anexo 15. Monitoreos**, que contiene el informe presentado por el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., el cual se encuentra acreditado por el IDEAM, Resolución 2892 del 30 de diciembre de 2016 y Resolución 0049 del 16 de enero de 2017, como laboratorio competente para realizar los análisis fisicoquímicos en la matriz agua. En dicho anexo se presenta la descripción de los puntos monitoreados.

En la **Tabla 5-73** se presentan los parámetros analizados, referenciando el método de muestreo y la técnica analítica utilizada para cada uno de ellos, así como las unidades en las cuales se reportan los resultados obtenidos. Es preciso señalar que, de la totalidad de parámetros tenidos en cuenta, cinco (5) de ellos fueron registrados *in situ* (temperatura, pH, sólidos disueltos, conductividad y oxígeno disuelto), mientras que las muestras de las restantes variables, fueron enviadas a los laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo

Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., para su correspondiente análisis. El tiempo transcurrido entre la toma de las muestras y la recepción de las mismas en los laboratorios no superó las 48 horas.

Tabla 5-73 Listado de los métodos y técnicas analíticas empleadas para el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las estaciones monitoreadas.

PARÁMETROS	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO
TEMPERATURA MUESTRA	°C	TERMOMÉTRICO	SM 2550 B
pH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	ELECTROMÉTRICO	SM 2510 B
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	LUMINISCENCIA	ISO 17289:2014
CAUDAL	m3/s	ÁREA - VELOCIDAD CON MICROMOLINETE O FLUJÓMETRO	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA. CAPITULO 2. IDEAM. 2007
TURBIEDAD	NTU	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 B
COLOR VERDADERO	UPC	ESPECTROFOTOMÉTRICO - LONGITUD DE ONDA SIMPLE	SM 2120 C
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	mg/L	COMBUSTIÓN ALTA	EPA 5310 B
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	SM 2320 B
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	SM 2310 B
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	SM 2320 B
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO - EDTA	SM 2340 C
DUREZA CÁLCICA	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO - EDTA	SM 3500-Ca B
CLORUROS	mg/L Cl-	ARGENTOMÉTRICO	SM 4500-Cl B
SULFATOS	mg/L S04-2	TURBIDIMÉTRICO	SM 4500-SO4 E
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	ACIDO ASCORBICO	SM 4500-PO4 E
NITRATOS	mg/L N-NO3	COLORIMETRICO	SM 4500-NO3-B
NITRITOS	mg/L N-NO2	COLORIMÉTRICO	SM 4500-NO2 B
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	DESTILACION - VOLUMÉTRICO	SM 4500-NH3 B - F
NITRÓGENO TOTAL	mg/L N	KJELDAHL - TITULOMETRICO	SM 4500-Norg C, SM 4500-NH3 C
FOSFORO TOTAL	mg/L	ACIDO ASCORBICO	SM 4500 P E
FOSFORO INORGÁNICO	mg/L P	DIGESTIÓN - COLORIMETRICO	SM 4500-P B, SM 4500-P E
FOSFORO ORGÁNICO	mg/L	DIGESTIÓN - COLORIMETRICO	SM 4500-P B, SM 4500-P E
FENOLES TOTALES	mg/L	DESTILACIÓN - FOTOMÉTRICO DIRECTO	SM 5530 B, SM 5530 D
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	ELECTROMÉTRICO	SM 2510 B
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	VOLUMÉTRICO (CONO IMHOFF)	SM 2540 F
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105°C	SM 2540 D
SOLIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103 - 105 °C	SM 2540 B
DBO_5	mg/L O2	INCUBACION 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B, SM 4500-O G
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMÉTRICO	SM 5220 C
HIERRO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
MAGNESIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
NÍQUEL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
PLOMO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
POTASIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
SELENIO	mg/L	E.A.A. GENERADOR DE	SM 3114 C

PARÁMETROS	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO
		HIDRUROS	
BARIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 D
CADMIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
CALCIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
SODIO	mg/L	E.A.A.	SM 3111 B
ARSENICO	mg/L	E.A.A. - GENERADOR DE HIDRUROS	SM 3114 C
COBRE	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
MANGANESO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
MERCURIO	mg/L	E.A.A./V.F.	SM 3114 C
PLATA	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
ZINC	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E, SM 3111 B
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	COLORIMÉTRICO	SM 5540 C
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICIÓN - INFRARROJO	SM 5520 C
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	PARTICIÓN - INFRARROJO	SM 5520 C, SM 5520 F
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMÁTICO	SM 9223 B
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMÁTICO	SM 9223 B

E.A.A.: Espectrometría de Absorción Atómica, **E.A.A.E**: Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

5.1.6.1.2 Resultados de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de agua superficial.

Los límites de comparación que se incluyen en el presente documento corresponden a los establecidos en las disposiciones transitorias del Decreto único 1076/2015 (artículos 2.2.3.3.9.2 a 2.2.3.3.9.10) que recopilan los artículos 37 al 45 del Decreto 1594 de 1984, para algunos usos probables, como los criterios para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico que indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional o desinfección, así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, ya que a la fecha no se encuentran definidos los criterios de calidad para el uso de las aguas en el Decreto 3930 de 2010 (Capítulo V, Artículo 20).

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, comprende la presentación de los resultados y la comparación con los criterios de calidad según la normatividad vigente. Posteriormente, se realiza una descripción de los principales parámetros evaluados y se calculan los índices e indicadores mencionados anteriormente.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las fuentes de agua superficial del área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, se presentan a continuación (**Tabla 5-74** a **Tabla 5-83**)**.** Ver **Anexo 15. Monitoreos.**

Tabla 5-74 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA EL MANZANO HUMEADORA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA HUMEADORA AGUAS ABAJO	QUEBRADA URBANO HUMEADORA	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5358	5356	5357	5273	5274			
FECHA	A-M-D	6-3-2017	6-3-2017	6-3-2017	27-2-2017	27-2-2017			
HORA	h:min	15:45	8:20	12:15	9:30	12:00			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	15,35	15,15	16,75	14,75	16,7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	8,05	7,35	7,75	6,31	6,42	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	118	120	105	180	220	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	60	64	54,2	90	105	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	6	5	6	1,2	1	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,082	0,27	0,179	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	5,53	6,03	6,03	4,52	7,54	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	27	28,7	26,5	43,2	42,8	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	27	28,7	26,5	43,2	42,8	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	9,21	10,2	9,62	14,8	15,7	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	12,8	12,7	15,8	19,98	24,11	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100 mL	288	156	189	265	230	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	2640	2160	1500	1480	1730	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	25,48	32,22	32,47	52,49	56,4272	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	24,4	26,9	24,6	38,4	40,3	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	34,8	38,4	35,2	54,8	57,6	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA EL MANZANO HUMEADORA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA HUMEADORA AGUAS ABAJO	QUEBRADA URBANO HUMEADORA	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5358	5356	5357	5273	5274			
FECHA	A-M-D	6-3-2017	6-3-2017	6-3-2017	27-2-2017	27-2-2017			
HORA	h:min	15:45	8:20	12:15	9:30	12:00			
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,1	0,1181	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	0,188	0,253	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	0,222	0,305	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,178	0,199	0,183	0,211	0,321	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	2,12	2,3	2,22	3,71	3,81	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,05	<0,05	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0,803	0,752	0,856	5	5,75	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0095	0,0075	0,0087	0,0089	0,0074	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,322	0,302	0,301	0,854	0,932	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	10,6	5,8	10,8	16,4	19,9	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	18	22	10	69	46	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	82	90	74	168	162	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	6,13	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	15,9	19,3	11,5	68,7	48,9	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017.

Tabla 5-75 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ARRIBA	AFLUENTE QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MANZANO AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5275	5355	5353	5354	5350			
FECHA	A-M-D	27-2-2017	2-3-2017	2-3-2017	2-3-2017	5-3-2017			
HORA	h:min	15:30	15:15	8:00	11:30	8:30			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	14,5	15,65	14,5	15,6	15,65	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	6,46	7,2	7,15	7,4	7,75	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	190	140	95	90	90	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	85	45	40	60	39,5	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	1,01	5,3	5,2	5	6	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,001	0,005	0,008	0,04	0,006	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	6,53	5,03	6,03	6,53	5,03	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	42,8	22,5	22,6	21,3	22,8	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	42,8	22,5	22,6	21,3	22,8	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	16,8	6,11	9,09	7,82	4,97	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	24,26	6,54	8,76	8,76	5,08	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	166	310	167	110	210	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1300	1780	1260	1056	2200	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	50,68	29,36	48,78	34,68	47,93	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	43,9	15,9	23,2	20,4	13,3	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	62,8	22,8	33,2	29,2	19	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0,1106	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0,259	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,286	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ARRIBA	AFLUENTE QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MANZANO AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5275	5355	5353	5354	5350			
FECHA	A-M-D	27-2-2017	2-3-2017	2-3-2017	2-3-2017	5-3-2017			
HORA	h:min	15:30	15:15	8:00	11:30	8:30			
HIERRO TOTAL	mg/L	0,198	0,178	0,193	0,204	<0,15	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	4,32	1,28	2,05	1,95	1,1	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	5,877	0,941	0,929	0,856	0,91	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0089	0,0076	0,0071	0,0084	0,009	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	SC	SC	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,528	0,305	<0,27	<0,27	0,322	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	17,2	7,01	4,18	4,64	7,81	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	34	8	16	14	8	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	130	54	76	72	54	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	44,7	12,9	16,6	18,5	11,6	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017

Tabla 5-76 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5351	5352	5347	5348	5349			
FECHA	A-M-D	5-3-2017	5-3-2017	4-3-2017	4-3-2017	4-3-2017			
HORA	h:min	12:00	15:20	8:30	12:35	14:00			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	13,95	16,3	15	14,2	16,8	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,55	7,1	7,25	7,45	7,95	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	75	200	110	75	80	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5351	5352	5347	5348	5349			
FECHA	A-M-D	5-3-2017	5-3-2017	4-3-2017	4-3-2017	4-3-2017			
HORA	h:min	12:00	15:20	8:30	12:35	14:00			
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	30	90	40	30	40	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	5,9	5	4,5	4,4	5	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,082	0,004	0,003	0,005	0,018	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	4,52	5,53	7,04	7,54	5,03	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	21,9	26,7	17,8	18,2	22,3	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	21,9	26,7	17,8	18,2	22,3	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	5,32	14,4	6,32	8,32	5,07	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	5,29	17,1	7,45	7,6	5,44	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	130	207	200	256	165	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1300	1250	1390	1140	1600	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	49,75	33,15	<5	<5	40,35	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	14,2	37,2	17,1	21,8	13,4	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	20,3	53,2	24,4	31,2	19,2	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	<0,15	<0,15	0,307	0,225	0,211	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	1,09	3,25	1,21	2,01	1,11	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5351	5352	5347	5348	5349			
FECHA	A-M-D	5-3-2017	5-3-2017	4-3-2017	4-3-2017	4-3-2017			
HORA	h:min	12:00	15:20	8:30	12:35	14:00			
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0,951	0,825	0,711	0,84	0,97	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0108	0,0082	<0,003	<0,003	<0,003	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,322	<0,27	<0,27	<0,27	<0,27	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	6,32	5,04	5,32	4,12	7,82	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	8	16	11	20	53	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	52	118	64	64	94	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	13,9	32,2	9,6	18,2	40,8	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017.

Tabla 5-77 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA CUAYARIN AGUAS ARRIBA	QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA HONDA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ARRIBA	QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5271	5270	5272	5345	5346			
FECHA	A-M-D	28-2-2017	28-2-2017	28-2-2017	8-3-2017	8-3-2017			
HORA	h:min	12:15	8:00	16:30	9:20	12:47			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	16,9	16,5	15,3	16,6	16,4	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,85	7,6	7,4	7,3	7,25	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	205	190	150	110	135	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	81,6	85	70	40	60	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4,5	4,7	4,2	5,3	5,2	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,003	0,001	0,004	0,531	0,572	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	7,54	10,05	7,04	7,04	5,03	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	49,6	48,7	41,1	32,8	31,3	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	49,6	48,7	41,1	32,8	31,3	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	15,2	16,9	11,8	7,19	7,81	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	12,64	23,71	12,99	8,81	8,26	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	420	330	310	467	580	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	2390	2100	2370	1890	2450	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	40,69	60,24	45,63	50,96	57,56	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	39,5	43,9	31,9	19	19,9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	56,4	62,8	45,6	27,2	28,4	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,24	<0,24	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA CUAYARIN AGUAS ARRIBA	QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA HONDA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ARRIBA	QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5271	5270	5272	5345	5346			
FECHA	A-M-D	28-2-2017	28-2-2017	28-2-2017	8-3-2017	8-3-2017			
HORA	h:min	12:15	8:00	16:30	9:20	12:47			
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,181	0,208	0,194	0,324	0,303	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	3,87	4,2	3,04	1,98	1,92	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0,97	1,26	0,84	0,909	0,825	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0099	0,0112	0,0081	0,0094	0,0076	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,722	0,632	0,709	0,512	0,428	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	8,11	12,3	7,25	10,1	9,03	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	12	39	6	24	22	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	94	154	96	80	96	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	9,08	44,1	4,77	21,5	25,7	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017

Tabla 5-78 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA HONDA AGUAS ABAJO	ZANJA CHORRERA AGUAS ABAJO	QUEBRADA ARRAYANES AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5343	5344	5341	5342	5339			
FECHA	A-M-D	3-3-2017	3-3-2017	9-3-2017	9-3-2017	7-3-2017			
HORA	h:min	8:00	14:20	8:25	12:30	8:40			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	14,8	14	17,05	20,6	16,85	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,25	7,85	7,85	8,2	7,3	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	100	115	185	225	170	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	40	50	90	105	65	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4,2	4,4	4,7	6,5	4,5	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,00115	0,007	0,005	0,004	0,033	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	4,02	6,03	6,53	6,03	3,02	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	23,9	23,1	67,4	53,9	24,4	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	23,9	23,1	67,4	53,9	24,4	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	6,94	8,07	16,9	22,4	9,69	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	5,59	6,64	6,7	27,1	9,77	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	500	370	400	650	345	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1540	1280	1670	1430	1600	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	59,32	16,22	21,53	66,27	25,39	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	17,9	20,7	43,4	56,8	24,7	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	25,6	29,6	61,2	80	34,8	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA HONDA AGUAS ABAJO	ZANJA CHORRERA AGUAS ABAJO	QUEBRADA ARRAYANES AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5343	5344	5341	5342	5339			
FECHA	A-M-D	3-3-2017	3-3-2017	9-3-2017	9-3-2017	7-3-2017			
HORA	h:min	8:00	14:20	8:25	12:30	8:40			
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,178	<0,15	0,168	0,187	0,184	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	1,67	1,95	4,07	5,01	2,29	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	1,07	0,789	0,941	1,11	0,814	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0109	0,0082	0,0091	0,0121	0,0101	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	SC	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,291	<0,27	0,492	0,723	<0,27	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	5,12	3,98	9,72	9,81	5,12	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	17	9	12	18	8	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	64	68	110	152	66	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	12,3	4,2	9,73	20,3	16,5	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017

Tabla 5-79 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	RIO GUAITARA	QUEBRADA NN3	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5340	5277	5278	5276	5279			
FECHA	A-M-D	7-3-2017	26-2-2017	26-2-2017	26-2-2017	26-2-2017			
HORA	h:min	13:40	16:06	13:12	11:00	17:20			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	16,85	14,65	15,55	14,65	15,1	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	RIO GUAITARA	QUEBRADA NN3	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5340	5277	5278	5276	5279			
FECHA	A-M-D	7-3-2017	26-2-2017	26-2-2017	26-2-2017	26-2-2017			
HORA	h:min	13:40	16:06	13:12	11:00	17:20			
pH	UNIDADES	7,1	7,85	7,85	8,05	7,2	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	445	165	195	155	285	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	220	75	90	75	130	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	0,2	0,4	<0,1	0,6	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4,3	7	7	6,5	4,5	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,008	8,965	13,076	27,533	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	7,54	12,06	14,57	8,04	13,07	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	38,2	81,4	93,8	57	104	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	38,2	81,4	93,8	57	104	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	32,1	13,8	13,8	15,3	24,2	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	49,1	12,58	14,95	8,15	27,94	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	267	1 300	1 100	890	990	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1450	3800	3690	2890	3270	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	49,53	29,2	26,9	35,8	131,2	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	12	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	22	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	88,9	37,2	35	39,5	62,1	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	125,2	53,2	50	56,4	88,8	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,918	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	5

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	RIO GUAITARA	QUEBRADA NN3	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		5340	5277	5278	5276	5279			
FECHA	A-M-D	7-3-2017	26-2-2017	26-2-2017	26-2-2017	26-2-2017			
HORA	h:min	13:40	16:06	13:12	11:00	17:20			
MAGNESIO	mg/L	7,92	3,6	3,2	3,92	6	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	1	1,12	0,808	1,01	1,48	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0154	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	SC	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	<0,27	1,61	1,08	0,327	1,18	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	5,37	16,4	27,2	10,3	28,4	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	43	273	305	46	500	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	248	310	316	94	532	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	5,26	6,13	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	28,4	87,7	135	42,9	348	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017.

Tabla 5-80 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6341	6342	6340	6343	6345			
FECHA	A-M-D	12-3-2017	12-3-2017	12-3-2017	12-3-2017	14-3-2017			
HORA	h:min	10:00	12:30	8:30	15:40	12:50			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	16,85	17,85	17,2	17,6	20,75	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,65	7,5	7,1	7,5	7,9	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6341	6342	6340	6343	6345			
FECHA	A-M-D	12-3-2017	12-3-2017	12-3-2017	12-3-2017	14-3-2017			
HORA	h:min	10:00	12:30	8:30	15:40	12:50			
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	175	145	165	155	130	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	85	60	70	70	60	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4,7	4,5	5,1	5,3	7,75	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	7,91	0,41	5,14	0,2	0,045	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	5,03	6,03	6,53	4,52	6,53	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	37,1	53,3	48,5	41,4	50,7	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	37,1	53,3	48,5	41,4	50,7	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	9,07	11,7	12,4	9,74	12,8	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	6,44	10	13,2	8,71	6,14	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	300	379	230	178	450	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	2670	2890	2430	2700	2890	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	81,71	90,53	107,51	272,29	196,81	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	23,8	31,1	89,6	24,6	33	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	34	44,4	128	35,2	47,2	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6341	6342	6340	6343	6345			
FECHA	A-M-D	12-3-2017	12-3-2017	12-3-2017	12-3-2017	14-3-2017			
HORA	h:min	10:00	12:30	8:30	15:40	12:50			
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,372	0,389	0,399	0,411	0,725	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	2,31	2,97	3,25	2,2	3,15	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0,97	0,99	1,1	1,3	1,43	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0097	0,0138	0,0139	0,0281	0,0212	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,738	<0,27	0,957	0,957	1,32	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	10,4	14,1	14,1	7,59	9,13	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	41	59	76	92	98	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	94	136	152	153	166	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	35,9	67,7	45,9	109	111	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017.

Tabla 5-81 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6344	6346	6348	6349	6347			
FECHA	A-M-D	14-3-2017	14-3-2017	13-3-2017	13-3-2017	13-3-2017			
HORA	h:min	10:20	15:30	14:20	16:15	9:35			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	22	16,9	18,75	19,2	18,65	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,7	7,1	7,7	7,8	7,6	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	140	64	125	145	100	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	65	31,5	60	70	40	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	7,4	7,25	6,65	6,85	6,45	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	0,051	0,968	0,312	0,472	2,14	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	5,03	6,03	6,53	5,53	6,03	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	55,6	26,9	39,8	45,9	38,4	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	55,6	26,9	39,8	45,9	38,4	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	13,3	5,2	11,2	12,3	9,12	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	<3	<3	3,45	3,12	3,15	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	6,95	<4	21,8	30,1	6,75	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	289	600	320	254	264	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	3400	2560	2890	2650	2200	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	185,39	160,94	101,6	237,19	67,709	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	<5	<5	15	13	13	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	25	22	23	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	34,9	14	34,3	38,3	24,9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	49,2	20,1	48,4	54	35,2	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	<0,03	<0,03	0,051	0,0412	0,0426	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	0,102	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	<0,1	<0,1	0,127	0,103	0,1065	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6344	6346	6348	6349	6347			
FECHA	A-M-D	14-3-2017	14-3-2017	13-3-2017	13-3-2017	13-3-2017			
HORA	h:min	10:20	15:30	14:20	16:15	9:35			
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,532	0,851	1,08	0,192	0,169	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	3,21	1,28	3,1	3,5	2,27	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	1,39	1,48	1,74	1,62	1,68	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0189	0,0294	0,0279	0,0184	0,0246	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	1,51	<0,27	1,74	1,24	1,12	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	9,71	6,11	13,5	15	11,2	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	81	106	48	36	36	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	156	142	136	146	96	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	81,6	144	50,8	46,8	46,9	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017

Tabla 5-82 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lóticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				NORMA, DEC. 1594/84		
		RIO GUAITARA 2	RIO SAPUYES AGUAS ARIBA	RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	GUAITARA 3	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6350	6351	6352	6742			
FECHA	A-M-D	16-3-2017	15-3-2017	15-3-2017	27-3-2017			
HORA	h:min	9:30	10:30	14:45	9:00			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	17,15	18,25	15,75	18,85	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,5	7,25	7,7	8,5	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				NORMA, DEC. 1594/84		
		RIO GUAITARA 2	RIO SAPUYES AGUAS ARIBA	RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	GUAITARA 3	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6350	6351	6352	6742			
FECHA	A-M-D	16-3-2017	15-3-2017	15-3-2017	27-3-2017			
HORA	h:min	9:30	10:30	14:45	9:00			
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	180	180	140	80	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	63	80	70	40	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0,3	0,6	0,3	0,3	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	6,4	6,5	7,25	6,15	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m3/s	26,192	11,07	12,59	26,142	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	4,52	10	20,1	<2	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	32,9	31,5	23,9	26	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	32,9	31,5	23,9	26	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	8,12	11,8	10,4	7,12	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	4,2	5,42	4,72	5,07	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	5,03	8,71	8,51	<4	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	780	680	800	980	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	3670	2200	1700	4150	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	12,1	49,12	70,18	16,1	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	15	20	17	17	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	24	31	27	29	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	21,6	31,6	27,7	19,2	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	30,8	45,2	39,6	28,8	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	0,037	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0,342	1,321	0,8424	<0,03	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0,514	3,1	1,85	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0,732	3,25	1,95	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,855	3,3	2,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	10,9	3,45	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	1,6	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,567	0,722	0,512	0,845	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	1,93	2,97	2,4	2	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	3,24	5,42	8,411	2,77	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,019	0,0394	0,0487	0,083	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	1,28	1,25	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				NORMA, DEC. 1594/84		
		RIO GUAITARA 2	RIO SAPUYES AGUAS ARIBA	RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	GUAITARA 3	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		6350	6351	6352	6742			
FECHA	A-M-D	16-3-2017	15-3-2017	15-3-2017	27-3-2017			
HORA	h:min	9:30	10:30	14:45	9:00			
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	0,757	0,711	0,604	2,67	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	11,8	12,1	12,7	6,15	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	282	478	264	218	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	354	580	362	270	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	0,32	1,04	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	56,4	111	130	140	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017.

Tabla 5-83 Resultados de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en los puntos de monitoreo lénticos evaluados y su comparación con los criterios de calidad permisibles.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		Estanque 1	Estanque 2	Estanque 3	Estanque 4	Estanque 5	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		22791	22792	22793	22794	22464			
FECHA	A-M-D	14-10-2017	14-10-2017	14-10-2017	14-10-2017	12-10-2017			
HORA	h:min	09:00	09:40	10:20	11:00	12:30			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	19.3	20.1	19,7	18,5	16,8	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,7	8.4	6,88	7,52	7,1	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	330	324	321	59,9	180	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	170	171	180	31,0	80	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4.9	5.0	4,70	4.8	3,4	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	17,0	9,50	8,00	2,10	6,03	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	48,8	63,4	65,1	28,1	67,7	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg/L	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	48,8	63,4	65,1	28,1	67,6	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L	12,5	13,8	13,7	5,55	14,8	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	5,78	4,20	4,55	4,03	5,43	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	54,5	57,9	53,7	< 4,00	11,6	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					NORMA, DEC. 1594/84		
		Estanque 1	Estanque 2	Estanque 3	Estanque 4	Estanque 5	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola
No. MCS		22791	22792	22793	22794	22464			
FECHA	A-M-D	14-10-2017	14-10-2017	14-10-2017	14-10-2017	12-10-2017			
HORA	h:min	09:00	09:40	10:20	11:00	12:30			
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	135,4	177,7	178,0	118,3	235,9	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	2247	2987	2723	2110	4280	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	< 5,00	6,14	< 5,00	< 5,00	47,86	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,05	0,05	0,1
DBO5	mg/L O2	21	14	17	13	20	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	33	24	26	23	31	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	31,4	35,3	34,9	14,4	38,81	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	47,4	52,5	57,6	21,6	54,10	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0,182	0,185	0,155	0,160	0,199	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0,384	0,388	0.365	0.378	0,363	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	<0,1	<0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,395	0,402	0,387	0,402	0,428	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	3,11	1,92	1,12	3,22	0,312	N.E.	N.E.	5
MAGNESIO	mg/L	3,51	3,85	5,31	1,58	3,61	N.E.	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	<0,12	<0,12	< 0,12	< 0,12	<0,12	N.E.	N.E.	0,2
MERCURIO	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0,312	0,332	0,387	0,390	0,392	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0,0040	0,0039	0,0041	0,0042	0,0040	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	<3	<3	<3	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
POTASIO	mg/L	13,7	15,6	14,0	2,18	8,08	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
SODIO	mg/L	24,6	25,4	26,0	2,56	9,44	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	85	43	36	110	88	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	265	235	220	150	178	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	<5	<5	<5	<5	<5	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	31,9	16,8	9,75	46,3	52,9	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	2

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los Laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. y CIAN Ltda., 2017.

5.1.6.1.3 **Análisis de resultados cuerpos de agua lóticos.**

- **Temperatura.**

Como se puede apreciar en la **Figura 5.65**, la temperatura presentó una variación moderada, desde 14 °C hasta 22 °C, sin embargo esta variación se atribuye a la hora de muestreo ya que, en general, las estaciones que presentaron una mayor temperatura se monitorearon al medio día entre las 11:00 y las 14:00; mientras que los de menor temperatura se midieron en la mañana o en la tarde. Lo anterior permite afirmar que los cambios en la temperatura, aunque son importantes, no se pueden atribuir a causas antrópicas. Estos datos pueden considerarse normales respecto a las características de la zona. Además, al no registrarse un aumento considerable en las temperaturas, se descarta algún tipo perturbación de origen industrial en alguno de los cuerpos de agua monitoreados.

- **Oxígeno Disuelto.**

El oxígeno disuelto presentó diferencias entre las estaciones que van desde 1 mg/L hasta 7,75 mg/L (**Figura 5.66**). Siendo en general los oxígenos altos, excepto en la quebrada San Francisco tanto aguas arriba como aguas abajo y la quebrada Yamurayan aguas arriba, que presentaron 1,2 mg/L, 1 mg/L y 1,01 mg/L, respectivamente. Los demás puntos de monitoreo presentaron oxígenos mayores, debido principalmente a la magnitud del flujo, que permite aireación mecánica considerable.

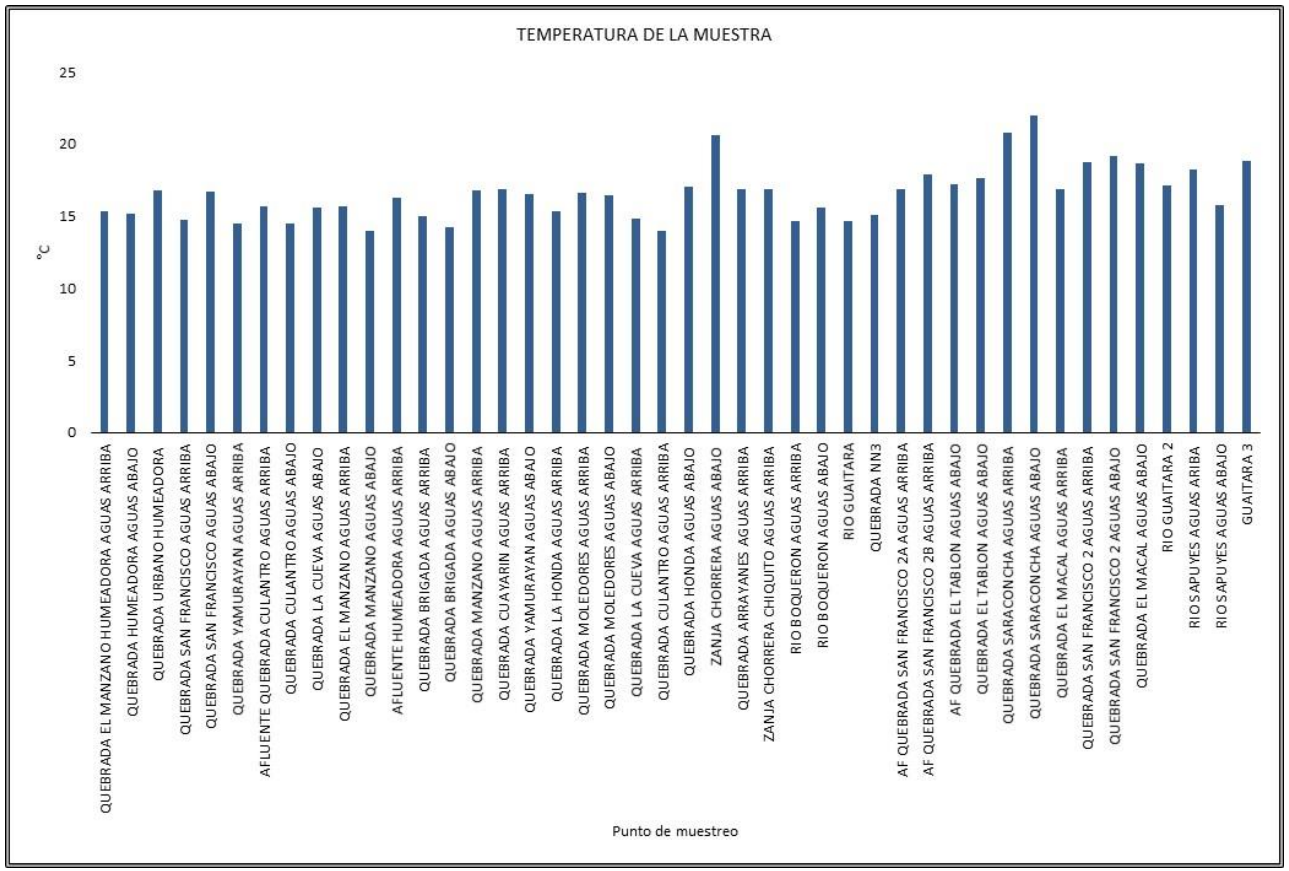
El oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la temperatura, pues a mayor temperatura el oxígeno disuelto se escapa con mayor facilidad en el cuerpo de agua, fenómeno que no fue tan evidente en las estaciones de monitoreo, esto debido a que la temperatura en estas cambia rápidamente según la hora de monitoreo, entre el día y la noche, lo que hace que este fenómeno no se pueda apreciar.

- **pH.**

Los valores de pH en las estaciones monitoreadas no presentaron grandes variaciones, ya que oscilaron entre 6,31 unidades y 8,5 unidades (**Figura 5.67**). Los únicos valores hallados por debajo de las 6,5 unidades, se presentaron en la quebrada San Francisco (aguas arriba y aguas abajo) y en la quebrada Yamurayán aguas arriba, lo que implica que para estos puntos, el agua no es apta para consumo humano con solo desinfección (según el art. 39 del decreto 1594/84), por lo cual debe hacerse un tratamiento convencional antes destinarla para tal fin.

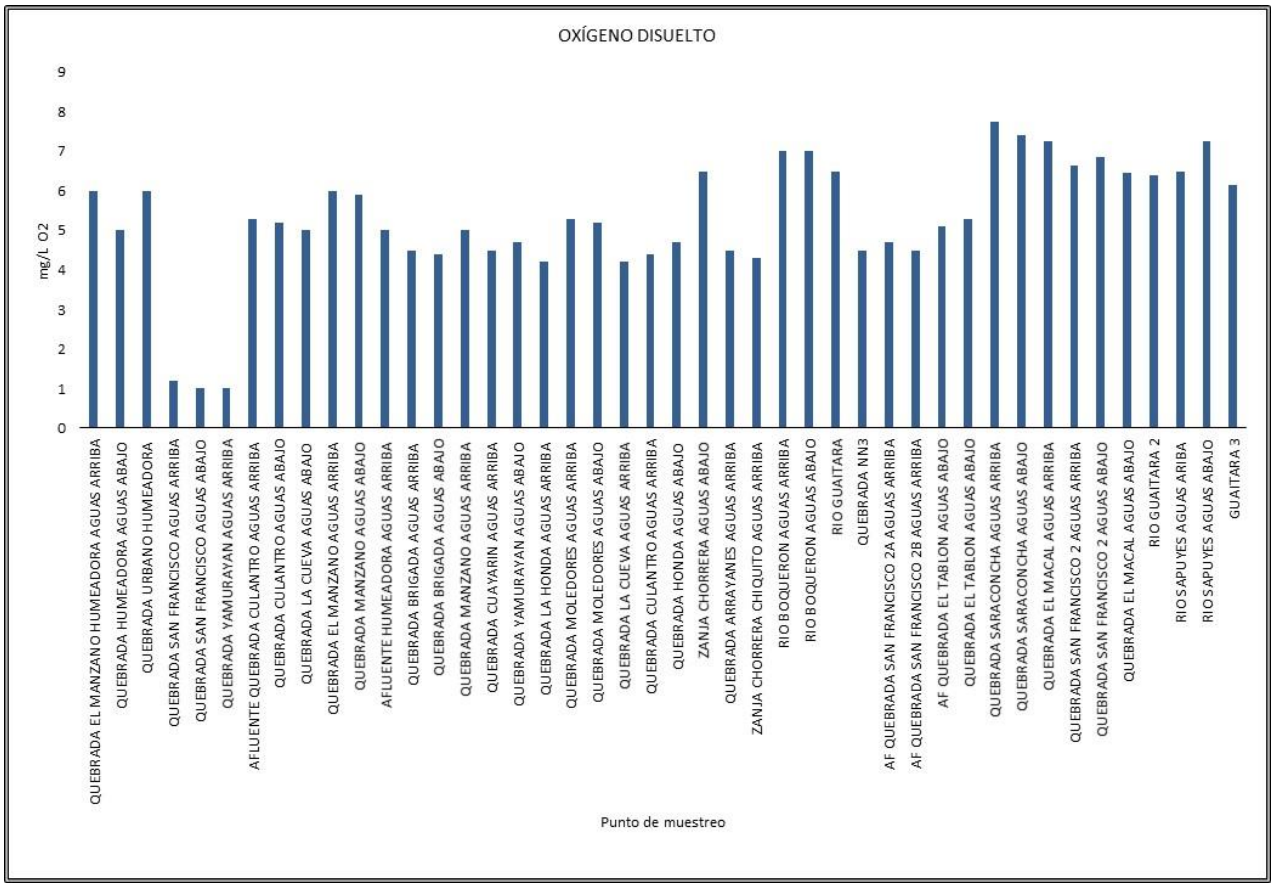
Las demás estaciones en cuanto al pH, son aptos para consumo humano/doméstico (usando solo desinfección), así mismo sirven para uso agrícola, pecuario (cumpliendo los artículos 40 y 41 del decreto en mención respectivamente). Este resultado indica que en las estaciones de monitoreo, esta variable proporciona unos niveles adecuados para el correcto establecimiento y desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Figura 5.65 Valores de temperatura registrados en los cuerpos de agua evaluados.



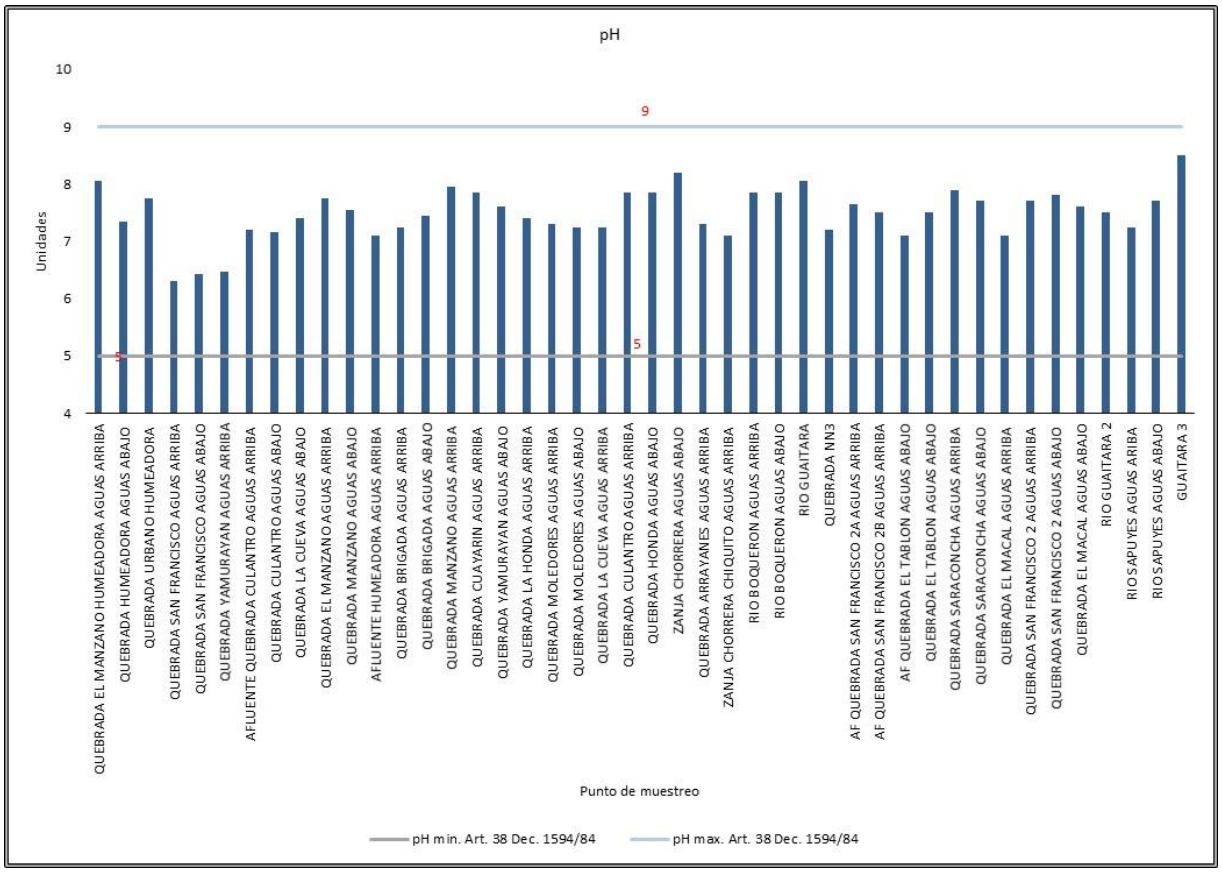
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.66 Valores de oxígeno disuelto registrados en los cuerpos de agua evaluados.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.67 Valores de pH registrados en los cuerpos de agua evaluados.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Conductividad y Sólidos Disueltos.**

La conductividad es una medida indirecta de la productividad ya que relaciona todos los iones presentes en el agua, motivo por el cual se encuentra estrechamente relacionada con los sólidos disueltos totales que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. Es así como la conductividad mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura, y se expresa como microSiemens por centímetro (µS/cm) (Rorldán y Ramirez, 2008).

Para este monitoreo el valor de conductividad en los cuerpos de agua monitoreados oscilo entre 64 µS/cm y 445 µS/cm, estos resultados indican que en general los cuerpos de agua tienen aportes similares de minerales disueltos, debido a que fluctuaron entre 30 mg/L y 220 mg/L (**Figura 5.68**). Estas variables no tienen valores especificados en la normatividad, sin embargo algunos autores reportan que la conductividad repercute en las diversidades de las especies, por lo que su medición en las corrientes superficiales es importante (Roldán, 2003).

- **Sólidos Suspendidos totales, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Color verdadero y Turbiedad.**

Los sólidos suspendidos totales son todas aquellas sustancias en estado sólido, diferentes del agua, cuyo tamaño es mayor a 0,20 µm y que se encuentran como su nombre lo indica, suspendidos en ella; este parámetro se encuentra también relacionado con los sólidos sedimentables que se definen como aquella porción de los sólidos que se precipitan como consecuencia de la gravedad después de un tiempo de reposo y cuya cantidad se determina precipitándolos en un cono Imhoff. Así mismo, ambos parámetros tienen un efecto directo sobre la turbidez. Por definición los sólidos totales son la suma de todos los anteriores (Sawyer, 2000).

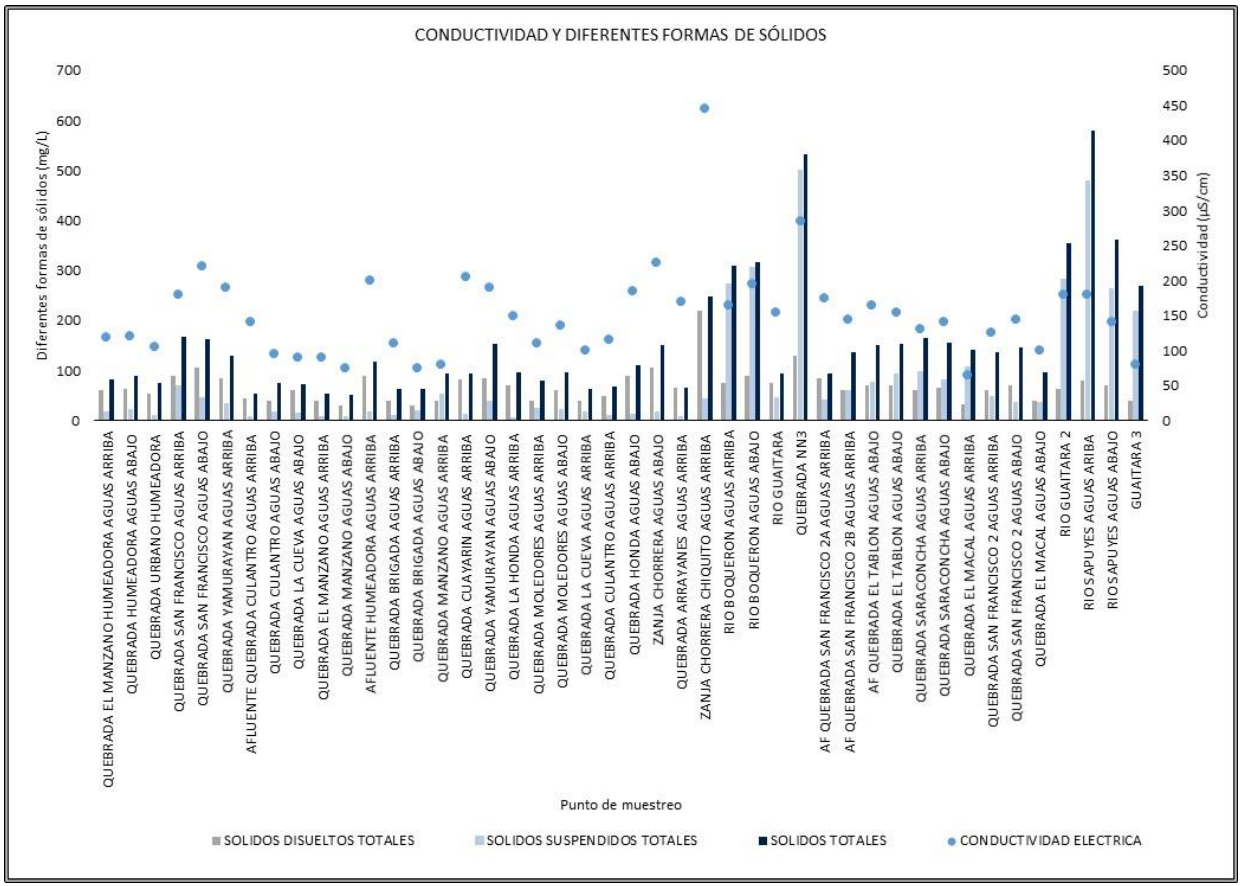
Los sólidos suspendidos totales en las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 6 mg/L y 500 mg/L (**Figura 5.68**). En cuanto a los sólidos sedimentables estos presentaron valores entre menor al límite de detección del método <0,1 mg/mL y 0,6 mg/mL, encontrándose los mayores valores precisamente en las estaciones donde se presentó la mayor proporción de sólidos suspendidos que de disueltos. De acuerdo a lo anterior, se establece que, a pesar de que los sólidos no presentan límites en la normatividad ambiental, una alta presencia de estos puede generar sabor desagradable en el agua y tener efectos adversos a las personas que ingieran estas aguas. Asimismo, debido a que los sólidos suspendidos totales influyen en el grado de turbidez de las aguas, es posible de que también se lleguen a afectar los procesos fotosintéticos que realizan las plantas acuáticas.

La turbiedad es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea dispersada y no transmitida a través de la suspensión. Este parámetro está relacionado con la presencia de sólidos suspendidos totales, razón por la cual los mayores valores de turbidez se registraron en las estaciones de mayor capacidad de arrastre de sedimentos, reportándose concentraciones entre 4,2 NTU Y 348 NTU, siendo la quebrada NN 3 el único punto de muestreo que sobrepasó los 190 NTU (10 UJT) estipulados como límite máximo permisible en el Artículo 39 del Decreto 1594 de 1984, por lo que, la mayoría de estaciones evaluadas se encuentran en cumplimiento con la normatividad ambiental vigente (**Figura 5.69**).

Esto corrobora que si bien los sedimentables hacen parte de los sólidos suspendidos, la técnica analítica para

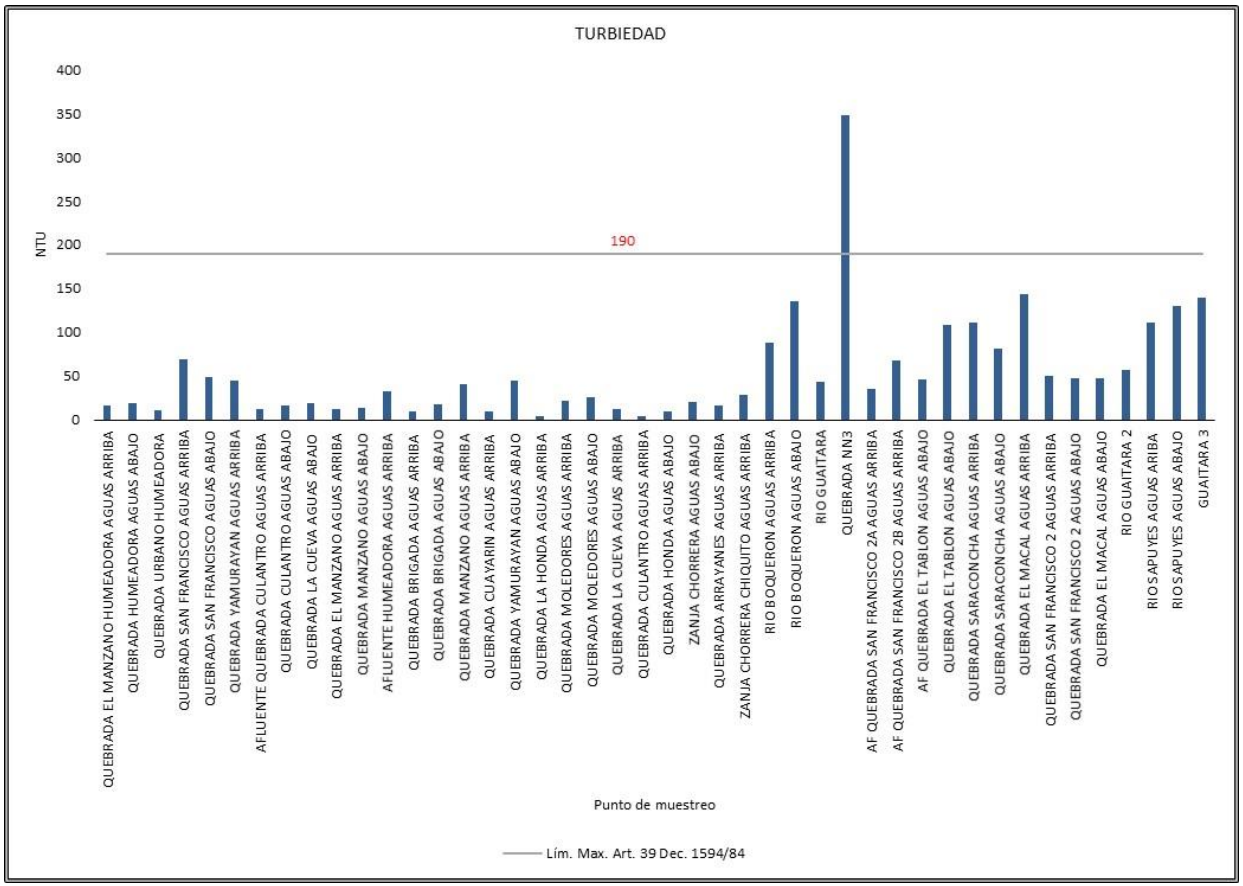
medir la turbiedad no los considera por completo, por lo cual se dan estas diferencias, ello pese a que hay proporcionalidad entre la turbiedad y los sólidos suspendidos. Por otra parte, los sólidos totales hacen referencia a la sumatoria de los parámetros mencionados anteriormente, para los cuales se encontraron valores de 52 mg/L a 580 mg/L. Los resultados demuestran que el comportamiento es similar al descrito para los sólidos suspendidos, esto indica que las partículas en suspensión aportan gran parte de los sólidos totales.

Figura 5.68 Valores de conductividad, sólidos disueltos, suspendidos y totales registrados en los cuerpos de agua monitoreados.



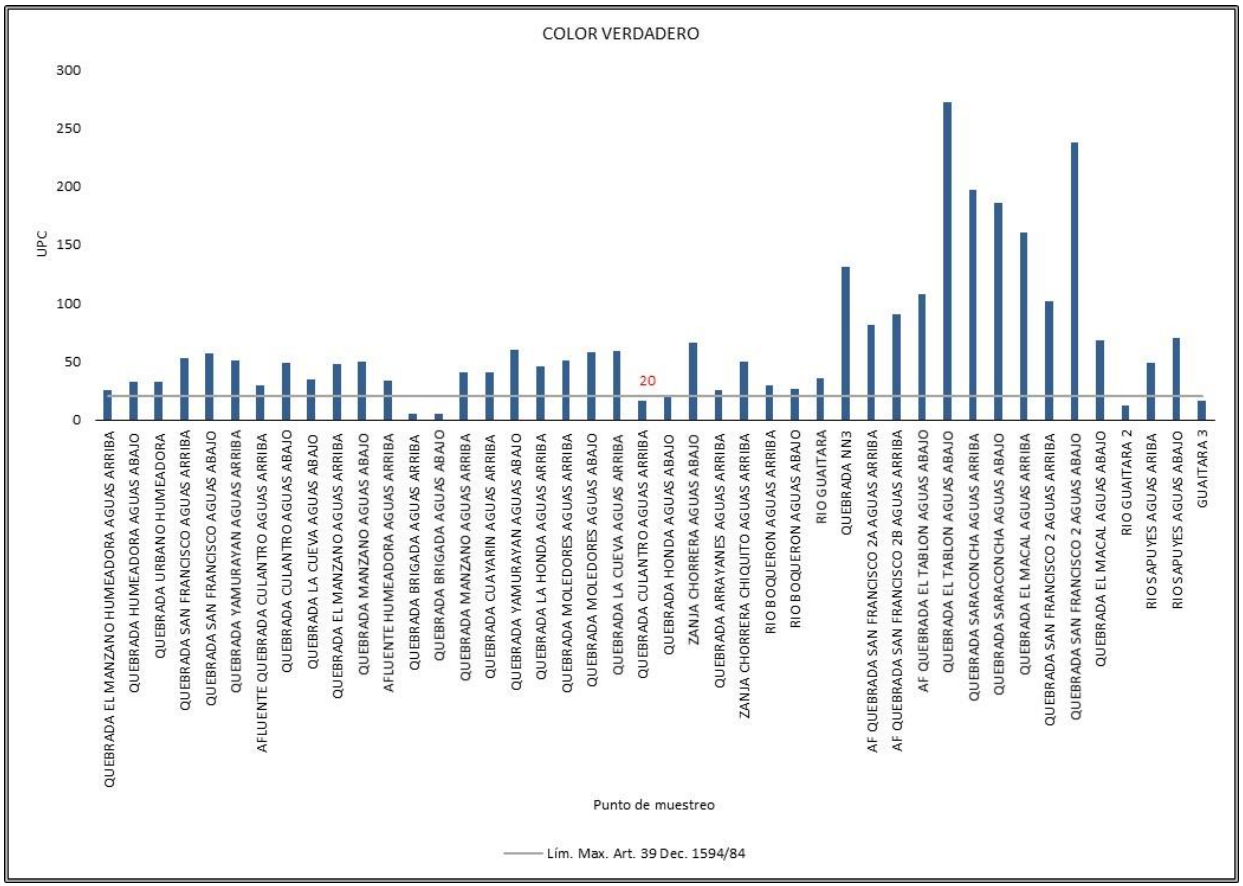
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Figura 5.69 Valores de turbiedad registrados en los cuerpos de agua.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Figura 5.70 Valores de color verdadero registrados en los cuerpos de agua.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Finalmente, el color verdadero reportó concentraciones entre <5 UPC (límite de detección de la técnica empleada) y 272 UPC, encontrándose el 89% de las estaciones de monitoreo con concentraciones que se encuentran por encima de los 20 UPC estipulados como límite máximo permisible en el Artículo 39 del Decreto 1594 de 1984, requiriéndose tratamientos de desinfección previo a su uso para consumo humano, mientras que, los demás sitios analizados, se encuentran en total cumplimiento con lo establecido en la norma de referencia, tal como se muestra en la **Figura 5.70**.

- **Alcalinidad, Acidez, Bicarbonatos y Dureza.**

Los dos primeros parámetros están estrechamente relacionados; el primero, se define como la medida para neutralizar ácidos, la cual le confiere propiedades buffer, es decir, dificulta sus cambios en el pH, está directamente relacionada con la cantidad de iones carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua y el segundo indica la capacidad cuantitativa de una sustancia de reaccionar con una base a un pH designado (Romero, 1995).

Conocer la alcalinidad y acidez del agua es fundamental para determinar su capacidad de mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida, ya que el valor de estas variables en el agua tiene influencia en las cinéticas de reacciones químicas, así como también refleja cambios en la calidad de las fuentes de agua (Roldán y Ramírez, 2008).

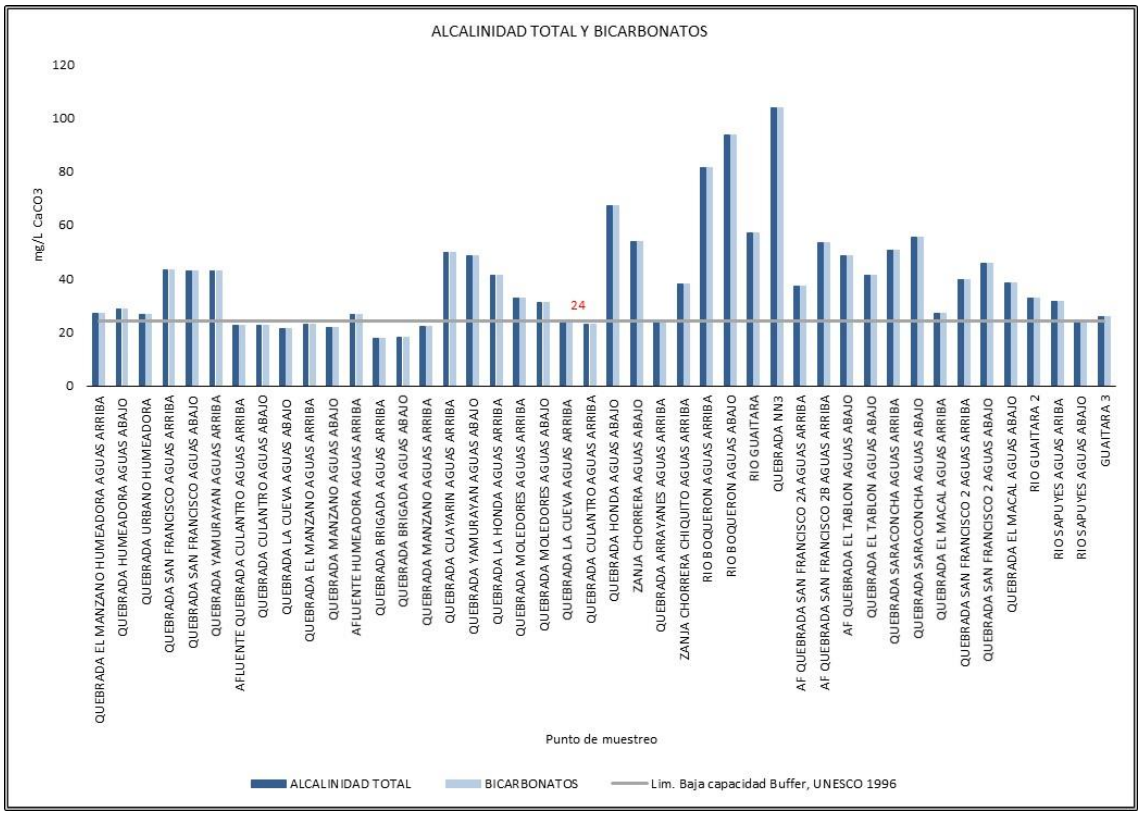
En general, los valores de alcalinidad en aguas tropicales son bajos (menores a 100 mg/L) (Roldán, 1992). Para las estaciones de monitoreo se observaron resultados que presentan relación con la referencia antes mencionada, teniéndose reportes entre 17,8 mg/L y 104 mg/L (**Figura 5.71**), cumpliendo el 75% de las estaciones con los 24 mg/L establecidos como límite mínimo por la UNESCO (1996), para ser denominado con buena capacidad Buffer.

Por su parte, la acidez total se encontró en los cuerpos de agua evaluados con valores que oscilaron entre inferior al límite de detección por la técnica analítica empleada (<2 mg/L) y 20,1 mg/L (**Tabla 5-74** a **Tabla 5-82**). En general los valores son coherentes con los registros de pH encontrados en cuanto a su basicidad o acidez, registrados para cada corriente hídrica evaluada.

Los bicarbonatos son sales que hacen parte de los estados transitorios del carbono. Dichas sales desempeñan un papel importante en el amortiguamiento del pH, así como definen la dureza temporal y total de los sistemas acuáticos. En una gran parte, los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos determinan la concentración de alcalinidad en un cuerpo de agua, debido a que cuando las condiciones de acidez aumentan, la reacción entre el ácido y la base del carbonato combinado, trae un aumento en bicarbonato neutro (Wetzel, 1981; Roldán, 1989).

Las concentraciones de bicarbonatos presentaron valores entre 17,8 y 104 mg/L, teniendo en cuenta que la presencia de bicarbonatos en aguas naturales contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas o incrustantes, siendo raro encontrar aguas que sobrepasen los 500 mg/L de carbonatos (Mc.Neely *et al.,* 1979 En: Sandí W, 2008). En cuanto al límite establecido por la UNESCO (1996), se encuentran cumpliendo el 75% de las estaciones con los 24 mg/L establecidos como límite mínimo por la UNESCO (1996), para ser catalogado con buena capacidad Buffer (**Figura 5.71**).

Figura 5.71 Valores de alcalinidad total y bicarbonatos registrados en las estaciones de muestreo monitoreadas.



MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

La dureza total del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella. La dureza cálcica está determinada por los compuestos de calcio, principalmente los carbonatos de calcio. Las aguas que presentan valores bajos de dureza son llamadas “aguas blandas” y biológicamente son poco productivas. Por el contrario, aguas con altos valores de dureza se denominan “duras” y por lo regular son muy productivas. La escala de dureza va de aguas que poseen menos de 10 mg/L las cuales son poco productivas, aguas medianamente productivas con valores entre 10 y 25 mg/L y aguas muy productivas que poseen valores superiores a los 25 mg/L (Ohle, 1934, tomado de Roldan y Ramírez, 2008).

En términos de dureza las aguas pueden clasificarse como aguas blandas (0-75 mg/L CaCO3), moderadamente duras (75-150 mg/L CaCO3), duras (150-300 mg/L CaCO3) y muy dura (mayor a 300 mg/L) (Romero, 1995). La dureza total presentó concentraciones entre 19 mg/L y 128 mg/L (clasificándose 40 estaciones como aguas blandas y 4 en aguas moderadamente duras) y la dureza cálcica entre 13.3 mg/L y 89,6 mg/L, tal como se muestra en la **Tabla 5-74** a **Tabla 5-82**.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total.**

La DBO5 es la medida de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente; mientras que la DQO, es una estimación del total de materia oxidable, biodegradable o no, presente en un cuerpo de agua. Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas y se utilizan como indicadores de la calidad del agua.

Los niveles de DBO5 presentaron valores que oscilaron en un rango entre 5 y 20 mg/L. Por su parte, la DQO presentó para la mayoría de las estaciones monitoreadas una concentración por debajo al límite de detección del método (<20 mg/L) hasta 31 mg/L.

Los resultados permiten deducir que las aguas loticas no presentan algún grado de contaminación orgánica, por lo tanto no se considera que haya contaminación por materia orgánica no biodegradable (Marín, 2009). De modo que se considera que los cuerpos de agua evaluados presentan un grado satisfactorio de biodegradabilidad y que la materia orgánica presente es medianamente biodegradable (Marín, 2009).

- **Macronutrientes.**

Para las estaciones analizadas, se registraron concentraciones de nitratos desde 0,71 mg/L hasta 8,41 mg/L, valores bajos que no representan ninguna afectación para el medio ambiente en relación a este parámetro. Por su parte los nitritos, evidenciaron concentraciones menores a los valores de detección del método (menor a 0,003 mg/L) hasta los 0,08 mg/L. Lo anterior demuestra que en este sistema se está llevando a cabo un proceso de descomposición de materia orgánica significativa de forma continua.

En general todas las estaciones presentan una mayor proporción de nitratos que de nitritos, esto junto con los valores relativamente bajos de DBO5 en la mayoría de las estaciones, indican que aunque hay impacto por contaminación orgánica por la ganadería, estos cuerpos de agua llevan procesos de oxidación de la misma en grados avanzados de degradación.

De acuerdo con los resultados expuestos con anterioridad, es evidente que tanto los nitratos como los nitritos no exceden los límites permisibles establecidos por la normatividad para consumo/uso humano/doméstico y en el caso específico de los nitritos adicionalmente acata la normatividad relacionada para el uso pecuario (Decreto 1594/84). Lo anterior implica que en cuanto estos parámetros, todas las aguas son aptas para cualquier destinación.

Respecto al nitrógeno amoniacal, este parámetro no excedió el límite permisible por la normatividad, ya que los resultados estuvieron comprendidos entre el límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<1 mg/L) hasta 1,28 mg/L, verificando la ausencia de contaminación reciente por concentraciones significativas de compuestos nitrogenados de origen antrópico industrial o descargas puntuales y directas de aguas residuales.

En relación al fósforo inorgánico se registraron valores desde inferiores al límite de detección (<0,1 mg/L) hasta 3,1 mg/L, valores que en general no presentaron mucha variación (con una desviación estándar de 0,2). Los resultados exhibidos para este parámetro son debidos en su mayoría a la materia orgánica proveniente de la vegetación adyacente y por la ganadería.

Por su parte, para el fósforo orgánico evidenció valores entre inferiores a 0,1 mg/L para la mayoría de las estaciones (resultado indetectable mediante la técnica analítica empleada para su evaluación) hasta un valor detectable de 3,25 mg/L. Estos valores altos de fósforo orgánico se pueden deber a aportes recientes de materia orgánica por actividad ganadera.

En relación a los fosfatos, se registraron valores desde inferiores al límite de detección por la técnica analítica empelada <0,03 mg/L hasta 1,32 mg/L. Como era de esperarse la concentración de fosfatos en todas las estaciones fue proporcional a la del fósforo inorgánico, lo cual es lógico, ya que los fosfatos son la forma biodisponible del fósforo inorgánico.

Cuerpos de agua con concentraciones de fósforo total mayores a 0,1 mg/L se consideran altamente eutróficos, mientras que con concentraciones menores a 0,005 mg/L se consideran muy poco productivos, la mayoría de las aguas dulces no contaminadas tienen concentraciones de 0,01 a 0,05 mg/L (Wetzel, 2000). En los puntos evaluados se encontraron concentraciones entre 0,1 mg/L y 3,3 mg/L, clasificándose todos estos cuerpos de agua, como altamente eutróficos.

- **Cloruros y Sulfatos.**

Los cloruros son un parámetro que mide la concentración de aniones cloruro disuelto en el agua. Se encuentra relacionado con la naturaleza geoquímica de las cuencas y puede llegar a incrementarse por la actividad humana debido a la generación de excrementos. Así mismo, es uno de los principales aniones que aporta a la salinidad, además, en las aguas dulces, este parámetro está inversamente relacionado con la diversidad de especies. Los cloruros presentaron desde valores por debajo de límite de detección del método (<4 mg/L) hasta 49,1 mg/L. Es de resaltar que los valores obtenidos en todas las estaciones son de todas maneras bajos pues valores superiores a 250 mg/L son perjudiciales para la salud y obedecen a que son uno de los iones más ampliamente distribuidos en la naturaleza y obedecen al tipo de suelo que atraviesa (Sawyer, 2000). Cabe destacar que son valores que se encuentran acordes con la normatividad, que fija un límite de 250 mg/L para consumo humano y uso doméstico, por lo tanto en este parámetro son aptos para dicho uso.

Por su parte, el sulfato constituye uno de los iones ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden presentarse en aguas naturales desde unos pocos, a varios miles de miligramos por mililitro. Este nutriente es la principal forma de azufre que puede ser incorporado por varios grupos de organismos autótrofos, para la biosíntesis de sustancias orgánicas azufradas como algunos aminoácidos. Para los sulfatos, se reportaron valores por debajo al límite de detección del método (<5 mg/L) hasta los 6,13 mg/L, concentraciones que no son altas, pues por encima de 400 mg/L se consideran niveles tóxicos, no aptos para consumo humano (Decreto 1594/84).

- **Fenoles Totales, Hidrocarburos Totales y Grasas y Aceites.**

Estas sustancias químicas hacen parte de la familia de los compuestos orgánicos. Muchos de ellos son aportados naturalmente a los cuerpos de agua como productos de desecho y descomposición de los seres vivos. Sin embargo, pueden llegar a los ecosistemas a través de vertimientos de aguas industriales y en altas concentraciones pueden ser tóxicos para la vida acuática.

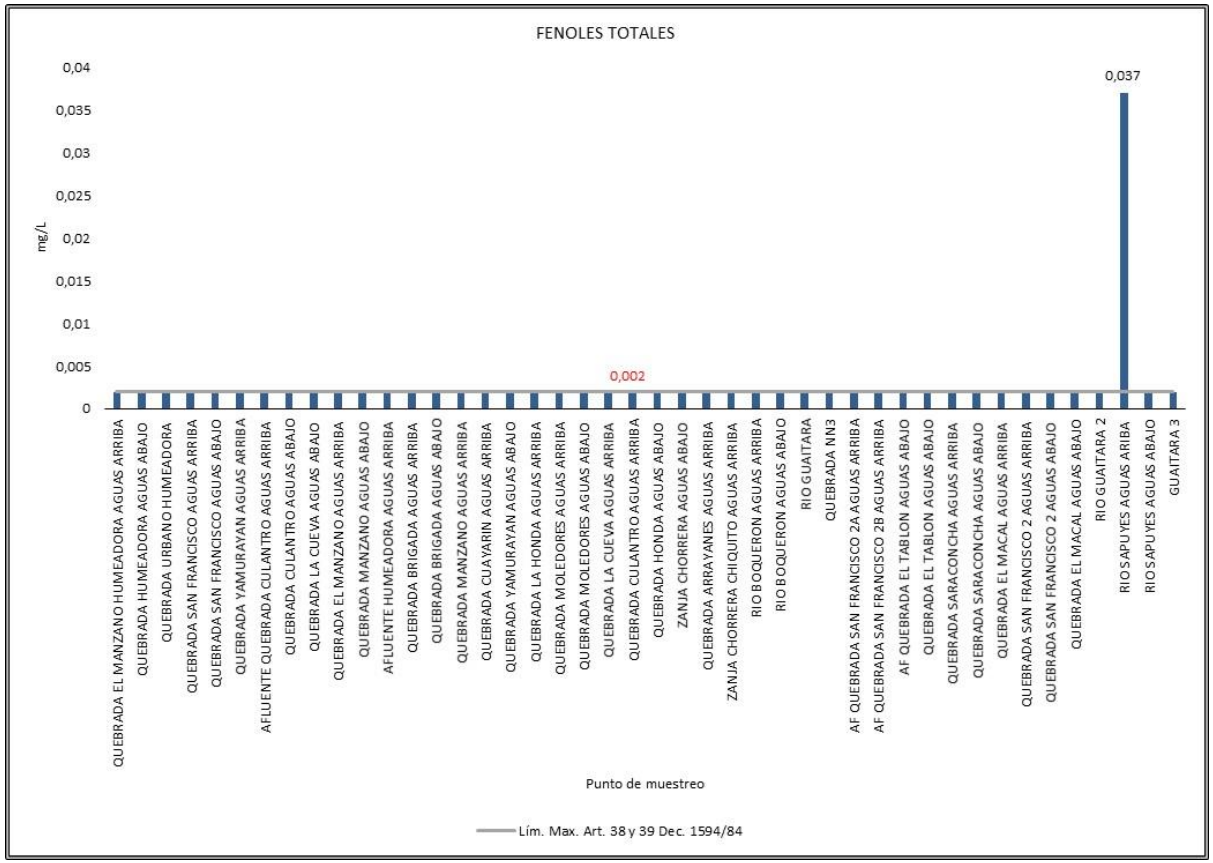
Las concentraciones de hidrocarburos totales estuvieron comprendidas entre concentraciones por debajo del límite de detección (<1,4 mg/L) hasta 1,6 mg/L, mientras que para las grasas y aceites se reportaron concentraciones entre menores al límite de cuantificación (<1,4 mg/L) hasta los 10,9 mg/L. Por otra parte, los fenoles totales reportaron concentraciones por debajo del límite mínimo de acetificación por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,002 mg/L) en la mayoría de estaciones de monitoreo, excepto en el río Sapuyes aguas arriba, donde registró 0,037 mg/L, siendo el único punto que se encuentra incumpliendo con los 0,002 mg/L estipulados como límite máximo permisible en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 (**Figura 5.72**).

- **Tensoactivos (SAAM).**

Estas sustancias hacen referencia a las Sustancias Activas al azul de Metileno (SAAM) o detergentes, los cuales al ser vertidos en los cuerpos de agua naturales suelen disminuir el acceso del oxígeno, ablandar el agua y aumentar la toxicidad causando efectos perjudiciales para la vida acuática.

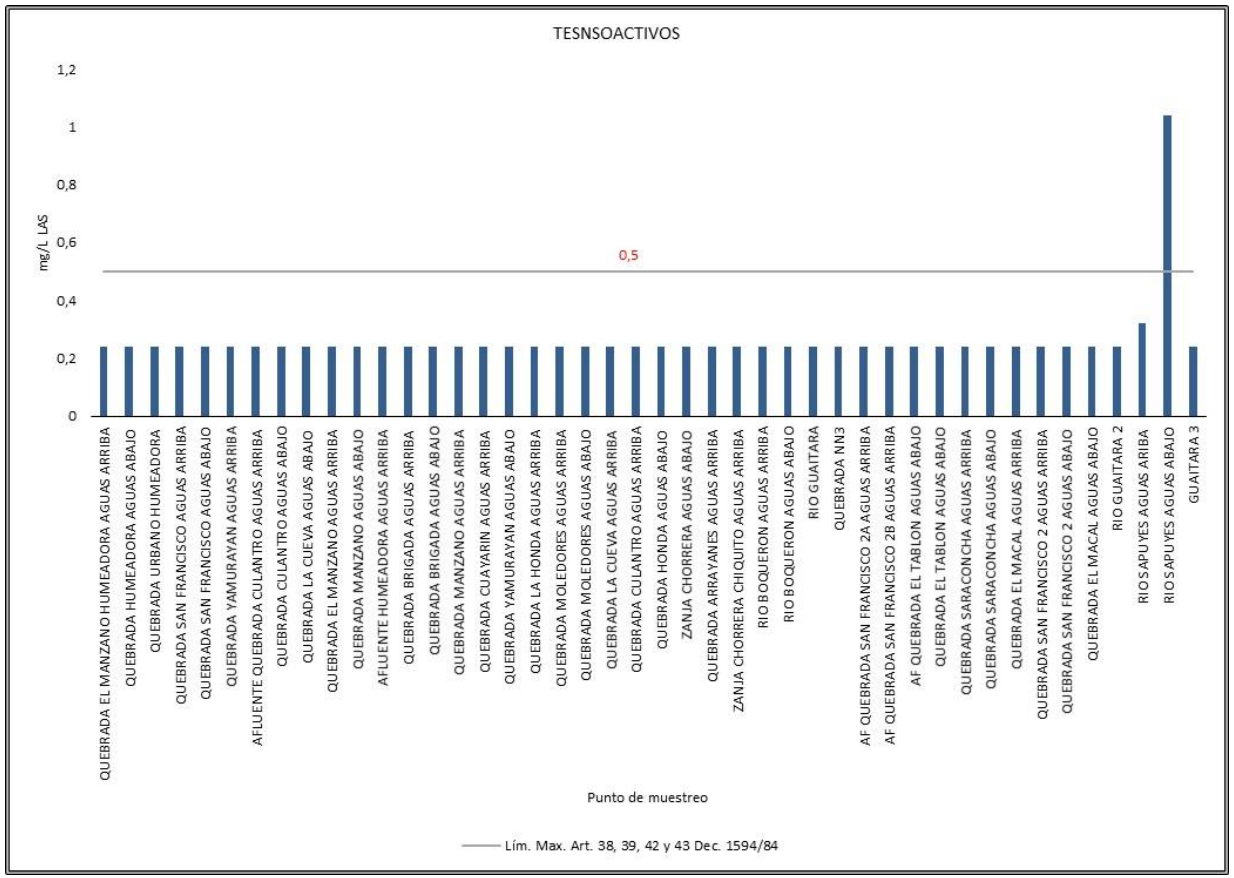
Los niveles de SAAM en la mayoría de cuerpos de agua evaluados presentaron una concentración por debajo al límite de detección del método (<0,24 mg/L), excepto en el río Sapuyes aguas abajo, donde registró 1,04 mg/L, siendo el único punto que se encuentra incumpliendo con los 0,5 mg/L estipulados como límite máximo permisible en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 (**Figura 5.73**).

Figura 5.72 Valores de fenoles totales registrados en las estaciones de muestreo monitoreadas.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Figura 5.73 Valores de tensoactivos en las estaciones de muestreo monitoreadas.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **Otros Iones.**

Los metales, generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales y algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas.

No obstante, varios de estos metales como los que poseen un peso molecular muy alto, cuando sus concentraciones son muy elevadas pueden resultar perjudiciales para los organismos.

En cuanto a los resultados de los metales que se encuentran contemplados en el Decreto 1594 de 1984 como cadmio, cromo, bario, plomo, selenio y níquel presentaron resultados inferiores al respectivo límite de detección en todas las estaciones de muestreo, lo que indica un cumplimiento con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984, lo cual no genera restricciones con respecto al uso de las corrientes superficiales evaluadas.

En cuanto a hierro se encontraron valores entre 0,15 (límite de detección de la técnica utilizada) y 1,08 mg/L, cumpliendo con los 5 mg/L estipulados como límite máximo permisible en el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984. Sin embargo, es de resaltar que estos niveles son atribuidos al tipo de suelo y son aportados a los cuerpos de agua por lixiviación y en ningún caso son derivados de impactos de origen antrópico, esto se puede afirmar ya que el hierro está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y ningún otro parámetro indica contaminación industrial.

Por su parte los macronutrientes esenciales, el calcio presentó valores que oscilaron entre 4,97 mg/L y 32,10 mg/L; el magnesio presentó valores entre 1,09 mg/L y 7,92 mg/L mg/L; para el sodio se presentaron valores entre 3,98 mg/L y 28,4 mg/L; por último el potasio presentó valores entre el límite de detección de la técnica utilizada (0,27 mg/L) y 2,67 mg/L.

Los demás parámetros analizados en este estudio presentaron concentraciones bajas que se encuentran entre los rangos normales para este tipo de aguas, además que se encuentran en cumplimiento total con lo estipulado en los Artículos 38 al 40 del Decreto 1594 de 1984.

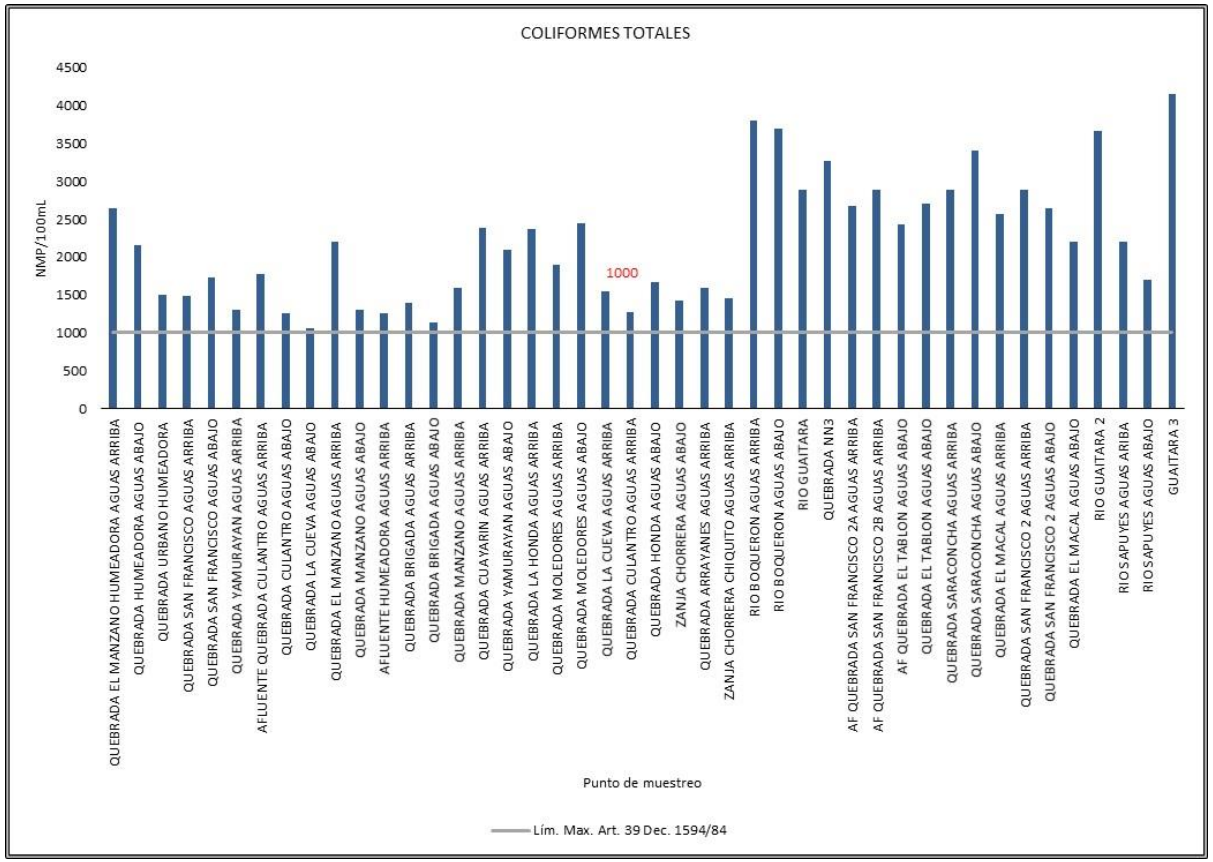
- **Coliformes Totales y Fecales.**

Los coliformes son un grupo de microorganismos que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en organismos indicadores en los cuerpos de agua. Estos microorganismos habitan comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de éstas da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana.

Los coliformes totales mostraron valores entre 1056 y 4150 NMP/100 mL (**Figura 5.74**), encontrándose en incumplimiento, al superar el límite establecido en el Artículo 39 del Decreto 1594 de 1984 (1000 NMP/100mL), pero encontrándose en cumpliendo con los límites establecidos en los artículos 38 y 40 del mencionado decreto, al no sobrepasar los 5000 NMP/100mL.

Por su parte para los coliformes fecales se presentaron valore desde 110 NMP/100 ml hasta 990 NMP/100ml, cumpliendo a cabalidad con los 1000 NMP/100mL estipulados como límite máximo permisible en el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, pudiéndose dar cualquier destinación al recurso hídrico evaluado, según este parámetro.

Figura 5.74 Valores de coliformes totales registrados en los cuerpos de agua.



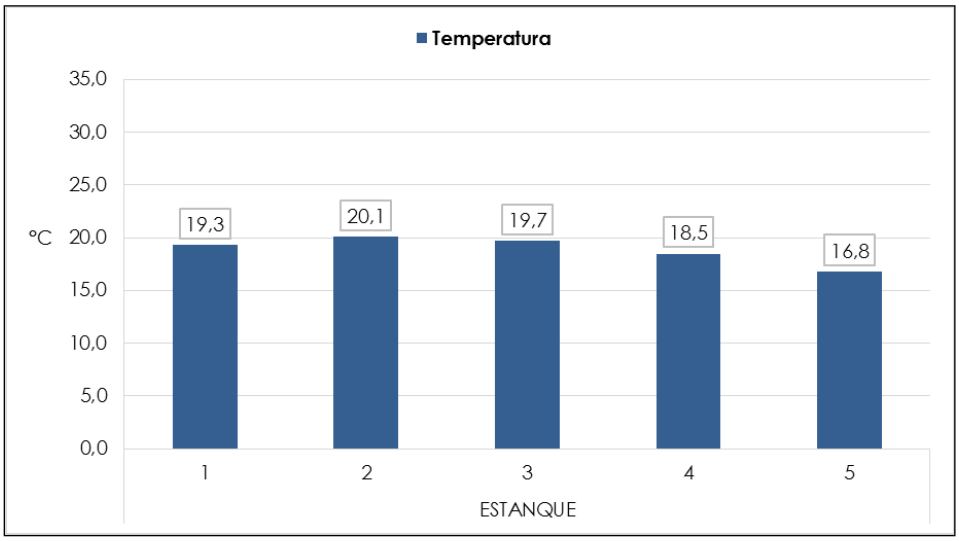
MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

5.1.6.1.4 Análisis de resultados cuerpos de agua lénticos.

- **Temperatura**

La temperatura se reportó entre un rango de 16,8°C y 20,1°C, reflejando una variación mínima entre los puntos de monitoreo evaluados (**Figura 5.75**). Estos valores se encuentran dentro del rango hallado normalmente en esta zona, y pueden estar reflejando la influencia de la época climática sobre los cuerpos de agua lénticos evaluados, así como la hora de toma de la medida. Las variaciones pueden estar dadas por la hora de muestreo y las condiciones propias de cada punto de muestreo, como por ejemplo la altura de la lámina de agua (Romero, 1995). Los resultados indican que las temperaturas detectadas en los cuerpos de agua superficial, son propicias para el establecimiento de microorganismos mesófilos y para una disolución de oxígeno aceptable, permitiendo el desarrollo adecuado de los procesos biológicos.

Figura 5.75 Valores de temperatura registrada en los cuerpos de agua lénticos evaluados



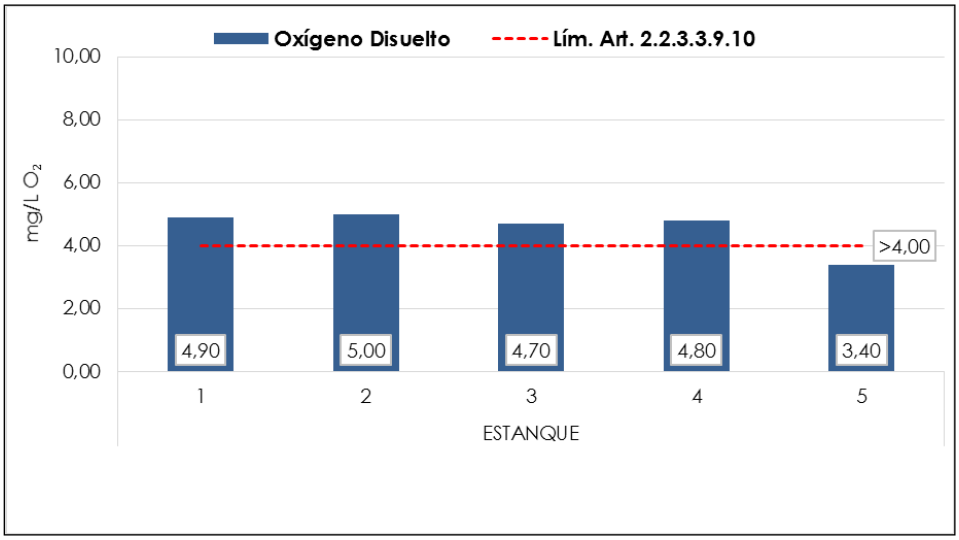
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **Oxígeno Disuelto**

Por su parte, el oxígeno disuelto (OD) es de vital importancia en los procesos metabólicos de los organismos acuáticos aerobios y sus valores están relacionados con la temperatura del agua (a mayor temperatura menor OD), la presión atmosférica, la presión parcial del gas en contacto con el agua y los niveles de concentración de sales disueltas en el agua (a mayor salinidad menor OD), entre otros factores. Cabe mencionar que el OD en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática. Con base en la **Figura 5.76,** se puede observar una variación moderada entre cada uno de los puntos de monitoreo, al reportar concentraciones entre 3,40 mg/L O_2 y 5,00 mg/L O_2, siendo en general los niveles de oxígeno adecuados, debido principalmente al contacto directo que

tienen con la atmosfera, permitiendo además, un proceso de aireación mecánica óptima, especialmente para los Estanques 1, 2, 3 4 y 5, encontrándose por encima del límite mínimo establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 (>4 mg/L O_2), determinando que no se presentan limitantes para el desarrollo de organismos sensibles a este tipo de comportamientos en dichos puntos; no obstante, el valor reportado para el Estanque 5, se puede ver influido posiblemente por las condiciones estancadas del recurso.

Figura 5.76 Valores de oxígeno disuelto registrados en los cuerpos de agua lénticos evaluados



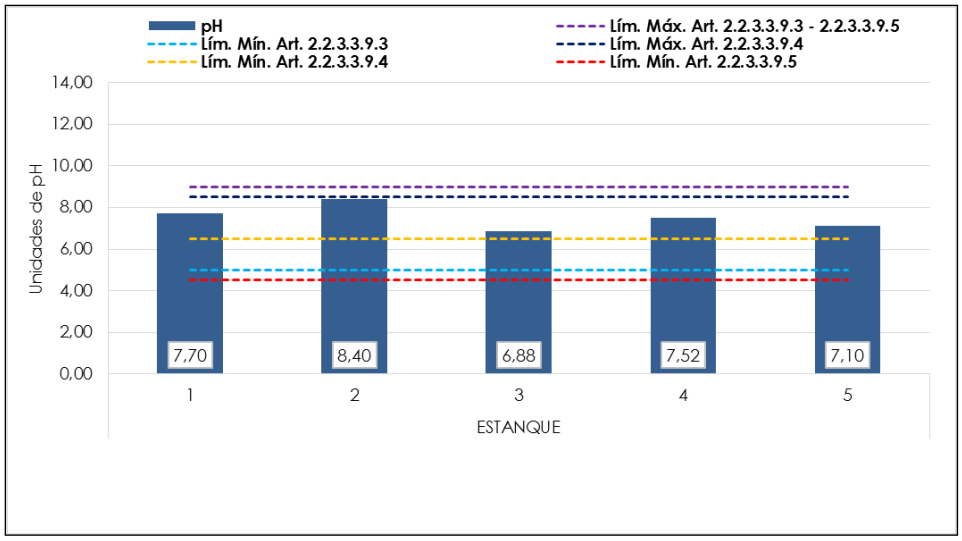
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **pH**

Para el presente monitoreo, el pH reportó valores entre 6,88 Unidades y 8,40 Unidades, indicando una variación notoria entre ellas (**Figura 5.77**), evidenciando aguas conb características ácidas (Estanque 3) y alcalinas (Estanque 1, 2, 4 y 5), asociado probablemente al lecho que constituye a cada punto de monitoreo (limoso), y al contenido de carbonatos y bicarbonatos en el medio, favoreciendo la capacidad Buffer (Elosegui y Pozo 1994); por lo anterior, éstos datos pueden ser considerados satisfactorios, ya que están dentro de lo reportado para las aguas naturales superficiales continentales no contaminadas en donde el pH fluctúa entre 5,00 a 9,00 Unidades (Romero, 1995).

En cuanto a la normatividad ambiental vigente, dichos valores se encuentran en pleno cumplimiento de los rangos estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5, sin embargo es importante tener en cuenta que para evitar un efecto adverso en la salud humana por su consumo, esta debe ser previamente tratada y desinfectada. Este resultado indica que en estos puntos, esta variable proporciona unos niveles adecuados para el correcto establecimiento y desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Figura 5.77 Valores de pH registrados en los cuerpos de agua lénticos evaluados

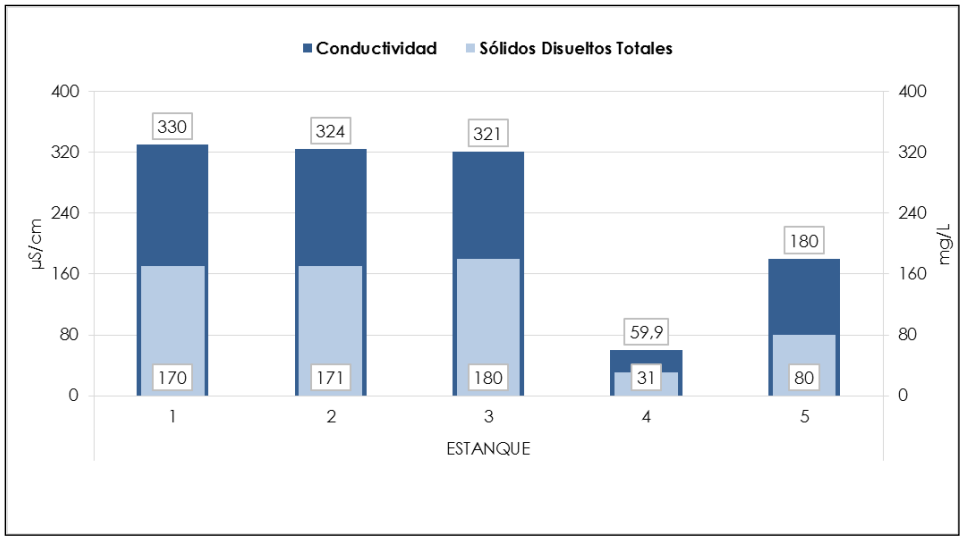


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **Conductividad y Sólidos Disueltos**

La conductividad es una medida indirecta de la productividad ya que relaciona todos los iones presentes en el agua, motivo por el cual se encuentra estrechamente relacionada con los sólidos disueltos totales que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. Es así como la conductividad mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura (Rorldán y Ramirez, 2008). Para este estudio el valor de conductividad en los cuerpos de agua monitoreados osciló entre 59,9 µS/cm y 330 µS/cm, estos resultados indican que en general los cuerpos de agua tienen aportes similares de minerales disueltos especialmente para los Estanques 1, 2 y 3, (**Figura 5.78**). Estas variables no tienen valores especificados en la normatividad, sin embargo algunos autores reportan que la conductividad repercute en las diversidades de las especies, por lo que su medición en las corrientes superficiales es importante (Roldán, 2003), y se pueden clasificar con un grado de mineralización *"Muy Débil"* (Estanques 1, 2 y 3)*, "Débil"* (Estanque 4) y *"Medio"* (Estanque 5).

Figura 5.78 Valores de conductividad y sólidos disueltos en los cuerpos de agua lénticos monitoreados

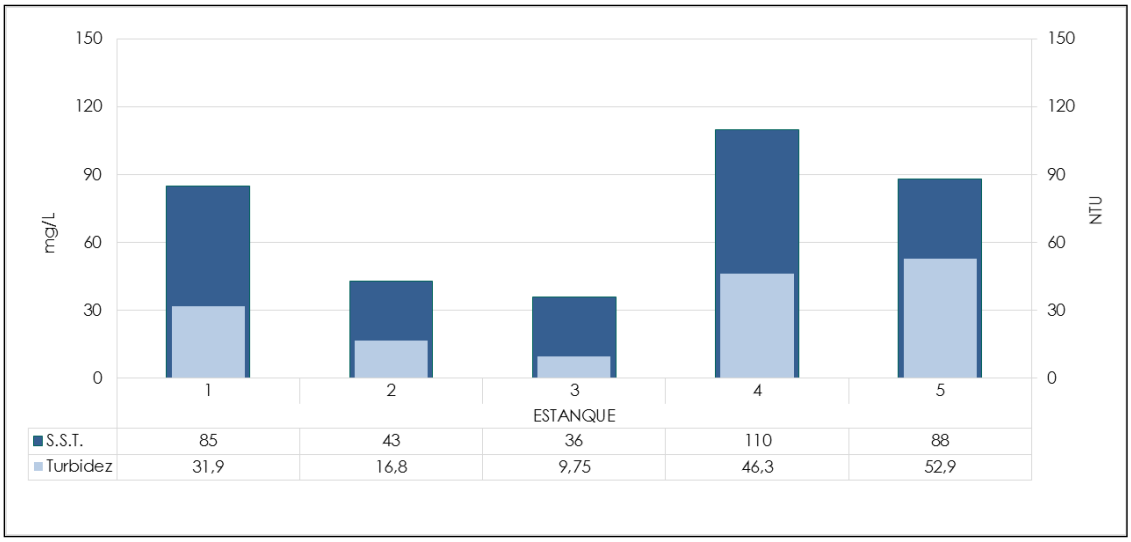


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Color Verdadero y Turbiedad**

Los sólidos suspendidos totales son todas aquellas sustancias en estado sólido, diferentes del agua, cuyo tamaño es mayor a 0,20 µm y que se encuentran como su nombre lo indica, suspendidos en ella; este parámetro se encuentra también relacionado con los sólidos sedimentables que se definen como aquella porción de los sólidos que se precipitan como consecuencia de la gravedad después de un tiempo de reposo y cuya cantidad se determina precipitándolos en un cono Imhoff. Así mismo, ambos parámetros tienen un efecto directo sobre la turbidez. Por definición los sólidos totales son la suma de todos los anteriores (Sawyer, 2000). Reportando para el caso, valores entre 36 mg/L y 110 mg/L (**Figura 5.79**). En cuanto a los sólidos sedimentables estos presentaron para la totalidad de los puntos evaluados, el respectivo límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,1 mL/L-h). De acuerdo a lo anterior, se establece que a pesar de que los sólidos no presentan límites en la normatividad ambiental, una alta presencia de estos puede generar sabor desagradable en el agua y tener efectos adversos a las personas que ingieran estas aguas. Asimismo, debido a que los sólidos suspendidos totales influyen en el grado de turbidez de las aguas, es posible de que también se lleguen a afectar los procesos fotosintéticos que realizan las plantas acuáticas.

Figura 5.79 Relación Sólidos Suspendidos Totales y Turbiedad – puntos de agua lénticos monitoreados



S.S.T.: Sólidos Suspendidos Totales

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

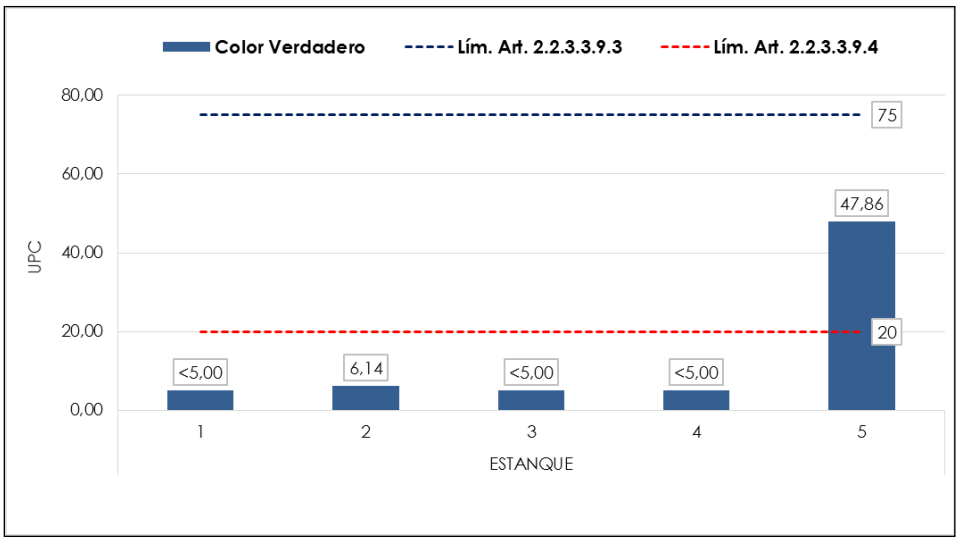
La turbiedad es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea dispersada y no transmitida a través de la suspensión. Este parámetro está relacionado con la presencia de sólidos suspendidos totales, razón por la cual los mayores valores de turbidez se registraron en las estaciones de mayor capacidad de arrastre de sedimentos, reportándose concentraciones entre 9,75 NTU y 52,9 NTU, siendo los Estanques 1, 4 y 5 los puntos de muestreo más significativos (**Figura 5.79**). Los resultados obtenidos, indican que estos pueden ser causados por el arrastre de materiales como limos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. Con respecto al decreto en mención no se establece un límite permisible para estos parámetros en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5, por lo tanto no se emite un juicio normativo.

Esto corrobora que si bien los sedimentables hacen parte de los sólidos suspendidos, la técnica analítica para medir la turbiedad si no los tiene tan presentes, por lo cual se dan estas diferencias, ello pese a que hay proporcionalidad entre la turbiedad y los sólidos suspendidos. Por otra parte, los sólidos totales hacen referencia a la sumatoria de los parámetros mencionados anteriormente, para los cuales se encontraron valores entre 150 mg/L y 265 mg/L. Los resultados demuestran que el comportamiento es similar al descrito para los sólidos suspendidos exhibiendo las mayores concentraciones en los Estanques 1, 2 y 3, indicando que las partículas en suspensión aportan gran parte de los sólidos totales, anque en una mayor proporción, los sólidos disueltos totales para esos mismos puntos.

Para el color verdadero, se reportaron concentraciones entre el respectivo límite de la técnica analítica empleadapor el laboratorio (<5,00 UPC) y 47,86 UPC, reportando para el Estanque 5, un valor se encuentran por encima de los 20 UPC estipulados como límite máximo permisible en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto

1076 de 2015, requiriéndose tratamientos de desinfección previo a su uso para consumo humano, aunque se resalta que, de la totalidad de los puntos analizados se encuentran en pleno cumplimiento del valor máximo de 75 UPC estipulados como límite máximo permisible en el artículo 2.2.3.3.9.3, como se muestra en la **Figura 5.80**.

Figura 5.80 Valores de color verdadero registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados



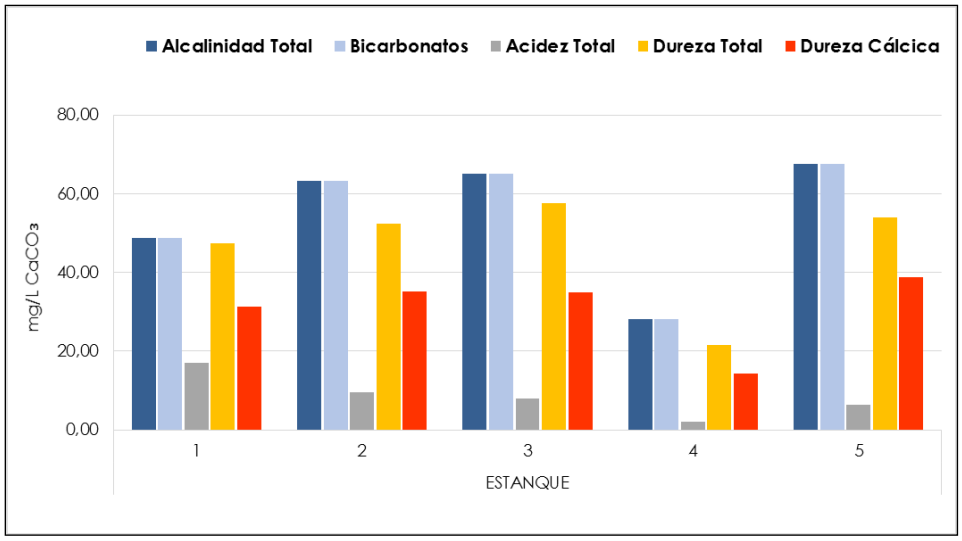
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **Alcalinidad, Acidez, Bicarbonatos y Dureza**

La acidez y la alcalinidad están estrechamente relacionados; el primero, se define como la medida para neutralizar ácidos, la cual le confiere propiedades buffer, es decir, dificulta sus cambios en el pH, está directamente relacionada con la cantidad de iones carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua y el segundo indica la capacidad cuantitativa de una sustancia de reaccionar con una base a un pH designado (Romero, 1995). En general, los valores de alcalinidad en aguas tropicales son bajos (menores a 100 mg/L) (Roldán, 1992). Para los puntos de monitoreo se observaron resultados que presentan relación con la referencia antes mencionada, teniéndose reportes entre 28,1 mg/L $CacO_3$ y 67,7 mg/L $CacO_3$ (**Figura 5.81**).

Por su parte, la acidez total se encontró en los cuerpos de agua evaluados con valores que oscilaron entre 2,1 mg/L $CacO_3$ y 17 mg/L $CacO_3$ (**Figura 5.81**). En general los valores son coherentes con los registros de pH encontrados en cuanto a su basicidad o acidez, registrados para cada punto hídrico evaluado.

Figura 5.81 Valores de acidez, alcalinidad, bicarbonatos, dureza total y cálcica, registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Los bicarbonatos son sales que hacen parte de los estados transitorios del carbono. Dichas sales desempeñan un papel importante en el amortiguamiento del pH, así como definen la dureza temporal y total de los sistemas acuáticos. En una gran parte, los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos determinan la concentración de alcalinidad en un cuerpo de agua, debido a que cuando las condiciones de acidez aumentan, la reacción entre el ácido y la base del carbonato combinado, trae un aumento en bicarbonato neutro (Wetzel, 1981; Roldán, 1989). Las concentraciones reportadas, son equivalentes al rango estipulado por la alcalinidad (28,1 mg/L $CacO_3$ y 67,7 mg/L $CacO_3$) (**Figura 5.81**), teniendo en cuenta que la presencia de bicarbonatos en aguas naturales contribuye a mantener el balance iónico y evitar propiedades corrosivas o incrustantes, siendo raro encontrar aguas que sobrepasen los 500 mg/L $CaCO_3$ (Mc.Neely *et al.,* 1979 En: Sandí W, 2008).

La dureza total del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella. La dureza cálcica está determinada por los compuestos de calcio, principalmente los carbonatos de calcio. Las aguas que presentan valores bajos de dureza son llamadas “aguas blandas” y biológicamente son poco productivas. Por el contrario, aguas con altos valores de dureza se denominan “duras” y por lo regular son muy productivas. La escala de dureza va de aguas que poseen menos de 10 mg/L $CaCO_3$ las cuales son poco productivas, aguas medianamente productivas con valores entre 10 y 25 mg/L y aguas muy productivas que poseen valores superiores a los 25 mg/L $CaCO_3$ (Ohle, 1934, tomado de Roldan y Ramírez, 2008).

En términos de dureza, los cinco (5) puntos de monitoreo, se clasifican como *“Aguas Blandas”* (0-75 mg/L $CaCO_3$) al reportar un rango entre 21,6 mg/L $CaCO_3$ y 57,6 mg/L $CaCO_3$. Para la dureza cálcica, se presentaron cantidades levemente inferiores, con valores entre 14,4 mg/L $CaCO_3$ y 38,81 mg/L $CaCO_3$, tal como se muestra en la **Figura 5.81**, correspondiendo todas a aguas blandas de mediana y alta productividad según lo expuesto.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total.**

La DBO_5 es la medida de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente; mientras que la DQO, es una estimación del total de materia oxidable, biodegradable o no, presente en un cuerpo de agua. Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas y se utilizan como indicadores de la calidad del agua.

Los niveles de DBO_5, DQO y carbono orgánico total, presentaron concentraciones acordes con las dinámicas (procesos de descomposición y contenido de materia orgánica) propias de cada punto de muestreo, con oscilaciones de: 4,03 mg/L O_2 y 5,78 mg/L O_2, 13 mg/L O_2 y 21 mg/L O_2 y 23 mg/L O_2 y 33 mg/L O_2 para el carbono orgánico, DBO_5 y DQO respectivamente (**Tabla 5-83**).

Los resultados permiten deducir que estos sitemas lénticos, aunque presentaron valores detectables, no presentan algún grado de contaminación de carácter orgánico, por lo tanto no se considera que haya contaminación por materia orgánica no biodegradable (Marín, 2009) y son considerados con un estado de *"Agua Pura"* según el centro de Investigaciones Ambientales (2003).

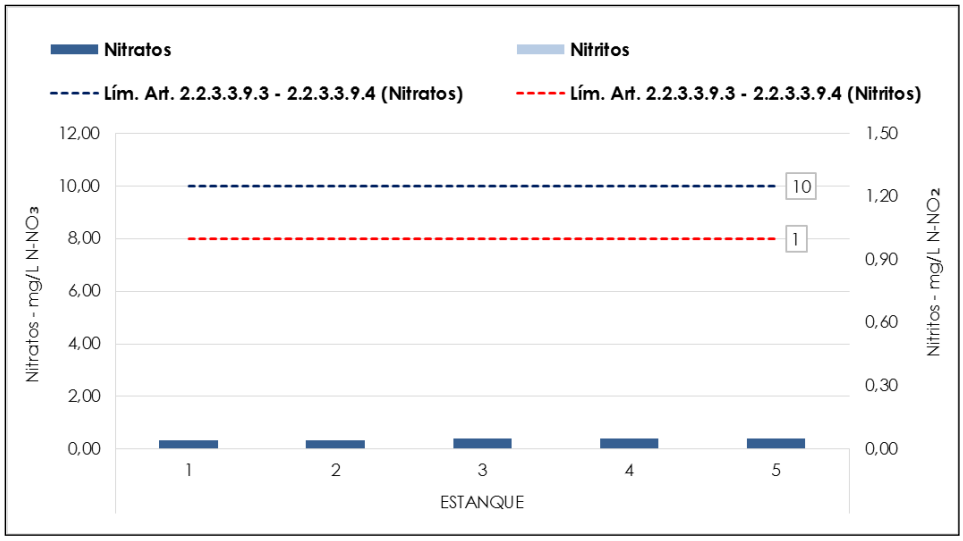
- **Macronutrientes**

Para las estaciones analizadas, se registraron concentraciones de nitratos desde 0,312 mg/L N-NO_3 hasta 0,392 mg/L N-NO_3 (**Figura 5.82**), valores bajos que no representan ninguna afectación para el medio ambiente en relación a este parámetro. Por su parte los nitritos, evidenciaron concentraciones entre los 0,0039 mg/L N-NO_2 hasta los 0,0042 mg/L N-NO_2 (**Figura 5.82**). Lo anterior demuestra que en cada sistema natural, se está llevando a cabo un proceso de descomposición de materia orgánica adecuado de forma continua. En general todas las estaciones presentan una mayor proporción de nitratos que de nitritos, esto junto con los valores relativamente bajos de DBO_5, indican posiblemente, que aunque hay impacto por contaminación orgánica por la ganadería, estos cuerpos de agua llevan procesos de oxidación de la misma en grados avanzados de degradación.

De acuerdo con los resultados expuestos con anterioridad, es evidente que tanto los nitratos como los nitritos no exceden los límites permisibles establecidos por la normatividad para consumo/uso humano/doméstico y en el caso específico de los nitritos adicionalmente acata la normatividad relacionada para el uso pecuario (Decreto 1076/15). Lo anterior implica que en cuanto estos parámetros, todas las aguas son aptas para cualquier destinación.

Respecto al nitrógeno amoniacal, este parámetro no excedió el límite permisible por la normatividad, ya que todos los resultados estuvieron por debajo del límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<1 mg/L N-NO_3) al igual que el nitrógeno total, con un valor inferior a 3 mg/L N, tal como se muestra en la **Tabla 5-83,** verificando la ausencia de contaminación reciente por el contenido poco significativo de compuestos nitrogenados de origen antrópico (uso de agroquímicos para los cultivos en el área de influencia).

Figura 5.82 Relación Nitratos y Nitritos registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

En relación al fósforo orgánico, se registró para todos los puntos de monitoreo valores inferiores al límite de detección (<0,1 mg/L P), como se muestra en la **Tabla 5-83**, en contraste con lo reportado por e fósforo inorgánico, al ser éste, detectable a la técnica analítica empleada por el laboratorio, observando un leve rango entre 0,363 mg/L P (Estanque 5) y 0,388 mg/L P (Estanque 2). Los resultados exhibidos para estos parámetros son debidos en su mayoría a la materia orgánica proveniente de la vegetación adyacente y por la ganadería.

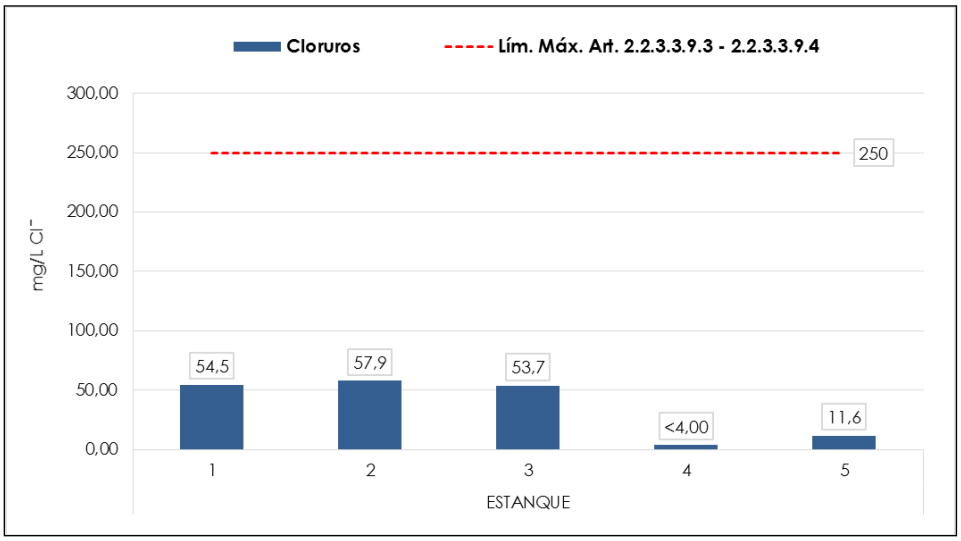
En relación a los fosfatos, todos los puntos de monitoreo registraron valores detectables, siendo estos equivalentes a: 0,182 mg/L $P\text{-}PO_4^{-3}$ (Estanque 1), 0,185 mg/L $P\text{-}PO_4^{-3}$ (Estanque 2), 0,155 mg/L $P\text{-}PO_4^{-3}$ (Estanque 3), 0,160 mg/L $P\text{-}PO_4^{-3}$ (Estanque 4) y 0,199 mg/L $P\text{-}PO_4^{-3}$ (Estanque 5). Como era de esperarse la concentración de fosfatos en todas las estaciones fue proporcional a la del fósforo inorgánico, lo cual es lógico, ya que los fosfatos son la forma biodisponible del fósforo inorgánico.

- **Cloruros y Sulfatos**

Los cloruros son un parámetro que mide la concentración de aniones cloruro disuelto en el agua. Se encuentra relacionado con la naturaleza geoquímica de las cuencas y puede llegar a incrementarse por la actividad humana debido a la generación de excrementos. Así mismo, es uno de los principales aniones que aporta a la salinidad, además, en las aguas dulces, este parámetro está inversamente relacionado con la diversidad de especies. Los cloruros para la mayoría de puntos de monitoreo evaluados presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada en el laboratoiro (<4 mg/L^-) y reportan un máximo de 57,9 mg/L Cl^- **Figura 5.83**). Es de resaltar que los valores obtenidos en todas las estaciones son bajos pues valores superiores a 250 mg/L Cl^- son perjudiciales para la salud y obedecen a que son uno de los iones más ampliamente distribuidos en la naturaleza y obedecen al tipo de suelo que atraviesa (Sawyer, 2000). Es importante tener en cuenta, que son valores acordes con la normatividad, ya que en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 se establece límite de 250 mg/L Cl^- para consumo

humano y uso doméstico, por lo tanto, son aguas aptas para dicho uso.

Figura 5.83 Cloruros registrados en los puntos de agua lénticos monitoreados



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Por su parte, el sulfato constituye uno de los iones ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden presentarse en aguas naturales desde unos pocos a varios miles de miligramos por mililitro. Este nutriente es la principal forma de azufre que puede ser incorporado por varios grupos de organismos autótrofos, para la biosíntesis de sustancias orgánicas azufradas como algunos aminoácidos. Para los sulfatos, en todos los puntos de monitoreo evaluados se reportaron valores por debajo al límite de detección del método (<5 mg/L SO_4^{-2}), como se observa en la **Tabla 5-83**, concentraciones bajas, pues por encima de 400 mg/L SO_4^{-2} se consideran niveles tóxicos, no aptos para consumo humano (Decreto 1076/15).

- **Fenoles Totales, Tensoactivos, Hidrocarburos Totales y Grasas y Aceites**

Estas sustancias químicas hacen parte de la familia de los compuestos orgánicos. Muchos de ellos son aportados naturalmente a los cuerpos de agua como productos de desecho y descomposición de los seres vivos. Sin embargo, pueden llegar a los ecosistemas a través de vertimientos de aguas industriales y en altas concentraciones pueden ser tóxicos para la vida acuática.

Las concentraciones de grasas y aceites e hidrocarburos totales, para todos los puntos de monitoreo evaluados reflejaron concentraciones por debajo del límite de detección (<1,40 mg/L) (**Tabla 5-83**). Por otra parte, los fenoles totales para todos los sitios monitoreados reportaron concentraciones por debajo del límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,002 mg/L), cumpliendo con los 0,002 mg/L estipulados como límite máximo permisible en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (**Tabla 5-83**).

Los tensoactivos hacen referencia a las Sustancias Activas al azul de Metileno (SAAM) o detergentes, los cuales

al ser vertidos en los cuerpos de agua naturales suelen disminuir el acceso del oxígeno, ablandar el agua y aumentar la toxicidad causando efectos perjudiciales para la vida acuática. Los niveles de SAAM en todos los cuerpos de agua evaluados presentaron una concentración por debajo del límite de detección del método (<0,24 mg/L SAAM), cumpliendo con los 0,5 mg/L SAAM estipulados como límite máximo permisible en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (**Tabla 5-83**), pudiéndose destinar el recurso bien sea para consumo humano o uso agrícola.

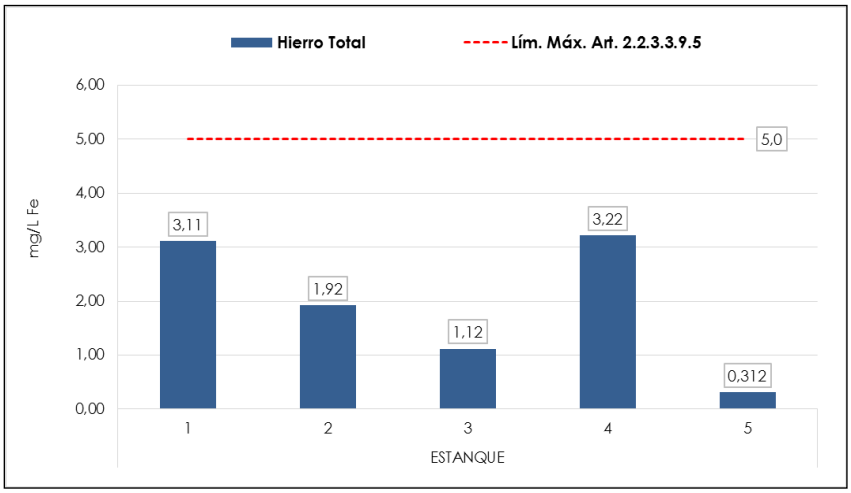
- **Otros Iones**

Los metales, generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales y algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas. No obstante, varios de estos metales como los que poseen un peso molecular muy alto, cuando sus concentraciones son muy elevadas pueden resultar perjudiciales para los organismos y el medio circundante.

En cuanto a los resultados de los metales (Sodio, Calcio, Magnesio, Potasio, Plomo, Bario, Cadmio, Níquel, Cromo Total, Cobre, Manganeso, Mercurio, Plata y Zinc), no metales (Selenio) y metaloides (Arsénico), estos presentaron resultados inferiores a los respectivos límites de detección o valores poco significativos en todos los puntos de muestreo (**Tabla 5-83**), lo que indica el cumplimiento con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, lo cual no genera restricciones con respecto al uso de estos estanques.

En cuanto a hierro se encontraron valores entre 0,312 mg/L (Estanque 5) y 3,22 mg/L (Estanque 4) (**Figura 5.84**), cumpliendo con los 5 mg/L estipulados como límite máximo permisible en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Sin embargo es de resaltar que estos niveles pueden ser atribuidos al tipo de suelo y que son aportados a los cuerpos de agua por escorrentía, no obstante, en ningún caso son derivados de impactos de origen antrópico, esto se puede afirmar ya que el hierro está ampliamente distribuido en la corteza terrestre.

Figura 5.84 Hierro registrado en los cuerpos de agua monitoreados



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

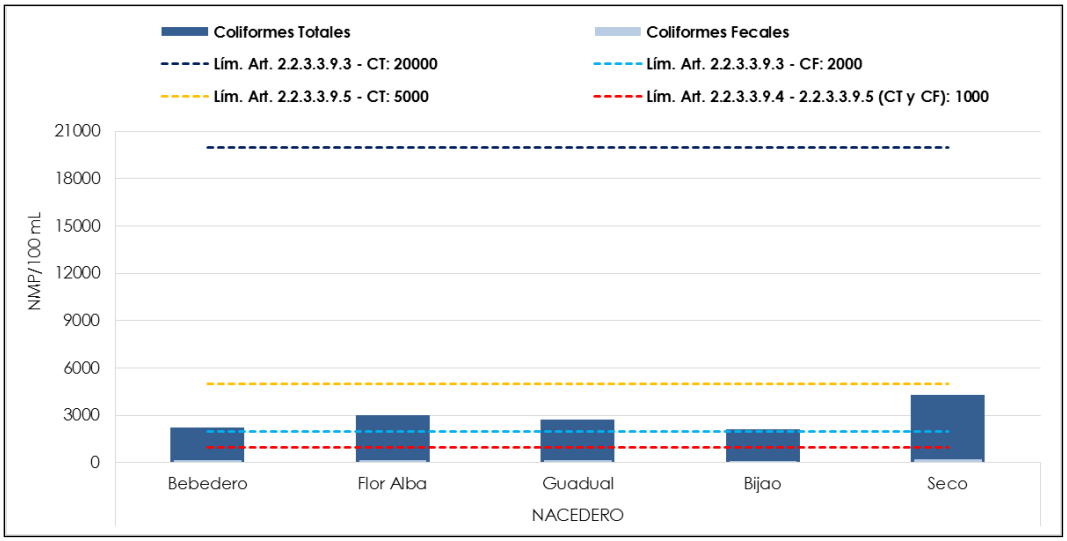
Para el calcio, se presentaron valores que oscilaron entre 5,55 mg/L y 14,8 mg/L; el magnesio que presentó una concentración entre 1,58 mg/L y 5,31 mg/L; para el sodio se presentaron valores entre 2,56 mg/L y 26,0 mg/L; y por último, el potasio presentó valores entre 2,18 mg/L y 15,6 mg/L, tal como se muestra en la **Tabla 5-83,** evidenciándose concentraciones similares para todos estos macronutrientes, los cuales no sobrepasan de los 7 mg/L, por lo que se puede considerar que no hay un exceso de nutrientes que designen descomposición de materia orgánica en abundancia.

- **Coliformes Totales y Termotolerantes (Fecales)**

Los coliformes son un grupo de microorganismos que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en organismos indicadores en los cuerpos de agua. Estos microorganismos habitan comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de éstas da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana.

Los coliformes totales mostraron valores entre 2110 NMP/100mL y 4280 NMP/100mL (**Figura 5.85**), encontrándose la totalidad de puntos en incumplimiento con los 1000 NMP/100mL estipulados como límite máximo permisible en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, aunque se resalta que todos los puntos evaluados se encuentran en cumplimiento con lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5 del mencionado decreto, al no sobrepasar los 20000 NMP/100mL y 5000 NMP/100mL respectivamente, pudiéndose destinar el recurso bien sea para consumo humano previo tratamiento o para uso agrícola.

Figura 5.85 Valores de coliformes totales y coliformes fecales registrados en los cuerpos de agua



C.T.: Coliformes Totales **C.F.:** Coliformes Fecales
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Finalmente, para los coliformes fecales se presentaron concentraciones entre 118,3 NMP/100mL y 235,9 NMP/100mL

(**Figura 5.85**), cumpliendo a cabalidad con los 2000 NMP/100mL y 1000 NMP/100mL estipulados como límite máximo permisible en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, pudiéndose dar cualquier destinación al recurso hídrico evaluado.

5.1.6.1.5 Índices de calidad y contaminación cuerpos de agua lóticos.

- **Índice de Calidad de Agua (WQI).**

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las corrientes hídricas muestreadas, en el presente estudio se calculó el Índice de Calidad de Aguas (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (Canter, 1998), en el cual se relaciona la mayor cantidad de parámetros (como oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO_5, nitratos, fosfatos, turbidez y sólidos totales), asignándole a cada uno un porcentaje de acuerdo al grado de importancia, de tal manera que el oxígeno disuelto, los coliformes y el pH son los parámetros más importantes a tener en cuenta con el fin de determinar el estado de una corriente de agua.

Este índice es de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo.

En la **Tabla 5-84** se presenta la asignación de los valores de WQI para las corrientes de agua muestreadas.

Tabla 5-84 Índice de Calidad Agua (WQI) y parámetros de calidad.

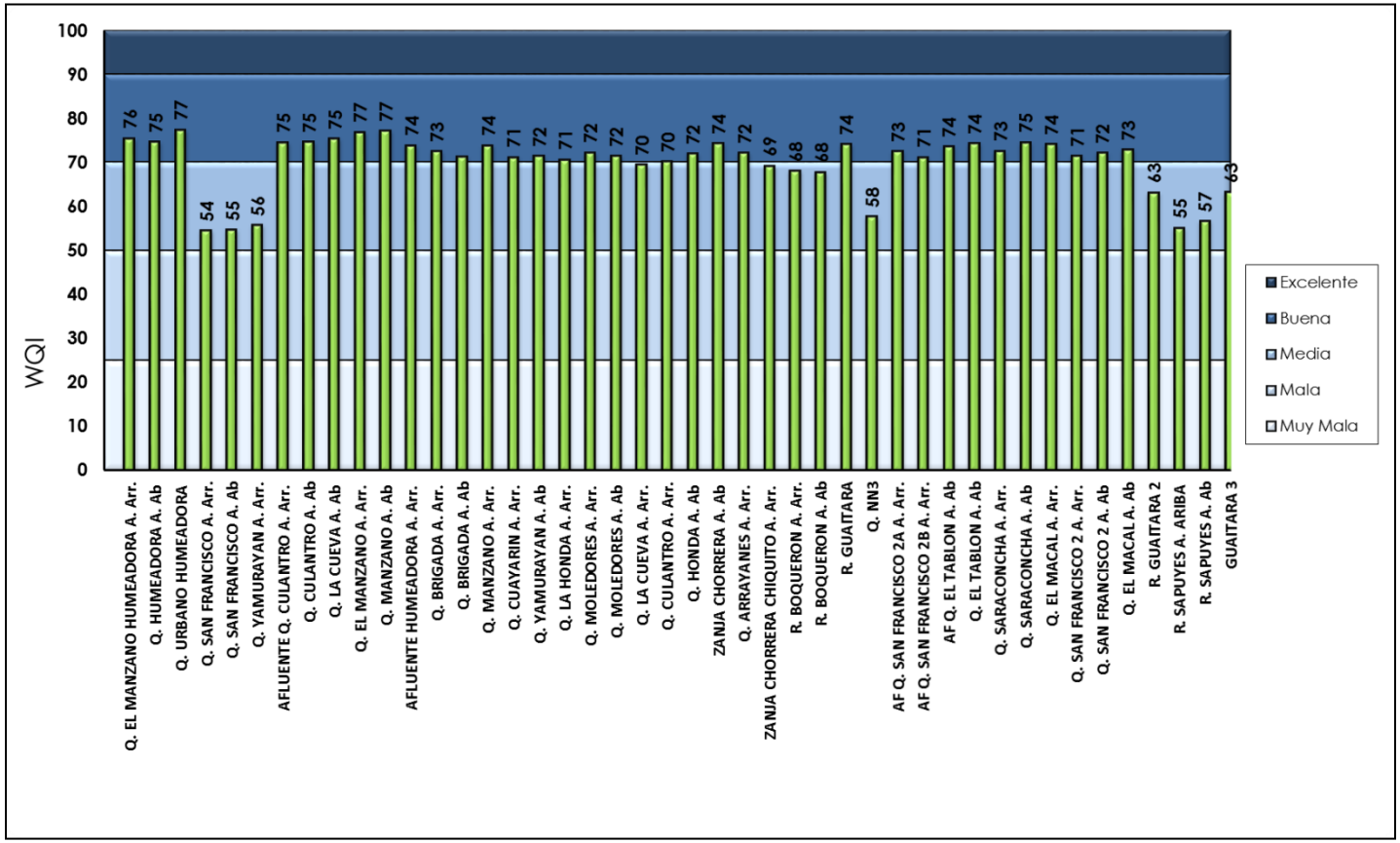
ESTACIONES	WQI
QUEBRADA EL MANZANO HUMEADORA AGUAS ARRIBA	75,5
QUEBRADA HUMEADORA AGUAS ABAJO	74,7
QUEBRADA URBANO HUMEADORA	77,4
QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ARRIBA	54,5
QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ABAJO	54,7
QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ARRIBA	55,8
AFLUENTE QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	74,6
QUEBRADA CULANTRO AGUAS ABAJO	74,7
QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ABAJO	75,5
QUEBRADA EL MANZANO AGUAS ARRIBA	76,9
QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	77,2
AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA	73,9
QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	72,5
QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	71,3
QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	73,9
QUEBRADA CUAYARIN AGUAS ARRIBA	71,2
QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ABAJO	71,5
QUEBRADA LA HONDA AGUAS ARRIBA	70,7
QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ARRIBA	72,3
QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ABAJO	71,5
QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ARRIBA	69,6
QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	70,3
QUEBRADA HONDA AGUAS ABAJO	72,0

ESTACIONES	WQI
ZANJA CHORRERA AGUAS ABAJO	74,3
QUEBRADA ARRAYANES AGUAS ARRIBA	72,2
ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	69,3
RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	68,1
RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	67,8
RIO GUAITARA	74,1
QUEBRADA NN3	57,7
AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA	72,6
AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	71,2
AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	73,6
QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	74,3
QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	72,7
QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ABAJO	74,6
QUEBRADA EL MACAL AGUAS ARRIBA	74,2
QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ARRIBA	71,5
QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ABAJO	72,2
QUEBRADA EL MACAL AGUAS ABAJO	72,9
RIO GUAITARA 2	63,2
RIO SAPUYES AGUAS ARIBA	55,2
RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	56,7
GUAITARA 3	63,2
INTERPRETACIÓN WQI	
0-25	CALIDAD MUY MALA (MM)
26-50	CALIDAD MALA (M)
51-70	CALIDAD MEDIA (R)
71-90	CALIDAD BUENA (B)
91-100	CALIDAD EXCELENTE (E)

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

En la **Figura 5.86** se aprecia gráficamente la distribución de las corrientes de agua monitoreadas según el valor obtenido de WQI. De acuerdo con esto, 14 de las 44 estaciones tienen calidad del agua media como consecuencia principalmente, de la presencia de coliformes de tipo fecal, así como altos valores de sólidos totales pero valores relativamente altos a medios de oxígeno disuelto y contenido medio de los demás parámetros usados en el cálculo del índice como pH, turbiedad, nitratos y fosfatos. Las restantes 30 estaciones presentaron calidad del agua buena esto debido posiblemente a los más bajos valores de coliformes fecales, baja DBO_5, turbiedad y principalmente menor contenido de sólidos.

Figura 5.86 Valores del índice de calidad de aguas (WQI) en los cuerpos de agua monitoreados.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Índices de Contaminación (ICO).**

Dentro de los índices de contaminación, fueron calculados: índice de mineralización (ICOMI), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). El ICOMI, se expresa en las variables de conductividad, dureza y alcalinidad, mientras el ICOMO tiene en cuenta los valores de coliformes totales, DBO_5 y Oxígeno disuelto y ICOSUS involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua.

Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua (Ramírez et al., 1997). En la **Tabla 5-85** se presentan los resultados de los valores de ICO para cada corriente de agua muestreada en este estudio.

El índice de contaminación por mineralización (ICOMI), presentó una alta contaminación en la Zanja chorrera chiquito aguas arriba, mientras que en la quebrada NN3 y el afluente de la quebrada el tablón aguas abajo, se presentó una contaminación media. Por otra parte, se puede evidenciar en la **Figura 5.87** y **Tabla 5-85,** que la mayoría de puntos de monitoreo presentaron una muy baja contaminación, correspondiendo a tan solo 9 estaciones una contaminación baja.

El índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) presentó una muy alta contaminación para el río Boquerón aguas abajo, la quebrada NN3, el río Guáitara 2 y el río Sapuyes aguas arriba, mientras que para el río Boquerón aguas arriba, el río Sapuyes aguas abajo y el río Guáitara 3 presentaron una alta contaminación. Por otra parte, la quebrada el Tablón aguas abajo y el afluente aguas abajo junto con la quebrada Saraconcha y el Macal, reportaron una baja contaminación, correspondiendo a los demás puntos de muestreo, una muy baja contaminación por sólidos suspendidos.

El índice de contaminación por materia orgánica ICOMO presentó una alta contaminación en la quebrada Saraconcha, San Francisco 2, el Macal y el río Sapuyes aguas abajo, mientras que en los 12 puntos coloreados de amarillo en la **Tabla 5-85** se dio una contaminación media, correspondiendo a las demás estaciones evaluadas una muy baja contaminación, tal como se muestra en la tabla en mención.

El índice de contaminación trófico (ICOTRO) en los puntos monitoreados, 38 reportaron contaminación muy baja, 3 contaminación baja y 3 contaminación muy alta, este índice se determina en esencia por la concentración del fósforo total.

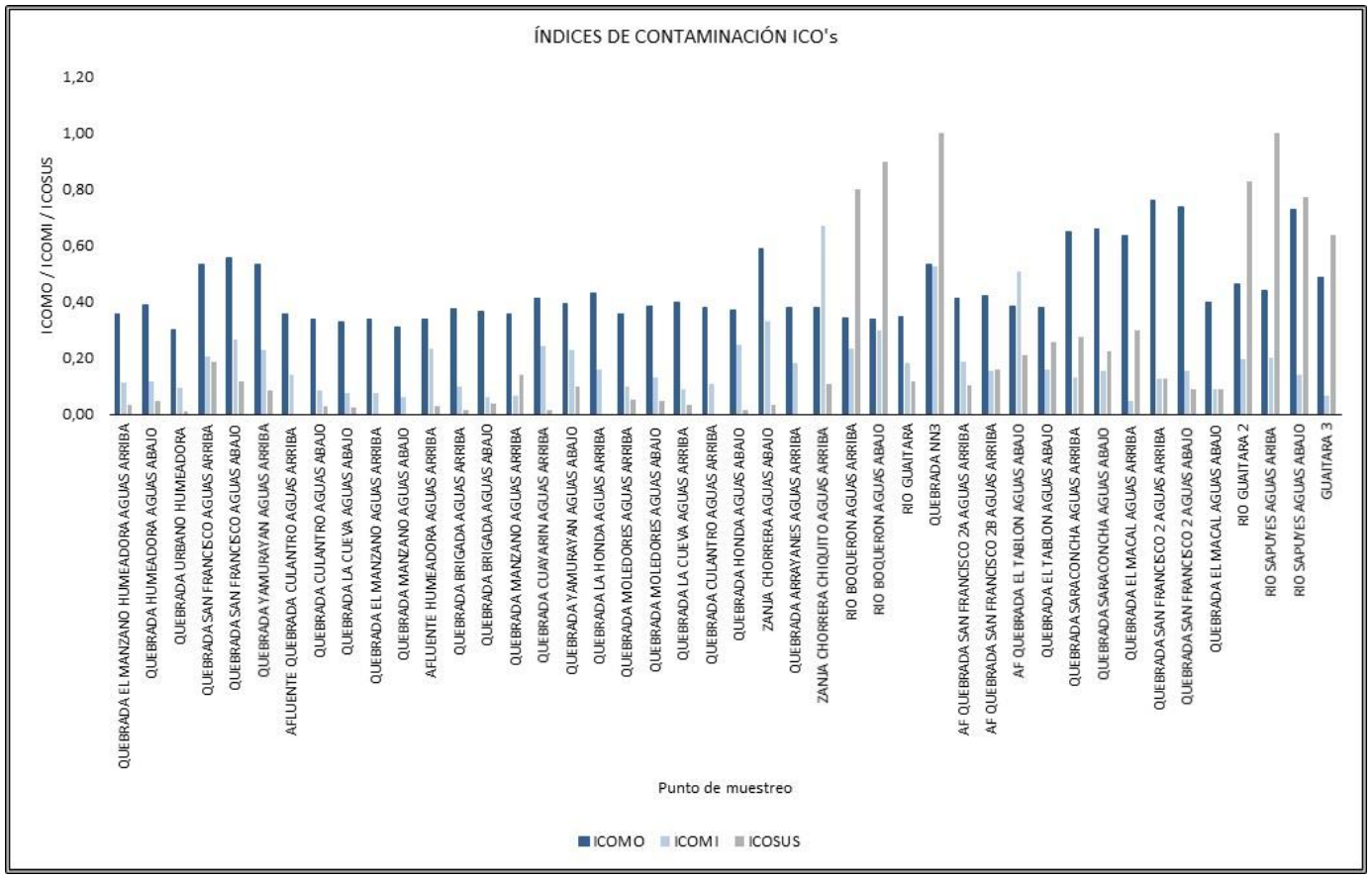
Tabla 5-85 Índices de Contaminación (ICO's) obtenidos en los cuerpos de agua evaluados.

ESTACIONES	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
QUEBRADA EL MANZANO HUMEADORA AGUAS ARRIBA	0,36	0,11	0,03	0,10
QUEBRADA HUMEADORA AGUAS ABAJO	0,39	0,11	0,05	0,10
QUEBRADA URBANO HUMEADORA	0,30	0,10	0,01	0,10
QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ARRIBA	0,53	0,20	0,19	0,22
QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ABAJO	0,55	0,27	0,12	0,31
QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ARRIBA	0,53	0,23	0,08	0,29
AFLUENTE QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	0,35	0,14	0,00	0,10
QUEBRADA CULANTRO AGUAS ABAJO	0,34	0,08	0,03	0,10
QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ABAJO	0,33	0,08	0,02	0,10
QUEBRADA EL MANZANO AGUAS ARRIBA	0,34	0,08	0,00	0,10
QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	0,31	0,06	0,00	0,10
AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA	0,34	0,23	0,03	0,10

ESTACIONES	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	0,38	0,10	0,01	0,10
QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	0,37	0,06	0,04	0,10
QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	0,35	0,07	0,14	0,10
QUEBRADA CUAYARIN AGUAS ARRIBA	0,41	0,24	0,02	0,10
QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ABAJO	0,39	0,23	0,10	0,10
QUEBRADA LA HONDA AGUAS ARRIBA	0,43	0,16	0,00	0,10
QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ARRIBA	0,35	0,10	0,05	0,10
QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ABAJO	0,38	0,13	0,05	0,10
QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ARRIBA	0,40	0,09	0,03	0,10
QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	0,38	0,11	0,00	0,10
QUEBRADA HONDA AGUAS ABAJO	0,37	0,25	0,02	0,10
ZANJA CHORRERA AGUAS ABAJO	0,59	0,33	0,03	0,10
QUEBRADA ARRAYANES AGUAS ARRIBA	0,38	0,18	0,00	0,10
ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	0,38	0,67	0,11	0,10
RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	0,34	0,23	0,80	0,10
RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	0,33	0,30	0,90	0,10
RIO GUAITARA	0,34	0,18	0,12	0,10
QUEBRADA NN3	0,53	0,52	1,00	0,10
AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA	0,41	0,19	0,10	0,10
AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	0,42	0,15	0,16	0,10
AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	0,38	0,50	0,21	0,10
QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	0,38	0,16	0,26	0,10
QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	0,65	0,13	0,27	0,10
QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ABAJO	0,66	0,15	0,22	0,10
QUEBRADA EL MACAL AGUAS ARRIBA	0,64	0,05	0,30	0,10
QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ARRIBA	0,76	0,13	0,12	0,10
QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ABAJO	0,74	0,16	0,09	0,10
QUEBRADA EL MACAL AGUAS ABAJO	0,40	0,09	0,09	0,10
RIO GUAITARA 2	0,46	0,19	0,83	0,86
RIO SAPUYES AGUAS ARRIBA	0,44	0,20	1,00	1
RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	0,73	0,14	0,77	1
GUAITARA 3	0,49	0,07	0,63	0,10
INTERPRETACIÓN ICOS (Nivel de contaminación)				
0-0,2		MUY BAJO		
0,21-0,4		BAJO		
0,41-0,6		MEDIO		
0,61-0,8		ALTO		
0,81-1,0		MUY ALTO		

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.87 Valores los índices de contaminación (ICO's) en los cuerpos de agua monitoreados.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

En general, según los resultados obtenidos para los cuatro índices de contaminación evaluados, se observa que la mayoría de las estaciones presentaron valores bajos a medios de contaminación por materia orgánica, bajos de contaminación por mineralización y bajos de contaminación por arrastre de sedimentos, lo cual indica que los cuerpos de agua tienen gran capacidad de degradación de nutrientes por la alta tasa de reciclaje de los mismos, debida a las temperaturas y oxigenación que se presentan en la zona de estudio.

- **Índice de Langelier.**

Teniendo en cuenta el índice de Langelier, se registraron valores negativos (<0) para todas las estaciones evaluadas, estableciendo agua corrosiva para todos los cuerpos de agua monitoreados durante este estudio. Este resultado sugiere como una medida correctiva aumentar los valores de pH y/o la alcalinidad (**Tabla 5-86** a **Tabla 5-92**), si el recurso será destinado con fines de consumo. Los valores registrados se encuentran entre -3,65 hasta -0,4, encontrándose que los sitios evaluados menos corrosivos, corresponden al río Boquerón tanto aguas arriba como aguas abajo, el río Guáitara, la zanja Chorrera aguas abajo y la quebrada Saraconcha aguas arriba, ya que estos fueron los únicos puntos que registraron valores mayores a -1.

Tabla 5-86 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	QUEBRADA EL MANZANO HUMEADORA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA HUMEADORA AGUAS ABAJO	QUEBRADA URBANO HUMEADORA	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ABAJO	QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ARRIBA
FECHA	**06/03/2017**	**06/03/2017**	**06/03/2017**	**27/02/2017**	**27/02/2017**	**27/02/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	15,35	15,15	16,75	14,75	16,7	14,5
pH	8,05	7,35	7,75	6,31	6,42	6,46
ALCALINIDAD TOTAL	27	28,7	26,5	43,2	42,8	42,8
DUREZA CALCICA	24,4	26,9	24,6	38,4	40,3	43,9
Langelier	-2,05	-2,05	-2,25	-3,09	-2,88	-2,94

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Tabla 5-87 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	AFLUENTE QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MANZANO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA
FECHA	**02/03/2017**	**02/03/2017**	**02/03/2017**	**05/03/2017**	**05/03/2017**	**05/03/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	15,65	14,5	15,6	15,65	13,95	16,3
pH	7,2	7,15	7,4	7,75	7,55	7,1
ALCALINIDAD TOTAL	22,5	22,6	21,3	22,8	21,9	26,7
DUREZA CALCICA	15,9	23,2	20,4	13,3	14,2	37,2
Langelier	-3,6	-3,65	-3,4	-3,05	-3,25	-2,2

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Tabla 5-88 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CUAYARIN AGUAS ARRIBA	QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA HONDA AGUAS ARRIBA
FECHA	**04/03/2017**	**04/03/2017**	**04/03/2017**	**28/02/2017**	**28/02/2017**	**28/02/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	15	14,2	16,8	16,9	16,5	15,3
pH	7,25	7,45	7,95	7,85	7,6	7,4
ALCALINIDAD TOTAL	17,8	18,2	22,3	49,6	48,7	41,1
DUREZA CALCICA	17,1	21,8	13,4	39,5	43,9	31,9
Langelier	-3,55	-3,35	-2,75	-1,45	-1,7	-2

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Tabla 5-89 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	QUEBRADA LA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ARRIBA	QUEBRADA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ABAJO	QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA HONDA AGUAS ABAJO	ZANJA CHORRERA AGUAS ABAJO
FECHA	**08/03/2017**	**08/03/2017**	**03/03/2017**	**03/03/2017**	**09/03/2017**	**09/03/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	16,6	16,4	14,8	14	17,05	20,6
pH	7,3	7,25	7,25	7,85	7,85	8,2
ALCALINIDAD TOTAL	32,8	31,3	23,9	23,1	67,4	53,9
DUREZA CALCICA	19	19,9	17,9	20,7	43,4	56,8
Langelier	-2,7	-2,75	-3,55	-3,55	-1,15	-0,4

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Tabla 5-90 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	QUEBRADA ARRAYANES AGUAS ARRIBA	ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	RIO GUAITARA	QUEBRADA NN3	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA
FECHA	**07/03/2017**	**07/03/2017**	**26/02/2017**	**26/02/2017**	**26/02/2017**	**26/02/2017**	**12/03/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	16,85	16,85	14,65	15,55	14,65	15,1	16,85
pH	7,3	7,1	7,85	7,85	8,05	7,2	7,65
ALCALINIDAD TOTAL	24,4	38,2	81,4	93,8	57	104	37,1
DUREZA CALCICA	24,7	88,9	37,2	35	39,5	62,1	23,8
Langelier	-3,4	-2,2	-0,95	-0,95	-0,95	-1,3	-2,35

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Tabla 5-91 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ARRIBA
FECHA	**12/03/2017**	**12/03/2017**	**12/03/2017**	**14/03/2017**	**14/03/2017**	**14/03/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	17,85	17,2	17,6	20,75	22	16,9
pH	7,5	7,1	7,5	7,9	7,7	7,1
ALCALINIDAD TOTAL	53,3	48,5	41,4	50,7	55,6	26,9
DUREZA CALCICA	31,1	89,6	24,6	33	34,9	14
Langelier	-1,5	-1,4	-2,5	-1	-1,2	-2,9

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Tabla 5-92 Resultados de los factores calculados para cada variable en el índice de Langelier.

PARAMETROS AGUA SUPERFICIAL	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ARRIBA	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ABAJO	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ABAJO	RIO GUAITARA 2	RIO SAPUYES AGUAS ARIBA	RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	GUAITARA 3
FECHA	**13/03/2017**	**13/03/2017**	**13/03/2017**	**16/03/2017**	**15/03/2017**	**15/03/2017**	**27/03/2017**
TEMPERATURA MUESTRA	18,75	19,2	18,65	17,15	18,25	15,75	18,85
pH	7,7	7,8	7,6	7,5	7,25	7,7	8,5
ALCALINIDAD TOTAL	39,8	45,9	38,4	32,9	31,5	23,9	26
DUREZA CALCICA	34,3	38,3	24,9	21,6	31,6	27,7	19,2
Langelier	-1,6	-1,5	-2,4	-2,5	-2,05	-2,4	-1,5

*Valores de 0 agua perfectamente equilibrada; <0 agua corrosiva; >0 agua incrustante.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Capacidad neutralizante o Buffer de los cuerpos de agua.**

A partir de los valores de alcalinidad y la comparación con el límite establecido por UNESCO (1996), se puede concluir que el 75% de los puntos de monitoreo tienen una buena capacidad neutralizante o buffer, ya que los valores superan los 24 mg/L (**Figura 5.71**). Estos resultados pueden explicarse por la época en que se realizó el monitoreo, ya que en temporada de transición los cuerpos de agua reducen su nivel afectando la capacidad de dilución (CVC, 2004).

Respecto a los bicarbonatos, se registró el mismo comportamiento que para la alcalinidad, con valores que superan los 24 mg/L en el 75% de las estaciones de muestreo, resultados que confirman la buena capacidad buffer según la UNESCO (1996) y por tanto los cuerpos de agua no son suceptibles a los cambios de pH.

En general, los puntos con mayor capacidad buffer fueron la quebrada NN3, y el río Boquerón tanto aguas arriba como aguas abajo, cuerpos de agua que poseen un sistema amortiguador (equilibrio ácido - base) que permite mantener los valores de pH óptimos para los procesos intrínsecos de cada sistema.

- **Índice de Afectación Potencial a la Calidad del Agua (IACAL).**

Por medio de la información secundaria obtenida a partir de IDEAM 2017 y http: //sig.anla.gov.co, se pueden establecer los estados de calidad de agua y presión por contaminación para época seca y año medio; en donde para época seca y año medio se obtienen los mayores valores de ponderación, señalando que todas las estaciones, presentan un índice de alteración potencial de la calidad del agua alto (**Tabla 5-93**, **Figura 5.88** y **Figura 5.112**).

Los resultados obtenidos señalan que las cargas contaminantes de materia orgánica biodegradable y no biodegradable (DBO y DQO), sólidos suspendidos totales, nutrientes (nitrógeno total-NT y fosforo total-PT) y otras variables, producidos en el área de influencia por las cabeceras municipales y centros urbanos y que posteriormente son vertidos en los sistemas hídricos de dicha zona afectan de manera significativa la calidad del recurso, limitando su autodepuración en ambas épocas debido al bajo nivel de los cuerpos de agua evaluados.

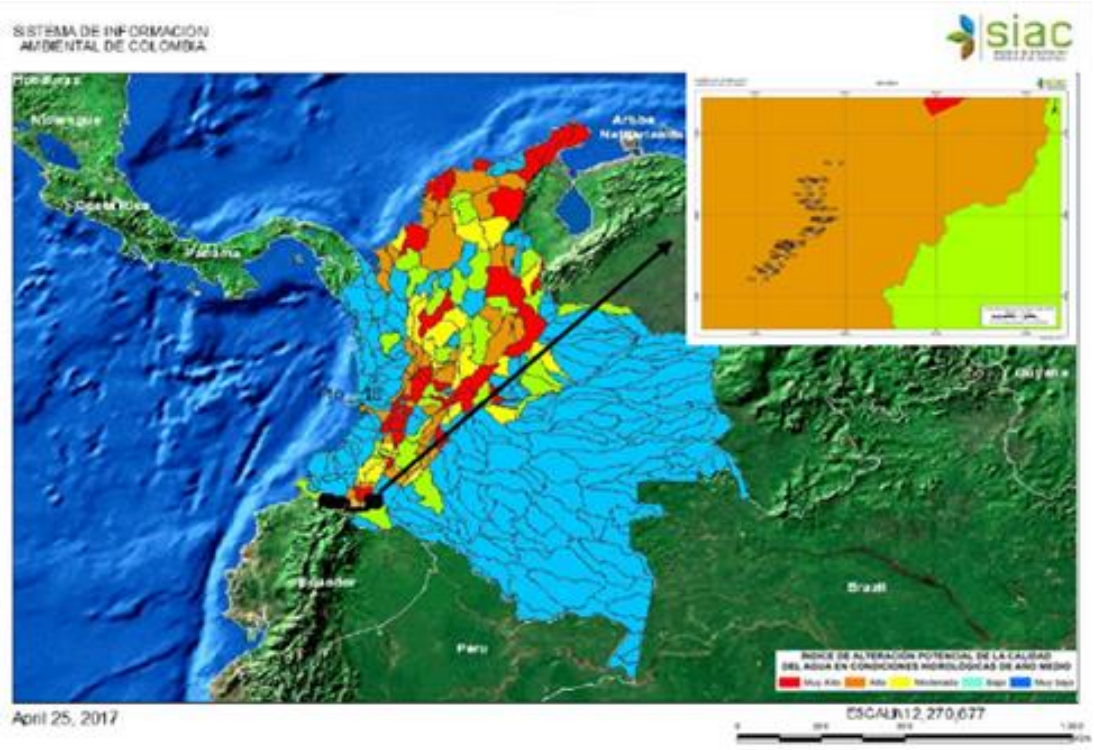
Tabla 5-93 Valores de ponderación IACAL para los cuerpos de agua monitoreados en año seco y año medio.

CÓDIGO	PUNTO DE MUESTREO	IACAL (Año Medio y Año Seco) Promedio categoría (NT+PT+SST+DBO (DQO-DBO)/5)
1	QUEBRADA EL MANZANO HUMEADORA AGUAS ARRIBA	Alto
2	QUEBRADA HUMEADORA AGUAS ABAJO	Alto
3	QUEBRADA URBANO HUMEADORA	Alto
4	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ARRIBA	Alto
5	QUEBRADA SAN FRANCISCO AGUAS ABAJO	Alto
6	QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ARRIBA	Alto
7	AFLUENTE QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	Alto
8	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ABAJO	Alto
9	QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ABAJO	Alto
10	QUEBRADA EL MANZANO AGUAS ARRIBA	Alto
11	QUEBRADA MANZANO AGUAS ABAJO	Alto
12	AFLUENTE HUMEADORA AGUAS ARRIBA	Alto
13	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ARRIBA	Alto
14	QUEBRADA BRIGADA AGUAS ABAJO	Alto
15	QUEBRADA MANZANO AGUAS ARRIBA	Alto
16	QUEBRADA CUAYARIN AGUAS ARRIBA	Alto
17	QUEBRADA YAMURAYAN AGUAS ABAJO	Alto
18	QUEBRADA LA HONDA AGUAS ARRIBA	Alto
19	QUEBRADA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ARRIBA	Alto
20	QUEBRADA LLAVE (MOLEDORES) AGUAS ABAJO	Alto
21	QUEBRADA LA CUEVA AGUAS ARRIBA	Alto
22	QUEBRADA CULANTRO AGUAS ARRIBA	Alto
23	QUEBRADA HONDA AGUAS ABAJO	Alto
24	ZANJA CHORRERA AGUAS ABAJO	Alto
25	QUEBRADA ARRAYANES AGUAS ARRIBA	Alto
26	ZANJA CHORRERA CHIQUITO AGUAS ARRIBA	Alto
27	RIO BOQUERON AGUAS ARRIBA	Alto
28	RIO BOQUERON AGUAS ABAJO	Alto
29	RIO GUAITARA	Alto

CÓDIGO	PUNTO DE MUESTREO	IACAL (Año Medio y Año Seco) Promedio categoría (NT+PT+SST+DBO (DQO-DBO)/5)
30	QUEBRADA NN3	Alto
31	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2A AGUAS ARRIBA	Alto
32	AF QUEBRADA SAN FRANCISCO 2B AGUAS ARRIBA	Alto
33	AF QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	Alto
34	QUEBRADA EL TABLON AGUAS ABAJO	Alto
35	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ARRIBA	Alto
36	QUEBRADA SARACONCHA AGUAS ABAJO	Alto
37	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ARRIBA	Alto
38	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ARRIBA	Alto
39	QUEBRADA SAN FRANCISCO 2 AGUAS ABAJO	Alto
40	QUEBRADA EL MACAL AGUAS ABAJO	Alto
41	RIO GUAITARA 2	Alto
42	RIO SAPUYES AGUAS ARRIBA	Alto
43	RIO SAPUYES AGUAS ABAJO	Alto
44	GUAITARA 3	Alto

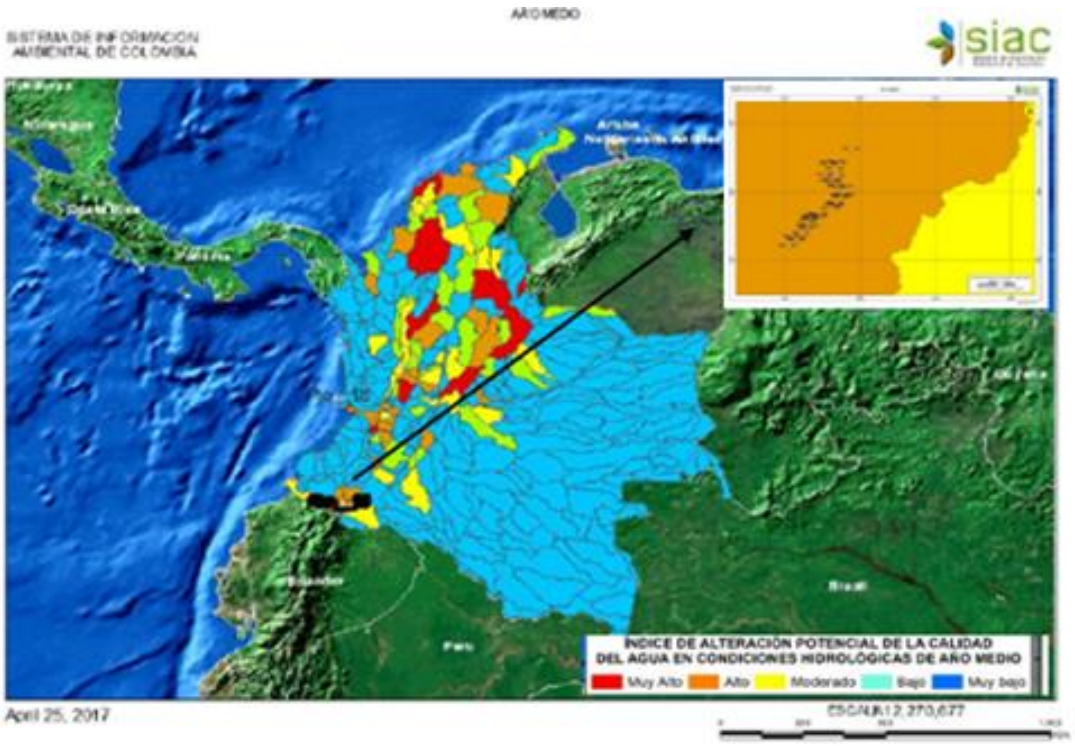
Fuente: IDEAM 2017 y http: //sig.anla.gov.co.

Figura 5.88 Índice de alteración potencial de calidad del agua en los cuerpos de agua monitoreados en año seco.



Fuente: IDEAM 2017 y http: //sig.anla.gov.co.

Figura 5.89 Índice de alteración potencial de calidad del agua en los cuerpos de agua monitoreados en año medio.



Fuente: IDEAM 2017 y http: //sig.anla.gov.co.

5.1.6.1.6 Índices de calidad y contaminación cuerpos de agua lénticos.

- **Índice de Calidad de Agua (WQI)**

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las corrientes hídricas muestreadas, en el presente estudio se calculó el Índice de Calidad de Aguas (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (Canter, 1998), en el cual se relaciona la mayor cantidad de parámetros (como oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO_5, nitratos, fosfatos, turbidez y sólidos totales), asignándole a cada uno un porcentaje de acuerdo al grado de importancia, de tal manera que el oxígeno disuelto, los coliformes y el pH son los parámetros más importantes a tener en cuenta con el fin de determinar el estado de una corriente de agua.

Este índice es de gran utilidad para establecer la calidad del agua de los puntos de agua superficial lénticos, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo. En la **Tabla 5-94** se presenta la asignación de los valores de WQI para los puntos de agua

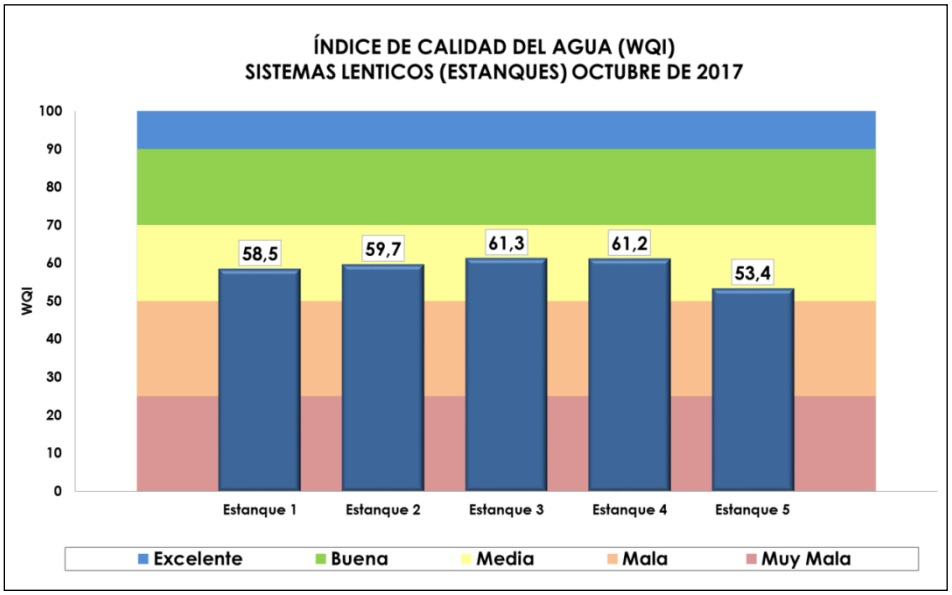
muestreados y en la **Figura 5.90** se aprecia gráficamente la distribución de las corrientes de agua monitoreadas según el valor obtenido de WQI. De acuerdo con esto, todos los Estanques, presentan una calidad del agua "*Media"*, como consecuencia principalmente, del contenido de coliformes de tipo fecal, así como, altos valores de sólidos totales y valores moderados a bajos para el oxígeno disuelto y contenido medio de los demás parámetros usados en el cálculo del índice como pH, turbiedad, nitratos y fosfatos.

Tabla 5-94 Índice de Calidad Agua (WQI) y parámetros de calidad.

PUNTOS DE MUESTREO	WQI
ESTANQUE 1	58,5
ESTANQUE 2	59,7
ESTANQUE 3	61,3
ESTANQUE 4	61,2
ESTANQUE 5	53,4
INTERPRETACIÓN WQI	
0-25	CALIDAD MUY MALA (MM)
26-50	CALIDAD MALA (M)
51-70	CALIDAD MEDIA (R)
71-90	CALIDAD BUENA (B)
91-100	CALIDAD EXCELENTE (E)

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Figura 5.90 Valores del índice de calidad de aguas (WQI) en los cuerpos de agua monitoreados



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

- **Índices de Contaminación (ICO'S)**

Dentro de los índices de contaminación, fueron calculados: el índice de contaminación trófico (ICOTRO), el índice de mineralización (ICOMI), el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua (Ramírez et al., 1997). En la **Tabla 5-95** se presentan los resultados de los valores de los ICO's para cada corriente de agua muestreada en este estudio y en la **Figura 5.91** se aprecia gráficamente la distribución de las corrientes de agua monitoreadas según el valor obtenido de los ICO'S.

El índice de contaminación por mineralización (ICOMI), se clasificó como *"Muy Baja"* y *"Baja"* contaminación en los Estanques [4] y [1, 2, 3 y 5] respectivamente (**Figura 5.91 y Tabla 5-95**), producto de las bajas concentraciones de conductividad, dureza y alcalinidad reportadas para estos cuerpos de agua tal como se observa en la **Tabla 5-83**.

Tabla 5-95 Índices de Contaminación (ICO'S) obtenidos en los cuerpos de agua evaluados.

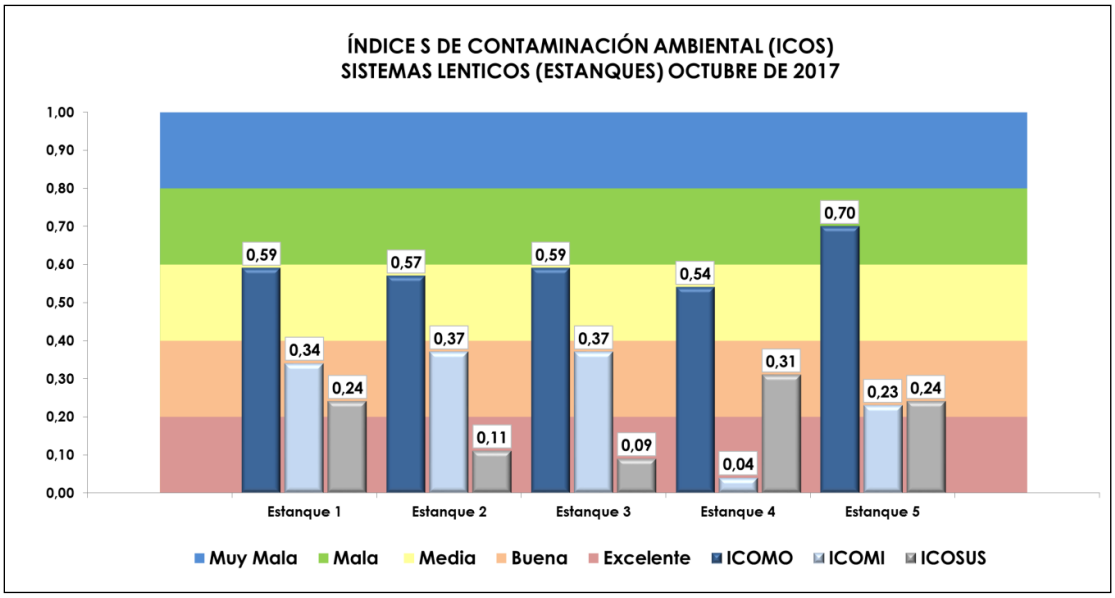
PUNTOS DE MUESTREO	ICOMO	ICOTRO	ICOMI	ICOSUS
ESTANQUE 1	0,59	0,40 – Eutrofia	0,34	0,24
ESTANQUE 2	0,57	0,40 – Eutrofia	0,37	0,11
ESTANQUE 3	0,59	0,39 – Eutrofia	0,37	0,09
ESTANQUE 4	0,54	0,40 – Eutrofia	0,04	0,31
ESTANQUE 5	0,70	0,43– Eutrofia	0,23	0,24

ÍNDICES		INTERPRETACIÓN	
ICOSUS ICOMI ICOMO		0,8-1,0	Contaminación muy alta
		0,6-0,8	Contaminación alta
		0,4-0,6	Contaminación media
		0,2-0,4	Contaminación baja
		0,0-0,2	Contaminación muy baja
ICOTRO	Fósforo total	<0,01 = Oligotrófico 0,01-0,02 Mesotrófico 0,02-1 Eutrófico >1 = Hipereutróficos	

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

El índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), igualmente presentó un indice *"Muy Bajo" y "Bajo"* de contaminación para los Estanques [2 y 3] y [1, 4 y 5] (**Figura 5.91 y Tabla 5-95**), producto de las concentraciones reportadas por los sólidos suspendidos presentada en estos cinco puntos de muestreo (**Tabla 5-83**).

Figura 5.91 Valores los índices de contaminación (ICO's) en los cuerpos de agua monitoreados



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017

Para el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO, se presentó una contaminación *"Media"* producto de las concentraciones reportadas por los coliformes totales y DBO_5 junto con las moderadas concentraciones de oxígeno disuelto, correspondiendo al Estanque 5 un índice de contaminación *"Alto"*, tal como se muestra en la **Tabla 5-83.**

Por ultimo, para el ICOTRO, se reportó para la totalidad de los puntos un grado de "Eutrofia", lo cual se relaciona directamente con el valor de fósforo reportado para el presente monitoreo; con base en lo anterior, se indica queen estas aguas se presentan cantidades optimas de nutrientes para el desarrollo de microrganismos, sin embargo, un exceso en su contenido, puede provocar procesos de eutrofización y aumento en la proliferación de plantas acuáticas y/o fitoplancton.

5.1.6.1.7 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica para época seca mediante modelación.

La caracterización físico química y bacteriológica de corrientes hídricas del área de influencia de proyectos viales, se deben presentar para periodos climáticos lluvioso y seco. Cuando por situaciones de fuerza mayor no es posible caracterizar los cuerpos de agua, para alguno de los periodos, los Términos de Referencia M-M-INA-02 Versión 2, en su Numeral 5.1.6.1, sugiere que se podrían emplear "…*estimaciones para el otro período a través de herramientas técnicas debidamente validadas*…"

A continuación se presentan los resultados de modelación de calidad del agua de 18 fuentes de agua superficiales, mediante la identificación de 44 puntos de monitoreo (**Ver Anexo 15. Monitoreos\Aguas Superficiales\Modelo Calidad del Agua_Periodo Seco**). Los sitios de monitoreo corresponden a coordenadas geográficas georreferenciadas en el numeral **5.1.6.1.1 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica para el**

época de lluvias del presente estudio.

5.1.6.1.8 Metodologia

En el siguiente apartado se presenta la metodología de modelación empleada para la estimación de la calidad del agua en diferentes periodos hidroclimáticas, en particular, el periodo de bajas precipitaciones en el área de estudio. La metodología sigue una secuencia de etapas que facilitan su entendimiento, replicación y confiabilidad en el manejo de la información y sus resultados.

- **Información de campo**

- Muestreos calidad del agua y aforos en periodo húmedo (marzo de 2017).
- Determinación de caudales máximos y mínimos con modelación hidrológica (Presentados en el presente estudio).

- **Definición de escenario a modelar y prepocesamiento de datos**

- De acuerdo al comportamiento de las lluvias, el mes de agosto es el mes mas seco respecto a los demás.
- Se procesa toda la información climática relacionada con la lluvia, temperatura, humedad relativa, viento y nubosidad.
- Se toman de los aforos los datos de pendientes laterales, pendientes longitudinales, anchos de fondo y superficial, área y velocidad.
- Se determinan las variaciones en las variables hidráulicas del cauce en periodo seco, en función del caudal a partir de correlaciones lineales. También se determina la longitud de mezcla.

- **Corrida del modelo QUAL2Kw y análisis de resultados**

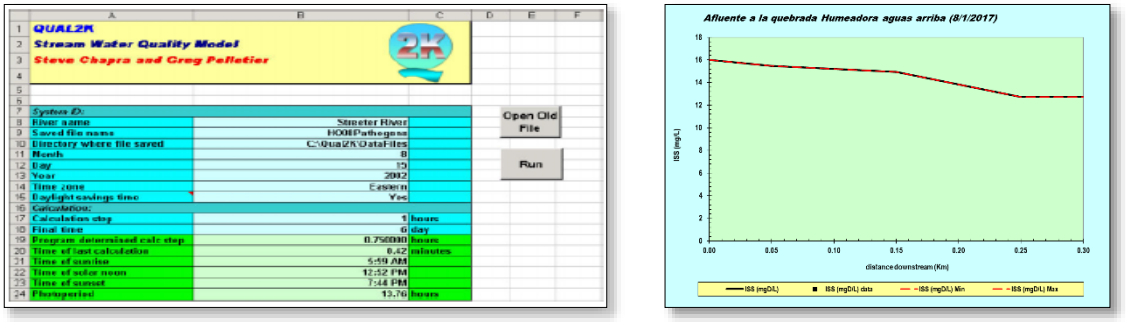
- Como condición inicial se toma el caudal aforado en periodo húmedo. Se asigna una captación en el segundo tramo del modelo de tal manera que el caudal descienda hasta el mínimo esperado.
- Se observan las variaciones en la calidad del agua con base en el cambio en las condiciones hidráulica (transporte).
- Se corre el modelo para los 44 puntos de calidad del agua determinados y para cada uno de los parámetros previamente medidos.
- Se toman como compuestos genéricos aquellos que por defecto no modela QUAL2Kw, asumiendo tasas de reacción bajas con el fin de manejar el escenario de menor favorabilidad, considerando solo el transporte como único mecanismo de asimilación.
- Se realiza el postprocesamiento de datos para realizar el anális respectivo

5.1.6.1.9 Descripción del modelo qual2k

El modelo Qual2kw (Q2K) es un programa que permite simular el flujo y calidad del agua de ríos y otras

corrientes de agua superficiales. Es capaz de simular los procesos fisicoquímicos que tienen lugar en un río sometido a un determinado vertido. Modelo de evolución de la DBO, nutrientes y partículas en suspensión en la descarga a un río incluyendo la posibilidad de anoxia e interacción con el sedimento. Este modelo ha sido desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) en colaboración con el profesor Steven Chapra. El modelo desarrollado bajo una aplicación de Visual Basic trabaja en Excel por lo que facilita su uso (**Figura 5.92**).

Figura 5.92 Interface gráfica del modelo QUAL2Kw.



Fuente: Chapra, Pelletier y Tao (2008)

El modelo Qual2K 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, al igual que la alcalinidad, detritos, fitoplancton, temperatura, conductividad, sólidos inorgánicos, patógenos, sustancias conservativas y no conservativas, así como la interacción del caudal y la temperatura y la productividad de nutrientes, algas y DQO.

El modelo se desarrolla bajo flujo permanente, la temperatura y los parámetros de calidad del agua son modelados considerando la escala diurna o anual. Es posible simular descargas o captaciones puntuales y/o difusas. La DBO se discrimina en DBO lenta y rápida. Se simulan detritos compuestos por carbón, nitrógeno y fósforo en una relación estequiométrica predeterminada.

La desnitrificación es modelada como una reacción de primer orden que sucede a bajas concentraciones de oxígeno. El pH es simulado con base en la alcalinidad y el carbono inorgánico. La remoción de patógenos es determinada como un efecto de la luz, sedimentación y la temperatura.

Atributos del modelo: Funciona en estado dinámico y sirve para simular un año, además, posee el algoritmo genético para su autocalibración.

Características hidrodinámicas: Flujo no permanente, no uniforme. Calcula el caudal para cada segmento. Considera que el canal está totalmente mezclado vertical y lateralmente. Resuelve las ecuaciones de Saint Venant utilizando la onda cinemática.

5.1.6.1.10 Información de entrada al modelo

- **Calidad del agua**

El modelo QUAK2Kw modela principalmente determinantes de calidad del agua asociadas a nutrientes, materia orgánica y patógenos. Sin embargo, ofrece un módulo para la modelación de determinantes "genéricos", los cuales a partir de constantes de reacción obtenidas de literatura y el comportamiento asociado a la dilución y transporte, es posible determinar la calidad del agua asociada a elementos que han sido monitoreados, como el caso de metales, metaloides, compuestos asociados a hidrocarburos y grasas y aceites, entre otros. A continuación en la **Tabla 5-96**, se presentan los principales determinantes modelados por el QUAL2Kw característicamente.

Tabla 5-96 Tipos de parámetros modelados en QUAL2Kw.

Tipo de determinante	Parámetro
Materia orgánica	DBO5 Disuelta DBO5 Suspendida COT DQO
	Oxígeno disuelto
Sólidos	Sólidos suspendidos totales Sólidos Disueltos
Nutrientes	Nitrógeno total y orgánico
	Nitrógeno amoniacal
	Nitrógeno nitratos y nitritos
	Fósforo total
	Ortofosfatos
Patógenos	Coliformes fecales Coliformes totales
Datos hidrobiológicos	Fitoplancton Detritos
Potencial de hidrógeno	pH Alcalinidad Acidez Conductividad eléctrica
Temperatura	Temperatura
Sustancias tóxicas	Grasas y aceites Tensoactivos

Fuente: Chapra, Pelletier y Tao (2008)

- **Longitud de mezcla**

Longitud o zona de mezcla, la cual se debe entender de acuerdo con lo estipulado por el decreto 1594 de 1984 como: "el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los

criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento". A continuación, se presenta la fórmula de la longitud de mezcla empleando la ecuación de Yotsukura:

$$Lm = 8.52 * U\frac{B^2}{H}$$

- **Coeficiente de Manning**

En los estudios hidrológicos de cauces, el número de Manning toma importancia porque en él se relaciona la velocidad que tiene el fluido (que a su vez depende de su geometría y pendiente) y las características de rugosidad del canal, rio o quebrada, la expresión matemática que lo describe es la siguiente:

$$n = \frac{S^{1/2} * A^{5/3}}{Q * P^{2/3}}$$

Donde:

n: Es el número de Manning

S_0: Pendiente del canal (m/m)

P: Perímetro mojado (m)

A: Área de la sección transversal del canal (m^2)

- **Constantes biocinéticas**

El cálculo de constantes tales como kd, kN, ka, tasas de fotosíntesis, respiración, etc., no siempre puede hacerse experimentalmente, sin embargo, existen valores teóricos que se pueden ajustar y calibrar con mediciones de otros parámetros. Se ha empleado las sugeridas por Bowie, y otros (Rates, Constants and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling. 1985, como guía en el empleo de métodos de cálculo y para consultar valores de referencia utilizados en el presente estudio. Las constantes biocinéticas utilizadas en la modelación se pueden consultar en el libro electrónico de cálculo del modelo, en la pestaña "*Rates*".

- **Hidráulica y caudales característicos**

Las principales características hidráulicas que han sido analizadas para la corrida del modelo, con su respectiva metodología de cálculo son las siguientes:

- **Área (A):**

El área de la sección batimétrica se calcula sumando el área los trapecios rectángulos formados en cada punto medido a lo largo de la lámina de agua como se aprecia en **Figura 5.93**, utilizando la siguiente ecuación:

$$A = \sum_{i=1}^{n} \frac{(P_i + P_{i+1}) * L_i}{2}$$

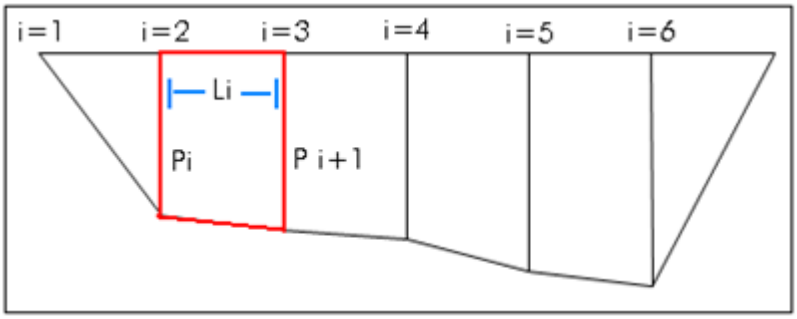
Donde:

P: Es la profundidad del rio (m)

L: La longitud del espejo de agua (m)

i: Segmento de la sección transversal

Figura 5.93 Cálculo del área transversal para el cauce en el tramo de estudio



Fuente: Consorcio SH.

- **Perímetro mojado (P):**

Se define como la longitud de la línea de la intersección del espejo de agua del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo. Se calcula mediante la suma de las líneas perimetrales de la batimetría exceptuando el espejo de agua.

- **Velocidad (V):**

La velocidad del cauce se calcula a partir del caudal del fluido que fluye por el área transversal mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{A}{Q}$$

Donde:

Q: Es el caudal en m^3/s

V: Velocidad del fluido (m/s)

A: Área de sección transversal del cauce (m^2)

- **Tiempo de viaje (t):**

Se define como el tiempo de residencia en cada tramo de la quebrada, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t_{viaje} = \frac{Vol}{Q} = \frac{A * L}{Q}$$

Donde:

A: Área de la sección transversal del canal (m2)

L: Longitud del tramo (m)

Q: Caudal (m3/s)

Vol: Volumen ocupado en el tramo por el agua (m3)

- **Información hidrológica, hidráulica y climatológica**

Con el propósito de cumplir el objetivo planteado, se desarrolla un análisis climatológico e hidrológico que permite recolectar la información necesaria que conduzca a la determinación de aspectos relacionada con:

- Caudales en periodo seco y húmedo.
- Coeficientes de dispersión/difusión
- Cambios morfológicos en el cuerpo de agua que modifiquen el régimen hidrodinámico y los procesos de calidad de agua en la corriente
- Precipitación media mensual
- Temperatura media mensual
- Humedad relativa media mensual
- Velocidad del viento media mensual

De acuerdo al numeral "5.1.5.6.2 Caudales Mínimos, Medios y Máximos a partir de caracterización probabilística" en todas las series mensuales multianuales de caudal y precipitación, se observa que presentan un comportamiento de dos máximos, entre los meses de marzo y mayo en el primer semestre, y octubre y diciembre para el segundo semestre siendo este último mayor que el primero, como es característicos en los Andes Colombianos de acuerdo a Bedoya et al. (2010).

En general, se observa como para todas las Unidades de Análisis Hidrográfica, UAH, para el área de influencia AI-EIA-1B, los diagramas de dispersión confirman los regímenes hidrológicos para los caudales medios, máximos y mínimos. Por otra parte, estos diagramas de dispersión (box plot) exhiben de manera diciente eventos de carácter extremo, presentando la mayor predominancia de estos en los periodos de régimen hidrológico seco, que generalmente coinciden en el mes de agosto.

- **Resumen de información de entrada al modelo**

Para la simulación de la calidad del agua se emplearon los datos de calidad del agua de la última campaña de medición (marzo 2017). Se toman como compuestos genéricos aquellos que por defecto no modela QUAL2Kw, asumiendo tasas de reacción bajas con el fin de manejar el escenario de menor favorabilidad, considerando solo el transporte como único mecanismo de asimilación.

En la **Tabla 5-97** se exponen los métodos de estimación que se emplearon para cuantificar los determinantes de calidad del agua. Los métodos son: modelo lluvia – escorrentía, no conservativo, balance de energía, no conservativo y correlacionado y conservativo.

Modelo lluvia – escorrentía: los modelos lluvia escorrentía basados en hidrógrafas sintéticas permiten hallar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno utilizando los parámetros morfométricos de la cuenca.

Las hidrógrafas unitarias sintéticas permiten construir un hidrograma de escorrentía superficial para una lluvia de duración y profundidad unitaria en cuencas sin registros de caudal. Los componentes principales que definen cada hidrógrafa son: el tiempo de rezago, el tiempo de concentración, el tiempo base y el tiempo al pico, dichos componentes son estimados en función de parámetros morfométricos de la cuenca tales como

el área, la pendiente promedia, cota máxima, cota mínima, distancia al centroide, etc. variando la forma de cálculo entre diferentes metodologías.

No conservativo: se consideraron determinantes no conservativos a las sustancias que mediante procesos de degradación químicos o biológicos, reducen su presencia en el agua. En la modelación se consideran las tasas de degradación y sedimentación con modelos de primer orden, dependientes de la temperatura principalmente de Bowie, y otros (1985)

Conservativo: contrario al anterior, las sustancias conservativas se consideran como aquellas sustancias que permanecen en el cuerpo de agua debido a su baja capacidad de reacción, siendo los metales, o las sustancias poco solubles en agua como las grasas y aceites de este tipo.

No conservativos y correlacionados: en este caso son los parámetros que no presentan tasas de reacción especificas dentro de la estructura del modelo QUAL2Kw y por tanto no se les atribuye una reacción específica, pero presentan correlaciones lineales con otros parámetros, como el color, la turbiedad, con los sólidos suspendidos totales.

Balance de energía: el balance de energía térmica, es un balance de calor efectuado sobre cada uno de los tramos del modelo en donde se determina el comportamiento de la temperatura del drenaje, con base en la información climatológica introducida al modelo.

Tabla 5-97 Listado de los métodos de estimación de los determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos de las estaciones monitoreadas para periodo seco.

PARÁMETROS	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO DE ESTIMACIÓN
TEMPERATURA MUESTRA	°C	TERMOMÉTRICO	No conservativo / balance de energía
pH	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	No conservativo
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	ELECTROMÉTRICO	No conservativo
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	LUMINISCENCIA	No conservativo
CAUDAL	m3/s	ÁREA - VELOCIDAD CON MICROMOLINETE O FLUJÓMETRO	Modelo lluvia escorrentía
TURBIEDAD	NTU	NEFELOMÉTRICO	No conservativo y correlacionado
COLOR VERDADERO	UPC	ESPECTROFOTOMÉTRICO - LONGITUD DE ONDA SIMPLE	No conservativo y correlacionado
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	mg/L	COMBUSTIÓN ALTA	No conservativo y correlacionado
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	Conservativo
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	No conservativo
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	No conservativo
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO - EDTA	Conservativo
DUREZA CÁLCICA	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO - EDTA	Conservativo
CLORUROS	mg/L Cl-	ARGENTOMÉTRICO	Conservativo
SULFATOS	mg/L S04-2	TURBIDIMÉTRICO	Conservativo
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	ACIDO ASCORBICO	No conservativo
NITRATOS	mg/L N-	COLORIMETRICO	No conservativo

PARÁMETROS	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO DE ESTIMACIÓN
	NO3		
NITRITOS	mg/L N-NO2	COLORIMÉTRICO	No conservativo
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	DESTILACION - VOLUMÉTRICO	No conservativo
NITRÓGENO TOTAL	mg/L N	KJELDAHL - TITULOMETRICO	No conservativo
FOSFORO TOTAL	mg/L	ACIDO ASCORBICO	No conservativo
FOSFORO INORGÁNICO	mg/L P	DIGESTIÓN - COLORIMETRICO	No conservativo
FOSFORO ORGÁNICO	mg/L	DIGESTIÓN - COLORIMETRICO	No conservativo
FENOLES TOTALES	mg/L	DESTILACIÓN - FOTOMÉTRICO DIRECTO	Conservativo
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	ELECTROMÉTRICO	No conservativo y correlacionado
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	VOLUMÉTRICO (CONO IMHOFF)	No conservativo y correlacionado
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105°C	No conservativo
SOLIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103 - 105 °C	No conservativo y correlacionado
DBO_5	mg/L O2	INCUBACION 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	No conservativo
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMÉTRICO	No conservativo y correlacionado
HIERRO TOTAL	mg/L	E.A.A.	Conservativo
MAGNESIO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
NÍQUEL	mg/L	E.A.A.	Conservativo
PLOMO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
POTASIO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
SELENIO	mg/L	E.A.A. GENERADOR DE HIDRUROS	Conservativo
BARIO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
CADMIO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
CALCIO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	Conservativo
SODIO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
ARSENICO	mg/L	E.A.A. - GENERADOR DE HIDRUROS	Conservativo
COBRE	mg/L	E.A.A.	Conservativo
MANGANESO	mg/L	E.A.A.	Conservativo
MERCURIO	mg/L	E.A.A./V.F.	Conservativo
PLATA	mg/L	E.A.A.	Conservativo
ZINC	mg/L	E.A.A.	Conservativo
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	COLORIMÉTRICO	Conservativo
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICIÓN - INFRARROJO	Conservativo
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	PARTICIÓN - INFRARROJO	Conservativo
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMÁTICO	No conservativo
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100 mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMÁTICO	No conservativo

E.A.A.: Espectrometría de Absorción Atómica, **E.A.A.E**: Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica.

Fuente: Consorcio SH.

A continuación, se presenta el resumen de variables hidrológicas, hidráulicas y climatológicas introducidas al modelo QUAL2Kw. Para mayor detalle de las variables implícitas en el modelo se recomienda ver el Anexo I,

en donde se adjuntan las hojas de ejecuciones del modelo.

Las variables de entrada al modelo o determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos fueron previamente analizadas en el numeral “5.1.6.1.1 caracterización fisicoquímica y bacterioogica para la época de lluvias”, razón por la cual no serán objeto de análisis en el presente apartado. A continuación se presentan registros empleados para la simulación del periodo seco. De la Tabla 5-98 a la Tabla 5-106 se reportan las coordenadas, hidráulica y caudales en periodo húmedo, hidráulica y caudales en periodo seco y climatología para los 44 sitios de monitoreos: quebrada NN 3 aguas arriba, rio Guáitara, rio Boquerón aguas arriba, rio Boquerón aguas abajo, quebrada Yamurayán aguas arriba, quebrada Yamurayán aguas abajo, quebrada San Francisco aguas arriba, quebrada San Francisco aguas abajo, quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba, quebrada Honda aguas arriba, quebrada Honda aguas abajo, quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba, quebrada Culantro aguas arriba, quebrada Culantro aguas abajo, quebrada La Cueva aguas arriba, quebrada La Cueva aguas abajo, quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba, quebrada El Manzano aguas arriba, quebrada El Manzano aguas abajo, quebrada Brigada aguas arriba, quebrada Brigada aguas abajo, Afluente a la quebrada Humeadora aguas arriba, quebrada Los Arayaness (Humeadora) aguas arriba, quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba, quebrada Urbano (Humeadora) aguas arriba, quebrada Humeadora aguas abajo, Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba, Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo, quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba, quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo, quebrada El Tablón aguas abajo, Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo, Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba, Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba, quebrada San Francisco 2 aguas arriba, quebrada San Francisco 2 aguas abajo, quebrada El Macal aguas arriba, quebrada El Macal aguas abajo, quebrada Saraconcha aguas arriba, quebrada Saraconcha aguas abajo, rio Sapuyes aguas arriba, rio Sapuyes aguas abajo, rio Guáitara 2, rio Guáitara 3.

Tabla 5-98 Variables de entrada al modelo (1/9)

Tipo	Variable	Unid	1 Quebrada NN 3 aguas arriba	2 Río Guáitara	3 Río Boquerón aguas arriba	4 Río Boquerón aguas abajo	5 Quebrada Yamurayán aguas arriba
Ubicación	Cota	msnm	2520	2370	2412	2349	2657
	Coordenadas X	--	947096	948503	947873	948589	949114
	Coordenadas Y	--	589672	590762	591368	590972	592110
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.002	27.533	8.965	13.076	0.001
	Caudal aforado	l/s	2.000	27533.000	8965.000	13076.000	1.000
	Área	m^2	--	14.475	1.859	2.608	0.013
	Velocidad	m/s	--	1.947	4.800	4.992	0.119
	Profundidad promedio	m	--	1.000	0.301	0.652	0.022
	Profundidad máxima	m	--	1.300	0.580	0.890	0.030
	Ancho superficial	m	--	18.000	5.800	4.000	0.650
	Ancho de fondo	m	--	7.000	3.500	3.000	0.300
	Pendiente lateral izquierda	m/m	--	5.500	3.821	0.767	7.955
	Pendiente lateral derecha	m/m	--	5.500	3.821	0.767	7.955
	Pendiente longitudinal	m/m	0.410	0.150	0.140	0.160	0.450
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.000	5.474	1.782	2.600	0.000
	Caudal aforado	l/s	0.398	5474.046	1782.400	2599.739	0.199
	Área	m^2	0.007	1.598	0.846	1.047	0.005
	Velocidad	m/s	0.000	8.747	1.507	2.723	0.000
	Profundidad promedio	m	0.037	0.392	0.296	0.325	0.031
	Profundidad máxima	m	0.059	0.587	0.448	0.490	0.050
	Ancho superficial	m	0.193	4.207	2.927	3.306	0.154
	Ancho de fondo	m	0.095	2.293	1.575	1.787	0.075
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.343	2.443	2.280	2.334	1.285
	Pendiente lateral	m/m	1.343	2.443	2.280	2.334	1.285

Tipo	Variable	Unid	1 Quebrada NN 3 aguas arriba	2 Río Guáitara	3 Río Boquerón aguas arriba	4 Río Boquerón aguas abajo	5 Quebrada Yamurayán aguas arriba
	derecha						
	Pendiente longitudinal	m/m	0.041	0.015	0.014	0.016	0.045
	Longitud de mezcla	m	0.000	3366.807	371.209	779.376	0.000
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-99 Variables de entrada al modelo (2/9)

Tipo	Variable	Unid	6	7	8	9	10
			Quebrada Yamurayán aguas abajo	Quebrada San Francisco aguas arriba	Quebrada San Francisco aguas abajo	Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	Quebrada Honda aguas arriba
Ubicación	Cota	msnm	2377	2766	2740	2837	2854
	Coordenadas X	--	949327	949980	950086	950179	950297
	Coordenadas Y	--	591577	593156	593036	593808	594011
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004
	Caudal aforado	l/s	1.000	2.000	2.000	3.000	4.000
	Área	m^2	--	0.023	0.007	--	0.017
	Velocidad	m/s	--	0.100	0.230	--	0.264
	Profundidad promedio	m	--	0.048	0.024	--	0.072
	Profundidad máxima	m	--	0.080	0.040	--	0.150
	Ancho superficial	m	--	0.450	0.300	--	0.210
	Ancho de fondo	m	--	0.200	0.100	--	0.100
	Pendiente lateral izquierda	m/m	--	2.604	4.167	--	0.764
	Pendiente lateral derecha	m/m	--	2.604	4.167	--	0.764
	Pendiente longitudinal	m/m	0.120	0.360	0.430	0.200	0.255
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
	Caudal aforado	l/s	0.199	0.398	0.398	0.596	0.795
	Área	m^2	0.005	0.007	0.007	0.009	0.011
	Velocidad	m/s	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Profundidad promedio	m	0.031	0.037	0.037	0.040	0.043
	Profundidad máxima	m	0.050	0.059	0.059	0.065	0.070
	Ancho superficial	m	0.154	0.193	0.193	0.220	0.241
	Ancho de fondo	m	0.075	0.095	0.095	0.108	0.119
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.285	1.343	1.343	1.378	1.404
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.285	1.343	1.343	1.378	1.404

Tipo	Variable	Unid	6	7	8	9	10
			Quebrada Yamurayán aguas abajo	Quebrada San Francisco aguas arriba	Quebrada San Francisco aguas abajo	Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	Quebrada Honda aguas arriba
	Pendiente longitudinal	m/m	0.012	0.036	0.043	0.020	0.026
	Longitud de mezcla	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-100 Variables de entrada al modelo (3/9)

Tipo	Variable	Unid	11	12	13	14	15
			Quebrada Honda aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas abajo	Quebrada La Cueva aguas arriba
Ubicación	Cota	msnm	2345	2910	2946	2897	3020
	Coordenadas X	--	950982	950591	950823	950603	951107
	Coordenadas Y	--	593341	594688	594809	594509	595359
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.005	0.005	0.007	0.008	0.001
	Caudal aforado	l/s	5.000	5.000	7.000	8.000	1.150
	Área	m^2	--	0.038	--	--	0.011
	Velocidad	m/s	--	0.142	--	--	0.109
	Profundidad promedio	m	--	0.081	--	--	0.046
	Profundidad máxima	m	--	0.150	--	--	0.070
	Ancho superficial	m	--	0.450	--	--	0.220
	Ancho de fondo	m	--	0.250	--	--	0.150
	Pendiente lateral izquierda	m/m	--	1.235	--	--	0.761
	Pendiente lateral derecha	m/m	--	1.235	--	--	0.761
	Pendiente longitudinal	m/m	0.236	0.217	0.159	0.127	0.320
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000
	Caudal aforado	l/s	0.994	0.994	1.392	1.591	0.229
	Área	m^2	0.012	0.012	0.015	0.016	0.005
	Velocidad	m/s	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Profundidad promedio	m	0.046	0.046	0.050	0.052	0.032
	Profundidad máxima	m	0.074	0.074	0.080	0.083	0.052
	Ancho superficial	m	0.260	0.260	0.289	0.302	0.161
	Ancho de fondo	m	0.129	0.129	0.144	0.151	0.079
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.424	1.424	1.455	1.468	1.296
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.424	1.424	1.455	1.468	1.296
	Pendiente longitudinal	m/m	0.024	0.022	0.016	0.013	0.032
	Longitud de mezcla	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tipo	Variable	Unid	11	12	13	14	15
			Quebrada Honda aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas abajo	Quebrada La Cueva aguas arriba
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/ mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/ mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-101 Variables de entrada al modelo (4/9)

Tipo	Variable	Unid	16	17	18	19	20
			Quebrada La Cueva aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas abajo	Quebrada Brigada aguas arriba
Ubicación	Cota	msnm	2952	2973	2976	2790	2946
	Coordenadas X	--	950979	951604	951875	952102	952234
	Coordenadas Y	--	594734	595195	595341	594886	595503
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.004	0.006	0.018	0.082	0.003
	Caudal aforado	l/s	4.000	6.000	18.000	82.000	3.000
	Área	m^2	0.014	0.009	0.027	0.074	0.008
	Velocidad	m/s	0.257	0.733	0.686	1.110	0.412
	Profundidad promedio	m	0.038	0.030	0.038	0.110	0.043
	Profundidad máxima	m	0.060	0.050	0.060	0.160	0.070

Tipo	Variable	Unid	16	17	18	19	20
			Quebrada La Cueva aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas abajo	Quebrada Brigada aguas arriba
	Ancho superficial	m	0.350	0.300	0.650	0.650	0.210
	Ancho de fondo	m	0.160	0.175	0.400	0.500	0.050
	Pendiente lateral izquierda	m/m	2.533	2.083	3.289	0.682	1.882
	Pendiente lateral derecha	m/m	2.533	2.083	3.289	0.682	1.882
	Pendiente longitudinal	m/m	0.363	0.120	0.238	0.240	0.243
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.001	0.001	0.004	0.016	0.001
	Caudal aforado	l/s	0.795	1.193	3.579	16.303	0.596
	Área	m^2	0.011	0.013	0.025	0.059	0.009
	Velocidad	m/s	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
	Profundidad promedio	m	0.043	0.048	0.063	0.092	0.040
	Profundidad máxima	m	0.070	0.077	0.100	0.145	0.065
	Ancho superficial	m	0.241	0.275	0.393	0.641	0.220
	Ancho de fondo	m	0.119	0.137	0.197	0.328	0.108
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.404	1.441	1.545	1.701	1.378
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.404	1.441	1.545	1.701	1.378
	Pendiente longitudinal	m/m	0.036	0.012	0.024	0.024	0.024
	Longitud de mezcla	m	0.000	0.000	0.002	0.037	0.000
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250

Tipo	Variable	Unid	16	17	18	19	20
			Quebrada La Cueva aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas abajo	Quebrada Brigada aguas arriba
	húmedo						
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-102 Variables de entrada al modelo (5/9)

Tipo	Variable	Unid	21	22	23	24	25
			Quebrada Brigada aguas abajo	Afluente a la quebrada Humeadora aguas arriba	Quebrada Los Arrayanes (Humeadora) aguas arriba	Quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba	Quebrada Urbano (Humeadora) aguas arriba
Ubicación	Cota	msnm	2903	2789	2699	2691	2713
	Coordenadas X	--	952271	954168	954623	954840	955161
	Coordenadas Y	--	595345	596477	597220	597388	597523
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.005	0.004	0.033	0.082	0.179
	Caudal aforado	l/s	5.000	4.000	33.000	82.000	179.000
	Área	m^2	0.022	0.014	0.819	--	0.550
	Velocidad	m/s	0.235	0.292	0.052	--	0.289
	Profundidad promedio	m	0.086	0.040	0.250	--	0.444
	Profundidad máxima	m	0.150	0.060	0.420	--	0.550
	Ancho superficial	m	0.250	0.350	3.000	--	1.200
	Ancho de fondo	m	0.125	0.200	2.000	--	1.000
	Pendiente lateral izquierda	m/m	0.727	1.875	2.000	--	0.225
	Pendiente lateral derecha	m/m	0.727	1.875	2.000	--	0.225
	Pendiente longitudinal	m/m	0.245	0.247	0.250	0.252	0.254
Hidráulica y	Caudal aforado	m^3/s	0.001	0.001	0.007	0.016	0.036
	Caudal aforado	l/s	0.994	0.795	6.561	16.303	35.588

Tipo	Variable	Unid	21	22	23	24	25
			Quebrada Brigada aguas abajo	Afluente a la quebrada Humeadora aguas arriba	Quebrada Los Arrayanes (Humeadora) aguas arriba	Quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba	Quebrada Urbano (Humeadora) aguas arriba
	Área	m^2	0.012	0.011	0.035	0.059	0.092
	Velocidad	m/s	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
	Profundidad promedio	m	0.046	0.043	0.073	0.092	0.112
	Profundidad máxima	m	0.074	0.070	0.116	0.145	0.174
	Ancho superficial	m	0.260	0.241	0.478	0.641	0.825
	Ancho de fondo	m	0.129	0.119	0.242	0.328	0.426
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.424	1.404	1.606	1.701	1.787
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.424	1.404	1.606	1.701	1.787
	Pendiente longitudinal	m/m	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
	Longitud de mezcla	m	0.000	0.000	0.006	0.037	0.170
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/ mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/ mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-103 Variables de entrada al modelo (6/9)

Tipo	Variable	Unid	26	27	28	29	30
			Quebrada Humeadora aguas abajo	Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo
Ubicación	Cota	msnm	2667	2649	2094	2609	2602
	Coordenadas X	--	955074	955908	956740	955872	956019
	Coordenadas Y	--	597201	598687	599033	598885	598991
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.270	0.008	0.004	0.531	0.572
	Caudal aforado	l/s	270.000	8.000	4.000	531.000	572.000
	Área	m^2	1.074	0.064	--	0.482	0.605
	Velocidad	m/s	0.253	0.122	--	1.214	1.186
	Profundidad promedio	m	0.358	0.280	--	0.328	0.376
	Profundidad máxima	m	0.600	0.400	--	0.490	0.560
	Ancho superficial	m	3.000	0.220	--	1.500	1.700
	Ancho de fondo	m	1.250	0.150	--	0.500	0.800
	Pendiente lateral izquierda	m/m	2.444	0.125	--	1.524	1.197
	Pendiente lateral derecha	m/m	2.444	0.125	--	1.524	1.197
	Pendiente longitudinal	m/m	0.256	0.259	0.261	0.263	0.266
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.054	0.002	0.001	0.106	0.114
	Caudal aforado	l/s	53.681	1.591	0.795	105.572	113.724
	Área	m^2	0.116	0.016	0.011	0.170	0.178
	Velocidad	m/s	0.006	0.000	0.000	0.018	0.020
	Profundidad promedio	m	0.124	0.052	0.043	0.147	0.149

Tipo	Variable	Unid	26	27	28	29	30
			Quebrada Humeadora aguas abajo	Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo
	Profundidad máxima	m	0.193	0.083	0.070	0.227	0.231
	Ancho superficial	m	0.943	0.302	0.241	1.173	1.202
	Ancho de fondo	m	0.488	0.151	0.119	0.612	0.628
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.833	1.468	1.404	1.913	1.922
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.833	1.468	1.404	1.913	1.922
	Pendiente longitudinal	m/m	0.026	0.026	0.026	0.026	0.027
	Longitud de mezcla	m	0.380	0.000	0.000	1.437	1.663
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-104 Variables de entrada al modelo (7/9)

Tipo	Variable	Unid	31	32	33	34	35
			Quebrada El Tablón aguas abajo	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba
Ubicación	Cota	msnm	2229	2234	2341	2340	2469
	Coordenadas X	--	955333	955135	954815	954467	953962
	Coordenadas Y	--	600464	600723	601862	601562	601557
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.200	5.140	7.910	0.410	0.312
	Caudal aforado	l/s	200.000	5140.000	7910.000	410.000	312.000
	Área	m^2	--	--	--	--	--
	Velocidad	m/s	--	--	--	--	--
	Profundidad promedio	m	--	--	--	--	--
	Profundidad máxima	m	--	--	--	--	--
	Ancho superficial	m	--	--	--	--	--
	Ancho de fondo	m	--	--	--	--	--
	Pendiente lateral izquierda	m/m	--	--	--	--	--
	Pendiente lateral derecha	m/m	--	--	--	--	--
	Pendiente longitudinal	m/m	0.268	0.270	0.272	0.275	0.277
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.040	1.022	1.573	0.082	0.062
	Caudal aforado	l/s	39.764	1021.923	1572.647	81.515	62.031
	Área	m^2	0.098	0.617	0.788	0.147	0.126
	Velocidad	m/s	0.004	0.630	1.239	0.012	0.008
	Profundidad promedio	m	0.115	0.258	0.287	0.138	0.128
	Profundidad máxima	m	0.179	0.392	0.434	0.213	0.199
	Ancho superficial	m	0.856	2.445	2.810	1.079	0.988
	Ancho de fondo	m	0.442	1.308	1.511	0.562	0.512
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.799	2.203	2.263	1.882	1.850

Tipo	Variable	Unid	31	32	33	34	35
			Quebrada El Tablón aguas abajo	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.799	2.203	2.263	1.882	1.850
	Pendiente longitudinal	m/m	0.027	0.027	0.027	0.027	0.028
	Longitud de mezcla	m	0.211	124.416	290.248	0.865	0.506
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-105 Variables de entrada al modelo (8/9)

Tipo	Variable	Unid	36	37	38	39	40
			Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	Quebrada El Macal aguas arriba	Quebrada El Macal aguas abajo	Quebrada Saraconcha aguas arriba	Quebrada Saraconcha aguas abajo
Ubicación	Cota	msnm	1977	2346	1912	1937	1899
	Coordenadas X	--	955044	953397	954870	953962	953970
	Coordenadas Y	--	602720	602713	603721	604651	604830
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	0.472	0.968	2.140	0.045	0.051
	Caudal aforado	l/s	472.000	968.000	2140.000	45.000	51.000
	Área	m^2	--	--	--	--	--
	Velocidad	m/s	--	--	--	--	--
	Profundidad promedio	m	--	--	--	--	--
	Profundidad máxima	m	--	--	--	--	--
	Ancho superficial	m	--	--	--	--	--
	Ancho de fondo	m	--	--	--	--	--
	Pendiente lateral izquierda	m/m	--	--	--	--	--
	Pendiente lateral derecha	m/m	--	--	--	--	--
	Pendiente longitudinal	m/m	0.279	0.282	0.284	0.286	0.288
Hidráulica y caudales en periodo seco	Caudal aforado	m^3/s	0.094	0.192	0.425	0.009	0.010
	Caudal aforado	l/s	93.842	192.455	425.470	8.947	10.140
	Área	m^2	0.159	0.239	0.375	0.042	0.045
	Velocidad	m/s	0.015	0.046	0.160	0.000	0.000
	Profundidad promedio	m	0.142	0.170	0.207	0.079	0.082

Tipo	Variable	Unid	36	37	38	39	40
			Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	Quebrada El Macal aguas arriba	Quebrada El Macal aguas abajo	Quebrada Saraconcha aguas arriba	Quebrada Saraconcha aguas abajo
	Profundidad máxima	m	0.220	0.262	0.317	0.125	0.129
	Ancho superficial	m	1.129	1.425	1.841	0.528	0.550
	Ancho de fondo	m	0.589	0.748	0.976	0.268	0.280
	Pendiente lateral izquierda	m/m	1.899	1.986	2.086	1.638	1.651
	Pendiente lateral derecha	m/m	1.899	1.986	2.086	1.638	1.651
	Pendiente longitudinal	m/m	0.028	0.028	0.028	0.029	0.029
	Longitud de mezcla	m	1.140	4.677	22.236	0.011	0.014
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-106 Variables de entrada al modelo (9/9)

Tipo	Variable	Unid	41	42	43	44
			Río Sapuyes aguas arriba	Río Sapuyes aguas abajo	Río Guáitara 2	Río Guáitara 3
Ubicación	Cota	msnm	1814	1811	1709	1906
	Coordenadas X	--	954977	955466	957634	956508
	Coordenadas Y	--	605045	604839	607421	600552
Hidráulica y caudales en periodo húmedo	Caudal aforado	m^3/s	11.070	12.590	26.192	26.142
	Caudal aforado	l/s	11070.000	12590.000	26192.000	26142.000
	Área	m^2	6.330	6.015	11.850	12.525
	Velocidad	m/s	1.696	2.090	1.984	2.017
	Profundidad promedio	m	0.600	0.600	0.800	0.900
	Profundidad máxima	m	0.800	0.700	1.300	1.300
	Ancho superficial	m	12.000	10.300	16.000	15.000
	Ancho de fondo	m	11.000	9.000	6.000	5.000
	Pendiente lateral izquierda	m/m	0.833	1.083	6.250	5.556
	Pendiente lateral derecha	m/m	0.833	1.083	6.250	5.556
	Pendiente longitudinal	m/m	0.291	0.293	0.295	0.298
Hidráulica y caudales en periodo	Caudal aforado	m^3/s	2.201	2.503	5.207	5.197
	Caudal aforado	l/s	2200.911	2503.114	5207.431	5197.490
	Área	m^2	0.953	1.025	1.553	1.552
	Velocidad	m/s	2.098	2.566	8.088	8.064
	Profundidad promedio	m	0.312	0.322	0.387	0.387

Tipo	Variable	Unid	41	42	43	44
			Río Sapuyes aguas arriba	Río Sapuyes aguas abajo	Río Guáitara 2	Río Guáitara 3
	Profundidad máxima	m	0.471	0.486	0.580	0.580
	Ancho superficial	m	3.133	3.266	4.139	4.137
	Ancho de fondo	m	1.690	1.765	2.255	2.253
	Pendiente lateral izquierda	m/m	2.310	2.328	2.436	2.436
	Pendiente lateral derecha	m/m	2.310	2.328	2.436	2.436
	Pendiente longitudinal	m/m	0.029	0.029	0.030	0.030
	Longitud de mezcla	m	561.845	723.474	3052.146	3040.707
Climatológicas	Precipitación periodo húmedo	mm/mes	108.914	108.914	108.914	108.914
	Precipitación periodo seco	mm/mes	36.714	36.714	36.714	36.714
	Temperatura media periodo húmedo	°C	13.900	13.900	13.900	13.900
	Temperatura media periodo seco	°C	13.300	13.300	13.300	13.300
	Humedad relativa periodo húmedo	%	80.750	80.750	80.750	80.750
	Humedad relativa periodo seco	%	77.250	77.250	77.250	77.250
	Nubosidad relativa periodo húmedo	Octas	5.250	5.250	5.250	5.250
	Nubosidad relativa periodo seco	Octas	4.750	4.750	4.750	4.750
	Velocidad del viento periodo húmedo	m/s	2.380	2.380	2.380	2.380
	Velocidad del viento periodo seco	m/s	3.260	3.260	3.260	3.260

Fuente: Consorcio SH.

5.1.6.1.11 **Resultados y análisis de resultados**

- **Resultados**

Los resultados de simulación para 44 puntos de monitoreo en 18 fuentes de agua superficiales ubicados en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal se exponen a continuación. Se presentan registros de cinco sitios de monitoreo correspondientes a más de dos corrientes superficiales, aguas arriba y aguas abajo de un sitio de interés especial para el proyecto vial. En las últimas columnas se exponen los criterios de calidad según artículos 38, 39 y 40 de la Resolución 1594 de 1984.

En la **Tabla 5-107** los resultados de simulación de calidad de agua para Quebrada NN 3 aguas arriba, río Guáitara, río Boquerón aguas arriba, río Boquerón aguas abajo, Quebrada Yamurayán aguas arriba. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (feclaes), fenoles totales, mercurio, nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), Cinc.

Los cuerpos de agua Quebrada NN 3 aguas arriba, río Guáitara, río Boquerón aguas arriba, río Boquerón aguas abajo, Quebrada Yamurayán aguas arriba no cumplen con los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico, por lo que para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-107**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (20 mg/L) para para consumo humano y doméstico, la Quebrada NN 3 aguas arriba supera inclusive los valores de 75 mg/m^3 requerido de esta manera tratamiento convencional.

El contenido de coliformes totales en Quebrada NN 3 aguas arriba, río Guáitara, río Boquerón aguas arriba, río Boquerón aguas abajo, Quebrada Yamurayán aguas arriba (**Tabla 5-107**) es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), pero se pueden emplear para uso agrícola (< 5000 NMP/100 mL).

La presencia de partículas suspendidas y disueltas en el agua, determinados como turbiedad son aceptables (< 190 mg/L) en río Guáitara, río Boquerón aguas arriba, río Boquerón aguas abajo, Quebrada Yamurayán aguas arriba, y para su potabilización se requiere sólo desinfección (**Tabla 5-107**), sin embargo, la Quebrada NN 3 aguas arriba, no cumple en este requerimiento.

Tabla 5-107 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (1/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada NN 3 aguas arriba	Río Guáitara	Río Boquerón aguas arriba	Río Boquerón aguas abajo	Quebrada Yamurayán aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	15.1	14.7	14.7	15.5	14.7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.2	8.0	7.8	7.8	6.5	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTR	µS/cm	285	155	165	195	190	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	120	83	102	112	71	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.353	0.096	0.198	0.396	0.046	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	3.192	6.205	6.918	6.879	0.539	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	11.705	8.129	9.985	10.929	7.048	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	104.0	57.0	81.4	93.8	42.8	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.599	0.600	0.600	0.600	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	104.0	57.0	81.4	93.8	42.8	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	24.2	15.3	13.8	13.8	16.8	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	4.2	1.8	1.9	2.0	1.6	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	28	8	13	15	24	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100 mL	647	727	14	10	85	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	11786	13016	2065	2008	3149	20000	1000	5000

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada NN 3 aguas arriba	Río Guáitara	Río Boquerón aguas arriba	Río Boquerón aguas abajo	Quebrada Yamurayán aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
COLOR VERDADERO	UPC	131.2	35.8	29.2	26.9	50.7	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	10.9	4.7	4.9	4.9	4.3	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	19.9	18.9	19.8	19.7	17.2	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L $CaCO_3$	62.1	39.4	37.2	35.0	43.9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L $CaCO_3$	88.8	56.3	53.2	50.0	62.8	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO_4-3	0.096	0.094	0.099	0.098	0.094	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.091	0.105	0.101	0.102	0.237	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.096	0.094	0.099	0.098	0.094	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.187	0.199	0.200	0.200	0.331	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.400	1.398	1.400	1.399	1.399	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.400	1.398	1.400	1.399	1.399	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.198	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	5.998	3.915	3.599	3.199	4.318	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO_3	1.5	1.2	1.3	1.0	5.2	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO_2	0.003	0.004	0.003	0.004	0.008	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.7	1.2	1.1	1.1	2.1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.2	2.7	2.9	2.9	1.7	N.E.	N.E.	N.E.

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada NN 3 aguas arriba	Río Guáitara	Río Boquerón aguas arriba	Río Boquerón aguas abajo	Quebrada Yamurayán aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	1.180	0.327	1.610	1.080	0.528	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	28.4	10.3	16.4	27.2	17.2	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	358.2	45.0	271.6	303.4	19.5	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	381.1	91.9	308.4	314.3	74.4	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	6.1	5.0	5.3	5.0	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	348	43	88	135	45	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.1	0.12	0.12	0.12	0.12	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-108** se presentan resultados de simulación de calidad de agua para Quebrada Yamurayán aguas abajo, Quebrada San Francisco aguas arriba, Quebrada San Francisco aguas abajo, Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba, Quebrada Honda aguas arriba. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), fenoles totales, nitratos, nitritos, plata, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), Cinc.

Los cuerpos de agua Quebrada Yamurayán aguas abajo, Quebrada San Francisco aguas arriba, Quebrada San Francisco aguas abajo, Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba, Quebrada Honda aguas arriba no cumplen con los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico que indican que para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-108**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (20 mg/L) para consumo humano y doméstico.

El contenido de coliformes totales en Quebrada Yamurayán aguas abajo, Quebrada San Francisco aguas arriba, Quebrada San Francisco aguas abajo, Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba, Quebrada Honda aguas arriba (**Tabla 5-108**) es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), pero se pueden emplear para uso agrícola (< 5000 NMP/100 mL) sin tratamiento alguno.

Hay presencia de mercurio en Quebrada San Francisco aguas arriba y Quebrada San Francisco aguas abajo, superando los criterios de calidad para consumo humano con tratamiento convencional y desinfección (> 0.002 mg/L). Las otras tres fuentes de agua cumplen con el criterio de calidad (**Tabla 5-108**).

De igual manera, se observa en la Quebrada Honda aguas arriba presencia de Plomo en niveles superiores a los criterios de calidad recomendados para consumo humano con tratamiento convencional y desinfección (> 0.05 mg/L). Las otras cuatro fuentes de agua cumplen con el criterio de calidad (**Tabla 5-108**).

Tabla 5-108 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (2/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada Yamurayán aguas abajo	Quebrada San Francisco aguas arriba	Quebrada San Francisco aguas abajo	Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	Quebrada Honda aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	15.9	14.8	16.3	16.5	16.7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.5	6.3	6.4	7.8	7.8	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	190	180	220	205	185	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	76	72	71	77	91	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.047	0.062	0.062	0.067	0.075	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	3.923	0.894	0.738	4.078	4.409	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	7.497	7.078	7.048	7.565	8.920	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	48.7	43.2	42.8	49.6	67.4	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	48.7	43.2	42.8	49.6	67.4	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	16.9	14.8	15.7	15.2	11.8	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	24	20	24	13	13	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100mL	159	170	147	279	290	2000	N.E.	1000

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada Yamurayán aguas abajo	Quebrada San Francisco aguas arriba	Quebrada San Francisco aguas abajo	Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	Quebrada Honda aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	4291	4460	4112	6141	6307	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	60.2	52.5	56.40	40.7	45.6	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	4.2	4.5	4.5	4.6	4.7	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	16.9	18.1	18.1	18.3	18.8	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	43.9	38.4	40.3	39.5	31.9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	62.8	54.8	57.6	56.4	45.6	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0.093	0.096	0.096	0.096	0.097	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.085	0.178	0.240	0.093	0.095	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.093	0.096	0.096	0.096	0.097	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.177	0.274	0.336	0.189	0.192	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.399	1.400	1.399	1.399	1.399	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.399	1.400	1.399	1.399	1.399	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.208	0.211	0.321	0.181	0.194	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	4.197	3.709	3.809	3.868	3.039	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.050	0.050	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO3	1.2	4.7	5.4	1.0	1.0	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0.011	0.008	0.007	0.011	0.010	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	2.1	1.7	1.7	1.6	1.5	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	1.7	2.2	2.2	2.3	2.4	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.500	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	0.632	0.854	0.932	0.722	0.709	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	12.3	16.4	19.9	8.1	7.2	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	22.3	49.4	33.0	9.1	9.8	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	88.1	120.4	116.1	71.3	157.2	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	44	69	49	9	5	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.1	0.12	0.12	0.12	0.12	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-109** se presentan resultados de simulación de calidad de agua de Quebrada Honda aguas abajo, Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba, Quebrada Culantro aguas arriba, Quebrada Culantro aguas abajo, Quebrada La Cueva aguas arriba, artículos 38, 39 y 40 Res 1594/1984, para el periodo seco. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos

38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), fenoles totales, mercurio nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), turbiedad, Cinc.

Los cuerpos de agua Quebrada Honda aguas abajo, Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba, Quebrada Culantro aguas arriba, Quebrada Culantro aguas abajo, Quebrada La Cueva aguas arriba no cumplen con los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico, para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-109**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (20 mg/L) para consumo humano y doméstico, con excepción de la Quebrada Culantro aguas arriba, pues tiene valores inferiores a 16.2 mg/L.

El contenido de coliformes totales en Quebrada Culantro aguas abajo (**Tabla 5-109**) es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), pero se pueden emplear para uso agrícola (< 5000 NMP/100 mL).

Tabla 5-109 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (3/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada Honda aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas abajo	Quebrada La Cueva aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	15.3	15.6	14.1	14.6	14.9	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.4	7.2	7.7	7.1	7.2	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	150	140	115	95	100	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	70	55	56	55	56	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.075	0.074	0.079	0.080	0.050	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	3.903	5.010	4.165	4.980	3.452	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	6.919	5.503	5.549	5.511	5.610	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	41.1	22.5	23.1	22.6	23.9	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	41.1	22.5	23.1	22.6	23.9	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	16.9	6.1	8.1	9.1	6.9	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	6.698	6.538	6.638	8.757	5.588	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100 mL	229	225	283	126	267	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	5365	5305	6193	3787	5954	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	21.5	29.3	16.2	48.8	59.3	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	4.7	4.8	4.8	4.8	4.3	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	18.8	19.0	19.0	19.2	17.1	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	43.4	15.9	20.7	23.2	17.9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	61.2	22.8	29.6	33.2	25.6	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0.097	0.097	0.098	0.097	0.094	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.095	0.095	0.096	0.097	0.086	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.097	0.097	0.098	0.097	0.094	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.193	0.192	0.194	0.194	0.181	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.400	1.399	1.400	1.399	1.399	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.400	1.399	1.400	1.399	1.399	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.168	0.178	0.150	0.193	0.178	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	4.069	1.280	1.949	2.049	1.669	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0.952	1.047	0.914	1.053	1.086	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0.009	0.008	0.009	0.008	0.011	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.5	1.5	1.4	1.4	2.0	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.5	2.4	2.6	2.6	1.9	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	0.492	0.305	0.270	0.270	0.291	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	9.7	7.0	4.0	4.2	5.1	N.E.	N.E.	N.E.

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada Honda aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas arriba	Quebrada Culantro aguas abajo	Quebrada La Cueva aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	4.9	6.6	7.7	13.8	10.4	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	45.4	44.2	58.2	65.7	39.1	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	9.7	12.9	4.2	16.6	12.3	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-110** se presentan resultados de simulación de calidad de agua de Quebrada La Cueva aguas abajo, Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba, Quebrada El Manzano aguas arriba, Quebrada El Manzano aguas abajo, Quebrada Brigada aguas arriba, artículos 38, 39 y 40 Res 1594/1984, para el periodo seco. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), fenoles totales, mercurio nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), turbiedad, Cinc.

Los cuerpos de agua de Quebrada La Cueva aguas abajo, Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba, Quebrada El Manzano aguas arriba, Quebrada El Manzano aguas abajo, Quebrada Brigada aguas arriba no cumplen con los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico que indican que para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-110**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (20 mg/L) para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico, con excepción de la Brigada aguas arriba, pues tiene valores inferiores a 5.0 mg/L.

El contenido de coliformes totales (**Tabla 5-110**) en todas estas quebradas es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL) y para su potabilización se requiere sólo desinfección, pero se pueden emplear para uso agrícola (< 5000 NMP/100 mL) sin tratamiento alguno.

Tabla 5-110 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (4/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada La Cueva aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas abajo	Quebrada Brigada aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	15.5	15.6	16.7	14.0	15.0	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.4	7.7	7.9	7.5	7.2	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	90	90	80	75	110	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	54	55	55	55	51	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.071	0.076	0.087	0.095	0.067	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4.672	5.705	4.849	5.837	4.080	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	5.412	5.526	5.488	5.457	5.145	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	21.3	22.8	22.3	21.9	17.8	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	21.3	22.8	22.3	21.9	17.8	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	7.8	5.0	5.1	5.3	6.3	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	1.8	1.8	1.9	1.9	1.7	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	8.757	5.078	5.438	5.289	7.447	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100mL	79	152	138	118	133	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	3064	4184	3971	3656	3895	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	34.7	47.9	40.3	49.7	5.0	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	4.7	4.8	4.9	4.9	4.6	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	18.8	19.1	19.4	19.8	18.4	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	20.4	13.3	13.4	14.2	17.1	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	29.2	19.0	19.2	20.3	24.4	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0.097	0.097	0.098	0.099	0.096	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.094	0.096	0.098	0.100	0.093	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.097	0.097	0.098	0.099	0.096	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.191	0.192	0.196	0.199	0.189	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.400	1.399	1.400	1.400	1.399	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.400	1.399	1.400	1.400	1.399	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.204	0.150	0.211	0.150	0.307	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	1.949	1.100	1.110	1.090	1.210	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0.958	1.026	1.101	1.097	0.815	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0.009	0.010	0.003	0.012	0.003	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.5	1.4	1.2	1.1	1.6	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.4	2.5	2.7	2.9	2.3	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	0.270	0.322	0.270	0.322	0.270	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	4.6	7.8	7.8	6.3	5.3	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	11.1	6.7	48.5	7.7	8.3	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	57.3	45.1	86.1	50.3	48.6	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0,5	0,5	N.E.

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada La Cueva aguas abajo	Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas arriba	Quebrada El Manzano aguas abajo	Quebrada Brigada aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TURBIEDAD	NTU	18.5	11.6	40.8	13.9	9.6	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-111** se presentan resultados de simulación de calidad de agua de Quebrada Humeadora aguas abajo, Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba, Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo, Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba, Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo, artículos 38, 39 y 40 Res 1594/1984, para el periodo seco. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), fenoles totales, mercurio nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), turbiedad, Cinc.

Los cuerpos de agua de Quebrada Humeadora aguas abajo, Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba, Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo, Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba, Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo no cumplen con los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico, para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-111**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (20 mg/L) para consumo humano y doméstico.

El contenido de coliformes totales (**Tabla 5-111**) en todas estas quebradas es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), para su potabilización se requiere sólo desinfección. Sin embargo, la Quebrada Humeadora aguas abajo se puede emplear para uso agrícola (<5000 NMP/100 mL), con excepción de Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba, Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo, Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba, Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo.

Tabla 5-111 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (5/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada Humeadora aguas abajo	Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	15.1	16.6	19.6	16.6	16.4	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.3	7.1	8.1	7.3	7.2	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	120	445	225	110	135	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	60	68	80	63	62	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.098	0.080	0.073	0.099	0.099	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	4.971	4.074	6.136	5.274	5.176	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	5.975	6.698	7.893	6.287	6.173	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	28.7	38.2	53.9	32.8	31.3	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	28.7	38.2	53.9	32.8	31.3	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	10.2	32.1	22.4	7.2	7.8	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	12.699	49.085	27.088	8.809	8.259	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100 mL	147	210	462	447	555	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	4113	5069	8948	8711	10378	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	32.2	49.5	66.2	51.0	57.6	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	5.0	4.8	4.7	5.0	5.0	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	19.9	19.1	18.9	19.9	19.9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	26.9	88.9	56.8	19.0	19.9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	38.4	125.2	80.0	27.2	28.4	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0.099	0.098	0.096	0.099	0.099	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.100	0.097	0.094	0.100	0.100	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.099	0.098	0.096	0.099	0.099	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.199	0.194	0.190	0.200	0.200	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.400	1.400	1.399	1.400	1.400	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.400	1.400	1.399	1.400	1.400	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.199	0.918	0.187	0.324	0.303	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	2.300	7.918	5.008	1.980	1.920	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO3	0.901	1.113	1.181	1.059	0.975	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0.009	0.017	0.013	0.011	0.009	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.1	1.4	1.5	1.0	1.0	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.9	2.6	2.4	3.0	3.0	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	0.302	0.270	0.723	0.512	0.428	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	5.8	5.4	9.8	10.1	9.0	N.E.	N.E.	N.E.

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada Humeadora aguas abajo	Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	21.7	37.2	14.3	23.8	21.8	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	88.7	214.3	120.9	79.3	95.1	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	19.3	28.4	20.3	21.5	25.7	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-112** se presentan resultados de simulación de calidad de agua de Quebrada El Tablón aguas abajo, Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo, Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba, Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba, Quebrada San Francisco 2 aguas arriba, artículos 38, 39 y 40 Res 1594/1984, para el periodo seco. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), fenoles totales, mercurio nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), turbiedad, Cinc.

Los cuerpos de agua Quebrada El Tablón aguas abajo, Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo, Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba, Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba, Quebrada San Francisco 2 aguas arriba incumplen los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico, para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-112**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (75 mg/L), así es que para consumo humano y doméstico también requiere de tratamiento convencional.

El contenido de coliformes totales en estas quebradas (**Tabla 5-112**) es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), para su potabilización se requiere sólo desinfección. Sin embargo, la Quebrada El Tablón aguas abajo se puede emplear para uso agrícola (< 5000 NMP/100 mL) sin tratamiento alguno, con excepción de Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo, Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba, Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba, Quebrada San Francisco 2 aguas arriba.

Tabla 5-112 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (6/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada El Tablón aguas abajo	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	17.6	17.2	16.8	17.8	18.7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.5	7.1	7.6	7.5	7.7	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	155	165	175	145	125	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	70	76	67	80	69	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.097	0.100	0.099	0.098	0.098	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	5.262	5.090	4.687	4.478	6.488	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	6.941	7.482	6.614	7.847	6.820	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	41.4	48.5	37.1	53.3	39.8	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.05	0.05	0.1

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada El Tablón aguas abajo	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
BARIO	mg/L	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	41.4	48.5	37.1	53.3	39.8	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	9.7	12.4	9.1	11.7	11.2	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	1.9	1.9	1.9	1.9	5.6	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	8.709	13.199	6.439	9.999	21.797	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100ml	168	227	289	363	304	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	4436	5332	6283	7420	6521	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	272.2	107.5	81.7	90.5	101.6	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	5.0	5.0	5.0	5.0	14.9	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	19.8	19.9	19.9	19.9	24.8	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	24.6	89.6	23.8	31.1	34.3	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	35.2	128.0	34.0	44.4	48.4	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0.099	0.100	0.099	0.099	0.101	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.100	0.100	0.101	0.100	0.100	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.099	0.100	0.099	0.099	0.101	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.199	0.200	0.200	0.200	0.201	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.411	0.399	0.372	0.389	1.080	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	2.200	3.250	2.310	2.970	3.100	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO3	1.446	1.251	1.122	1.139	1.886	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0.031	0.016	0.011	0.016	0.030	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.9	3.0	3.0	2.9	2.9	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	0.957	0.957	0.738	0.270	1.740	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	7.6	14.1	10.4	14.1	13.5	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	90.4	75.8	40.8	58.4	47.4	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	150.3	151.6	93.6	134.5	134.2	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	400	400	N.E.

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada El Tablón aguas abajo	Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba	Quebrada San Francisco 2 aguas arriba	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	109.0	45.9	35.9	67.7	50.8	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-113** se presentan resultados de simulación de calidad de agua de Quebrada San Francisco 2 aguas abajo, Quebrada El Macal aguas arriba, Quebrada El Macal aguas abajo, Quebrada Saraconcha aguas arriba, Quebrada Saraconcha aguas abajo, artículos 38, 39 y 40 Res 1594/1984, para el periodo seco. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), fenoles totales, mercurio nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos (SAAM), turbiedad, Cinc.

Los cuerpos de agua Quebrada San Francisco 2 aguas abajo, Quebrada El Macal aguas arriba, Quebrada El Macal aguas abajo, Quebrada Saraconcha aguas arriba, Quebrada Saraconcha aguas abajo incumplen los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico, para su potabilización se requiere tratamiento convencional (**Tabla 5-113**), así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L. Tampoco cumplen en color verdadero al superar los valores admisibles (75 mg/L), así es que para consumo humano y doméstico requiere de tratamiento convencional.

El contenido de coliformes totales en estas quebradas (**Tabla 5-113**) es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), para su potabilización requiere sólo desinfección. Adicionalmente, tampoco se puede emplear para uso agrícola (> 5000 NMP/100 mL) sin tratamiento alguno.

Tabla 5-113 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (7/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	Quebrada El Macal aguas arriba	Quebrada El Macal aguas abajo	Quebrada Saraconcha aguas arriba	Quebrada Saraconcha aguas abajo	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	19.2	16.9	18.6	20.5	21.7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.8	7.1	7.6	7.9	7.7	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	145	64	100	130	140	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	74	59	68	78	82	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.098	0.099	0.099	0.093	0.093	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	6.7	7.2	6.3	7.6	7.2	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	7.284	5.838	6.7	7.6	8.0	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	45.9	26.9	38.4	50.7	55.6	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0	0	0	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.600	1	1	1	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	45.9	26.9	38.4	50.7	55.6	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	12.3	5.2	9.119	12.797	13.296	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	4.9	1.9	4.9	1.9	1.9	N.E.	N.E.	N.E.

DETERMINANTE	UNIDADES	Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	Quebrada El Macal aguas arriba	Quebrada El Macal aguas abajo	Quebrada Saraconcha aguas arriba	Quebrada Saraconcha aguas abajo	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
CLORUROS	mg/L Cl-	30.0	4.0	6.7	6.1	6.9	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100mL	243	585	257.5	403.9	260.5	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	5580	10829	5805	8053	5851	20000	1000	5000
COLOR VERDADERO	UPC	237.2	160.9	67.703	196.8	185.3	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	12.9	5.0	12.942	4.917	4.917	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	21.8	19.9	22.8	19.6	19.6	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	38.3	14.0	25	33	35	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	54.0	20.1	35	47	49	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.002	0.002	0.0	0.0	0.0	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-PO4-3	0.099	0.100	0.100	0.098	0.098	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0.100	0.100	0.1	0.1	0.1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	0.099	0.100	0.1	0.1	0.1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	0.200	0.200	0.2	0.2	0.2	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	1.400	1.400	1.4	1.4	1.4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.192	0.851	0.169	0.725	0.532	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	3.500	1.280	2.270	3.149	3.209	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-NO3	1.768	1.630	1.830	1.561	1.522	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-NO2	0.020	0.032	0.027	0.023	0.021	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.0	1.0	1.022	1.146	1.139	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.9	3.0	2.974	2.827	2.835	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	1.240	0.270	1.120	1.320	1.510	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	15.0	6.1	11.2	9.1	9.7	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	35.6	105.3	35.9	93.4	77.5	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	144.5	141.1	95.6	158.2	149.2	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	46.8	144.0	46.8	110.9	81.5	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.120	0.120	0.1	0.1	0.1	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-114** se presentan resultados de simulación de calidad de agua de río Sapuyes aguas arriba, río Sapuyes aguas abajo, río Guáitara 2, río Guáitara 3, artículos 38, 39 y 40 Res 1594/1984, para el periodo

seco. Se observa que cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia, 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), mercurio nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, turbiedad, Cinc.

Todos los cuerpos de agua de la **Tabla 5-114** cumplen con el criterio de calidad para fenoles totales (mínimo 0.002 mg/mL) para para consumo humano y doméstico, y para su potabilización se requiere tratamiento convencional, con excepción del río Sapuyes aguas arriba (0.037 mg/mL) al superar el valor mínimo estipulado.

Todos los cuerpos de agua de la **Tabla 5-114** cumplen con el criterio de calidad para tensoactivos (SAAM) establecido en 0.50 mg/mL para para consumo humano y doméstico, para potabilización se requiere tratamiento convencional, con excepción del río Sapuyes aguas abajo (1.040 mg/mL), al superar el valor mínimo estipulado.

Los cuerpos de agua río Sapuyes aguas arriba, río Sapuyes aguas abajo, río Guáitara 2, río Guáitara 3 incumplen los criterios de calidad en cromo total para para consumo humano y doméstico (**Tabla 5-114**), para su potabilización se requiere tratamiento convencional, así mismo, incumple las condiciones para uso agrícola y pecuario, por ser superiores a 0.05 mg/L.

Los cuerpos de agua río Guáitara 2, río Guáitara 3 cumplen los criterios de calidad en color verdadero (20 unidades) para para consumo humano y doméstico realizando solo desinfección (**Tabla 5-114**). Por el contrario las fuentes río Sapuyes aguas arriba, río Sapuyes aguas abajo no cumplen con esta norma.

El contenido de coliformes totales en estas quebradas (**Tabla 5-114**) es superior al valor límite establecido para consumo humano y doméstico (> 1000 NMP/100 mL), para su potabilización se requiere sólo desinfección. Adicionalmente, tampoco se puede emplear para uso agrícola (> 5000 NMP/100 mL) sin tratamiento alguno.

Tabla 5-114 Determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos simulados con QUAL2K para el periodo seco (8/8).

DETERMINANTE	UNIDADES	Río Sapuyes aguas arriba	Río Sapuyes aguas abajo	Río Guáitara 2	Río Guáitara 3	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
TEMPERATURA	°C	18.2	15.7	17.1	18.7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7.2	7.6	7.3	7.7	5-9	6.5-8.5	4.5-9.0
CONDUCTIVIDAD ELECTRI	µS/cm	180	140	180	80	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS D. TOTALES	mg/L	62	56	63	58	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	0.593	0.296	0.289	0.289	N.E.	N.E.	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O2	6.205	6.941	5.600	5.189	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L $CaCO_3$	6.188	5.610	6.3	5.8	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L $CaCO_3$	31.5	23.9	32.9	26.0	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0.010	0.010	0	0	0.05	0.05	0.1
BARIO	mg/L	0.600	0.600	1	1	1	1	N.E.
BICARBONATOS	mg/L $CaCO_3$	31.5	23.9	32.9	26.0	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.02	0.03
CALCIO	mg/L	11.8	10.4	8.1	7.1	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg/L	7.6	6.4	5.4	6.1	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	8.7	8.5	5.0	4.0	250	250	N.E.
COBRE	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	1	1	0.2
COLIFORMES (FECALES)	NMP/100 ml	667	777	718	890	2000	N.E.	1000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	12092	13784	12873	15522	20000	1000	5000

DETERMINANTE	UNIDADES	Río Sapuyes aguas arriba	Río Sapuyes aguas abajo	Río Guáitara 2	Río Guáitara 3	ART38 Res 1594/84	ART39 Res 1594/84	ART40 Res 1594/84
COLOR VERDADERO	UPC	49.1	70.2	12.1	16.1	75	20	N.E.
CROMO TOTAL	mg/L	0.110	0.110	0.11	0.11	0.05	0.05	0.1
DBO5	mg/L O2	19.7	16.7	14.1	16.0	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	30.6	26.5	22.6	27.3	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L	31.6	27.7	22	19	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L	45.2	39.6	31	29	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	0.037	0.002	0.0	0.0	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L P-	3.201	1.919	0.683	0.093	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	3.141	1.875	0.6	0.1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L	3.201	1.919	0.7	0.1	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg/L	6.342	3.794	1.2	0.2	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	10.896	3.449	1.4	1.4	S.P.V	S.P.V	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	1.599	1.400	1.398	1.398	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	0.722	0.512	0.566	0.844	N.E.	N.E.	5
MAGN.E.SIO	mg/L	2.969	2.399	1.927	1.997	N.E.	N.E.	N.E.
MANGAN.E.SO	mg/L	0.120	0.120	0.120	0.120	N.E.	N.E.	0.2
MERCURIO	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	N.E.
NIQUEL	mg/L	0.150	0.150	0.150	0.150	N.E.	N.E.	0.2
NITRATOS	mg/L N-	5.6	8.6	3.4	2.9	10	10	N.E.
NITRITOS	mg/L N-	0.040	0.050	0.020	0.088	1	1	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	1.343	1.318	1.255	1.278	N.E.	N.E.	N.E.
NITROGENO TOTAL	mg/L N	2.925	2.919	2.699	2.672	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	N.E.
PLOMO	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05	0.05	5
POTASIO	mg/L	0.711	0.604	0.756	2.665	N.E.	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	0.01	0.02
SODIO	mg/L	12.1	12.7	11.8	6.1	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS S. TOTALES	mg/L	474.7	261.8	276.2	213.5	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	576.0	359.0	346.7	264.4	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L S04-2	5.0	5.0	5.0	5.0	400	400	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg/L LAS	0.320	1.040	0.240	0.240	0,5	0,5	N.E.
TURBIEDAD	NTU	111.0	130.0	56.3	139.8	N.E.	190	N.E.
ZINC	mg/L	0.120	0.120	0.1	0.1	15	15	2

Fuente: Consorcio SH.

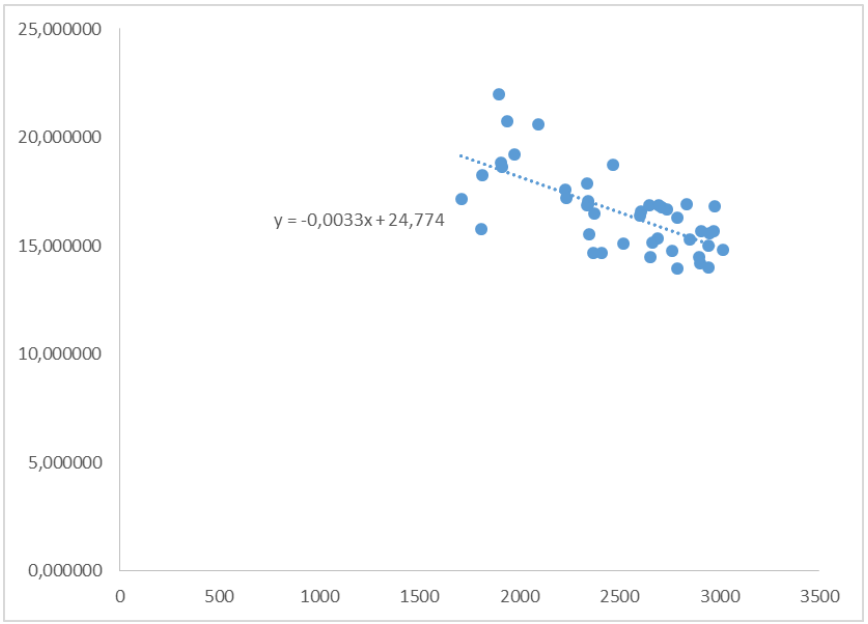
- **Analisis de resultados**

  - **Temperatura**

La temperatura es una propiedad física que tiene un impacto directo en las características biocinéticas de los determinantes asociados al comportamiento de los microorganismos deseables e indeseables en los cuerpos de agua. A su vez, juega un papel importante en la retención de oxígeno en el agua, la regeneración de oxígeno, la interface agua-aire en la capa límite, y en general en las reacciones que tiene

presente en la autodepuración de los cuerpos de agua. Para la modelación se registran las temperaturas de monitoreo de marzo de 2017, los cuales oscilan entre 13.9 a 21.7 grados Celsius (**Figura 5.94**). Estos valores guardan una estrecha relación a la altitud de la estación o sitio de monitoreo, situación que es normal inclusive para la temperatura ambiente. El comportamiento de la temperatura se puede explicar con la ecuación T = -0.0033 (Altitud) + 24.7

Figura 5.94 Comportamiento de la temperatura en las estaciones de monitoreo de calidad del agua con la altura.



Fuente: Consorcio SH.

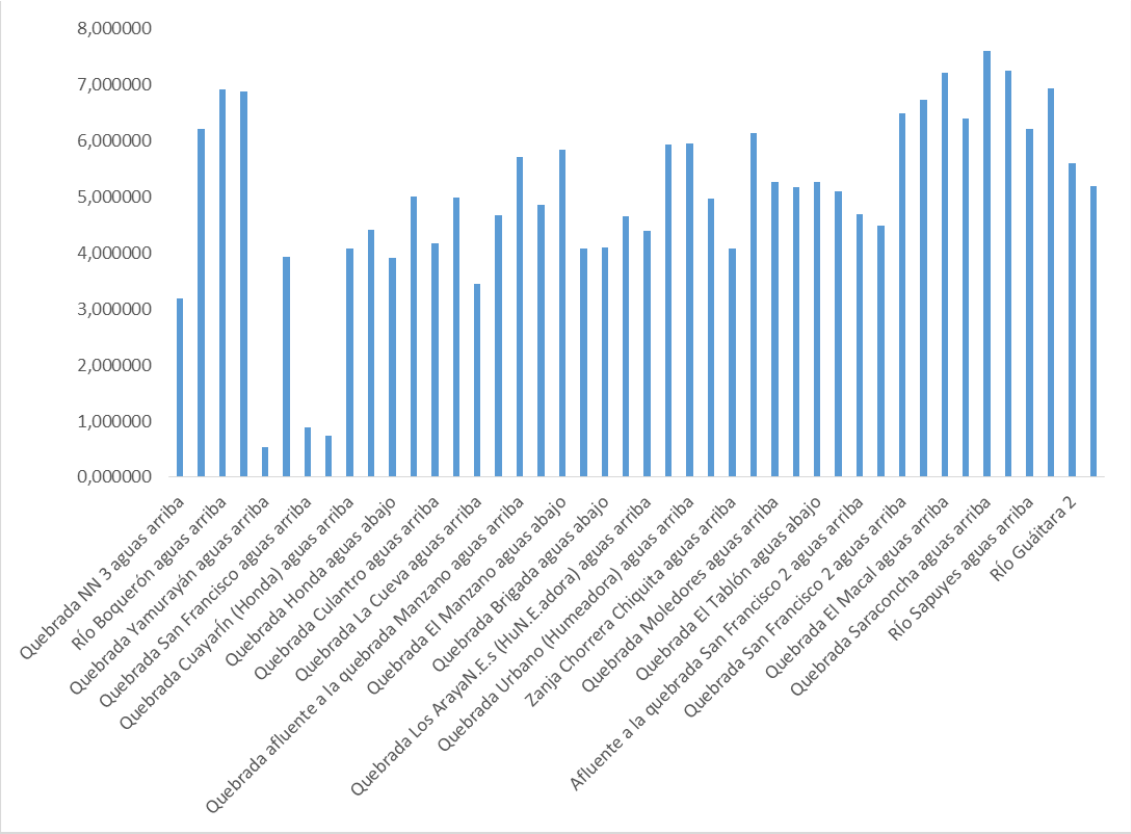
- **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto presentó diferencias entre las estaciones que van desde 0.54 mg/L hasta 7.6 mg/L (**Figura 5.95**). Siendo en general los oxígenos altos, exceptuando por la quebrada San Francisco tanto aguas arriba como aguas abajo y la quebrada Yamurayan aguas arriba, que presentaron 0.89 mg/L, 0.74 mg/L y 0.54 mg/L, respectivamente.

Los demás puntos de monitoreo presentaron oxígenos mayores, debido principalmente a la magnitud del flujo, que permite aireación mecánica considerable.

El oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la temperatura, pues a mayor temperatura el oxígeno disuelto se escapa con mayor facilidad en el cuerpo de agua, fenómeno que no fue tan evidente en las estaciones de monitoreo, esto debido a que la temperatura en estas cambia rápidamente según la hora de monitoreo, entre el día y la noche, lo que hace que este fenómeno no se pueda apreciar.

Figura 5.95 Comportamiento del oxígeno disuelto modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua

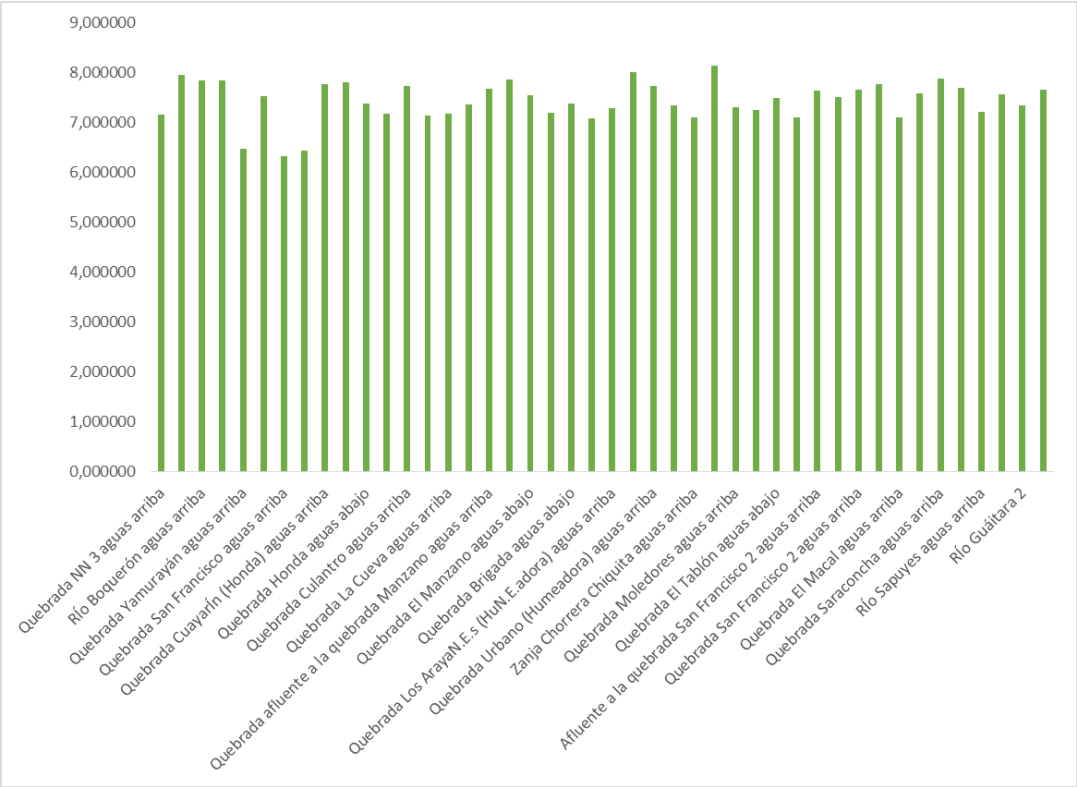


Fuente: Consorcio SH.

- **pH**

Los valores de pH en las estaciones monitoreadas oscilaron entre 6.3 unidades y 8.1 unidades (**Figura 5.96**). Los únicos sitios de monitoreo que reportan entre 6.5 a 8.5 unidades, son: rio Boquerón aguas arriba, rio Boquerón aguas abajo, Quebrada San Francisco 2 aguas abajo, Quebrada El Macal aguas arriba, Quebrada Saraconcha aguas arriba, Quebrada Saraconcha aguas abajo, rio Sapuyes aguas abajo. Estos cuerpos de agua se pueden utilizar para consumo humano tratamiento convencional (según el art. 39 del decreto 1594/84). Las demás cuerpos de agua reportan valores por debajo de 6.5 o por encima de 8.5 unidades.

Figura 5.96 Comportamiento del pH modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua



Fuente: Consorcio SH.

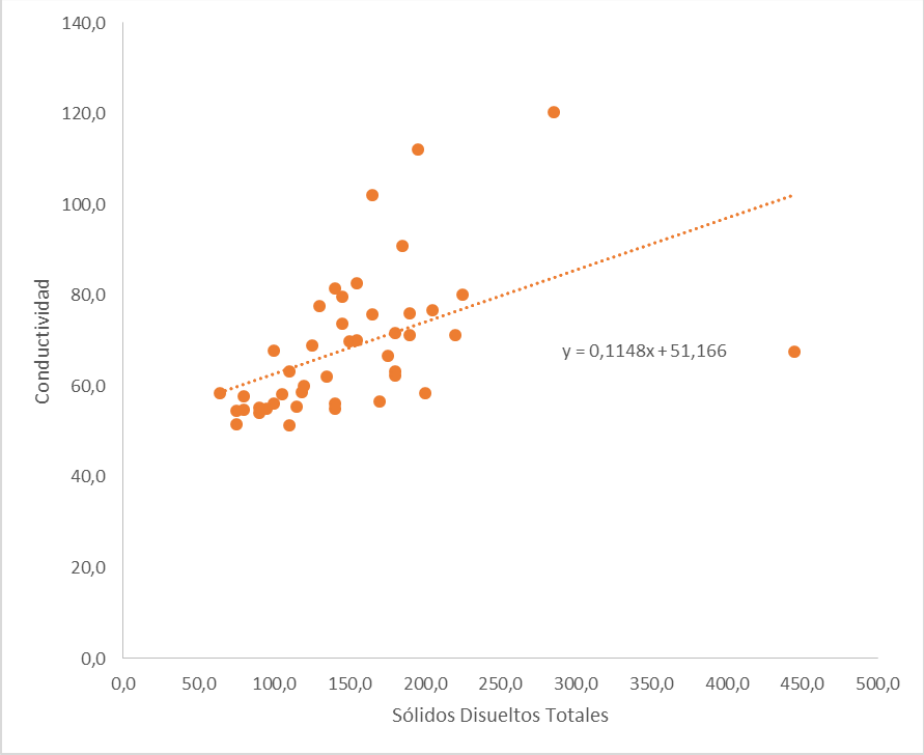
- **Conductividad y Sólidos Disueltos**

La conductividad, es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental. Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos (ej. aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores. Por el contrario, moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas (ej. aceites, fenoles, alcoholes y azúcares) son pobres conductores de una corriente eléctrica.

Se encuentra estrechamente relacionada con los sólidos disueltos totales que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. Es así como la conductividad mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura, y se expresa como microSiemens por centímetro (µS/cm) (Rorldán y Ramirez, 2008).

Para este monitoreo el valor de conductividad en los cuerpos de agua monitoreados oscilo entre 64 µS/cm y 445 µS/cm, estos resultados indican que en general los cuerpos de agua tienen aportes similares de minerales disueltos, debido a que fluctuaron entre 51.3 mg/L y 120.2 g/L Estas variables no tienen valores especificados en la normatividad, sin embargo, La conductividad del agua potable en los Estados Unidos oscila entre 50 y 1500 µS/cm. Hay una relación directa entre la conductividad eléctrica y solidos disueltos totales en los cuerpos de agua modelados (**Figura 5.97**) representados por la relación funcional Conductividad = 0.1148 (SDT) + 51.166.

Figura 5.97 Comportamiento de la conductividad y su relación con SDT modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

- **Sólidos Suspendidos totales, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Color verdadero y Turbiedad**

Las aguas crudas naturales contienen tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables.

Los sólidos coloidales consisten en limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., los cuales no sedimentan sino después de periodos razonables, y su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica, son invisibles por separado, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos.

Los sólidos suspendidos totales en las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 4.95 mg/L y 474 mg/L. En cuanto a los sólidos sedimentables estos presentaron valores entre 0.59 mg/mL y 5.046 mg/mL, encontrándose los mayores valores en las estaciones donde se presentó la mayor proporción de sólidos suspendidos. Se estima que parte de los sólidos suspendidos corresponden a elementos coloidales causantes de sabor desagradable, afectan la transparencia del agua y afectan los procesos fotosintéticos que realizan las plantas acuáticas.

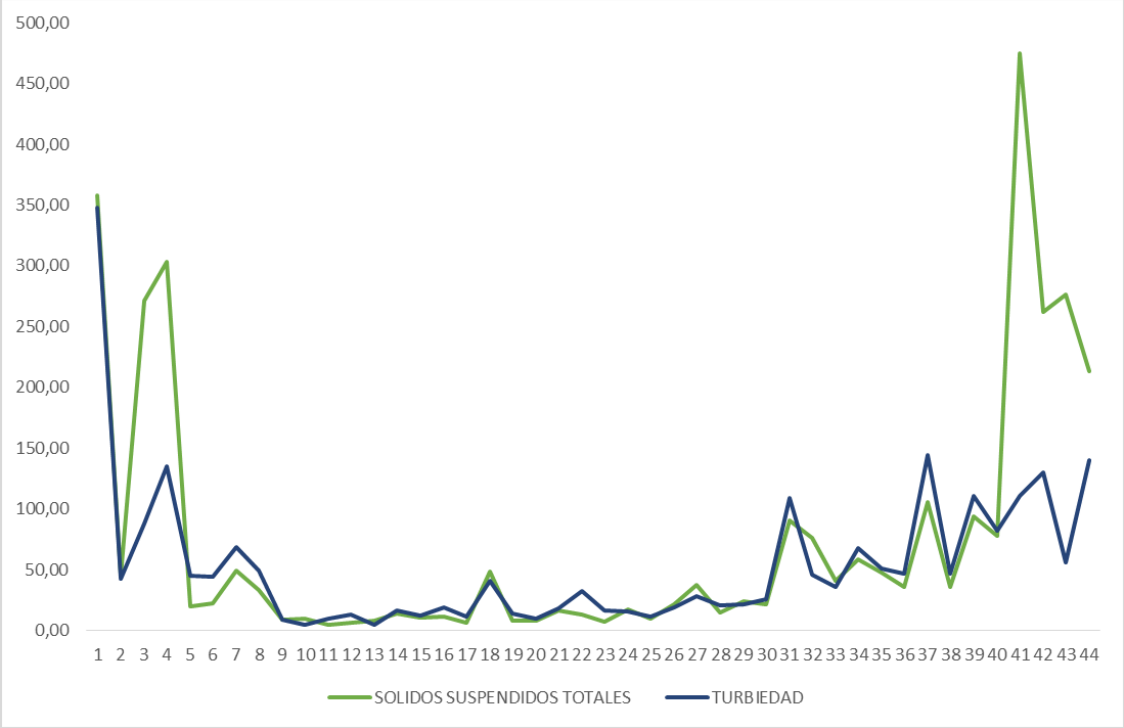
La turbiedad es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea dispersada y no transmitida a través de la suspensión. Este parámetro está relacionado con la presencia de sólidos suspendidos totales, razón por la cual los mayores valores de turbidez se registraron en las estaciones de mayor capacidad de arrastre de sedimentos, reportándose concentraciones entre 4.2 NTU Y 347 NTU, con la Quebrada NN 3 aguas arriba (347 NTU) el sitio de

muestreo que sobrepasó los 190 NTU (10 UJT) estipulados como límite máximo permisible en el Artículo 39 del Decreto 1594 de 1984, por lo que, la mayoría de estaciones evaluadas se encuentran en cumplimiento con la normatividad ambiental vigente (**Figura 5.98**).

La concentración de sólidos suspendidos totales son altos en las estaciones rio Sapuyes aguas arriba (474 mg/mL), rio Boquerón aguas abajo (303.4 mg/mL), rio Boquerón aguas arriba (291.6 mg/mL), rio Guáitara 2 (276.2 mg/mL), rio Sapuyes aguas abajo (261.8 mg/mL). El Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud de Colombia establece que para agua potable los Sólidos Totales deberán ser inferiores a 500 ppm, sin especificar si son solamente los Sólidos Suspendidos Totales o si incluyen los Sólidos Disueltos Totales.

La **Figura 5.99** muestra el comportamiento relativo de sólidos suspendidos totales, sólidos totales, color verdadero y turbiedad. Se observan valores máximos de color verdadero en quebrada El Tablón aguas abajo (272 UPC), quebrada San Francisco 2 aguas abajo (237 UPC), quebrada Saracocha aguas arriba (196 UPC), quebrada NN3 aguas arriba (131 UP) con respecto al valor promedio (66 UPC). Se puede apreciar una estrecha relación entre sólidos suspendidos totales y sólidos totales, inclusive en los sitios de monitoreo con altas concentraciones, tal es el caso de rio Sapuyes aguas arriba (359 mg/mL SST, 576 mg/mL ST), quebrada NN 3 aguas arriba (358 mg/mL SST, 381 mg/mL ST), rio Boquerón aguas arriba (271 mg/mL SST, 308 mg/mL ST), rio Boquerón aguas abajo (303 mg/mL SST, 314 mg/mL ST). Los estadísticos básicos para la concentración de sólidos suspendidos totales son 75 mg/mL, 474 mg/mL y 5 mg/mL en valor promedio, máximo y mínimo, respectivamente. Los estadísticos básicos para la concentración de sólidos totales son 139 mg/mL, 576 mg/mL y 39 mg/mL en valor promedio, máximo y mínimo, respectivamente.

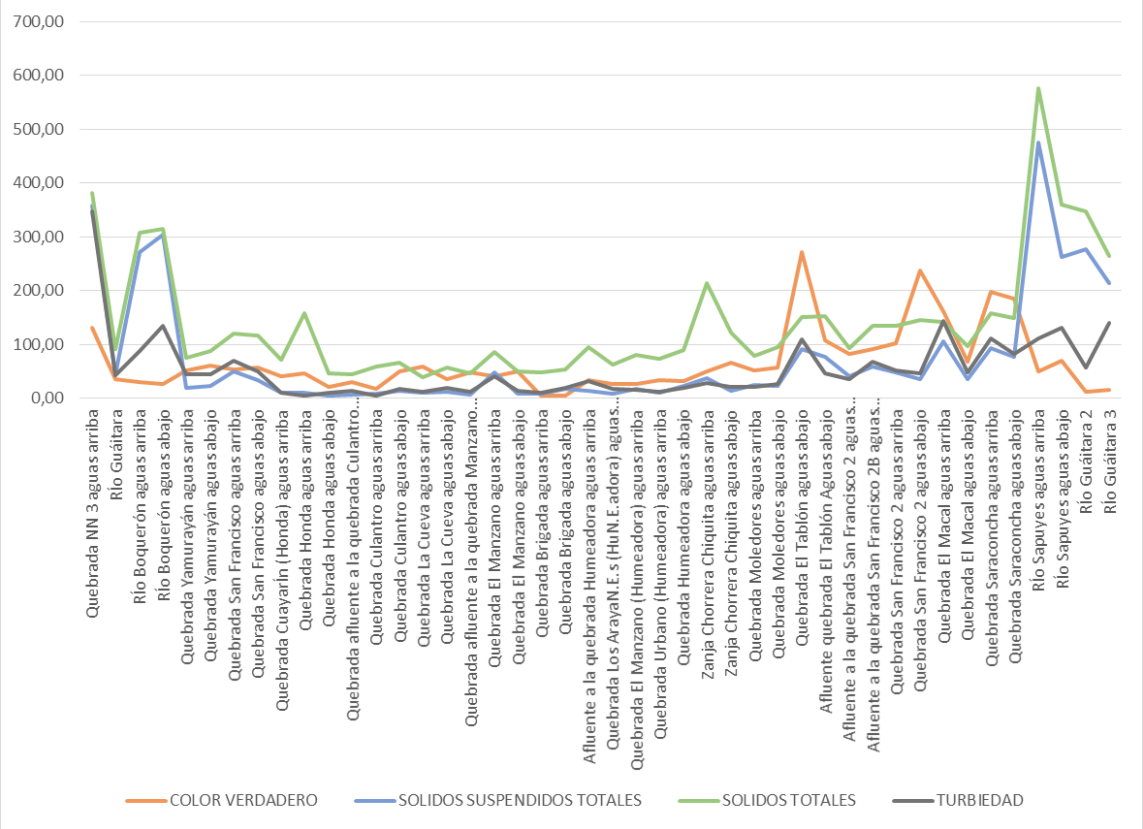
Figura 5.98 Comportamiento de sólidos suspendidos totales y turbiedad modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

Es evidente la presencia de turbiedad (Figura 5.99) en quebrada NN3 aguas arriba (347 NTU), rio Boquerón aguas abajo (135 NTU) y quebrada El Macal aguas arriba (144 NTU). Estos valores coinciden con la presencia de sólidos suspendidos totales y sólidos totales, ya mencionados. En general, se puede afirmar quebrada NN3 aguas arriba, rio Boquerón aguas abajo y quebrada El Macal aguas arriba revelan un contenido alto de sólidos de origen natural a la altura de los sitios de monitoreo. A pesar de esto, el agua se considera apta para consumo humano con tratamiento convencional.

Figura 5.99 Comportamiento de sólidos suspendidos totales, sólidos totales, color verdadero y turbiedad modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

- **Alcalinidad, Acidez, Bicarbonatos y Dureza**

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. El valor medido puede variar significativamente con el pH del punto final utilizado. La alcalinidad es la medida de una propiedad agregada del agua y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra.

La alcalinidad de muchas aguas de superficie depende primordialmente del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suelen tomarse como una indicación de la concentración de estos componentes. Los valores determinados pueden incluir también la contribución de boratos, fosfatos, silicatos y otras bases, cuando se hallen presentes. La alcalinidad por exceso de concentración de metales alcalinotérreos, tiene importancia para la determinación de la aceptabilidad de agua para irrigación. Las determinaciones de alcalinidad se utilizan en la interpretación y control de los procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales. Las aguas residuales domésticas tienen una alcalinidad menor (o sólo ligeramente mayor) que la del suministro.

La dureza, debido a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc.

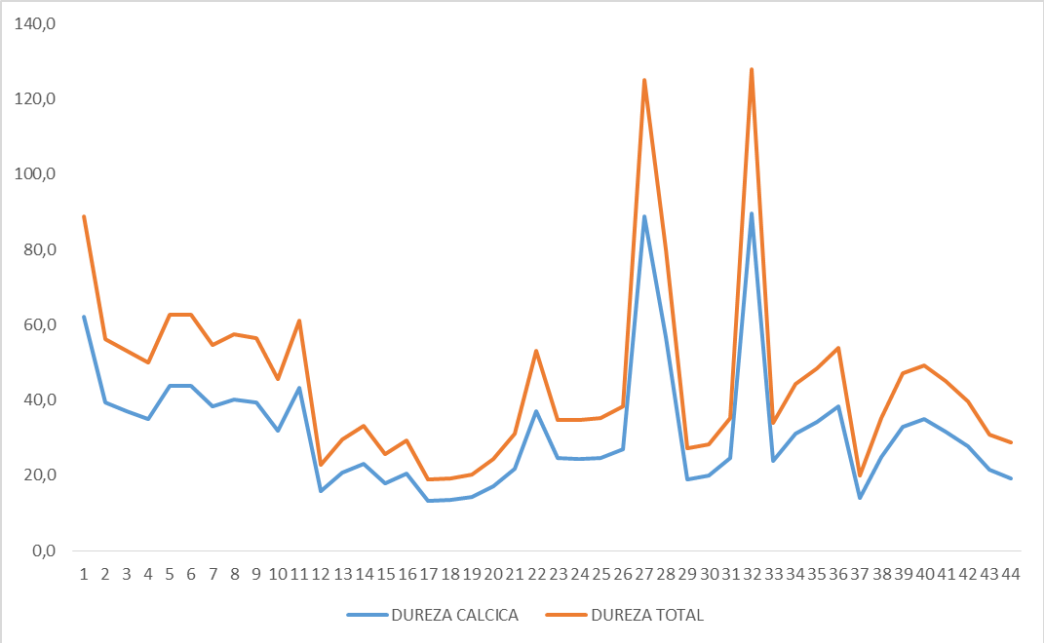
La acidez, se refiere a su capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de PH. Al obtener su medida, se permite cuantificar las sustancias acidas presentes en un cuerpo de aguas o un residuo líquido, con el fin de neutralizar y adecuar el agua para un determinado fin o aplicación, además se toma (la acidez con PH<5). Encontramos por lo general que las fuentes como el CO2 atmosférico, ácidos orgánicos, descomposición de materia vegetal o animal y contenido en ácidos

fúlvicos.

En términos de dureza las aguas pueden clasificarse como aguas blandas (0-75 mg/L CaCO3), moderadamente duras (75-150 mg/L CaCO3), duras (150-300 mg/L CaCO3) y muy dura (mayor a 300 mg/L). La dureza más alta (**Figura 5.100**) se presentan en afluente quebrada El Tablón Aguas abajo (128 4 mg/L CaCO3) y zanja Chorrera Chiquita aguas arriba (125.2 4 mg/L CaCO3). Estos dos cuerpos de agua tienen una dureza moderadamente dura, pero el resto de las corrientes la dureza es blanda.

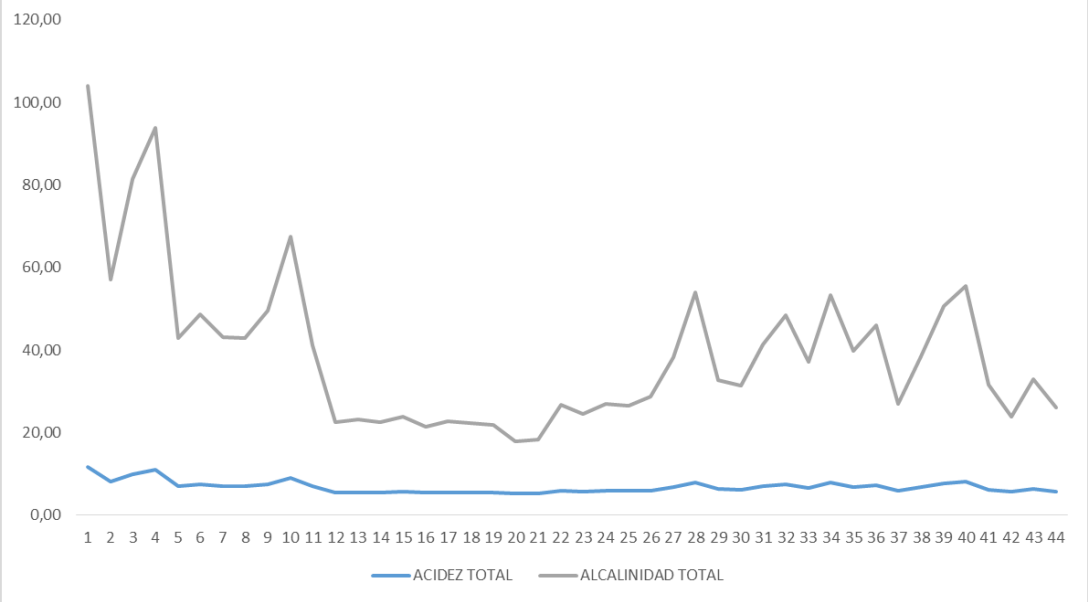
La alcalinidad total (**Figura 5.101**) es relativamente alta en: quebrada NN 3 aguas arriba (104 mg/L CaCO3), rio Boquerón aguas arriba (81.4 mg/L CaCO3), rio Boquerón aguas abajo (93.8 mg/L CaCO3) y quebrada Honda aguas arriba (67.4 mg/L CaCO3), por cuanto se encuentran cerca del valor máximo encontrado (104 mg/L CaCO3). El valor mínimo se registra en quebrada Brigada aguas arriba (17.80 mg/L CaCO3).

Figura 5.100 Comportamiento de dureza cálcica y dureza total modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.101 Comportamiento de acidez total y alcalinidad total modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total**

La Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO, es una de las pruebas más importantes para medir los efectos contaminantes de un agua residual, pero también es un parámetro de importancia en aguas potables. La DBO es definida como la cantidad de oxigeno requerida por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias. Por materia biodegradable se entiende o se interpreta como la materia orgánica que sirve como alimento a los microorganismos y que proporciona energía como resultado de su oxidación.

La concentración de DBO5 es alta en rio Sapuyes aguas arriba (19.7 mg/L O2), rio Guáitara 3 (16.0 mg/L O2), quebrada San Francisco 2 aguas arriba (14.9 mg/L O2), frente al valor promedio de los registros obtenidos en los demás sitios de monitoreo (6.6 mg/L O2). El valor mínimo se obtiene en Quebrada La Cueva aguas arriba (4.3 mg/L O2).

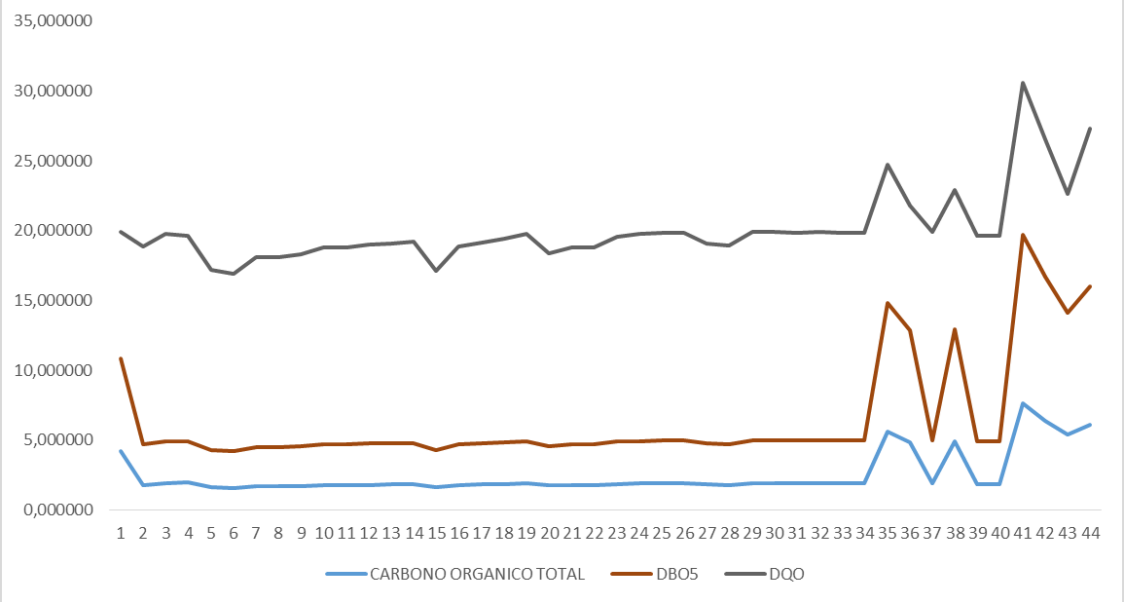
La técnica analítica para determinar el contenido de DQO efectúa la oxidación de materia orgánica utilizando agentes fuertemente oxidantes en un medio ácido. Debido a las condiciones tan drásticas empleadas en la oxidación, prácticamente toda la materia orgánica es oxidada a bióxido de carbono y agua. Substancias que no son fáciles de digerir biológicamente como por ejemplo la lignina, son oxidadas completamente como resultado de los oxidantes empleados y debido a esto los valores de Demanda Química de Oxigeno DQO son siempre mayores a la DBO, en un agua residual específica.

La concentración de DQO es alta en rio Sapuyes aguas arriba (30.6 mg/L O2), rio Guáitara 3 (27.3 mg/L O2), quebrada San Francisco 2 aguas arriba (24.8 mg/L O2), frente al valor promedio de los registros obtenidos en los demás sitios de monitoreo (20.0 mg/L O2). El valor mínimo se obtiene en quebrada Yamurayán aguas abajo (16.9 mg/L O2). Lo anterior nos lleva a concluir que en términos de DQO la calidad del agua de estos cuerpos de agua es “aceptable”, hay indicio de contaminación, pero estas se pueden recuperar de manera natural si no se generan descargas adicionales aguas abajo.

El carbono orgánico total (COT) es un test no específico, es decir, el TOC no determinará qué compuestos concretos están presentes (la mayoría de las muestras son mezclas complejas que contienen miles de compuestos de carbono orgánico diferentes). En lugar de ello, el TOC informará al usuario de la suma de todo el carbono orgánico presente en estos compuestos.

La concentración de carbono orgánico total (COT) es alta en rio Sapuyes aguas arriba (7.6 mg/L), rio Guáitara 3 (6.1 mg/L), quebrada San Francisco 2 aguas arriba (5.6 mg/L), frente al valor promedio de los registros obtenidos en los demás sitios de monitoreo (2.5 mg/L). El valor mínimo se obtiene en quebrada Yamurayán aguas abajo (0.01 mg/L). Esta determinación permite identificar la concentración de biomasa medida como COT, es muy similar al comportamiento de la DBO5, lo cual supone que la gran cantidad de materia orgánica es de origen natural (**Figura 5.102**).

Figura 5.102 Comportamiento de DQO, DBO5 y COT modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

- **Fenoles Totales, Hidrocarburos Totales y Grasas y Aceites**

La presencia en el medio ambiente de los compuestos fenólicos es consecuencia tanto de acciones naturales como del aporte antropogénico. Son un centro de atención permanente de distintas ramas de la ciencia debido a su persistencia, toxicidad y capacidad de bioconcentración en las aguas, el suelo, los alimentos, los animales (terrestres y marinos) y el hombre. La presencia de fenoles en el medio ambiente es consecuencia tanto de acciones naturales como del aporte antropogénico, fundamentalmente, de carácter agrícola e industrial, razón por la cual es objeto de seguimiento.

De otra parte, la presencia de fenoles de origen natural son: el fenol (con propiedades desinfectantes), se encuentra en el alquitrán de hulla y el ácido o-hidroxibenzóico (ácido salicílico), del que se deriva la aspirina, puede obtenerse de la corteza de sauce. Compuestos fenolicos como: timol, anetol, eugenol, vainillina e isoeugenol son responsables de los olores del tomillo, el anís, el clavo, la vainilla y la nuez moscada, respectivamente. Se ha comprobado que los constituyentes irritantes de la hiedra contienen el producto 1,2 -dihidroxibenceno (catecol) sustituido en posición meta con una cadena larga de un grado de insaturación variable.

En general todos los cuerpos de agua tienen valores muy bajos (0.002 mg/L), con excepción de rio Sapuyes aguas arriba (0.04 mg/L). De acuerdo a la literatura, hay motivos para pensar que estos valores son causados por vegetales resinosos con contenidos de fenol natural.

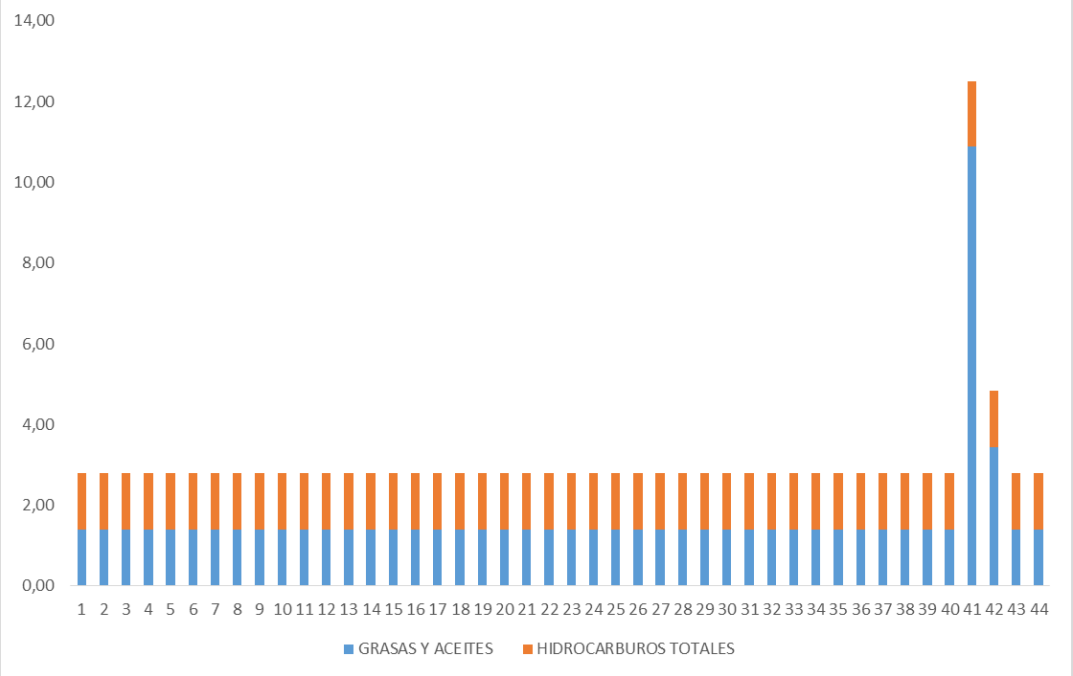
Según el IDEAM, El aceite y la grasa encontrados en los cuerpos de agua están compuestos fundamentalmente de materia grasa de origen animal, vegetal y de hidrocarburos de petróleo. El petróleo y los gases naturales a él asociados constituyen en la actualidad la principal fuente de hidrocarburos. El término hidrocarburo (HC) incluye hidrocarburos alifáticos, formados por cadenas de átomos de carbono en las que no hay estructuras cíclicas, hidrocarburos alicíclicos o simplemente cíclicos, compuestos por

átomos de carbono encadenados formando uno o varios anillos e hidrocarburos aromáticos, que constituyen un grupo especial de compuestos cíclicos que contienen en general anillos de seis eslabones en los cuales alternan enlaces sencillos y dobles.

El contenido de hidrocarburos totales es similar al contenido de grasas y aceites (**Figura 5.103**), con excepción de rio Sapuyes aguas arriba. En este caso el contenido de grasas y aceites es superior al contenido de hidrocarburos.

De esta manera, el ensayo de laboratorio se extraen en conjunto con las grasas y aceites, por lo tanto su análisis implica separación y determinación de la porción correspondiente a los HC. Para el análisis de HC es necesario inicialmente llevar acabo la extracción de la grasa y aceite total (GYA). El tratamiento consiste en la disolución del extracto de GYA en solvente (n-hexano) y la adsorción de los ácidos grasos en la silica gel mediante agitación. Los HC son separados por filtración y/o extracción líquido – líquido y concentrados mediante extracción Soxhlet o destilación del solvente de análisis.

Figura 5.103 Comportamiento de hidrocarburos totales, grasas y aceites en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

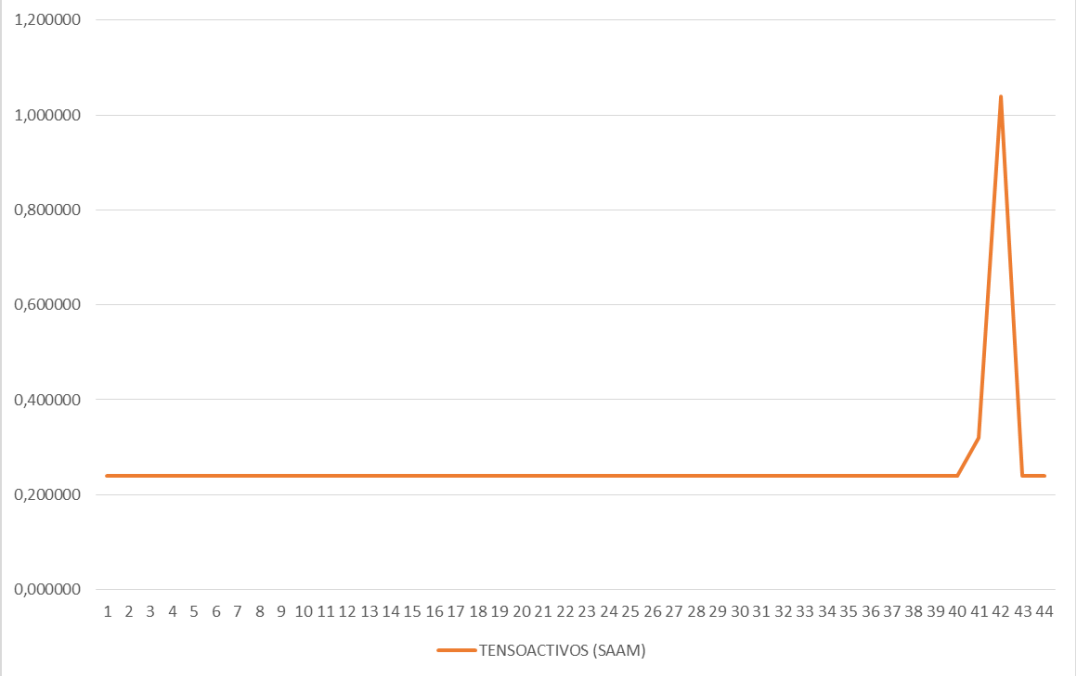
- **Tensoactivos (SAAM)**

Los tensoactivos entran en las aguas limpias y residuales principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado doméstico e industrial de ropa y otras operaciones de limpieza. Un tensoactivo combina en una sola molécula un grupo hidrófobo con uno hidrófilo. Dichas moléculas tienden a congregarse en las interfases entre el medio acuoso y las otras fases del sistema, como aire, líquidos oleosos y partículas, impartiendo por tanto propiedades tales como formación de espuma, emulsificación y suspensión de partículas.

La presencia de tensoactivos se determina mediante el método SAAM (sustancias activas al Azul de metileno). Se basa en la formación de un par iónico extractable en cloroformo de color azul por la reacción del azul de metileno catiónico y un tensoactivo aniónico incluyendo al sulfonato de alquilbenceno lineal, otros sulfonatos y ésteres de sulfonatos. Un alto contenido de detergentes en agua puede provocar formación de espuma, toxicidad para la vida acuática y crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos.

Los niveles de SAAM en la mayoría de cuerpos de agua evaluados presentaron una concentración promedio de 0,26 mg/L, exceptuando por el río Sapuyes aguas abajo, donde registró 1,04 mg/L, siendo el único punto que se encuentra incumpliendo con los 0,5 mg/L estipulados como límite máximo permisible en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 (**Figura 5.104**).

Figura 5.104 Comportamiento de tensoactivos (SAAM) modelados en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

- **Coliformes Totales y Fecales**

Coliforme Total es un grupo de bacterias presente alrededor nuestro, donde la mayoria no son un peligro a la salud humana. El Coliforme fecal y la E.coli son subgrupos dentro del grupo de Coliforme Total quienes se originan en las heces de animales de sangre caliente. La presencia de E.coli indica que el agua ha sido expuesta a heces y existe un inmediato riesgo a la salud humana.

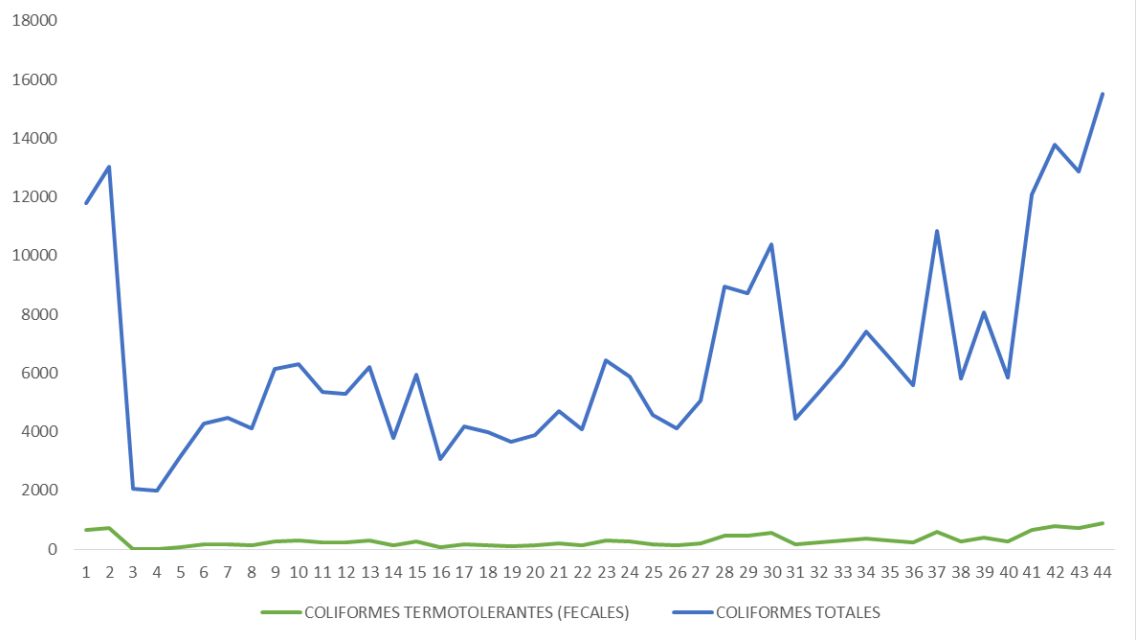
El contenido de coliformes totales es elevado (**Figura 5.105**) en rio Sapuyes aguas abajo (15522 NMP/100 mL), rio Guáitara 3 (13784 NMP/100 mL), rio Guáitara (13016 NMP/100 mL), rio Guáitara 2 (12873 MP/100 mL), quebrada NN 3 aguas arriba (11786 NMP/100 mL), superior al estipulado como límite máximo permisible en el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984,si se emplea el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

Las bacterias coliformes son muy comunes y no necesariamente indican que el agua ha entrado en contacto con desechos humanos o animales. No obstante, la presencia de bacterias coliformes fecales o E. coli en el agua definitivamente indica que existe contaminación proveniente del contacto con desechos humanos o animales.

De otra parte, el contenido de coliformes fecales se presentaron valore desde 890 NMP/100 ml hasta 10 NMP/100ml (**Figura 5.105**), cumpliendo a cabalidad con los 1000 NMP/100mL estipulados como límite máximo permisible en el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, si se emplea el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

Es probable que los coliformes obtenidos en estas lecturas, tengan su origen en desechos de animales, escorrentía de unidades de engorde de ganado, pasturas para ganado, áreas cercadas para perros, o cualquier otro terreno que contenga desecho animal.

Figura 5.105 Comportamiento de coliformes totales y coliformes fecales modelado en las estaciones de monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

- **Metales: arsénico, bario. , cadmio, cobre, cromo total, hierro total, manganeso, mercurio, níquel, plata, plomo, potasio, selenio, zinc**

Metales Tóxicos: Algunos metales como: cromo, níquel, cadmio, mercurio, plomo, arsénico, selenio, etc.,, presentan toxicidad. La ingestión de ellos aún en cantidades mínimas pero durante un largo periodo, como es toda una vida promedio, puede causar daños en el organismo.

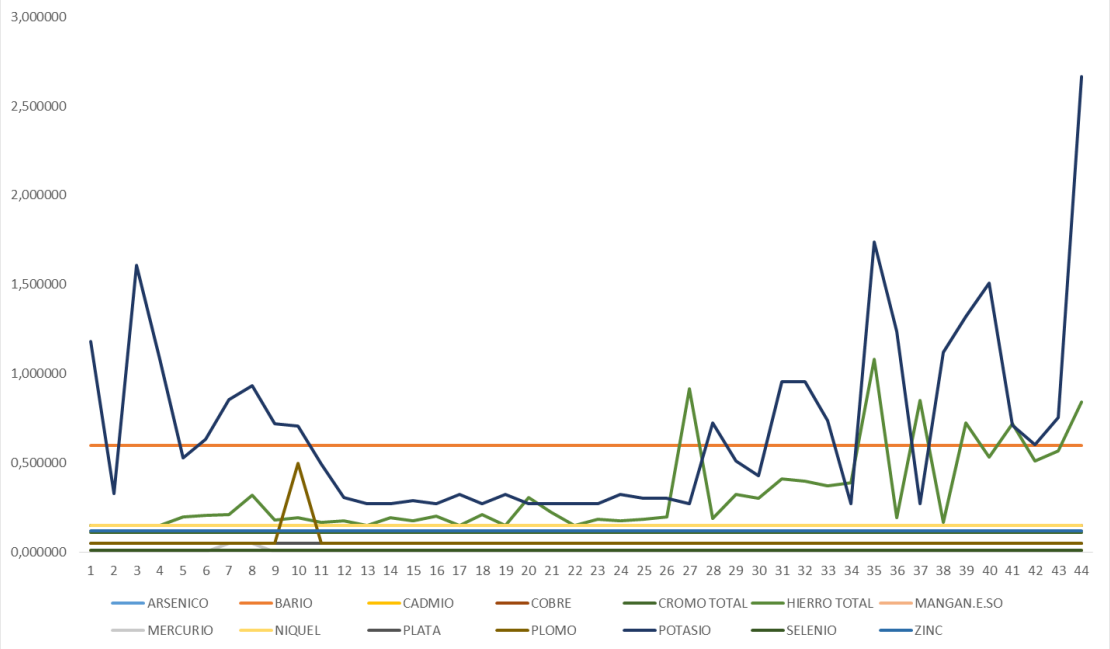
La ingestión de metales tóxicos incrementa el riesgo de aparición de tumores, enfermedades en órganos vitales como aparato digestivo, respiratorio y reproductivo con consecuencias no solo al consumidor sino a su descendencia.

El daño y grado de toxicidad depende del elemento, ya que algunos son más tóxicos que otros, de la dosis ingerida o tiempo de exposición al contaminante y de la salud o condición física del receptor del agente.

La toxicología y mecanismo a través del cual los metales interfieren con los procesos enzimáticos y como causan daños a nivel celular en órganos vitales del ser humano y de animales, se puede encontrar en un tratado de toxicología.

Como consecuencia de esto se ha establecido un límite máximo para los diferentes metales y metaloides en agua potable y estos niveles son mínimos, del orden de partes por billón, para minimizar el riesgo de daños en los consumidores de agua potable.

Figura 5.106 Comportamiento de metales pesados modelados.



Fuente: Consorcio SH.

La quebrada San Francisco aguas arriba y aguas abajo (**Figura 5.106**) tiene el mayor contenido de mercurio (0.049983 mg/L), Contrario al anterior, el menor contenido lo tienen los demás cuerpos de agua (menor a 0.001997 mg/L).

La mayor concentración de hierro total (**Figura 5.106**) se presenta en quebrada San Francisco 2 aguas arriba (1.079 mg/L), zanja Chorrera Chiquita aguas arriba (0.917 mg/L), quebrada El Macal aguas arriba (0.851 mg/L), rio Guáitara 3 (0.843 mg/L).

El contenido de potasio (**Figura 5.106**) es alto en rio Guáitara (2.665 mg/L), quebrada San Francisco 2 aguas arriba (1.739 mg/L), rio Boquerón aguas arriba (1.609 mg/L), quebrada Saraconcha aguas abajo (1.509 mg/L).

El mayor contenido de plomo (**Figura 5.106**) lo tiene quebrada Honda aguas arriba (0.49980 mg/L), el resto de sitios de monitoreo posee valores inferiores a 0.049915 mg/L.

El contenido de arsénico, bario, cadmio, cobre, manganeso, níquel, plata, selenio y zinc, es invariable para todos los sitios de monitoreo (**Figura 5.106**), la diferencia entre el valor máximo y mínimo es de apenas 0.1%, y se encuentra en niveles seguros para consumo humano. El cromo total supera en todos los casos el valor sugerido por el Decreto 1594 de 1984, en su artículo 38, 39 y 40.

- **Nitrógeno: nitrato, nitrito, amoniacal y total**

El nitrógeno es un elemento biogénico que encontramos incorporado en moléculas orgánicas que desempeñan funciones vitales para toda célula. Este elemento es un constituyente básico de aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares aminadas y los polímeros que estas moléculas forman. El nitrógeno existe en la naturaleza en varias formas químicas que presentan diferentes estados de oxidación.

En términos termodinámicos, el nitrógeno gaseoso (N2) es la forma más estable del nitrógeno. Las otras formas químicas del nitrógeno revierten a N2 bajo condiciones de equilibrio. Esto explica el hecho de que el nitrógeno molecular es el principal depósito de nitrógeno para los organismos vivos. No obstante, muy pocos organismos tienen la capacidad para fijar el nitrógeno gaseoso. De hecho, solo un reducido grupo de eubacterias (fototróficas y heterotróficas) y arquebacterias exhibe dicha capacidad. El reciclaje del

nitrógeno depende entonces de las transformaciones químicas de compuestos nitrogenados más disponibles, a través de reacciones de oxi-reducción.

El amoniaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas o urea. El nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua, es rápidamente transformado en nitrógeno amoniacal, pasando después para a nitritos y finalmente a nitratos. Esas dos últimas transformaciones solamente ocurren en las aguas que contengan bastante oxígeno disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia- llamadas nitrobacterias. De esa forma, cuando encontramos mucho nitrógeno amoniacal en el agua, estamos en presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en oxígeno.

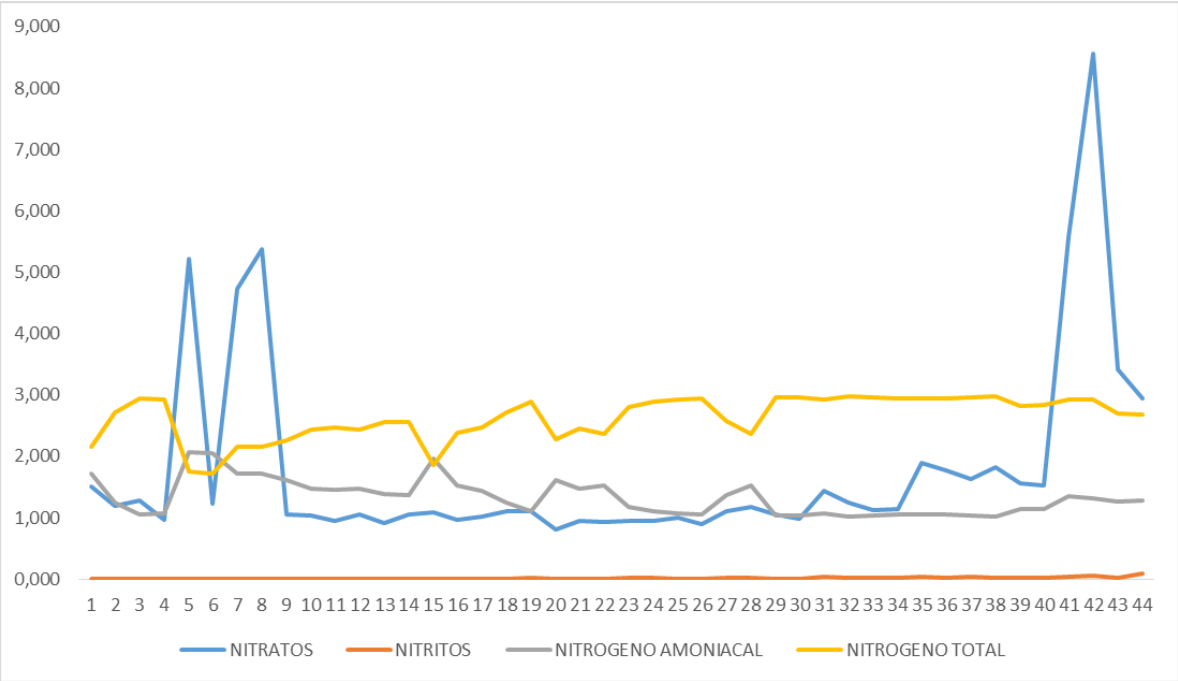
El contenido de nitrógeno nitrato es alto (**Figura 5.107**) en rio Sapuyes aguas abajo (8.5 mg/L), quebrada San Francisco aguas abajo (5.37 mg/L), quebrada Yamurayán aguas arriba (5.21 mg/L) y quebrada San Francisco aguas arriba (4.73 mg/L). No obstante los valores anteriores, estos se encuentran en niveles seguros para consumo humano (< 10 mg/L, Decreto 1594 de 1984).

Por el contrario, el contenido de nitrógeno nitrito es bajo (**Figura 5.107**) en estas aguas, con valores que oscilan entre 0.09 mg/L a 0.0 mg/L (o nivel de traza), supremamente inferior al exigido por el Decreto 1594 de 1984 (< 1 mg/L). El nitrito es el estado intermedio de formación de nitrógeno amoniacal a nitrito, y de nitrito a nitrato. Los resultados obtenidos aseguran de esta manera una baja probabilidad a la formación de los dos estados más tóxicos para la salud humana.

El contenido de nitrógeno total es alto (**Figura 5.107**) en afluente quebrada El Tablón Aguas abajo (2.98 mg/L), y mínimo en quebrada Yamurayán aguas abajo (1.72 mg/L). No existe norma colombiana para este analito, razón por la cual su determinación no es de importancia para salud pública.

El contenido de nitrógeno amoniacal (NH3) es alto (**Figura 5.107**) en quebrada Yamurayán aguas abajo (2.06 mg/L), quebrada Yamurayán aguas arriba (2.05 mg/L), y es mínimo para el fluente quebrada El Tablón aguas abajo (1.01 mg/L), Estos valores son seguros si se tiene en cuenta que se recomiendan valores de 2.0 mg/L para pH entre 7.5 a 8.0 unidades (DIGESA, 2011).

Figura 5.107 Comportamiento de nitrógeno (nitrato, nitrito, amoniacal y total) modelados.



Fuente: Consorcio SH.

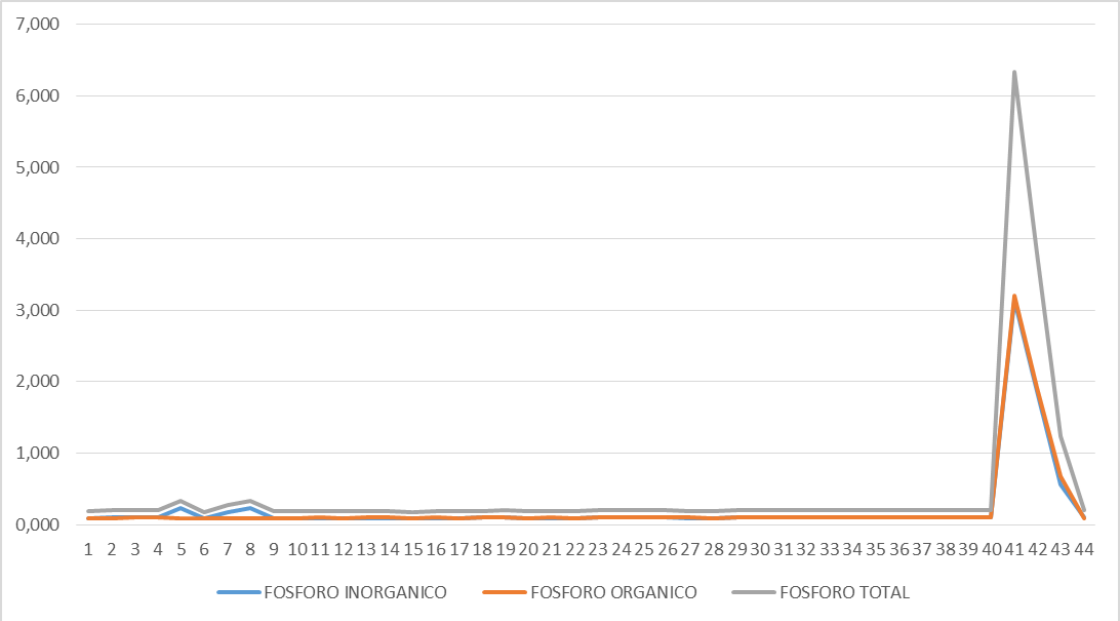
- **Fósforo: orgánico, inorgánico y total**

El Fósforo es un elemento vital e irremplazable en todos los organismos, ya que forma parte del ADN, ARN, fosfolípidos, ATP y C – AMP. Los compuestos fosforados como el ATP juegan un papel muy importante en la fotosíntesis y otros procesos en las plantas. La absorción y conversión a compuestos fosforados ocurre aún en la oscuridad.

Contrario a las numerosas formas de nitrógeno en ecosistemas acuáticos, la única forma significativa de fósforo inorgánico es el ortofosfato ($PO4^{-3}$). Una proporción elevada (>90%) del fósforo en lagos está unida a materia orgánica formando fosfatos orgánicos y constituyentes celulares en la materia particulada viva del seston (material suspendido) o asociado en varias formas a materiales inorgánicos y materia orgánica particulada muerta.

El fósforo inorgánico y orgánico ha sido separado en varias formas o fracciones. Dichas fracciones no guardan relación con el metabolismo del fósforo. La fracción más importante, a la luz de las actividades metabólicas que se producen en un lago, es el contenido de fósforo total en agua no filtrada, que consiste en el fósforo en suspensión en materia particulada y el fósforo en forma disuelta.

Figura 5.108 Comportamiento de fósforo (orgánico, inorgánico y total) modelados



Fuente: Consorcio SH.

El contenido máximo y mínimo de fósforo total (**Figura 5.108**) se presenta en rio Sapuyes aguas arriba (6.34 mg/L) y rio Guáitara 3 (0.092 mg/L), respectivamente

En cuanto al fósforo orgánico (**Figura 5.108**) el contenido máximo y mínimo lo tienen rio Sapuyes aguas arriba (3.20 mg/L), y rio Guáitara 3 (0.092 mg/L), respectivamente

Hay una situación similar en cuanto al contenido de fósforo inorgánico (**Figura 5.108**) para el rio Sapuyes aguas arriba (3.14 mg/L) con el valor máximo y quebrada Yamurayán aguas abajo (0.85 mg/L) con su valor mínimo.

Aunque el fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, la presencia de fosfatos en aguas potables

indica la posibilidad de contaminación por aguas contaminadas (debida a los agroquímicos fosforados) o aguas residuales.

5.1.6.1.12 Índices de calidad y contaminación del agua.

- **Indice de calida del agua ICA**

Los índices de Calidad de las Aguas (ICA), se han empleado con el propósito simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua. La idea es determinar un valor numérico, generalmente entre 0 y 1, o 0 y 100, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo de agua continental. Con ello se pretenden reconocer, de una forma ágil y fácil, problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas determinadas.

El Índice de calidad del agua clasifica el cuerpo de agua en cinco categorías, con base en mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM 2011).

Para el caso específico del presente indicador, corresponde a una expresión numérica agregada y simplificada surgida de la sumatoria aritmética equiponderada de los valores que se obtienen por la concentración de cinco variables fisicoquímicas básicas: oxígeno disuelto (% saturación), sólidos suspendidos totales (mg/L), demanda química de oxígeno (mg/L), conductividad eléctrica (uS/cm), pH (unidades). Los índices reportados corresponden a los definidos por el IDEAM (2011).

En la **Tabla 5-115** se reporta el nombre de las fuentes de agua y los sitios de monitoreo, acompañado del ICA en escala de colores sugerida por el IDEAM. El estado de la calidad del agua es “Aceptable” según la escala de colores sugerida por el IDEAM (**Tabla 5-116**), por cuanto al menos el 73% de los datos registrados reportan un ICA numérico entre 0.71 a 0.90. El 25 % reporta un estado de calidad del agua “Regular” y tan solo un sitio de monitoreo “en la Quebrada NN 3 aguas arriba” reporta un estado de calidad “Mala”. En revisión de los datos de entrada, se observa que el contenido de sólidos suspendidos totales, SST, es 358 mg/L, es decir superior a 320 mg/L razón por la cual el índice ISST toma el valor cero, y no aporta valor alguna en la sumatoria de los demás determinantes empleados para el cálculo del ICA.

Tabla 5-115 Indice de Calidad del Agua para 18 fuentes de agua superficial

Corriente / Punto de monitoreo	Calificación ICA
Quebrada NN 3 aguas arriba	0.45
Río Guáitara	0.79
Río Boquerón aguas arriba	0.66
Río Boquerón aguas abajo	0.61
Quebrada Yamurayán aguas arriba	0.61
Quebrada Yamurayán aguas abajo	0.73
Quebrada San Francisco aguas arriba	0.60
Quebrada San Francisco aguas abajo	0.58
Quebrada Cuayarín (Honda) aguas arriba	0.73
Quebrada Honda aguas arriba	0.75
Quebrada Honda aguas abajo	0.77
Quebrada afluente a la quebrada Culantro aguas arriba	0.80
Quebrada Culantro aguas arriba	0.80
Quebrada Culantro aguas abajo	0.83
Quebrada La Cueva aguas arriba	0.80
Quebrada La Cueva aguas abajo	0.83

Corriente / Punto de monitoreo	Calificación ICA
Quebrada afluente a la quebrada Manzano aguas arriba	0.85
Quebrada El Manzano aguas arriba	0.82
Quebrada El Manzano aguas abajo	0.86
Quebrada Brigada aguas arriba	0.80
Quebrada Brigada aguas abajo	0.82
Afluente a la quebrada Humeadora aguas arriba	0.74
Quebrada Los ArayaN.E.s (HuN.E.adora) aguas arriba	0.77
Quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba	0.75
Quebrada Urbano (Humeadora) aguas arriba	0.85
Quebrada Humeadora aguas abajo	0.80
Zanja Chorrera Chiquita aguas arriba	0.65
Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo	0.69
Quebrada La Llave (Moledores) aguas arriba	0.82
Quebrada La Llave (Moledores) aguas abajo	0.80
Quebrada El Tablón aguas abajo	0.75
Afluente quebrada El Tablón Aguas abajo	0.74
Afluente a la quebrada San Francisco 2 aguas arriba	0.75
Afluente a la quebrada San Francisco 2B aguas arriba	0.76
Quebrada San Francisco 2 aguas arriba	0.79
Quebrada San Francisco 2 aguas abajo	0.78
Quebrada El Macal aguas arriba	0.84
Quebrada El Macal aguas abajo	0.81
Quebrada Saraconcha aguas arriba	0.82
Quebrada Saraconcha aguas abajo	0.82
Río Sapuyes aguas arriba	0.52
Río Sapuyes aguas abajo	0.61
Río Guáitara 2	0.58
Río Guáitara 3	0.65

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-116 Calificación de la calidad del agua ICA de acuerdo a la escala numérica y de colores

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0.00 – 0.25	Muy mala	Rojo
0.26 – 0.50	Mala	Naranja
0.51 – 0.70	Regular	Amarillo
0.71 – 0.90	Aceptable	Verde
0.91 – 1.0	Buena	Azul

Fuente: IDEAM (2011).

- **Índices de Contaminación (ICOS)**

Los índices de contaminación exponen de manera rápida la contaminación presente en un cuerpo de agua, mediante la adición de relaciones funcionales de determinantes fisicoquímicos y bacteriológicos presentes en un periodo de tiempo determinado.

Se emplea la conductividad, dureza y alcalinidad para determinar el índice de contaminación por

mineralización, también se determinó el índice de contaminación por materia orgánica a partir de la demanda biológica de oxígeno, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, el índice de contaminación por sólidos suspendidos, y el índice de contaminación por pH.

- **Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)**

Se expresa en variables que reflejan esta condición, entre las cuales se encuentran la conductividad, como reflejo de los sólidos disueltos de tipo iónico; la dureza, por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y la alcalinidad, porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos.

El índice de contaminación ICOMI (**Figura 5.109**) reporta en promedio 0.18 unidades, destacándose la zanja chorrera chiquita aguas arriba (0.66), quebrada NN 3 aguas arriba (0.52), afluente quebrada el tablón aguas abajo (0.50). El valor máximo es obtenido por zanja chorrera chiquita aguas arriba, y el valor mínimo es quebrada el macal aguas arriba (0.048)

- **Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)**

Se determinó mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observa alguna correlación con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, este análisis permite eliminar la correlación de los consumos de oxígeno, por efecto de contaminación orgánica, permitiendo evaluar de esta manera la posible correlación con compuestos inorgánicos.

El índice de contaminación ICOSUS (**Figura 5.109**) reporta en promedio 0.80 unidades, destacándose la quebrada honda aguas abajo (1.0), quebrada afluente a la quebrada culantro aguas arriba (1.0), quebrada culantro aguas abajo (1.0), quegrada la cueva aguas arriba (0.99) y quegrada la cueva aguas abajo (0.99). El valor máximo es 1.0 en quebrada honda aguas abajo, el valor mínimo es río sapuyes aguas arriba (0.0).

- **Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)**

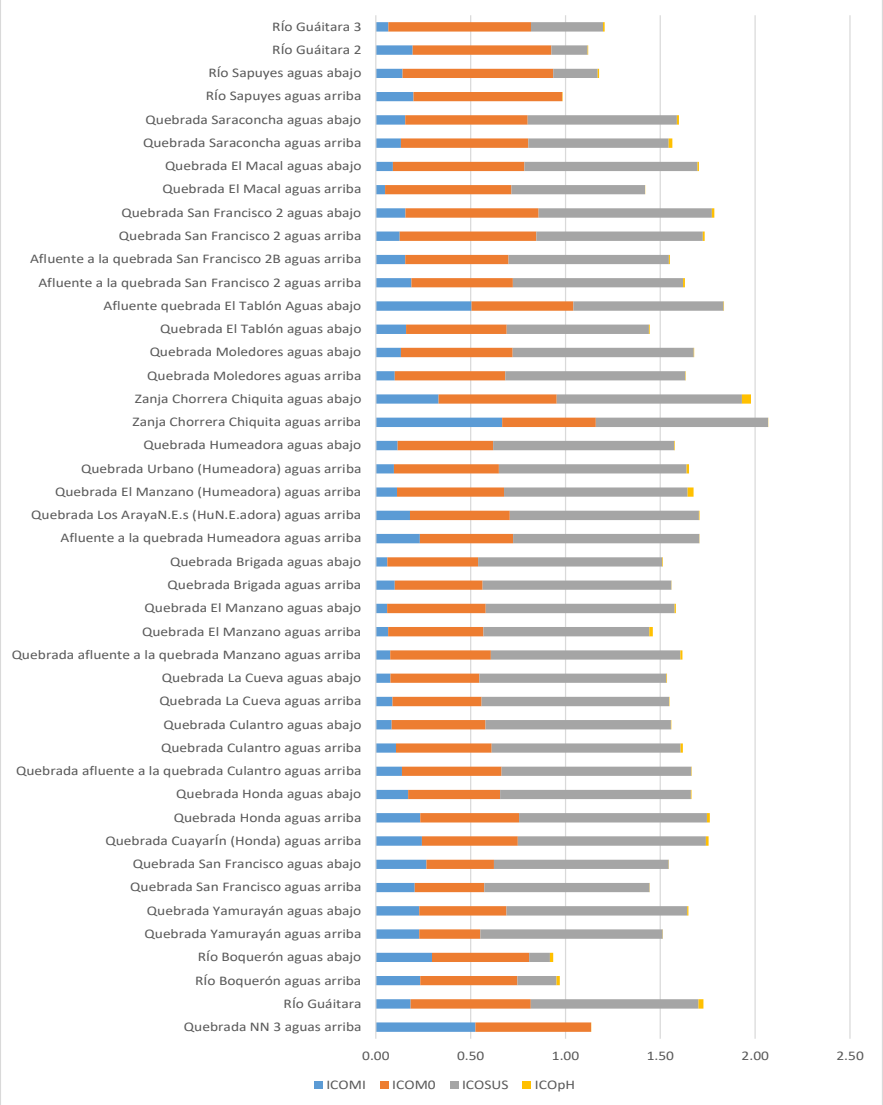
La presencia de materia orgánica usualmente está asociada al contenido y balances de nitrógeno, nitritos, nitratos, fósforo, oxigeno, demanda biológica (DBO) y química de oxigeno (DQO) y coliformes totales y fecales. Sin embargo, por simplicidad, se pueden elegir algunas de ellas, por cuanto se espera una estrecha relación especialmente entre los nutrientes y la DBO. Los determinantes seleccionados fueron demanda bioquímica de oxígeno (DB05), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, criterios empleados también por el IDEAM.

El índice de contaminación ICOMO (**Figura 5.109**) reporta en promedio 0.55 unidades, destacándose el río Sapuyes aguas arriba (0.79), río Sapuyes aguas abajo (0.78), río Guaitara 3 (0.75) y río Guaitara 2 (0.73). El valor máximo es 0.79 en rio Sapuyes aguas arriba, el valor mínimo es qebrada Yamurayán aguas arriba (0.33).

- **Índice de Contaminación (ICOpH)**

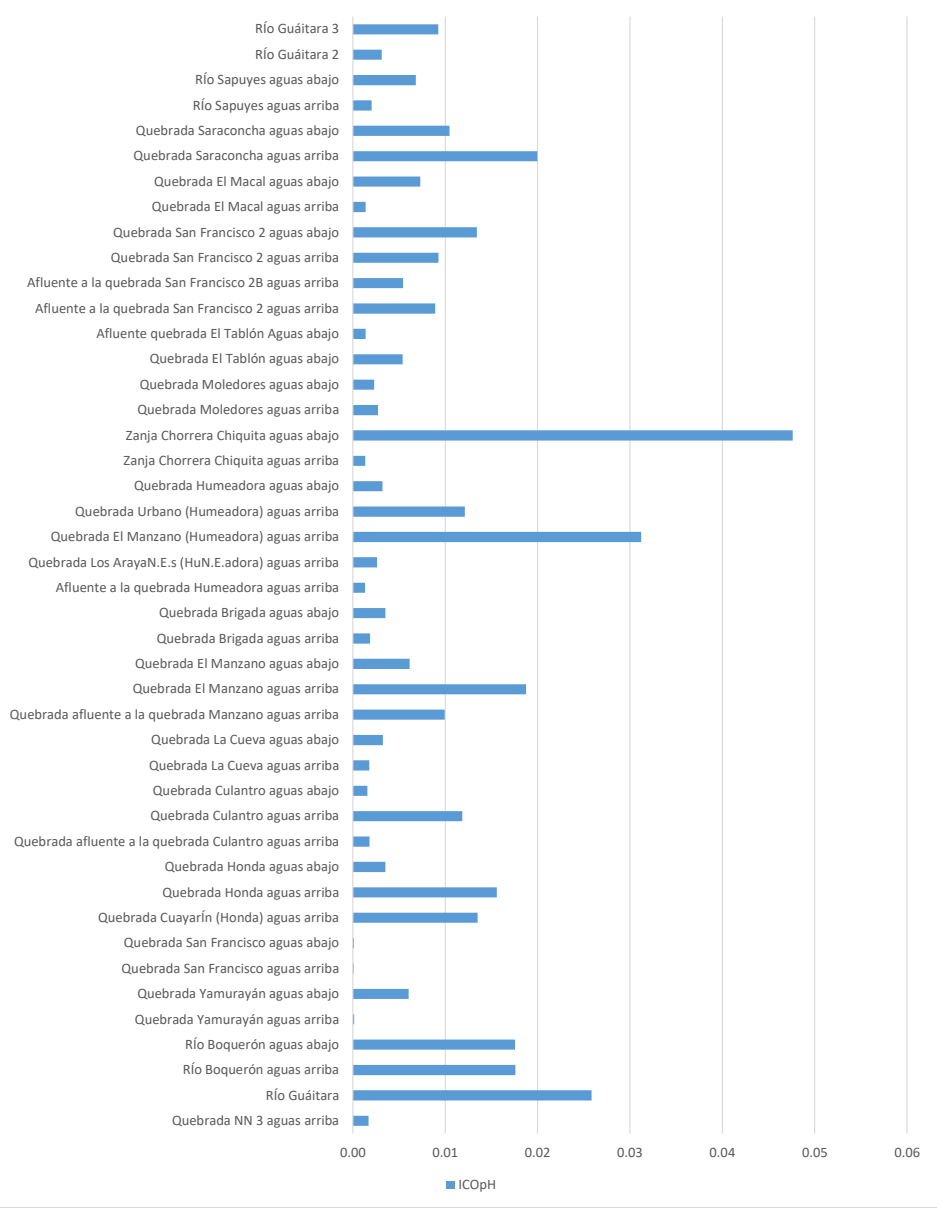
El índice de contaminación ICOpH (**Figura 5.110**) reporta en promedio 0.008 unidades, destacándose la zanja chorrera chiquita aguas abajo (0.048), quebrada el manzano (humeadora) aguas arriba (0.031) y rio guaitara (0.026). El valor máximo es 0.048 en zanja chorrera chiquita aguas abajo, el valor mínimo es quebrada yamurayán aguas arriba (0.000), entre otros (quebrada san francisco aguas arriba, quebrada san francisco aguas abajo).

Figura 5.109 Índices de contaminación ICOMI, ICOM0, ICOSUS, ICOpH



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.110 Índice ICOpH



Fuente: Consorcio SH.

- **Índice de Langelier**

El Índice de Langelier es un modelo de equilibrio derivado del concepto teórico de saturación y proporciona un indicador del grado de saturación del agua con respecto al carbonato de calcio. El nivel de saturación de Langelier usa el concepto de saturación basado en el pH como variable principal. Este puede ser interpretado como el cambio requerido para llevar el agua a un estado de equilibrio. Es un parámetro fundamental para conocer la corrosión o incrustación en las redes de distribución del agua e instalaciones interiores industriales y domésticas.

Agua con Índice de Langelier (ISL) de 1.0 es una unidad por encima de la saturación. Reduciendo el pH por 1 unidad llevará el agua a equilibrio. Esto ocurre porque la porción de alcalinidad total presente como CO_3^{2-} disminuye con el ph,

Si es negativo: No hay potencial de incrustaciones, el agua disolverá $CaCO_3$. Agua no saturada con respecto a carbonato cálcico ($CaCO_3$). El agua no saturada posee la tendencia de eliminar láminas de carbonato cálcico ($CaCO_3$) presentes que protegen las tuberías y equipos.

Si es positivo: Se pueden formar incrustaciones y puede ocurrir precipitación de $CaCO_3$.

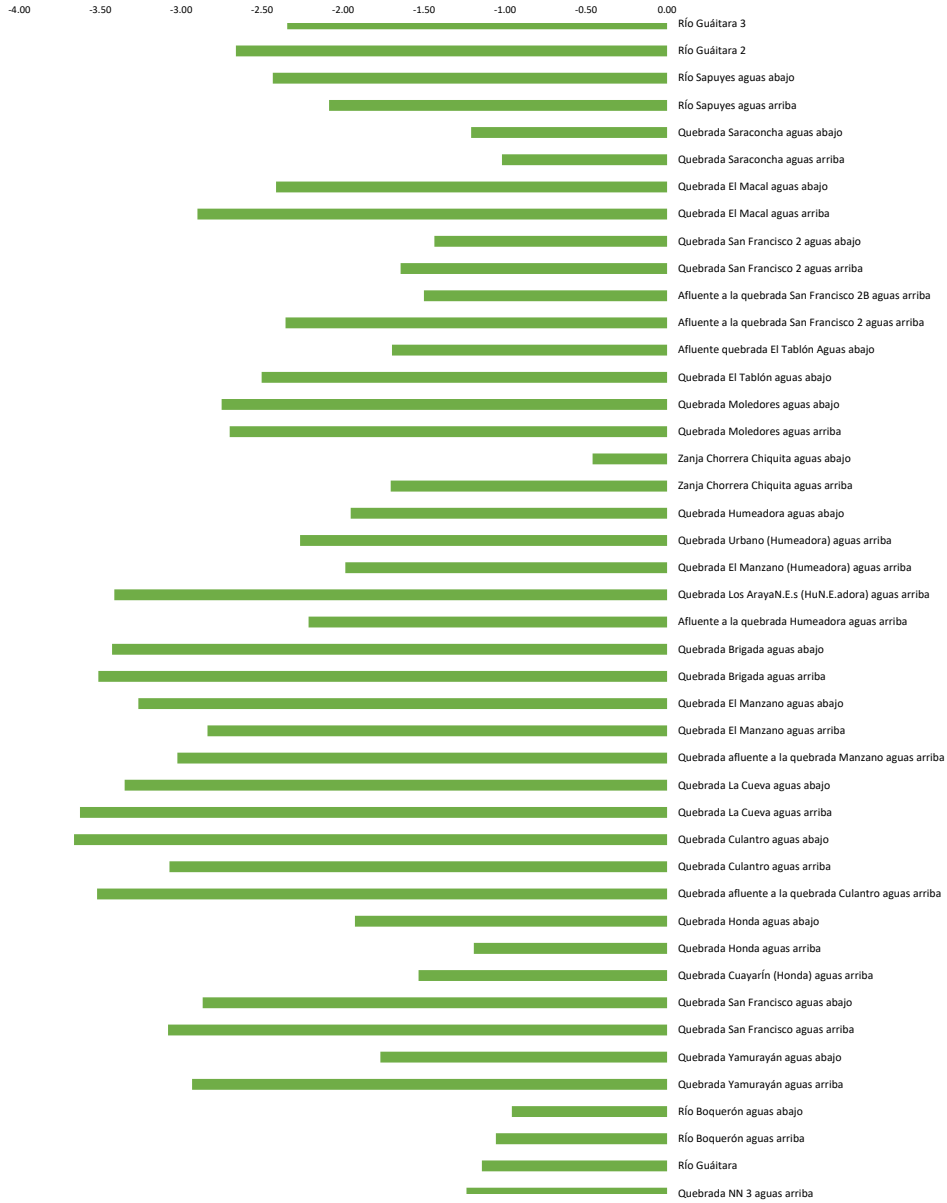
Si es cercano a cero: el agua está perfectamente equilibrada. No existe formación de incrustaciones ni eliminación de las mismas.

El índice es el indicador más usado de potencial de incrustación de agua de enfriamiento. Es puramente un índice de equilibrio y trata solamente con la fuerza impulsora termodinámica para la formación y crecimiento de incrustaciones de carbonato de calcio. No proporciona indicación alguna de cuanta incrustación o carbonato de calcio precipitará para llevar el agua a un equilibrio. Simplemente indica la fuerza impulsora para la formación de incrustaciones y crecimiento, en términos del pH como la variable maestra. Para determinar el índice, es necesario conocer la alcalinidad (mg/l as $CaCO_3$), la dureza cálcica (mg/l Ca^{2+} as $CaCO_3$), los sólidos totales disueltos (mg/l STD), el pH actual, y la temperatura del agua (^oC). Si los STD (sólidos totales disueltos) son desconocidos, pero se conoce la conductividad, se pueden estimar los STD mg/L

Según la legislación española (Ministerio de la Presidencia España, 2003)RD para consumo humano, el Índice de Langelier debe de estar comprendido entre -0,5 y 0,5. Para uso recreativo, en el caso de las piscinas el Índice de Langelier óptimo debe estar entre-0,3 y 0,3.

El índice LANGELIER (**Figura 5.111**) reporta en promedio -2.28 unidades, destacándose la quebrada culantro aguas abajo (-0.3663), quebrada la cueva aguas arriba (-0.3623) Quebrada San Francisco aguas arriba (-3.081), Quebrada Brigada aguas arriba (-3.513). El valor máximo es -0.460 en Zanja Chorrera Chiquita aguas abajo, el valor mínimo es quebrada culantro aguas abajo (-0.3663).

Figura 5.111 Índice de langelier



Fuente: Consorcio SH.

5.1.6.1.13 **Conclusiones**

Las conclusiones que se realicen van orientadas a comentar el cumplimiento de los criterios de calidad establecidos por la resolución 1594 de 1984.

Se observa que las 18 fuentes de aguas superficiales (44 puntos de monitoreo) cumple ampliamente con los criterios de calidad establecidos para artículos 38, 39, 40 (Presidencia República de Colombia 1984) en los determinantes arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, coliformes termotolerantes (fecales), nitratos, plata, selenio, sulfatos, Cinc.

Todas las fuentes de agua presentan problemas de contaminación por cromo total y en este aspecto, se

requiere tratamiento de agua convencional si se desea utilizar para consumo humano, uso pecuario y agrícola en algunos casos.

El color verdadero supera igualmente los valores límites permisibles para consumo humano y pecuario, probablemente por la presencia de sustancias coloides de origen natural, por degradación de materia orgánica natural. Esta situación no es grave y se puede solucionar con tratamiento convencional. De especial interés se manifiesta el río Sapuyes aguas arriba, por la presencia de fenoles totales (0.037 mg/L) ligeramente superior al valor límite permisible (> 0.002 mg/L) para consumo humano y uso pecuario, probablemente como manifestación de la materia orgánica en la ruta intermedia para degradación total.

La presencia de mercurio en quebrada San Francisco aguas arriba y aguas abajo en 0.050 mg/L, respectivamente, ubican esta fuente no apta para consumo humano y uso pecuario (valor límite 0.002 mg/L), y para su potabilización requeriría tratamiento convencional.

La quebrada Honda aguas arriba tiene presencia de plomo (0.500 mg/L) por encima de los valores límites permisibles para consumo humano y pecuario (0.050 mg/L) y para su potabilización requeriría tratamiento convencional.

5.1.6.2 Análisis multitemporal de la calidad del agua en el área de estudio.

Se realiza dicho análisis, teniendo en cuenta que en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal se han realizado estudios previos de la calidad del agua en las principales corrientes, lo que permite obtener datos sobre su comportamiento en el tiempo y poder realizar un seguimiento de la calidad del recurso hídrico.

Para el análisis multitemporal, se tomó la información de los monitoreos realizados por el Consorcio SH, en el área de estudio, mediante la contratación del laboratorio Agrosoluciones Ambientales ASOAM S.A.S. (laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la resolución 1556 del 14 de agosto de 2015, modificada por la Resolución 2191 del 7 de octubre de 2015 para la realización de monitoreos de calidad del agua) y el laboratorio INCO AMBIENTAL S.A.S. (laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la resolución 2189 del 07 de octubre de 2015, para la realización de monitoreos de calidad del agua). En estos estudios se realizaron 9 estaciones de monitoreo sobre el tramo San Juan – Pedregal, estos puntos son comparados con los monitoreos del presente estudio. El nombre de las estaciones con sus respectivas coordenadas y la fecha en la que fueron realizados los monitoreos se encuentra en la **Tabla 5-117**; la distribución espacial se presenta en la **Figura 5.112**.

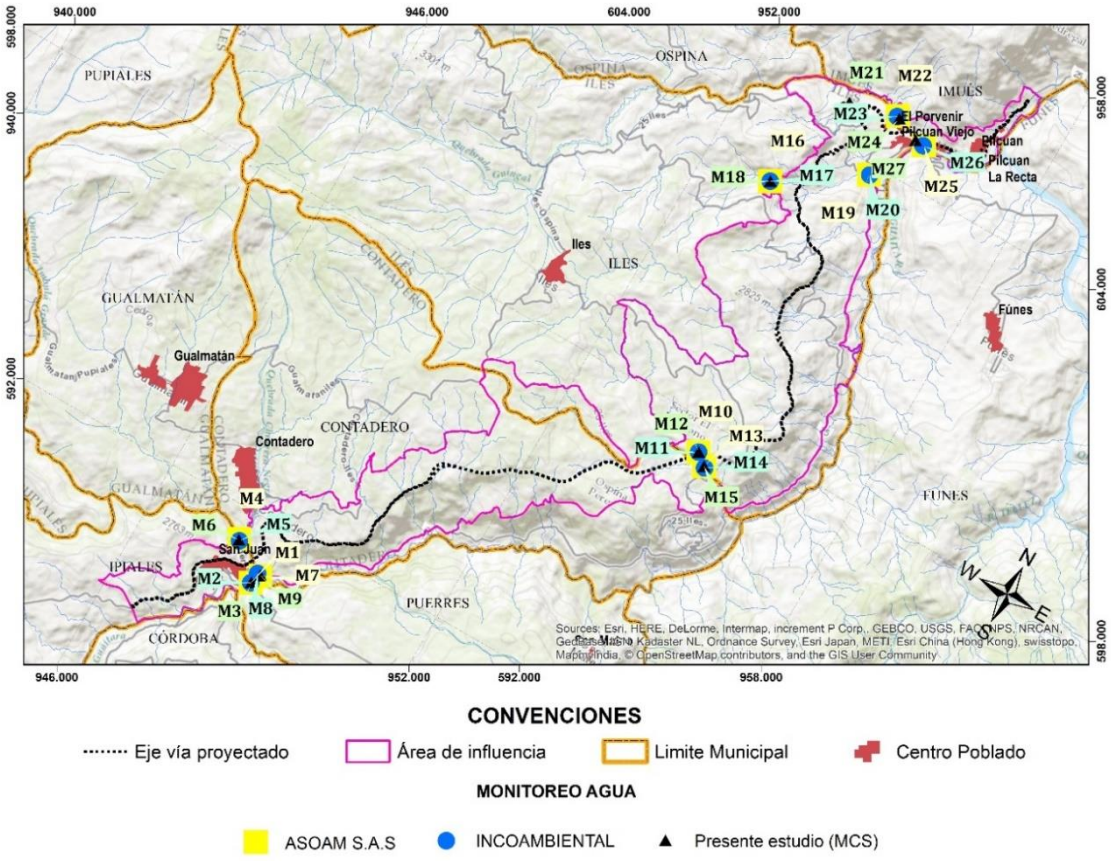
Tabla 5-117 Puntos de monitoreo para el análisis multitemporal de la calidad del agua.

ESTACIÓN	ID	NOMBRE DE LA ESTACIÓN EN EL ESTUDIO QUE SE TOMO	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		FUENTE	FECHA DE MUESTREO
			ESTE	NORTE		
1	M1	Río Guáitara	948495	590756	ASOAM S.A.S	24 - Ago - 2016
	M2	Río Guáitara	948495	590756	INCOAMBIENTAL	09 - Dic - 2016
	M3	Río Guáitara	948503	590762	Presente estudio	26 - Feb - 2017
2	M4	Río Boquerón aguas arriba	947870	591392	ASOAM S.A.S	21 - Abr - 2016
	M5	Río Boquerón aguas arriba	947893	591358	INCOAMBIENTAL	11 - Dic - 2016
	M6	Río Boquerón aguas arriba	947873	591368	Presente estudio	26 - Feb - 2017
3	M7	Río Boquerón aguas abajo	948597	590968	ASOAM S.A.S	21 - Abr - 2016
	M8	Río Boquerón aguas abajo	948523	590981	INCOAMBIENTAL	11 - Dic - 2016
	M9	Río Boquerón aguas abajo	948589	590972	Presente estudio	26 - Feb - 2017
4	M10	Quebrada Humeadora aguas arriba	954839	597388	ASOAM S.A.S	28 - Abr - 2016
	M11	Quebrada Humeadora aguas arriba	954841	597387	INCOAMBIENTAL	11 - Dic - 2016
	M12	Quebrada El Manzano (Humeadora) aguas arriba	954840	597388	Presente estudio	06 - Mar - 2017
5	M13	Quebrada Humeadora aguas abajo	955078	597206	ASOAM S.A.S	28 - Abr - 2016

ESTACIÓN	ID	NOMBRE DE LA ESTACIÓN EN EL ESTUDIO QUE SE TOMO	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		FUENTE	FECHA DE MUESTREO
			ESTE	NORTE		
	M14	Quebrada Humeadora aguas abajo	955101	597178	INCOAMBIENTAL	11 - Dic - 2016
	M15	Quebrada Humeadora aguas abajo	955074	597201	Presente estudio	06 - Mar - 2017
6	M16	Quebrada El Macal aguas arriba	953397	602713	ASOAM S.A.S	29 - Abr - 2016
	M17	Quebrada El Macal aguas arriba	953395	602717	INCOAMBIENTAL	11 - Dic - 2016
	M18	Quebrada El Macal aguas arriba	951530	602195	Presente estudio	14 - Mar -2017
7	M19	Quebrada El Macal aguas abajo	955018	603796	ASOAM S.A.S	27 - Abr - 2016
	M20	Quebrada El Macal aguas abajo	955031	603800	INCOAMBIENTAL	11 - Dic - 2016
	M21	Quebrada El Macal aguas abajo	954870	603721	Presente estudio	13 - Mar -2017
8	M22	Río Sapuyes aguas arriba	954927	605082	ASOAM S.A.S	22 - Abr - 2016
	M23	Río Sapuyes aguas arriba	954925	605066	INCOAMBIENTAL	09 - Dic - 2016
	M24	Río Sapuyes aguas arriba	954977	605045	Presente estudio	15 - Mar -2017
9	M25	Río Sapuyes aguas abajo	955660	604838	ASOAM S.A.S	22 - Abr - 2016
	M26	Río Sapuyes aguas abajo	955649	604826	INCOAMBIENTAL	09 - Dic - 2016
	M27	Río Sapuyes aguas abajo	955466	604839	Presente estudio	15 - Mar -2017

Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.112 Ubicación de los puntos de monitoreo para el análisis multitemporal de la calidad del agua.



Fuente: Consorcio SH.

De igual manera, se calculó el índice de calidad del agua (WQi), para evaluar las condiciones de cada una de las fuentes hídricas consideradas.

5.1.6.2.1 **Resultados.**

A continuación en la **Tabla 5-118** se presentan los resultados de los monitoreos que se realizaron para el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal en años anteriores y actualmente para cada cuerpo de agua.

Tabla 5-118 Comparación de los parámetros fisicoquímicos analizados.

CUERPO DE AGUA		RÍO BOQUERÓN						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo					
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo	Art. 38	Art. 39	Art. 40
Caudal	L/sec		794	8965		794	13076	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,32	8,08	7,85	7,11	7,97	7,85	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
Temperatura	(°C)	21,5	15,8	14,65	20,9	15,8	15,55	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	4,62	5,5	7	4,33	5,5	7	N.E.	N.E.	N.E.
Conductividad	(µS/cm)	428	208	165	396	208	195	N.E.	N.E.	N.E.
DBO	mg O2/L	15,3	11,68	<5	8,4	9,7	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O2/L	34,5	18,54	<20	20,8	11,34	<20	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<20	22	273	<20	20	305	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	-	130	75	-	129	90	N.E.	N.E.	N.E.
ACEITES Y GRASAS	mg/L	<9,0	5,95	<1,40	<9,0	7,05	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L			<1,40			<1,40	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD	mg CaCO3/L	53,8	89,21	81,4	57	86,85	93,8	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	56	60,37	53,2	64	59,25	50	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CÁLCICA	mg CaCO3/L	-	33,2	37,2	-	32,56	35	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	UNT	8,75	3,7	87,7	7	2,31	135	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	54,8	127	29,2	72,9	54	26,9	75	20	N.E.
NITRATOS	mg N-NO3/L		0,466	1,12		0,633	0,808	10	10	N.E.
NITRITOS	mg N-NO2/L		0,884	<0,0030		1,65	<0,0030	1	1	N.E.
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/L	<3,00	<5,0	<3,00	<3,00	<5,0	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L	1,62	<0,08	<0,1	1,38	0,36	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
ZINC	mg/L	<0,014	0,01	<0,12	<0,014	0,02	<0,12	15	15	2
BARIO	mg/L	<0,141	<0,8	<0,6	<0,141	<0,8	<0,6	1	1	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,0048	<0,006	<0,010	<0,0048	<0,006	<0,010	0,01	0,01	0,01
CALCIO	mg/L			13,8			13,8	N.E.	N.E.	N.E.
COBRE	mg/L	0,0188	<0,01	<0,15	0,0101	<0,01	<0,15	1	1	0,2
CROMO	mg/L	<0,0046	<0,01	<0,11	<0,0046	<0,01	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	<0,0006	<0,001	<0,002	0,001	<0,001	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NÍQUEL	mg/L	0,011	0,01	<0,15	0,0193	0,01	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
PLATA	mg/L	<0,007	<0,01	<0,050	<0,007	<0,01	<0,050	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,0054	<0,01	<0,050	<0,0054	<0,01	<0,050	0,05	0,05	5
SELENIO	mg/L	<0,0055	<0,0152	<0,010	<0,0055	<0,0152	<0,010	0,01	0,01	0,02
ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,001	<0,010	<0,010	<0,001	<0,010	0,05	0,05	0,1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100m	1600	46000	3800	9200	79000	3690	20	1	5

CUERPO DE AGUA		RÍO BOQUERÓN						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo			Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo			
	L							000	000	000
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	1400	13000	1300	170	27000	1100	2 000	N.E.	1 000

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Continuación: Tabla 5-118

CUERPO DE AGUA		Qda. HUMEADORA						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo			Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo			
Caudal	L/sec		23	4		92	270	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,43	7,53	7,1	7,12	7,54	7,35	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
Temperatura	(°C)	19,6	16,4	16,3	20,5	13,6	15,15	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	3,94	5,3	5	4,12	5,4	5	N.E.	N.E.	N.E.
Conductividad	(µS/cm)	396	160	200	426	110	120	N.E.	N.E.	N.E.
DBO	mg O2/L	4,6	5,13	<5	6,8	5,4	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O2/L	25,6	10,26	<20	28,1	15,3	<20	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<20	58	16	<20	40	22	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	-	69,5	90	-	64	64	N.E.	N.E.	N.E.
ACEITES Y GRASAS	mg/L	<9,0	5,22	<1,40	<9,0	5,95	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.
ALCALINIDAD	mg CaCO3/L	62,1	44,29	26,7	39,4	34,05	28,7	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	36	39,69	53,2	42	40,79	38,4	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CÁLCICA	mg CaCO3/L	-	23,96	37,2	-	24,97	26,9	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	UNT	26,6	27	32,2	28,6	22,6	19,3	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	80,5	134	33,15	84,6	144	32,22	75	20	N.E.
NITRATOS	mg N-NO3/L		0,173	0,825		0,145	0,752	10	10	N.E.
NITRITOS	mg N-NO2/L		1,43	0,0082		1,43	0,0075	1	1	N.E.
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/L	<3,00	<5,0	<3,00	<3,00	<5,0	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO AMONIACAL	mg N-NH4/L		1,06	<1,00		0,78	<1,00	1	1	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L	0,289	<0,08	<0,1	0,22	<0,08	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
ZINC	mg/L	<0,014	0,03	<0,12	<0,014	0,01	<0,12	15	15	2
BARIO	mg/L	0,245	<0,8	<0,6	0,287	<0,8	<0,6	1	1	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,0048	<0,006	<0,010	<0,0048	<0,006	<0,010	0,01	0,01	0,01
COBRE	mg/L	0,0098	<0,01	<0,15	0,0152	<0,01	<0,15	1	1	0,2
CROMO	mg/L	<0,0046	<0,01	<0,11	<0,0046	<0,01	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	0,0017	<0,001	<0,002	0,0017	<0,001	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NÍQUEL	mg/L	0,005	0,01	<0,15	<0,0045	<0,01	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
PLATA	mg/L	<0,007	<0,01	<0,050	<0,007	<0,01	<0,050	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,0054	<0,01	<0,050	<0,0054	<0,01	<0,050	0,05	0,05	5

CUERPO DE AGUA		Qda. HUMEADORA						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo			Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo			
SELENIO	mg/L	<0,0055	<0,0152	<0,010	<0,0055	<0,0152	<0,010	0,01	0,01	0,02
ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,001	<0,010	<0,010	<0,001	<0,010	0,05	0,05	0,1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	790	790	1250	490	490	2160	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	100	100	207	490	490	156	2 000	N.E.	1 000

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Continuación: Tabla 5-118

CUERPO DE AGUA		RÍO SAPUYES						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo			Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo			
Caudal	L/sec		*	11070		*	12590	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,28	7,1	7,25	7,32	6,73	7,7	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
Temperatura	(°C)	22,1	18,3	18,25	22,5	18,7	15,75	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	4,33	6,2	6,5	4,52	6,2	7,25	N.E.	N.E.	N.E.
Conductividad	(µS/cm)	434	150	180	482	138	140	N.E.	N.E.	N.E.
DBO	mg O2/L	19,4	12,53	20	16,2	11,56	17	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O2/L	35,6	19,98	31	21,4	17,46	27	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	37,3	150	478	32,3	107,5	264	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	-	91	80	-	88	70	N.E.	N.E.	N.E.
ACEITES Y GRASAS	mg/L	<9,0	10	10,9	<9,0	5,48	3,45	S.P.V.	S.P.V.	N.E.
ALCALINIDAD	mg CaCO3/L	82,8	53,83	31,5	97,3	49,46	23,9	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	72	65,47	45,2	64	47,1	39,6	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CÁLCICA	mg CaCO3/L	-	21,58	31,6	-	22,64	27,7	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	UNT	24	48,9	111	29,2	22,9	130	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	37,2	279	49,12	46,2	155	70,18	75	20	N.E.
NITRATOS	mg N-NO3/L		0,18	5,42		0,138	8,411	10	10	N.E.
NITRITOS	mg N-NO2/L		1,012	0,0394		0,923	0,0487	1	1	N.E.
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/L	<3,00	<5,0	<3,0	<3,00	<5,0	<3,0	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L	0,11	<0,08	3,3	0,088	<0,08	2,1	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	0,037	<0,002	0,03	<0,002	0,002	0,002	N.E.
ZINC	mg/L	<0,146	0,01	<0,12	<0,146	0,02	<0,12	15	15	2
BARIO	mg/L	<0,141	<0,8	<0,6	<0,141	<0,8	<0,6	1	1	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,0048	<0,006	<0,01	<0,0048	<0,006	<0,01	0,01	0,01	0,01
COBRE	mg/L	<0,0088	<0,01	<0,15	<0,0088	<0,01	<0,15	1	1	0,2
CROMO	mg/L	<0,0046	<0,01	<0,11	<0,0046	<0,01	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	<0,0006	<0,001	<0,002	<0,0006	<0,001	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NÍQUEL	mg/L	<0,0045	<0,01	<0,15	<0,0045	0,01	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
PLATA	mg/L	<0,007	<0,01	<0,05	<0,007	<0,01	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,0054	<0,01	<0,05	<0,0054	<0,01	<0,05	0,05	0,05	5
SELENIO	mg/L	<0,0055	<0,0152	<0,01	<0,0055	<0,0152	<0,01	0,01	0,01	0,02
ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,001	<0,01	<0,010	<0,001	<0,01	0,05	0,05	0,1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	9400	110000	2200	17000	79000	1700	20 000	1 000	5 000

CUERPO DE AGUA		RÍO SAPUYES						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo			Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo			
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	330	11000	680	7900	49000	800	2 000	N.E.	1 000

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Continuación: Tabla 5-118

CUERPO DE AGUA		QUEBRADA MACAL						LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo		Aguas arriba			Aguas abajo			Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Abril	Diciembre	Marzo	Abril	Diciembre	Marzo			
Caudal	L/sec		293	968		293	2140	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,12	6,96	7,1	7,62	7,55	7,6	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
Temperatura	(°C)	20,5	17,7	16,9	19,2	18	18,65	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	4,12	5,4	7,25	4,56	5,2	6,45	N.E.	N.E.	N.E.
Conductividad	(µS/cm)	396	45	64	426	0,114	100	N.E.	N.E.	N.E.
DBO	mg O2/L	5,2	2,68	<5	29,3	<2,0	13	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O2/L	34,5	5,22	<20	36,4	3,42	23	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<20	13	106	<20	18	36	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	-	33,5	31,5	-	65	40	N.E.	N.E.	N.E.
ACEITES Y GRASAS	mg/L	<9,0	6,4	<1,40	<9,0	5,42	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.
ALCALINIDAD	mg CaCO3/L	58	24,64	26,9	68,3	32,57	38,4	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	36	23,41	20,1	44	44,51	35,2	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CÁLCICA	mg CaCO3/L	-	13	14	-	19,8	24,9	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	UNT	26	25,5	144	10,7	53,4	46,9	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	80,5	148	160,94	36,3	268	67,709	75	20	N.E.
NITRATOS	mg N-NO3/L		0,034	1,48		0,215	1,68	10	10	N.E.
NITRITOS	mg N-NO2/L		0,481	0,0294		2,01	0,0246	1	1	N.E.
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/L	<3,00	<5,0	<3,00	<3,00	<5,0	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L	<0,062	<0,08	<0,1	<0,062	0,38	0,1065	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
ZINC	mg/L	<0,146	0,02	<0,12	<0,146	0,01	<0,12	15	15	2
BARIO	mg/L	<0,141	<0,8	<0,6	<0,141	0,102	<0,6	1	1	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,0048	<0,006	<0,010	<0,0048	<0,006	<0,01	0,01	0,01	0,01
COBRE	mg/L	<0,0088	<0,01	<0,15	<0,0088	<0,01	<0,15	1	1	0,2
CROMO	mg/L	<0,0046	<0,01	<0,11	<0,0046	<0,01	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	<0,0006	<0,001	<0,002	0,0039	<0,001	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NÍQUEL	mg/L	<0,0045	0,01	<0,15	<0,0045	0,02	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
PLATA	mg/L	<0,007	<0,01	<0,050	<0,007	<0,01	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,0054	<0,01	<0,050	<0,0054	<0,01	<0,05	0,05	0,05	5
SELENIO	mg/L	<0,0055	<0,0152	<0,010	<0,0055	<0,0152	<0,01	0,01	0,01	0,02
ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,001	<0,010	<0,010	<0,001	<0,01	0,05	0,05	0,1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	330	2000	2560	230	2000	2200	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	20	2000	600	<1.8	2000	264	2 000	N.E.	1 000

MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Continuación: Tabla 5-118

CUERPO DE AGUA		RÍO GUÁITARA			LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA		
Punto de Monitoreo					Art. 38	Art. 39	Art. 40
Parámetros	Unidades	Agosto	Diciembre	Marzo			
Caudal	L/sec		8962	27533	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,07	7,2	8,05	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
Temperatura	(°C)	11,3	18,1	14,65	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	7,28	6,8	6,5	N.E.	N.E.	N.E.
Conductividad	(µS/cm)	141,2	148	155	N.E.	N.E.	N.E.
DBO	mg O2/L	13	6,1	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O2/L	90	16,02	<20	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<10	40	46	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	-	101	75	N.E.	N.E.	N.E.
ACEITES Y GRASAS	mg/L	<10	7,71	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.
ALCALINIDAD	mg CaCO3/L	9,18	61,16	57	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	34,58	84,04	56,4	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CÁLCICA	mg CaCO3/L	-	33,75	39,5	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	UNT	3,27	12,2	42,9	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR VERDADERO	UPC	<46	65,1	35,8	75	20	N.E.
NITRATOS	mg N-NO3/L		0,604	1,01	10	10	N.E.
NITRITOS	mg N-NO2/L		0,173	<0,0030	1	1	N.E.
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/L	0,38	<5,0	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L	<0,062	<0,08	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	0,02	<0,002	0,002	0,002	N.E.
ZINC	mg/L	< 0,050	0,07	<0,12	15	15	2
BARIO	mg/L	< 0,050	<0,8	<0,6	1	1	N.E.
CADMIO	mg/L	<0,0048	<0,006	<0,010	0,01	0,01	0,01
COBRE	mg/L	< 0,10	<0,01	<0,15	1	1	0,2
CROMO	mg/L	<0,0046	<0,01	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	< 1,00	<0,001	<0,002	0,002	0,002	N.E.
NÍQUEL	mg/L	<0,02	0,01	<0,15	N.E.	N.E.	0,2
PLATA	mg/L	< 0,04	<0,01	<0,050	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg/L	< 0,01	<0,01	<0,050	0,05	0,05	5
SELENIO	mg/L	< 0,01	<0,0152	<0,010	0,01	0,01	0,02
ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,001	<0,010	0,05	0,05	0,1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	260	160000	2890	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	20	5400	890	2 000	N.E.	1 000

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

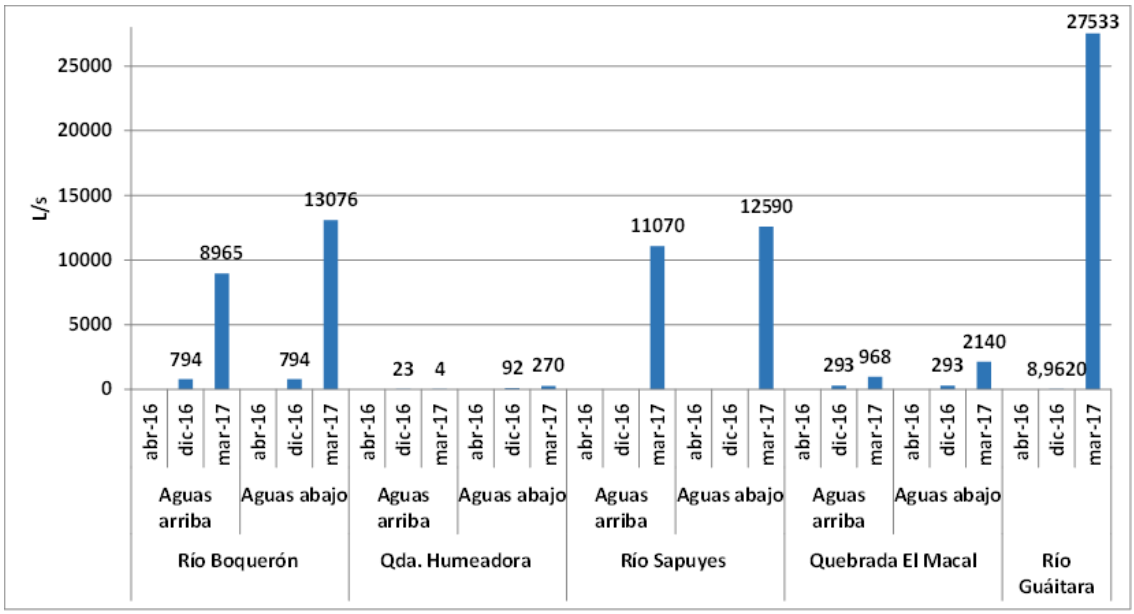
5.1.6.2.2 **Análisis de resultados.**

- **Caudal.**

Los resultados obtenidos de Caudal permiten ver claramente el aumento en los valores de las estaciones ubicadas aguas abajo con referencia a las estaciones aguas arriba en la mayoría de los cuerpos de aguas evaluados. Por su parte el río Boquerón reporto un valor homogéneo de caudal en la estación aguas arriba y aguas abajo (794 L/s) para el mes de diciembre 2016, sin embargo en el mes de marzo de 2017, se observa aumento en el caudal entres las estación aguas arriba y aguas abajo, pasando de 8965 L/s a 13076 L/s, respectivamente (**Figura 5.113**), La quebrada Humeadora presentó los valores de caudal más elevados para el mes de marzo en la estación aguas abajo (270 L/s) con referencia al mes de diciembre (4 L/s). Por otra parte, la quebrada El Macal presento valores de caudal mayores para el mes de marzo (aguas arriba 968 L/s y aguas abajo 2140 L/s) en comparación con el mes de diciembre (aguas arriba y aguas abajo 293 L/s). Un comportamiento similar presento la estación de monitoreo sobre el río Guáitara, ya que reporto el valor más alto de caudal para el mes de marzo con 27533 L/s con referencia al mes de diciembre

presento un valor de 8,96 L/s (**Figura 5.113**). En general, se puede observar que los valores presentaron una considerable variación en el mes de marzo en comparación con los resultados obtenidos en el monitoreo realizado en diciembre de 2016, evidenciándose en la mayoría de las estaciones un caudal más alto en el mes de marzo. Este comportamiento se a la influencia de la época climática en la región, donde las precipitaciones son mayores durante el mes de marzo en comparación al mes de diciembre (época climática de lluvias y época seca).

Figura 5.113 Valores de Caudal, reportados en los diferentes monitoreos.

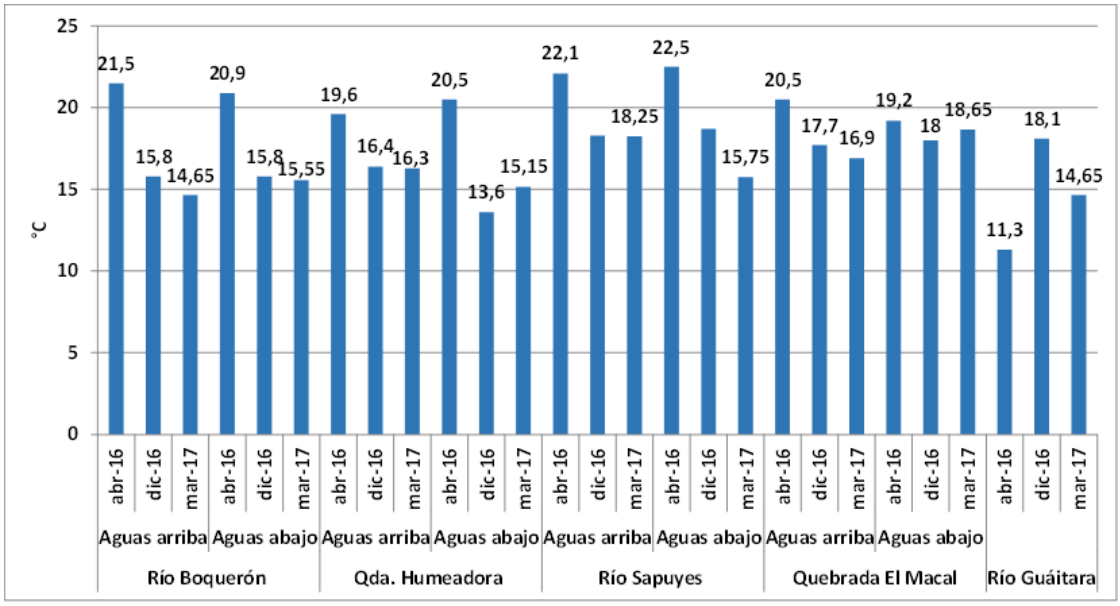


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Temperatura.**

Los valores de temperatura reportados un valor promedio de 17,46 ± 2,75 °C en las estaciones monitoreadas (río Boquerón, quebrada Humeadora, quebrada el Macal, río Sapuyes, aguas arriba y aguas abajo respectivamente, y río Guáitara) durante toda la fase evaluada, estos valores se encuentran dentro la temperatura promedio anual para la región, la cual oscila en las tres fechas de monitoreo entre 11,3 °C y 22,5,0 °C , la mayor temperatura se presentó en el río Sapuyes aguas abajo sobre el mes de abril del 2016 reportando un valor de 22,5°C y la temperatura mínima se reportó para el río Guáitara con 11,3°C (**Figura 5.114**). El río Boquerón presenta resultados de temperatura heterogéneos entre las tres época de monitoreo, presentando las temperaturas más bajas para el mes de marzo del 2017 (14,65 °C aguas arriba y 15,55 °C aguas abajo) en comparación con los valores obtenidos en el mes de abril de 2016 (21,5 °C aguas arriba y 20,9 °C aguas abajo) (**Figura 5.114**). Por su parte la quebrada Humeadora en los meses de diciembre de 2016 y marzo de 2017 presentaron valores de temperatura similares, reportando la temperatura las baja el mes de diciembre (13,6 °C), las temperaturas más elevada se presentó en el mes de abril de 2016 con 20,5 °C. Es claro observar que la temperatura presenta una disminución en el mes de marzo de 2017 en comparación con el mes de abril de 2016 (**Figura 5.114**). Por su parte el río Sapuyes presento un comportamiento similar al anterior cuerpo de agua mencionado, sin embargo, los cinco cuerpos de aguas el río Sapuyes presento las temperaturas más elevadas (22,1 °C, abril de 2016), de esta forma se evidencia la disminución de temperatura entre el me de abril de 2016 y marzo de 2017 para cuatro de los cinco cuerpos de agua evaluados. Por su parte, el río Guáitara presentó un comportamiento diferente a los otros cuerpos de aguas, reportando aumento en la temperatura en el paso del tiempo pasando de 11,3 °C en el mes de abril de 2016 a 18,1 °C para el mes de diciembre de 2016 y 14,65 °C en el mes de marzo de 2017. Los valores aquí reportados son consecuencia de variables propias del punto de muestreo, de la hora de toma, época climática y características físicas del cuerpo de agua.

Figura 5.114 Valores de Temperatura, reportados en los diferentes monitoreos.

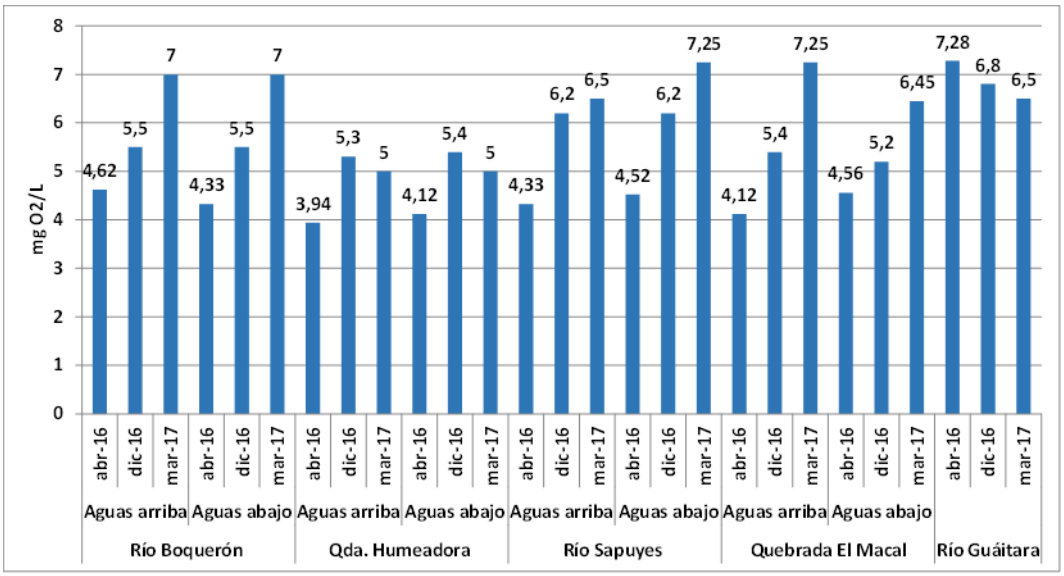


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Oxígeno disuelto**

Para el caso del oxígeno disuelto (OD), las concentraciones registradas durante los periodos de monitoreo en las nueve estaciones, presentaron un valor promedio de 5, 70 ±1,07 mg/L oscilando entre 3,94 y 7,28 mg/L., el río Boquerón presento los valores de oxígeno disuelto más elevados para el mes de marzo de 2017 con 7 mgO_2/L y en el mes de abril de 2016 se reportaron las concentraciones más bajas con 4,33 mg O_2/L (**Figura 5.115**). Un comportamiento similar, se observó para el río Sapuyes, quebrada El Macal. Por otra parte, el río Guáitara reporto un comportamiento inverso a los demás cuerpos de agua, presentando concentraciones más elevada en el mes de abril de 2016 con 7,28 mgO_2/l y 6,5 mgO_2/l para el mes de marzo de 2017. Estas condiciones son influenciadas directamente por la temperatura característica de la zona y la hora de la toma de la muestra. Se evidencia una marcada variación entre los valores tomados entre el mes de abril del 2016 y el mes de marzo del 2017, esto se debe al aumento que se presenta en el mes de marzo debido a la época climática (lluvia), lo cual genera una mayor oxigenación del agua.

Figura 5.115 Valores de Oxígeno disuelto, reportados en los diferentes monitoreos.

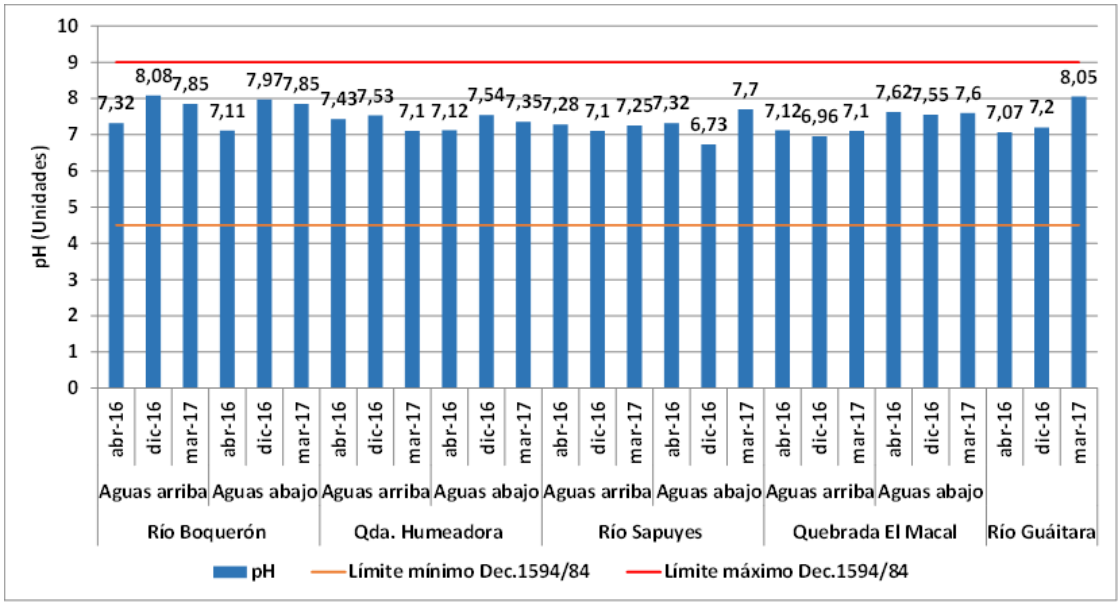


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **pH**

El pH en general reporto una tendencia a la neutralidad en los cuerpos de aguas evaluados durante el tiempo de monitoreo, presentando un valor promedio de 7,40 ± 0,35 unidades, la estación de monitoreo aguas arriba sobre el río Boquerón presento el valor más elevado (8,08 unidades) para el mes de diciembre del 2016, por el contrario, la estación de monitoreo río Sapuyes aguas abajo reporto el valor más bajo (6,73 unidades) para la misma fecha (**Figura 5.116**). Los niveles obtenidos están dentro de lo reportado para cuerpos de aguas continentales superficiales no contaminadas donde el pH generalmente fluctúa entre 5 a 9 (Romero, 1995). A nivel normativo las estaciones cumplen con el rango óptimo estipulado en el Decreto 1594/84, no representando riesgo en la utilización del recurso en actividades agropecuarias, recreativas y para la preservación de la flora y fauna. Los valores obtenidos para los cuerpos de agua evaluados en las diferentes épocas no presentaron variaciones significativas. Al comparar los valores de pH con la normativa ambiental vigente, todas las estaciones cumplen con los límites establecidos en el Decreto 1594 de 1984 (artículos 38, 39, 40).

Figura 5.116 Valores de pH, reportados en los diferentes monitoreos.

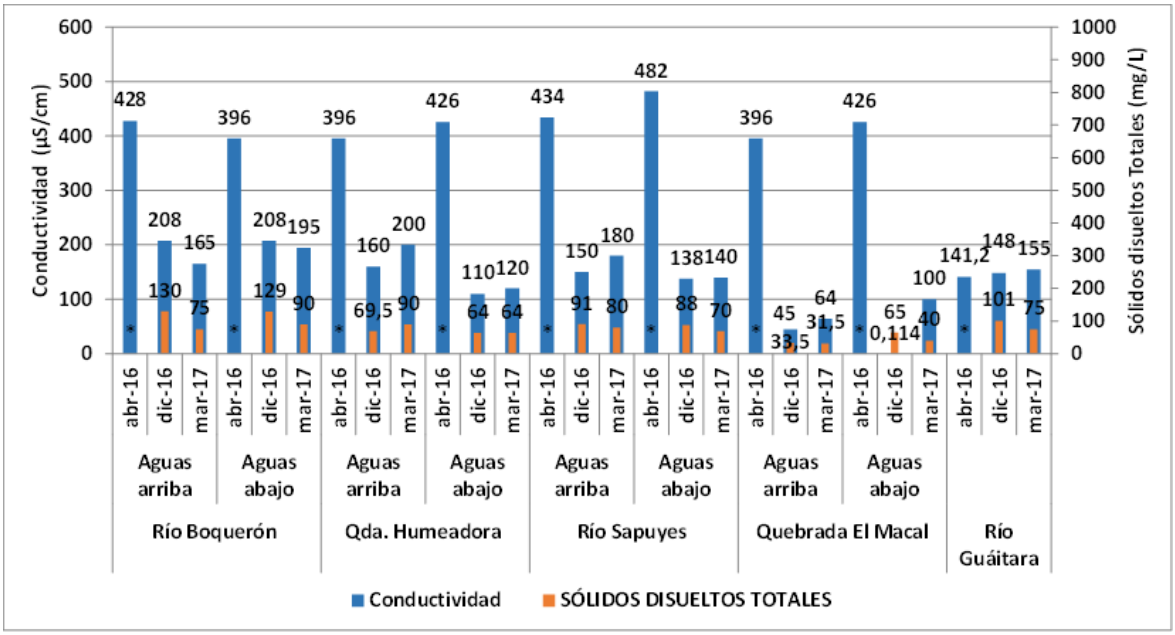


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Conductividad – Sólidos disueltos totales.**

La conductividad presento valores de entre 0,045 y 482 µS/cm, presentado la mayor conductividad en el río Sapuyes aguas abajo para el mes de abril del 2016 y menor valor en la quebrada el Macal aguas arriba en el mes de diciembre del mismo año. El río boquerón reporto el menor valor para el mes de marzo de 2017 con 165 µS/cm, mientras que el mes de abril de 2016 se reporta el valor más alto con 428 µS/cm (**Figura 5.117**), presentado una disminución en el mes de marzo de 2017 con referencia a los meses anteriores (abril y diciembre de 2016). Por otra parte, la quebrada Humeadora presento el valor más bajo en el mes de diciembre de 2016 con 160 µS/cm y 426 µS/cm en el mes abril de 2016, evidenciando una dimisión en la concertación entre los meses de abril y diciembre, sin embargo para el mes de marzo del 2017 se observa un leve aumento (**Figura 5.117**). Comportamiento similar se presentó en el río Sapuyes y la quebrada El Macal. Para el río Guáitara se observó un comportamiento contrario presentando los mayores valores en el mes de marzo de 2017 y diciembre 2016 con 155 y 148 µS/cm, respectivamente, y el valor más bajo para el mes de abril de 2016 (**Figura 5.117**). Se observa claramente los picos de aumento de este parámetro en de transición época seca-época de lluvias durante el tiempo de monitoreo de los cuerpos de agua, debido a menor cantidad de agua a mayor concentración de sales (**Figura 5.117**). El parámetro anterior presenta relación con los sólidos disueltos totales para cada época y cada sistema, los cuales reflejan los valores más altos en los meses de diciembre del 2016 en comparación con los valores obtenidos del mes de marzo del 2017, la concentración más elevada (130 mg/L) se reportó en el río Boquerón y en la quebrada el macal aguas arriba se presentó el valor más bajo (31,5 mg/L). Según los resultados se observa una mínima diferencia entre las estacionas aguas arriba y aguas abajo de los cuerpos, al mismo tiempo se evidencia una disminución en la conductividad para el mes de diciembre del 2016 y marzo del 2017 con referencia a los valores obtenidos en para el mes de abril de 2016, esto se debe a la época climática presente para el mes de marzo donde aumenta el flujo de caudal en los cuerpos de agua permitiendo una mayor dilución de los iones en la misma.

Figura 5.117 Valores de Conductividad y Sólidos disueltos totales, reportados en los diferentes monitoreos.



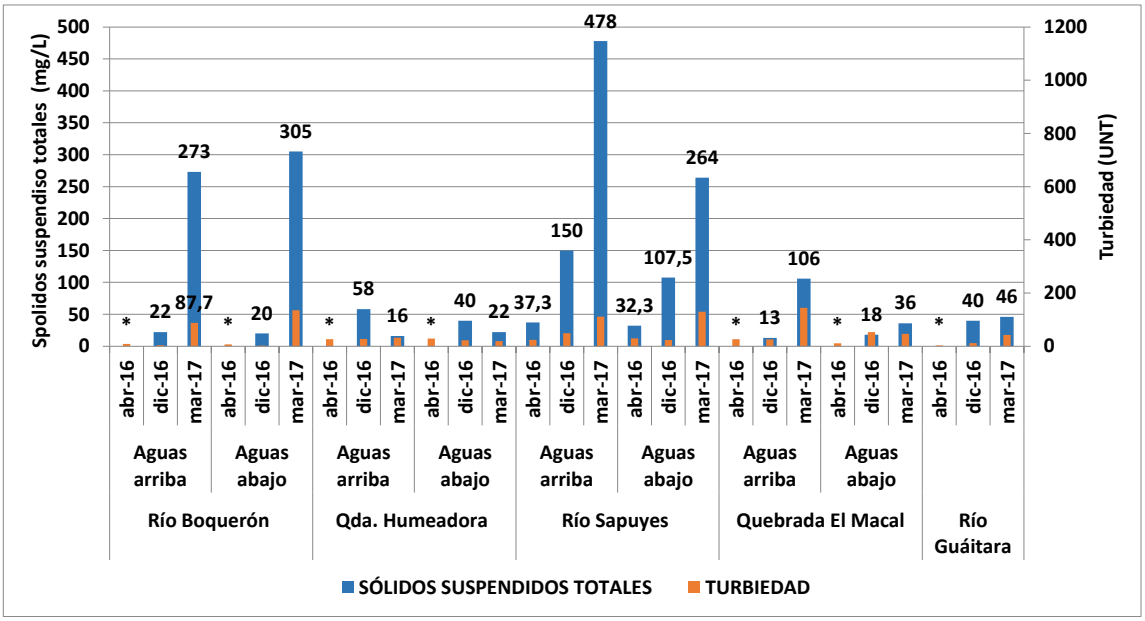
*No se tienen registros del parámetro.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Sólidos suspendidos totales – Turbiedad.**

Por su parte los sólidos suspendidos totales presentaron valores que oscilaron entre menores al límite de detección para la técnica analítica empleada para su análisis en el laboratorio (<10 mg/L) para el río Guáitara en el mes de agostos de 2016, (<20 mg/L) para los demás cuerpos de aguas evaluados para el mes de abril del 2016, la concentración más alta se reportó el río Sapuyes aguas arriba en el mes de marzo del 2017 (**Figura 5.118**). De esta forma se observa que los cuerpos de aguas evaluados presentaron aumento en las concentraciones de sólidos sedimentables para el monitoreo realizado en el mes de marzo 2017 con referencia al mes de abril de 2016, lo cual está relacionado con la época climática de la zona, debido que en el mes de marzo la presencia de las lluvias genera mayor arrastre y lavado, aumentado de esta forma las concentraciones solidas sedimentables. Lo sólidos suspendidos está directamente lo relacionados con la turbiedad registrando el mismo comportamiento anterior descrito (**Figura 5.118**).

Figura 5.118 Valores de Sólidos suspendidos totales y Turbiedad, reportados en los diferentes monitoreos.

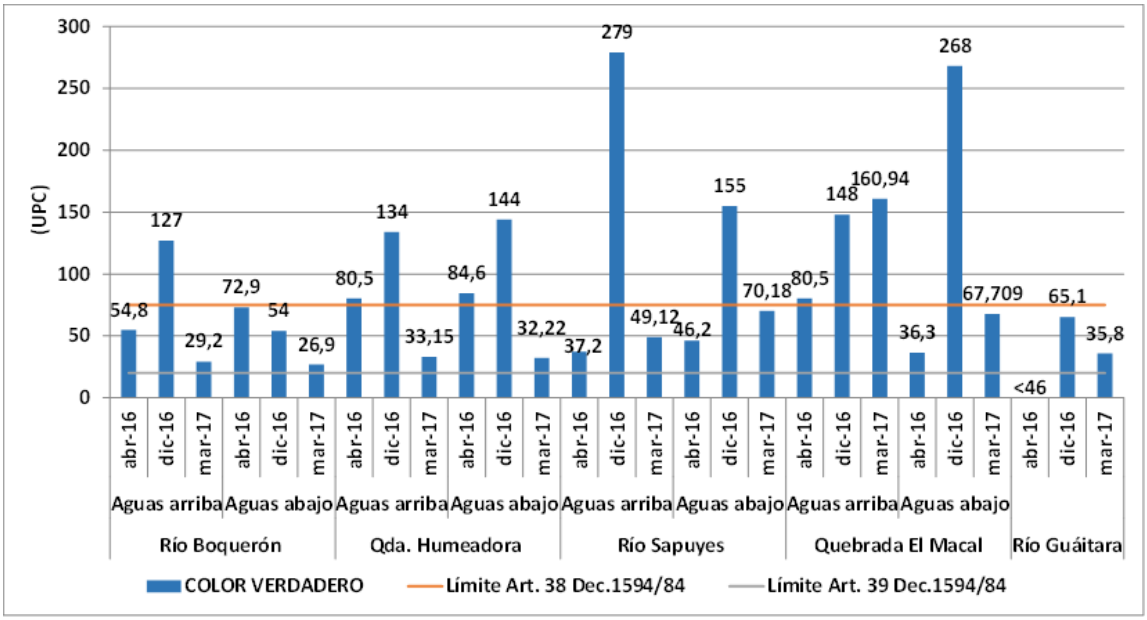


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Color.**

Por otra parte, el **color** reporto valores heterogéneos entre las estaciones evaluadas, reportando los valores más elevados en la quebrada el Macal aguas abajo y el río Sapuyes aguas arriba con 279 y 268 UPC (**Figura 5.119**). El río Boquerón presenta una disminución en los valores en la estación aguas abajo con referencia a la estación aguas arriba, se presenta los valores más elevados en los meses de abril y diciembre, por su parte en el mes de marzo de 2017, se evidencia una disminución en los valores de color, este comportamiento se también se presenta en la quebrada Humeadora (**Figura 5.119**). En el río Sapuyes y la quebarda El Macal se presenta un comportamiento de aumento en los valores de color real, aumentando en las estaciones aguas abajo con relación a la estación ubicada aguas arriba para los meses de abril del 2016 y marzo 2017, en el mes de diciembre de 2016, por el contrario, se reporta disminución en los valores de color real (**Figura 5.119**). Estos valores se deben principalmente a que, para realizar el análisis se retiran los sólidos en suspensión y la presencia de sustancia residuales que contengan metales como el hierro o manganeso. Se observa claramente que el mes de diciembre de 2016 se presentaron los mayores valores en las estaciones evaluadas con referencia a los meses de abril del 2016 y marzo 2017. Estos valores no cumplen con lo estipulado en la normatividad ambiental vigente, por lo que se puede concluir que el recurso se le debe aplicar tratamiento convencional en caso de emplearse para uso doméstico y/o consumo humano. Sin embargo, para el río Guáitara en el mes de abril del 2016 se dio cumplimiento a la normativa ambiental vigente, para la estación aguas arriba al presentar valores inferiores a los límites estipulados en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594/84.

Figura 5.119 Valores de Color verdadero, reportados en los diferentes monitoreos.

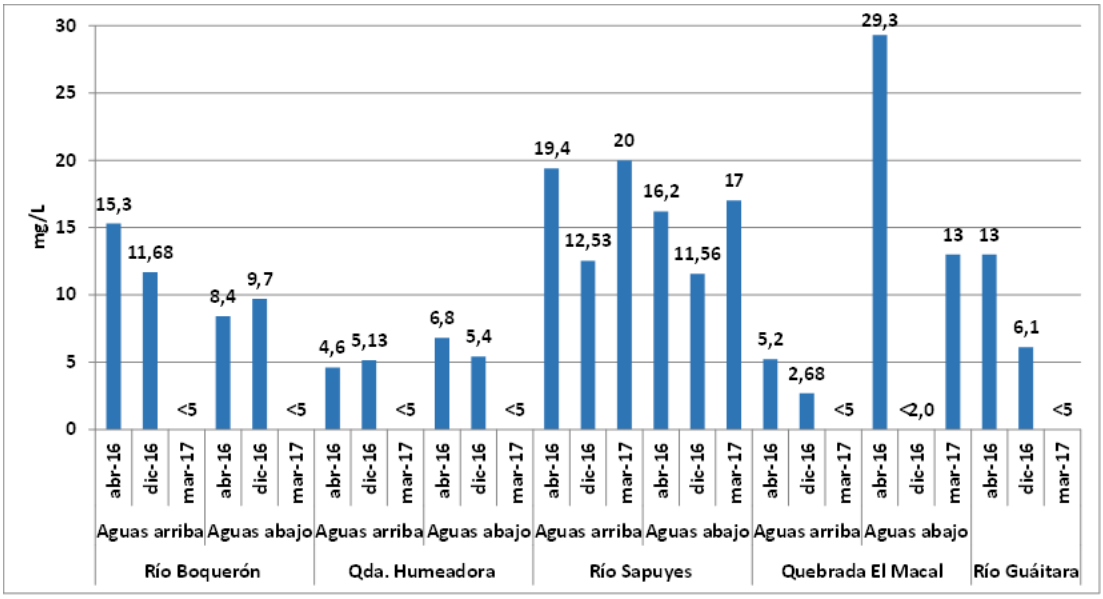


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **DBO - DQO**

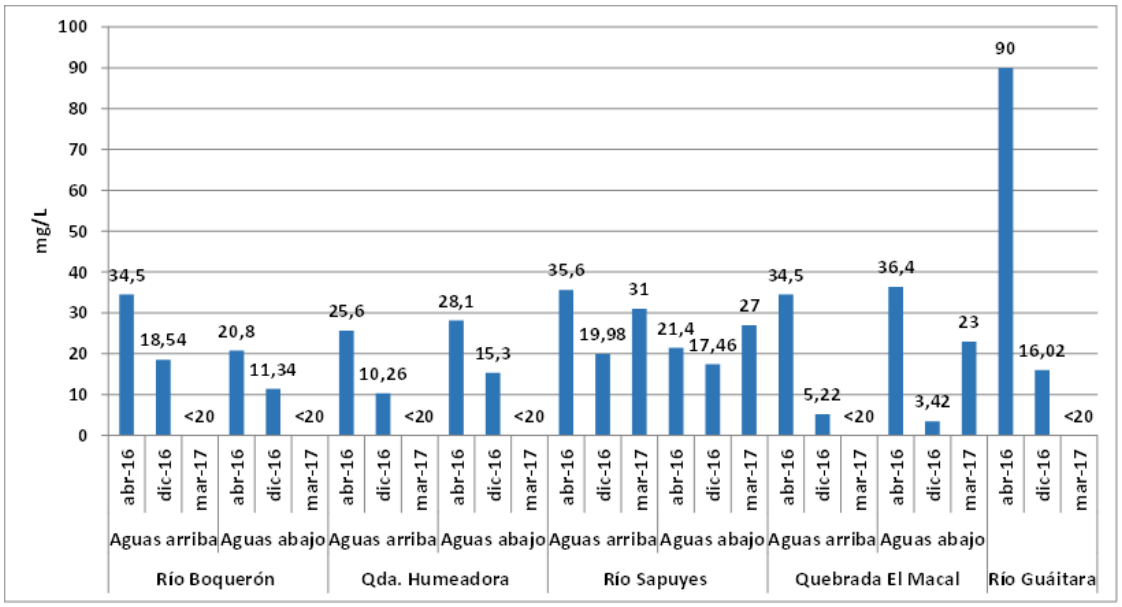
La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en la quebrada El Macal aguas abajo presentó el valor más alto (29,3 mg/L) abril de 2016, esto se debe posiblemente a la descomposición de materia orgánica principalmente vegetal y el arrastre de la mismas al cuerpo de agua por las lluvias, sin embargo, en la mayoría de los cuerpos de aguas evaluados en las estaciones aguas abajo se observa diminución en la concentración en comparación con la estación aguas arriba, para las diferentes fechas de monitoreo. Por su parte la quebrada Humeadora aguas abajo reporto aumento en las concentraciones de DBO con relación a la estación aguas arriba para los meses de abril y diciembre del 2016, similar comportamiento presento la quebrada el Macal para el mes de marzo de 2017, esto se debe posiblemente a la descomposición de materia orgánica vegetal al interior de este afluente (**Figura 5.120**). La **DQO** por su parte reportó concentraciones que oscilan entre valores menores al límite de detección para la técnica analítica empleada en el laboratorio (<20 mg/L) y 90 mg/L, este último valor se presentó en la estación de monitoreo sobre el río Guáitara en el mes de agosto de 2016. Para todos los cuerpos aguas río Boquerón, quebrada Humeadora en el mes de marzo se reportaron valores inferiores al límite de detección para la técnica analítica empleada para su análisis (<20 mg/L) en las estaciones aguas arriba y aguas abajo. Los valores más altos se reportaron en las estaciones aguas arriba en el mes de abril de 2016 para cada uno de los cuerpos de agua evaluados, y los más bajos en los meses de marzo 2017. Aunque en la norma no hay valores especificados para esta variable, Marín (2009), reporta que concentraciones superiores a 8 mg/L, están relacionadas con ambientes afectados por presencia de materia orgánica (**Figura 5.121**).

Figura 5.120 Valores de DBO5, reportados en los diferentes monitoreos.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.121 Valores de DQO, reportados en los diferentes monitoreos.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

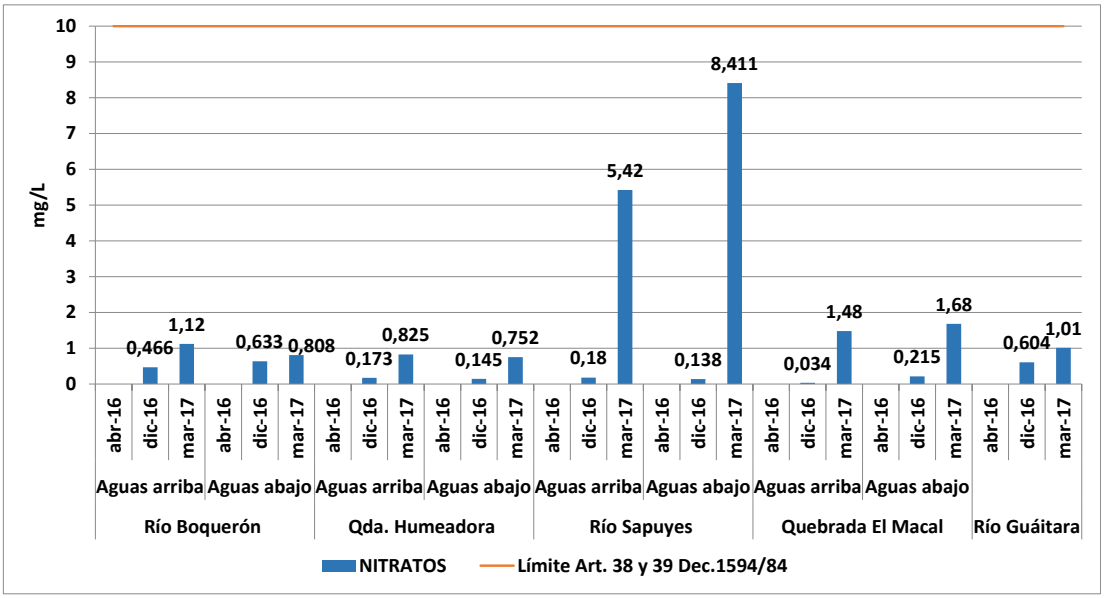
- **Nitratos – Nitritos – Nitrógeno total.**

Por su parte los nitratos que esta relación con la degradación de la materia orgánica, presentaron concentraciones que oscilan entre 0,0034 mg/L para la quebrada el Macal aguas arriba en el mes de diciembre del 2016 y 8,411 mg/ en el río Sapuyes aguas abajo para el mes de marzo de 2017 (**Figura 5.122**). El río Boquerón para el mes de diciembre de 2016 reporto un leve aumento entre las estaciones aguas arriba (0,466) y aguas abajo (0,633 mg/L), por su parte en el mes de marzo por el contrario se observó una disminución en las concentraciones pasando de 1,12 mg/L a 0,808 mg/L, aguas arriba y aguas

abajo, respectivamente (**Figura 5.123**). Por el contrario, en los demás cuerpos de aguas se observó incremento de las concentraciones en la estación aguas abajo con referencia a la estación aguas arriba. Atreves del tiempo para las dos épocas de monitoreo sobre los cinco cuerpos de agua se observan las concentraciones más elevada en el mes de marzo de 2017 y las más bajas para el mes de diciembre (**Figura 5.123**). Este comportamiento se debe a la época de lluvias en la zona para el mes de marzo. Estos valores cumplen con lo estipulado en la normatividad ambiental vigente (10 mg/L), por lo que se puede concluir que el recurso se puede emplear para uso doméstico y/o consumo humano, así como para uso agrícola, en cuanto a la concentración de nitratos se refiere.

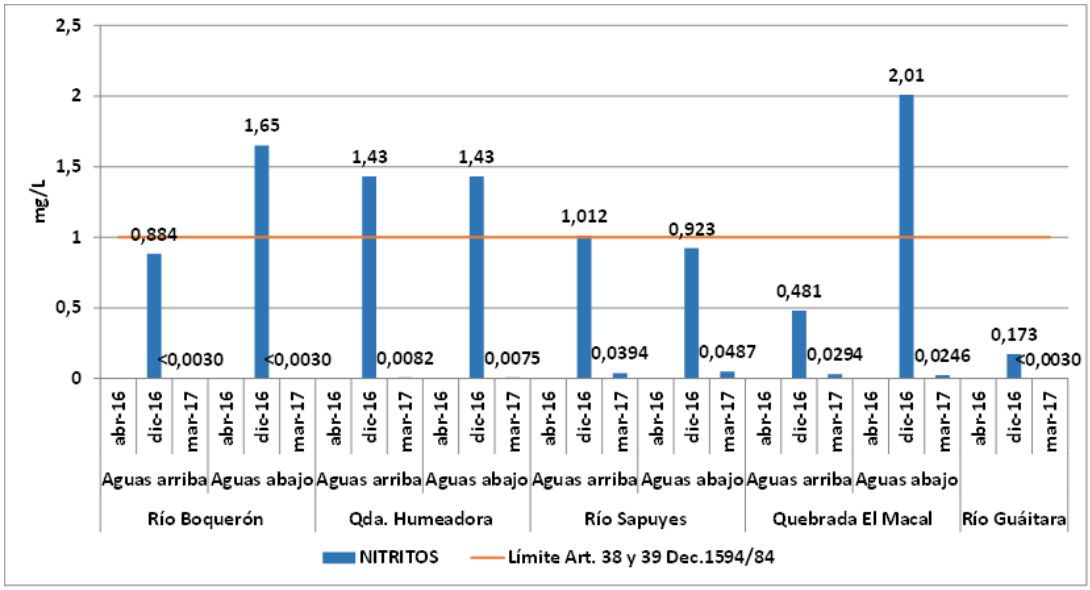
Comportamiento inverso se presentó para los nitritos reportando la concentración más alta en la quebrada macal aguas abajo con 2,01 mg/L en el mes de diciembre de 2016 y la concentración más baja para la quebrada Humeadora aguas abajo con 0,0075 mg/L (**Figura 5.123**). Los resultados obtenidos evidencian un comportamiento homogéneo, al reportar disminución en la concentración de nitritos en las estaciones aguas abajo con relación a las estaciones aguas abajo y las concentraciones más bajas para el mes de marzo del 2017 con relación al mes de diciembre de 2016. Los valores de nitritos en el río Boquerón en la estación aguas abajo, quebrada Humeadora aguas arriba y aguas abajo, río Sapuyes aguas arriba y quebrada El Macal aguas abajo para el mes de diciembre de 2016 (**Figura 5.123**), sugieren el uso de un tratamiento convencional si se pretende destinar el recurso para consumo humano y/o uso doméstico, uso agrícola, según el límite establecido por los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 (1 mg/L). Finalmente, el nitrógeno total (Kjeldahl), presento valores homogéneos con concentraciones menores al límite de detección para la técnica analítica empleada para su análisis en el laboratorio, en la mayoría de las estaciones evaluadas para las diferentes épocas, con excepción del río Guáitara en el mes de agosto del 2016 que presento un valor de 0,38 mg/L.

Figura 5.122 Valores de Nitratos, reportados en los diferentes monitoreos.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.123 Valores de Nitritos, reportados en los diferentes monitoreos.



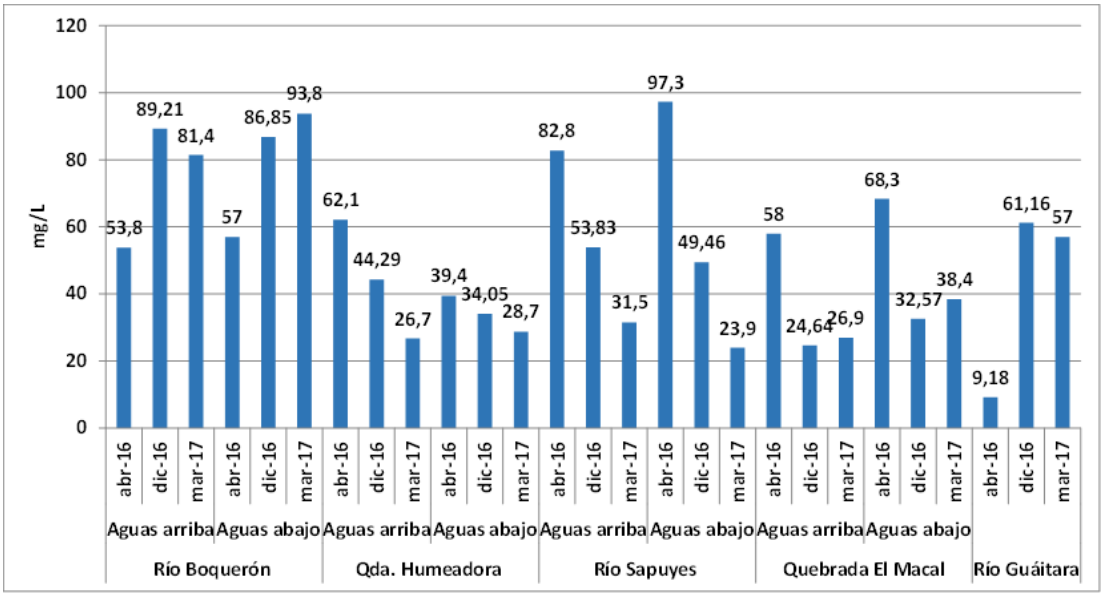
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Alcalinidad – Dureza total – Dureza Cálcica.**

La alcalinidad por su parte reportó concentraciones que oscilaron entre 9,18 y 97,3 mg/L, para la estación de monitoreo sobre el río Sapuyes aguas arriba y aguas abajo, respectivamente en el mes de abril del 2017. En términos generales la mayoría de las estaciones evaluada presenta concentraciones altas y similares entre las de monitoreo (aguas arriba y aguas abajo) (**Figura 5.124**). Por su parte el rio Boquerón, Guáitara y la quebrada El Macal reportaron aumento en los valores de alcalinidad para la estación aguas abajo con referencia a la estación aguas arriba en las tres épocas de monitoreo. Por su parte la quebrada

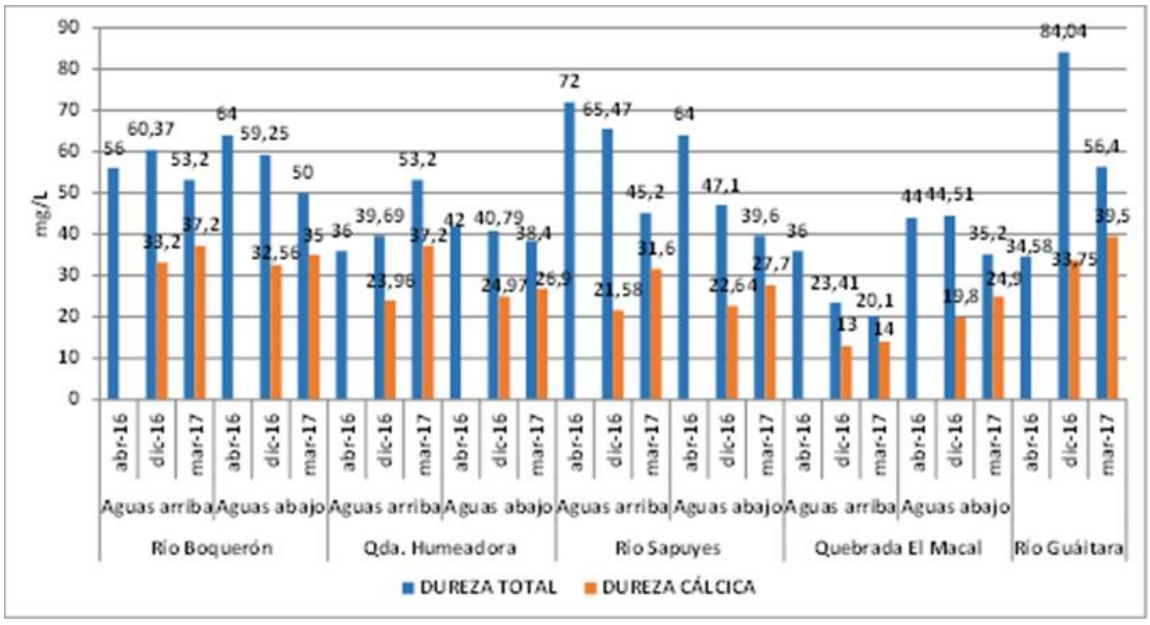
la Humeadora reportó disminución en los valores de alcalinidad para la estación aguas abajo con referencia a la estación aguas arriba, en las tres épocas. El mismo comportamiento presentó la dureza total y cálcica reportando concentraciones similar entre las estaciones de monitoreo aguas arriba y aguas abajo para cada uno de los cuerpos de agua evaluados, al mismo tiempo no presenta un patrón marcado entre las diferentes fechas de monitoreo (**Figura 5.125**).

Figura 5.124 Valores de Alcalinidad, reportados en los diferentes monitoreos.



MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.125 Valores de Dureza total y dureza cálcica, reportados en los diferentes monitoreos.

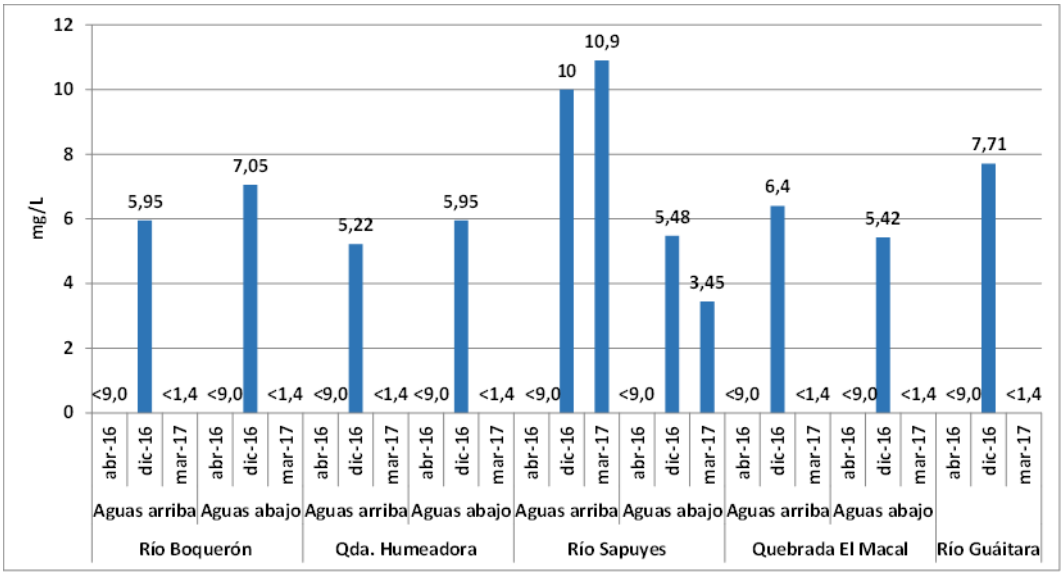


MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Grasas y aceites – Fenoles.**

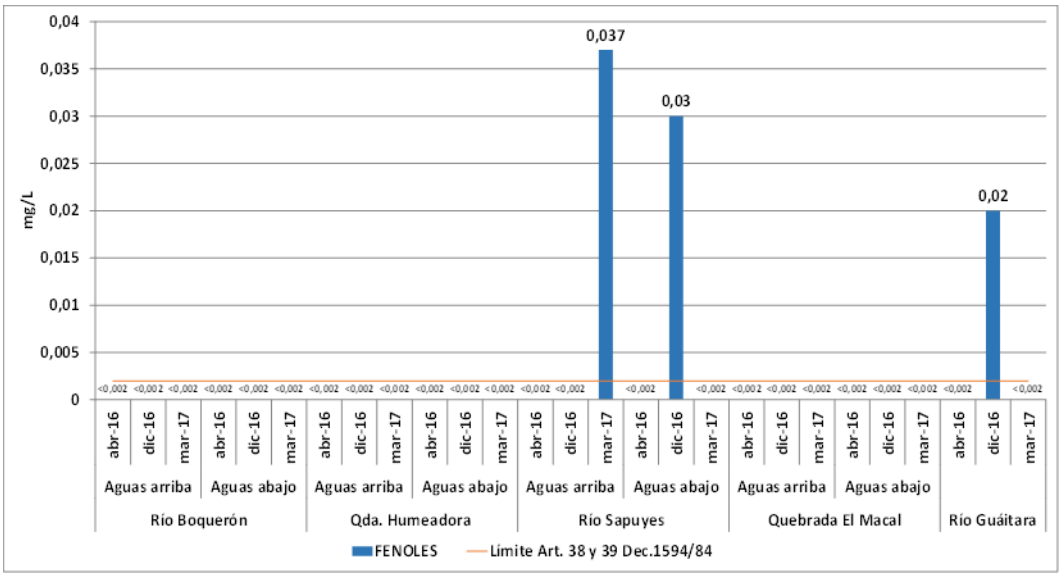
Las variables Grasas y Aceites, Fenoles (sustancias químicas que hacen parte de la familia de los compuestos orgánicos), que se encuentra relacionadas directamente a la actividad de extracción de hidrocarburos, en la mayoría estaciones monitoreadas, durante las fases evaluadas en el mes de abril, agosto del 2016 y marzo de 2017 evidenciaron para las grasas y aceites valores indetectables por medio de la técnica analítica empleada para su respectiva evaluación (< 9,0 mg/L, <10mg/L, <1,40 mg/l), a excepción de las estaciones sobre el río Sapuyes (aguas arriba, aguas abajo) que reportaron valores de 10,9 y 3,45 mg/L, respectivamente, sin embargo en el mes de diciembre del 2016 se reportaron valores que oscilaron entre 10 mg/L (río Sapuyes aguas arriba) y 5,22 mg/L (quebrada Humeadora aguas arriba). Por su parte los fenoles reportaron concentraciones de 0,02 mg/L para la estación Guáitira, 0,03 mg/L en el río Sapuyes aguas abajo en el mes de diciembre del 2016, y 0,037 para el río Sapuyes aguas arriba en el mes de marzo del 2017. Al realizar la comparación con la normativa ambiental, se puede afirmar el no cumplimiento a la normativa ambiental vigente, porque supera los límites estipulado en el artículo 38 y 39 (<0,002 mg/L) (**Figura 5.126**). Por su parte los fenoles reportaron concentraciones de 0,02 mg/L para la estación Guáitira, 0,03 mg/L en el río Sapuyes aguas abajo en diciembre de 2016, y 0,037 para el río Sapuyes aguas arriba en marzo 2017. Al realizar la comparación con la normativa ambiental, se puede afirmar el no cumplimiento a la normativa ambiental vigente, porque supera los límites estipulados en el artículo 38 y 39 (<0,002 mg/L) (**Figura 5.127**). Sin embargo, las demás estaciones en los periodos que fueron evaluadas presentaron cumplimiento a la norma ambiental vigente.

Figura 5.126 Valores de Grasas y aceites, reportados en los diferentes monitoreos.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Figura 5.127 Valores de fenoles, reportados en los diferentes monitoreos.

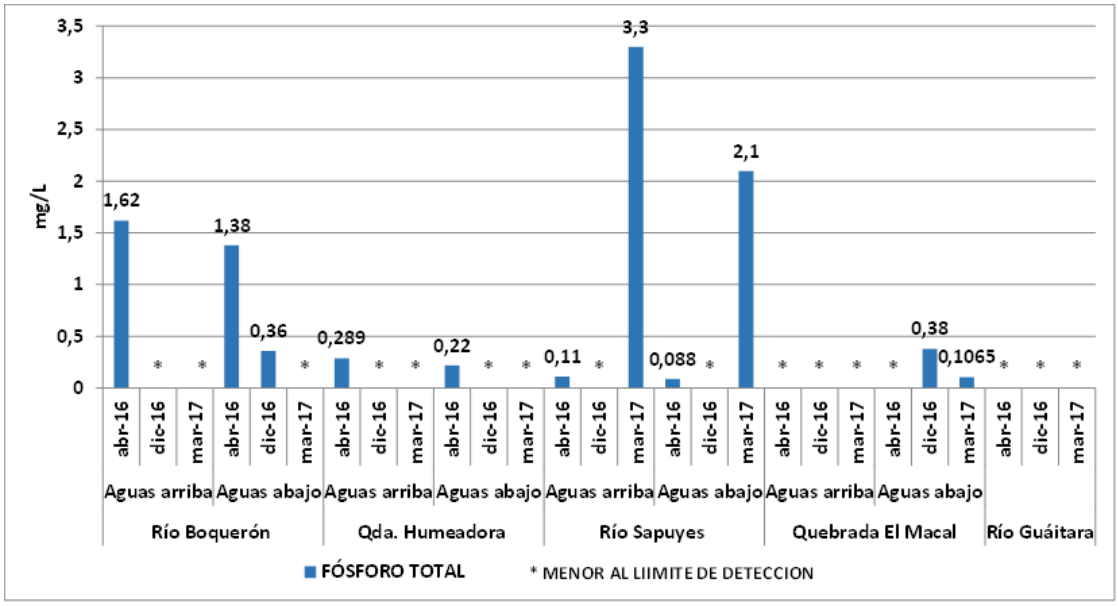


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Fósforo.**

El fosforo reportó concentraciones entre, menores al límite de detección de técnica analítica empleada para su análisis y, 3,3 mg/L durante los monitoreos realizados en los diez cuerpos de agua. Se reportaron las concentraciones más altas en el río Sapuyes aguas arriba y aguas abajo (3,3 y 2,1 mg/L, respectivamente) para el mes de marzo del 2017, seguido del río Boquerón aguas arriba y aguas abajo (1,62 y 1,38 mg/L, respectivamente) en el mes de abril del 2016, en los dos casos e igual que las demás estaciones se evidencia la disminución en las concentraciones para las estaciones aguas abajo con referencia a la estación aguas arriba de cada uno de los cuerpos de agua evaluados que reportaron valores (**Figura 5.128**). Este comportamiento, posiblemente es por la descomposición de materia orgánica (vegetal) en los cuerpos de agua.

Figura 5.128 Valores de Fósforo, reportados en los diferentes monitoreos.

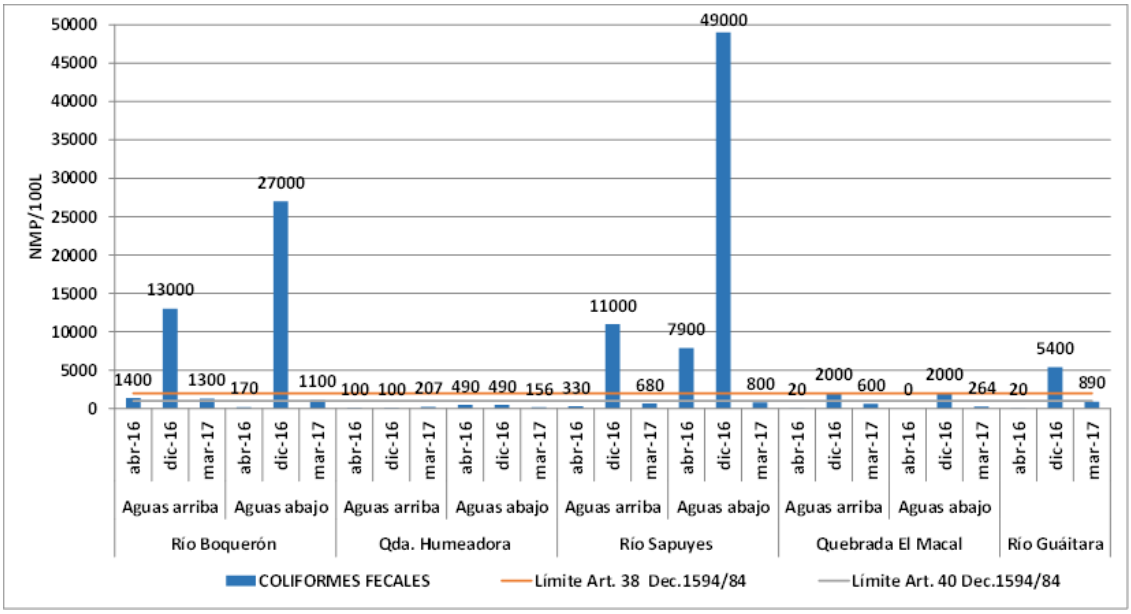


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Coliformes fecales.**

Los Coliformes fecales presentaron valores que oscilaron entre 20 y 49000 NPM/100 ml, la concentración más elevada de se presentó en la quebrada Sapuyes aguas abajo en el mes de diciembre del 2016, por el contrario, en río Guáitara se presentó la concentración más baja para el mes de agosto de 2016. Al realizar la comparación con la normativa ambiental vigente (Dec.1594/84) se evidencia que las estaciones de monitoreo río Boquerón aguas arriba, río Sapuyes aguas abajo en el mes de abril 2016, el río Boquerón aguas arriba y aguas abajo, río Guáitara, quebrada el Macal aguas arriba y aguas abajo, río Sapuyes aguas arriba y aguas abajo para monitoreo del mes de diciembre del mismo año, superan los límites establecidos en el artículo 40, de dicho decreto, por lo que el recurso no puede ser destinado para fines agrícolas. Para el mes de marzo del 2017 la mayoría de las estacione reportó concentraciones inferiores al límite de establecido en la normativa ambiental Decreto 1594 de 1984 (art.38 y 40). Sin embargo, en las estaciones de monitoreo sobre el río Boquerón (aguas arriba y aguas abajo) superan el límite establecido en el artículo 40 (1000 NMP/100mL). En transcurso del tiempo se observa que las concentraciones de Coliformes fecales son heterogéneas con una tendencia a la disminución en los meses de abril de 2016 y marzo de 2017 con referencia al mes de diciembre de 2016 (**Figura 5.129**). Este comportamiento posiblemente se debe a la actividad de algunos animales silvestres que utilizar los cuerpos de agua como bebedero.

Figura 5.129 Valores de Coliformes fecales, reportados en los diferentes monitoreos.

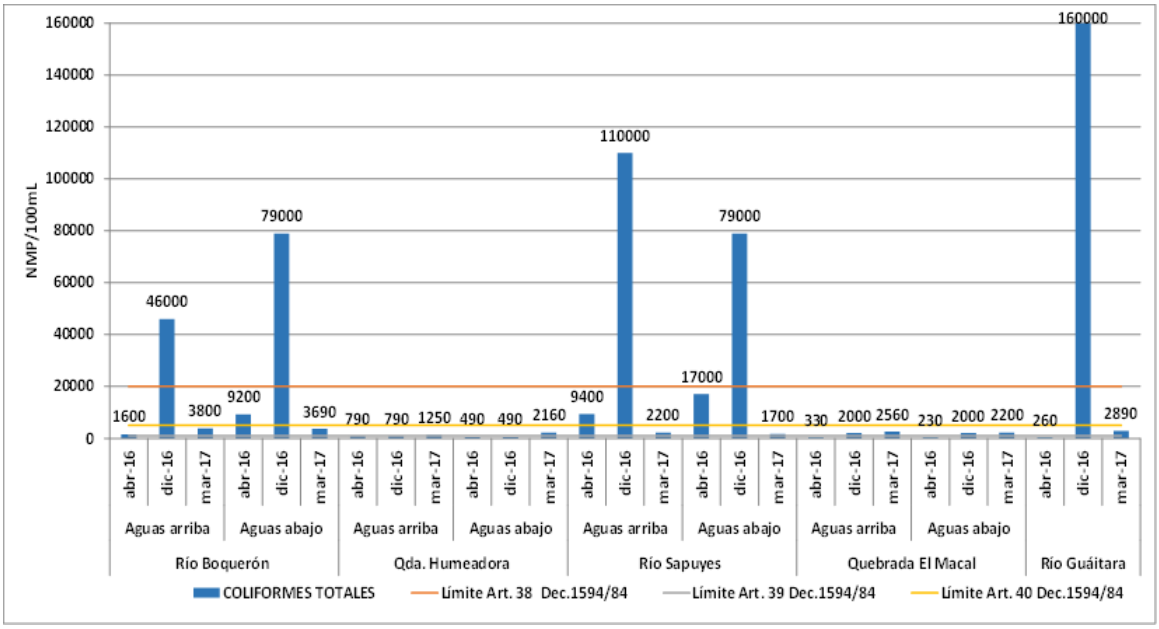


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

- **Coliformes totales.**

Por su parte los Coliformes totales reportaron concentraciones entre 260 NMP/100mL para río Guáitara y 160000 NMP/100mL río Sapuyes aguas abajo. Al realizar la comparación con la normativa ambiental vigente (Decreto 1594/84), el río Guáitara, Boquerón aguas arriba y aguas abajo, Sapuyes aguas arriba y aguas abajo, en el mes de diciembre del 2016, presenta concentraciones superiores al límite máximo permitido en el artículo 38, 39, 40, sin embargo el mes de abril de 2016 la quebrada Humeadora aguas arriba y aguas abajo, el río Guáitara en el mes de agosto dieron cumpliendo a la normativa ambiental vigente, presentado concentraciones inferiores a las estipuladas en los artículos 38, 39 y 40 (**Figura 5.130**). Al revisar el comportamiento en el tiempo se observa concentraciones heterogéneas durante los periodos de monitoreo presenta una tendencia a aumentar en el mes de diciembre para todas las estaciones evaluadas.

Figura 5.130 Valores de Coliformes totales, reportados en los diferentes monitoreos.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Para finalizar, los metales evaluados como, arsénico, cadmio, cromo, selenio, plata y el plomo, presentaron concentraciones menores al límite detección para la técnica analítica empleando para su respectivo análisis en el laboratorio en todas las estaciones evaluadas durante los tres monitoreo. Por otra parte, el bario presentó un comportamiento similar con la diferencia que la quebrada el Macal aguas abajo, para el mes de diciembre del 2016, fue la única estación que reporto una concentración de 0,102 mg/L. El cobre y mercurio reportaron en las estaciones evaluadas en el mes de abril 2016 valores que oscilaron entre 0,0098 mg/L y 0,018 mg/L para el cobre y en el caso del mercurio 0,001 y 0,017 mg/L, para los monitores de agosto, diciembre de 2016 y marzo de 2017 se reportaron concentraciones inferiores al límite de detección por la técnica analítica utilizada para su análisis.

Por su parte, el **Zinc** presento valores comprendidos en un rango de 0,01 mg/L (río Boquerón aguas arriba, quebrada Humeadora aguas abajo) y 0,07 mg/L (río Guáitara) para el mes de diciembre del 2016, sin embargo, para los demás monitoreos realizados en el mes de abril, agosto de 2016 y marzo de 2017, se reportaron concentraciones inferiores al límite de detección de la técnica analítica empleada para su análisis. Finalmente, el **níquel** para el mes de abril del 2016 reportó valores de 0,011 y 0,0193 mg/L para las estaciones de monitoreo río Boquerón aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, en la estación quebrada Humeadora se presentó un valor de 0,005 mg/L, por otro lado, en el mes de diciembre de 2016 se reportaron concentraciones que oscilaron entre menores al límite de detección para la técnica analítica empleada para su análisis (<0,01mg/L) y 0,02 mg/L (quebrada el Macal aguas abajo). Finalmente, para el mes de marzo se presentaron concentraciones inferiores al límite de detección de la técnica analítica empleada para su análisis (<0,15 mg/L) en todas las estaciones evaluadas. Al realizar la comparación con la normativa ambiental Decreto 1594 de 1984, se evidencia el cumplimiento de los metales analizados para las estaciones de monitoreo en las diferentes épocas.

- **Índices de calidad del agua.**

En el presente estudio se calculó el Índice de Calidad de Aguas (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (Canter, 1998), el cual es una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua. Los cálculos fueron realizados para cada uno de los puntos de monitoreo utilizados para la elaboración del análisis multitemporal.

En la **Tabla 5-119** se presenta la asignación de los valores de WQI para cada una de las fuentes hídricas

analizadas.

Tabla 5-119 Índice de calidad agua (WQI) y parámetros de calidad.

FUENTE	PUNTO DE MONITOREO	FECHA	WQI	RANGOS DE ÍNDICE DE CALIDAD
Río Boquerón	Aguas arriba	**abr-16**	49	CALIDAD MALA (M)
		dic-16	59	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	69	CALIDAD MEDIA (R)
	Aguas abajo	**abr-16**	54	CALIDAD MEDIA (R)
		dic-16	60	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	69	CALIDAD MEDIA (R)
Qda. Humeadora	Aguas arriba	**abr-16**	57	CALIDAD MEDIA (R)
		dic-16	71	CALIDAD BUENA (B)
		mar-17	68	CALIDAD MEDIA (R)
	Aguas abajo	**abr-16**	52	CALIDAD MEDIA (R)
		dic-16	67	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	69	CALIDAD MEDIA (R)
Río Sapuyes	Aguas arriba	**abr-16**	47	CALIDAD MALA (M)
		dic-16	63	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	61	CALIDAD MEDIA (R)
	Aguas abajo	**abr-16**	46	CALIDAD MALA (M)
		dic-16	62	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	68	CALIDAD MEDIA (R)
Quebrada El Macal	Aguas arriba	**abr-16**	60	CALIDAD MEDIA (R)
		dic-16	69	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	71	CALIDAD BUENA (B)
	Aguas abajo	**abr-16**	29	CALIDAD MALA (M)
		dic-16	69	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	61	CALIDAD MEDIA (R)
Río Guáitara		**ago-16**	62	CALIDAD MEDIA (R)
		dic-16	69	CALIDAD MEDIA (R)
		mar-17	68	CALIDAD MEDIA (R)

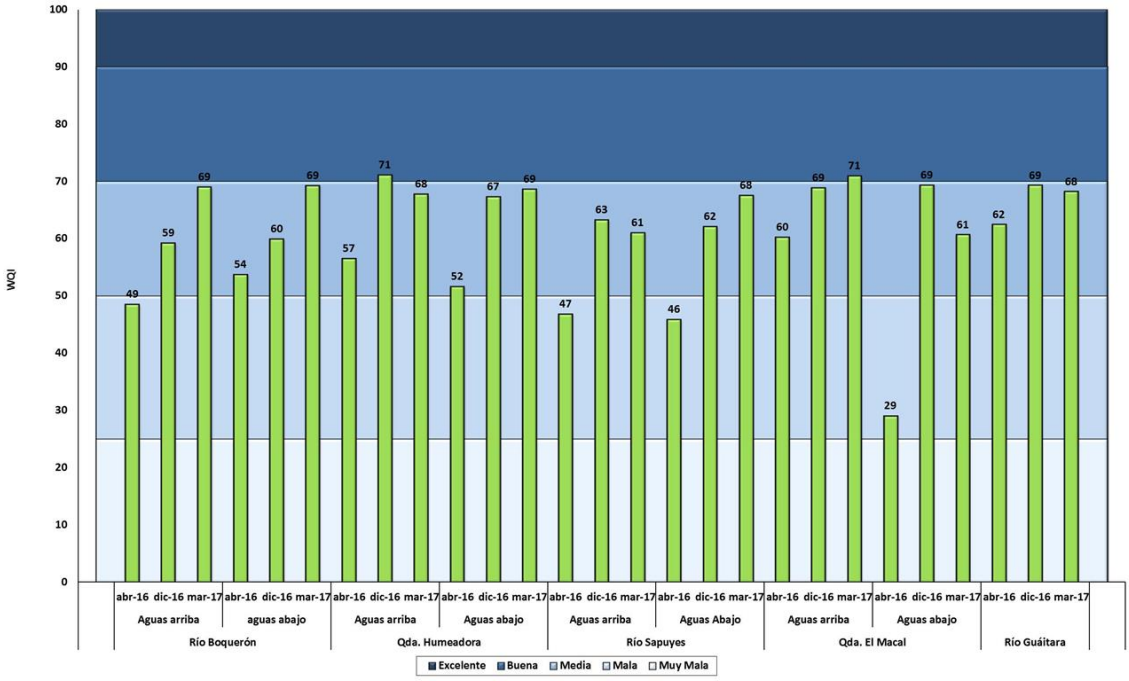
Fuente: Trabajo de campo MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Escala de calidad Muy Mala: **0 – 25** Mala: **26 – 50** Media: **51 – 70** Buena: **71 – 90** Excelente: **91 – 100**

El índice de calidad estimado, determina que el río Boquerón presentados datos que determinan en general para las estaciones ubicada aguas arriba y aguas abajo con una calidad de agua media, a excepción de la estación aguas arriba para el mes de abril del 2016 que presentó una calidad de agua muy mala, lo cual se debe a las altas concentraciones de Coliformes totales y fecales. Por su parte, la quebrada Humeadora presentó un comportamiento similar, reporto en la mayoría de las estaciones una calidad media para las estaciones aguas arriba y aguas abajo, sin embargo, la estación aguas arriba para el mes de diciembre de 2016 reporto una calidad del agua buena. El río Sapuyes para el mes de abril del 2016 en las dos estaciones de monitoreo presento calidad de agua mala, por el contrario, en las restantes épocas se reportó una calidad del agua media. La quebrada El Macal en general presentó una calidad del agua media con la excepción para de la estación ubicada aguas arriba en el mes de marzo (**Figura 5.131**). Finalmente, el río Guáitara presento para los tres meses una calidad de agua homogénea (calidad media). La calidad buena del agua que se presentó en las estaciones quebrada Humeadora aguas arriba y quebrada El Macal aguas arriba, se debe al aumento del oxígeno disuelto, bajas concentraciones de sólidos suspendidos y totales, Coliformes fecales y totales y la turbiedad, de dichas estaciones. Caso contrario sucedió en las estaciones río boquerón aguas arriba, río Sapuyes aguas arriba y aguas abajo, quebrada El Macal aguas abajo para el mes de abril 2016 (**Figura 5.131**)., donde se reportan concentraciones altas de Coliformes fecales y totales, solidos suspendidos y DBO. Esto se debe posiblemente al bajo flujo de agua en presentado en el mes de abril del 2016, lo cual genera poca dilución de los sólidos suspendidos, baja degradación de la materia orgánica y posible vertimientos de aguas provenientes zonas pobladas o veredas cercanas a los puntos de monitoreo La mayoría de las estaciones evaluadas presentaron un comportamiento homogéneos a lo largo del tiempo, esto se debe a las bajas

concentraciones de nitratos y DBO_5, concentración de oxígeno disuelto bueno , sólidos totales y turbiedad, parámetros influenciados por efectos de actividades agrícolas y ganaderas como también por la composición de los suelos y rocas de la zona.

Figura 5.131 Valores del índice de calidad del agua (WQI) para las estaciones monitoreadas.



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2017.

Se resalta que a lo largo del periodo de estudio (en el cual existen los registros para las dos estaciones) 2016 a 2017, no existe una evidencia de contaminación adicional de origen antrópico a lo largo del tiempo, en general se presentaron registros estables, donde las pocas diferencias evidentemente son debidas a la época climática de estudio siendo eventos puntuales sin una tendencia clara.

- **Conclusiones.**

Se pudo evidenciar variaciones en las diferentes épocas climáticas sobre los parámetros fisicoquímicos evaluadas en los cuerpos de aguas relacionados en los diferentes estudios, sin embargo hay parámetros como el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, que presentaron concentraciones similares durante las diferentes épocas, sin embargo parámetros como los sólidos disuelto tales, la conductividad, la turbiedad, los nitritos entre otros presentaron aumento en el mes de marzo en comparación con los otros meses, esto se ve reaccionado con la poca de transición, lluvias que se presentan en la región para ese mes. En cuanto a la normativa ambiental vigente se presentó cumplimiento parcial en la mayoría de las estaciones, sin embargo parámetros como los Coliformes totales y fecales, fenoles, presentaron concentraciones superiores a la permitida en la normativa ambiental vigente.

5.1.7 Usos del agua.

A continuación se presentan los usos del recurso hídrico en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal de una manera general, de igual manera los usos específicamente en los puntos de las fuentes sobre las cuales se solicita aprovechamiento para el desarrollo del proyecto, de acuerdo a la información recopilada en campo.

En el proceso de determinación de usos y usuarios del recurso hídrico, se indago mediante información secundaria de alcaldías municipales (Ipiales, Contadero, Ilés e Imués) y la Corporación Autónoma Regional

de Nariño (CORPONARIÑO), con el fin de establecer una base respecto a los usos actuales y potenciales de las fuentes hídricas a intervenir.

Posteriormente, se llevó a cabo un recorrido por el área de intervención, donde se hizo correlación de la información secundaria y levantamiento de información adicional en campo, a través de la indagación a la comunidad asentada aguas arriba y aguas abajo de los puntos en los cuales se pretende realizar la captación y/o vertimiento para las labores del proyecto.

5.1.7.1 Demanda Hidrica

A continuación se hace una breve descripción de las principales demandas identificadas en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan – Pedregal.

- **Uso domestico.**

En general, en la zona donde se ubica el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca - Pasto, tramo San Juan - Pedregal, para uso doméstico se recurre al agua superficial. Las captaciones se hacen de surgencias antropicas, en las cuales construyen tanques de recolección y almacenamiento, o en las partes altas de las microcuencas, las cuales son fuentes abastecedoras de acueductos veredales o municipales, distribuyendo este recurso a las comunidades pertenecientes a la zona de abastecimiento. Igualmente en algunas viviendas cuentan con aljibes para suministro del recurso hídrico durante los cortes en el servicio de los acueductos.

Fotografía 5.113 Tanque de recolección en un nacedero de la Vereda Tablón Alto.
E: 955820 N: 598517

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.114 Acueducto del condominio Arcoiris (Pilcuan).
E: 954060 N: 604342

Fuente: Consorcio SH.

Fotografía 5.115 Acueducto de la vereda San José de Quisnamuez.
E: 953585 N: 596053

Fotografía 5.116 Acueducto corregimiento de San Juan.

Fuente: Consorcio SH.

Fuente: Plan de uso eficiente y ahorro del agua municipio de Ipiales (pueaa), 2008 – 2011.

Fotografía 5.117 Aljibe de una vivienda de la vereda Ospina Pérez.
E: 952272 N: 595129

Fuente: Consorcio SH.

- **Uso Agrícola.**

Las zonas agrícolas dentro del área de influencia del proyecto corresponden a cultivos de papa como el predominante, seguido del maíz, trigo, frijol, haba, arveja, ulloco, oca, cebada, zanahoria y hortalizas. Donde el uso del agua se realiza para riego y fumigación.

Fotografía 5.118 Riego de cultivos en la vereda La Providencia.
E: 948454 N: 591477

Fuente: Consorcio SH.

Se identificaron dos distritos de riego, uno denominado “ASOSANFRANCISCO” en la vereda San Francisco, municipio Contadero, el cual existe desde hace aproximadamente 25 años, tiene 96 usuarios y se intersecta en cinco puntos con el trazado del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, aunque la captación se encuentra por fuera del área de influencia del proyecto. Se encuentra otro distrito particular, el cual pertenece a cinco socios y tiene un cruce con el trazado del proyecto, estos sitios de cruce se presentan en la **Tabla 5-120.**

Fotografía 5.119 Punto de Captación del distrito de riego ASOSANFRANCISCO en la vereda Loma de Yáez.

E: 947720 N: 594032

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-120 Puntos de cruce de los distritos de riego con el trazado del proyecto.

DISTRITO DE RIEGO	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE	
	ESTE	NORTE
ASOSANFRANCISCO	949214	592111
	948834	591868
	948536	591905
	948585	591831
	948376	591995
Distrito privado	948206	591650

Fuente: Consorcio SH.

- **Uso Pecuario.**

El aprovechamiento del recurso hídrico en las actividades pecuarias es básicamente para el consumo por parte de especies menores y principalmente de ganado vacuno, los cuales toman el agua de forma directa de las quebradas (**Fotografía 5.120**) o en algunos predios, el agua es conducida artesanalmente mediante mangueras de los arroyos a los abrevaderos.

Fotografía 5.120 Abrevadero en la quebrada La Cueva, vereda El Culantro.

E: 950979 N: 594734

Fuente: Consorcio SH.

Una vez identificadas las principales demandas a las cuencas de interés, y con base en la oferta hídrica determinada en la sección de hidrología, se realiza el balance hídrico de las cuencas más representativas.

Las unidades de análisis para el cálculo de la demanda hídrica serán las subcuencas de los ríos Sapuyes y Boquerón ya que son éstas las más significativas dentro del área de influencia del proyecto. En la **Tabla 5-121** se presenta la información de los municipios que se encuentran dentro de cada una de las sub-cuencas.

Tabla 5-121 municipios pertenecientes a las subcuencas del Rio Guaitara.

SUBCUENCA	MUNICIPIO
RÍO BOQUERÓN	Aldana
	Contadero
	Cuaspud
	Galtmatán
	Iles
	Ipiales
	Ospina
	Puerres
	Pupiales
RÍO SAPUYES	Aldana
	Contadero
	Cuaspud
	Cumbal
	Funes
	Guachucal
	Guaitarilla
	Gualmatán
	Iles
	Imués
	Mallama
	Ospina
	Pupiales
	Santacruz
	Sapuyes
	Túquerres

Fuente: Consorcio SH.

Además de la información anterior, es necesario considerar que los límites políticos municipales no coinciden con la delimitación natural de las cuencas, y por tanto, ninguno de los municipios considerados se encuentra 100% dentro de una de las unidades hídricas. En la **Tabla 5-122** y **Tabla 5-123,** se presenta la porción (en porcentaje) del área total municipal que se encuentra en cada una de las subcuencas.

Tabla 5-122 Porcentaje de área de los municipios pertenecientes a las subcuencas del Rio Boquerón.

ÁREA MUNICIPAL AL INTERIOR DE LA CUENCA DEL RÍO BOQUERÓN	
MUNICIPIO	**PORCENTAJE SOBRE EL ÁREA TOTAL (%)**
Aldana	7,8
Contadero	8,2
Cuaspud	0,9
Galtmatán	13,8
Iles	0,1
Ipiales	15,7
Ospina	0,0
Puerres	0,0
Pupiales	53,4
Total	**100**

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-123 Porcentaje de área de los municipios pertenecientes a las subcuencas del Rio Sapuyes.

ÁREA MUNICIPAL AL INTERIOR DE LA CUENCA DEL RÍO SAPUYES	
MUNICIPIO	**PORCENTAJE SOBRE EL ÁREA TOTAL (%)**
Aldana	5,1
Contadero	0,1
Cuaspud	0,7
Cumbal	0,6
Funes	0,0
Guachucal	28,0
Guaitarilla	0,8
Gualmatán	0,1
Iles	7,4
Imués	4,4
Mallama	0,5
Ospina	12,3
Pupiales	2,9
Santacruz	0,1
Sapuyes	19,6
Túquerres	17,5
Total	**100**

Fuente: Consorcio SH.

La metodología utilizada para el cálculo de la Demanda Hídrica sigue los lineamientos establecidos en la Resolución 865 de 2004, en las situaciones descritas en los numerales 4.2 y 4.3, correspondientes a escenarios cuando existe información medida, pero esta es insuficiente o cuando no existe información. En estos casos se debe estimar potencialmente el volumen de agua demandada a nivel sectorial. Estas estimaciones están basadas principalmente en la asociación de dos variables: el volumen de producción sectorial y un factor de consumo por tipo de bien[3].

- **Demanda de Uso Doméstico (DUD)**

Se entiende la demanda por consumo humano y doméstico aquel destinado para actividades 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[4].

Para el cálculo de la DUD fue necesario, en primera instancia, tomar las proyecciones poblacionales elaboradas por el DANE para 2017, en relación con los municipios asentados dentro de las cuencas del rio Sapuyes y del río Boquerón. En la **Tabla 5-124** se presentan los municipios con territorio al interior de las cuencas, y se muestra la población de los mismos distribuida en área urbana y rural.

Tabla 5-124 Distribución poblacional entre zona rural y urbana

NÚMERO DE HABITANTES Y DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL		
MUNICIPIO	**URBANA**	**RURAL**
Aldana	1278	4651
Contadero	2386	4617
Cuaspud	2405	6284
Cumbal	8792	30274
Funes	1977	4425
Guachucal	2973	12437
Guaitarilla	4253	7428

[3] Resolución 865 de 2004.
[4] Decreto 3930 de 2010.

NÚMERO DE HABITANTES Y DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL		
MUNICIPIO	URBANA	RURAL
Gualmatán	2245	3533
Iles	1982	6889
Imués	564	5440
Ipiales	105875	39198
Mallama	1196	6275
Ospina	2534	6263
Puerres	3066	5193
Pupiales	6105	13443
Santacruz	6984	22979
Sapuyes	1386	4738
Túquerres	17584	22804

Fuente: Proyecciones de población DANE, 2005.

Asi mismo, para el cálculo de la DUD, es necesario tomar en consideración el nivel de complejidad del sistema, el cual relaciona el número de habitantes con la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante (dotación bruta). En la **Tabla 5-125** se presentan los niveles de complejidad, los rangos de altitud considerados en cada uno y la dotación bruta correspondiente.

Tabla 5-125 Complejidad del sistema

PISO TÉRMICO	ALTURA (msnm)	NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	POBLACIÓN (hab)	DOTACIÓN BRUTA (L/hab/día)
Frío	2000-3500	Bajo	0 – 2500	120
		Medio	2501 – 12500	153
		Medio Alto	12501 – 60000	167
		Alto	Mayor 60000	187
Templado	1000-2000	Bajo	0 – 2500	120
		Medio	2501 – 12500	153
		Medio Alto	12501 – 60000	167
		Alto	Mayor 60000	187

Fuente: Resolución 1725 de 2012.

Como puede observarse en la **Tabla 5-125**, los valores de dotación bruta de agua para pisos térmicos fríos y templados son los mismos, por lo tanto, la selección de este parámetro se basará únicamente en el nivel de complejidad del sistema, es decir, de acuerdo a la población de cada municipio.

En la **Tabla 5-126** se presentan (para cada municipio) los niveles de complejidad y la dotación bruta establecida por la Resolución 1725 de 2012, los cuales fueron calculados tomando como referencia los valores de dotación neta y bruta establecidos en la sección II, titulo B del RAS, adoptados mediante resolución 1096 de 2000 y modificados parcialmente por la resolución 2320 de 2009. De igual manera, y dado que no se establecen de manera específica los requerimientos de agua para consumo doméstico rural, se utilizó la dotación neta máxima establecida para el nivel de complejidad bajo, convertida en dotación bruta, ajustada al porcentaje de pérdidas máximas admisibles del hasta 25%, de acuerdo a lo establecido en al Artículo 1 de la Resolución 2320 de 2009[5]. Según lo anterior, la dotación bruta utilizada para el cálculo de la DUD rural fue 120 L/hab/día.

Tabla 5-126 Dotación bruta según nivel de complejidad para los municipios

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN MUNICIPAL			
MUNICIPIO	ALTURA (MSNM)	NIVEL DE COMPLEJIDAD (URBANO)	DOTACIÓN BRUTA (L/HAB/DÍA)
Aldana	3013	Bajo	120

[5] Resolución 1725 de 2012.

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN MUNICIPAL			
MUNICIPIO	**ALTURA (MSNM)**	**NIVEL DE COMPLEJIDAD (URBANO)**	**DOTACIÓN BRUTA (L/HAB/DÍA)**
Contadero	2475	Bajo	120
Cuaspud	3050	Bajo	120
Cumbal	3050	Medio	153
Funes	2300	Bajo	120
Guachucal	3087	Medio	153
Guaitarilla	2635	Medio	153
Gualmatán	2900	Bajo	120
Iles	2895	Bajo	120
Imués	2900	Bajo	120
Ipiales	2500	Alto	187
Mallama	1809	Bajo	120
Ospina	2850	Medio	153
Puerres	2817	Medio	153
Pupiales	3014	Medio	153
Santacruz	2400	Medio	153
Sapuyes	2900	Bajo	120
Túquerres	3104	Medio Alto	167

Fuente: Consorcio SH.

Teniendo en cuenta toda la información anterior se procedió a calcular la demanda hídrica de cada uno de los municipios considerados en el análisis, distinguiendo entre población urbana y rural. Este cálculo se realiza multiplicando el número de habitantes por la dotación bruta correspondiente.

En el caso de la demanda de uso doméstico urbana, se identificaron las fuentes abastecedoras de cada uno de los acueductos municipales, asignando a la subcuenca correspondiente la demanda de éstos. No obstante, varios acueductos municipales no se abastecen de cuerpos de agua de las subcuencas estudiadas, y por tanto, su demanda no se tuvo en cuenta para calcular la DUD. En la **Tabla 5-127** se presentan los municipios cuyos acueductos municipales se abastecen por fuera de las cuencas de los ríos Sapuyes y Boquerón.

Tabla 5-127 Fuente abastecedero de muncipios en el área urbana, que no hacen parte de las cuencas analizadas

MUNICIPIO	FUENTE ABASTECEDORA
Ipiales	Río Blanco
Cuaspud	Río Blanco
Funes	Manantial Chitarrán
Cumbal	Río Carchi – Río Blanco
Guaitarilla	Quebrada Providencia
Imués	Quebrada La Chorrera
Mallama	Quebrada Chala
Puerres	Río Angasmayo
Santa Cruz	Quebrada Pimura

Fuente: Consorcio SH.

Una consideración adicional, pero relacionada con la demanda de uso doméstico rural, está relacionada con el hecho de que los municipios no se encuentran en su totalidad al interior de las cuencas. Es decir, un municipio puede extenderse por las dos cuencas estudiadas e incluso por fuera de éstas. Debido a esto se hizo necesario utilizar el factor de ponderación presentado en las **Tabla 5-122** y **Tabla 5-123**, multiplicando la demanda de uso doméstico rural de cada municipio por el porcentaje de su territorio que se sobrepone con el área de las subcuencas.

En la **Tabla 5-128** y **Tabla 5-129** se presenta la demanda de uso doméstico calculada para cada una de las subcuencas analizadas, distinguiendo la demanda por municipio y según sea urbana o rural. Adicionalmente se presenta la DUD total para cada subcuenca. Los valores en cero corresponden a situaciones en las cuales el área municipal dentro de la cuenca era muy pequeña y poco representativa.

Tabla 5-128 Demanda uso domestico cuenca río Boquerón

DEMANDA DE USO DOMÉSTICO CUENCA RÍO BOQUERÓN			
MUNICIPIO	**DUD URBANA (m3/AÑO)**	**DUD RURAL (m3/AÑO)**	**DUD TOTAL (m3/AÑO)**
Aldana	55976,4	15889,6	71866,0
Contadero	104506,8	16541,9	121048,7
Cuaspud	NA	2532,2	2532,2
Galtmatán	98331	21416,7	119747,7
Iles	NA	362,0	362,0
Ipiales	NA	269548,9	269548,9
Ospina	141511,2	0	141511,2
Puerres	NA	0	0
Pupiales	340933,7	314597,6	655531,3
DUD TOTAL CUENCA (m3/AÑO)			**1382148,4**

NA: no aplica; la demanda pertenece a otra subcuenca o su fuente de abastecimiento está por fuera de la cuenca.

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-129 Demanda uso domestico cuenca río Sapuyes

DEMANDA DE USO DOMÉSTICO CUENCA RÍO SAPUYES			
MUNICIPIO	**DUD URBANA (m3/AÑO)**	**DUD RURAL (m3/AÑO)**	**DUD TOTAL (m3/AÑO)**
Aldana	NA	10409,7	10409,7
Contadero	NA	182,0	182,0
Cuaspud	NA	1981,7	1981,7
Cumbal	NA	7425,6	7425,6
Funes	NA	0	0
Guachucal	166027,1	152527,3	318554,5
Guaitarilla	NA	2635,3	2635,3
Gualmatán	NA	123,7	123,7
Iles	86811,6	22388,9	109200,5
Imués	NA	10483,9	10483,9
Mallama	NA	1456,6	1456,6
Ospina	NA	33604,1	33604,1
Pupiales	NA	17075,2	17075,2
Santacruz	NA	704,5	704,5
Sapuyes	60706,8	40654,0	101360,8
Túquerres	1071832,7	174592,8	1246425,6
DUD TOTAL CUENCA			**1861624,391**

NA: no aplica; la demanda fue asignada a la otra subcuenca o su fuente de abastecimiento está por fuera de la cuenca.

Fuente: Consorcio SH.

Según se aprecia en las anteriores tablas, la demanda de uso doméstico de la cuenca del río Boquerón fue de 1.382.148 m^3/año, mientras que para el río Sapuyes la DUD fue de 1.861.624 m^3/año. Estos resultados presentan concordancia si se comparan con los presentados en el Estudio Nacional del Agua 2010, en el cual se indica que para la subzona hidrográfica correspondiente al área de estudio la DUD está entre 10 y

20 millones de metros cúbicos. Si bien los resultados obtenidos en el análisis no llegan a este rango, se debe considerar que la demanda hídrica doméstica total de la subzona hidrográfica resulta de la suma de las demandas de las cuencas y subcuencas que la conforman y por tanto será mucho mayor que la calculada en el presente estudio.

- **Demanda de Uso Pecuario (DUP)**

En la **Tabla 5-130** se presenta el número de animales según la especie, discriminados en cada uno de los municipios asentados en las cuencas analizadas. Estos datos fueron obtenidos del Tercer Censo Nacional Agropecuario de Colombia realizado por el DANE en los años 2013 - 2014 y representan la base para el cálculo de la DUP. La información correspondiente al sector cuyícola se obtuvo del Plan Departamental de Desarrollo de Nariño 2016 – 2019.

Por su mayor extensión y relevancia económica, los sectores pecuarios más representativos de la región son la ganadería (173111 animales), la cría de cuyes (838700 animales) y aves (2060830 animales). En contra parte se presenta la cría de porcinos (66206 animales), equinos (7529 animales), ovinos (2391 animales) y caprinos (595 animales), que podrían considerarse como incipientes en la región.

Tabla 5-130 Inventario Pecuario Municipal

INVENTARIO PECUARIO MUNICIPAL							
MUNICIPIO	**BOVINOS**	**PORCINOS**	**EQUINOS**	**CAPRINOS**	**OVINOS**	**AVES**	**CUYÍCOLA**
Aldana	6992	1645	193	25	25	9249	6130
Contadero	5352	2099	172	10	26	934770	45000
Cuaspud	7781	1830	445	15	79	4613	2520
Cumbal	26499	6121	1685	24	631	33876	70000
Funes	3830	1875	433	2	2	7986	4300
Guachucal	23761	6978	303	23	164	13835	22300
Guaitarilla	5210	1972	209	0	14	10095	75000
Gualmatán	3273	479	35	8	31	1595	80000
Iles	8075	4099	454	0	13	569553	28000
Imués	2822	1900	110	6	63	62872	11000
Ipiales	18359	11196	706	27	794	98028	329340
Mallama	5771	3591	501	6	7	51168	2000
Ospina	4299	4266	248	7	35	133935	19000
Puerres	5506	940	255	6	17	68499	25000
Pupiales	15926	7279	314	23	67	9024	60000
Santacruz	3711	1117	776	1	93	16071	10100
Sapuyes	9837	3145	229	7	282	4530	12000
Túquerres	16107	5674	461	405	48	31131	37010
TOTAL	**173111**	**66206**	**7529**	**595**	**2391**	**2060830**	**838700**

Fuente: Censo Nacional Agropecuario de Colombia, 2013 – 2014.

Adicional a la información anterior, para el cálculo de la DUP es necesario considerar los módulos de consumo presentados en la **Tabla 5-131**, correspondientes a la cantidad de agua necesaria para la cría de las distintas especies animales tenidas en cuenta. Como puede apreciarse en la misma tabla, este parámetro varía entre especies y según la denominación termal de la región.

Tabla 5-131 Requerimiento Hídrico por especie

REQUERIMIENTOS HÍDRICO POR ESPECIE								
PISO TÉRMICO	**ALTURA (msnm)**	**BOVINOS (l/cabeza/día)**	**PORCINOS (l/cabeza/día)**	**EQUINOS (l/cabeza/día)**	**CAPRINOS (l/cabeza/día)**	**OVINOS (l/cabeza/día)**	**AVES (l/cabeza/día)**	**CUYÍCOLA (l/cabeza/día)**
Frío	2000-3500	90	10	20	15	15	0,15	0,07
Templado	1000-2000	95	13	25	20	20	0,2	0,07

Fuente: Resolución 1725 de 2012.

Teniendo en cuenta los requerimientos de agua de presentados en la **Tabla 5-131** y el número de individuos por especie expuestos en la **Tabla 5-130** se pueden realizar los cálculos de la DUP de cada municipio, para posteriormente multiplicar este valor por el factor de ponderación correspondiente al área municipal dentro da cada subcuenca. Los resultados de esta operación se presentan en la **Tabla 5-132**. Estos valores corresponden a la demanda de uso pecuario en cada una de las subcuencas.

Tabla 5-132 Demanda Uso Pecuario por Subcuenca

DEMANDA DE USO PECUARIO POR SUBCUENCA	
SUBCUENCA	**DUP (m^3/año)**
Boquerón	457.362
Sapuyes	479.966

Fuente: Consorcio SH.

Según se aprecia en la **Tabla 5-132**, la DUP en la cuenca del río Sapuyes (479.966 m^3/año) es ligeramente mayor a la DUP calculada para el río Boquerón (457.362 m^3/año). Asi mismo, al comprar estos resultados con los presentados en el Estudio Nacional del Agua 2010, se evidencia la concordancia de los mismos puesto que el en citado estudio se reportan valores de DUP menores a 5 millones de metros cúbicos para el área la subzona hidrográfica correspondiente al área de estudio.

- **Demanda de Uso Agrícola (DUA)**

Para el cálculo de la demanda de uso agrícola se utilizó la expresión presentada en la Resolución 865 de 2004, la cual relaciona a continuación:

$$DUA = [P * (ETP * Kc)] * Ha * 10$$

Dónde:

DUA: demanda de agua para el sector agrícola.
P: precipitación.
ETP: evapotranspiración potencial.
Kc: coeficiente de uso de agua del cultivo.
Ha: número de hectáreas cultivadas.
10: factor de conversión a m^3.

En relación con el número de hectáreas cultivadas, en las **Tabla 5-133** y **Tabla 5-134** se presenta un resumen de las áreas cultivadas según el tipo de cultivo por municipio, de acuerdo la información presentada en el Censo Nacional Agropecuario de Colombia realizado por el DANE entre los años 2013 y 2014, para el caso especifico del municipio de Ipiales, se tomaron los valores del plan de desarrollo Nariño, corazon del mundo 2016-2019 ya que estos se consideran más acertados.

Tabla 5-133 Superficie de cultivos transitorios por municipio

SUPERFICIE DE CULTIVOS TRANSITORIOS POR MUNICIPIO (HA)				
MUNICIPIO	**TUBÉRCULOS**	**CEREALES**	**HORTALIZAS, VERDURAS Y LEGUMBRES**	**TOTAL (HA)**
Aldana	1452	533	618	2603
Contadero	1479	169	1056	2704
Cuaspud (carlosama)	1151	381	824	2356
Cumbal	634	1555	1019	3208
Funes	169	1183	3031	4383
Guachucal	864	28	153	1045
Guaitarilla	404	1739	1908	4051
Gualmatán	628	21	873	1522
Iles	1636	1024	661	3321
Imués	63	2675	1224	3962
Ipiales				3156
Mallama (piedrancha)	166	428	218	812
Ospina	557	1075	553	2185
Puerres	850	740	1574	3164
Pupiales	569	95	268	932
Santa cruz (guachavés)	48	52	20	120
Sapuyes	4198	1135	377	5710
Túquerres	5705	930	787	7422

Fuente: Censo Nacional Agropecuario de Colombia, 2013 – 2014.

Tabla 5-134 Superficie de cultivos permanentes por municipio

SUPERFICIE DE CULTIVOS PERMANENTES POR MUNICIPIO (HA)				
MUNICIPIO	**AGROINDUSTRIALES**	**PLÁTANO**	**FRUTALES**	**TOTAL (HA)**
Aldana	0	0	0	0
Contadero	28	0	11	39
Cuaspud (carlosama)	0	1	0	1
Cumbal	2171	737	923	3831
Funes	175	4	42	221
Guachucal	0	1	0	1
Guaitarilla	178	1	33	212
Gualmatán	0	0	0	0
Iles	21	0	7	28
Imués	16	0	3	19
Ipiales				179
Mallama (piedrancha)	1061	103	35	1199
Ospina	0	0	0	0
Puerres	104	10	33	147
Pupiales	3	2	0	5
Santa cruz (guachavés)	398	2	8	408
Sapuyes	0	0	0	0
Túquerres	204	4	43	251

Fuente: Censo Nacional Agropecuario de Colombia, 2013 – 2014.

Según el censo del DANE, los principales cultivos transitorios de los municipios a utilizarse para el análisis son la papa, el frijol, maíz y la arveja. Por su parte los cultivos permanentes más representativos son la caña panelera, el café, el plátano, la cebolla y algunos cítricos.

Esta información es relevante ya que para el cálculo de la DUA es necesario conocer el coeficiente de uso de agua de los cultivos. Para la realización del análisis se tomaron coeficientes de los cultivos más representativos y se promediaron, buscando tener un valor medio que permita la utilización de la expresión matemática correspondiente (DUA= [P*(ETP***Kc**)]*Ha). En la **Tabla 5-135** y **Tabla 5-136** se

presentan los coeficientes de cultivo calculados por la FAO en un estudio realizado en 2006.

Tabla 5-135 Coeficeintes de cultivos transitorios

COEFICIENTES DE CULTIVOS TRANSITORIOS	
Cultivo	**Kc**
Frijol	1,05
Papa	1,050
Lechuga	1
Maíz	1,15
Arveja	1,15

Fuente: FAO, 2006

Tabla 5-136 Coeficeintes de cultivos Permanentes

COEFICIENTES DE CULTIVOS PERMANENTES	
Cultivo	**Kc**
Caña panelera	1,25
Café	1,1
Plátano	1,1
Cítricos	0,6
Aguacate	0,85
Cebolla	1,05

Fuente: FAO, 2006

Teniendo en cuenta lo anterior, los coeficientes de cultivo utilizados para los cálculos corresponden al promedio de los coeficientes según el tipo de cultivo:

Cultivos permanentes Kc = 0.99.

Cultivos transitorios Kc = 1.08.

Adicionalmente, se empleó la información de las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM para calcular la precipitación (P) y la evotranspiración (ETP) en el área de estudio. Los cálculos relacionados con lo anterior se encuentran en el ***Capítulo 5 Caracterización del Área de Influencia***, en el ***numeral 5.1.10.1 Meteorología.***

En la sección mencionada se presenta la información correspondiente a los resultados de la precipitación y la evapotranspiración. Como se trata de parámetros de carácter regional, en ambos casos la Precipitación (1053 mm/año) y la Evapotranspiración (668 mm/año), corresponden a valores idénticos para las dos subcuencas.

Es preciso señalar que para el cálculo de la DUA fue necesario multiplicar el número de hectáreas de los cultivos municipales por el factor de ponderación correspondiente a cada municipio. Esto, con el fin de tener una aproximación al número de hectáreas cultivadas dentro de las subcuencas estudiadas.

Teniendo en cuenta toda la información anterior, se procedió calcular la DUA según la expresión presentada anteriormente. Los resultados de dichos cálculos se presentan en la **Tabla 5-137**

Tabla 5-137 Demanda uso agrícola por cubcuenca

DEMANDA DE USO AGRÍCOLA POR SUBCUENCA			
SUBCUENCA	**DEMANDA TRANSITORIOS (m^3/AÑO)**	**DEMANDA PERMANENTES (m^3/AÑO)**	**DUA TOTAL (m^3/AÑO)**
Boquerón	5.483.956	132.822	5.616.778
Sapuyes	120.44.860	300.997	12.3450858

Fuente: Consorcio SH.

Según estos resultados la DUA asociada al río Boquerón (5.616.778 m^3/año) es menor a la correspondiente al río Sapuyes (12.345.857 m^3/año). Estos valores son inferiores a los presentados en el Estudio nacional del Agua 2010 para la subzona hidrográfica, correspondiente a una DUA de 20 a 50 millones de metros cúbicos. No obstante, se debe tener en cuenta que el área de la subzona hidrográfica es mayor y que la DUA presentada en dicho estudio corresponde a la suma de las demandas de las subcuencas que la componen y por tanto será mayor que la calculada en el presente documento.

- **Demanda de Uso industrial (DUI)**

Para el cálculo de la demanda de uso industrial fue necesario recurrir a la información sobre captaciones de agua autorizadas por Corponariño. La **Tabla 5-138** presenta la información correspondiente a las captaciones de agua autorizadas por esta institución y presentadas en el Plan de Acción Institucional 2012 – 2015. (Ver **Anexo 14. Uso y Aprovechamiento** – **Usos y Usuarios**).

Tabla 5-138 Concesiones de agua superficial por municipio

CONCESIONES DE AGUA SUPERFICIAL POR MUNICIPIO	
MUNICIPIO	**CAUDAL TOTAL (m^3/AÑO)**
Aldana	141912
Contadero	78840
Cuaspud	378747,36
Cumbal	1166832
Funes	488808
Guachucal	473040
Guaitarilla	605491,2
Gualmatán	252288
Iles	536112
Imués	189216
Ipiales	7924996,8
Mallama	2817741,6
Ospina	238412,16
Puerres	869447,52
Pupiales	441504
Santacruz	235258,56
Sapuyes	347211,36
Túquerres	2598566,4

Fuente: Plan de Acción Institucional 2012 – 2015.

Como en los casos de las demandas de uso del recurso hídrico anteriores, y ya que no se cuenta con la información de puntual de los sitios de captación, se tomaron los valores reportados de las concesiones y se multiplicaron por el factor de ponderación correspondiente según las **Tabla 5-122** y **Tabla 5-123**, los resultados de dichos cálculos, los cuales corresponden a la DUI, se presentan en la **Tabla 5-139**.

Tabla 5-139 Demanda de Uso Industrial por Subcuenca

DEMANDA DE USO INDUSTRIAL POR SUBCUENCA	
SUBCUENCA	**DUI (m^3/año)**
Boquerón	1.536.683
Sapuyes	781.602

Fuente: Consorcio SH.

Los resultados presentados, indican que la DUI es mayor para la cuenca del río Boquerón (1.536.683 m^3/año) si se compara con la cuenca del río Sapuyes (781.602 m^3/año). Los resultados obtenidos son menores a los reportados en el Estudio Nacional del Agua 2010 para la subzona hidrográfica en la cual se encuentran las subcuencas de interés (10 – 20 millones de metros cúbicos). No obstante, se debe considerar que las estimaciones realizadas por el IDEAM en 2010 incluyen también los sectores de servicios y energía.

- **Demanda Total del Recurso Hídrico Superficial**

Según la metodología para el cálculo de la demanda hídrica presentada en el Estudio Nacional del Agua 2010, la demanda total corresponde a la suma de las demandas sectoriales. Adaptando esta metodología al caso de estudio, el cálculo de la demanda hídrica total para las subcuencas del río Sapuyes y Boquerón, se realizó mediante la siguiente expresión:

$$Dh = DUA + DUP + DUA + DUI$$

Dónde:

Dh: demanda hídrica total.

DUA: demanda de uso doméstico.

DUP: demanda de uso pecuario.

DUA: demanda de uso agrícola.

DUI: demanda de uso industrial.

En la **Tabla 5-140** se presenta la información correspondiente con el cálculo de la demanda hídrica total en cada una de las subcuencas estudiadas.

Tabla 5-140 Demanda hídrica total por Subcuenca

DEMANDA HÍDRICA TOTAL POR SUBCUENCA (m^3/AÑO)					
SUBCUENCA	**DUD**	**DUP**	**DUA**	**DUI**	**TOTAL**
Río Boquerón	1.382.148	457.362	5.616.778	1.536.683	**8.992.971**
Río Sapuyes	1.861.624	479.966	12.345.858	781.602	**15.469.050**

Fuente: Consorcio SH.

Como puede apreciarse la demanda hídrica total del río Boquerón es de 8.992.971 m^3/año, de los cuales el 62% (5.616.778 m^3/año) corresponde a DUA, 17% (1.536.683 m^3/año) a DUI, 15% (1.382.148 m^3/año) a DUD y sólo el 5% (457.362 m^3/año) a DUP. Asimismo, para la cuenca del rio Sapuyes, la demanda hídrica total es de 15469050 m^3/año, de los cuales la DUA aporta el 80% (12.345.858 m^3/año), la DUD el 12% (1.861.624 m^3/año), la DUI 5% (781.602 m^3/año) y la DUP únicamente el 3% (479.966 m^3/año).

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos respecto al Estudio Nacional del Agua 2010, puede verse que en ese documento la demanda hídrica total para la subzona hidrográfica está entre 50 y 100 millones de metros cúbicos y la demanda total calculada para las dos unidades en estudio fue de 24.462.020 m^3/año. No obstante, es preciso considerar que el tamaño de la subzona hidrográfica considerada en el ENA 2010 es mucho más amplio y por tanto la demanda hídrica total es mayor que la calculada en el presente estudio.

Por otro lado, los resultados obtenidos indican que la actividad agrícola es la demandante principal del recurso hídrico, hechos que coinciden con lo reportado en el ENA 2010, donde se ubica este sector como el de mayor consumo de agua.

- **Usos y Usuarios Puntuales**

A continuación se hace referencia a los usos y/o usuarios de las fuentes susceptibles de aprovechamiento por parte del proyecto, las cuales pueden verse influenciadas directa o indirectamente. Este concepto se

genera con base en los recorridos y el acercamiento con las comunidades para establecer los usos no registrados. Cabe resaltar que se realizó 1 km de recorrido (de acuerdo a la posibilidad de acceso) aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación definidos, así mismo se identificaron los usuarios registrados ante la autoridad ambiental competente, revisando los Planes de ordenamiento del recurso hídrico existente, que corresponden a los de los ríos Guáitara, Boquerón, Sapuyes y la quebrada La Llave - Moledores, así como las resoluciones emitidas por CORPONARIÑO para el uso del recurso hídrico en los sitios aledaños a los sitios de aprovechamiento por parte del proyecto (Ver **Anexo 14. Uso y Aprovechamiento** – **Usos y Usuarios**).

Los usos para el presente estudio en los puntos de captación se identificaron con base en el decreto 3930 de 2010, el cual en su Capítulo IV, artículo 9, establece y define los usos para recurso hídrico. Por su parte, el análisis frecuencias de caudales mínimos para diferentes periodos de retorno, la demanda del recurso hídrico, y en análisis de los conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua, se presenta en el Capítulo 7: Demanda, uso y aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales – 7.1 Aguas superficiales.

Tabla 5-141 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de captación 1 Rio Guáitara Vereda: San Juan

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 1 Rio Guáitara (San Juan)		En el sitio hay un acceso hasta el río, sin embargo en la visita no se pudo establecer el uso que se le da al cuerpo de agua en el punto, igualmente en el PORH del cauce principal del río Guáitara no se tienen identificados usos en el sitio.	El punto se ubica al norte de San Juan, saliendo de dicho caserío por la vía panamericana hacia Pasto y aproximadamente a 850 metros a mano derecha se toma una vía destapada en un trayecto de 150 metros.	**E:** 948503; N: 590762
Aguas arriba	245 m	Vertimiento, Uso Industrial	En el margen derecho a 245 metros del punto de captación se observa una trituradora (Trituradora San Juan), la cual realiza vertimientos directamente al rio Guáitara provenientes de las labores industriales.	E: 948362; N: 590565
Aguas arriba	260 m	Vertimiento	Aproximadamente a 260 metros aguas arriba del punto de captación, se observa viviendas que generan aguas de tipo domestico las cuales son vertidas directamente al río Guáitara, ya que estas no están inmersas dentro de la red de alcantarillado del corregimiento de San Juan que es el centro poblado más cercano al punto de captación.	E: 948362; N: 590565
Aguas arriba	473 m	Vertimiento	Aproximadamente a 473 metros aguas arriba del punto de captación, se observa viviendas que generan aguas de tipo domestico las cuales son vertidas directamente al río Guáitara.	E: 948081; N: 590546

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas arriba	493 m	Vertimiento	Aproximadamente a 493 metros aguas arriba del punto de captación, se observa viviendas que generan aguas de tipo domestico las cuales son vertidas directamente al rio Guáitara.	E: 948062; N: 590542
Aguas abajo	85 m	Vertimiento	En la margen izquierda a 85 metros del punto de captación se observa un lavadero de vehículos, el cual cuenta con los respectivos permisos para dicha actividad, realiza vertimientos de tipo industrial al río Guáitara, cabe resaltar que en el sitio cuentan con una planta de vertimientos la cual está compuesta por: desarenador, trampa de grasas y pozo séptico.	E: 948560; N: 590826

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-142 Usos y usuarios aguas arriba y abajo de los sitios de captación 2 y Vertimiento 1 Rio Boquerón, Vereda: San Juan

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 2, Vertimiento 1. Rio Boquerón (San Juan)		Ninguno	El punto se ubica al norte de San Juan, saliendo de dicho caserío por la vía panamericana hacia Pasto y aproximadamente a 1 Km a mano izquierda está el acceso al punto.	E: 948589; N: 590972
Aguas arriba	57 m	Vertimiento	Aproximadamente a 57 metros aguas arriba se observa vertimientos de agua de tipo industrial, provenientes de un criadero de pollos, estas aguas caen directamente al Rio Boquerón.	E: 948531; N: 590977
Aguas abajo	79 m	Vertimiento, Riego	En la margen derechoa a 79 metros del punto de captación y/o vertimiento, está ubicado un vivero forestal de CORPONARIÑO, en donde se realiza captación del río Boquerón para riego y de igual manera se vierten aguas domesticas a dicha fuente.	E: 948665; N: 590954

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-143 Usos y usuarios aguas arriba y abajo de los sitios de Captación 3, Vertimiento 2. Quebrada Humeadora, Municipo de Contadero.

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 3, Vertimiento 2. Quebrada Humeadora (Contadero)		Ninguno Aguas abajo no se identificó ningún uso, además del estético que se observa por la caída en la cascada.	A 20 metros aguas arriba de este punto se origina la quebrada Humeadora tras la unión de 4 afluentes (quebradas Los Arrayanes, El Manzano, Urbano y una quebrada sin nombre). En la zona no se encuentran puntos de captación o vertimientos cercanos al punto georreferenciado tanto aguas arriba como aguas abajo, sin embargo teniendo en cuenta información secundaria, esta fuente en la parte alta es receptora de vertimientos provenientes de las veredas San José de Quisnamuez del municipio de Contadero y Alto del Rey, Urbano y Tamburán pertenecientes al municipio del Iles.	 E: 955074; N: 597201
Aguas arriba	506 m	Pecuario	A 506 metros aguas arriba, en la quebrada Los Arrayanes hay un abrevadero.	 E: 954623; N: 597220

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-144 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 4. Quebrada La Llave - Moledores, Municipo de Contadero

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 4 Quebrada La Llave - Moledores (Contadero)		Ninguno	El punto se ubica en la vereda El Tablón, límites con la vereda La Esperanza; el acceso se realiza caminando y se encuentra previo al inicio del abismo, por ende la captación se realizaría por gravedad. Aguas abajo no se identificó ningún uso, además del estético que se observa por la caída en la cascada.	 E: 956019; N: 598991
Aguas arriba	547 m	Vertimiento, Riego	En la margen izquierda a 547 metros del punto de captación, se realiza captación para riego (cultivos de papa y cebolla). Esta vivienda cuanta con pozo séptico, el cual puede generar por escorrentía vertimientos a la quebrada La Llave - Moledores.	 E: 955838; N: 598479

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-145 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 5.

Quebrada San Francisco, Municipo de Iles

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 5. Quebrada San Francisco (Iles)		Ninguno	El punto se ubica en la vereda Tablón Alto, en la vía que va hacia la cabecera municipal de Iles; se encuentra previo al inicio del abismo, por ende la captación se realizaría por gravedad.	E: 953962; N: 601557
Aguas abajo	393 m	Vertimiento	En la margen izquierda a 393 metros del punto de captación, se observa una vivienda que cuanta con un pozo séptico como sistema de tratamiento de las aguas residuales, el cual puede generar por escorrentía vertimientos a la quebrada San Francisco.	E: 954322; N: 601700
Aguas abajo	461 m	Riego	En la margen izquierda a 461 metros del punto de captación, se observan plantaciones de cebolla, las cuales tienen un sistema de riego proveniente de la quebrada San Francisco.	E: 954411; N: 601668

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-146 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 6.

Quebrada El Macal, Municipo de Iles

SITIO	USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 6. Quebrada El Macal (Iles)	Ninguno	El Punto se localiza en una vía alterna a la panamericana que une las veredas El Porvenir con el Capulí. Este sitio no cuenta con una obra de drenaje y los vehículos pasan sobre el cauce de la quebrada.	E: 954870; N: 603721

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas arriba	146 m	Posible Vertimiento	En la margen izquierda a 146 metros del punto de captación, se observa una construcción de un galpón, lo cual una vez entre en funcionamiento generara vertimientos a la Quebrada El Macal.	E 954756; N: 603632
Aguas arriba	180 m	Vertimiento	Aproximadamente a 180 metros aguas arriba del punto de captación, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo domestico las cuales son vertidas directamente a la quebrada El Macal.	E: 954740; N: 603600
Aguas arriba	386 m	Posible Captación	En el margen izquierda a 386 metros del punto de captación, se observa un tanque de almacenamiento de agua en aparente abandono, ya que está en muy malas condiciones y no se observa conductos de entrada o de salida de agua.	E: 954624; N: 603424
Aguas abajo	141 m	Vertimiento, Riego	En la margen izquierda a 141 metros del punto de referenciado, se realiza captación para riego. En la misma vivienda cuantan con pozo séptico, el cual puede generar por escorrentía vertimientos a la quebrada El Macal.	E: 955011; N: 603708
Aguas abajo	203 m	Industrial	En la margen derecha a 203 metros del punto referenciado, se realiza una captación para uso industrial, de acuerdo a las demandas del recurso que requiere la trituradora presente en el sitio.	E: 955057; N: 603790

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-147 Usos y usuarios aguas arriba y abajo de los sitios de Captación 7 y Vertimiento 4. Rio Sapuyes, Municipo de Imues

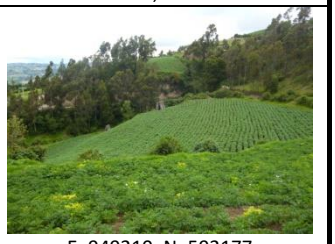
SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 7, Vertimiento 4. Rio Sapuyes (Imués)		Ninguno	El punto se ubica en la vereda El Porvenir, en la vía que va hacia la vereda Pilcuán; se encuentra en el puente que cruza el río Sapuyes.	E: 954844; N: 605090
Aguas abajo	62 m	Vertimiento	Aproximadamente a 62 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipos domésticos y provenientes de actividades avícolas, las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 954882; N: 605115
Aguas abajo	103 m	Vertimiento	Aproximadamente a 103 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 954931; N: 605101
Aguas abajo	189 m	Vertimiento	Aproximadamente a 189 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955019; N: 605077
Aguas abajo	242 m	Vertimiento	Aproximadamente a 242 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955073; N: 605088
Aguas abajo	288 m	Vertimiento	Aproximadamente a 288 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955112; N: 605019

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas abajo	298 m	Vertimiento	Aproximadamente a 298 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955120; N: 605012
Aguas abajo	303 m	Vertimiento	Aproximadamente a 303 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955126; N: 605002
Aguas abajo	344 m	Vertimiento	Aproximadamente a 344 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al Rio Sapuyes.	E: 955162; N: 604990
Aguas abajo	370 m	Vertimiento	Aproximadamente a 370 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955186; N: 604987
Aguas abajo	380 m	Vertimiento	Aproximadamente a 380 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955197; N: 604980
Aguas abajo	562 m	Vertimiento	Aproximadamente a 562 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se observa una vivienda que genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955373; N: 604936

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas abajo	577 m	Vertimiento	Aproximadamente a 577 metros aguas abajo del punto de captación y/o vertimiento, se encuentra el Centro Educativo Pilcual Viejo, el cual genera aguas residuales de tipo doméstico las cuales son vertidas directamente al río Sapuyes.	E: 955372; N: 604883

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-148 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 8 Quebrada Yamburan, Vereda Aldea de Maria

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 8 Quebrada Yamburayan		Ninguno	En el sitio propuesto no se identificó ningún uso del agua.	E: 949128 N: 592258
Aguas arriba	532 m	Captación	Aproximadamente a 532 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y en épocas de verano también es usada para consumo humano.	E: 949078; N: 592782
Aguas arriba	655 m	Captación	Aproximadamente a 655 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y en épocas de verano también es usada para consumo humano.	E: 948895; N: 592873
Aguas abajo	114 m	Captación	Aproximadamente a 114 metros aguas abajo se observa una captación utilizada para riego.	 E: 949210; N: 592177

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas abajo	163 m	Captación	Aproximadamente a 163 metros aguas abajo se observa una captación utilizada para riego.	E: 949156; N: 592097

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-149 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 9 Quebrada San Francisco, Las Delicias

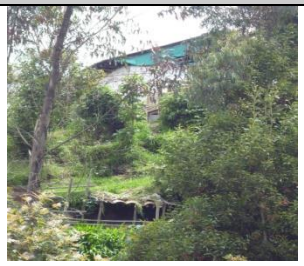
SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 9 Quebrada San Francisco		Captación	En el punto se observa una manguera que corresponde a una captación que realiza la comunidad 211 m aguas arriba para riego de cultivos	E: 949976 N: 593121
Aguas arriba	211 m	Captación	Aproximadamente a 211 metros aguas arriba se observan mangueras utilizadas para captación de riego.	E: 949792; N: 593222

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-150 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 10 Quebrada culantro, Culantro

SITIO	USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 10. Quebrada Culantro	Ninguno	En el sitio propuesto no se identificó ningún uso del agua.	E: 950642 N: 594577

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas arriba	57 m	Captación	Aproximadamente a 57 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y para abrevaderos.	E: 950644; N: 594635
Aguas arriba	170 m	Captación	Aproximadamente a 160 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y para abrevaderos.	E: 950591; N: 594688
Aguas arriba	382 m	Captación	Aproximadamente a 382 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y para abrevaderos.	E: 950919; N: 594842
Aguas arriba	433 m	Captación	Aproximadamente a 433 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y para abrevaderos.	E: 950939; N: 594895
Aguas arriba	834 m	Captación	Aproximadamente a 834 metros aguas arriba se observa una captación utilizada para riego y para abrevaderos.	E: 951087; N: 595286
Aguas abajo	317 m	Captación	Aproximadamente a 57 metros aguas abajo se observa una captación utilizada para riego y para abrevaderos.	E: 950592; N: 594268

SITIO		USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Aguas abajo	332 m	Vertimiento Doméstico	Aproximadamente a 332 metros aguas abajo del punto de captación, se observa una vivienda que generan aguas residuales de tipo domestico las cuales son vertidas a cielo abierto y por efecto de escorrentía muy posiblemente estas aguas caen a la quebrada el Culantro.	 E: 950605; N: 594250

Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-151 Usos y usuarios aguas arriba y abajo del sitio de Captación 11 Quebrada El Manzano, Cuevas

SITIO	USOS	OBSERVACIONES	REGISTRO FOTOGRÁFICO Y COORDENADAS DE LA ACTIVIDAD ASOCIADA CON EL USO DEL RECURSO
Captación 11. Quebrada El Manzano	Captación	La comunidad aledaña a esta fuente hídrica utiliza muy poco la misma, debido a su muy bajo caudal, sin embargo cuando el caudal de la quebrada lo permite, realizan captaciones para riego.	E: 951631 N: 595174

Fuente: Consorcio SH.

Además de los usos de agua identificados en las corrientes previamente relacionadas, han sido identificados **puntos de agua** de los cuales la comunidad aprovecha el recurso en actividades domésticas y agropecuarias.

Enseguida se presenta la relación de dichos puntos de agua, identificados en el área de interés.

Tabla 5.152 Usos y usuarios de puntos de agua identificados en el área del proyecto

Municipio	Vereda	ID punto	Tipo de punto de agua	Usos y usuarios		Coordenada del punto de agua	
				Tipo de uso	No. usuarios	X	Y
Contadero	San Francisco	PA-12	Afloramiento subsuperficial	Doméstico / Agrícola	10	948468	591947
Contadero	San Francisco	PA-13	Afloramiento subsuperficial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	5	948640	591864
Contadero	Aldea de María	PA-25	Afloramiento subsuperficial	Agrícola	2	950000	592820
Contadero	El Culantro	PA-45	Afloramiento subsuperficial	Agrícola	3	950599	594761
Contadero	I.P. Ospina Pérez	PA-69	Afloramiento subsuperficial	Doméstico / Agrícola	2	952627	595516

Municipio	Vereda	ID punto	Tipo de punto de agua	Usos y usuarios		Coordenada del punto de agua	
				Tipo de uso	No. usuarios	X	Y
Contadero	San José de Quisnamuez	PA-74	Afloramiento subsuperficial	Agrícola	1	953271	596122
Contadero	San José de Quisnamuez	PA-93	Afloramiento subsuperficial	Doméstico / Agrícola	3	953687	596251
Iles	Tablón Alto	PA-150	Afloramiento subsuperficial	Pecuario	1	955807	598807
Iles	El Porvenir	PA-185	Afloramiento subsuperficial	Doméstico	1	954423	604116
Iles	El Porvenir	PA-187	Afloramiento subsuperficial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	3	954592	604142
Imués	Pilcuán	PA-197	Afloramiento subsuperficial	Agrícola / Pecuario	25	956725	605835
Imués	Pilcuán	PA-198	Afloramiento subsuperficial	Agrícola / Pecuario	25	956720	605851
Imués	Pilcuán	PA-199	Afloramiento subsuperficial	Doméstico / Pecuario	9	956746	605890
Ipiales	San Juan	ALJ-1A	Aljibe	Agrícola / Pecuario	10	946833	589399
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-40A	Aljibe	Agrícola / Pecuario	4	953759	595925
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-43A	Aljibe	Doméstico / Agrícola / Pecuario	9	954196	596570
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-44	Aljibe	Doméstico / Pecuario	2	953434	596070
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-35	Aljibe	Doméstico / Pecuario	2	953427	596069
Contadero	I.P. Ospina Pérez	ALJ-25	Aljibe	Pecuario	1	952808	595514
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-36	Aljibe	Agrícola	4	953466	596199
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-32	Aljibe	Agrícola / Pecuario	4	953214	596064
Contadero	San Andrés	ALJ-18	Aljibe	Agrícola	5	951456	595392
Contadero	San Andrés	ALJ-19	Aljibe	Agrícola / Pecuario	5	951446	595522
Contadero	San Francisco	ALJ-11	Aljibe	Agrícola	1	948842	592378
Contadero	San Francisco	ALJ-10	Aljibe	Doméstico	1	948871	592237
Ipiales	San Juan	ALJ-3	Aljibe	Doméstico	15	947030	589528
Contadero	San Francisco	ALJ-5	Aljibe	Doméstico	1	948264	592028
Contadero	El Capulí	ALJ-12	Aljibe	Agrícola	1	950073	593701
Contadero	El Culantro	ALJ-15	Aljibe	Agrícola	1	950488	594619
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-39	Aljibe	Doméstico	1	953713	595919
Contadero	San José de Quisnamuez	ALJ-40	Aljibe	Doméstico	1	953750	595934
Contadero	La Providencia	PA-9	Manantial	Agrícola	1	948513	591188

Municipio	Vereda	ID punto	Tipo de punto de agua	Usos y usuarios		Coordenada del punto de agua	
				Tipo de uso	No. usuarios	X	Y
Contadero	San Francisco	PA-14	Manantial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	7	949117	592215
Contadero	Aldea de María	PA-22	Manantial	Agrícola	1	949984	592580
Contadero	El Capulí	PA-33	Manantial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	21	950184	593483
Contadero	El Capulí	PA-34	Manantial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	3	950183	593526
Contadero	El Manzano	PA-87	Manantial	Agrícola	2	953308	596371
Contadero	San José de Quisnamuez	PA-106	Manantial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	3	953981	596279
Iles	El Porvenir	PA-182	Manantial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	5	954153	603071
Imués	Pilcuán	PA-201	Manantial	Agrícola / Pecuario	15	956890	605983
Imués	Pilcuán	PA-209	Manantial	Agrícola	3	956944	606617
Imués	Pilcuan	PA-210	Manantial	Doméstico / Agrícola / Pecuario	5	956963	606722
Imués	Pilcuan	PA-211	Manantial	Doméstico / Agrícola	20	956987	606732
Imués	Pilcuan	PA-212	Manantial	Doméstico / Agrícola	14	956968	606745
Imués	Pilcuán	PA-193A	Manantial	Doméstico	13	955066	605106
Ipiales	San Juan	SA-1A	Surgencia antrópica	Doméstico	4	946833	589429
Contadero	San Francisco	SA-2A	Surgencia antrópica	Agrícola / Pecuario	4	948426	592062
Contadero	Aldea de María	SA-4A	Surgencia antrópica	Pecuario	10	949580	592251
Contadero	Aldea de María	SA-4B	Surgencia antrópica	Pecuario	10	949973	592551
Contadero	Aldea de María	SA-4C	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola / Pecuario	15	950036	592767
Contadero	El Capulí	SA-4D	Surgencia antrópica	Agrícola	1	950115	593671
Contadero	El Capulí	SA-4E	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola	2	950123	593684
Contadero	I.P. Ospina Pérez	PA-68	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola / Pecuario	3	952621	595545
Contadero	I.P. Ospina Pérez	SA-4F	Surgencia antrópica	Doméstico / Pecuario	2	952744	595586
Contadero	San José de Quisnamuez	SA-5A	Surgencia antrópica	Agrícola	2	953537	596392
Contadero	San José de Quisnamuez	SA-7A	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola / Pecuario	3	954344	596694

Municipio	Vereda	ID punto	Tipo de punto de agua	Usos y usuarios		Coordenada del punto de agua	
				Tipo de uso	No. usuarios	X	Y
Iles	Urbano	SA-22B	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola / Pecuario	3	953824	598583
Iles	Urbano	SA-22C	Surgencia antrópica	Agrícola	1	955803	598046
Imués	Pilcuán	PA-204	Surgencia antrópica	Agrícola / Pecuario	10	956824	606118
Contadero	San José de Quisnamuez	SA-5	Surgencia antrópica	Agrícola	1	953426	596325
Contadero	San José de Quisnamuez	SA-6	Surgencia antrópica	Agrícola	1	953525	596337
Iles	Urbano	SA-20	Surgencia antrópica	Agrícola	1	955523	597564
Iles	Urbano	SA-21	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola / Pecuario	6	955630	597515
Iles	Tablón Alto	SA-24	Surgencia antrópica	Agrícola	1	954852	601869
Iles	Tablón Alto	SA-25	Surgencia antrópica	Agrícola	1	954785	601918
Imués	Silamag	SA-28	Surgencia antrópica	Doméstico	3	954933	605120
Iles	El Porvenir	SA-29	Surgencia antrópica	Agrícola	1	954962	604992
Imués	Silamag	SA-30	Surgencia antrópica	Doméstico	1	955037	605090
Imués	Silamag	SA-31	Surgencia antrópica	Doméstico	2	955056	605103
Imués	Pilcuán	SA-33	Surgencia antrópica	Doméstico / Pecuario	12	955208	604983
Imués	Pilcuán	SA-35	Surgencia antrópica	Doméstico	3	956798	605961
Imués	Pilcuán	SA-36	Surgencia antrópica	Doméstico / Agrícola	6	956840	606079
Imués	Pilcuán	SA-37	Surgencia antrópica	Doméstico	2	956988	606467
Contadero	San Francisco	PA-10	Zona Húmeda	Agrícola / Pecuario	4	948342	592029

- **Indice de retención y regulación hídrica (IRH)**

La regulación Hídrica, evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca; este indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto, la **Tabla 5-153** presenta la calificación de los rangos de valores IRH, establecidos en el estudio nacional del agua (ENA), 2010.

Este índice se calcula a partir de la curva de duración de caudales, ségun la siguiente ecuación:

$$IRH = VP/Vt$$

Donde,

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio

Vt: Volumen total representado por el área bajo la vurva

Tabla 5-153 Calificación de los rangos de valores para el índice de regulación hídrica (IRH)

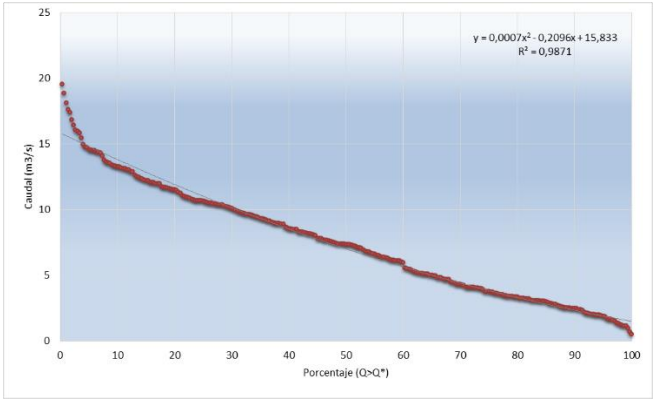
RANGO IRH	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
>0.85	Muy Alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0.75 – 0.85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0.65 – 0.75	Moderada	Media retención y regulación de humedad
0.50 – 0.65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
<0.50	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: ENA., 2010.

- **Curvas de duración**

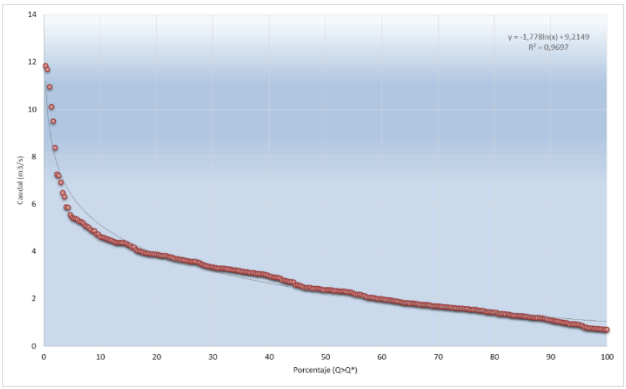
La curva de duración de los caudales para el río boquerón y el rio sapuyes se presentan en las **Figura 5.132** y **Figura 5.133.**

Figura 5.132 curva de duración de caudales mensuales rio Sapuyes



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.133 curva de duración de caudales mensuales rio Boquerón



Fuente: Consorcio SH.

A partir de la formula anteriormente descrita se procede a calcular los valores de índice de regulación hídrica y su clasificación según el estudio nacional del agua.

Tabla 5-154 Índice de regulación hídrica (IRH) en las subcuencas analizadas

SUB CUENCA	IRH	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Rio Sapuyes	0.75	Alta	Alta retención y regulación de humedad
Rio Boquerón	0.72	Moderada	Media retención y regulación de humedad

Fuente: Consorcio SH.

Estos índices presentan concordancia con el estudio nacional del agua en donde se presentan los mismos rangos en el área de estudio analizada.

- **Indice de uso de agua (IUA)**

Según el estudio nacional del agua del 2010, este índice se entiende como la cantidad de agua utilizada por los diferentes usuarios, en un período determinado y una unidad de análisis, en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales.

Este índice se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$IUA = \left(\frac{Dh}{Ohn}\right) * 100$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica
Oh: Oferta neta

El estudio nacional del agua creo categorías y significancia del índice del uso de agua, en la **Tabla 5-155** se presenta dicha clasificación.

Tabla 5-155 Calificación de los rangos de valores para el índice de uso del agua (IUA)

RANGO IUA	CATEGORÍA IUA	SIGNIFICADO
>50	**Muy Alto**	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 - 50	**Alto**	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01-20	**Moderado**	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1-10	**Bajo**	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
<1	**Muy Bajo**	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: ENA., 2010.

Para determinar la oferta neta de caudales de las subcuencas, es necesario aplicar los factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico, definiéndose estos como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades tanto sociales como económicos, con la oferta hídrica disponible, garantizando el abastecimiento para la conservación de la flora y fauna del sistema hídrico, y el uso del recurso por parte de la comunidad ya sea para el consumo doméstico, recreativo y/o actividades productivas. Esta metodología fue adoptada por el IDEAM mediante la Resolución 865 del 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy MADS, la cual reglamenta la metodología desarrollada por el IDEAM en el documento “Metodología para el Cálculo del Índice de Escasez para Aguas superficiales, (IES)”.

A continuación se determinan los métodos establecidos para el cálculo de la oferta neta de los cuerpos de agua susceptibles de intervención:

- **Reducción por Caudal Ecológico.**

El caudal mínimo, ecológico o caudal mínimo remanente es el caudal requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua.

El cálculo del caudal ecológico se realizó teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 865 de 2004, en la cual avala el porcentaje de descuento adoptado por el IDEAM, como caudal mínimo ecológico un valor aproximado del 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio.

- **Reducción por Calidad de Agua.**

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe sus posibles usos, por lo tanto, mediante el monitoreo sistemático de indicadores de calidad del agua, como los ICOs, realizados por el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, entre los días 26 de febrero al 21 de marzo del 2017, se avanzó en el conocimiento de los niveles de calidad ambiental del recurso hídrico de los cuerpos de agua solicitados para aprovechamiento. Una vez conocido el estado de la calidad del agua de estas fuentes (baja a media), la oferta hídrica se redujo el 25%, correspondiendo a la condición de calidad del agua. En la **Tabla 5-156** se presenta el caudal ambiental disponible en cada sector de la cuenca.

Tabla 5-156 Calculo de Caudal Ambiental.

SUB CUENCA	CAUDAL PROMEDIO (m^3/s)	REDUCCIÓN POR CAUDAL ECOLÓGICO (25%)	CAUDAL MINIMO MENOS EL ECOLOGICO (m^3/s)	REDUCCIÓN POR CALIDAD DE AGUA (25%)	CAUDAL AMBIENTAL (m^3/s)
Rio Sapuyes	7.53	0.60	6.93	1.88	2.48
Rio Boquerón	2.6	0.28	2.317	0.65	0.93

Fuente: Consorcio SH.

Una vez obtenido el valor del caudal ambiental, a la oferta hídrica total se le aplica la reducción, mediante la siguiente ecuación:

$$Oh = Oh_{total} - O_{Qamb}$$

Dónde:

Oh_{total}: Oferta Hídrica en m^3/s.

O_{Qamb}: Oferta Caudal Ambiental m^3/s.

En la **Tabla 5-157** se observa la oferta neta anual resultante para cada subcuenca, después del ajuste por reducción del caudal ambiental.

Tabla 5-157 Oferta Neta anual por sectores de la cuenca.

SUB CUENCA	OFERTA TOTAL (m^3/s)	CAUDAL AMBIENTAL (m^3/s)	OFERTA NETA (m^3/s)	OFERTA NETA (m^3/Año)
Rio Sapuyes	7.53	2.48	5.05	159,256,800
Rio Boquerón	2.6	0.93	1.67	52,665,120

Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-158** se presenta el cálculo del índice del uso del agua y su clasifiación para cada una de las subcuencas.

Tabla 5-158 Indice de uso del agua (IUA) para las subcuencas analizadas

SUB CUENCA	DEMANDA (m^3/Año)	OFERTA HIDRICA NETA (m^3/Año)	IUA	CATEGORIA IUA
Rio Sapuyes	15,469,050	159,256,800	9.71	Bajo
Rio Boqueron	8.992.971	52,665,120	17.08	Moderado

Fuente: Consorcio SH.

- **Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)**

Según el estudio nacional del agua del 2010, este índice da el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas (periodos largos de estiaje o fenómenos del niño) podría generar riesgos de desabastecimiento.

El cálculo del IVH se determina a través de la matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA) presente en la **Tabla 5-159**.

Tabla 5-159 Categorias índidece de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH)

ÍNDICE DE USO DE AGUA (IUA)	ÍNDICE DE REGULACIÓN (IRH)	CATEGORIA DE VULNERABILIDAD (IVH)
Muy Bajo	Alto	**Muy Bajo**
Muy Bajo	Moderado	**Bajo**
Muy Bajo	Bajo	**Medio**
Muy Bajo	Muy Bajo	**Medio**
Bajo	Alto	**Bajo**
Bajo	Moderado	**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: Consorcio SH.

De la anterior matriz se determino la categoría de vulnerabilidad de las subcuencas analizadas (Ver **Tabla 5-160**).

Tabla 5-160 Categoria IVH para las cuencas analizadas

SUB CUENCA	Categoria IUA	Categoria IRH	Categoria IVH
Rio Sapuyes	Bajo	Alta	**Bajo**
Rio Boqueron	Moderado	Moderada	**Medio**

Fuente: Consorcio SH.

5.1.7.2 Principales fuentes contaminantes.

En el área de influencia del proyecto se evidencia la contaminación de algunas fuentes hídricas, debido a que la comunidad aledaña realiza una mala disposición de los residuos sólidos sobre las márgenes de estos cuerpos de agua (**Fotografía 5.121**).

Fotografía 5.121 Disposición de residuos sólidos en la margen del zanjón Chorrera Chiquita, vereda Tablón Alto.

E: 955820 N: 598517

Fuente: Consorcio SH.

Por su parte en las comunidades donde no hay sistema de alcantarillado, las aguas residuales generadas son vertidas directamente a las fuentes hídricas, así como las aguas generadas en los sitios donde se desarrollan actividades económicas de manera artesanal como transformación de alimentos y lavado de vehículos.

Por ejemplo, rio Boquerón es contaminado principalmente por los vertimientos de Ipiales, Pupiales, Contadero, Gualmátan y por los vertimientos directos de las viviendas y de establos de cerdos del municipio de Contadero. (PORH Río Boquerón, 2011).

Por su parte las actividades económicas como la ganadería y la agricultura también contribuyen al deterioro del recurso hídrico, ya que la gran cantidad de residuos y vertimientos que estas actividades generan pueden ser transportados hasta los cuerpos de agua a través de escorrentía, alterando así significativamente las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, sometiendo a estos cuerpos de agua a procesos de eutrofización.

5.1.8 Hidrogeología.

El estudio de la hidrogeología tiene como objetivo el conocimiento de las unidades hidrogeológicas de la zona de influencia del proyecto de tal forma que permita evaluar los posibles impactos que se puedan causar al recurso hídrico subterráneo y de esta forma poder establecer medidas de manejo que permitan preservar el recurso para su aprovechamiento por parte de las comuniades.

Como parte del trabajo realizado, además del levantamiento geológico, la realización de geoelectrica, la fase de campo se enfocó en la realización de un inventario de puntos de aguas, con el fin de caracterizarlas, permitiendo definir su importancia ambiental y social. El inventario se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre de 2017, entre el 17 y el 29 de abril de 2018 y una última jornada de campo entre los meses de julio y agosto de 2018 en la que se realizó la verificación al mismo. Tanto el inventario como la verificación se realizaron mediante visitas predio a predio, en compañía de representantes de la comunidad y propietarios de predios. Allí se recolectó información referente a la localización, profundidad de los niveles de agua subterránea, caudales, parámetros fisicoquímicos (donde era posible) y su uso actual.

Dicho inventario se realizó en una franja de 600 m, 300 m a cada lado del corredor, con el objetivo de:

- Conocer la potencialidad acuífera de las diferentes unidades geológicas presentes en el área
- Conocer la dirección preferencial del agua subterránea.
- Identificar las zonas de mayor explotación por parte de las comunidades en para sus actividades económicas y de consumo.
- Identificar las posibles áreas de recarga y descarga.
- Identificar en forma aproximada las zonas con mayor o menor grado de afectación que podrían generar las actividades asociadas a la construcción del proyecto.

- Identificar si las descargas de agua eran naturales o por intervenciones antrópicas, para con estos elementos poder hacer una caracterización que permita dar la real importancia a cada uno de los puntos inventariados desde el punto de vista social y ambiental

Aunado a lo anterior, la localización de los diferentes puntos de agua permitió establecer claramente que para dar cuplimiento a las especificaciones técnicas exigidas por la ANI en el contrato de concesión es imposible no afectarlos en su totalidad. Empero lo anterior, se realizaron algunos algunos ajustes al trazado de tal forma que la afectación fuera la estrictamente necesaria para el desarrollo del proyecto.

Igualmente, el inventario realizado permitió la selección de puntos representativos para realizar el análisis hidroquímico. Se establecieron 42 puntos incluyendo muestras de corrientes superficiales (ríos y quebradas); seleccionados geoestadisticamente de tal forma que abarcaran toda el área de estudio y se pudiera evaluar la composición química de las aguas subterráneas; su posible origen y tiempo de permanencia en las unidades hidrogeológicas.

En la franja de 600 metros se logró identificar 271 puntos de agua, de los cuales 15 corresponden a zonas anegadas, dada las condiciones geomorfológicas y litológicas que permiten el empozamiento de aguas lluvias y las cuales se definen como zonas húmedas y 256 puntos, los cuales dadas sus características fisicoquímicas, sus caudales y condiciones físicas, importancia social, ecosistémica, social se clasifican en manantiales, afloramientos subsuperficiales, surgencias antrópicas y aljibes como se muestra en la **Tabla 5-161.**

Tabla 5-161 Puntos de agua Identificados.

TIPO DE PUNTO	CANTIDAD	%
Afloramientos Subsuperficiales	106	39,1
Surgencias Antrópicas	60	22,1
Aljibes	53	19,6
Manantiales	37	13,7
Zonas Húmedas/Zonas Abnegadas	15	5,5
TOTAL	**271**	100

Ademas de los puntos anteriores, debe mencionarse que para los diferentes estudios: geología, geotecnia y estabilidad, el proyecto realizó la construcción de 62 piezómetros que permitieron conocer el nivel freático de cada unidad geológica a lo largo del proyecto vial, de los cuales el 45% se encuentran secos, el 55% restante presenta niveles muy variables los cuales van desde 0.1 m a 50 m. Estos no se tienen en cuenta dentro del inventario de puntos de agua ya que no se constituyen como tal; su objetivo es poder determinar la presencia o no de agua, estimar la profundidad a la cual se encuentra y realizar pruebas de bombeo. Es decir, no corresponden a un punto de agua, sino a puntos de monitoreo.

Como parte del estudio de realizó el modelo Hidrogeológico Conceptual que describe las unidades hidrogeológicas que constituyen el área de influencia, sus espesores y respectivos parámetros hidráulicos, zonas de recarga y descarga de los acuíferos, determinándose las fronteras hidrogeológicas, los tipos de drenaje dominantes y la dirección preferencial de flujo subterráneo regional. Este modelo a su vez sirvió como base para la construcción del modelo hidrogeológico numérico tridimensional unido al inventraio de puntos realizado en campo.

Con fundamento en el inventario de puntos y el modelo hidrogeológico conceptual, se estableció el área de influencia hidrogeológica definida como un corredor de 100 metros a lado y lado del corredor vial proyectado y se definieron 181 puntos de agua representativos para el modelo matemático. Este análisis definió los puntos de agua que podrían afectarse y para cada uno se han realizado los diseños específicos que permiten la captación de las aguas y su conducción a un sitio que permita su aprovechamiento por parte de las comunidades. Estas medidas se presentan el el Capitulo 11-Plan de Manejo Ambiental del presente documento.

El estudio hidrogeológico, donde se presenta el detalle del trabajo realizado, el análisis correspondiente y el modelo hidrogeológico se presenta en el **Anexo 19 – Análisis Hidrogeología**.

5.1.9 Geotecnia.

Para el desarrollo del componente geotécnico, se requiere llevar a cabo el análisis de susceptibilidad frente a la ocurrencia de procesos de remoción en masa involucrando entre otros los siguientes aspectos: Densidad de fallas geológicas en el área de influencia, distribución de las unidades geológicas y geomorfológicas, intensidad de procesos morfodinámicos, cobertura vegetal, intensidad de lluvias, pendientes y variabilidad del terreno y sismos ocurridos en la zona en las últimas décadas, variables que se califican según diversos criterios. Con la suma de esta información se obtiene el mapa de susceptibilidad que será la base para la zonificación geotécnica, donde se integra la información de los ensayos de laboratorio realizado a las rocas del área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal y el mapa de susceptibilidad generado con las variables anteriormente descritas.

A continuación, se presenta el análisis de acuerdo al grado de susceptibilidad a procesos de remoción en masa a lo largo del área de influencia.

5.1.9.1 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

Para la zonificación y análisis de la distribución espacial de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa se empleó un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el cual, por medio de algebra de mapas, se ejecutó una suma de diferentes variables, a las cuales se les asignó una valoración a partir de sus características y de su interacción con el medio en la generación de procesos de remoción en masa. A continuación, se realiza la descripción de cada una de estas:

- **Causas de inestabilidad condicionantes**
  - **Geología**

En este punto prima el tipo de material (Duque, 2003), condicionando sus características físico-mecánicas y, por tanto, su estabilidad potencial, por lo que el comportamiento variará de unos materiales a otros aun cuando actúen sobre ellos con igual intensidad los mismos factores, dependiendo de la composición mineralógica, textura, compactación, tamaño, forma y cementación de las partículas que formen la roca o sedimento (Ibarra, 2008). Dentro de la zona de estudio se presentan dos unidades geológicas, los depósitos aluviales y cuyos materiales ofrecen una resistencia alta-media a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, por lo cual se le ha asignado una calificación de 2; los depósitos de ceniza de Rumichaca, compuestos por cenizas volcánicas formadas por arenas finas y limos, compactados, producto del transporte eólico de cenizas volcánicas, estos materiales en ocasiones pueden ser propensos a generar procesos de remoción, no obstante se evidencian principalmente erosiones, por lo cual se le dio una valoración de 3, Los depósitos coluviales debido a su posicionamiento sobre laderas de pendientes moderadas se les asigno una calificación de 4, y por ultimo las Lavas y Piroclásticos, sobre los cuales se concentran la mayor cantidad de procesos morfodinámicos identificados en trabajos de campo, lo que indica que estos materiales ofrecen una baja resistencia por lo cual se les asigno la mayor calificación de 6, tal como se muestra en la **Figura 5.134**.

Figura 5.134 Criterios de calificación de la variable geología.

GEOLOGIA	UNIDAD GEOLOGICA	Depósito Aluvial (Qal)	Lavas (TQvl)	Depósitos de ceniza de Rumichaca (Qdcr)	Depósito Coluvial (Qco)	Lavas y Piroclastos (NQlp)
	CRITERIO	Aunque son materiales poco consolidados ofrecen una resistencia media-alta a la ocurrencia de PRM	Flujos lávicos andesditicos consolidados con alta resistencia al corte,	Aunque son materiales poco consolidados, debido su constitución mineralógica son resistentes a cortes con pendientes fuertes.	La resistencia al corte de los materiales involucrados en el proceso de falla generalmente es baja	La intercalación indiferenciada de Lavas y piroclastos minimiza la resistencia al corte de los materiales, incluso pueden presentarse paleosuelos en medio de la unidad
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	2		3	4	6

Fuente: Consorcio SH

- **Densidad de Fallas**

La existencia de planos de debilidad o estructuras geológicas como planos de falla, diaclasas, discontinuidades estratigráficas o planos de estratificación, contribuyen (**Figura 5.135**) a facilitar el desprendimiento y posterior desplazamiento de las masas de tierra y/o rocas (González de Vallejo 2002); se detecta que la mayor incidencia en la génesis de los procesos morfodinámicos observados la tienen los sectores donde se concentran la mayor influencia de fallas geológicas (**Figura 5.137**).

Figura 5.135 Criterios de calificación de la variable densidad de fallas.

DENSIDAD DE FALLAS	Existencia de estructuras geológicas	Fallas, pliegues, diaclasas y posiblemente zonas de cizalla, las cuales han contribuido a la degradación de los macizos rocosos.
	CRITERIO	La longitud de las estructuras geológicas presentes en el mapa de la cartografía base a una determinada escala, por el área de la unidad geológica, caracteriza la densidad de fallas, y es una expresión de la incidencia estructural o grado de afectación tectónica de las unidades geológicas.
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	1 ... 10

Fuente: Consorcio SH

- **Geomorfología**

La geomorfología tiene como objeto principal la agrupación de las diferentes unidades de paisaje, con base en el origen de las geoformas (morfogénesis), su morfometría, morfoestructura y los procesos denudativos que han moldeado las geoformas (morfodinámica). Esto permitió la realización de un análisis de las unidades de paisaje, formaciones superficiales, relieves mayores y menores y sobre éstas se identificaron los procesos geomorfodinámicos, tales como la erosión, carcavamiento, flujos y deslizamientos, conforme al componente descrito anteriormente (**Figura 5.136**).

- **Densidad de procesos morfodinámicos**

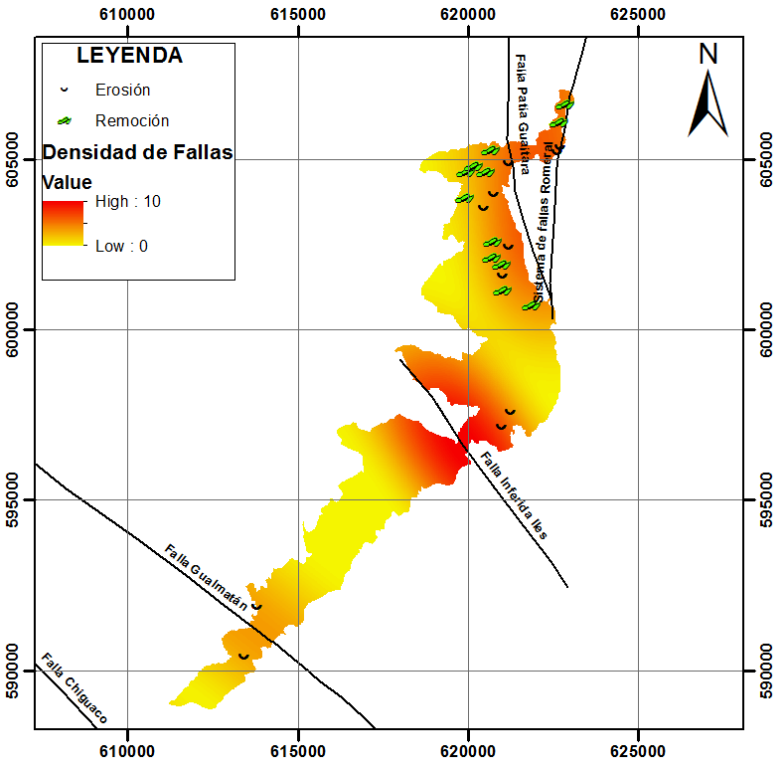
Hace referencia a los procesos morfodinámicos que han tenido lugar en el área de influencia, relacionados principalmente con procesos de deterioro del terreno como erosión, carcavamiento y socavación, y procesos de remoción en masa, tales como flujo de detritos, caídas de bloques y deslizamientos de tipo rotacional y planar (**Figura 5.139**). Este factor, como entrada para la elaboración del mapa de susceptibilidad, se tomó como una sectorización del inventario de procesos levantado en campo y se determinaron los criterios de calificación tal como lo muestra la **Figura 5.135**.

Figura 5.136 Criterios de calificación de la variable geomorfología.

GEOMORFOLOGIA	UNIDAD GEOMORFOLOGICA	Altiplanicie Volcánica, Cauce Activo, Ladera denudacional Residual	Escarpe en Lava, Terraza Aluvial	Ladera Denudacional en Cenizas, Ladera Denudacional Coluvial, Terraza Antrópica	Ladera Escarpada en Piroclastos y Lavas	Ladera denudacional abrupta en piroclastos
	CRITERIO	Unidades geomorfológicas en donde la concentración de procesos de remoción en masa es baja, generalmente presentan pendientes suaves a moderadas.	Escarpe cuya condición de estabilidad es moderada y Terrazas en donde la pendiente es moderada.	Laderas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados de meteorización y erosión y pendientes onduladas a ligeramente inclinadas.	La morfología Escarpada de la ladera favorece desprendimientos de rocas fracturadas.	Laderas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos intensos a moderados de meteorización y erosión y pendientes abruptas, en donde son comunes eventos de desplazamientos de materiales.
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	2	3	4	5	6

Fuente: Consorcio SH

Figura 5.137 Mapa de densidad de Fallas EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



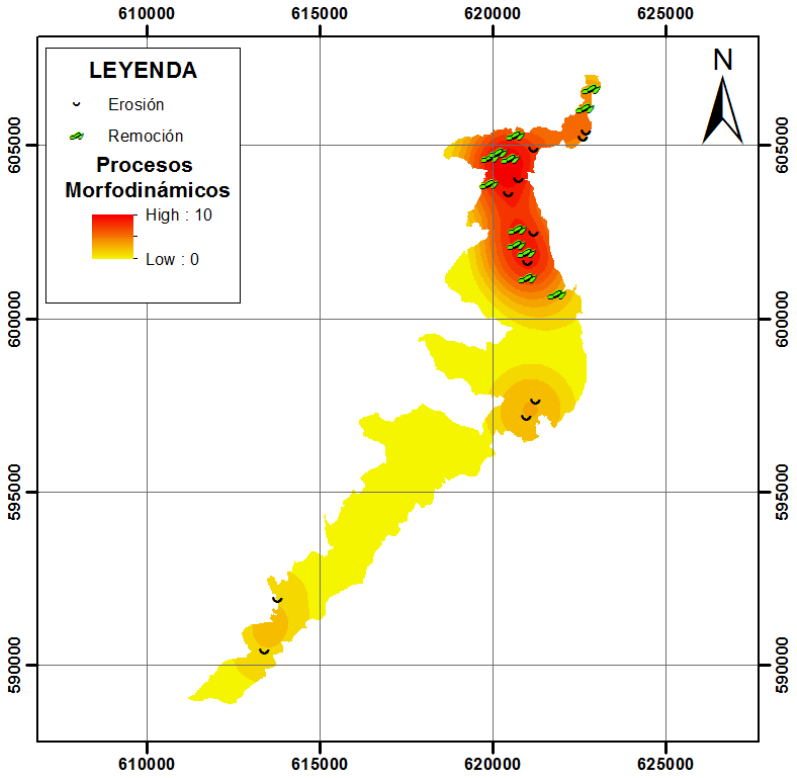
Fuente: Consorcio SH

Figura 5.138 Criterios de calificación de la variable densidad de procesos morfodinámicos.

PROCESOS MORFODINAMICOS		
	Existencia de procesos morfodinámicos	Procesos de deterioro del terreno como erosión, carcavamiento y socavación, y procesos de remoción en masa, tales como flujo de detritos, caídas de bloques y deslizamientos de tipo rotacional y planar.
	CRITERIO	Corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultaneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre y generar procesos de remoción en masa que contribuyen a la inestabilidad del terreno. En este sentido los procesos morfodinámicos inventariados se sectorizaron en el área de influencia a partir de la densidad espacial en cada unidad geomorfológica.
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	1 ... 10

Fuente: Consorcio SH

Figura 5.139 Mapa de Procesos Morfodinámicos identificados en la etapa de campo para el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal

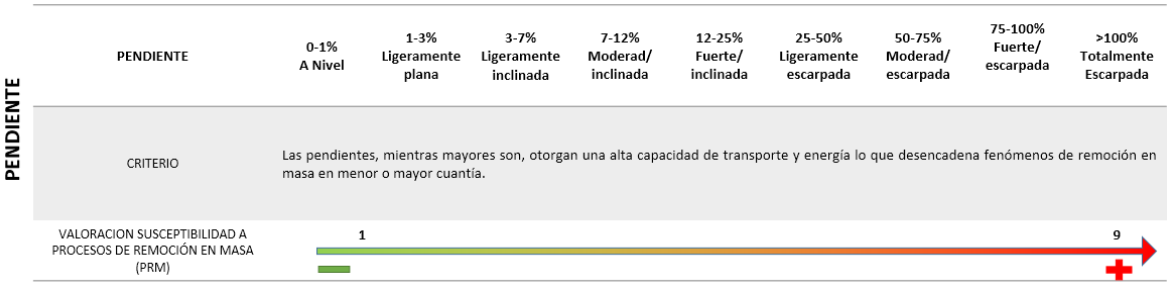


Fuente: Consorcio SH

- **Pendientes**

La pendiente es uno de los factores más determinantes en el origen de los deslizamientos, ya que, su incremento incide de manera directa en la ocurrencia de este tipo de fenómenos. Para el caso del área de influencia, el análisis de las pendientes se generó a partir de la topografía. Definiendo nueve intervalos de pendientes, en porcentajes de inclinación, estos son: 0- 1%, 1 a 3%, 3 - 7%, 7-12%, 12 - 25%, 25 -50%, 50 - 75%, 75 -100% y >100% (**Figura 5.140**).

Figura 5.140 Criterios de calificación de la variable pendientes.



Fuente: Consorcio SH

- **Rugosidad**

La variabilidad el terreno, conocida también como "Rugosidad", se define como un parámetro obtenido a partir de variabilidad de las pendientes, en un entorno espacial definido, los valores obtenidos son cualitativos y bastante subjetivos, puesto que expresan la uniformidad o variabilidad geomorfológica de una zona y se expresan como zonas de rugosidad, baja, media y alta. Fundamentalmente, el parámetro permite identificar las discontinuidades morfométricas, tales como rupturas de pendiente, encajamientos fluviales y líneas de cresta, relacionados con contactos litológicos o estructuras tectónicas.

Para la elaboración del mapa de rugosidad, es necesario emplear un mapa de pendientes y un mapa de orientación de las mismas, la multiplicación de éstos, celda a celda, dará como resultado un mapa con valores que oscilan entre 0 y un valor máximo, que dependerá de los valores máximos de las variaciones de los mapas de entrada que intervienen en el cálculo (**Figura 5.141**).

En el área de influencia del presente EIA, la variabilidad del relieve representada mediante un mapa de rugosidad, permitió contrastar áreas de fuerte carácter topográfico, así como zonas homogéneas, en las que se pueden identificar características del relieve definidas (**Figura 5.142**):

- Muy Baja: Corresponde a zonas en donde las pendientes son muy bajas, morfología plana y variabilidad el relieve Muy Baja
- Baja: Esta categoría corresponde a zonas donde las pendientes son bajas, morfología moderadamente plana y variabilidad el relieve Baja
- Media: Son zonas donde la pendiente de configuración es media, morfología levemente escarpada y variabilidad el relieve Media.
- Alta: Son zonas donde la pendiente es de configuración alta y variabilidad el relieve Alta
- Muy Alta: Son zonas donde la pendiente de configuración muy alta, morfología fuertemente escarpada y variabilidad el relieve Alta.

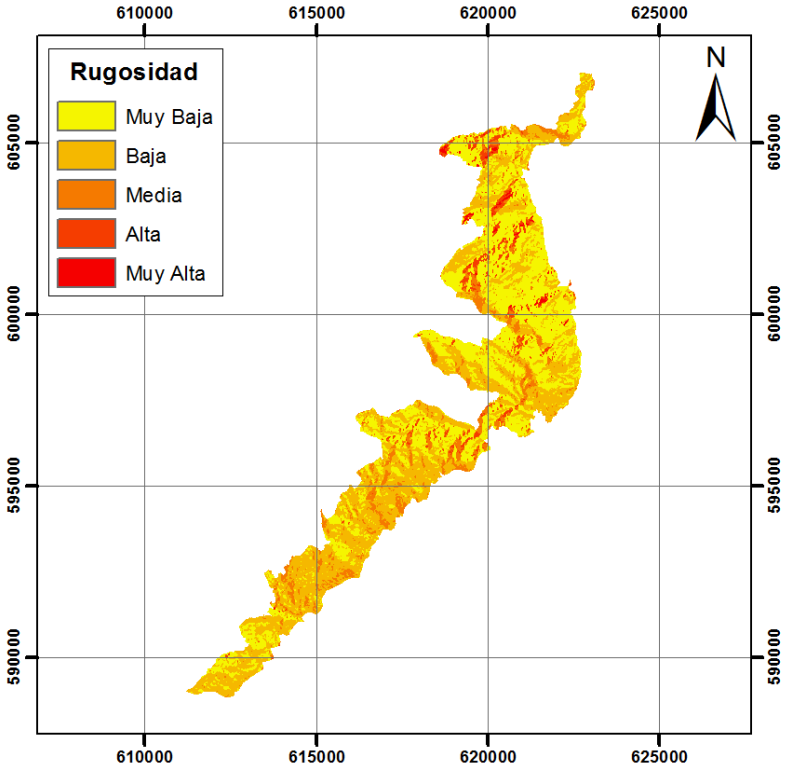
Figura 5.141 Criterios de calificación de la variable rugosidad.

VRIABILIDAD DEL TERRENO

RUGOSIDAD	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
CRITERIO	Corresponde a zonas en donde las pendientes son muy bajas, morfología plana y variabilidad el relieve Muy Baja	Esta categoría corresponde a zonas donde las pendientes son bajas, morfología moderadamente plana y variabilidad el relieve Baja	Son zonas donde la pendiente de configuración es media, morfología levemente escarpada y variabilidad el relieve Media.	Son zonas donde la pendiente es de configuración alta y variabilidad el relieve Alta	Son zonas donde la pendiente de configuración muy alta, morfología fuertemente escarpada y variabilidad el relieve Alta.
VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	1				5

Fuente: Consorcio SH

Figura 5.142 Mapa de Rugosidad del terreno del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2017

- **Causas de inestabilidad contribuyentes**

  - **Cobertura Vegetal**

Permite identificar la presencia de vegetación en la superficie y caracterizar su distribución espacial, debido a que la cobertura vegetal incide en el comportamiento de los suelos superficiales y por ende favorece la estabilidad de los taludes y laderas. Esta variable fue calificada tal como lo muestra la **Figura 5.143**

Figura 5.143 Criterios de calificación de la variable cobertura vegetal.

COBERTURA VEGETAL	UNIDD DE COBERTURA VEGETAL	Tejido Urbano continuo, Ríos, Bosque de Galería y Ripario, Bosque denso Altoandino	Mosaico de pastos y cultivos, Tejido Urbano discontinuo, Plantación Forestal	Pastos Limpios, mosaico de cultivos, vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria baja, Herbazal abierto rocoso	Red Vial y Terrenos asociados, Explotación de materiales
	CRITERIO	La existencia de árboles permite la absorción de agua por parte de estos disminuyendo el grado de saturación del suelo. Sus raíces en general ayudan a la estabilización actuando como anclajes de reforzamiento.	Los pastos y plantaciones forestales interceptan el agua caída, disminuyen la capacidad de erosión provocada por el agua y aumenta la resistencia del suelo y su porosidad.	La existencia de pastos y vegetación secundaria permite la absorción de agua disminuyendo el grado de saturación del suelo, sin dejar de considerar que en algunos casos esta condición es sólo superficial.	La vegetación secundaria baja permitirán la absorción de agua del suelo en menor proporción, pues sus raíces no son tan profundas.	En los cortes y taludes de las vías desprovistos de vegetación, se resta estabilidad, además se genera una alta sensibilidad a la erosión hídrica.
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	1	2	3	4	5

Fuente: Consorcio SH

- **Causas de inestabilidad contribuyentes**

  - **Precipitación**

La pluviosidad, además de ser el factor activo en el transporte de los materiales, agrega agua al suelo, causando un aumento en la presión de poros, lo que genera una pérdida de cohesión de los materiales; la mayor parte de los deslizamientos, que se originan en laderas de zonas montañosas, ocurren después de intensas lluvias (Suarez Díaz, 2009), por lo que es necesario conocer la cantidad de lluvia para detonarlos, a la que se le suele llamar lluvia crítica, para este caso se debe contar con la localización exacta de los deslizamientos, la fecha de ocurrencia, los registros de precipitación diaria y mensual precedentes a los eventos obtenidos de las estaciones más cercanas.

Específicamente para el análisis, los rangos de precipitación se agrupan en cinco (5) categorías, así: muy baja, con valores menores a 1500 mm/año; baja, con valores entre 1501 – 2000 mm/año; media, con valores entre 2001 – 2500 mm/año; alta, con valores entre 2501 – 2750 mm/año; y muy alta, con valores mayores a 2750 mm/año (**Figura 5.144**).

Destacando que para la zona de estudio la pluviosidad es muy baja (< 1500 mm/año). La información fue obtenida del estudio de hidrología elaborado para el presente proyecto, analizando los regímenes de precipitación anual de las estaciones meteorológicas existentes en el sector (**Tabla 5-162**). Si bien, esta característica no genera un mapa de variación de pluviosidad para el área de influencia, se considera importante mencionarla en el marco del análisis de susceptibilidad ya que así como la "sismicidad" son caudas detonantes de procesos de remoción en masa; la valoración asignada es de 1, por lo tanto genera un mapa plano que no afecta el resultado de las otras variables consideradas en el análisis.

Figura 5.144 Criterios de calificación de la variable precipitación.

PRECIPITACION	PRECIPITACION mm/Año	< 1500	1501 – 2000	2001 – 2500	2501 – 2750	> 2750
	CRITERIO	Las precipitaciones actúan aumentando el grado de saturación de los materiales, tanto en suelo como en fracturas, aumentando temporalmente la presión de poros (μ). Teniendo en cuenta que el esfuerzo efectivo (σ') se define como σ' = σ – μ, entonces es la disminución de este esfuerzo el que genera un descenso en la resistencia de los materiales durante un periodo de tiempo, con ello una baja en la estabilidad y un eventual proceso de remoción en masa. Sin embargo, a partir de la información obtenida en el análisis climatológico, la precipitación anual, para las principales unidades hidrográficas es entre 1035 y 1326 mm por lo que la valoración asignada es de 1, por lo tanto genera un mapa plano que no afecta el resultado de las otras variables consideradas en el análisis.				
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	1				5

Fuente: Consorcio SH

Tabla 5-162 Regímenes de precipitación anual para el área de influencia del EIA para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal

MES	52050000	52057010	52057040	52057070	BOQUERON	CULANTRO	CUSUNGO	EL MANZANO	GUAITARA_01	GUAITARA_02	HONDA	HUMEADORA	LAS CUEVAS	MACAL	MOLEDORES	SAN ANTONIO	SAN FRANCISCO	SAPUYES	SECA	YAMBULAYAN	SAN_PEDRO
Jan	94.0	93.2	102.1	98.0	74.4	82.1	79.3	90.5	97.4	101.3	81.2	87.3	83.7	86.7	90.0	80.2	90.3	86.6	86.2	79.3	97.3
Feb	91.4	90.9	105.1	100.7	83.8	85.3	85.9	88.7	99.3	97.5	84.9	87.7	85.6	88.2	89.2	84.8	89.6	92.2	86.5	84.5	97.6
Mar	111.2	110.6	125.3	123.3	105.0	105.1	106.4	107.7	120.6	116.3	104.6	107.3	105.1	108.4	109.0	104.7	109.6	114.8	105.8	104.3	118.5
Apr	135.3	130.8	142.8	134.8	110.2	115.1	111.3	121.8	134.4	132.6	113.4	121.9	115.8	125.9	126.4	112.9	129.3	130.5	117.8	111.1	136.0
May	107.3	110.1	124.5	128.5	94.5	98.1	100.6	106.4	126.3	125.7	97.3	103.4	99.0	102.7	106.6	96.9	106.0	108.2	101.2	96.4	119.7
Jun	52.8	64.9	75.8	116.2	60.5	64.5	76.7	76.0	111.9	107.7	65.1	66.5	66.4	57.4	65.9	64.5	59.4	57.4	69.3	65.8	79.2
Jul	45.8	63.6	51.7	114.1	49.9	66.4	73.3	83.2	110.5	118.9	67.4	68.7	70.1	54.0	66.6	65.6	56.7	39.9	74.7	67.2	66.3
Aug	41.0	52.9	43.0	85.8	40.0	52.3	56.3	65.0	83.7	92.5	52.7	55.0	54.9	45.4	54.4	51.5	47.8	34.8	58.3	52.4	53.6
Sep	55.1	59.1	65.6	84.3	56.4	58.2	64.7	62.2	80.1	78.5	58.5	59.0	58.5	56.2	59.1	58.7	57.0	57.3	59.4	59.5	66.9
Oct	118.6	112.5	129.3	107.1	97.4	99.4	96.0	102.0	105.7	106.6	98.2	103.9	99.3	108.9	107.8	98.2	111.3	120.8	100.0	97.0	121.5
Nov	131.9	125.0	137.7	125.2	111.6	112.2	111.6	115.0	121.7	117.6	111.1	116.6	112.4	121.2	120.3	110.9	124.0	128.9	113.3	109.8	133.3
Dec	113.3	107.6	129.5	108.0	97.0	96.9	94.1	101.1	108.9	108.2	95.9	101.2	97.4	104.5	104.3	95.6	106.9	112.3	98.6	94.5	117.2
Annual	**1097.8**	**1121.2**	**1232.3**	**1326.0**	**980.6**	**1035.5**	**1056.1**	**1119.5**	**1300.5**	**1303.4**	**1030.3**	**1078.6**	**1048.2**	**1059.5**	**1099.7**	**1024.4**	**1087.9**	**1083.7**	**1071.0**	**1021.9**	**1207.2**

Fuente: Consorcio SH

- **Sismicidad**

Según el reglamento colombiano de construcción sismoresistente NSR-10, el área de influencia del presente EIA se encuentra en la región 5, con una aceleración horizontal (Aa) de 0,25 (**Figura 5.145**) asignada a los municipios de Iles y Contadero por lo que se le considera una zona de amenaza sísmica alta.

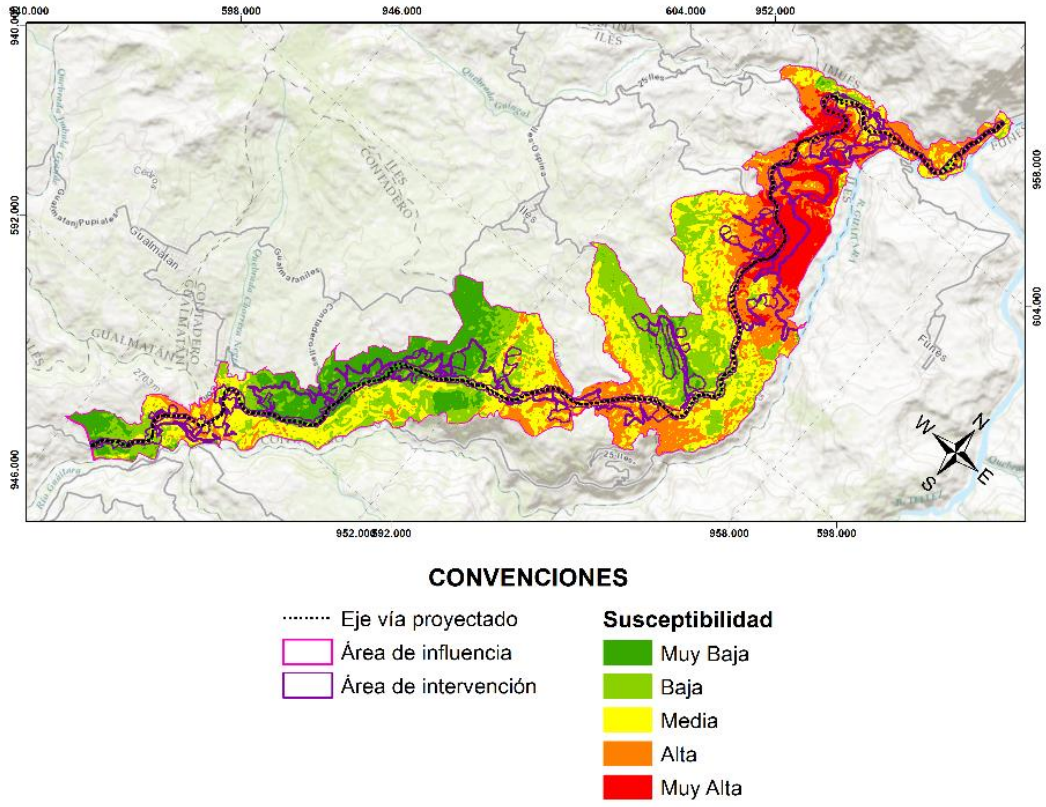
Figura 5.145 Criterios de calificación de la variable sismicidad.

SISMO	Valores de Aa	0.05	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
	CRITERIO	Las aceleraciones sísmicas generan un cambio temporal en el régimen de esfuerzos al que está sometida la ladera, tanto normales como de corte, pudiendo producir su inestabilidad.					
	VALORACION SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA (PRM)	1					6

Fuente: Consorcio SH

A partir de algebra de mapas, se ejecutó la suma de las diferentes variables, a las cuales fue asignada la valoración descrita anteriormente teniendo en cuenta sus características condicionantes, contribuyentes o detonantes de procesos de remoción en masa, que resultan en el mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa (**Figura 5.146**).

Figura 5.146 Mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal



Fuente: Consorcio SH

De acuerdo con el mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa, en el área de influencia definida para el estudio de impacto ambiental, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal se pueden diferenciar tres áreas homogéneas a saber:

Entre el PK15+700 y PK26+600 se presenta una zona de susceptibilidad frente a procesos de remoción en masa baja a media con poca probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, sin embargo, es probable que se generen procesos erosivos en los taludes de corte proyectados y sobre las laderas intervenidas por el hombre. Entre PK 26+600 hasta el PK34+200 se obtuvo una zona con susceptibilidad media a alta por procesos de remoción en masa, finalmente entre el PK34+200 al PK45+00 se presenta una zona de susceptibilidad alta a muy alta frente a la ocurrencia de procesos de remoción en masa induciendo un mal comportamiento geotécnico de los materiales frente a la ejecución taludes de corte a lo largo del tramo evaluado, por esto se debe prestar especial atención en este tramo porque los procesos de remoción en masa son más propensos a desarrollarse.

5.1.9.2 Zonificación geotécnica.

La zonificación geotécnica obtenida en el área de influencia enmarcada en el estudio de impacto ambiental para el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, se definió con base en el análisis de susceptibilidad por procesos de remoción en masa, visitas de reconocimiento, propiedades geomecánicas obtenidas en el estudio geotécnico para los diseños detallados de cimentación y estabilidad de taludes (Consorcio SH 2016). Como se mencionó anteriormente, la zonificación geotécnica se obtuvo a partir del análisis de susceptibilidad frente a la ocurrencia de procesos de remoción en masa definiendo cinco áreas geotécnicamente homogéneas asignándole un calificativo al grado de estabilidad. En la **Tabla 5-163** se presenta la categorización de las zonas geotécnicas definidas.

Tabla 5-163 Categorización de zonas homogéneas a tener en cuenta para la zonificación geotécnica sobre el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.

ZONA GEOTÉCNICA	GRADO DE ESTABILIDAD	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
V	Muy alta	Materiales rocosos, cenizas volcánicas, bajas pendientes, ausencia de procesos morfodinámicos y altos valores de resistencia al corte.
IV	Alta	Materiales competentes y cenizas volcánicas, bajas pendientes, presencia de procesos morfodinámicos difusos y puntuales
III	Media	Suelos competentes, pendientes moderadas y presencia de procesos morfodinámicos de baja intensidad
II	Baja	Pendientes moderadas, suelos blandos y presencia de procesos morfodinámicos moderados a intensos
I	Muy baja	Materiales rocosos, altas pendientes y presencia de procesos morfodinámicos intensos

Fuente: Consorcio SH

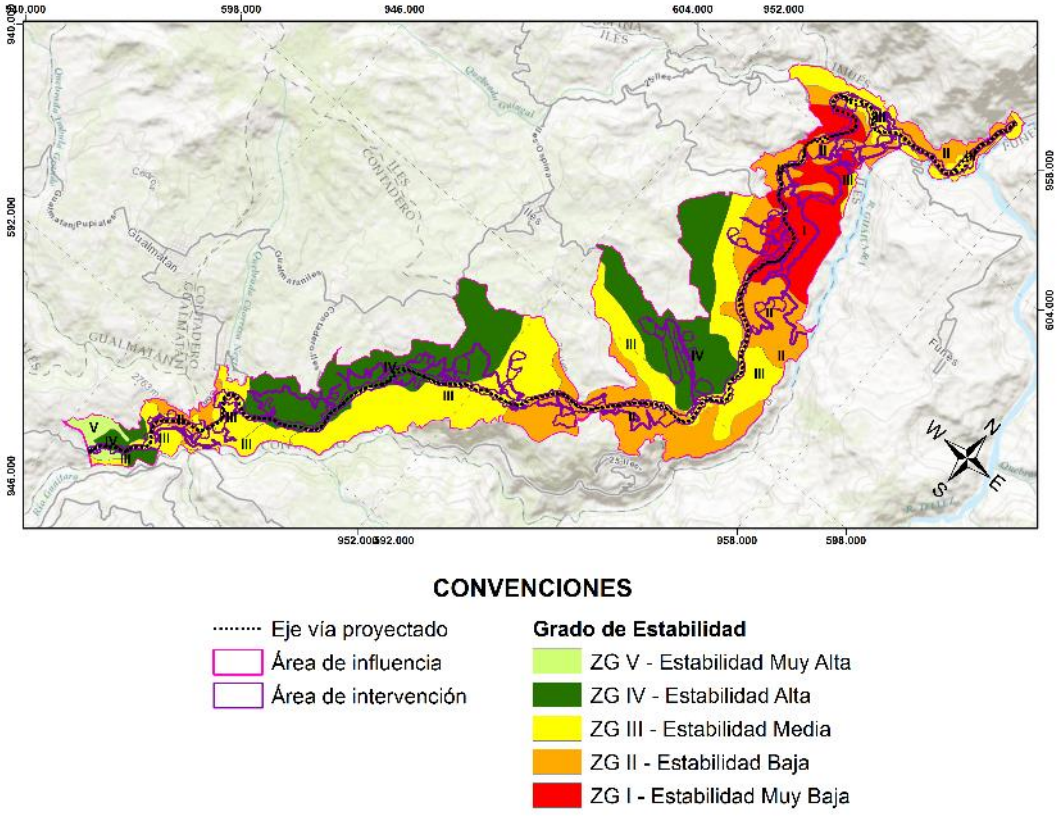
A continuación se lleva a cabo la descripción de las unidades geotécnicamente homogéneas resultantes de la zonificación sobre el área de influencia para el estudio de impacto ambiental del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal teniendo en cuenta el grado de estabilidad.

5.1.9.2.1 Zona de estabilidad geotécnica muy alta (V).

La probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa sobre esta área es muy baja infiriendo un grado de estabilidad muy alto de acuerdo con la categorización de las zonas geotécnicas relacionadas en la **Tabla 5-163**, los materiales que conforman esta unidad geotécnica corresponden con Depósitos piroclásticos matriz soportados (60:40), toba de ceniza tamaño limo - arena de grano muy grueso a grueso. Con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales se clasifican como ML y SM, el índice de plasticidad varía entre NP y 30.10%, la humedad natural oscila entre 32 y 54,6%, ofrecen una resistencia a la compresión inconfinada entre 8 y 20 ton/m^2. De acuerdo con las columnas litoestratigráficas, los espesores de estos materiales pueden alcanzar los 25 m. Predominan las pendientes de moderadamente inclinadas a ligeramente planas, se evidencian afloramientos esporádicos puntuales de agua subsuperficial asociados a manantiales que pueden influir con la estabilidad del sitio. Durante las visitas de reconocimiento no se evidenciaron procesos morfodinámicos actuando sobre esta zona que puedan incidir con la estabilidad de las laderas.

De acuerdo con los diseños del corredor vial, sobre esta unidad geotécnica se proyecta la conformación de taludes de corte, con alturas hasta de 35 m, manteniendo inclinaciones 1H:2V. Durante la ejecución de los estudios geotécnicos (Consorcio SH 2016), se obtuvieron valores del ángulo de fricción interna de los materiales que oscilan entre 33° y 42° también se determinó el valor de la cohesión la cual varía entre 65 y 89 Kpa. Los análisis de estabilidad para los taludes proyectados arrojaron valores del factor de seguridad variando entre 1,49 y 1,51, para condiciones normales y entre 1,15 y 1,17, bajo condiciones extremas, respectivamente, cumpliendo de esta manera con lo exigido Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). En la **Figura 5.147 y en el Anexo Cartográfico, Mapa Nº19. Geotecnia,** se presentan las zonas de estabilidad geotécnica resultante de la zonificación, esta zona de estabilidad muy alta se extiende hacia el extremo sur del área de influencia.

Figura 5.147 Mapa de zonificación geotécnica en el área de influencia, proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: Consorcio SH

5.1.9.2.2 **Zona de estabilidad geotécnica alta (IV).**

La probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa sobre esta área es baja a muy baja infiriendo un grado de estabilidad alta, los materiales que conforman esta unidad geotécnica corresponden con Depósitos de ceniza tamaño limo, tobas de ceniza tamaño limo - arena muy fina, con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales se clasifican como ML, SM y CH, el índice de plasticidad varía entre 17,2 y 89,60%, la humedad natural puede oscilar entre 48,20 y 120,4%, ofrecen una resistencia a la compresión inconfinada entre 2 y 20 ton/m^2, para suelos, para muestras de roca, la resistencia a la compresión simple puede alcanzar valores de 161,0 ton/m^2 con espesores que oscilan entre 45 y 55m de acuerdo con las columnas litoestratigráficas de las perforaciones ejecutadas (HMV - 2016). Sobre esta zona predominan las pendientes moderadamente inclinadas a fuertemente inclinadas, tiene asociados procesos erosivos y deslizamientos rotacionales menores, puntuales e incipientes que no representan riesgo en la estabilidad de los taludes y laderas, se evidencian afloramientos esporádicos puntuales de agua subsuperficial asociados a manantiales que pueden influir con la estabilidad del sitio.

De acuerdo con los diseños del corredor vial, sobre esta unidad geotécnica se proyecta la conformación de taludes de corte con alturas hasta de 35 m manteniendo inclinaciones 1H:2V. Durante la ejecución de los estudios geotécnicos (Consorcio SH 2016) se obtuvieron valores del ángulo de fricción interna de los materiales que oscilan entre 33° y 42° también se determinó el valor de la cohesión la cual varía entre 65 y 89 Kpa corroborando el comportamiento limoso de los suelos existentes. Los análisis de estabilidad para los taludes proyectados arrojaron valores del factor de seguridad variando entre 1,49 y 1,51 para condiciones normales y entre 1,15 y 1,17 bajo condiciones extremas respectivamente, cumpliendo de

esta manera con lo exigido Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Dentro del área de influencia esta zona geotécnica se localiza entre el PK 16+00 – 16+700, paralelo al trazado de la vía desde el PK20+200 – PK25+700 cubre el sector occidental, a 100 m al oeste del lineamiento de la vía, se localiza entre los PK30+300 – PK32+600 y entre el PK32+600 – PK36+400 (**Figura 5.147**).

5.1.9.2.3 Zona de estabilidad geotécnica media (III).

La probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa sobre esta área es media infiriendo un grado de estabilidad media de acuerdo con la categorización de las zonas geotécnicas relacionadas en la **Tabla 5-163**, los materiales que conforman esta unidad geotécnica corresponden con tobas de cenizas tamaño limo-arena, lavas andesíticas y piroclastos, depósitos de coluvión (grava en matriz 65% limo-arenosa grano fino). Con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales se clasifican como ML y SM Y CH, el índice de plasticidad varía entre 13,3 y 46%, la humedad natural oscila entre 0,3 y 88,4%, ofrecen una resistencia a la compresión inconfinada entre 1,4 y 2,0 ton/m^2 para suelos, para muestras de roca la resistencia uniaxial puede alcanzar valores de 205,10 ton/m^2. De acuerdo con las columnas litoestratigráficas, los espesores de estos materiales pueden alcanzar los 55 m. Predominan las pendientes ligeramente plana y moderadamente inclinadas, con presencia de procesos erosivos laminares moderados que no representan riesgo en la estabilidad de los taludes y laderas, se evidencian afloramientos esporádicos puntuales de agua subsuperficial asociados a manantiales que pueden influir con la estabilidad del sitio. Como se muestra en la **Figura 5.147**, esta zona geotécnica se ubica entre el PK16+700 – PK17+500, bordeando la zona geotécnica II entre el PK17+500 – PK18+500, a lado y lado del lineamiento entre el PK18+500 – PK20+200, al costado oriental del trazado en el PK20+200 – PK25+700, entre el PK25+700 – PK26+600, al oeste del PK29+800 – PK30+100, sobre el lineamiento en el PK30+700 – PK33+00, al norte del trazado entre el PK40+300-PK42+00, una franja al oriente partiendo del PK41+900, bordeando a la zona geotécnica II entre el PK43+300 – PK43+900 y por último, al costado E del trazado hasta el río Guáitara entre el PK43+300 – PK45+00.

De acuerdo con los diseños del corredor vial, sobre esta unidad geotécnica se proyecta la conformación de taludes de corte con alturas entre 10 m manteniendo inclinaciones 3H:4V. Durante la ejecución de los estudios geotécnicos (Consorcio SH 2016) se obtuvieron valores del ángulo de fricción interna de los materiales, que oscilan entre 33° y 37° también se determinó el valor de la cohesión la cual varía entre 50 y 80 Kpa corroborando el comportamiento friccionante de los suelos existentes, se estima un valor unitario promedio de los materiales de 1,8 ton/m^3. Los análisis de estabilidad para los taludes proyectados arrojaron un valor del factor de seguridad es 1,591 en condiciones normales y 1,196, bajo condiciones extremas, respectivamente, cumpliendo de esta manera con lo exigido por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

5.1.9.2.4 Zona de estabilidad geotécnica baja (II).

De acuerdo con el mapa de susceptibilidad, la probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa sobre esta área es alta a media infiriendo un grado de estabilidad baja, los materiales que conforman la zona corresponden con depósitos de coluvión (grava en matriz arenosa grano muy fina-gruesa), Tobas andesíticas, cenizas tamaño limo-arena, depósitos piroclásticos con matriz limo arenosa de grano medio a grueso. Con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales se clasifican como ML, SM, el índice de plasticidad puede variar entre 2,2 y 45,98%, la humedad natural puede oscilar entre 2,07 y 78,5%, ofrecen una resistencia a la compresión inconfinada entre 3 y 110 ton/m^2, con espesores que pueden superar los 45 m de acuerdo con las columnas litoestratigráficas obtenidas en las perforaciones. Predominan las pendientes ligeramente plana y moderadamente inclinadas, durante las visitas de reconocimiento se evidenciaron procesos morfodinámicos moderados actuando sobre esta zona asociados principalmente deslizamientos rotacionales menores y caída de rocas, puntualmente se manifiestan zonas de erosión laminar y en surcos, se presentan además afloramientos de aguas subsuperficiales asociados a manantiales que influyen negativamente con la estabilidad de las laderas.

De acuerdo con los diseños del corredor vial, sobre esta unidad geotécnica se proyecta la conformación de taludes de corte con alturas entre 60 y 79 m manteniendo inclinaciones durante las excavaciones

1H:3V. En la ejecución de los estudios geotécnicos (Consorcio SH 2016) se obtuvieron valores del ángulo de fricción interna de los materiales que oscilan entre 33° y 37° también se determinó el valor de la cohesión la cual varía entre 50 y 80 Kpa corroborando el comportamiento friccionantes de los suelos existentes, se estima un valor unitario promedio de los materiales de 1,8 a 2,0 ton/m^3. Los análisis de estabilidad para los taludes proyectados arrojaron valores del factor de seguridad variando entre 1,40 y 1,74 para condiciones normales y entre 1,05 y 1,25 bajo condiciones extremas respectivamente, cumpliendo de esta manera con lo exigido Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Dentro del área de influencia esta zona se encuentra ubicada (**Figura 5.147**) entre el PK17+500 – PK18+500, al noroeste del PK18+800 – PK19+00, hacia el sureste del lineamiento en el PK26+600 – PK30+600, entre el PK33+00 – PK34+400, una franja al noroeste desde el PK36+400, entre el PK36+900 – PK37+900, entre el PK38+00 – PK38+500, en el PK33+900 – PK40+200 se encuentra un sector que se va adelgazando al oriente, desde el PK41+800 un área que se extiende hacia el sureste, entre el PK42+00 – PK43+300 y desde el PK44+00 – PK45+00.

5.1.9.2.5 Zona de estabilidad geotécnica muy baja (I).

De acuerdo con el mapa de susceptibilidad, la probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa sobre esta área es muy alta, infiriendo un grado de estabilidad muy baja, los materiales que conforman la zona corresponden con depósitos piroclásticos con matriz arenosa medio a grueso, depósitos de coluvión de composición clastosoportado. Con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales se clasifican como ML, SM, el índice de plasticidad puede variar entre NP y 10,4%, la humedad natural puede oscilar entre 2,90 y 33,5%, ofrecen una resistencia a la compresión inconfinada entre 113,4 y 639,8 ton/m^2, con espesores que pueden superar los 38 m de acuerdo con las columnas litoestratigráficas obtenidas en las perforaciones. Predominan las pendientes que van desde fuertemente inclinadas hasta fuertemente escarpadas, se evidencia la presencia de procesos morfodinámicos actuando sobre esta zona asociados principalmente deslizamientos rotacionales, traslacionales, flujo de detritos y caída de rocas y procesos erosivos. Como se observa en la **Figura 5.147**, la zona geotécnica de estabilidad muy baja se encuentra localizada entre los PK34+400 – PK36+300, PK36+500 – PK36+900, al este del trazado entre el PK37+600 – PK38+00 y en el PK38+600 – PK39+900.

De acuerdo con los diseños del corredor vial, sobre esta unidad geotécnica se proyecta la conformación de taludes de corte con alturas entre 46 y 56 m, manteniendo inclinaciones durante las excavaciones 1H:3V. En la ejecución de los estudios geotécnicos (Consorcio SH 2016) se obtuvieron valores del ángulo de fricción interna de los materiales que oscilan entre 33° y 37° también se determinó el valor de la cohesión la cual varía entre 50 y 80 Kpa corroborando el comportamiento friccionantes de los suelos existentes, se estima un valor unitario promedio de los materiales de 1,8 a 2,0 ton/m^3. Los análisis de estabilidad para los taludes proyectados arrojaron valores del factor de seguridad variando entre 1,57 y 2,015 para condiciones normales y entre 1,19 y 1,53 bajo condiciones extremas respectivamente, cumpliendo de esta manera con lo exigido Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

5.1.10 Atmósfera.

5.1.10.1 Meteorología.

El clima es el conjunto de fenómenos atmosféricos que caracterizan el ambiente de una determinada región, el cual se determina por el análisis espacio tiempo de los elementos que lo definen y los factores que lo afectan. En este aparte se analizan los elementos climáticos de la zona, como, precipitación, temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, viento, brillo solar, nubosidad, altura de mezcla, estabilidad atmosférica entre otros. Los dos primeros son los más importantes por cuanto permiten definir, clasificar y zonificar el clima de la región dada, en tanto que los otros se presentan como atributos caracterizadores de las unidades ya definidas. Los factores del clima, pendiente, altitud, formas del relieve, generan cambios climáticos a nivel regional o local, mientras que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima.

Desde el punto de vista físico-biótico, el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. Además, por ser uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico por su influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos.

El análisis de la climatología se fundamentó en la recopilación y análisis de información secundaria como se indica a continuación:

- El periodo de análisis para la mayoría de estaciones fue desde 1991 al 2016, exceptuando las instaladas en el 2007 “El Comun Automática” y en el 2009 “Funes”. En total se analizaron 26 años de información climática para las estaciones activas y en funcionamiento desde 1991, 10 años para la instalada en el 2007 y 8 años para la instalada en el 2009 (Ver **Tabla 5-164**).
- Consulta de la información meteorológica existente en la zona, donde se encuentra el Área de proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal. (Información disponible en el IDEAM hasta el año 2016).
- Caracterización climatológica para cada uno de los parámetros analizados, con base en los diferentes histogramas que permitan definir sus distribuciones temporales a lo largo del año, para cada una de las estaciones analizadas; así como sus respectivas distribuciones espaciales que permita caracterizar el área de estudio.
- Clasificación y zonificación climática por medio de la metodología propuesta por el IDEAM en su documento “Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia”[6].
- Estimación del balance hídrico, siguiendo la metodología propuesta por Thornthwaite; lo que permitió generar el análisis temporal y espacial de la disponibilidad del recurso hídrico que se presenta en el área de estudio.

Para el análisis climático del área de influencia del proyecto se utilizó información meteorológica disponible en las estaciones más cercanas a la zona de influencia y que son operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (Ver **Anexo 8. Clima**); las estaciones se presentan en la **Tabla 5-164**, mientras que su localización se presenta en la **Figura 5.148**.

Tabla 5-164 Estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

CÓDIGO	TIPO	ESTACIÓN	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ELEVACIÓN (M.S.N.M.)	PERIODO DE DATOS		COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE	
									ESTE	NORTE
52050090	PM	Imues	Guáitara	Nariño	Imues	2550	1991	2016	953025	608454
52055200	CO	Funes	Guáitara	Nariño	Funes	2181	2009	2016	959007	602811
52055090	CP	Sindagua	Guáitara	Nariño	Tangua	2800	1991	2016	965290	614239
52045090	CO	El Común - Automatica	Guáitara	Nariño	Pupiales	3141	2007	2016	938550	594898
52050100	PM	Gualmatan	Guáitara	Nariño	Gualmatan	2830	1991	2016	943914	592025
52050120	PM	Puerres	Guáitara	Nariño	Puerres	2764	1991	2016	952648	589987
52055010	SP	Apto. San Luis*	Guáitara	Nariño	Aldana	2961	1991	2016	933187	586544

PM: Pluviométrica CO: Climatológica Ordinaria CP: Climatológica Principal SP: Sinóptica Principal
*Estación utilizada para la caracterización de Viento y altura de mezcla

Fuente: Catálogo Nacional de Estaciones. IDEAM, 2017.

A continuación se presenta los parámetros que fueron utilizados de cada estación para la caracterización climática. (Ver **Tabla 5-165**)

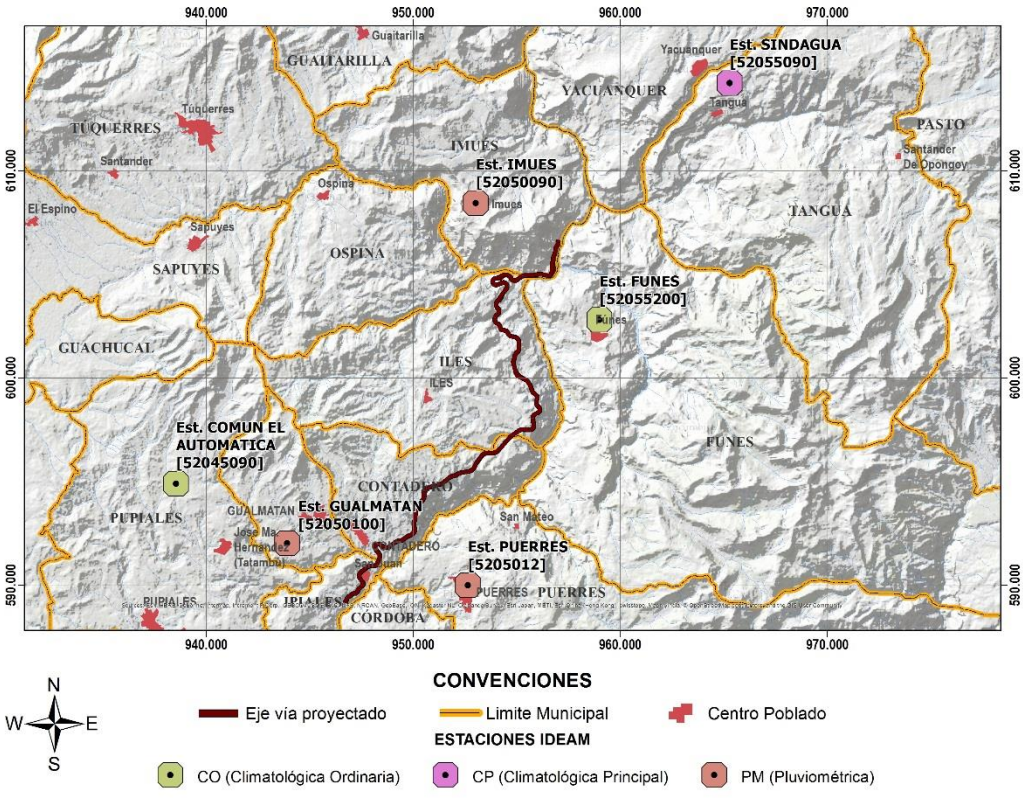
[6] IDEAM. Ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Diciembre de 2007.

Tabla 5-165 Estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar cada uno de los parámetros climatológicos el área de influencia.

PARÁMETRO	IMUES (PM)	FUNES (CO)	SINDAGUA (CP)	EL COMÚN AUTOMÁTICA (CO)	GUALMATAN (PM)	PUERRES (PM)	APTO. SAN LUIS (SP)
Precipitación Mensual	x	x	x	x	x	x	
Precipitación Anual	x	x	x	x	x	x	
Precipitación Diaria	x	x	x	x	x	x	
Temperatura Mensual		x	x	x			
Temperatura Diaria		x					
Humedad Relativa		x	x	x			
Evaporación		x	x				
Brillo Solar		x	x				
Nubosidad		x	x	x			
Viento							x
Altura de mezcla							x
Estabilidad Atmosférica							x
Presión Atmosférica	x	x	x	x	x	x	

Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.148 Localización espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del Área del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

A continuación se presentan los resultados de los análisis estadísticos de los parámetros meteorológicos utilizados para la caracterización climática del área de influencia del proyecto.

5.1.10.1.1 **Precipitación.**

Se entiende por precipitación cualquier y todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae

de las nubes hasta llegar a la tierra[7]. El volumen se mide en milímetros que a su vez equivalen a litros de agua por metro cuadrado.

- **Distribución Temporal.**

El área de influencia del proyecto se encuentra situada en el área hidrográfica del pacifico. De acuerdo con los resultados obtenidos de los histogramas de las estaciones analizadas, se logró establecer que en el área de influencia del proyecto, el régimen pluviométrico es bimodal; en el que se presentan en promedio dos temporadas de lluvias, separadas hacia mediados de año por una temporada de bajas lluvias denominada verano y un veranillo a principios de enero. (Ver **Figura 5.149**).

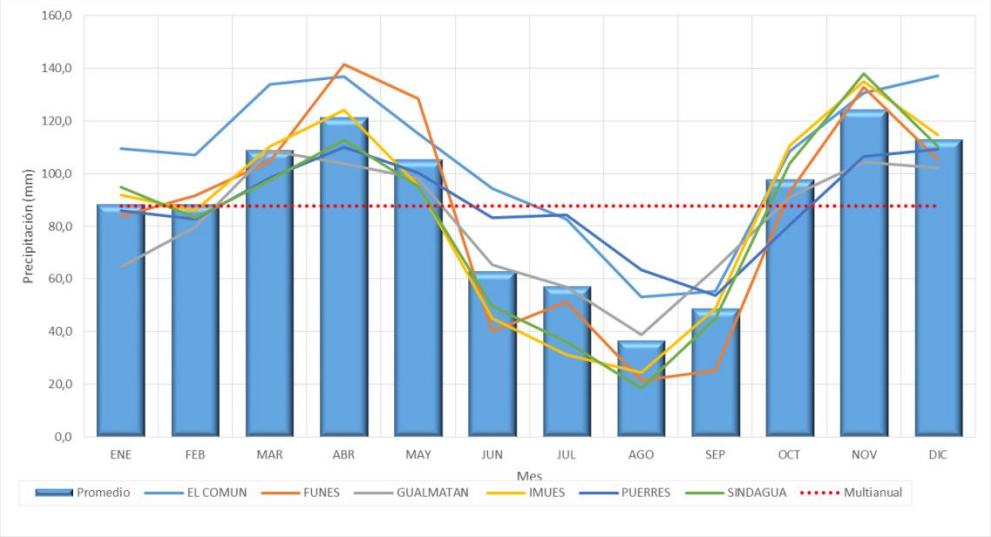
En general, en el área de influencia del proyecto, se registran precipitaciones totales mensuales del orden de 21,6 mm a 141,5 mm, como se puede apreciar en la **Figura 5.149**. En promedio el mes más lluvioso es noviembre con valores totales medios mensuales de 124,4 mm, mientras que el mes de agosto, es catalogado como el mes menos lluviosos, con valores totales medios mensuales de 36,7 mm, como se aprecia en la **Figura 5.150.**

Se obtuvo un promedio de precipitación mensual multianual de 87.8 mm, valor que divide los valores de la temporada seca principal y las épocas de lluvia de la zona, se observa que la estación El Común presenta los mayores registro de precipitación alejándose un poco de las tendencias de las otras estaciones. En la época del verano (agosto) se registran valores de 21,6 mm de la estación Funes hasta los 63,5 mm de la estación Puerres. En los primeros dos meses del año se obtienen valores desde los 64 mm (*Est. Gualmatan*) hasta los 109 mm (*Est. El Común*), mostrando una gran diferencia entre el verano y el veranillo del área (Ver **Figura 5.149** y **Figura 5.150**).

Los dos picos de precipitación del área se dan en el mes de abril y noviembre, el primer pico con valores promedio de 121,5 mm y el segundo con valores promedio de 124,4 mm, valores muy similares, por lo cual se espera encontrar dos picos de precipitación de tendencias similares durante esos meses.

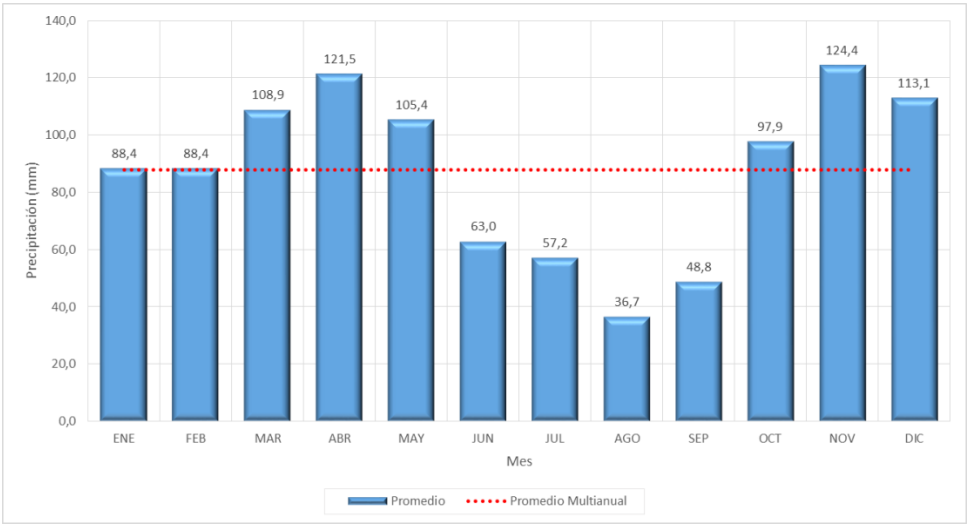
[7] Universidad de Chile Tomado de http://www.atmosfera.cl/HTML/glosario/glosario_02.html

Figura 5.149 Distribución temporal de la precipitación (mm) media mensual multianual en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.150 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la precipitación (mm) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-166** se presentan los registros de las precipitaciones máximas, medias y mínimas mensuales multianuales de las estaciones utilizadas en la caracterización del área de influencia del proyecto.

Tabla 5-166 Valores máximos, medios y mínimos mensuales multianuales de precipitación (mm) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto.

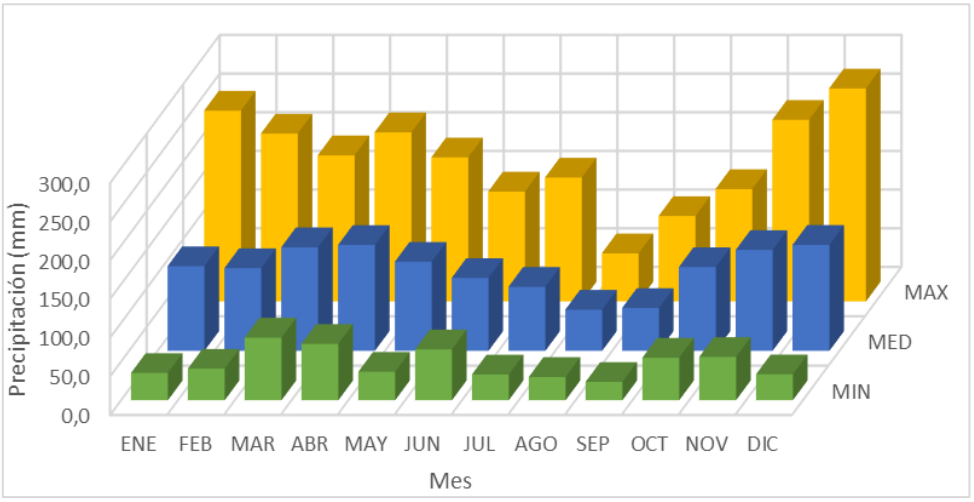
ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	ANUAL
EL COMÚN	MÍN (mm)	35,3	40,8	81,0	72,9	36,8	65,7	33,3	30,1	23,7	55,0	56,0	33,5	47,0	564,1
	MED (mm)	109,5	106,9	133,9	136,9	115,2	94,2	82,8	53,2	55,4	108,4	130,4	137,0	105,3	1263,8
	MÁX (mm)	246,7	217,1	189,0	218,7	186,3	142,1	160,2	62,2	110,5	145,3	234,9	275,4	182,4	2188,4

ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	ANUAL
FUNES	MÍN (mm)	1,4	18,9	39,6	50,8	27,4	10,2	20,0	7,4	8,6	49,2	82,5	6,0	26,8	322,0
	MED (mm)	83,8	91,7	104,6	141,5	128,5	40,2	51,3	21,7	25,4	93,1	132,8	105,5	85,0	1020,1
	MÁX (mm)	177,9	164,6	142,8	252,7	274,9	84,9	88,3	41,8	53,5	137,4	219,9	219,9	154,9	1858,6
GUALMATAN	MÍN (mm)	5,5	15,1	36,2	34,0	33,9	8,3	23,5	13,8	12,6	13,5	30,5	15,4	20,2	242,3
	MED (mm)	64,6	79,7	108,7	103,9	98,0	65,4	57,0	39,0	64,1	91,1	104,2	102,0	81,5	977,8
	MÁX (mm)	162,1	229,3	351,8	243,4	459,5	170,8	122,0	96,3	411,3	184,1	181,0	353,9	247,1	2965,5
IMUES	MÍN (mm)	1,0	11,6	19,7	49,5	17,3	6,9	1,2	0,0	4,4	32,3	43,7	16,1	17,0	203,7
	MED (mm)	91,8	85,9	110,3	124,1	95,5	45,1	31,4	24,4	49,0	110,5	134,9	114,5	84,8	1017,5
	MÁX (mm)	209,2	214,3	213,7	244,3	228,3	101,2	86,2	226,0	123,0	188,3	251,7	232,7	193,2	2318,9
PUERRES	MÍN (mm)	14,6	15,7	46,7	59,4	40,4	40,3	37,5	20,9	10,6	9,3	31,2	34,9	30,1	361,5
	MED (mm)	85,9	82,8	98,4	109,9	100,3	83,1	84,4	63,5	53,8	80,5	106,5	109,1	88,2	1058,3
	MÁX (mm)	189,8	200,4	144,1	184,8	242,6	151,3	155,7	116,7	136,9	183,0	226,0	275,3	183,9	2206,6
SINDAGUA	MÍN (mm)	13,7	18,8	26,2	45,8	34,9	6,0	6,7	0,5	2,2	33,3	47,2	4,6	20,0	239,9
	MED (mm)	94,7	83,2	97,6	112,6	95,2	49,7	36,3	18,5	45,0	103,9	137,8	110,3	82,1	984,7
	MÁX (mm)	228,4	235,6	182,6	184,5	187,1	122,4	103,2	39,0	135,9	191,8	257,3	233,5	175,1	2101,3
PROMEDIO	MÍN (mm)	11,9	20,2	41,6	52,1	31,8	22,9	20,4	12,1	10,4	32,1	48,5	18,4	26,9	322,2
	MED (mm)	88,4	88,4	108,9	121,5	105,4	63,0	57,2	36,7	48,8	97,9	124,4	113,1	87,8	1053,7
	MÁX (mm)	202,4	210,2	204,0	221,4	263,1	128,8	119,3	97,0	161,9	171,7	228,5	265,1	189,4	2273,2

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.151** se presenta la distribución de la precipitación de la estación El Común a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima - valores extremos,** se presenta la distribución temporal para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climática del área de influencia del proyecto. En la **Figura 5.151** se observa que los valores extremos de precipitación pueden variar desde los 275,4 mm y los 33,5 mm para un mismo mes del año (diciembre), razón por la cual existen unos valores que estiran los valores de precipitación que suelen estar por los 87,8 mm como se mencionó con anterioridad.

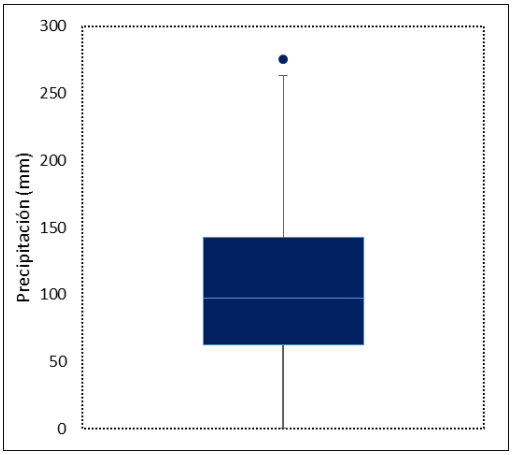
Figura 5.151 Precipitación temporal para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación El Común.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.152** se muestra el diagrama de Box-Plot de la estación El Común en la cual se busca caracterizar estos valores extremos que no representan la realidad del fenómeno, para la estación se observa que el valor promedio de precipitación esta por los 105 mm mientras que los valores del límite superior llegan hasta los 260 mm dejando por fuera los valores *outliers* superiores como el de 275 mm. En el **Anexo 8. Clima - valores extremos** se presenta los diagramas de Box-Plot para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climática del área de influencia del proyecto.

Figura 5.152 Diagrama de Box-Plot estación El Común.



Fuente: Consorcio SH.

- **Distribución Espacial.**

Espacialmente, las Isoyetas son la representación gráfica en un plano cartográfico de los valores de precipitación, los cuales ilustran la distribución espacial de las lluvias en la región.

Para obtener el campo de precipitación se emplea la metodología “inverso de la distancia ponderada” (IDW por sus siglas en inglés), en el cual, el valor de cada celda se estima mediante ponderaciones de los valores de las diferentes estaciones disponibles. Este método es ideal para representar la gran variabilidad espacial que puede tener la precipitación, pues el valor de cada punto depende de todas las estaciones de precipitación, en relación a la distancia ponderada, utilizando la siguiente formula.

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} \beta_j \times P_j$$

Dónde:

β_j: Peso calculado de la celda i con respecto a la estación j

P_j: Precipitación en la estación de registro

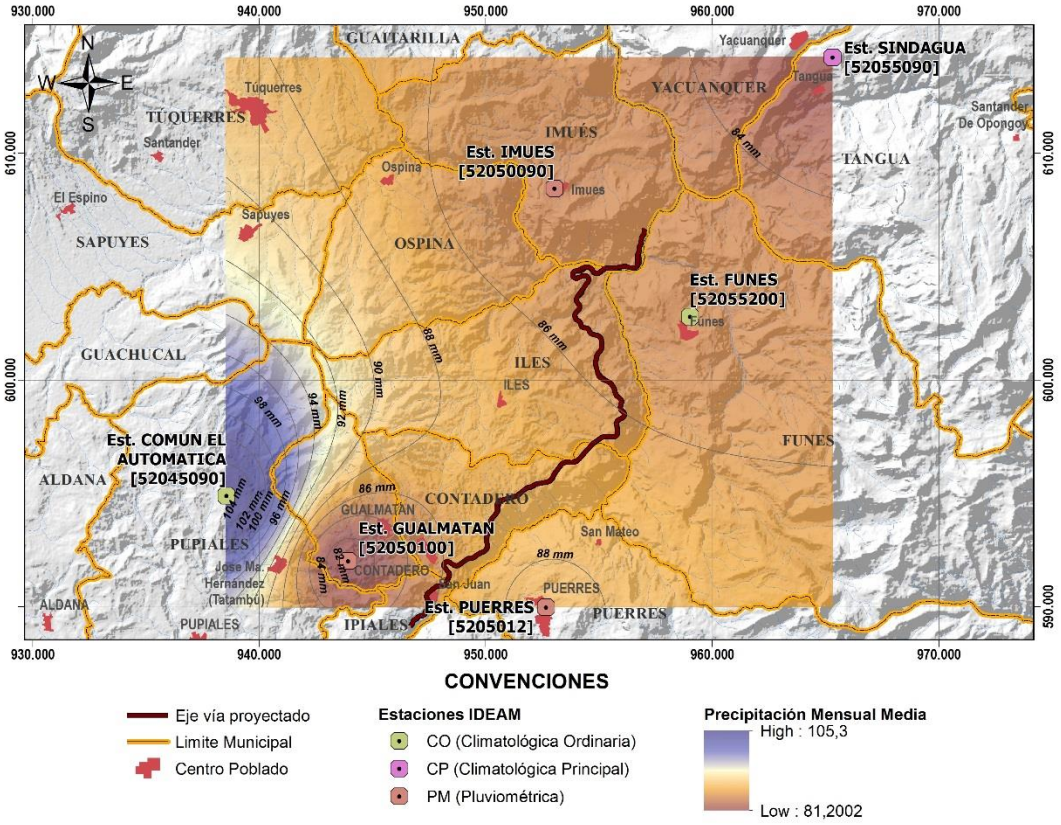
Los pesos con respecto a cada estación para cada celda se calculan mediante la siguiente formula:

$$B_j = \frac{\frac{1}{D_j}}{D_{acum}}$$

La distribución de precipitación (**Figura 5.153**) se obtiene empleando los valores de precipitación media multianual, estimados en el análisis de las series de precipitación.

La distribución espacial de la lluvia mensual en el área de influencia del proyecto; permite observar que las precipitaciones tiene un comportamiento muy similar a lo largo del trazado vial, estando en promedio entre los 84 a 88 mm, se observa un pico de precipitación cerca al municipio de Pupiales y una disminución en el municipio de Gualmatan (Ver **Figura 5.153 y Anexo Cartográfico, Mapa N°16. Isoyetas**). En el **Anexo 8. Clima - Valores extremos** se presenta la distribución espacial de los valores máximos y mínimos por medio de isoyetas del área del proyecto.

Figura 5.153 Isoyetas Precipitación (mm) media mensual multianual del proyecto.

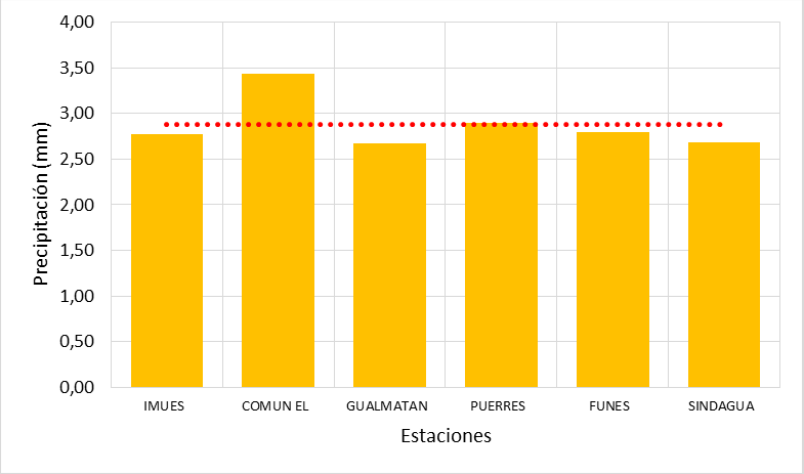


Fuente: Consorcio SH.

- **Precipitación diaria media, máxima, mínima.**

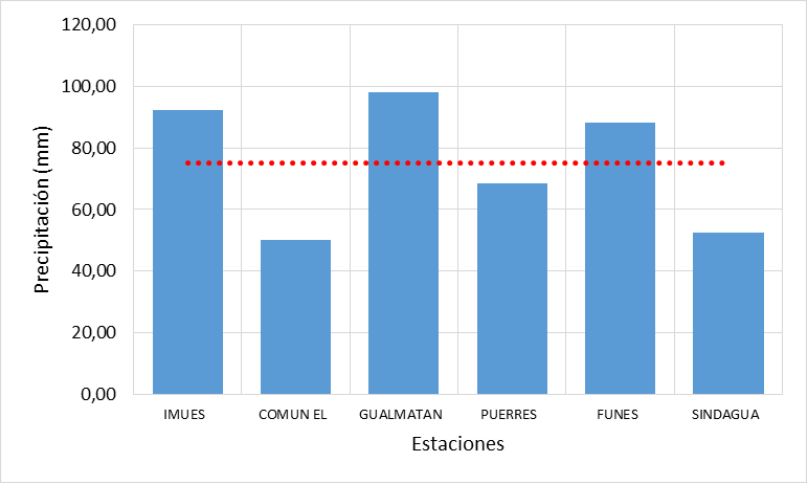
En la **Figura 5.154** se presentan las precipitaciones diarias multianuales para una serie de tiempo desde 1991 a 2016, en donde se evidencia un promedio diario de 2,88 mm para las estaciones más próximas usadas en la caracterización climática del proyecto, en la **Figura 5.155** se presenta los valores extremos máximos para las estaciones, en donde se presenta un promedio de 74,97 mm de precipitación diaria una diferencia de hasta el 96.15 % con respecto a la precipitación media, lo cual evidencia una variabilidad muy alta entre la precipitación de los diferentes días, los valores mínimos de precipitación por ser diarios serán de cero.

Figura 5.154 Precipitación (mm) media diaria multianual para las estaciones climatológicas del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.155 Precipitación (mm) máxima diaria multianual para las estaciones climatológicas del proyecto.

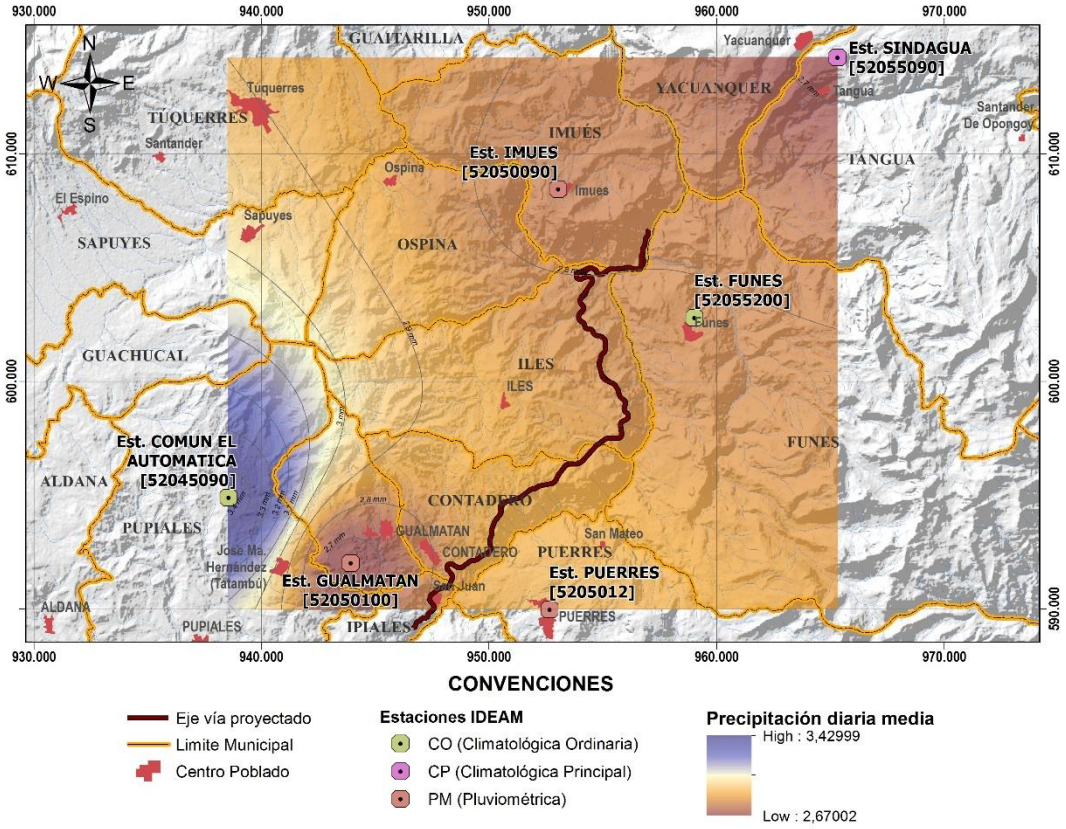


Fuente: Consorcio SH.

- **Distribución Espacial.**

La distribución espacial de la lluvia diaria en el área de influencia del proyecto; permite observar que las precipitaciones tiene un comportamiento muy similar a lo largo del trazado vial, con valores en promedio entre los 2,8 a 3,0 mm, se observa un pico de precipitación cerca al municipio de Pupiales y una disminución en el municipio de Gualmatan (Ver **Figura 5.156**). En el **Anexo 8. Clima - Valores extremo** se presenta la distribución espacial de los valores máximos y mínimos por medio de isoyetas del área del proyecto.

Figura 5.156 Isoyetas Precipitación (mm) media diaria multianual del proyecto.

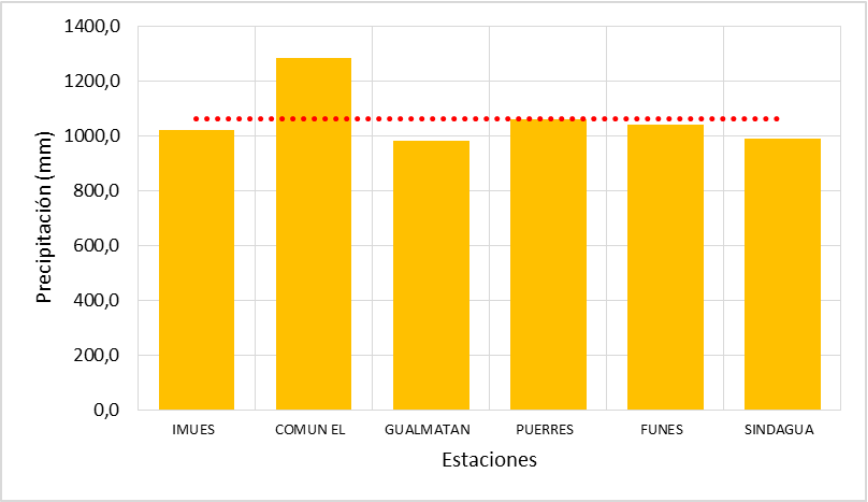


Fuente: Consorcio SH.

- **Precipitación anual media, máxima, mínima.**

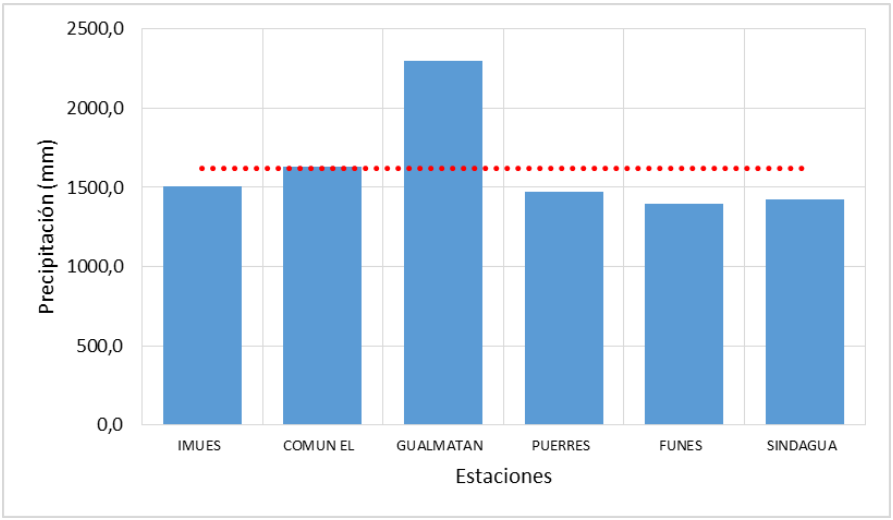
En la **Figura 5.157** se presentan las precipitaciones anuales multianuales para una serie de tiempo desde 1991 a 2016, en donde se evidencia un promedio anual de 1063,4 mm para las estaciones usadas en la caracterización climática del proyecto, en la **Figura 5.158** se presenta los valores extremos máximos para las estaciones, en donde se presenta un promedio de 1621,5 mm de precipitación anual, con una diferencia de hasta 34,4 % con respecto a la precipitación media, lo cual evidencia una variabilidad muy alta entre la precipitación de los diferentes años, los valores mínimos de precipitación se evidencia en la **Figura 5.159** con un valor promedio de 691,4 mm.

Figura 5.157 Precipitación (mm) media anual multianual para las estaciones climatológicas del proyecto.



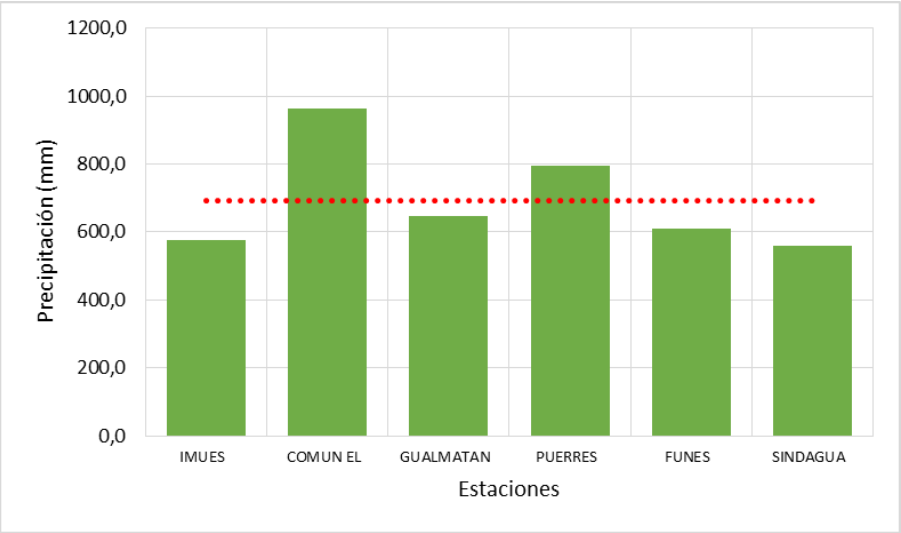
Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.158 Precipitación (mm) máxima anual multianual para las estaciones climatológicas del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.159 Precipitación (mm) mínima anual multianual para las estaciones climatológicas del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.160** se muestra el análisis gráfico de los valores totales anuales de la precipitación registrada en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto. En esta gráfica se puede ver el comportamiento de la variable precipitación, respecto de los años húmedos, normales y secos; además de las influencias de los fenómenos Niña y Niño, en un periodo de registro de 25 años.

El Índice Oceánico del Niño (ONI), es el estándar usado para determinar eventos cálidos (Fenómeno del Niño) y eventos climáticos fríos (Fenómeno de la Niña) en el océano pacífico tropical[8]:

- Valores de ONI por encima de 0,5 indica un evento cálido (El Niño).
- Valores de ONI por debajo de -0,5 indica un evento frío (La Niña).

En la **Tabla 5-167** se presentan los índices ONI calculados por el centro de predicción climática, en esta se puede evidenciar que los años niña como los del año 1999, 2000 o 2011 son en los que la mayoría de los meses o su totalidad presentan valores ONI por debajo de – 0,5 y años como el de 1992, 2002 o 2015 son años Niño ya que la mayoría de sus meses presentan valores ONI por encima de 0,5; esto concuerda con el análisis de precipitación realizado en donde los años mencionados presentan una diminución de precipitación en los años cálidos (Niño) y un aumento de precipitación en los años fríos (Niña) (Ver **Figura 5.160**).

En la **Figura 5.160** también se puede observar que no hay una tendencia creciente ni decreciente de lluvias dado que en el periodo de análisis de 25 años se espera encontrar en promedio una lluvia anual del orden de los 1011 mm.

Tabla 5-167 Valores Índices Oceánicos para el periodo de años analizados.

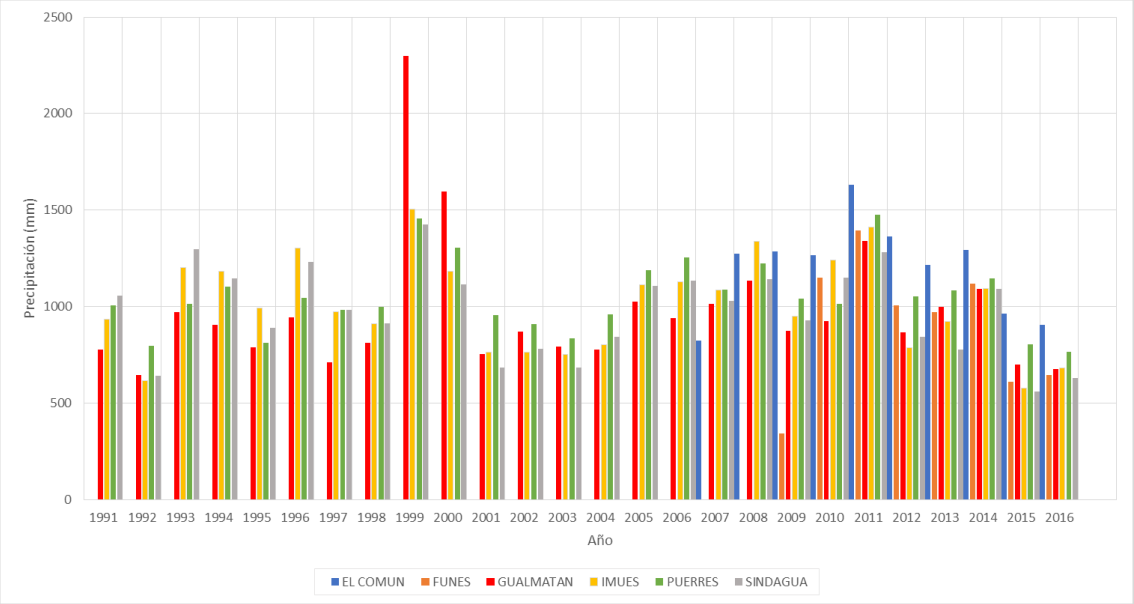
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
1991	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	1,2	1,4
1992	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0,5	0,2	0	-0,1	-0,1	0

[8] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Tomado de: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
1993	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,9	1,0
1995	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2	0	-0,2	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-0,9
1996	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,6	1,0	1,4	1,7	2,0	2,2	2,3	2,3
1998	2,1	1,8	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,7	-1,0	-1,2	-1,2	-1,3	-1,4
1999	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,2	-1,4	-1,6
2000	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3
2002	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,1
2003	0,9	0,7	0,4	0	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
2004	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7
2005	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0	-0,1	0	-0,2	-0,5	-0,7
2006	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9
2007	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,1	-1,3	-1,3
2008	-1,4	-1,3	-1,1	-0,9	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1,1	1,3
2010	1,3	1,2	0,9	0,5	0,0	-0,4	-0,9	-1,2	-1,4	-1,5	-1,4	-1,4
2011	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	-0,9
2012	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2014	-0,5	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,6
2015	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,2	2,3
2016	2,2	2,0	1,6	1,1	0,6	0,1	-0,3	-0,6	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7

Fuente: NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2017.

Figura 5.160 Distribución temporal de la precipitación (mm) total anual multianual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto.

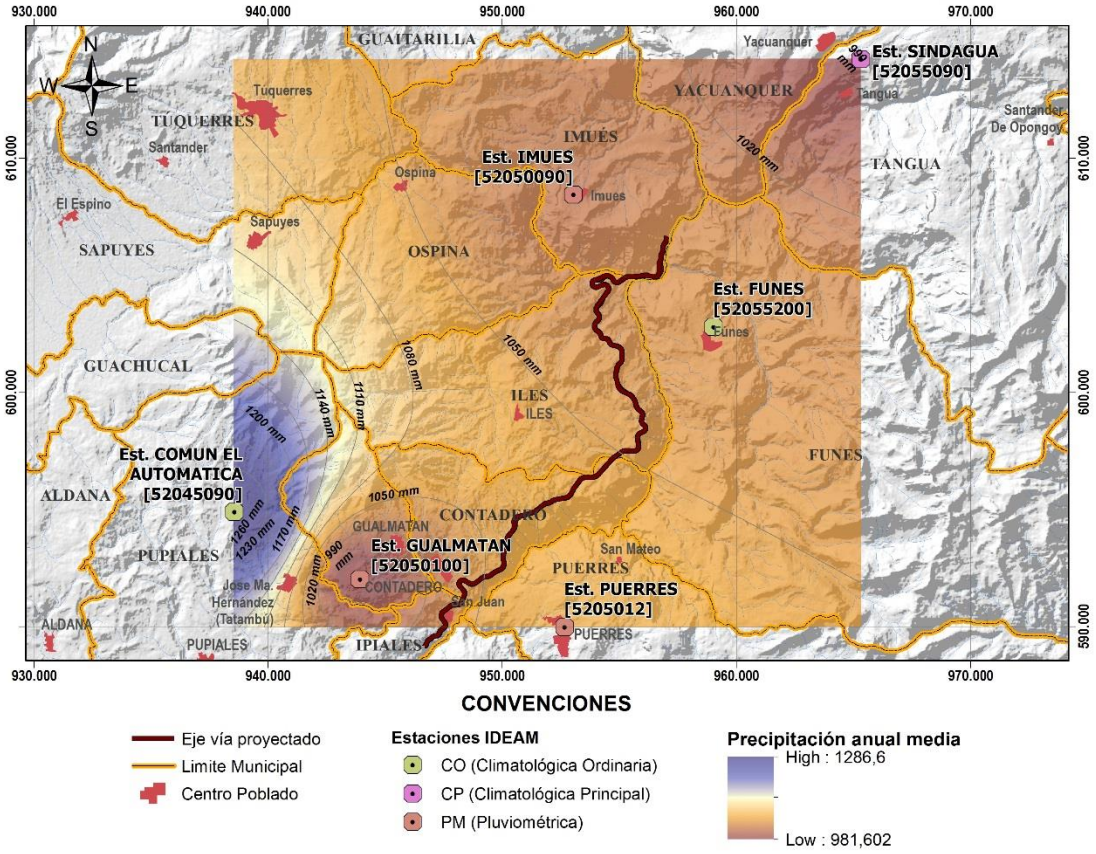


Fuente: Consorcio SH.

- **Distribución Espacial.**

La distribución espacial de la lluvia anual en el área de influencia del proyecto; permite observar que las precipitaciones tiene un comportamiento muy similar a lo largo del trazado vial, con valores en promedio entre los 1020 a 1050 mm, se observa un pico de precipitación cerca al municipio de Pupiales (1280 mm) y una disminución en el municipio de Gualmatan (980 mm) (Ver **Figura 5.156**). En el **Anexo 8. Clima - Valores extremo** se presenta la distribución espacial de los valores máximos y mínimos por medio de isoyetas del área del proyecto.

Figura 5.161 Isoyetas Precipitación (mm) media anual multianual del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.2 **Temperatura.**

La temperatura es una magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. En particular, el término temperatura del aire, hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de ceder calor a su alrededor. El promedio de las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado (hora, día, mes, año, década, etc.) se denomina temperatura media, en tanto que los valores más altos (máximos) y más bajos (mínimos) presentados en el transcurso de tal intervalo, se conocen como temperaturas extremas9.

Adicionalmente, es pertinente mencionar que la temperatura es uno de los factores más importantes en el análisis climático, pues este parámetro incide directamente en los procesos de evapotranspiración y condicionan la existencia de determinadas especies vegetales.

- **Distribución temporal.**

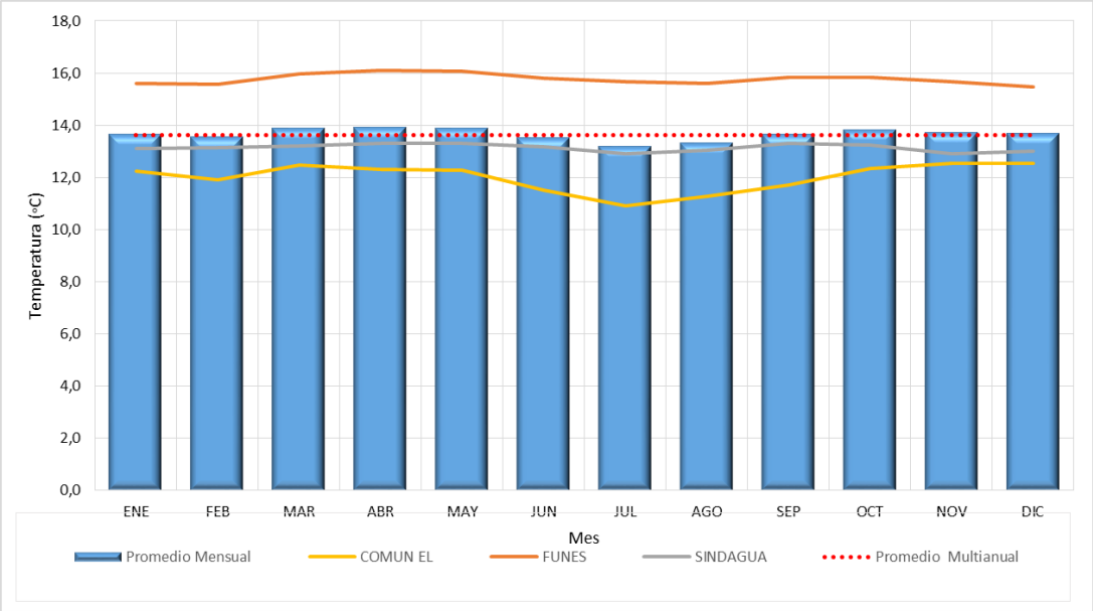
En general, en el área de influencia del proyecto, la temperatura media mensual varían entre los 10,9 °C y los 16,1 °C, de acuerdo con los registros de las estaciones analizadas se presenta en promedio una temperatura de 13,6 °C, como se observa en la **Figura 5.162**.

En promedio las temperaturas bajas en la zona se presentan en las épocas de menor pluviosidad (julio – agosto), esto asociado a los fenómenos de vientos fríos, con valores de 13,2 °C a 13,3 °C, de acuerdo con el promedio estimado de temperaturas para la zona. Adicionalmente se observa, que por el mes de abril,

[9] Atlas Climatológico de Colombia – IDEAM. Tomado de http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm

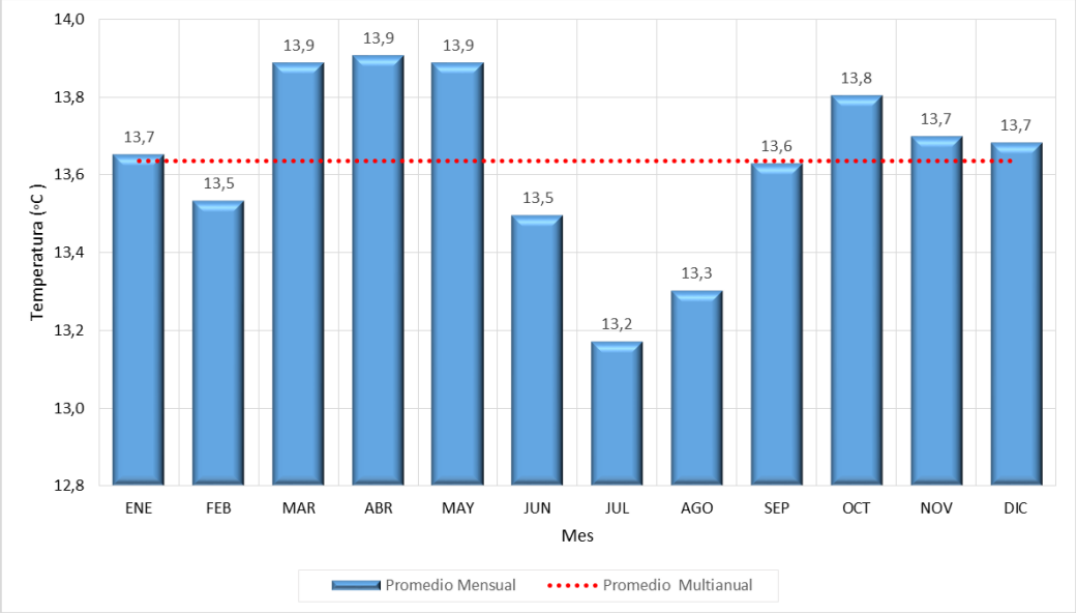
se presentan las temperaturas más altas con 13,91 °C. (Ver **Figura 5.162 y Figura 5.163**) También se evidencia que la estación Funes es la que presenta en promedio los registros más altos de temperatura (Ver **Figura 5.162**).

Figura 5.162 Distribución temporal de la temperatura (°C) media mensual multianual en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.163 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la temperatura (°C) media en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-168** se presentan los registros de la temperatura media, máxima y mínima mensual de las estaciones utilizadas en la caracterización del área del proyecto.

Tabla 5-168 Valores medios, máximos y mínimos mensuales multianuales de temperatura (°C) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del Proyecto.

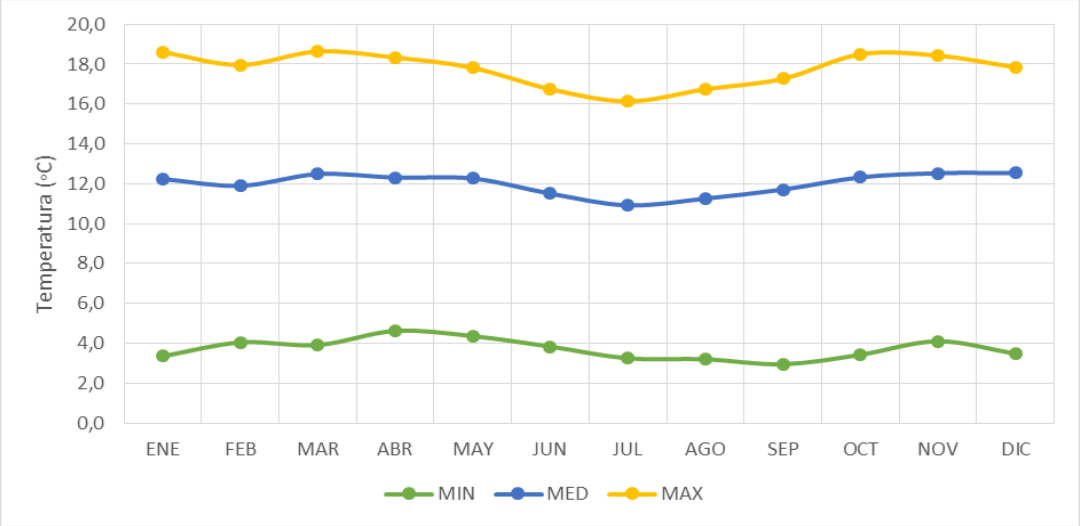
ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED / ANUAL
EL COMÚN	MIN (°C)	3,4	4,0	3,9	4,6	4,4	3,8	3,2	3,2	3,0	3,4	4,1	3,5	3,7
	MED (°C)	12,2	11,9	12,5	12,3	12,3	11,5	10,9	11,3	11,7	12,3	12,5	12,5	12,0
	MAX (°C)	18,6	18,0	18,6	18,3	17,8	16,8	16,1	16,7	17,3	18,5	18,4	17,8	17,8
FUNES	MIN (°C)	9,5	10,1	10,5	10,6	10,5	10,5	10,1	9,4	9,1	9,6	10,2	10,1	10,0
	MED (°C)	15,6	15,6	16,0	16,1	16,1	15,8	15,7	15,6	15,9	15,8	15,7	15,5	15,8
	MAX (°C)	25,4	25,2	24,7	24,9	24,8	24,5	23,4	23,9	26,2	25,0	25,7	24,0	24,8
SINDAGUA	MIN (°C)	7,2	7,3	7,7	7,8	8,1	7,6	6,7	6,9	6,8	7,2	7,4	7,5	7,4
	MED (°C)	13,1	13,1	13,2	13,3	13,3	13,2	12,9	13,0	13,3	13,2	12,9	13,0	13,1
	MAX (°C)	20,3	20,8	20,4	20,5	20,1	20,0	19,7	20,5	21,7	21,3	20,2	20,0	20,5
PROMEDIO	MIN (°C)	6,7	7,1	7,4	7,7	7,6	7,3	6,7	6,5	6,3	6,8	7,2	7,0	7,0
	MED (°C)	13,7	13,5	13,9	13,9	13,9	13,5	13,2	13,3	13,6	13,8	13,7	13,7	13,6
	MAX (°C)	21,4	21,3	21,3	21,3	20,9	20,4	19,7	20,4	21,7	21,6	21,4	20,6	21,0

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.164** se presenta la distribución de la temperatura de la estación El Común a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima - valores extremos** se presenta la distribución temporal para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climática del proyecto. En la **Figura 5.164** se observa que los valores extremos de temperatura pueden variar desde los 18,6 °C y los 3,4 °C para un mismo mes del año (enero), lo que indica una alta variabilidad térmica en la zona por lo que existe una variación de más de 15 grados centígrados, también se observa una temperatura promedio para la estación El Común de 12,5 °C.

Figura 5.164 Temperatura (°C) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación El

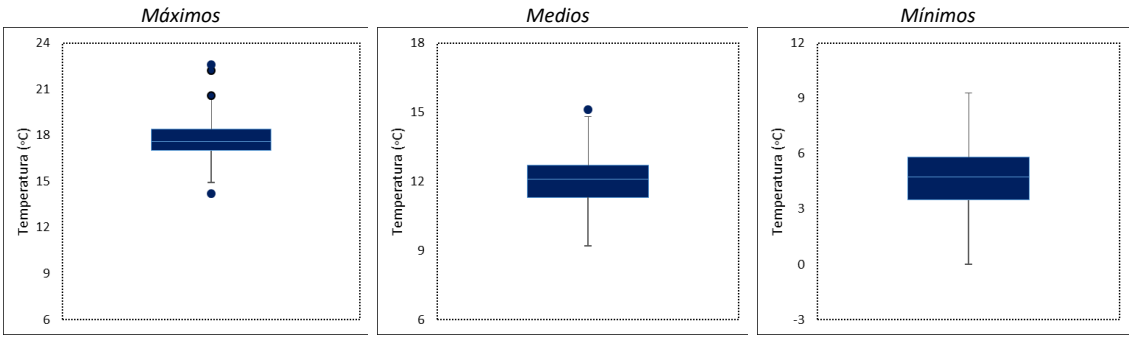
Común.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.165** se muestra el diagrama de Box-Plot de la estación el Común en la cual se busca caracterizar estos valores extremos que no representan la realidad del fenómeno. En la estación A se observa que para las temperaturas medias, el valor promedio de temperatura esta por los 12°C mientras que los valores del límite superior llegan hasta los 14,8 °C y el inferior hasta los 9,2 °C dejando por fuera el valor el valor *outlier superior* de 15,1 °C. Se observa que los valores máximos de temperatura están por el orden de los 17,6 °C y los mínimos por los 3,9 °C, para el escenario de temperaturas mínimas no se identificaron valores outliers, lo que indica que en el área los valores más bajos de temperatura siempre se encuentran en el rango determinado. En el **Anexo 8. Clima - valores extremos** se presenta los diagramas de Box-Plot para los valores medios y extremos para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climática del proyecto.

Figura 5.165 diagrama de Box-Plot estación El Común máximos/medios/mínimos.

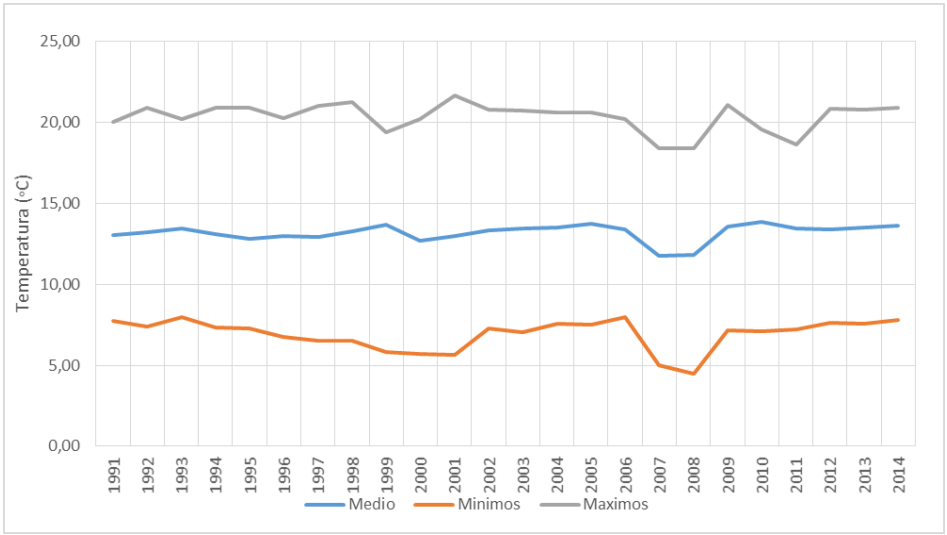


Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.166** se muestra el análisis gráfico de los valores totales anuales de la temperatura media, mínima y máxima registrada en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área del proyecto. En esta gráfica se puede ver el comportamiento de la variable temperatura, respecto de los años húmedos, normales y secos; además de las influencias de los fenómenos Niña y Niño, en un periodo de registro de 25 años.

Con base en el análisis realizado con la **Figura 5.166,** es posible determinar que no se evidencian tendencias crecientes ni decrecientes en el periodo de análisis, en las diferentes estaciones utilizadas en la caracterización de la temperatura del área del proyecto, se evidencia que los valores de temperatura más baja se dieron durante el 2007 y 2008

Figura 5.166 Distribución temporal de la temperatura (°C) mensual multianual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

- **Distribución Espacial.**

Espacialmente, las Isotermas son la representación gráfica en un plano cartográfico de los valores de Temperatura, los cuales ilustran la distribución espacial de la temperatura en la región.

Para obtener la distribución de temperatura media se adopta la metodología interinstitucional desarrollada por IDEAM, IAvH, Invemar, I.Sinchi, IIAP e IGAC en el documento denominado Ecosistemas continentales, costeros, y marinos de Colombia en el cual se desarrolló el Mapa de ecosistemas y un

conjunto de mapas temáticos a escala actualizada 1:500.000 dentro de los cuales se encuentra el mapa de temperatura.

Para la distribución de temperatura en el Área del proyecto, se empleó un modelo de elevación digital (DEM) de 30 m, con el cual se obtuvo la distribución espacial de la temperatura, por medio de la ecuación determinada en el estudio citado, para relacionar la temperatura del aire con la altura sobre el nivel del mar:

$$T = 28.1926 - (0.00561473\ x\ H)$$

Dónde:

T =Temperatura media [°C].

H =Elevación sobre el nivel del mar [m.s.n.m].

Estos valores fueron calibrados mediante los valores medios de temperatura determinados por las estaciones del IDEAM en la zona del proyecto, La distribución espacial de la temperatura en el área de influencia del proyecto; permite observar que los mayores valores de temperatura se presenta hacia el costado norte del proyecto cerca de la cabecera de pedregal donde se pueden encontrar temperaturas del orden de los 18 °C, cuando se va recorriendo hacia el Sur, la temperatura empieza a disminuir, encontrando temperaturas de 14 °C en la cabecera de San Juan, en general el área de influencia del proyecto presenta una temperatura entre los 13 °C a los 15 °C (Ver **Figura 5.167 y Anexo Cartográfico, Mapa N°17. Isotermas**).

Figura 5.167 Isotermas Temperatura (°C) media mensual multianual del área del proyecto.

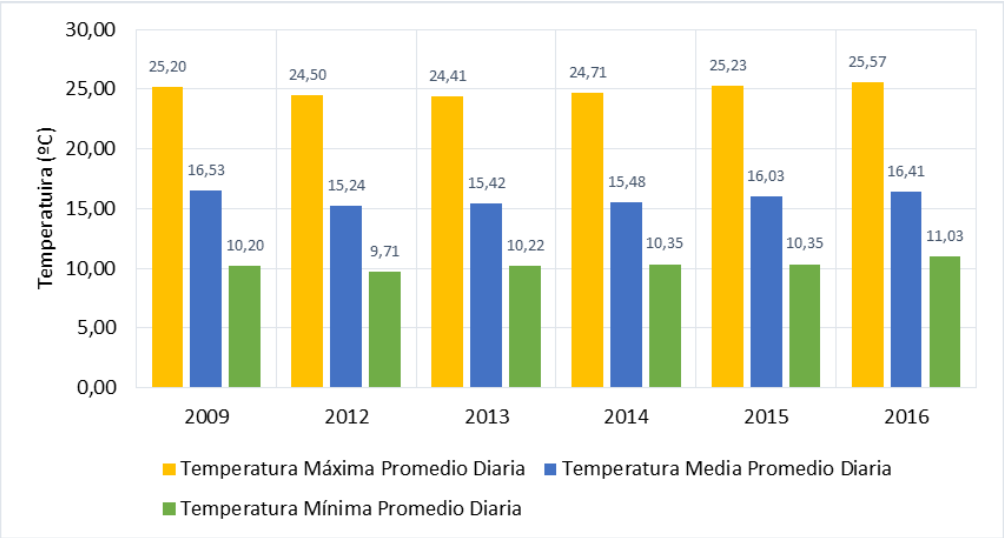
Fuente: Consorcio SH.

- **Temperaturas Diarias máxima, mínima y media Registrada**

En el área de estudio, la estación Funes climatológica ordinaria instalada en el 2009 ha registrado valores diarios de temperatura. Se evidencia que en el área la temperatura máxima promedio diaria se presentó en el 2016 donde se registró 25.57 °C y la mínima se registró en el 2012 con 9.71 °C (Ver **Figura 5.168**)

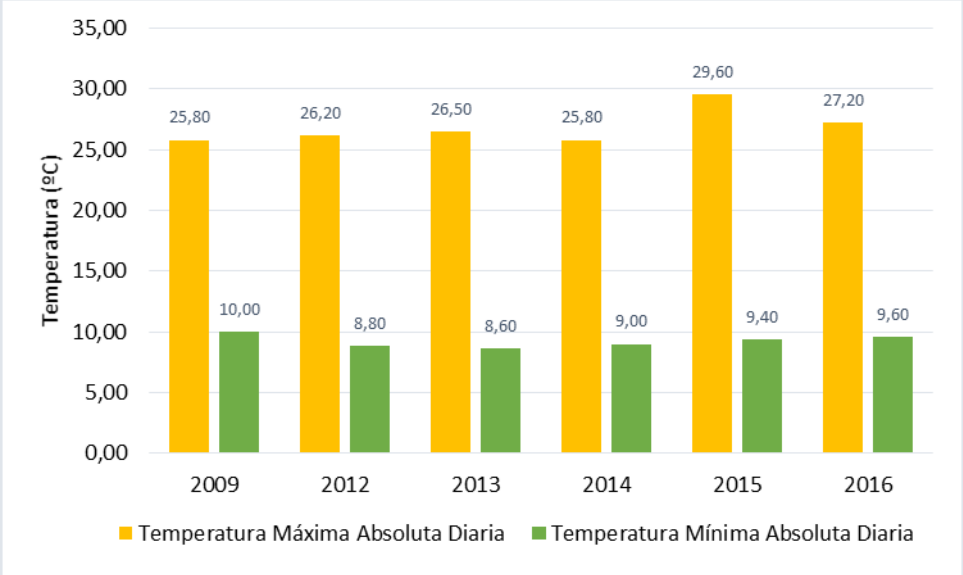
En cuanto a los valores de temperatura absoluta el valor máximo se presentó en el 2015 con una temperatura diaria de 29.6 °C y la mínima en el 2013 con un valor de 8.6 °C (Ver **Figura 5.169**), lo anterior presenta una alta variabilidad en la temperatura diaria ya que para un mismo geográfico la temperatura puede tener variaciones del orden de 18 °C entre las temporadas de verano e invierno.

Figura 5.168 Temperaturas Máximas, Medias, y Mínimas promedio diarias



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.169 Temperaturas Máximas, y Mínimas absolutas diarias



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.3 **Humedad Relativa.**

La humedad relativa es la relación expresada en porcentaje entre la tensión real del vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura. La relación humedad relativa y temperatura es inversa: cuando la temperatura aumenta, la capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta y la humedad relativa disminuye, mientras que cuando la temperatura disminuye, la capacidad de retención decrece y la humedad relativa aumenta.

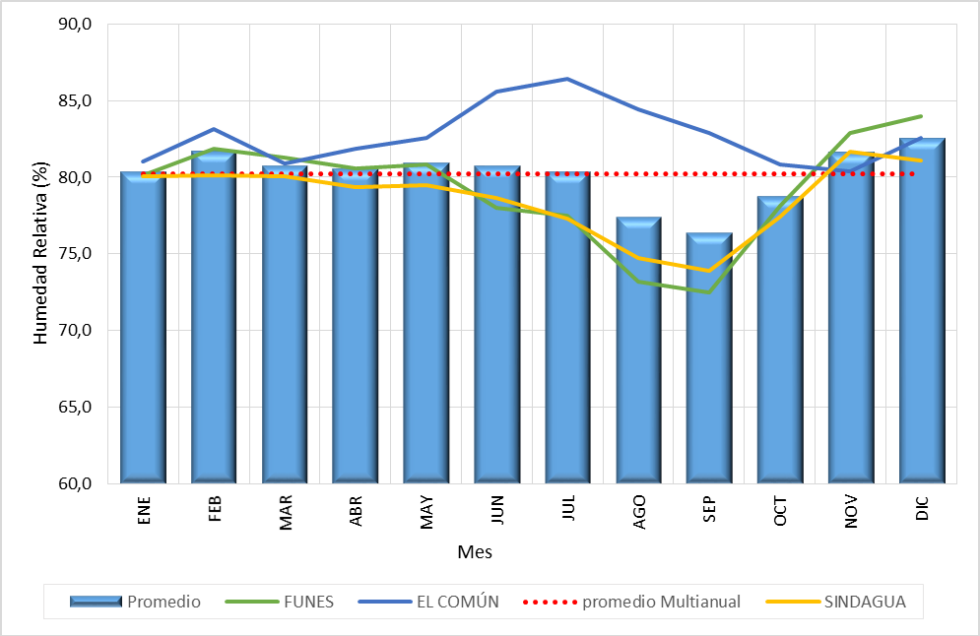
Adicionalmente, la humedad relativa y la temperatura permiten que la vegetación y la fauna adquieran diferencias fisonómicas de una zona a otra.

- **Distribución temporal.**

Acorde con los registros de las estaciones analizadas para el área de influencia del proyecto, la humedad relativa media mensual varía desde el 73% hasta el 86%. (Ver **Figura 5.170**).

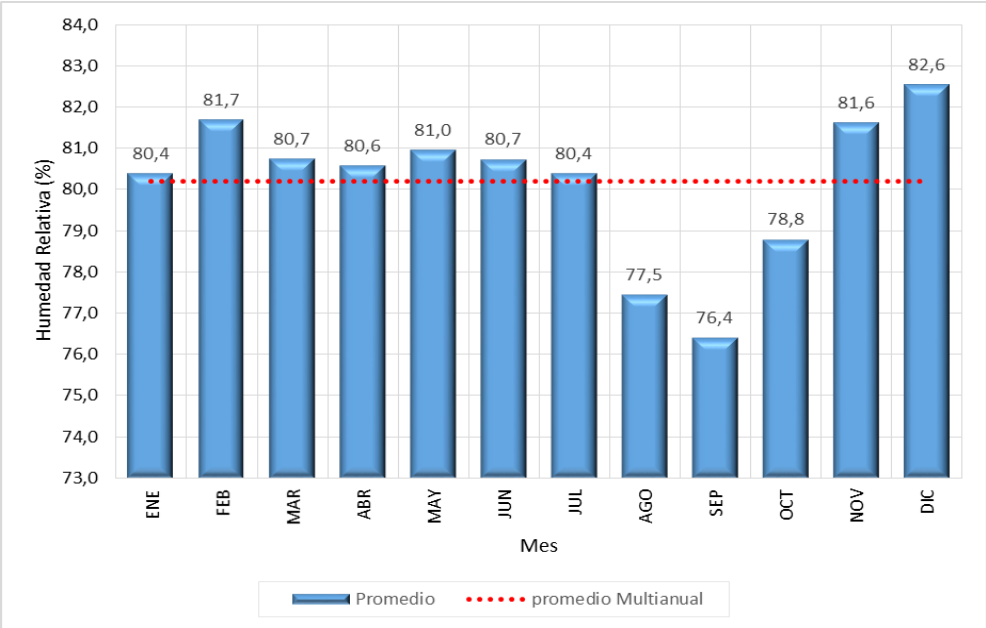
En promedio, los valores medios mensuales de humedad relativa están por el orden de los 82,6%, siendo diciembre en promedio el mes que se presenta los valores máximos de humedad relativa. Las menores valores de humedad relativas en promedio se registran durante los periodos septiembre y agosto, con valores medios que varían desde el 76,4 al 77,5% respectivamente para cada periodo, siendo agosto el mes donde se presentan la menor humedad relativa en el área del proyecto. (Ver **Figura 5.171**).

Figura 5.170 Distribución temporal de la humedad relativa (%) media mensual multianual en el área de influencia del Área del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.171 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la humedad relativa (%) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

En la **Tabla 5-169** se presentan los registros de la humedad relativa media, máxima y mínima mensual de las estaciones utilizadas en la caracterización del área de influencia del proyecto.

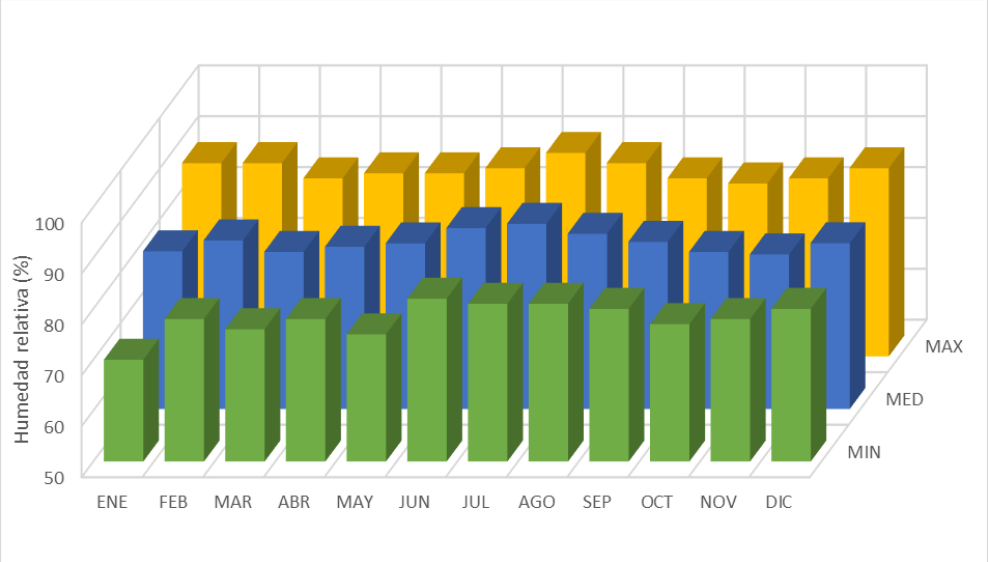
Tabla 5-169 Valores medios, máximos y mínimos mensuales multianuales de humedad relativa (%) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto.

ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED / ANUAL
FUNES	MIN (%)	72	76	72	74	74	75	71	69	68	74	76	68	72
	MED (%)	80	82	81	81	81	78	78	73	73	78	83	84	79
	MAX (%)	88	90	90	93	88	83	83	79	80	85	91	91	87
EL COMÚN	MIN (%)	70	78	76	78	75	82	81	81	80	77	78	80	78
	MED (%)	81	83	81	82	83	86	86	84	83	81	80	83	83
	MAX (%)	88	88	85	86	86	87	90	88	85	84	85	87	87
SINDAGUA	MIN (%)	68	71	72	71	76	74	65	65	58	65	75	66	69
	MED (%)	80	80	80	79	80	79	77	75	74	77	82	81	79
	MAX (%)	91	86	86	84	84	84	83	84	81	84	88	87	85
PROMEDIO	MIN (%)	70	75	73	74	75	77	72	72	69	72	76	71	73
	MED (%)	80	82	81	81	81	81	80	77	76	79	82	83	80
	MAX (%)	89	88	87	88	86	85	85	84	82	84	88	88	86

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.172** se presenta la distribución de la humedad relativa de la estación El Común a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima - valores extremos** se presenta la distribución temporal para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climática del área de influencia del proyecto. En la **Figura 5.172** se observa que los valores extremos de humedad relativa pueden variar desde 70% a 88% para un mismo mes del año (enero). Se evidencia una distribución muy similar para las estadísticas evaluadas.

Figura 5.172 humedad relativa (%) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación El Común.



Fuente: Consorcio SH.

- **Distribución Espacial.**

Espacialmente, las Isohumas son la representación gráfica en un plano cartográfico de los valores de humedad relativa, los cuales ilustran la distribución espacial de la humedad relativa en la región.

Con base en la información de alturas y temperaturas obtenidas a partir del DEM, la humedad relativa es calculada mediante la siguiente expresión, dado que en la región no se cuenta con información suficiente que cubra el área de estudio en su totalidad.

$$H_r = \left(\frac{P_v}{P_{vs}}\right) * 100$$

Dónde:

Hr: Es la humedad relativa,

Pv: Es la presión de vapor que tiene el aire, la cual se obtiene con la siguiente formula:

$$P_v = 6.11 * e^{(T_r * 17.27)/(237.3 + T_r)}$$

Dónde:

Tr: Es la temperatura de rocío que se estima mediante la siguiente formula:

$$T_r = 26.061 - (H * 0.0060)$$

Pvs: Es la presión de vapor de saturación del aire, las cual se calcula mediante las siguiente formula

$$P_{vs} = 6.11 * e^{(T * 17.27)/(237.3 + T)}$$

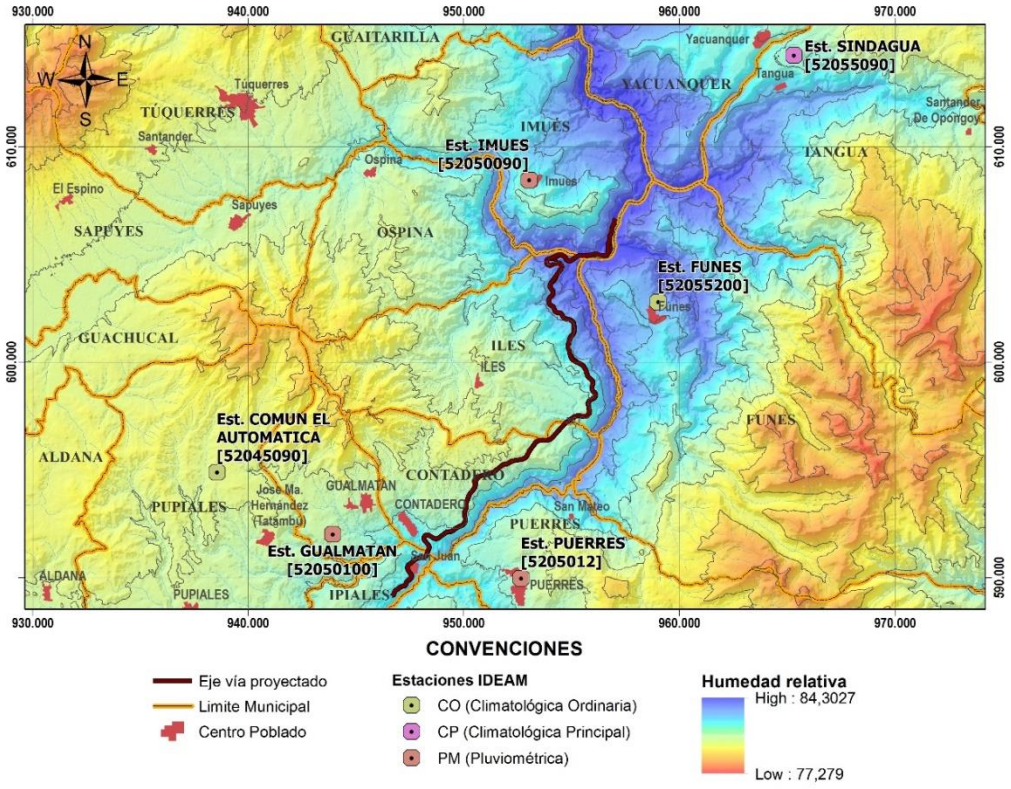
Dónde:

T: Es la temperatura media anual que se calculó anteriormente:

La distribución espacial de la humedad relativa en el área de influencia del proyecto; permite observar que los valores más altos de humedad relativa se presenta el Área de influencia del proyecto, con valores de humedad relativa de 81%. En el vértice norte del Área se tiene la mayor humedad relativa con registros de 83%, en general el área de influencia del proyecto presenta una humedad relativa entre los 80% a los

83% (Ver **Figura 5.173**).

Figura 5.173 Isohumas humedad (%) relativa media mensual multianual del Área de proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.4 **Evaporación.**

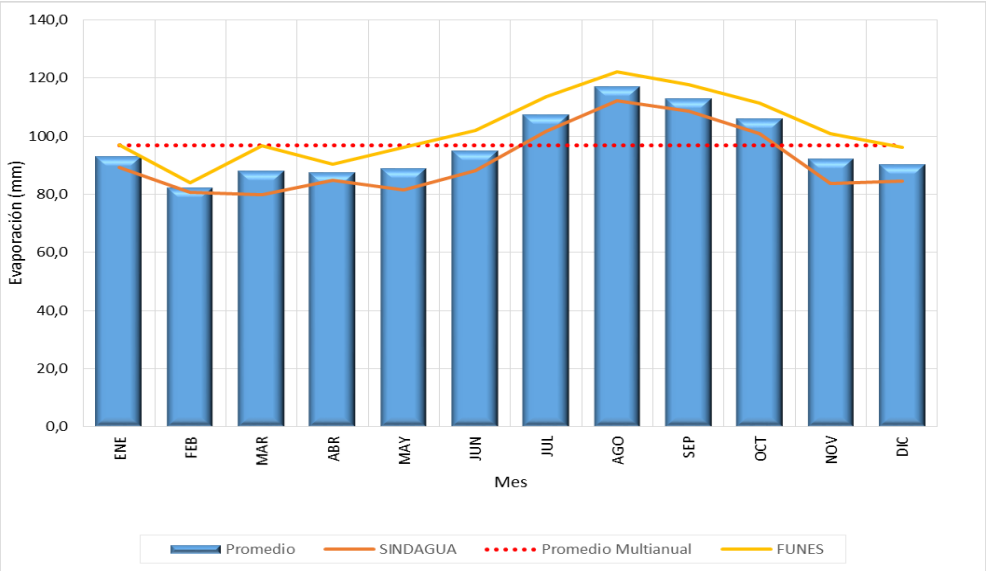
La evaporación es la emisión de vapor de agua a la atmósfera desde una superficie húmeda a temperatura inferior al punto de ebullición. Se encuentra directamente relacionada con diversos factores, entre los que se destacan el tipo de suelo y factores climáticos como la temperatura, la velocidad del viento, la presión atmosférica, la insolación; además de la cantidad de agua contenida en la superficie donde se contiene el agua.

- **Distribución temporal.**

De acuerdo con los registros de la estación analizada en el área de influencia del Proyecto, la evaporación media mensual varía desde 79,9 mm hasta los 122,1 mm; por lo que en promedio la evaporación total en la zona es del orden de 96,8 mm al mes. (Ver **Figura 5.174**).

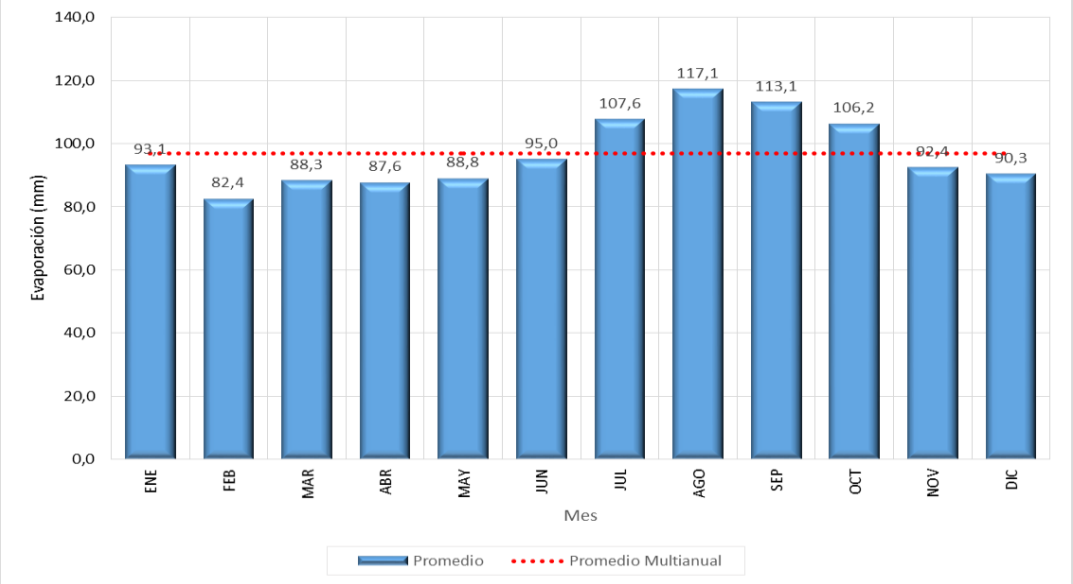
Acorde con el histograma promedio estimado de la evaporación para el área de influencia del proyecto, los periodos en los que se presentan las mayores evaporaciones corresponde al mes de agosto, con valores medios mensuales de 117,1 mm; los valores de menor evaporación se dan en febrero con un valor de 82,44 mm.

Figura 5.174 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.175 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la evaporación en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

A continuación, en la **Tabla 5-170** se presentan los registros de la evaporación media, máxima y mínima mensual de la estación utilizada en la caracterización del área de influencia del proyecto.

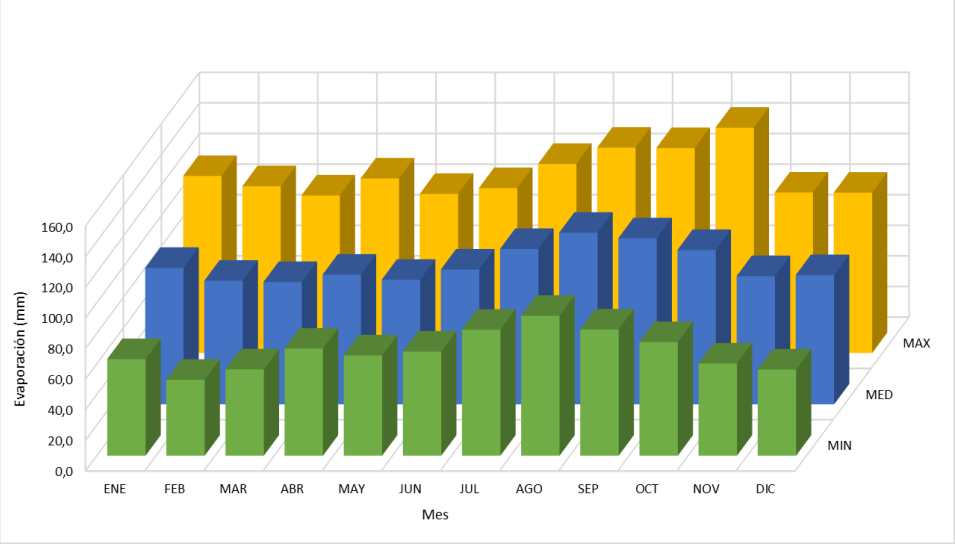
Tabla 5-170 Valores medios, máximos y mínimos de evaporación (mm) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del Proyecto.

ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED	ANUAL
SINDAGUA	MIN (mm)	63,1	49,6	56,4	70,0	65,5	68,0	82,3	91,4	82,5	74,2	60,2	56,3	68,3	819,5
	MED (mm)	89,2	80,8	79,9	84,8	81,4	88,1	101,6	112,2	108,5	100,9	83,8	84,5	91,3	1095,7
	MAX (mm)	115,7	109,0	103,0	114,1	104,0	107,8	123,6	134,2	134,0	147,3	104,9	104,8	116,9	1402,4
FUNES	MIN (mm)	77,5	67	86,2	65,9	73,3	93	97,4	106,7	96,5	103	85,7	83,8	86,3	1036,0
	MED (mm)	97,0	84,1	96,6	90,4	96,3	101,9	113,6	122,1	117,7	111,5	100,9	96,2	102,4	1228,2
	MAX (mm)	133,1	105,9	102,9	109,6	119,5	109,8	131,8	141,9	137,2	123,3	130,5	119,4	122,1	1464,9
PROMEDIO	MIN (mm)	70,3	58,3	71,3	68,0	69,4	80,5	89,9	99,1	89,5	88,6	73,0	70,1	77,3	927,8
	MED (mm)	93,1	82,4	88,3	87,6	88,8	95,0	107,6	117,1	113,1	106,2	92,4	90,3	96,8	1161,9
	MAX (mm)	124,4	107,5	103,0	111,9	111,8	108,8	127,7	138,1	135,6	135,3	117,7	112,1	119,5	1433,7

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.176** se presenta la distribución de la evaporación de la estación Sindagua a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima valores extremos** se presenta la distribución temporal para la estación utilizada en la caracterización climática del área de influencia del proyecto. En la **Figura 5.176** se observa que los valores extremos de evaporación pueden variar desde 74,2 mm a 147,3 mm para un mismo mes del año (octubre). Se evidencia una distribución muy similar para las estadísticas evaluadas.

Figura 5.176 Evaporación (mm) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Sindagua.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.5 **Brillo Solar.**

El brillo solar representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna zona, entre el alba y el atardecer, es decir el número de horas de sol (horas/día) en un determinado lugar. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece que el brillo solar es directamente dependiente de la nubosidad existente en un área determinada. Así, a menor nubosidad mayor brillo solar y viceversa.

- **Distribución temporal.**

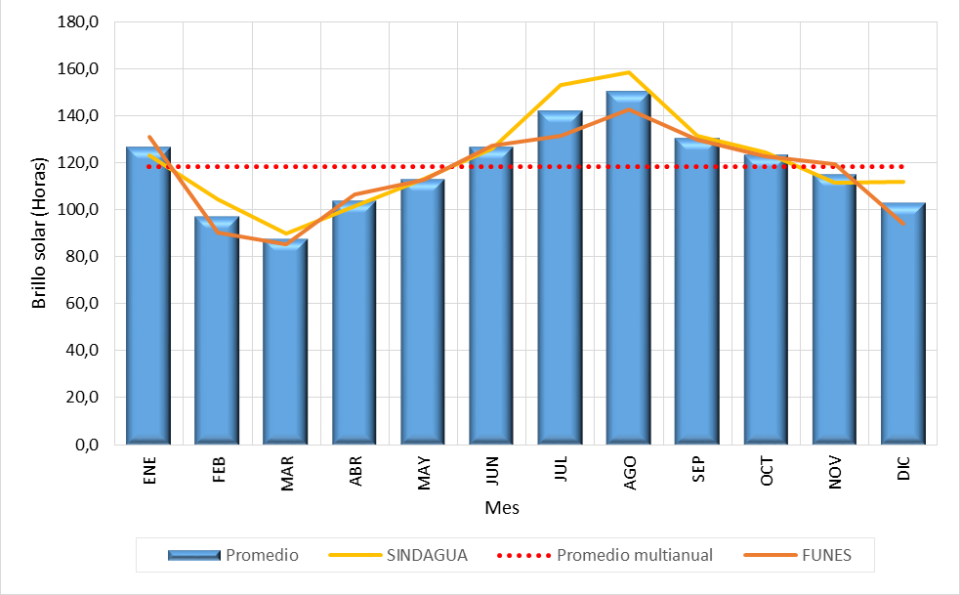
El número de horas de brillo solar es influenciado en la zona por la distribución temporal de la precipitación en los diferentes meses del año. Los periodos de precipitaciones bajas muestran que son los de mayor insolación, en tanto que la temporada húmeda se caracteriza por presentar los valores más bajos de brillo solar.

Los registros de la radiación solar o brillo solar de las estaciones analizadas en el área del proyecto, permiten evidenciar que este varía a nivel mensual desde 85,3 horas hasta las 158,6 horas, por lo que en promedio la radiación total para la zona la zona es del orden de 118,3 horas al mes. (Ver **Figura 5.177**).

En promedio, se observa que las radiaciones solares más bajas se presentan durante los periodos de lluvia (febrero - abril), con variaciones mensuales de 87,6 horas a 104 horas. El mes que en promedio registra la menor radiación es marzo, considerado uno de los meses más lluviosos. (Ver **Figura 5.177** y **Figura 5.178**).

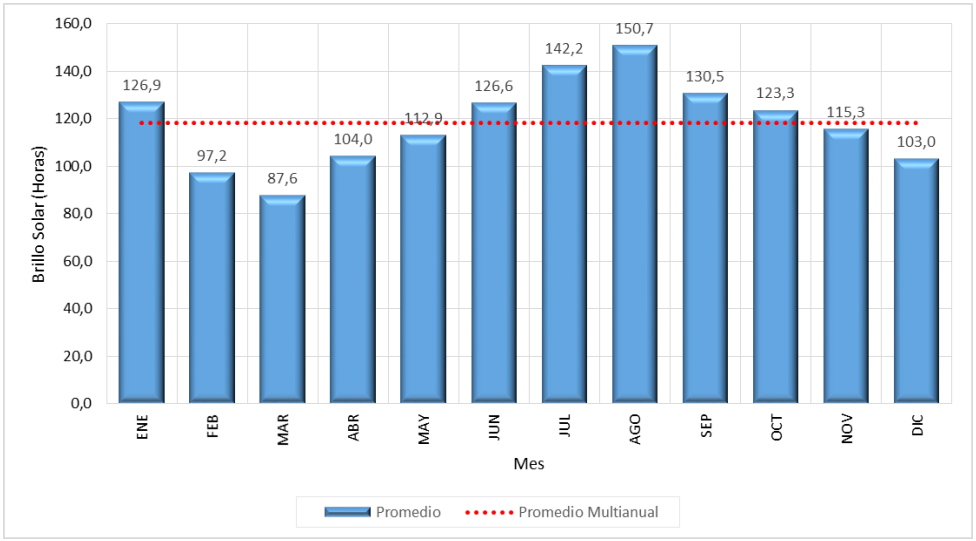
De otra parte, se evidencia que las mayores radiaciones o insolaciones se presentan durante los periodos de verano, donde en promedio se registran de 126,6 horas a 150,7 horas. El mes que en promedio registra la mayor radiación es agosto, considerado el mes menos lluvioso. (Ver **Figura 5.177** y **Figura 5.178**).

Figura 5.177 Distribución temporal de la radiación solar (horas) mensual multianual en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.178 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la radiación solar (horas) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

A continuación, en la **Tabla 5-171** se presentan los registros de brillo solar medio, máximo y mínimo mensual multianual de las estaciones utilizadas en la caracterización del área de influencia del proyecto.

Tabla 5-171 Valores medios, máximos y mínimos de brillo solar mensual (horas) en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto.

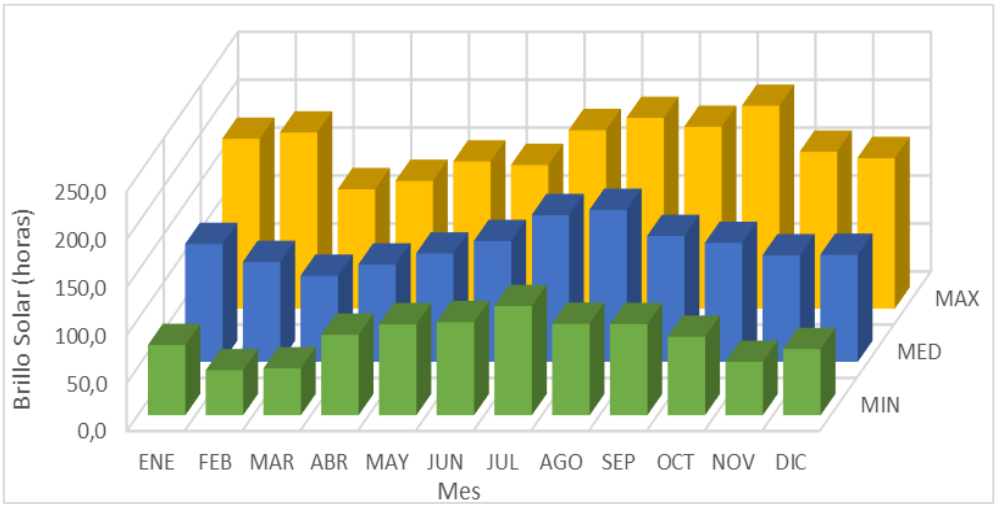
ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED	ANUAL
SINDAGUA	MIN (Horas)	73,2	46,8	48,8	83,8	94,8	97,0	113,9	95,4	95,0	81,8	55,6	69,0	79,6	955,1
	MED (Horas)	123,0	104,3	90,0	101,6	113,1	126,2	153,1	158,6	131,4	124,2	111,3	111,8	120,7	1448,6
	MAX (Horas)	177,3	183,9	124,7	133,3	153,6	149,9	186,3	199,1	189,8	211,8	163,7	157,2	169,2	2030,6
FUNES	MIN (Horas)	79,6	56,1	76,1	80,1	107,1	105,2	123,1	124,3	106,2	106,4	81,0	68,1	92,8	1113,3
	MED (Horas)	130,8	90,2	85,3	106,5	112,7	127,1	131,2	142,7	129,7	122,5	119,4	94,2	116,0	1392,3

PROMEDIO	MAX (Horas)	182,0	113,6	100,4	122,9	119,5	142,8	148,5	155,2	150,6	134,0	157,2	135,9	138,6	1662,6
	MIN (Horas)	76,4	51,5	62,5	82,0	101,0	101,1	118,5	109,9	100,6	94,1	68,3	68,6	86,2	1034,2
	MED (Horas)	126,9	97,2	87,6	104,0	112,9	126,6	142,2	150,7	130,5	123,3	115,3	103,0	118,4	1420,5
	MAX (Horas)	179,7	148,8	112,6	128,1	136,6	146,4	167,4	177,2	170,2	172,9	160,5	146,6	153,9	1846,6

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.179** se presenta la distribución de brillo solar de la estación Sindagua a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima - valores extremos** se presenta la distribución temporal para la estación utilizada en la caracterización climática del área de influencia del proyecto. En la **Figura 5.179** se observa que los valores extremos de brillo Solar tienen una alta variabilidad, ya que no se evidencia una tendencia clara de crecimiento o decrecimiento, en los valores medios se observa una tendencia pareja presentándose una leve disminución de horas sol en el tercer mes del año, el valor más alto de brillo solar se dio en octubre (211,8 horas) y el más bajo en febrero (46,8 horas).

Figura 5.179 Brillo Solar (horas) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Sindagua.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.6 **Nubosidad.**

La nubosidad es la fracción del cielo que se encuentra cubierta por nubes. Es así que para realizar la medición de nubosidad el cielo está dividido en 8 partes u octas. La cantidad de octas del cielo que se encuentren cubiertas determinan el nivel de nubosidad. En la **Tabla 5-172** se presenta la clasificación establecida por la Organización Meteorológica Mundial - OMM para interpretar la nubosidad[10].

Tabla 5-172 Interpretación de la nubosidad – OMM.

OCTAS	DEFINICIÓN	CATEGORÍAS
0	Despejado	Despejado/Buen tiempo
1	1/8 de cielo cubierto o menos, pero no cero	Despejado/Buen tiempo
2	2/8 de cielo cubierto	Despejado/Buen tiempo
3	3/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
4	4/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso

[10]Organización Meteorológica Mundial - OMM. Tomado de http://wwis.inm.es/cloud/

OCTAS	DEFINICIÓN	CATEGORÍAS
5	5/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
6	6/8 de cielo cubierto	Nuboso
7	7/8 de cielo cubierto o más, pero no 8/8	Nuboso
8	8/8 de cielo completamente cubierto, sin claros	Cubierto

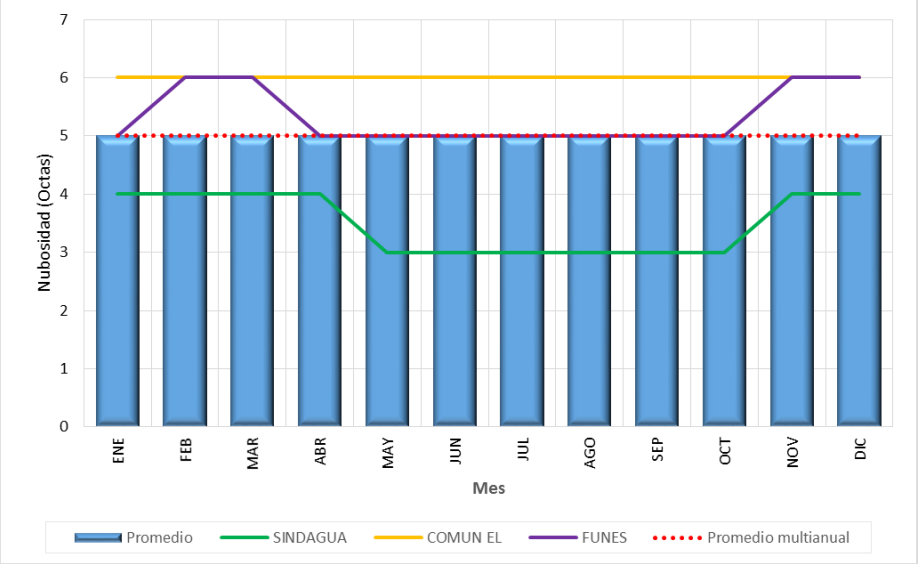
Fuente: OMM.

- **Distribución temporal.**

Con base en los registros de las estaciones analizadas para el área de influencia del proyecto la nubosidad media mensual varía de 3 a 6 octas, con un valor medio anual de 5 octas. (Ver **Figura 5.180**).

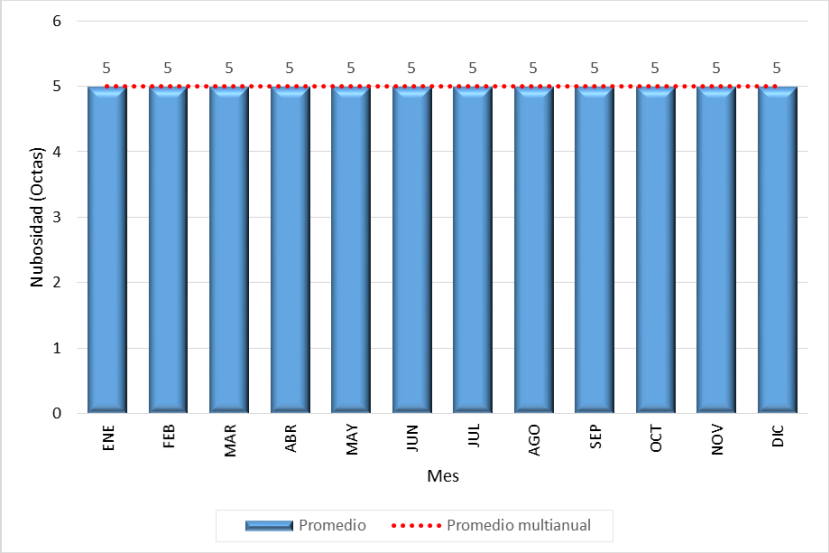
Conforme con el histograma promedio estimado para el área de influencia del proyecto se evidencia una tendencia permanente media en una nubosidad de 5 octas, por lo cual en el área del proyecto se espera encontrar un cielo parcialmente nuboso. (Ver **Figura 5.181**).

Figura 5.180 Distribución temporal de la nubosidad (Octas) media mensual multianual en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.181 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la nubosidad (Octas) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

A continuación, en la **Tabla 5-173** se presentan los registros medios, máximos y mínimos de nubosidad mensual de las estaciones utilizadas en la caracterización del área de influencia del proyecto.

Tabla 5-173 Valores medios, máximos y mínimos de nubosidad (Octas) mensual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto.

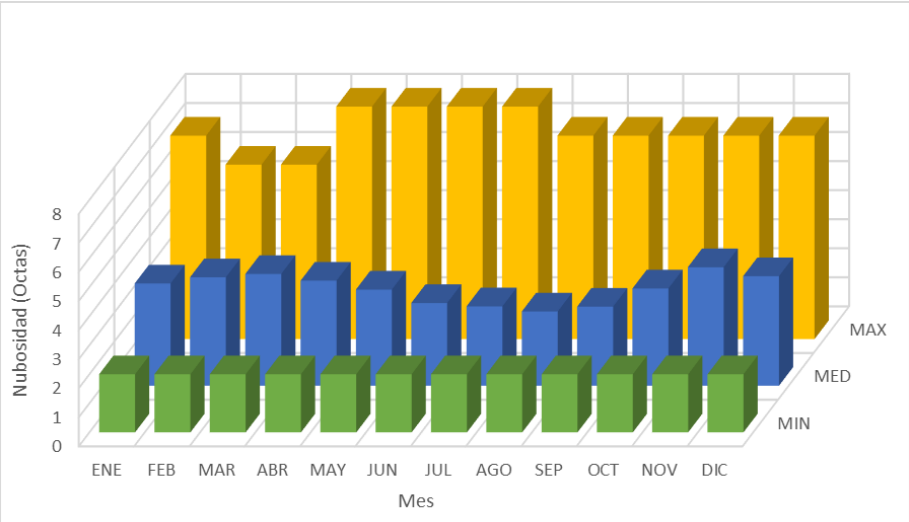
ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED / ANUAL
SINDAGUA	MIN (Octas)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	MED (Octas)	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3
	MAX (Octas)	7	6	6	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7

ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED / ANUAL
EL COMÚN	MIN (Octas)	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6
	MED (Octas)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	MAX (Octas)	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6
FUNES	MIN (Octas)	4	5	5	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5
	MED (Octas)	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5
	MAX (Octas)	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6
PROMEDIO	MIN (Octas)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	MED (Octas)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	MAX (Octas)	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.182,** se presenta la distribución de nubosidad de la estación Sindagua a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima - valores extremos** se presenta la distribución temporal para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climática del área de influencia del proyecto. En la **Figura 5.182** se observa que los valores extremos de nubosidad siempre se encuentra de 6 a 8 octas, lo que demuestra que en el área hay altas probabilidades de que se encuentren cielos cubiertos, esto mismo ocurre para los valores mínimos en donde se encuentra en promedio 2 octas es decir un cielo despejado/buen tiempo.

Figura 5.182 Nubosidad (Octas) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Sindagua.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.7 **Viento.**

El viento es el movimiento natural del aire. Se determina por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla y por su velocidad, de la cual depende su mayor o menor fuerza. Para propósitos meteorológicos, la dirección del viento se define como la dirección desde la cual sopla el viento, y se mide en grados en la dirección de las agujas del reloj a partir del norte verdadero. Una metodología que permite conocer algunas características del viento es la denominada Rosa de Vientos, mediante la cual se puede establecer de manera gráfica la dirección y velocidad del viento en un área determinada. La rosa de los vientos se elabora con base en información recolectada en una estación climática que cuente con los equipos necesarios para realizar mediciones de viento, generalmente un anemómetro. Adicionalmente, para establecer la fuerza del viento se puede utilizar la escala de Beaufort (Ver **Tabla 5-174**).

Tabla 5-174 Escala de Beaufort para la fuerza del viento.

ESCALA	VELOCIDAD PROMEDIO m/s	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
0	0,1	Calma	El humo sube verticalmente.
1	0,9	Ventolina	La dirección se muestra por la dirección del humo. Las veletas no alcanzan a moverse.
2	2,4	Brisa Muy Débil	Se siente el viento en la cara, las hojas de los árboles se mueven; las veletas giran lentamente.
3	4,4	Brisa Débil	Las hojas y las ramas pequeñas se mueven constantemente; el viento despliega las banderas.
4	6,7	Brisa Moderada	Se levantan el polvo y los papeles del suelo; se mueven las ramas pequeñas de los árboles.
5	9,4	Brisa Fresca	Los árboles pequeños se mueven; se forman olas en las aguas quietas.
6	12,3	Brisa Fuerte	Se mueven las ramas grandes de los árboles; los paraguas se mantienen con dificultad.
7	15,5	Viento Fuerte	Los árboles grandes se mueven; se camina con dificultad contra el viento.
8	19	Viento Duro	Se rompen las ramas de los árboles; no se puede caminar en contra

ESCALA	VELOCIDAD PROMEDIO m/s	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
			del viento.
9	22,6	Viento Muy Duro	El viento arranca tejados y chimeneas; se caen arbustos; ocurren daños fuertes en las plantaciones.
10	26,4	Temporal Huracanado	Raro en los continentes; arranca los árboles y las viviendas sufren daños muy importantes.
11	30,5	Borrasca	
12	32,7	Huracán	

Fuente: VENTDEPOT, 1996.

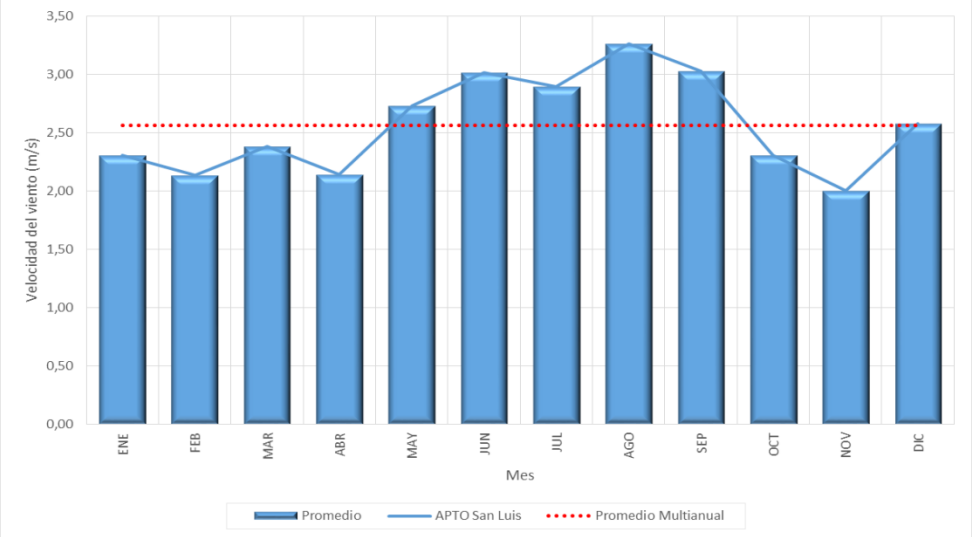
- **Distribución temporal.**

El análisis del viento para la zona de estudio se efectuó con base en la información de la estación Apto. San Luis, teniendo en cuenta que las demás estaciones utilizadas en la caracterización climática del Área del proyecto no cuentan con la medición de este parámetro, por lo anteriormente expuesto y con base en los registros históricos de las estación, se logró obtener información de vientos a escala regional confiable.

De acuerdo con los registros de la estación analizada en el área de influencia del proyecto la velocidad media mensual del viento varía de 2 m/s a 3,2 m/s, por lo que, en promedio la velocidad media mensual del viento en la zona es del orden de 2,5 m/s, clasificándolo en brisa muy leve según beaufort. (Ver **Figura 5.183** y **Figura 5.184**).

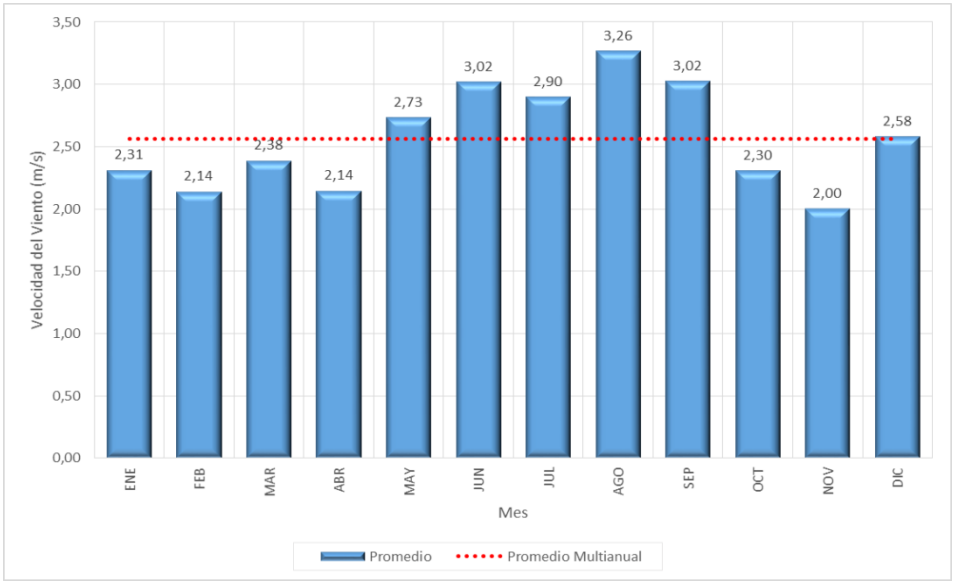
Se estimó en promedio, que en el área de influencia del proyecto, los periodos en los que se presentan las mayores velocidades del viento corresponden a los periodos de baja precipitación y de baja temperatura asociado así mismo a los vientos fríos (julio a septiembre), con valores medios mensuales de 2,96 m/s a 3,26 m/s, siendo agosto, en promedio el mes con mayor velocidad; mientras que los periodos de alta precipitación y alta temperatura, se caracterizan por presentar las menores velocidades del viento a nivel mensual, con valores medios de 2,0 m/s a 2,3 m/s para los meses de octubre y noviembre y 2,14 m/s a 2,38 m/s para el primer trimestre del año, siendo noviembre en promedio el mes de menor velocidad del viento. (Ver **Figura 5.183** y **Figura 5.184**).

Figura 5.183 Distribución temporal de la velocidad del viento (m/s) mensual multianual en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.184 Histograma promedio estimado - Distribución temporal de la velocidad del viento (m/s) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

A continuación, en la **Tabla 5-175** se presentan los registros medios, máximos y mínimos de velocidad del viento de las estaciones utilizadas en la caracterización del área de influencia del Proyecto.

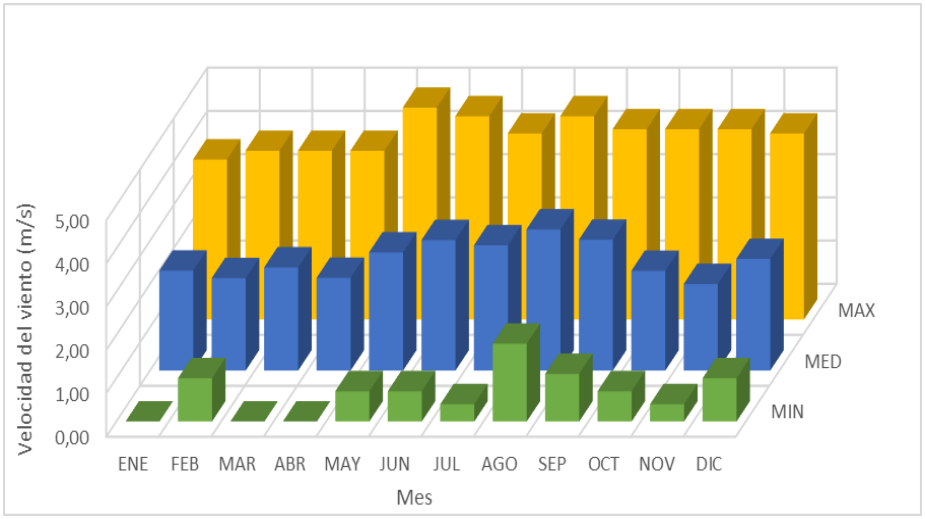
Tabla 5-175 Valores medios, máximos y mínimos de velocidad del viento (m/s) mensual en las estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el área de influencia del proyecto.

ESTACIÓN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED / ANUAL
APTO. SAN LUIS	MIN (m/s)	0,00	1,00	0,00	0,00	0,70	0,70	0,40	1,80	1,10	0,70	0,40	1,00	0,65
	MED (m/s)	2,31	2,14	2,38	2,14	2,73	3,02	2,90	3,26	3,02	2,30	2,00	2,58	2,57
	MAX (m/s)	3,70	3,90	3,90	3,90	4,90	4,70	4,30	4,70	4,40	4,40	4,40	4,30	4,29

Fuente: Consorcio SH.

En la **Figura 5.185** se presenta la distribución de Velocidad del viento de la estación Apto San Luis a lo largo del año, en el **Anexo 8. Clima valores extremos** se presenta la distribución temporal para la estación utilizadas en la caracterización climática del área de influencia del proyecto. En la **Figura 5.185** se observa que los valores extremos de velocidad del viento se comportan de una manera similar a lo largo del año, no obstante muestran una variabilidad fuerte entre sus extremos ya que existen variaciones de 0,4 m/s a 4,4 m/s lo que representa un aumento de más del 100% para un mismo mes (Noviembre).

Figura 5.185 Distribución Temporal de Velocidad de viento (m/s) para las diferentes estadísticas (Min/Med/Max) en la estación Apto. San Luis.



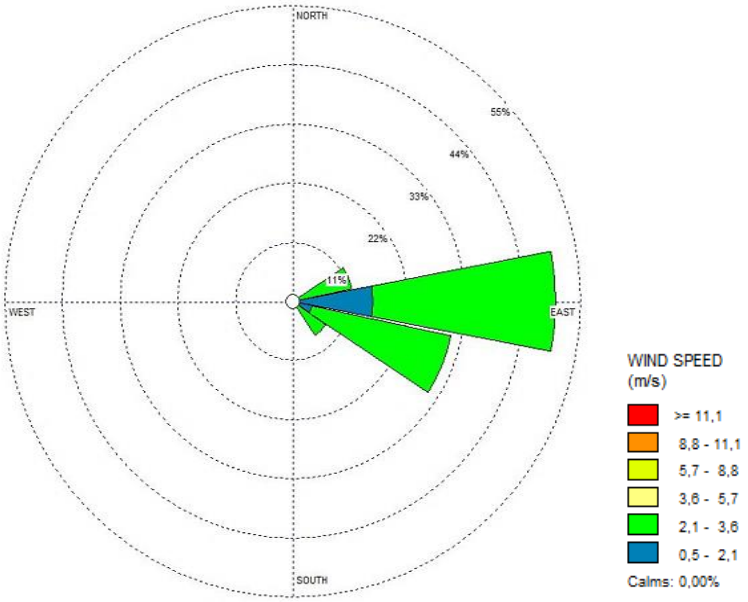
Fuente: Consorcio SH.

Se obtuvieron las rosas de los vientos anual y mensuales de la estacione Apto. San Luis, mediante el software WRPLOT desarrollado por Lakes Environmental. En la

Figura 5.186, se presenta las rosa de los vientos anual obtenida para la estación. En la

Figura 5.186 puede observar que en la estación Apto. San Luis la dirección predominante del viento es Este con un 50 % de los datos registrados, presentando velocidades de viento de 0,5 a 3,6 m/s.

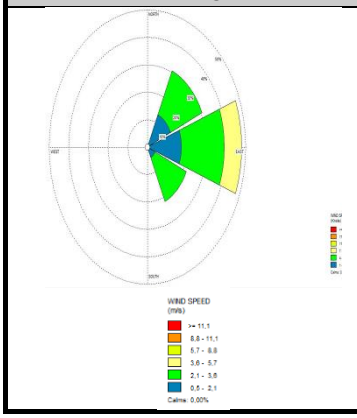
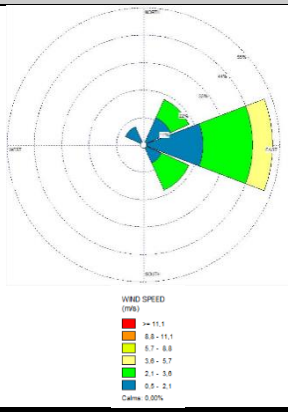
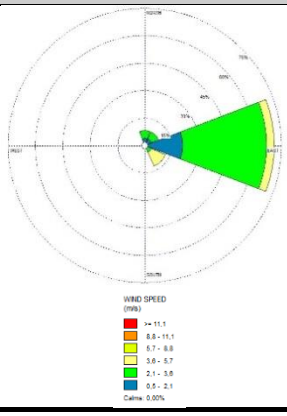
Figura 5.186 rosa de los vientos anuales para la estación Apto San Luis.



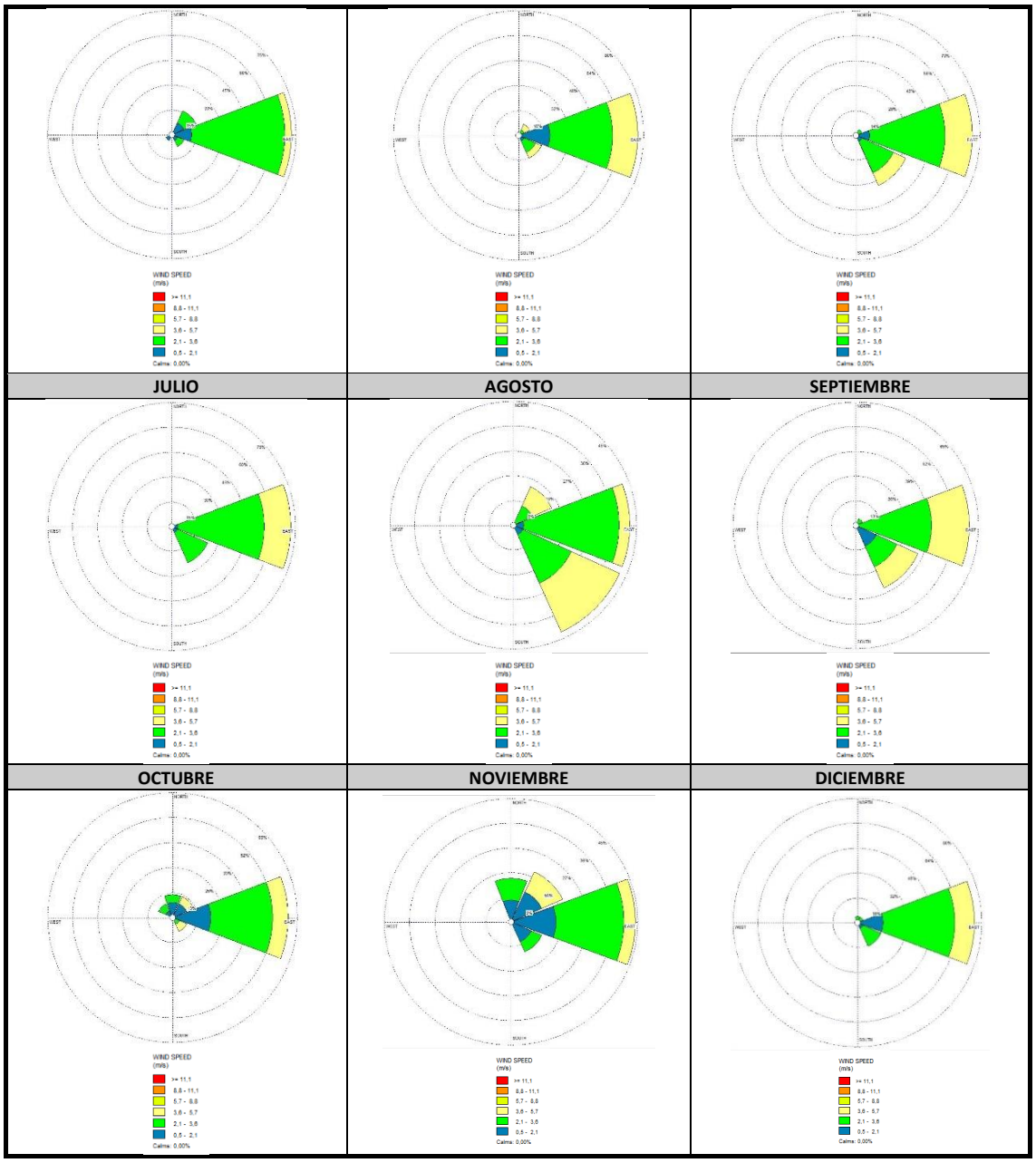
Fuente: Consorcio SH.

Adicionalmente para las estación Apto. San Luis se desarrollaron las rosas de los vientos para cada uno de los meses, esto con el fin de ver el comportamiento de este según temporadas. En la **Tabla 5-176** se presenta las rosas de los vientos de la estación donde se evidencia que a lo largo del año las direcciones predominantes siempre es el Este, teniendo algunos meses como agosto en donde el viento sopla desde el suroeste en una relación similar, también se observa que la velocidad de los vientos son más fuertes desde mayo hasta septiembre, siendo concordante con la distribución temporal descrita con anterioridad.

Tabla 5-176 Rosa de los vientos mensual estación Apto. San Luis.

ENERO	FEBRERO	MARZO
		

ABRIL	MAYO	JUNIO



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.8 **Altura de Mezcla y estabilidad Atmosférica.**

La estabilidad atmosférica se refiere a la estratificación de la atmósfera debido al equilibrio hidrostático, es decir, que cuando el aire frío (más pesado) se ubica por debajo del aire más caliente, se habla de una atmósfera estable pues los movimientos verticales se encuentran inhibidos. Si ocurre lo contrario, es decir, que el aire frío se ubique sobre el aire caliente, la atmósfera tiende a reducir este desequilibrio trasladando el aire frío hacia abajo y elevando el aire más caliente[11].

Como se puede apreciar en la **Tabla 5-177**, se identifican 6 tipos de estabilidad atmosférica, según la clasificación sugerida por Pasquill, las cuales se calculan en función de la información meteorológica de

[11]Universidad de Chile Modificado de http://www.atmosfera.cl/HTML/glosario/glosario_02.html

temperatura, dirección y velocidad del viento y radiación solar. Para condiciones de atmósfera inestable las clases de estabilidad pueden ser A, B o C, para condiciones neutras D, y para condiciones estables pueden ser E o F. Para cielos totalmente cubiertos, tanto de día como de noche, debe considerarse clase de estabilidad D.

Tabla 5-177 Categorías de estabilidad de Pasquill.

CATEGORÍAS DE ESTABILIDAD DE PASQUILL	
DIA	A: Muy Inestable
	B: Inestable
	C: Ligeramente Inestable
DIA/NOCHE	D: Neutra
	E: Ligeramente Estable
NOCHE	F: Estable

Fuente: PASQUILL, 1961.

Por su parte, la altura de mezcla se define como la altura de la capa adyacente al suelo donde los contaminantes sufren el proceso de mezcla por efecto de la turbulencia en una escala de tiempo cercana a una hora o menos. La profundidad vertical de la atmósfera donde se produce el mezclado se denomina capa de mezcla. La parte superior de esta capa se conoce como altura de mezcla. Esta determina el alcance vertical del proceso de dispersión de los contaminantes liberados debajo de ella. El espesor de la capa de mezcla dependerá de las condiciones de la atmósfera, en particular de la clase de estabilidad, de la radiación solar, de la velocidad del viento y del tipo de terreno.

Teniendo presente que el IDEAM no realiza mediciones de estabilidades atmosféricas para las 24 horas del día, las clases de estabilidades atmosféricas se estimaron en forma conservadora aplicando el criterio establecido por pasquill, de la **Tabla 5-178**.

Tabla 5-178 Criterios simplificados para estimar la clase de estabilidad atmosférica y la altura de la mezcla a partir de la velocidad del viento y el grado de insolación.

MOMENTO	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	CLASE DE PASQUILL	ALTURA DE MEZCLA (m)
Días de Alta Insolación	0 a 2	A (Muy Inestable)	1600
	2 a 3	B (Inestable)	1200
	3 a 5	C (Ligeramente Inestable)	800
	> 5	D (Neutral)	560
Días de Baja Insolación	0 a 2	B	200
	2 a 3	C	800
	3 a 5	D	560
	> 5	D	560
Noche	0 a 2	F (Estable)	200
	2 a 3	F	200
	3 a 5	E (Ligera Estabilidad)	320
	> 5	D (Neutral)	560
	Nublado	D	560

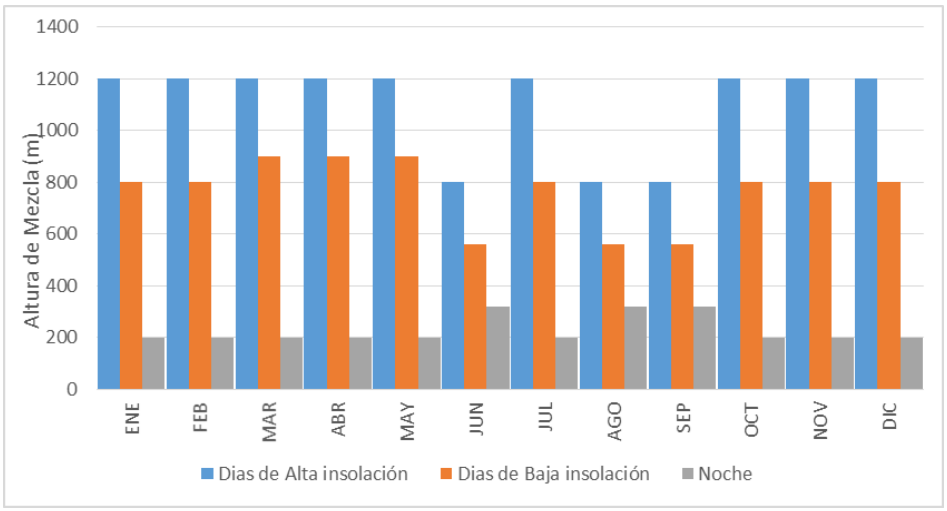
Fuente: SPADARO, 1991.

Esta clasificación de estabilidades es muy general, para realizar la valoración a diferentes horas del día se asumió que la insolación Alta ocurre entre las 9:00 – 16:00 horas, insolación baja entre las 07:00 – 09:00 horas y también entre las 14:00 – 18 horas.

La estabilidad atmosférica y la altura de mezcla se estimaron de forma simplificada con la velocidad del viento y el grado de insolación (Spadaro, 1991). Rn la **Figura 5.187** se presenta el comportamiento de la altura de mezcla a lo largo del año para la estación Apto San Luis. En donde se evidencia que para los días de alta insolación la altura de mezcla se da en a los 1200 m presentándose una ligera variación en la época de bajas precipitaciones a mediados de agosto, los días de baja insolación la altura de mezcla se puede dar alrededor de los 800 m, presentándose una diminución en la altura de mezcla a mediados de agosto,

en la cual la altura de mezcla se puede presentar a los 560 m, en la noche al invertirse las capas térmicas, la altura de mezcla suele estar alrededor de los 200 m y en la época de bajas precipitaciones puede llegar hasta los 320 m .

Figura 5.187 Distribución temporal promedio de la altura de mezcla (m) estación Apto San Luis.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.9 **Presión Atmosférica.**

La presión atmosférica es la presión que ejerce la atmósfera en un punto específico como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad sobre la columna de aire que se encuentra por encima de este punto12, por lo cual la presión atmosférica disminuye con la altitud y al mismo tiempo disminuye la cantidad de aire presente en la atmósfera. Con el objetivo de obtener valores representativos, se realizaron las estimaciones de la presión atmosférica bajo la hipótesis de una atmósfera estándar, para cada una de las estaciones utilizadas en la caracterización climatológica del área de influencia del proyecto, cuyos resultados se presentan en la **Figura 5.188**.

La Presión Atmosférica a diferentes elevaciones de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,006z}{293}\right)^{5,26}$$

Dónde:

P = Presión atmosférica [kPa].

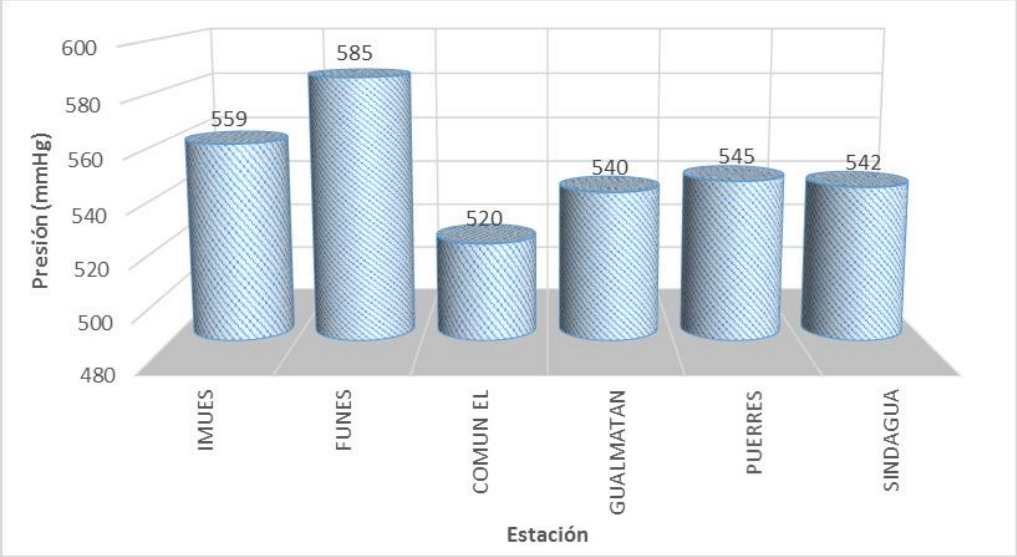
z = Elevación sobre el nivel del mar [m.s.n.m].

La presión atmosférica calculada en la zona y realizando la conversión a mmHg, oscila en un rango de 520 a 585 mmHg, siendo las estaciones meteorológicas del común y Funes, los puntos de menor y mayor presión respectivamente. El promedio de esta variable respecto a las estaciones analizadas en el área de influencia del proyecto es de aproximadamente 549 mmHg. (Ver **Figura 5.188**).

Figura 5.188 Presión atmosférica (mmHg) calculada en las estaciones meteorológicas del Área del

[12] Servicio meteorológico nacional de México .Tomado del http://smn.cna.gob.mx/glosario/glos-p.html

Proyecto.

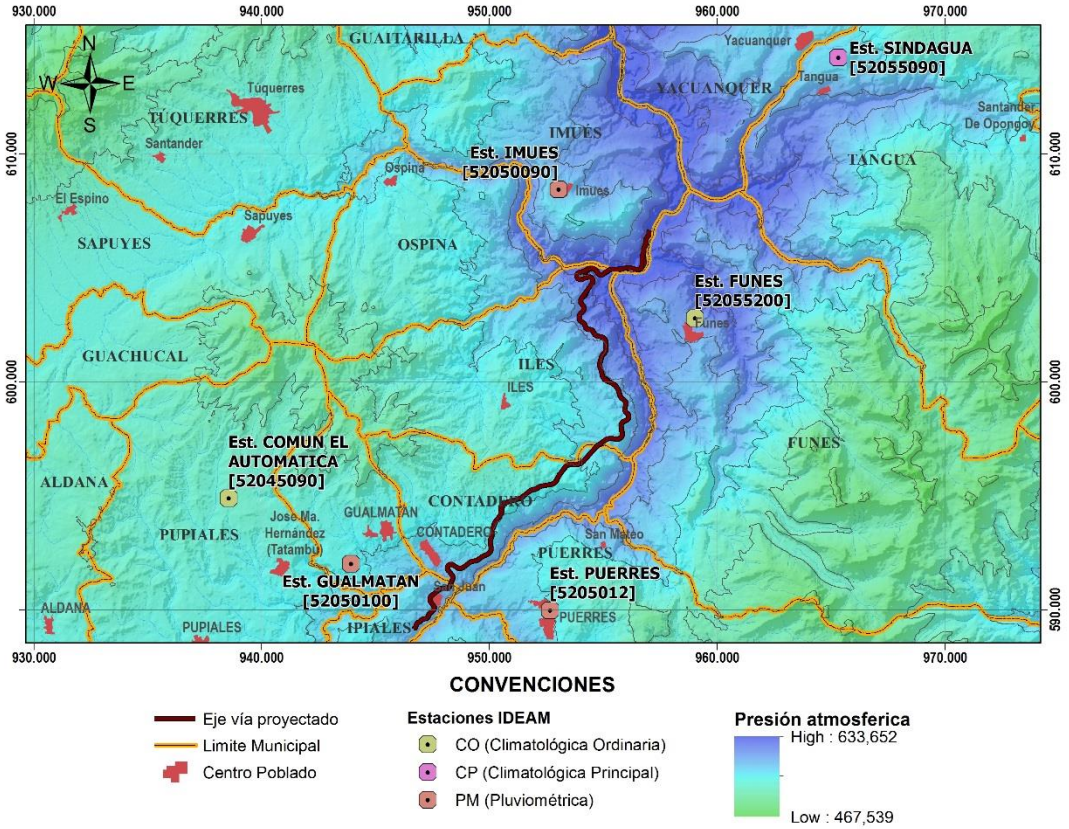


Fuente: Consorcio SH.

- **Distribución Espacial.**

La especialización de la presión atmosférica se ilustra por medio de las curvas isobaras, que representan cartográficamente los puntos de la tierra que tienen la misma presión atmosférica en un determinado momento, indicando que hacia el sur del área de influencia del proyecto se presentan presiones del orden de los 570 mmHg y hacia el norte cerca de Pilcuan se encuentran presiones del orden de 600 mmHg, se evidencian fuertes variaciones en la presión esto asociado a las variaciones topográficas que se presentan en el área del proyecto. La presión atmosférica media estimada en el área de influencia del proyecto presenta valores del orden de 540 - 600 mmHg, como se observa en la **Figura 5.189.**

Figura 5.189 Distribución espacial de presión atmosférica (mmHg) en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.1.10 **Balance Hídrico.**

El balance hídrico se calculó de acuerdo con la metodología de Thornthwaite que establece la cantidad de agua que entra al ecosistema por medio de la precipitación, la que regresa a la atmósfera por la evapotranspiración y la que es almacenada en el suelo, para ser usada por la vegetación, los excesos o agua de escorrentía y percolación.

"La Evapotranspiración es la suma de las cantidades de agua evaporada desde el suelo y transpirada por las plantas, mientras que la evapotranspiración potencial (ETP) hace referencia a la cantidad máxima de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno. Se mide y se estima en milímetros por unidad de tiempo"13.

El procedimiento para realizar el cálculo de la ETP en el área de estudio se hizo de acuerdo al método de Thornthwaite, el cual se define a continuación:

- Se calcula un "índice de calor mensual" (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

- Se calcula el índice de calor anual (I) sumando los 12 valores calóricos mensuales:

$$I = \sum i$$

- Se calcula la ETP mensual "sin corregir" mediante la siguiente fórmula:

[13] La atmosfera, el tiempo y el clima. Tomado de http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap3-i.pdf

$$ETP_{\text{sin } corregir} = 16\left(10\frac{t}{I}\right)^{a}$$

Dónde: **ETP sin corregir =** ETP mensual mm/mes, para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

t = Temperatura media mensual, °C

I = índice de calor anual, obtenido en el punto 2

a = $(675 * 10^{-9} * I^3) - (771 * 10^{-7} * I^2) + (1792 * 10^{-5} * I) + (0{,}49239)$

- Corrección de la Evapotranspiración

$$ETP = ETP_{\text{sin } corrección} * F$$

- Dónde:

ETP = Evapotranspiración corregida

F = Factor de corrección de Thornthwaite, del número de días del mes (Ndi) y la duración astronómica del día (Ni-horas de Sol)

$$F = \frac{Ndi}{30} * \frac{Ni}{12}$$

Para la realización del balance hídrico es importante establecer las entradas y las salidas del sistema, de manera que se consideran entradas las precipitaciones medias mensuales de las estaciones evaluadas en el área de estudio. En la **Tabla 5-179**, se presentan los resultados del cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) y el balance hídrico.

Tabla 5-179 Balance Hídrico en el Área del proyecto.

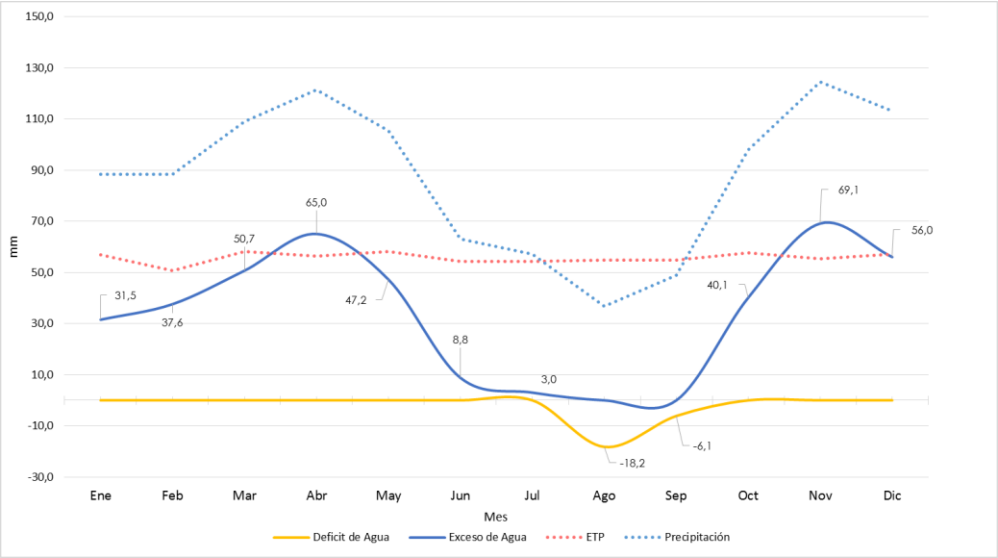
BALANCE HÍDRICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Temperatura (°C)	13,7	13,5	13,9	13,9	13,9	13,5	13,2	13,3	13,6	13,8	13,7	13,7	13,6
ETP Corregido (mm)	56,9	50,8	58,2	56,4	58,2	54,2	54,2	54,9	54,9	57,7	55,3	57,1	668,8
Precipitación (mm)	88,4	88,4	108,9	121,5	105,4	63,0	57,2	36,7	48,8	97,9	124,4	113,1	1053,7
Exceso de Agua (mm)	31,5	37,6	50,7	65,0	47,2	8,8	3,0	0	0	40,1	69,1	56,0	409,2
Déficit de Agua (mm)	0	0	0	0	0	0	0	-18,2	-6,1	0	0	0	-24,3

Fuente: Consorcio SH.

Los resultados reflejan que en el área de estudio la evapotranspiración potencial anual es de 668,8 mm, valor que se encuentra por debajo de los 1053,7 mm de precipitación promedio anual registrada por las estaciones en la zona. Con los resultados obtenidos se puede concluir que durante diez de los doce meses del año se presentan excesos, los meses que no presenta excesos son el de agosto y septiembre, sin embargo su deficit es bajo.

En la **Figura 5.190,** se presenta la comparación entre los excesos y déficits presentados a lo largo del año en la zona de estudio, tomando como base los datos de precipitación y evapotranspiración potencial.

Figura 5.190 Balance Hídrico para el Área del proyecto.



Fuente: Consorcio SH.

La **Figura 5.190,** muestra que durante la mayoría del año se registran excedentes. Los excesos son mayores que los déficits, indicando que en la temporada de lluvias el suelo recupera su almacenamiento total hasta llegar a la saturación, lo suficiente para mantener una cantidad de agua en la superficie de la tierra durante 10 meses del año. En resumen se evidencia que en la mayoría de los meses se está drenando los excesos en forma de escorrentía hacia los cuerpos de agua superficial.

5.1.10.1.11 **Clasificación climática.**

Con el fin de establecer la clasificación climática del área de influencia del proyecto, se toma la información climatológica descrita en los anteriores numerales y se adopta la metodología interinstitucional desarrollada por IDEAM, IAvH, Invemar, I.Sinchi, IIAP e IGAC en el documento denominado Ecosistemas continentales, costeros, y marinos de Colombia en el cual se desarrolló el Mapa de ecosistemas y un conjunto de mapas temáticos a escala actualizada 1:500.000 dentro de los cuales se encuentra el mapa de precipitación, temperatura y zonificación climática.

La metodología desarrollada para la elaboración del mapa de zonificación climática, clasifica el territorio teniendo en cuenta las variables de temperatura y precipitación propias de la geografía colombiana, dichos elementos meteorológicos son considerados relevantes para la caracterización desde el punto de vista climático.

El mapa de zonificación climática se obtiene a partir de los mapas fuente de temperatura y precipitación a continuación se describen las principales características de cada uno de los mapas fuente.

- **Clasificación Climática Mapa de Temperatura Media Anual.**

La presente clasificación obedece a la adaptación de la metodología propuesta por Caldas en 1802.

La categorización por pisos térmicos corresponde a la delimitación de zonas de acuerdo a la variable de temperatura media anual (°C) y la altitud (m.s.n.m), considerando de esta manera cinco categorías o denominaciones termales.

Esta metodología une las categorías termales extremadamente frio y nival en una sola temática debido a los pocos polígonos que se encuentran por encima de los 4.500 m. y cambia las siguientes denominaciones térmicas originales de Caldas: El sistema designado como “paramo alto” cambio a la denominación de muy frio y el sistema “paramo bajo” cambio al calificativo extremadamente frio.

A continuación en la **Tabla 5-180** se describen los rangos de temperatura y altitudes propias de cada categoría:

Tabla 5-180 Denominación termal.

DENOMINACIÓN TERMAL	RANGOS ALTITUDINALES (m.s.n.m.)	RANGOS DE TEMPERATURA
Cálido	De 0 a 800	T > 24°C
Templado	De 801 a 1800	Entre 18°C y 24°C
Frío	De 1801 a 2800	Entre 12°C y 18°C
Muy Frío	De 2801 a 3700	Entre 6°C y 12°C
Extremadamente frío y/o Nival	De 3701 a 4500 y de 4500 en adelante para nival	Entre 1.5°C y 6°C, y menores a 1.5 °C para nival

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

Para la clasificación de los pisos térmicos en el Área del proyecto, se empleó un modelo de elevación digital de 30 m, con el cual se obtuvo la distribución espacial de la temperatura, por medio de la ecuación determinada en el estudio citado, para relacionar la temperatura del aire con la altura sobre el nivel del mar:

$$T = 28.1926 - (0.00561473\ x\ H)$$

Dónde:

T =Temperatura media [°C].

H =Elevación sobre el nivel del mar [m.s.n.m].

Posteriormente se procedió a cruzar y determinar la denominación termal presente en la zona de estudio.

- **Clasificación climática por rangos de precipitación.**

El mapa de precipitación clasifica el territorio en zonas obedeciendo a la estimación de rangos de precipitación anual ajustando las metodologías de Caldas –Lang, Holdridge y las sugeridas por el IGAC.

En la **Tabla 5-181** se describe el tipo de denominación y los rangos de precipitación anual característicos de cada zona.

Tabla 5-181 Denominación según Precipitación.

DENOMINACIÓN	RANGOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL (mm/año)
Árido	0-500
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.001-2.000
Húmedo	2.001-3.000
Muy Húmedo	3.001-7.000
Pluvial	>7.000

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

Para el mapa de precipitación anual del proyecto, se emplearon los datos proporcionados por IDEAM para las estaciones y como lo establece la metodología del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, se realizó una interpolación multivariada geoestadística, con el método Cokriging; de manera que se obtuviese una superficie continua para el campo de precipitación, donde se presentaron variaciones entre 981 mm a 1286 mm de precipitación total anual.

- **Mapa de zonificación Climática.**

Como resultado de la intersección espacial de los dos anteriores mapas se obtiene el mapa de zonificación climática, el cual relaciona los rangos de precipitación con los rangos de temperatura, igualmente se tiene en cuenta la elevación para determinar la zona climática.

En la **Tabla 5-182** se describen las 25 categorías a las que hace referencia el Mapa de zonificación climática para Colombia.

Tabla 5-182 Leyenda Mapa Zonificación Climática.

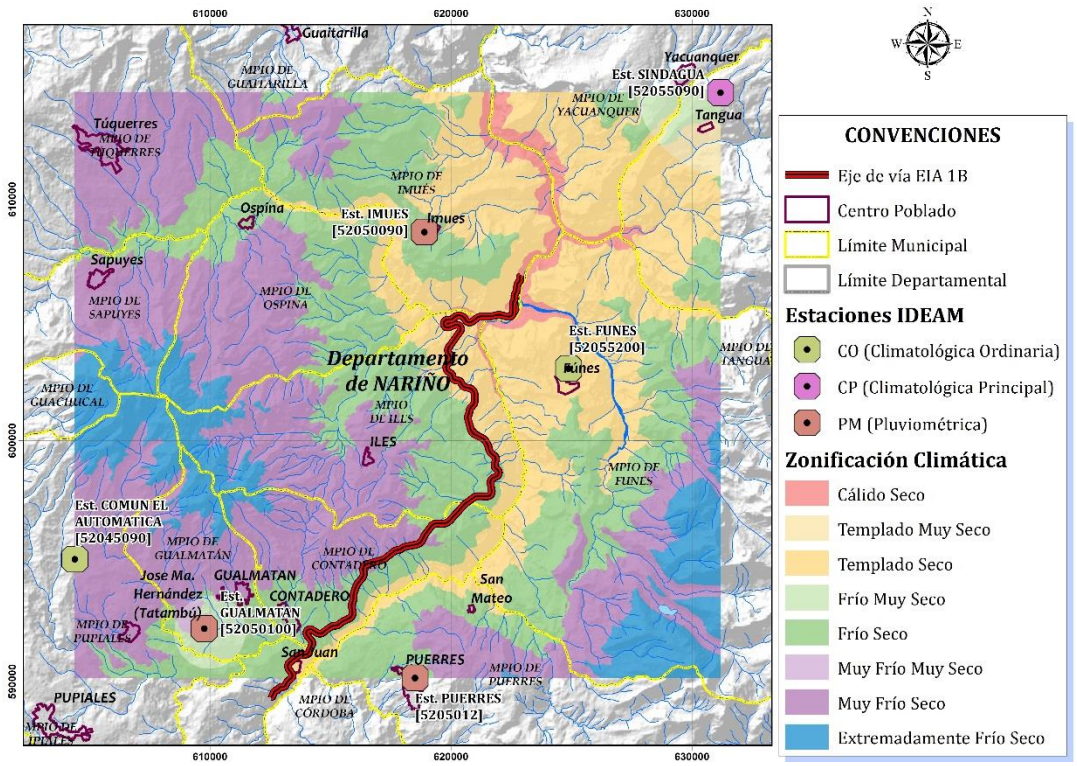
CÁLIDOS (0-800 MSNM) TEMPERATURAS MAYORES A 24 °C	
DENOMINACIÓN	**PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)**
Árido	0-500
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
Pluvial	>7.000

TEMPLADOS (800-1.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 18°C Y 24 °C	
DENOMINACIÓN	**PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)**
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
Pluvial	>7.000
FRÍOS (1.800-2.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 12°C Y 18 °C	
DENOMINACIÓN	**PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)**
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
MUY FRÍOS (2.800-3.700 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 6°C Y 12 °C	
DENOMINACIÓN	**PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)**
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
EXTREMADAMENTE FRÍOS (3.700-4.500 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 1.5°C Y 6 °C	
DENOMINACIÓN	**PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)**
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
NIVAL (> 4.500 MSNM) TEMPERATURAS MAYORES 1.5°C	
DENOMINACIÓN	**PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)**
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

De acuerdo con la metodología planteada anteriormente, se estableció la clasificación climática para la zona de estudio. A continuación en la **Figura 5.191** se hace referencia a la localización espacial y parámetros encontrados para el Área del proyecto, de acuerdo al mapa de zonificación climática.

Figura 5.191 Zonificación Climática.



Fuente: Consorcio SH.

De acuerdo al análisis de temperatura, la principal denominación termal que se desarrolla en el área del proyecto es Frio, aunque en algunas zonas principalmente cerca a pedregal se encuentran zonas templadas y cálidas. En cuanto a la denominación de precipitación, el análisis de lluvias mostró que el área se encuentra dentro del rango de valores asociados a seco por encontrarse entre el rango de 1020 a 1050 mm/año.

Sumando las dos clasificaciones anteriores, se obtuvo que para el área del proyecto la clasificación predominantemente es de tipo Frio Seco.

5.1.10.2 Identificación de fuentes de emisiones.

Se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano, sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo.

Para establecer la afectación se identifican y tipifican las fuentes de emisión de contaminación atmosférica, para lo cual se tiene en cuenta la legislación colombiana vigente, donde se establecen los siguientes tipos de fuentes contaminantes. Ver **Tabla 5-183**.

Tabla 5-183 Tipos de fuentes de contaminación atmosférica existente.

LEGISLACIÓN APLICABLE	CLASIFICACIÓN DE LA FUENTE		DESCRIPCIÓN
Resolución 909/2008 Resolución 910/2008	Fijas	Puntuales	Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.

LEGISLACIÓN APLICABLE	CLASIFICACIÓN DE LA FUENTE			DESCRIPCIÓN
Resolución 1309/2010		Dispersas		Es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales.
Resolución 909/2008 Resolución 910/2008 Resolución 1309/2010	Fijas	Áreas Fuente: Es una determinada zona o región, urbana suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.	Clase I – Áreas de contaminación alta	Aquellas áreas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación o dispersión, excede con una frecuencia igual o superior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos de la norma de calidad anual.
			Clase II – Áreas de contaminación media	Aquellas zonas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al cincuenta por ciento (50%) e inferior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos la norma de calidad anual.
			Clase III – Áreas de contaminación moderada	Aquellas áreas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al veinticinco por ciento (25%) e inferior al cincuenta por ciento (50%) de los casos la norma de calidad anual.
			Clase IV – Áreas de contaminación marginal	Aquellas zonas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al diez por ciento (10%) e inferior al veinticinco por ciento (25%) de los casos la norma de calidad anual.
Resolución 909/2008 Resolución 910/2008 Resolución 1309/2010	Móviles	Aéreas		Son la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores, aviones o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.
		Terrestres		
		Fluviales		
		Marítimas		

Fuente: Consorcio SH.

En el área del proyecto se identificaron tres clases de fuente de emisiones atmosféricas, las cuales son: Fijas puntuales y dispersas; y móviles.

5.1.10.2.1 **Fuentes Fijas.**

Las quemas controladas a cielo abierto, práctica recurrente en la agricultura y la quema de residuos sólidos como medida de disposición (**Fotografía 5.122**), son fuentes fijas de contaminantes atmosféricos, esta actividad es periódica y extensa, lo que produce que su impacto sea moderado.

A su vez se encontró que las actividades domésticas en el área rural, como la cocción de alimentos, son una fuente fija de emisiones, debido al uso de madera como fuente de calor, sin embargo debido a que su generación es dispersa y la población es baja, el impacto es leve.

Fotografía 5.122 Fuente de emisión producida por quemas de basura E: 954388; N 596850.

Fuente: Consorcio SH.

- **Fuentes Fijas Puntuales.**

Otra fuente de emisión fija común en el área de estudio corresponde a las canteras, en la **Tabla 5-184** se encuentra la relación de este tipo de fuentes fijas que están presentes en el área del proyecto. En la **Figura 5.192** se presenta la ubicación de las fuentes fijas identificadas. Es preciso señalar que aunque la fuente 1 parezca fuera del área de influencia, en realidad está dentro de ésta y el efecto se debe al tamaño del objeto usado para representarlo.

- **Canteras y planta de trituración.**

Las canteras son lugares aprobados por la entidad ambiental para la extracción o explotación de materiales pétreos, de las cuales, el principal contaminante emitido es el material particulado. Los componentes de la planta de trituración y la descripción del proceso productivo son:

- Tolva de recepción: depósito en donde se vierte el material crudo de la zona de explotación.
- Trituración primaria: se realiza la primera fragmentación, reduciendo el tamaño de los trozos de mineral a un tamaño deseado.
- Tamiz: los productos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de la trituradora secundaria.

Generalmente la trituradora primaria se lleva a cabo mediante una trituradora de mandíbulas, la cual consta de dos planchas de acero (mandíbulas) colocadas una en frente de otra, una es fija y la otra es móvil, se puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior; mediante un dispositivo adecuado hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido. El mineral se carga en el espacio comprendió entre las mandíbulas y en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la placa fija; al retroceder la mandíbula móvil el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

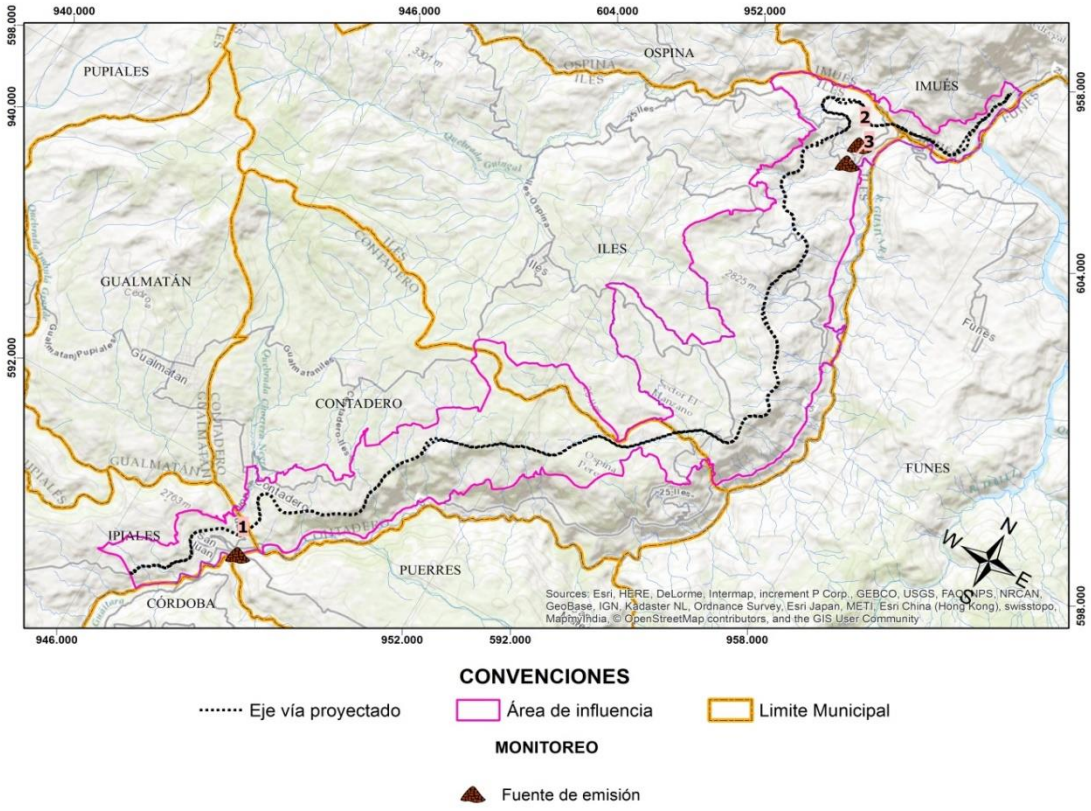
- Trituración secundaria: en la trituración secundaria el tamaño de las partículas provenientes de la trituración primaria se reducen al intervalo entre 3” y 2’’, dejando en consideraciones aptas para pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar.
- Bandas transportadoras: estas recogen el material ya fragmentado por la trituración primaria o el procedente de procesos posteriores, lo eleva y transporta a los acopios o a nuevas etapas del proceso. El sistema usa bandas de caucho y lona cerradas que giran cíclicamente sobre rodillos con la tracción eléctricos.

Tabla 5-184 Relación de Fuentes Fijas en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

ID	ACTIVIDAD INDUSTRIAL	UBICACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		REGISTRO FOTOGRÁFICO
			ESTE	NORTE	
1	Cantera	**Vereda:** San Juan **Municipio**: Ipiales	948385	590581	
2	Cantera	**Vereda:** Porvenir **Municipio**: Iles	954922	604213	
3	Cantera	**Vereda** Porvenir **Municipio:** Iles	954898	603765	

Fuente: Consorcio SH.

Figura 5.192 Fuentes fijas de emisión en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.2.2 **Fuentes Móviles.**

Son las que pueden desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes en su trayectoria. La principal fuente de emisión en el área de estudio corresponde a los vehículos que transitan en el corredor vial San Juan – Predregal que se componen de automóviles, camiones, tracto - camiones, motocicletas y autobuses diseñados para operar en carreteras públicas, dichos vehículos automotores contribuyen en gran medida fuente de emisiones de CO, CO2, VOC y material particulado, en menor medida los vehículos que transitan por las vías que llevan a las cabeceras municipales de Contadero e Iles y las vías veredales entre estos dos municipios .

El inventario de fuentes móviles que transitan por el principal corredor vial se extrajo del estudio Volúmenes de tránsito 2010 -2011, del Instituto Nacional de vías – INVIAS (Ver **Tabla 5-185**).

Tabla 5-185 Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal TPDs.

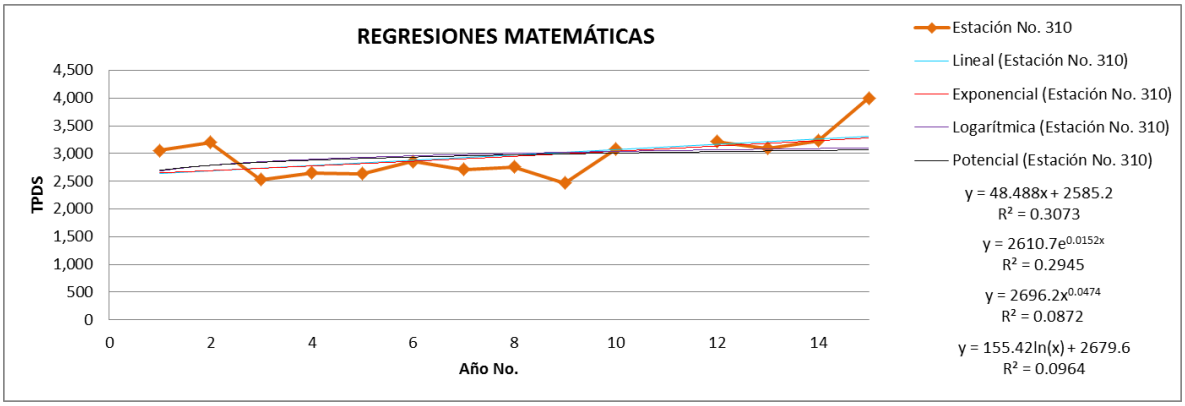
ESTAC. No.	SECTOR	SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TPDS															
		TERRITORIAL NARIÑO															
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	DESVIA. ESTAND.(σ)
310	SAN JUAN - PEDREGAL	3053	3198	2529	2652	2637	2855	2710	2758	2466	3076	---	3214	3094	3232	4004	399

Fuente: estudio Volúmenes de tránsito, INVIAS, 2010 - 2011.

Al analizar los datos para establecer la proyección del TPDs para el año 2017, se obtuvo que la función

lineal es la que se ajusta mejor a los datos históricos de la vía **Figura 5.193**, con la cual se obtuvo un TPDs de 3603 vehículos para el año 2017.

Figura 5.193 Ajuste de distribuciones de probabilidad para la vía San Juan - Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

Tabla 5-186 Proyecciones del TPDs en la vía Ipiales San Juan - Pedregal para el año 2017.

AÑO	AÑO No.	TPDS
1997	1	3053
1998	2	3198
1999	3	2529
2000	4	2652
2001	5	2637
2002	6	2855
2003	7	2710
2004	8	2758
2005	9	2466
2006	10	3076
2007	11	---
2008	12	3214
2009	13	3094
2010	14	3232
2011	15	4004
2012	16	3361
2013	17	3409
2014	18	3458
2015	19	3506
2016	20	3555
2017	21	3603

Fuente: Consorcio SH.

A partir del modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) se han establecido unas tasas de emisiones de contaminantes que permiten establecer por kilómetro en base al tipo de vehículo la cantidad de contaminantes generados.

Tabla 5-187 Tasas de emisiones tipo

	EF (g/km)			
Tipo de Vehiculó	**CO2**	**VOC**	**CO**	**PM**
livianos	165,5	0,086	0,533	0,003
pesados	650,2	0,013	0,087	0,016

Fuente: Modelo internacional de emisiones vehiculares, 2008.

En base a la caracterización del transporte en Colombia desarrollado por el ministerio de transporte en el 2002, el parque automotor colombiano presenta un 88% de vehículos livianos, el restante 12% corresponde a vehículos pesados, se estima que de los 3606 vehículos que transitan semanalmente por el sector Vial San Juan - Pedregal, 3173 corresponde a vehículos livianos y 433 corresponden a vehículos pesados. En la **Tabla 5-188** se presenta la cantidad de emisiones que se generan por el tránsito vehicular actualmente en el corredor, se hace evidente que la mayor cantidad de emisiones son de dióxido de carbono (806532,4 g), seguido por el monóxido de carbono (1729,0 g) y en menor medida los compuestos orgánicos volátiles (VOC) (278,5 g) y el material particulado (PM) (16,4 g).

Tabla 5-188 emisión de contaminantes por kilómetro según el transito semanal actual.

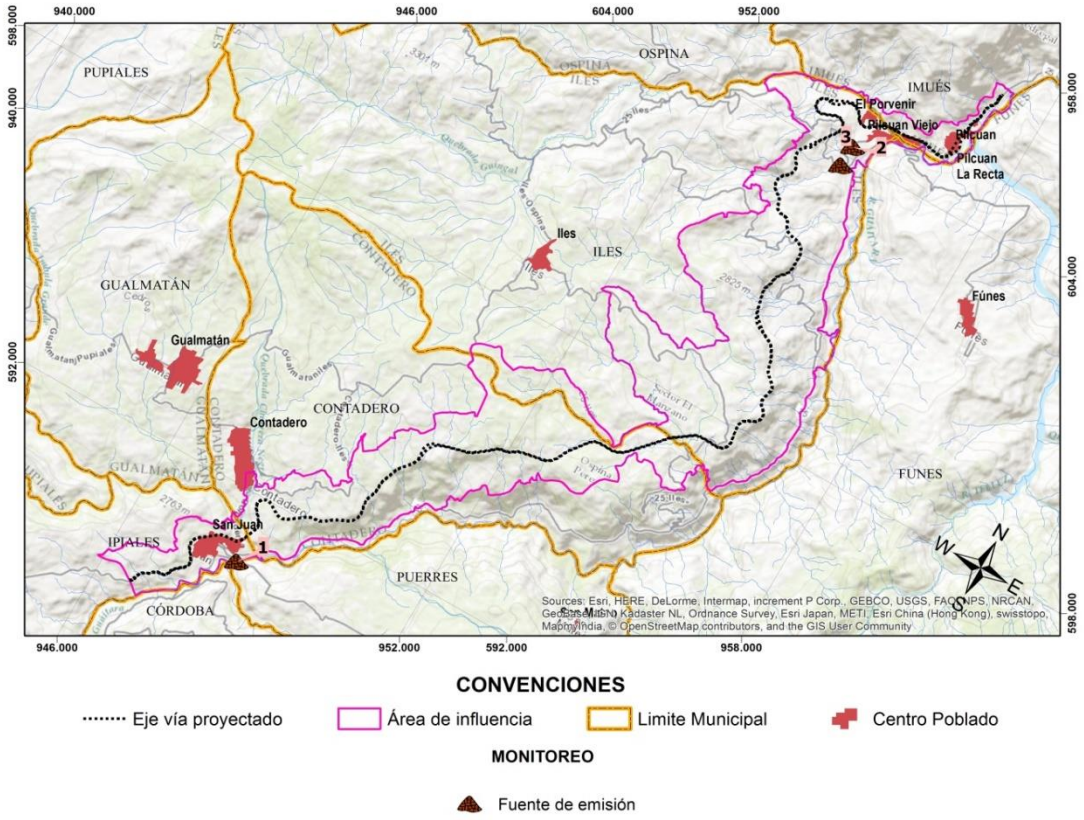
	EF (g/km)			
TIPO	**CO2**	**VOC**	**CO**	**PM**
Livianos (3173 Vehículos)	525177,8	272,9	1691,4	9,5
Pesados (433 Vehículos)	281354,5	5,6	37,6	6,9
TOTAL	**806532,4**	**278,5**	**1729,0**	**16,4**

Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.2.3 **Potenciales Receptores.**

Los potenciales receptores de las fuentes de emisiones determinadas del tramo San Juan -Pedregal, corresponden a los centros poblados. En la **Figura 5.194** y en el **Anexo Cartográfico** – Calidad del aire, se presenta la ubicación de las fuentes de emisión fijas identificadas y los potenciales receptores. Es preciso señalar que aunque la fuente 1 parezca fuera del área de influencia, en realidad está dentro de ésta y el efecto se debe al tamaño del objeto usado para representarlo.

Figura 5.194 Potenciales receptores del área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.



Fuente: Consorcio SH.

Entre los principales centros poblados identificados en el tramo de estudio, catalogados como potenciales receptores, se tiene al casco urbano de Contadero, los caseríos de las veredas San Juan, El Porvenir, Pilcuan Viejo y Pilcuan La Recta, así como la población dispersa de las veredas presentes en el área de influencia, como: Boquerón, La Providencia, San Francisco, Aldea de María, El Capulí, El Culantro, Las Cuevas, San Andrés, Ospina Pérez, El Manzano, San José de Quis Namuez, Alto del Rey, Urbano, Tablón Alto, Tablón Bajo y El Rosario.

5.1.10.3 Calidad del aire.

Se presenta a continuación las generalidades, metodología, los resultados y análisis y conclusiones del Monitoreo de Calidad del Aire, realizado por QHSE Asesoría e Ingeniería Ambiental S.A.S.[14], en el tramo San Juan – Pedregal, del Consorcio SH, ubicado en el área rural de los municipios Imues, Iles, Ipiales y Contadero en el departamento de Nariño. El monitoreo se llevó a cabo durante el tiempo comprendido entre el 25 de marzo y el 28 de abril de 2018, con el propósito de dar cumplimiento al seguimiento estipulado en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. En el **Anexo 15. Monitoreos – Aire/**Certificado se presenta los resultados

[14] La empresa QHSE Asesoría e Ingeniería Ambiental S.A.S requiere de laboratorios acreditados por el IDEAM como Corola Ambiental S.A.S. con resolución de acreditación IDEAM 0317 del 9 de marzo de 2016, CIAN L.T.D.A., resolución IDEAM 2050 del 12 de septiembre de 2017, CONHINTEC S.A.S., resolución IDEAM 0019 del 10 de enero de 2017. Los cuales se encargan de la realización del monitoreo y el análisis de las muestras de calidad del aire. QHSE Asesoría e Ingeniería Ambiental S.A.S. es el encargado de realizar el análisis e interpretación de los resultados emitidos por el laboratorio para la elaboración del presente informe.

de los monitoreos y los cartificaciones de laboratorios.

Los gases dañinos y las partículas sólidas que se arrojan al aire por los vehículos de motor, los generadores, los hogares, y las industrias producen la contaminación del aire. Los combustibles fósiles, especialmente el carbón, liberan contaminantes a medida que se queman. El azufre que se encuentra frecuentemente en el carbón, se combina con el oxígeno y produce humo con un olor desagradable. A medida que se quema, el carbón también libera una gran cantidad de hollín o partículas de carbón sin quemar. En el monitoreo de calidad de aire se determinaron las concentraciones de partículas menores a 10 micras (PM10), partículas menores a 2.5 micras (PM2.5), óxidos de Nitrógeno (Nox), dióxidos de Azufre (SO2), monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O3).

Para la realización del monitoreo, se ubicaron seis (6) estaciones de monitoreo en puntos representativos, los cuales fueron:

1. Pilcuan La Recta (Gallera) – Imues
2. Campamento Mikel (Vereda El Porvenir) – Imues
3. Picapiedra e Iles (San Juan) – Iles
4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza) – Iles
5. Contadero (Cabecera municipal) – Contadero
6. San Juan (Cabecera municipal) – Ipiales

Los métodos de medición y análisis empleados, son los definidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptados por la Resolución 650 de 2010 del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS; a su vez se hizo la comparación con las normas de calidad del aire establecidas en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, que lo reglamenta.

Metodología

Para conocer las condiciones ambientales actuales de la calidad del aire en la zona y teniendo en cuenta tanto el área de influencia como la dirección prevaleciente del viento, se realizaron mediciones en seis (6) puntos considerados de interés. Para el desarrollo de este componente del estudio se empleó el siguiente desarrollo metodológico. A continuación, se describen los equipos utilizados durante el tiempo de muestreo.

Tabla 5-189 Equipos utilizados en el monitoreo.

EQUIPOS UTILIZADOS					
Equipo	**Nombre**	**Marca**	**Modelo**	**Código**	**Observaciones**
1	PM10	Tisch Environmental	Másico	EA_PM10_001	Equipo en buen estado
2	PM10	Tisch Environmental	Másico	EA_PM10_002	Equipo en buen estado
3	PM10	Tisch Environmental	Másico	EA_PM10_003	Equipo en buen estado
4	PM10	Tisch Environmental	Másico	EA_PM10_004	Equipo en buen estado
5	PM10	Tisch Environmental	Másico	EA_PM10_005	Equipo en buen estado
6	PM10	Tisch Environmental	Másico	EA_PM10_006	Equipo en buen estado
7	PM2.5	Thermo	PQ200	EA_PM2.5_001	Equipo en buen estado
8	PM2.5	Thermo	PQ200	EA_PM2.5_002	Equipo en buen estado
9	PM2.5	Thermo	PQ200	EA_PM2.5_003	Equipo en buen estado
10	PM2.5	Thermo	PQ200	EA_PM2.5_004	Equipo en buen estado
11	PM2.5	Thermo	PQ200	EA_PM2.5_005	Equipo en buen estado
12	PM2.5	Thermo	PQ200	EA_PM2.5_006	Equipo en buen estado
13	NDIR (GFC)	HORIBA	85HHP0N0	EA_CO_001	Equipo en buen estado
14	NDIR (GFC)	HORIBA	85HHP0N0	EA_CO_002	Equipo en buen estado
15	NDIR (GFC)	HORIBA	85HHP0N0	EA_CO_003	Equipo en buen estado
16	NDIR (GFC)	HORIBA	85HHP0N0	EA_CO_004	Equipo en buen estado
17	NDIR (GFC)	HORIBA	85HHP0N0	EA_CO_005	Equipo en buen estado
18	NDIR (GFC)	HORIBA	85HHP0N0	EA_CO_006	Equipo en buen estado
19	RACK	Tomas Industries INC	1130 - 067A	EA_RACK_001	Equipo en buen estado
20	RACK	Tomas Industries INC	1130 - 067A	EA_RACK_002	Equipo en buen estado
21	RACK	Tomas Industries INC	1130 - 067A	EA_RACK_003	Equipo en buen estado
22	RACK	Tomas Industries INC	1130 - 067A	EA_RACK_004	Equipo en buen estado
23	RACK	Tomas Industries INC	1130 - 067A	EA_RACK_005	Equipo en buen estado
24	RACK	Tomas Industries INC	1130 - 067A	EA_RACK_006	Equipo en buen estado
25	Estación Meteorológica	PCE	FWS 20	EA_EMT_001	Instrumento en buen estado
26	Kit de Calibración	Tisch Environmental	TE-5028	EA_KC_001	Equipo en buen estado

- **Material Particulado (PM10).**

Muestreador (Medidor de Alto Volumen y PM10): El medidor de alto volumen y el PM10, está compuesto por un cuerpo de aluminio anodizado de 40 cm x 40 cm x 105 cm. Igualmente, está provisto de un motor succionador, el cual es capaz de operar de forma continua en periodos de 24 horas. Un porta filtro, el cual permanece en posición horizontal al menos un metro por encima del suelo, soportado por una superficie del cuerpo de aluminio, de tal forma que el aire muestreado sale libremente por la parte inferior.

Figura 5.195 Muestreador (Medidor de Alto Volumen y PM10).

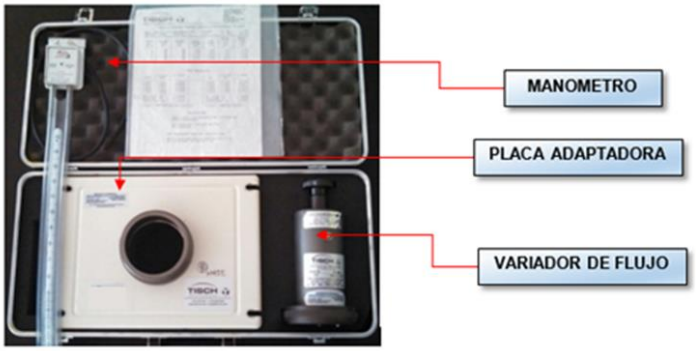
La caseta tiene una capota y/o cubierta que protege el filtro de posibles lluvias y otras contingencias

meteorológicas

El área de entrada del aire para el muestreo esta dimensionada para proveer una velocidad de captura entre 20 y 35 cm/s a la tasa de flujo de operación recomendada (de 20 a 60 pies3/min).

Kit de Calibración de Flujo: Marca Tisch Environmental, recomendado para sistemas PM10 con manómetro en U 15-015 Dwyer, modelo TE-5028.

Figura 5.196 Kit de calibración.



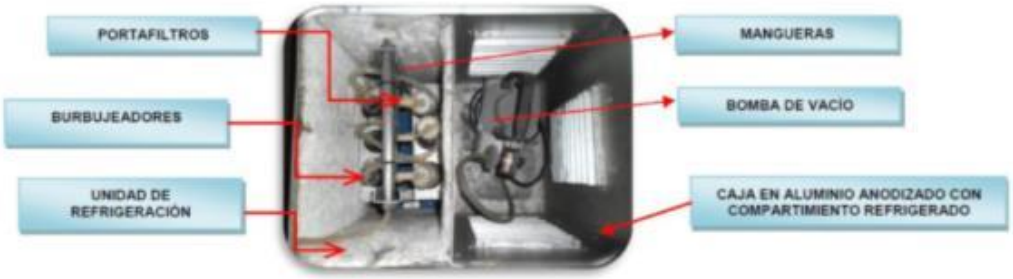
Balanza Analítica: Utilizada para pesar los filtros empleados durante el monitoreo. Debe tener una lectura de cuatro dígitos decimales.

Filtro: El tamaño de filtro es de 20,3 ⍰0,2 x 25,4 ⍰0,2 cm (8" x 11"). Área nominal expuesta 400,5 cm2. El material de fabricación de estos filtros es de fibra de vidrio. La eficiencia de colección debe ser del 99% para partículas cuyo diámetro sea superior a 0,3 micras. La caída de presión no debe ser superior a 43 mm de Hg a una tasa de flujo de 1,5 m3/min a través de área de exposición.

- **Óxidos de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono y Ozono.**

Analizador de tres gases: Consta de burbujeadores, impingers o tubos de vidrio de 163 x 32 mm de diámetro interno ajustado a una tapa del mismo material con dos aberturas. El tubo que dispersa el gas con una porosidad entre 60 y 100 micras, es usado en conjunto con el tubo. Para controlar el flujo se utilizaron agujas hipodérmicas. En cada caso, una presión mínima diferencial de 500 mm de Hg. Se colocó un filtro de membrana en frente de la aguja hipodérmica para prevenir que las gotas de agua se adhieran a la aguja causando alteración en el flujo del gas. Las líneas de muestreo están construidas en vidrio o acero inoxidable, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 5.197 Analizador de tres gases.

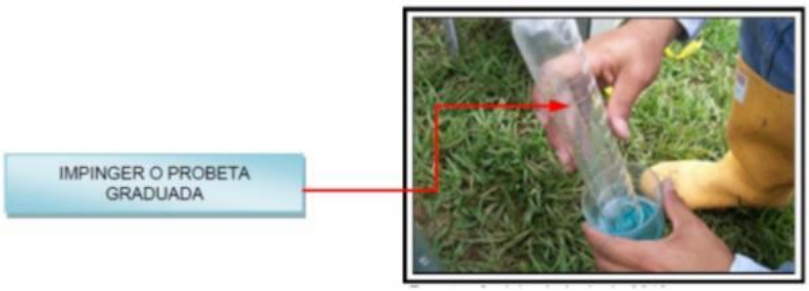


También tiene una bomba de vacío capaz de muestrear aire a través del absorbedor a la tasa requerida entre 180 y 220 ml/min por 24 horas. Está equipado con una válvula de aguja para controlar que la tasa

de muestreo sea exacta.

Calibrador: Consta de una probeta o y/o impinger de vidrio debidamente graduado a escala entre 10 y 250 ml. A través de él se hace pasar una pompa de jabón que indica el flujo que pasa por la bomba hacia el tren de muestreo durante un minuto, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 5.198 Probeta graduada.



Meteorología.

Estación meteorológica.

La estación meteorológica PCE-FWS 20, cuenta con barómetro con 5 sensores y mástil (para dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, pluviosidad), los valores meteorológicos se envían por radio a la base a una distancia máxima de 100 metros, con pantalla táctil, puerto USB, que incluye el cable USB, le permite transmitir los datos de la estación meteorológica a su PC o portátil.

Figura 5.199 Estación meteorológica.

(Fuente: http://www.pce-iberica.es)

Metodología utilizada.

Las metodologías utilizadas para la realización de los muestreos, fueron:

- Partículas menores a 10 micras (PM10). Gravimétrico.
- Partículas menores a 2.5 micras (PM2.5). Gravimétrico.
- Óxido de Nitrógeno. Volumétrico.
- Dióxido de Azufre. Volumétrico.
- Ozono. Colorimétrica.
- Monóxido de Carbono. Automatizado.

-

MATERIAL PARTICULADO PM10

Este método está basado en la medición de la cantidad de partículas presentes en el aire, que pasan a través de un filtro durante un periodo de muestreo de 24 horas continuas. La tasa de flujo y la geometría del dispositivo para la toma de muestras, favorecen la colección de partículas pequeñas. Los filtros que se usan tienen especificaciones que permiten un mínimo de retención de partículas menores a 0,3 micras y que tienen una velocidad entre 150 y 225 cm/s.

El filtro es pesado antes y después de la toma de las muestras, para determinar la ganancia neta de peso. El volumen total de aire muestreado es determinado a través de un medidor de flujo y el tiempo de muestreo. La concentración de partículas en el aire ambiente, se calcula por la división de la masa de partículas colectadas entre el volumen de aire muestreado, corregido a condiciones estándar y expresadas en µg/m3.

El procedimiento para recolectar la muestra de PM10, comprende los siguientes pasos:

1. Abrir la carcasa del equipo y fijarla en la parte de atrás.
2. Quitar los 4 tornillos de sujeción del porta filtros.
3. Hacer la limpieza del compartimento de filtración.
4. Colocar el filtro numerado y pesado previamente con la superficie rugosa hacia arriba.
5. Registrar los datos del filtro en el formato de campo.
6. Ajustar el porta filtros apretando firmemente los tornillos de sujeción con el propósito de evitar escapes de aire. Tener cuidado de no romper el filtro.
7. Cerrar la carcasa del equipo.
8. Programar el timer para un periodo de 24 horas (periodo tomado como referencia según las normas establecidas para calidad del aire). Anotar la lectura inicial del registrador de tiempo.
9. Prender el equipo, accionando manualmente el timer (Colocarlo en “ON”) y esperar 2 minutos a que se estabilice.
10. Tomar la lectura de presión inicial del equipo en el manómetro.
11. Cerrar la tapa frontal del equipo.
12. Una vez finalizado el tiempo programado de muestreo se realiza el cambio del filtro.

Al llegar a la estación de muestreo para hacer el cambio de filtro el equipo debe estar apagado, y el procedimiento es el siguiente:

1. Hacer la lectura del registrador de tiempo para verificar que el equipo funcionó el tiempo programado.
2. Prender el equipo y esperar 2 minutos a que se estabilice.
3. Tomar la presión final del equipo utilizando el manómetro.
4. Apagar el equipo.
5. Registrar la lectura final en el registrador de tiempo.
6. Abrir la carcasa del equipo y fijarla en la parte de atrás.
7. Quitar los 4 tornillos de sujeción del porta filtros.
8. Retirar el filtro que contiene la muestra y doblarlo en 4 partes con la superficie impactada hacia adentro, de manera que no se toque esta área y se identifique fácilmente el número del filtro. El filtro debe ser guardado en un sobre para su traslado al laboratorio y posterior pesaje.

Los gastos reales, se calculan con base en las calibraciones que incluyen el correspondiente factor de corrección. El volumen muestreado se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = \frac{(Qi + Qf) *}{2 * 35{,}315}$$

Ecuación 1. Volumen de aire muestreado.

Donde:

Qi: Caudal inicial, c.f.m
Qf: Caudal final, c.f.m
V: Volumen de aire muestreado en m3
T: Tiempo de muestreo, en minutos

La concentración de partículas en suspensión se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(Pi - Pf) * 10}{V}$$

Ecuación 2. Concentración de partículas de aire muestreado.

Donde:
C: Concentración de partículas, en µg/m3
Pi: Peso inicial del filtro, en gramos
Pf: Peso final del filtro, en gramos
V: Volumen de aire muestreado en m3

MATERIAL PARTICULADO PM2.5

Se trata de un método másico basado en la medición de partículas recolectadas del ambiente por medio de una cinta.

El material particulado colectado atenúa la intensidad de los rayos beta que pasan sobre la cinta que a su vez son medidos. La intensidad de los rayos beta se relaciona con la masa del material depositado efectuando las correcciones necesarias por efecto de la absorción de la cinta.

Las fuentes Beta utilizadas en niveles apropiados de radiación son Carbono-14 y Prometio-147 para los cuales no se requiere licencia. Tales radiaciones son detectadas con un centelleador plástico.

1. Descargar la información del muestreo anterior
2. Programar el ciclo de muestreo deseado por 24 horas, empezando a las 08:00 am del 25 de marzo deteniéndose a las 08:00 am del día siguiente.

Para determinar la concentración del material particulado PM2.5 se utilizó el método gravimétrico, en donde se pesaron los filtros al comienzo (Wi) y al final (Wf) de cada muestreo. La concentración de las partículas PM2.5 en µg/m3 se determinó por la siguiente fórmula:

$$[PM\ 2.5] = \frac{(Wf - Wi) * 10}{Vs}$$

Ecuación 3. Concentración de partículas PM 2.5 de aire muestreado.

Wi = peso inicial del filtro (gramos), Wf: peso final del filtro (gramos), Vs: Volumen de aire muestreado.

ÓXIDO DE NITRÓGENO

El dióxido de nitrógeno es absorbido del aire por una solución acuosa de trietanolamina, el análisis posterior es realizado usando un reactivo que forme un compuesto azocolorante. El color producido por el reactivo es medido en un espectrofotómetro a 540 nm.

El rango de la concentración en el aire para lo cual este método es usado con confianza está entre 10 a 1,000 mg/m3 (0.005 a 0.50 ppm), tomando como base un periodo de muestreo de 24 horas. La sensibilidad del método depende del reactivo. Para celda de trayectoria óptica de un (1) cm o 0.1 unidades de absorbancia es equivalente a 0.14 mg/ml de NO2 en la solución de absorción.

El Dióxido de Azufre en concentraciones hasta de 2,000 mg/m3 (0.7 ppm) no interfiere si el Peróxido de Hidrogeno es añadido después del muestreo y antes del desarrollo del color.

El ozono no causa interferencias en los rangos de concentración atmosféricos (hasta de 1,000 mg/m3). El óxido nítrico en concentraciones hasta de 800 mg/m3 (0.6 ppm) como promedio de 24 horas no causa interferencia. Los nitritos orgánicos y nitratos de peroxiacilo (PAN), los cuales pueden estar presentes en el aire, podrían causar una interferencia positiva. Sin embargo, por considerarse que estas concentraciones son muy bajas, no se tienen en cuenta.
La precisión del método en campo expresado como la desviación estándar es de ± 12 mg/m3 (0.006 ppm) en un muestreo de 24 horas, para una medida de 81 mg/m3 (0.043 ppm) comparado con un analizador colorimétrico continuo. La eficiencia de la absorción es del 95% al 99% en los burbujeadores con 50 ml de solución absorbente.

Se adicionan 50 mililitros de la solución absorbente en el burbujeador. Se conecta el burbujeador al tren de muestreo y se enciende la bomba. Se ajusta la tasa de flujo entre 180 y 220 ml/min. Si la muestra está bien tapada, puede ser almacenada por un periodo de tres (3) semanas antes del análisis, sin perdidas.

El volumen de aire muestreado es corregido a 25 °C y 760 mm Hg. La desviación normal de estas condiciones adiciona solamente pequeñas correcciones.

La estandarización por la solución de nitrato requiere el uso de un factor empírico que relaciona los microgramos Ion nitrito. El factor de conversión en este método es 0.90, esto es el 90% de NO2 en la muestra de aire es eventualmente convertido a Ion nitrito, el cual reacciona con el color producido por el reactivo azocolorante. Este factor ha sido incorporado en la solución stock de nitrito.

El cálculo de la concentración de NO2 en la muestra de aire (NO2 /m3), se determina de la siguiente manera:

$$\mu g/N\,O_2/m^3 = \frac{\mu gN\,O_2/ml\,x50}{Vx10x0.82}\,xD$$

Ecuación 4. Concentración de partículas NO 2 de aire muestreado.

Donde:
µg NO2/m3 : Concentración de NO2 en el aire analizado.
50 : Volumen del líquido absorbente usado en el muestreo, en ml.
V : Volumen de aire muestreado, en m3.
0.82 : Eficiencia del método de muestreo.
D : Factor de dilución (D = 1 sin dilución; D = 2 para diluciones 1:1).
10 : Volumen del líquido absorbente analizado, en ml.

Después del muestreo, la solución absorbente puede ser almacenada hasta tres (3) semanas sin perdidas, si se mantiene tapada en la oscuridad. Sin embargo, después de que se produzca el color por los reactivos adicionados, la muestra debe ser analizada en pocas horas. La absorbancia de la solución coloreada decrece cerca del 4% por día.

DIÓXIDO DE AZUFRE

Este método se basa en la absorción de SO2 del aire en una solución de tetracloromercurato de potasio (TCM). Se forma un complejo de diclorosulfitomercurato que resiste la oxidación del oxígeno del aire. El complejo se hace reaccionar con prosanilina y formaldehido para formar el ácido metilsufónico de pararrosanilina de color rojo purpura intenso, que se determina por medio de un colorímetro o un espectrofotómetro; la intensidad del color producido está relacionada con la concentración de SO2.

El método es esencialmente específico para SO2, pues no está sujeto a interferencias de otros gases o sólidos ácidos o básicos tales como SO3, H2SO4, NH3 o CaO; el análisis debe, sin embargo, realizarse una semana después de la recolección de la muestra. Se pueden medir concentraciones de SO2 desde 25 a 1000 µg/m3; concentraciones menores de 25 µg/m3 se pueden medir muestreando mayores volúmenes de aire.

El compuesto una vez formado es estable a los oxidantes fuertes. El líquido es tratado primero con una solución de ácido sulfamico para destruir el anión nitrito formado del nitrógeno presente en el aire ambiente y luego con unas soluciones de formaldehido y prosanilina, la cual contiene ácido fosfórico para controlar el pH.

Este método se usa generalmente para muestreos de 24 horas. Para llenar las necesidades específicas se pueden seleccionar diferentes combinaciones de velocidad y tiempo de muestreo. Los volúmenes de la muestra se deben ajustar, de tal manera que la relación entre la absorbancia y la concentración, permanezca lineal. Todos los dispositivos de medición de flujo de aire y de control se deben calibrar contra un sistema estándar de medición de flujo. Correcciones del volumen de aire a condiciones estándar (760 mmHg y 0°C) pueden ser necesarias si se encuentran temperaturas y presiones extremas. Si la muestra se almacena más de un día antes del análisis, se debe conservar en un refrigerador a 5 °C o menos. Muestreo para 24 horas. Colocar 50 ml de TCM en un absorbedor grande y recolectar la muestra entre 0.18 y 0.22 l/min, con un tren de muestreo. Proteger de la luz directa del sol durante la recolección y almacenamiento. Determinar el volumen total del aire multiplicando la velocidad de flujo de aire por el tiempo en minutos.

La concentración de Dióxido de Azufre se calcula según la siguiente ecuación:

$$\mu gS\,O_2/m^3 = 10^3$$

Ecuación 5. Concentración de partículas SO 2 de aire muestreado.

Dónde:
10^3 : Conversión de Litros a m3.
A : Absorbancia de la muestra.
Ao : Absorbancia del blanco.
Bs : Factor de calibración (µgSO2/absorbancia).
VR : Volumen de aire muestreado.
Va : Volumen de la solución absorbente analizada (ml).
Vb : Volumen total de la solución absorbente (ml).
D : Factor de dilución.

OZONO.

Los captadores pasivos para la captación de gases se rigen por la ley de Kick, la cual relaciona el flujo de un gas que difunde desde una región de alta concentración (extremo abierto del tubo), con el tiempo de exposición y el área del captador que está expuesto al contaminante.

$$F = D\frac{[X]}{L}, \qquad (3,0)$$

Siendo,

F	Flujo del contaminante X, en moles por centímetro cuadrado y minutos (mol/cm².min)
D	Coeficiente de difusión del gas, en centímetro cuadrado por minutos (cm²/min)
$[X]$	Concentración ambiente del contaminante X, en moles por centímetro cúbico (mol/cm³)
L	Longitud de la zona de difusión, en centímetros (cm)

Ecuación 6. Determinación del flujo del contaminante.

En el difusor pasivo existe un volumen de aire donde se produce un gradiente de concentraciones desde la parte externa del volumen de contacto con el ambiente exterior y con una concentración ambiental, hasta la parte interna donde se encuentra el agente absorbente y que tiene una concentración nula de dicho contaminante a determinar. Este gradiente de concentraciones producido, es la fuerza que mueve el contaminante por difusión a través del captador hasta llegar al absorbente. Para determinar la concentración del contaminante se tiene que:

$$Q = F * a * t = D * \frac{[X]}{L} * a * t$$

Como

$$S = \frac{D * a}{L} \Rightarrow Q = S * [X] * t$$

Despejado

$$[X] = \frac{Q}{S * t}$$

Ecuación 7. Concentración del contaminante presente en el aire muestreado.

Por lo tanto conociendo el coeficiente de captación (S) del captador pasivo, la cantidad de gas en moles que ha difundido a través del captador (Q) y el tiempo que ha estado expuesto (t) se conocerá la concentración ambiental del contaminante X(x) en el periodo del muestreo.

MONÓXIDO DE CARBONO

Basado en la absorción de energía de los compuestos a una determinada longitud de onda del infrarrojo.

Absorción de Infrarrojo no dispersivo y Correlación de filtro de gas (GFC). La incidencia de radiación infrarroja (IR) atraviesa una rueda rotatoria filtrante de gas (una mitad contiene CO y la otra mitad contiene nitrógeno) antes de ingresar a la celda de muestra.

Cuando la radiación infrarroja pasa a través de la mitad de la rueda que contiene CO, todas las longitudes de onda absorbidas por el CO son completamente removidas de la radiación, creando un rayo de "referencia" el cual no resulta afectado por el CO en la muestra que se mide. Cuando la energía IR atraviesa la mitad de la rueda que contiene nitrógeno, las longitudes de onda específicas de CO no son removidas de la radiación, y un rayo de "medición" será atenuado por CO en la muestra (MAVDT).
La rotación de la rueda de filtro de gas crea un haz que alterna entre fases de "referencia" y "medición". La energía infrarroja que atraviesa el filtro y la celda de muestra es detectada por un sensor de estado líquido y es convertida a un valor de concentración. Los analizadores infrarrojos CFG son, en general, menos sensibles a los gases interferentes, las fluctuaciones de potencia de la fuente IR, la vibración y la acumulación de polvo en el medio óptico (MAVDT).

$$A = \frac{log10 * P0}{P} = Absorbanci$$

Ecuación 8. Cálculo de absorbancia de CO.

Tabla 5-190 Norma en condiciones de referencia.

NORMA EN CONDICIONES DE REFERENCIA (µg/m³)		
Parámetro	**Nivel máximo Permisible**	**Tiempo de Exposición**
Partículas menores a 10 micras (PM10)	50	Anual
	100	24 horas
Partículas menores a 2,5 micras (PM2,5)	25	Anual
	50	24 horas
Dióxido de Azufre (SO_2)	50	24 horas
	100	1 hora
Óxidos de Nitrógeno (Nox)	60	Anual
	200	1 hora
Ozono (O_3)	100	8 horas
Monóxido de Carbono (CO)	5000	8 horas
	35000	1 hora

(Fuente: Resolución 2254 de 2017 del MAVDT)

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

1. Equipos HI VOL PM2.5 y PM10

Antes de iniciar el proceso de calibración se verifica que los equipos no presenten fugas de gases. Para la calibración de equipos se usó un kit de calibración marca Tisch Environmental; a continuación se describe el procedimiento de calibración de equipos:

1. Conexión de mangueras:

a. Conecte la manguera (transparente) de la conexión rápida, al agujero crítico del porta filtro.
b. Conecte el manómetro a la conexión rápida.

2. Registre en el formato FO-TM-003 Calibración Muestreador de Partículas:
   a. Temperatura ambiente.
   b. Presión barométrica, si no se tiene con la altura del sitio calcularla.
   c. Pendiente (m) e intercepto (b) del variador de flujo, a las condiciones estándar.

3. Gire la válvula del variador de flujo en sentido contrario a las manecillas del reloj abriendo la entrada de aire del variador de flujo completamente.
4. Ponga en ON el temporizador.
5. Girando la válvula del variador de flujo en sentido horario, ubique el nivel de agua más alto medible en el manómetro que está conectado a la conexión rápida (base para filtro).
6. Lea y tome nota del nivel superior y del nivel inferior del manómetro y registre este valor en el formato FO-TM-003 Calibración Muestreador de Partículas.
7. Con el valor de Temperatura y los valores de Po/Pa encuentre el valor que los intercepta en la tabla Look Up Table y regístrelo en la columna Qa Look up.
8. Verifique en el formato FO-TM-003 que el caudal actual (Qa) y el porcentaje de diferencia (%Dif), se encuentren en los valores establecidos por el formato.
9. Para PM10, el caudal actual (Qa) en el calibrador debe estar entre 1.02 m3/min y 1.24 m3/min, y el valor absoluto del porcentaje de diferencia (% Dif) entre el flujo experimental y el encontrado en la Look up table debe ser menor al 4%.
10. Si lo anterior se cumple asigne SI en la casilla Cal de lo contrario escriba NO.
11. Gire la válvula del variador de flujo en sentido horario reduciendo el nivel superior del manómetro.
12. Verifique que el nivel del manómetro sea diferente en los 5 puntos de calibración (los valores de Po/Pa no se encuentren repetidos), esto con el fin de obtener una gráfica con tendencia lineal en la calibración.
13. Ponga el temporizador en Off.
14. Realice cinco mediciones, si se encuentran con calibración (SI), el equipo ya puede ser operado, de lo contrario verifique fugas y el adecuado suministro de energía (voltaje en 110V).
15. Registre el valor de la pendiente y el intercepto de la recta obtenida, en el formato de calibración.
16. Encuentre en la look up table el valor de Po/Pa para los caudales encontrados en la sección valores de comparación del flujo diario, según corresponda PM10 o PM2.5, al valor de temperatura de operación.

2. <u>Equipos HI VOL PM2.5 y PM10</u>

1. Conecte el burbujeador a la entrada al tren de muestreo.
2. Realice diferentes medidas, sumergiendo la bureta en la taza con la solución aguajabón hasta obtener el caudal de succión deseado. Para determinar el caudal de succión se debe medir el tiempo en el cual la burbuja alcanza el volumen deseado en la bureta, luego se debe dividir dicho volumen (expresado en litros) sobre el tiempo obtenido (segundos).
3. Verifique que todos los impingers burbujeen en el momento de realizar la calibración.

4. Utilice el dispositivo de control de flujo para la bomba de vacío, esto con el fin de obtener el caudal de succión deseado.
5. Cerciórese que el caudal de succión este dentro del rango establecido de 0,18-0,22 L/min.
6. Al terminar el tiempo de monitoreo, vuelva a medir el caudal, conectando la bureta al sistema de tren de muestreo.

Los cálculos y resultados de las calibraciones realizadas en campo se presentan en el Anexo 15 – Carpeta Aire (páginas 29 a 52 del Informe Técnico Monitoreo Calidad del Aire) del presente capítulo.

Ubicación geográfica.

Los puntos de monitoreo de calidad del aire se localizaron de la siguiente forma según el sistema de georreferenciación con origen en Bogotá.

Tabla 5-191 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo.

Punto	Nombre Estación	Georreferenciación Sistema Magna Sirgas Origen Oeste	
		Norte (m)	Este (m)
1	Pilcuán la Recta (Gallera)	605294.5	956709.4
2	Campamento Mikel (Vereda El Porvenir)	604753.0	955244.4
3	Picapiedra Ye Iles (San Juan)	600246.9	956411.5
4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	598054.0	955537.9
5	Contadero (Casco Urbano)	592132.9	947761.9
6	San Juan (Casco Urbano)	590759.6	948033.6

Figura 5.200 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo.

(Fuente: Imagen Satelital Google Earth 2018)

Fotografía 5.123 Estación 1 Pilcuan la Recta (La Gallera).

(Fuente: Laboratorios - QHSE S.A.S).

Fotografía 5.124 Estación 2 Campamento Mikel (Vereda El Porvenir).

(Fuente: Laboratorios - QHSE S.A.S.).

Fotografía 5.125 Estación 4 31+100 (Vereda la Esperanza)

(Fuente: Laboratorios - QHSE S.A.S.).

Fotografía 5.126 Estación 5. Contadero (Casco Urbano)

(Fuente: Laboratorios - QHSE S.A.S.).

Fotografía 5.127 Estación 6. San Juan (Casco Urbano)

(Fuente: Laboratorios - QHSE S.A.S.).

Análisis de resultados

PARTICULAS RESPIRABLES PM10.

Enseguida se presentan los valores de los resultados obtenidos del monitoreo para este parámetro; estas tablas incluyen el valor máximo, mínimo, promedio y rango. De acuerdo con los resultados obtenidos la mayor concentración fue de 32,32 µg/m3 en la estación 2. Campamento Mikel (Vereda El Porvenir) el 14 de abril y la menor concentración de 1,74 µg/m3, el 2 de abril en la estación 6. San Juan (Cabecera municipal).

Ninguna de las estaciones excede los límites normativos permisibles para PM10 según la Resolución 2254 del 2017, es decir, 100 µg/m3 diarios.

Tabla 5-192 Resultados PM10. Estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10. ESTACIÓN 1 PILCUAN LA RECTA (GALLERA)												
NUMERO FILTRO	INICIAL		FINAL		TIEMPO (min)	CARTA				VOLUMEN (m^3)	PESO NETO (g)	PM10 (µg/L)
	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm		INICIAL (pie^3/min)	FINAL (pie^3/min)	PROM. (pie^3/min)	PROM. (m^3/min)			
6520	2018/03/25	8:00 a. m.	2018/03/26	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0110	6,917
6521	2018/03/27	8:00 a. m.	2018/03/28	8:00 a. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0209	12,976
6522	2018/03/29	8:00 a. m.	2018/03/30	8:00 a. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0107	6,816
6523	2018/03/31	8:00 a. m.	2018/04/01	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0201	12,639
6524	2018/04/02	8:00 a. m.	2018/04/03	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0145	9,118
6525	2018/04/04	8:00 a. m.	2018/04/05	8:00 a. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0173	11,020
6526	2018/04/06	8:00 a. m.	2018/04/07	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0131	8,238
6527	2018/04/08	8:00 a. m.	2018/04/09	8:00 a. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0158	9,801
6528	2018/04/10	8:00 a. m.	2018/04/11	8:00 a. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0198	12,612
6529	2018/04/12	8:00 a. m.	2018/04/13	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0170	10,690
6530	2018/04/14	8:00 a. m.	2018/04/15	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0187	11,786
6531	2018/04/16	8:00 a. m.	2018/04/17	8:00 a. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0206	13,145
6532	2018/04/18	8:00 a. m.	2018/04/19	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0196	12,299
6533	2018/04/20	8:00 a. m.	2018/04/21	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0201	12,613
6534	2018/04/22	8:00 a. m.	2018/04/23	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0202	12,702
6535	2018/04/24	8:00 a. m.	2018/04/25	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0178	11,193
6536	2018/04/26	8:00 a. m.	2018/04/27	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0167	10,501
6537	2018/04/28	8:00 a. m.	2018/04/29	8:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0184	11,570

INDICADORES				
	PERIODO	2018/03/25	2018/04/28	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION / UNIDAD	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	MAXIMO DIARIO	13,14	100	0
	MINIMO DIARIO	6,82	100	
	PROMEDIO	10,92	N.A.	
	RANGO	6,33	N.A.	

Tabla 5-193 Resultados PM10. Estación 2. Campamento Mikel (Vereda Porvenir).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10. ESTACIÓN 2 CAMPAMENTO MIKEL (VEREDA EL PORVENIR)												
NUMERO FILTRO	INICIAL		FINAL		TIEMPO (min)	CARTA				VOLUMEN (m^3)	PESO NETO (g)	PM10 (µg/L)
	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm		INICIAL (pie^3/min)	FINAL (pie^3/min)	PROM (pie^3/min)	PROM (m^3/min)			
6574	2018/03/25	10:00 a. m.	2018/03/26	10:00 a. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0078	4,843
6575	2018/03/27	10:00 a. m.	2018/03/28	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0099	6,225
6576	2018/03/29	10:00 a. m.	2018/03/30	10:00 a. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0095	5,824
6577	2018/03/31	10:00 a. m.	2018/04/01	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0101	6,351
6578	2018/04/02	10:00 a. m.	2018/04/03	10:00 a. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0196	12,485
6579	2018/04/04	10:00 a. m.	2018/04/05	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0078	4,905
6580	2018/04/06	10:00 a. m.	2018/04/07	10:00 a. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0314	19,495
6581	2018/04/08	10:00 a. m.	2018/04/09	10:00 a. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0147	9,013
6582	2018/04/10	10:00 a. m.	2018/04/11	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0314	19,745
6583	2018/04/12	10:00 a. m.	2018/04/13	10:00 a. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0147	9,127
6584	2018/04/14	10:00 a. m.	2018/04/15	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0514	32,321
6585	2018/04/16	10:00 a. m.	2018/04/17	10:00 a. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0306	18,761
6586	2018/04/18	10:00 a. m.	2018/04/19	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0481	30,246
6587	2018/04/20	10:00 a. m.	2018/04/21	10:00 a. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0180	11,466
6588	2018/04/22	10:00 a. m.	2018/04/23	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0191	12,011
6589	2018/04/24	10:00 a. m.	2018/04/25	10:00 a. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0320	19,868
6590	2018/04/26	10:00 a. m.	2018/04/27	10:00 a. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0240	14,714
6591	2018/04/28	10:00 a. m.	2018/04/29	10:00 a. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0271	17,041

INDICADORES				
	PERIODO	2018/03/25	2018/04/28	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	UNIDAD			
	MAXIMO DIARIO	32,32	100	0
	MINIMO DIARIO	4,84	100	
	PROMEDIO	14,14	N.A.	
	RANGO	27,48	N.A.	

Tabla 5-194 Resultados PM10. Estación 3. Picapiedra e Iles San Juan.

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10. ESTACIÓN 3 PICAPIEDRA E ILES (SAN JUAN)													
NUMERO FILTRO	INICIAL		FINAL		TIEMPO (min)	CARTA				VOLUMEN (m^3)	PESO NETO (g)	PM10 (µg/L)
	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm		INICIAL (pie^3/min)	FINAL (pie^3/min)	PROM. (pie^3/min)	PROM. (m^3/min)			
6628	2018/03/25	12:00 p. m.	2018/03/26	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0319	20,059
6629	2018/03/27	12:00 p. m.	2018/03/28	12:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0184	11,424
6630	2018/03/29	12:00 p. m.	2018/03/30	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0179	11,256
6631	2018/03/31	12:00 p. m.	2018/04/01	12:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0110	7,007
6632	2018/04/02	12:00 p. m.	2018/04/03	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0413	25,970
6633	2018/04/04	12:00 p. m.	2018/04/05	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0230	14,463
6634	2018/04/06	12:00 p. m.	2018/04/07	12:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0103	6,395
6635	2018/04/08	12:00 p. m.	2018/04/09	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0319	20,059
6636	2018/04/10	12:00 p. m.	2018/04/11	12:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0189	12,039
6637	2018/04/12	12:00 p. m.	2018/04/13	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0175	11,004
6638	2018/04/14	12:00 p. m.	2018/04/15	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0240	15,092
6639	2018/04/16	12:00 p. m.	2018/04/17	12:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0320	19,868
6640	2018/04/18	12:00 p. m.	2018/04/19	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0107	6,747
6641	2018/04/20	12:00 p. m.	2018/04/21	12:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0101	6,455
6642	2018/04/22	12:00 p. m.	2018/04/23	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0095	5,997
6643	2018/04/24	12:00 p. m.	2018/04/25	12:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0089	5,552
6644	2018/04/26	12:00 p. m.	2018/04/27	12:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0083	5,181
6645	2018/04/28	12:00 p. m.	2018/04/29	12:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0077	4,873

INDICADORES				
	PERIODO	2018/03/25	2018/04/28	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	UNIDAD			
	MAXIMO DIARIO	25,97	100	0
	MINIMO DIARIO	4,87	100	
	PROMEDIO	11,84	N.A.	
	RANGO	21,10	N.A.	

Tabla 5-195 Resultados PM10. Estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10. KM 31+100 (VEREDA LA ESPERANZA)												
NUMERO FILTRO	INICIAL		FINAL		TIEMPO (min)	CARTA				VOLUMEN (m^3)	PESO NETO (g)	PM10 (µg/L)
	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm		INICIAL (pie^3/min)	FINAL (pie^3/min)	PROM. (pie^3/min)	PROM. (m^3/min)			
6682	2018/03/25	2:00 p. m.	2018/03/26	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0032	2,012
6683	2018/03/27	2:00 p. m.	2018/03/28	2:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0188	11,672
6684	2018/03/29	2:00 p. m.	2018/03/30	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0250	15,721
6685	2018/03/31	2:00 p. m.	2018/04/01	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0063	3,962
6686	2018/04/02	2:00 p. m.	2018/04/03	2:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0150	9,313
6687	2018/04/04	2:00 p. m.	2018/04/05	2:00 p. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0069	4,230
6688	2018/04/06	2:00 p. m.	2018/04/07	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0099	6,225
6689	2018/04/08	2:00 p. m.	2018/04/09	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0176	11,067
6690	2018/04/10	2:00 p. m.	2018/04/11	2:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0064	3,974
6691	2018/04/12	2:00 p. m.	2018/04/13	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0085	5,345
6692	2018/04/14	2:00 p. m.	2018/04/15	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0097	6,100
6693	2018/04/16	2:00 p. m.	2018/04/17	2:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0055	3,415
6694	2018/04/18	2:00 p. m.	2018/04/19	2:00 p. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0062	3,801
6695	2018/04/20	2:00 p. m.	2018/04/21	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0115	7,231
6696	2018/04/22	2:00 p. m.	2018/04/23	2:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0088	5,464
6697	2018/04/24	2:00 p. m.	2018/04/25	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0105	6,603
6698	2018/04/26	2:00 p. m.	2018/04/27	2:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0039	2,484
6699	2018/04/28	2:00 p. m.	2018/04/29	2:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0078	4,905

INDICADORES				
	PERIODO	2018/03/25	2018/04/28	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION / UNIDAD	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	MAXIMO DIARIO	15,72	100	0
	MINIMO DIARIO	2,01	100	
	PROMEDIO	6,31	N.A.	
	RANGO	13,71	N.A.	

Tabla 5-196 Resultados PM10. Estación 5. Contadero (Cabecera municipal).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10. CONTADERO (CABECERA MUNICIPAL)													
NUMERO FILTRO	INICIAL		FINAL		TIEMPO (min)	CARTA				VOLUMEN (m^3)	PESO NETO (g)	PM10 (µg/L)
	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm		INICIAL (pie^3/min)	FINAL (pie^3/min)	PROM (pie^3/min)	PROM (m^3/min)			
6736	2018/03/25	4:00 p. m.	2018/03/26	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0186	11,696
6737	2018/03/27	4:00 p. m.	2018/03/28	4:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0232	14,404
6738	2018/03/29	4:00 p. m.	2018/03/30	4:00 p. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0145	8,890
6739	2018/03/31	4:00 p. m.	2018/04/01	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0257	16,161
6740	2018/04/02	4:00 p. m.	2018/04/03	4:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0175	11,147
6741	2018/04/04	4:00 p. m.	2018/04/05	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0189	11,885
6742	2018/04/06	4:00 p. m.	2018/04/07	4:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0232	14,404
6743	2018/04/08	4:00 p. m.	2018/04/09	4:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0152	9,437
6744	2018/04/10	4:00 p. m.	2018/04/11	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0204	12,828
6745	2018/04/12	4:00 p. m.	2018/04/13	4:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0230	14,280
6746	2018/04/14	4:00 p. m.	2018/04/15	4:00 p. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0174	10,668
6747	2018/04/16	4:00 p. m.	2018/04/17	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0132	8,300
6748	2018/04/18	4:00 p. m.	2018/04/19	4:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0148	9,427
6749	2018/04/20	4:00 p. m.	2018/04/21	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0166	10,438
6750	2018/04/22	4:00 p. m.	2018/04/23	4:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0215	13,349
6751	2018/04/24	4:00 p. m.	2018/04/25	4:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0306	18,998
6752	2018/04/26	4:00 p. m.	2018/04/27	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0148	9,307
6753	2018/04/28	4:00 p. m.	2018/04/29	4:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0209	13,142

INDICADORES				
	PERIODO	2018/03/25	2018/04/28	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION / UNIDAD	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	MAXIMO DIARIO	19,00	100	0
	MINIMO DIARIO	8,30	100	
	PROMEDIO	12,15	N.A.	
	RANGO	10,70	N.A.	

Tabla 5-197 Resultados PM10. Estación 6. San Juan (Cabecera municipal).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10. SAN JUAN (CABECERA MUNICIPAL)												
NUMERO FILTRO	INICIAL		FINAL		TIEMPO (min)	CARTA				VOLUMEN (m^3)	PESO NETO (g)	PM10 (µg/L)
	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA hh:mm		INICIAL (pie^3/min)	FINAL (pie^3/min)	PROM. (pie^3/min)	PROM. (m^3/min)			
6790	2018/03/25	6:00 p. m.	2018/03/26	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0179	11,256
6791	2018/03/27	6:00 p. m.	2018/03/28	6:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0142	8,816
6792	2018/03/29	6:00 p. m.	2018/03/30	6:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0071	4,523
6793	2018/03/31	6:00 p. m.	2018/04/01	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0066	4,150
6794	2018/04/02	6:00 p. m.	2018/04/03	6:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0028	1,738
6795	2018/04/04	6:00 p. m.	2018/04/05	6:00 p. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0223	13,672
6796	2018/04/06	6:00 p. m.	2018/04/07	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0232	14,589
6797	2018/04/08	6:00 p. m.	2018/04/09	6:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0250	15,522
6798	2018/04/10	6:00 p. m.	2018/04/11	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0213	13,394
6799	2018/04/12	6:00 p. m.	2018/04/13	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0280	17,605
6800	2018/04/14	6:00 p. m.	2018/04/15	6:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0254	15,767
6801	2018/04/16	6:00 p. m.	2018/04/17	6:00 p. m.	1440	40	37	38,5	1,0902	1.570	0,0199	12,672
6802	2018/04/18	6:00 p. m.	2018/04/19	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0178	11,189
6803	2018/04/20	6:00 p. m.	2018/04/21	6:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0247	15,328
6804	2018/04/22	6:00 p. m.	2018/04/23	6:00 p. m.	1440	40	40	40	1,1327	1.631	0,0187	11,458
6805	2018/04/24	6:00 p. m.	2018/04/25	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0230	14,453
6806	2018/04/26	6:00 p. m.	2018/04/27	6:00 p. m.	1440	40	39	39,5	1,1185	1.611	0,0215	13,338
6807	2018/04/28	6:00 p. m.	2018/04/29	6:00 p. m.	1440	40	38	39	1,1044	1.590	0,0207	13,005

INDICADORES				
	PERIODO	2018/03/25	2018/04/28	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	UNIDAD			
	MAXIMO DIARIO	17,61	100	0
	MINIMO DIARIO	1,74	100	
	PROMEDIO	11,80	N.A.	
	RANGO	15,87	N.A.	

PARTICULAS RESPIRABLES PM2.5.

Enseguida se presentan los valores de los resultados obtenidos del monitoreo para este parámetro; estas tablas incluyen el valor máximo, mínimo, promedio y rango.

De acuerdo con los resultados obtenidos la mayor concentración fue de 12,68 µg/m3 en la estación 2. Campamento Mikel Vereda El Porvenir el día 24 de abril de 2018 y la menor concentración de 0,03 µg/m3 en la estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera) el día 26 de abril de 2018. Ninguna de las estaciones excede los límites normativos permisibles para PM 2.5 según la Resolución 2254 del 2017 es decir 50 µg/m3 en 24 horas (diarios).

Tabla 5-198 Resultados PM 2.5. Estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera)

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM2,5. ESTACIÓN 1 PILCUAN LA RECTA (GALLERA)										
Muestra Conhintec	Día	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Partículas (µg)	Flujo Promedio (m^3/min)	Tiempo (min)	Volumen de aire (m^3)	$PM_{2.5std}$ (µg/m^3)
66133	1	2018/03/25	8:00 a. m.	2018/03/26	8:00 a. m.	265,0	1,7	1440	2411	0,110
66219	2	2018/03/27	8:00 a. m.	2018/03/28	8:00 a. m.	236,0	1,7	1440	2411	0,098
66220	3	2018/03/29	8:00 a. m.	2018/03/30	8:00 a. m.	245,0	1,7	1440	2411	0,102
66141	4	2018/03/31	8:00 a. m.	2018/04/01	8:00 a. m.	215,0	1,7	1440	2411	0,089
66222	5	2018/04/02	8:00 a. m.	2018/04/03	8:00 a. m.	209,0	1,7	1440	2411	0,087
66137	6	2018/04/04	8:00 a. m.	2018/04/05	8:00 a. m.	168,0	1,7	1440	2411	0,070
66143	7	2018/04/06	8:00 a. m.	2018/04/07	8:00 a. m.	175,0	1,7	1440	2411	0,073
66225	8	2018/04/08	8:00 a. m.	2018/04/09	8:00 a. m.	189,0	1,7	1440	2411	0,078
66139	9	2018/04/10	8:00 a. m.	2018/04/11	8:00 a. m.	126,0	1,7	1440	2411	0,052
66227	10	2018/04/12	8:00 a. m.	2018/04/13	8:00 a. m.	185,0	1,7	1440	2411	0,077
66228	11	2018/04/14	8:00 a. m.	2018/04/15	8:00 a. m.	78,0	1,7	1440	2411	0,032
66229	12	2018/04/16	8:00 a. m.	2018/04/17	8:00 a. m.	88,0	1,7	1440	2411	0,037
66230	13	2018/04/18	8:00 a. m.	2018/04/19	8:00 a. m.	295,0	1,7	1440	2411	0,122
66217	14	2018/04/20	8:00 a. m.	2018/04/21	8:00 a. m.	176,0	1,7	1440	2411	0,073
66232	15	2018/04/22	8:00 a. m.	2018/04/23	8:00 a. m.	79,0	1,7	1440	2411	0,033
66233	16	2018/04/24	8:00 a. m.	2018/04/25	8:00 a. m.	102,0	1,7	1440	2411	0,042
66234	17	2018/04/26	8:00 a. m.	2018/04/27	8:00 a. m.	79,0	1,7	1440	2411	0,033
66235	18	2018/04/28	8:00 a. m.	2018/04/29	8:00 a. m.	112,0	1,7	1440	2411	0,046

INDICADORES				
	PERIODO	25/03/2018	28/04/2018	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	UNIDAD			
	MAXIMO DIARIO	0,12	50	0
	MINIMO DIARIO	0,03	50	
	PROMEDIO	0,07	N.A.	
	RANGO	0,09	N.A.	

Tabla 5-199 Resultados PM 2.5. Estación 2. Campamento Mikel (Vereda Porvenir).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM2,5. ESTACIÓN 2 CAMPAMENTO MIKEL (VEREDA EL PORVENIR)										
Muestra Conhintec	Día	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Partículas (µg)	Flujo Promedio (m^3/min)	Tiempo (min)	Volumen de aire (m^3)	$PM_{2.5std}$ (µg/m^3)
66221	1	2018/03/25	10:00 a. m.	2018/03/26	10:00 a. m.	21804,0	1,7	1440	2411	9,045
66201	2	2018/03/27	10:00 a. m.	2018/03/28	10:00 a. m.	19705,0	1,7	1440	2411	8,174
66223	3	2018/03/29	10:00 a. m.	2018/03/30	10:00 a. m.	17895,0	1,7	1440	2411	7,424
66203	4	2018/03/31	10:00 a. m.	2018/04/01	10:00 a. m.	16354,0	1,7	1440	2411	6,784
66204	5	2018/04/02	10:00 a. m.	2018/04/03	10:00 a. m.	18523,0	1,7	1440	2411	7,684
66205	6	2018/04/04	10:00 a. m.	2018/04/05	10:00 a. m.	10987,0	1,7	1440	2411	4,558
66206	7	2018/04/06	10:00 a. m.	2018/04/07	10:00 a. m.	22654,0	1,7	1440	2411	9,398
66224	8	2018/04/08	10:00 a. m.	2018/04/09	10:00 a. m.	19874,0	1,7	1440	2411	8,245
66208	9	2018/04/10	10:00 a. m.	2018/04/11	10:00 a. m.	25645,0	1,7	1440	2411	10,639
66226	10	2018/04/12	10:00 a. m.	2018/04/13	10:00 a. m.	11356,0	1,7	1440	2411	4,711
66218	11	2018/04/14	10:00 a. m.	2018/04/15	10:00 a. m.	24590,0	1,7	1440	2411	10,201
66211	12	2018/04/16	10:00 a. m.	2018/04/17	10:00 a. m.	22354,0	1,7	1440	2411	9,273
66179	13	2018/04/18	10:00 a. m.	2018/04/19	10:00 a. m.	14652,0	1,7	1440	2411	6,078
66213	14	2018/04/20	10:00 a. m.	2018/04/21	10:00 a. m.	18975,0	1,7	1440	2411	7,872
66214	15	2018/04/22	10:00 a. m.	2018/04/23	10:00 a. m.	30560,0	1,7	1440	2411	12,678
66198	16	2018/04/24	10:00 a. m.	2018/04/25	10:00 a. m.	25678,0	1,7	1440	2411	10,652
66231	17	2018/04/26	10:00 a. m.	2018/04/27	10:00 a. m.	25548,0	1,7	1440	2411	10,598
66130	18	2018/04/28	10:00 a. m.	2018/04/29	10:00 a. m.	19628,0	1,7	1440	2411	8,143
INDICADORES	PERIODO		25/03/2018			28/04/2018			Días que exceden la norma	
	DESCRIPCION		CONCENTRACION µg/m^3			NORMA DIARIA µg/m3				
	UNIDAD									
	MAXIMO DIARIO		12,68			50			0	
	MINIMO DIARIO		4,56			50				
	PROMEDIO		8,45			N.A.				
	RANGO		8,12			N.A.				

Tabla 5-200 Resultados PM 2.5. Estación 3. Picapiedra e Iles San Juan.

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM2,5. ESTACIÓN 3 PICAPIEDRA Y ILES (SAN JUAN)										
Muestra Conhintec	Día	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Partículas (µg)	Flujo Promedio (m^3/min)	Tiempo (min)	Volumen de aire (m^3)	$PM_{2.5std}$ (µg/m^3)
66165	1	2018/03/25	12:00 p. m.	2018/03/26	12:00 p. m.	201,0	1,7	1440	2411	0,083
66183	2	2018/03/27	12:00 p. m.	2018/03/28	12:00 p. m.	325,0	1,7	1440	2411	0,135
66184	3	2018/03/29	12:00 p. m.	2018/03/30	12:00 p. m.	98,0	1,7	1440	2411	0,041
66167	4	2018/03/31	12:00 p. m.	2018/04/01	12:00 p. m.	197,0	1,7	1440	2411	0,082
66186	5	2018/04/02	12:00 p. m.	2018/04/03	12:00 p. m.	455,0	1,7	1440	2411	0,189
66171	6	2018/04/04	12:00 p. m.	2018/04/05	12:00 p. m.	297,0	1,7	1440	2411	0,123
66188	7	2018/04/06	12:00 p. m.	2018/04/07	12:00 p. m.	254,0	1,7	1440	2411	0,105
66189	8	2018/04/08	12:00 p. m.	2018/04/09	12:00 p. m.	510,0	1,7	1440	2411	0,212
66173	9	2018/04/10	12:00 p. m.	2018/04/11	12:00 p. m.	387,0	1,7	1440	2411	0,161
66191	10	2018/04/12	12:00 p. m.	2018/04/13	12:00 p. m.	125,0	1,7	1440	2411	0,052
66192	11	2018/04/14	12:00 p. m.	2018/04/15	12:00 p. m.	145,0	1,7	1440	2411	0,060
66175	12	2018/04/16	12:00 p. m.	2018/04/17	12:00 p. m.	203,0	1,7	1440	2411	0,084
66194	13	2018/04/18	12:00 p. m.	2018/04/19	12:00 p. m.	335,0	1,7	1440	2411	0,139
66195	14	2018/04/20	12:00 p. m.	2018/04/21	12:00 p. m.	783,0	1,7	1440	2411	0,325
66176	15	2018/04/22	12:00 p. m.	2018/04/23	12:00 p. m.	256,0	1,7	1440	2411	0,106
66197	16	2018/04/24	12:00 p. m.	2018/04/25	12:00 p. m.	198,0	1,7	1440	2411	0,082
66216	17	2018/04/26	12:00 p. m.	2018/04/27	12:00 p. m.	106,0	1,7	1440	2411	0,044
66199	18	2018/04/28	12:00 p. m.	2018/04/29	12:00 p. m.	235,0	1,7	1440	2411	0,097

INDICADORES				
	PERIODO	25/03/2018	28/04/2018	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION / UNIDAD	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	MAXIMO DIARIO	0,32	50	0
	MINIMO DIARIO	0,04	50	
	PROMEDIO	0,12	N.A.	
	RANGO	0,28	N.A.	

Tabla 5-201 Resultados PM 2.5 Estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM2,5. KM 31+100 (VEREDA LA ESPERANZA)										
Muestra Conhintec	Día	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Partículas (µg)	Flujo Promedio (m^3/min)	Tiempo (min)	Volumen de aire (m^3)	$PM_{2.5std}$ (µg/m^3)
66164	1	2018/03/25	2:00 p. m.	2018/03/26	2:00 p. m.	7569,0	1,7	1440	2411	3,140
66200	2	2018/03/27	2:00 p. m.	2018/03/28	2:00 p. m.	4230,0	1,7	1440	2411	1,755
66166	3	2018/03/29	2:00 p. m.	2018/03/30	2:00 p. m.	9832,0	1,7	1440	2411	4,079
66202	4	2018/03/31	2:00 p. m.	2018/04/01	2:00 p. m.	10456,0	1,7	1440	2411	4,338
66168	5	2018/04/02	2:00 p. m.	2018/04/03	2:00 p. m.	12681,0	1,7	1440	2411	5,261
66169	6	2018/04/04	2:00 p. m.	2018/04/05	2:00 p. m.	11659,0	1,7	1440	2411	4,837
66170	7	2018/04/06	2:00 p. m.	2018/04/07	2:00 p. m.	5403,0	1,7	1440	2411	2,241
66207	8	2018/04/08	2:00 p. m.	2018/04/09	2:00 p. m.	8562,0	1,7	1440	2411	3,552
66172	9	2018/04/10	2:00 p. m.	2018/04/11	2:00 p. m.	9657,0	1,7	1440	2411	4,006
66209	10	2018/04/12	2:00 p. m.	2018/04/13	2:00 p. m.	6325,0	1,7	1440	2411	2,624
66174	11	2018/04/14	2:00 p. m.	2018/04/15	2:00 p. m.	6654,0	1,7	1440	2411	2,760
66210	12	2018/04/16	2:00 p. m.	2018/04/17	2:00 p. m.	7562,0	1,7	1440	2411	3,137
66212	13	2018/04/18	2:00 p. m.	2018/04/19	2:00 p. m.	7395,0	1,7	1440	2411	3,068
66177	14	2018/04/20	2:00 p. m.	2018/04/21	2:00 p. m.	8759,0	1,7	1440	2411	3,634
66178	15	2018/04/22	2:00 p. m.	2018/04/23	2:00 p. m.	2380,0	1,7	1440	2411	0,987
66215	16	2018/04/24	2:00 p. m.	2018/04/25	2:00 p. m.	8102,0	1,7	1440	2411	3,361
66180	17	2018/04/26	2:00 p. m.	2018/04/27	2:00 p. m.	7659,0	1,7	1440	2411	3,177
66181	18	2018/04/28	2:00 p. m.	2018/04/29	2:00 p. m.	5690,0	1,7	1440	2411	2,360
INDICADORES	PERIODO		25/03/2018			28/04/2018				Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION / UNIDAD		CONCENTRACION µg/m^3			NORMA DIARIA µg/m3				
	MAXIMO DIARIO		5,26			50				0
	MINIMO DIARIO		0,99			50				
	PROMEDIO		3,24			N.A.				
	RANGO		4,27			N.A.				

Tabla 5-202 Resultados PM 2.5 Estación 5. Contadero (Cabecera municipal).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM2,5. CONTADERO (CABECERA MUNICIPAL)										
Muestra Conhintec	Día	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Partículas (µg)	Flujo Promedio (m^3/min)	Tiempo (min)	Volumen de aire (m^3)	$PM_{2.5std}$ (µg/m^3)
66182	1	2018/03/25	4:00 p. m.	2018/03/26	4:00 p. m.	181,0	1,7	1440	2411	0,075
66147	2	2018/03/27	4:00 p. m.	2018/03/28	4:00 p. m.	590,0	1,7	1440	2411	0,245
66148	3	2018/03/29	4:00 p. m.	2018/03/30	4:00 p. m.	175,0	1,7	1440	2411	0,073
66149	4	2018/03/31	4:00 p. m.	2018/04/01	4:00 p. m.	132,0	1,7	1440	2411	0,055
66150	5	2018/04/02	4:00 p. m.	2018/04/03	4:00 p. m.	295,0	1,7	1440	2411	0,122
66185	6	2018/04/04	4:00 p. m.	2018/04/05	4:00 p. m.	112,0	1,7	1440	2411	0,046
66152	7	2018/04/06	4:00 p. m.	2018/04/07	4:00 p. m.	69,0	1,7	1440	2411	0,029
66153	8	2018/04/08	4:00 p. m.	2018/04/09	4:00 p. m.	92,0	1,7	1440	2411	0,038
66154	9	2018/04/10	4:00 p. m.	2018/04/11	4:00 p. m.	75,0	1,7	1440	2411	0,031
66155	10	2018/04/12	4:00 p. m.	2018/04/13	4:00 p. m.	69,0	1,7	1440	2411	0,029
66156	11	2018/04/14	4:00 p. m.	2018/04/15	4:00 p. m.	101,0	1,7	1440	2411	0,042
66187	12	2018/04/16	4:00 p. m.	2018/04/17	4:00 p. m.	197,0	1,7	1440	2411	0,082
66158	13	2018/04/18	4:00 p. m.	2018/04/19	4:00 p. m.	245,0	1,7	1440	2411	0,102
66193	14	2018/04/20	4:00 p. m.	2018/04/21	4:00 p. m.	261,0	1,7	1440	2411	0,108
66160	15	2018/04/22	4:00 p. m.	2018/04/23	4:00 p. m.	195,0	1,7	1440	2411	0,081
66196	16	2018/04/24	4:00 p. m.	2018/04/25	4:00 p. m.	522,0	1,7	1440	2411	0,217
66190	17	2018/04/26	4:00 p. m.	2018/04/27	4:00 p. m.	375,0	1,7	1440	2411	0,156
66163	18	2018/04/28	4:00 p. m.	2018/04/29	4:00 p. m.	129,0	1,7	1440	2411	0,054

INDICADORES				
	PERIODO	25/03/2018	28/04/2018	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	UNIDAD			
	MAXIMO DIARIO	0,24	50	0
	MINIMO DIARIO	0,03	50	
	PROMEDIO	0,09	N.A.	
	RANGO	0,22	N.A.	

Tabla 5-203 Resultados PM 2.5 Estación 6. San Juan (Cabecera municipal).

RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM2,5. SAN JUAN (CABECERA MUNICIPAL)										
Muestra Conhintec	Día	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Partículas (µg)	Flujo Promedio (m^3/min)	Tiempo (min)	Volumen de aire (m^3)	$PM_{2.5std}$ (µg/m^3)
66128	1	2018/03/25	6:00 p. m.	2018/03/26	6:00 p. m.	280,0	1,7	1440	2411	0,116
66129	2	2018/03/27	6:00 p. m.	2018/03/28	6:00 p. m.	195,0	1,7	1440	2411	0,081
66146	3	2018/03/29	6:00 p. m.	2018/03/30	6:00 p. m.	183,0	1,7	1440	2411	0,076
66131	4	2018/03/31	6:00 p. m.	2018/04/01	6:00 p. m.	175,0	1,7	1440	2411	0,073
66132	5	2018/04/02	6:00 p. m.	2018/04/03	6:00 p. m.	158,0	1,7	1440	2411	0,066
66151	6	2018/04/04	6:00 p. m.	2018/04/05	6:00 p. m.	121,0	1,7	1440	2411	0,050
66134	7	2018/04/06	6:00 p. m.	2018/04/07	6:00 p. m.	119,0	1,7	1440	2411	0,049
66135	8	2018/04/08	6:00 p. m.	2018/04/09	6:00 p. m.	117,0	1,7	1440	2411	0,049
66136	9	2018/04/10	6:00 p. m.	2018/04/11	6:00 p. m.	115,0	1,7	1440	2411	0,048
66157	10	2018/04/12	6:00 p. m.	2018/04/13	6:00 p. m.	122,0	1,7	1440	2411	0,051
66138	11	2018/04/14	6:00 p. m.	2018/04/15	6:00 p. m.	189,0	1,7	1440	2411	0,078
66162	12	2018/04/16	6:00 p. m.	2018/04/17	6:00 p. m.	105,0	1,7	1440	2411	0,044
66140	13	2018/04/18	6:00 p. m.	2018/04/19	6:00 p. m.	126,0	1,7	1440	2411	0,052
66159	14	2018/04/20	6:00 p. m.	2018/04/21	6:00 p. m.	112,0	1,7	1440	2411	0,046
66142	15	2018/04/22	6:00 p. m.	2018/04/23	6:00 p. m.	149,0	1,7	1440	2411	0,062
66161	16	2018/04/24	6:00 p. m.	2018/04/25	6:00 p. m.	103,0	1,7	1440	2411	0,043
66144	17	2018/04/26	6:00 p. m.	2018/04/27	6:00 p. m.	125,0	1,7	1440	2411	0,052
66145	18	2018/04/28	6:00 p. m.	2018/04/29	6:00 p. m.	196,0	1,7	1440	2411	0,081

INDICADORES				
	PERIODO	25/03/2018	28/04/2018	Dias que exceden la norma
	DESCRIPCION / UNIDAD	CONCENTRACION µg/m^3	NORMA DIARIA µg/m3	
	MAXIMO DIARIO	0,12	50	0
	MINIMO DIARIO	0,04	50	
	PROMEDIO	0,06	N.A.	
	RANGO	0,07	N.A.	

DIÓXIDO DE AZUFRE

Las concentraciones obtenidas de SO2 no representan ningún peligro para la salud humana como se puede apreciar en los resultados de los análisis de laboratorio del Anexo 15 – Carpeta Aire y en las tablas siguientes cuyos valores arrojados se encuentran por debajo del límite diario máximo permisible de la norma (50 µg/m3 diarios). El valor máximo 41,41 µg/m3 se reporta en la estación 4. Km 31+100 Vereda La Esperanza el 16 de abril de 2018 y el mínimo 22,56 µg/m3 en la estación 5. Contadero (Cabecera Municipal).

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Las concentraciones obtenidas de NOx no representan ningún peligro para la salud humana como se puede apreciar en los resultados de los análisis de laboratorio del Anexo 15 – Carpeta Aire y en las tablas siguientes cuyos valores arrojados se encuentran por debajo del límite diario máximo permisible de la norma (200 µg/m3 hora). El valor máximo 4,76 µg/m3 se reporta en la estación 4. Km 31+100 Vereda La Esperanza el 16 de abril de 2018 y el mínimo 1,99 µg/m3 en la misma estación.

Tabla 5-204 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 1. Pilcuan La Recta (Gallera).

Estudio: Calidad De Aire SO_2 y NO_2 Estacion 1. PILCUEN LA RECTA "GALLERA"																			
N° Muestra Nox	N° Muestra Sox	Fecha	Pa (mmHg)	Ta °C	Ta °K	Flujo Inicial L/min	Flujo Final L/min	Tiempo h	Tiempo min	Vstd m3	Resultados SO2				Resultados NO2			
											V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3	V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3
6502	6484	2018/03/25	761,3	18,3	291,3	0,210	0,207	24	1.440	0,308	50	50	0,70	22,75	50	50	0,152	3,01
6503	6485	2018/03/27	760,3	18,2	291,2	0,210	0,202	24	1.440	0,304	50	50	0,71	23,28	50	50	0,102	2,05
6504	6486	2018/03/29	758,5	19,7	292,7	0,210	0,206	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,00	50	50	0,143	2,87
6505	6487	2018/03/31	760,1	18,8	291,8	0,210	0,203	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,05	50	50	0,100	2,01
6506	6488	2018/04/02	760,5	20,6	293,6	0,210	0,207	24	1.440	0,305	50	50	0,80	26,27	50	50	0,173	3,46
6507	6489	2018/04/04	761,3	21,0	294,0	0,210	0,208	24	1.440	0,306	50	50	0,70	22,91	50	50	0,102	2,04
6508	6490	2018/04/06	760,4	19,8	292,8	0,210	0,202	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,17	50	50	0,182	3,67
6509	6491	2018/04/08	760,5	20,9	293,9	0,210	0,203	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,20	50	50	0,148	2,99
6510	6492	2018/04/10	761,2	18,2	291,2	0,210	0,201	24	1.440	0,303	50	50	0,70	23,08	50	50	0,104	2,09
6511	6493	2018/04/12	761,3	17,9	290,9	0,210	0,207	24	1.440	0,308	50	50	0,70	22,72	50	50	0,150	2,97
6512	6494	2018/04/14	760,4	21,6	294,6	0,210	0,208	24	1.440	0,305	50	50	0,70	22,98	50	50	0,100	2,00
6513	6495	2018/04/16	759,6	21,3	294,3	0,210	0,204	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,20	50	50	0,143	2,89
6514	6496	2018/04/18	758,6	19,5	292,5	0,210	0,206	24	1.440	0,305	50	50	0,70	22,98	50	50	0,107	2,14
6515	6497	2018/04/20	758,9	21,0	294,0	0,210	0,202	24	1.440	0,300	50	50	0,70	23,32	50	50	0,100	2,03
6516	6498	2018/04/22	760,6	20,0	293,0	0,213	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,83	27,52	50	50	0,184	3,71
6517	6499	2018/04/24	760,9	21,3	294,3	0,213	0,203	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,05	50	50	0,100	2,01
6518	6500	2018/04/26	759,8	19,2	292,2	0,213	0,201	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,03	50	50	0,104	2,09
6519	6501	2018/04/28	758,8	17,9	290,9	0,213	0,200	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,02	50	50	0,104	2,09

INDICADORES	PERIODO	25-mar-18		28-abr-18		Dias que excedieron la norma SO2 µg/m3	Dias que excedieron la norma NO2 µg/m3
	DESCRIPCION	CONCENTRACION NO2 µg/m^3	CONCENTRACION SO2 µg/m^3	NORMA 1 HORA NO2 µg/m3	NORMA 1 HORA SO2 µg/m3		
	UNIDAD						
	MAXIMO DIARIO	3,71	27,52	200	100	0	0
	MINIMO DIARIO	2,00	22,72	200	100		
	PROMEDIO	2,56	23,47	NA	NA		
	RANGO	1,70	4,79	NA	NA		

Tabla 5-205 **Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 2. Campamento Mikel (Vereda Porvenir).**

Estudio: Calidad De Aire SO_2 y NO_2 Estacion 2. CAMPAMENTO MIKEL "VEREDA EL PORVENIR"																			
N° Muestra Nox	N° Muestra Sox	Fecha	Pa (mmHg)	Ta °C	Ta °K	Flujo Inicial L/min	Flujo Final L/min	Tiempo h	Tiempo min	Vstd m3	Resultados SO2				Resultados NO2			
											V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3	V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3
6556	6538	2018/03/25	761,3	18,3	291,3	0,210	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,70	23,14	50	50	0,100	2,02
6557	6539	2018/03/27	760,3	18,2	291,2	0,210	0,207	24	1.440	0,307	50	50	0,70	22,77	50	50	0,150	2,98
6558	6540	2018/03/29	758,5	19,7	292,7	0,210	0,206	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,00	50	50	0,148	2,97
6559	6541	2018/03/31	760,1	18,8	291,8	0,210	0,203	24	1.440	0,304	50	50	0,71	23,28	50	50	0,109	2,19
6560	6542	2018/04/02	760,5	20,6	293,6	0,210	0,201	24	1.440	0,301	50	50	0,70	23,29	50	50	0,171	3,47
6561	6543	2018/04/04	761,3	21,0	294,0	0,210	0,200	24	1.440	0,300	50	50	0,70	23,35	50	50	0,187	3,80
6562	6544	2018/04/06	760,4	19,8	292,8	0,210	0,207	24	1.440	0,306	50	50	0,70	22,89	50	50	0,100	1,99
6563	6545	2018/04/08	760,5	20,9	293,9	0,210	0,206	24	1.440	0,304	50	50	0,74	24,32	50	50	0,111	2,23
6564	6546	2018/04/10	761,2	18,2	291,2	0,210	0,203	24	1.440	0,305	50	50	0,70	22,97	50	50	0,139	2,78
6565	6547	2018/04/12	761,3	17,9	290,9	0,210	0,202	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,00	50	50	0,100	2,00
6566	6548	2018/04/14	760,4	21,6	294,6	0,210	0,200	24	1.440	0,299	50	50	0,70	23,43	50	50	0,189	3,86
6567	6549	2018/04/16	759,6	21,3	294,3	0,210	0,207	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,04	50	50	0,100	2,01
6568	6550	2018/04/18	758,6	19,5	292,5	0,210	0,206	24	1.440	0,305	50	50	0,70	22,98	50	50	0,114	2,28
6569	6551	2018/04/20	758,9	21,0	294,0	0,210	0,203	24	1.440	0,301	50	50	0,71	23,49	50	50	0,107	2,17
6570	6552	2018/04/22	760,6	20,0	293,0	0,211	0,201	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,18	50	50	0,100	2,02
6571	6553	2018/04/24	760,9	21,3	294,3	0,211	0,203	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,16	50	50	0,100	2,02
6572	6554	2018/04/26	759,8	19,2	292,2	0,211	0,206	24	1.440	0,306	50	50	0,70	22,86	50	50	0,116	2,31
6573	6555	2018/04/28	758,8	17,9	290,9	0,211	0,208	24	1.440	0,309	50	50	0,71	22,92	50	50	0,116	2,29

INDICADORES	PERIODO	25-mar-18		28-abr-18		Dias que excedieron la norma SO2 µg/m3	Dias que excedieron la norma NO2 µg/m3
	DESCRIPCION	CONCENTRACION NO2 µg/m^3	CONCENTRACION SO2 µg/m^3	NORMA 1 HORA NO2 µg/m3	NORMA 1 HORA SO2 µg/m3		
	UNIDAD						
	MAXIMO DIARIO	3,86	24,32	200	100	0	0
	MINIMO DIARIO	1,99	22,77	200	100		
	PROMEDIO	2,52	23,17	NA	NA		
	RANGO	1,86	1,54	NA	NA		

Tabla 5-206 **Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 3. Picapiedra e Iles San Juan.**

Estudio: Calidad De Aire SO_2 y NO_2 Estacion 3. PICAPIEDRA Y ILES - SAN JUAN																			
N° Muestra Nox	N° Muestra Sox	Fecha	Pa (mmHg)	Ta °C	Ta °K	Flujo Inicial L/min	Flujo Final L/min	Tiempo h	Tiempo min	Vstd m3	Resultados SO2				Resultados NO2			
											V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3	V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3
6610	6592	2018/03/25	761,34	18,3	291,3	0,210	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,7	23,14	50	50	0,143	2,88
6611	6593	2018/03/27	760,26	18,2	291,2	0,210	0,203	24	1.440	0,304	50	50	0,7	22,99	50	50	0,100	2,00
6612	6594	2018/03/29	758,55	19,7	292,7	0,210	0,202	24	1.440	0,301	50	50	0,7	23,23	50	50	0,132	2,67
6613	6595	2018/03/31	760,07	18,8	291,8	0,210	0,201	24	1.440	0,302	50	50	0,7	23,16	50	50	0,118	2,38
6614	6596	2018/04/02	760,49	20,6	293,6	0,210	0,200	24	1.440	0,300	50	50	0,7	23,35	50	50	0,162	3,29
6615	6597	2018/04/04	761,28	21,0	294,0	0,210	0,200	24	1.440	0,300	50	50	0,7	23,35	50	50	0,143	2,91
6616	6598	2018/04/06	760,36	19,8	292,8	0,210	0,203	24	1.440	0,303	50	50	0,7	23,11	50	50	0,100	2,01
6617	6599	2018/04/08	760,54	20,9	293,9	0,210	0,202	24	1.440	0,301	50	50	0,7	23,26	50	50	0,141	2,86
6618	6600	2018/04/10	761,24	18,2	291,2	0,210	0,201	24	1.440	0,303	50	50	0,77	25,38	50	50	0,120	2,41
6619	6601	2018/04/12	761,29	17,9	290,9	0,210	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,7	23,11	50	50	0,123	2,48
6620	6602	2018/04/14	760,43	21,6	294,6	0,210	0,200	24	1.440	0,299	50	50	0,7	23,43	50	50	0,100	2,04
6621	6603	2018/04/16	759,58	21,3	294,3	0,210	0,203	24	1.440	0,301	50	50	0,7	23,26	50	50	0,139	2,82
6622	6604	2018/04/18	758,56	19,5	292,5	0,210	0,202	24	1.440	0,302	50	50	0,7	23,20	50	50	0,123	2,49
6623	6605	2018/04/20	758,94	21,0	294,0	0,210	0,201	24	1.440	0,299	50	50	0,801	26,75	50	50	0,125	2,54
6624	6606	2018/04/22	760,59	20,0	293,0	0,210	0,200	24	1.440	0,301	50	50	0,7	23,29	50	50	0,109	2,21
6625	6607	2018/04/24	760,85	21,3	294,3	0,210	0,203	24	1.440	0,301	50	50	0,7	23,22	50	50	0,100	2,02
6626	6608	2018/04/26	759,77	19,2	292,2	0,210	0,201	24	1.440	0,302	50	50	0,7	23,20	50	50	0,100	2,02
6627	6609	2018/04/28	758,78	17,9	290,9	0,210	0,200	24	1.440	0,302	50	50	0,707	23,42	50	50	0,127	2,57

INDICADORES	PERIODO	25-mar-18		28-abr-18		Dias que excedieron la norma SO2 µg/m3	Dias que excedieron la norma NO2 µg/m3
	DESCRIPCION	CONCENTRACION NO2 µg/m³	CONCENTRACION SO2 µg/m³	NORMA 1 HORA NO2 µg/m3	NORMA 1 HORA SO2 µg/m3		
	UNIDAD						
	MAXIMO DIARIO	3,29	26,75	200	100	0	0
	MINIMO DIARIO	2,00	22,99	200	100		
	PROMEDIO	2,48	23,55	NA	NA		
	RANGO	1,29	3,75	NA	NA		

Tabla 5-207 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza).

Estudio: Calidad De Aire Aire SO_2 y NO_2 Estacion 4. KM 31+100 "VEREDA LA ESPERANZA"																		
N° Muestra Nox	N° Muestra Sox	Fecha	Pa (mmHg)	Ta °C	Ta °K	Flujo Inicial L/min	Flujo Final L/min	Tiempo h	Tiempo min	Vstd m3	Resultados SO2				Resultados NO2			
											V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3	V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3
6664	6646	2018/03/25	761,34	18,3	291,3	0,210	0,201	24	1.440	0,303	50	50	0,70	23,08	50	50	0,132	2,65
6665	6647	2018/03/27	760,26	18,2	291,175	0,210	0,200	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,16	50	50	0,134	2,70
6666	6648	2018/03/29	758,55	19,7	292,746	0,210	0,202	24	1.440	0,301	50	50	0,70	23,23	50	50	0,100	2,02
6667	6649	2018/03/31	760,07	18,8	291,783	0,210	0,203	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,05	50	50	0,127	2,55
6668	6650	2018/04/02	760,49	20,6	293,588	0,210	0,205	24	1.440	0,303	50	50	0,70	23,07	50	50	0,111	2,23
6669	6651	2018/04/04	761,28	21,0	293,963	0,210	0,201	24	1.440	0,300	50	50	0,70	23,30	50	50	0,134	2,72
6670	6652	2018/04/06	760,36	19,8	292,75	0,210	0,200	24	1.440	0,301	50	50	0,70	23,28	50	50	0,159	3,22
6671	6653	2018/04/08	760,54	20,9	293,892	0,210	0,202	24	1.440	0,301	50	50	0,70	23,26	50	50	0,139	2,82
6672	6654	2018/04/10	761,24	18,2	291,192	0,210	0,203	24	1.440	0,305	50	50	0,74	24,24	50	50	0,100	2,00
6673	6655	2018/04/12	761,29	17,9	290,938	0,210	0,205	24	1.440	0,307	50	50	0,70	22,83	50	50	0,100	1,99
6674	6656	2018/04/14	760,43	21,6	294,596	0,210	0,201	24	1.440	0,300	50	50	0,70	23,37	50	50	0,134	2,73
6675	6657	2018/04/16	759,58	21,3	294,292	0,210	0,022	24	1.440	0,169	50	50	0,70	41,41	50	50	0,132	4,76
6676	6658	2018/04/18	758,56	19,5	292,463	0,210	0,202	24	1.440	0,302	50	50	0,83	27,61	50	50	0,100	2,02
6677	6659	2018/04/20	758,94	21,0	294,038	0,210	0,203	24	1.440	0,301	50	50	0,70	23,26	50	50	0,100	2,03
6678	6660	2018/04/22	760,59	20,0	292,95	0,210	0,205	24	1.440	0,304	50	50	0,70	23,01	50	50	0,100	2,00
6679	6661	2018/04/24	760,85	21,3	294,25	0,210	0,200	24	1.440	0,299	50	50	0,70	23,39	50	50	0,114	2,32
6680	6662	2018/04/26	759,77	19,2	292,163	0,210	0,203	24	1.440	0,303	50	50	0,71	23,32	50	50	0,134	2,69
6681	6663	2018/04/28	758,78	17,9	290,938	0,210	0,200	24	1.440	0,302	50	50	0,70	23,19	50	50	0,100	2,02

INDICADORES	PERIODO	25-mar-18		28-abr-18		Dias que excedieron la norma SO2 µg/m3	Dias que excedieron la norma NO2 µg/m3
	DESCRIPCION	CONCENTRACION NO2 µg/m³	CONCENTRACION SO2 µg/m³	NORMA 1 HORA NO2 µg/m3	NORMA 1 HORA SO2 µg/m3		
	UNIDAD						
	MAXIMO DIARIO	4,76	41,41	200	100	0	0
	MINIMO DIARIO	1,99	22,83	200	100		
	PROMEDIO	2,53	24,50	NA	NA		
	RANGO	2,77	18,57	NA	NA		

Tabla 5-208 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 5. Contadero (Cabecera municipal).

Estudio: Calidad De Aire Aire SO_2 y NO_2 Estacion 5. CONTADERO "CABECERA MUNICIPAL"																			
N° Muestra Nox	N° Muestra Sox	Fecha	Pa (mmHg)	Ta °C	Ta °K	Flujo Inicial L/min	Flujo Final L/min	Tiempo h	Tiempo min	Vstd m3	Resultados SO2				Resultados NO2			
											V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3	V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3
6718	6700	2018/03/25	761,3	18,3	291,3	0,212	0,200	24	1.440	0,304	50	50	0,700	23,02	50	50	0,136	2,73
6719	6701	2018/03/27	760,3	18,2	291,2	0,212	0,201	24	1.440	0,304	50	50	0,700	22,99	50	50	0,157	3,14
6720	6702	2018/03/29	758,5	19,7	292,7	0,212	0,208	24	1.440	0,307	50	50	0,700	22,78	50	50	0,120	2,38
6721	6703	2018/03/31	760,1	18,8	291,8	0,212	0,203	24	1.440	0,305	50	50	0,700	22,94	50	50	0,100	2,00
6722	6704	2018/04/02	760,5	20,6	293,6	0,212	0,202	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,12	50	50	0,136	2,74
6723	6705	2018/04/04	761,3	21,0	294,0	0,212	0,201	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,18	50	50	0,100	2,02
6724	6706	2018/04/06	760,4	19,8	292,8	0,212	0,200	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,17	50	50	0,118	2,38
6725	6707	2018/04/08	760,5	20,9	293,9	0,212	0,200	24	1.440	0,301	50	50	0,700	23,26	50	50	0,125	2,53
6726	6708	2018/04/10	761,2	18,2	291,2	0,212	0,201	24	1.440	0,305	50	50	0,739	24,24	50	50	0,116	2,32
6727	6709	2018/04/12	761,3	17,9	290,9	0,212	0,208	24	1.440	0,310	50	50	0,700	22,56	50	50	0,136	2,67
6728	6710	2018/04/14	760,4	21,6	294,6	0,212	0,203	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,15	50	50	0,100	2,02
6729	6711	2018/04/16	759,6	21,3	294,3	0,212	0,202	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,20	50	50	0,100	2,02
6730	6712	2018/04/18	758,6	19,5	292,5	0,212	0,201	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,15	50	50	0,100	2,02
6731	6713	2018/04/20	758,9	21,0	294,0	0,212	0,200	24	1.440	0,300	50	50	0,700	23,32	50	50	0,139	2,82
6732	6714	2018/04/22	760,6	20,0	293,0	0,212	0,200	24	1.440	0,302	50	50	0,770	25,50	50	50	0,118	2,38
6733	6715	2018/04/24	760,9	21,3	294,3	0,212	0,202	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,16	50	50	0,127	2,56
6734	6716	2018/04/26	759,8	19,2	292,2	0,212	0,201	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,09	50	50	0,100	2,01
6735	6717	2018/04/28	758,8	17,9	290,9	0,212	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,08	50	50	0,141	2,83

INDICADORES	PERIODO	25-mar-18		28-abr-18		Dias que excedieron la norma SO2 µg/m3	Dias que excedieron la norma NO2 µg/m3
	DESCRIPCION	CONCENTRACION NO2 µg/m^3	CONCENTRACION SO2 µg/m^3	NORMA 1 HORA NO2 µg/m3	NORMA 1 HORA SO2 µg/m3		
	UNIDAD						
	MAXIMO DIARIO	3,14	25,50	200	100	0	0
	MINIMO DIARIO	2,00	22,56	200	100		
	PROMEDIO	2,42	23,27	NA	NA		
	RANGO	1,15	2,94	NA	NA		

Tabla 5-209 Resultados dióxido de Azufre y óxidos de Nitrógeno Estación 6. San Juan (Cabecera municipal).

Estudio: Calidad De Aire Aire SO_2 y NO_2 Estacion 6. SAN JUAN "CABECERA MUNICIPIO"																			
N° Muestra Nox	N° Muestra Sox	Fecha	Pa (mmHg)	Ta °C	Ta °K	Flujo Inicial L/min	Flujo Final L/min	Tiempo h	Tiempo min	Vstd m3	Resultados SO2				Resultados NO2			
											V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3	V Inicial ml	V Final ml	ug / mL	ug / m3
6772	6754	2018/03/25	761,3	18,3	291,3	0,210	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,14	50	50	0,120	2,42
6773	6755	2018/03/27	760,3	18,2	291,2	0,210	0,201	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,11	50	50	0,143	2,88
6774	6756	2018/03/29	758,5	19,7	292,7	0,210	0,205	24	1.440	0,304	50	50	0,707	23,29	50	50	0,100	2,01
6775	6757	2018/03/31	760,1	18,8	291,8	0,210	0,206	24	1.440	0,306	50	50	0,700	22,88	50	50	0,111	2,21
6776	6758	2018/04/02	760,5	20,6	293,6	0,210	0,207	24	1.440	0,305	50	50	0,700	22,95	50	50	0,100	2,00
6777	6759	2018/04/04	761,3	21,0	294,0	0,210	0,200	24	1.440	0,300	50	50	0,700	23,35	50	50	0,216	4,39
6778	6760	2018/04/06	760,4	19,8	292,8	0,210	0,203	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,11	50	50	0,178	3,58
6779	6761	2018/04/08	760,5	20,9	293,9	0,210	0,201	24	1.440	0,300	50	50	0,700	23,31	50	50	0,134	2,72
6780	6762	2018/04/10	761,2	18,2	291,2	0,210	0,202	24	1.440	0,304	50	50	0,739	24,30	50	50	0,143	2,87
6781	6763	2018/04/12	761,3	17,9	290,9	0,210	0,200	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,11	50	50	0,146	2,94
6782	6764	2018/04/14	760,4	21,6	294,6	0,210	0,201	24	1.440	0,300	50	50	0,700	23,37	50	50	0,100	2,04
6783	6765	2018/04/16	759,6	21,3	294,3	0,210	0,205	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,15	50	50	0,123	2,48
6784	6766	2018/04/18	758,6	19,5	292,5	0,210	0,206	24	1.440	0,305	50	50	0,700	22,98	50	50	0,118	2,36
6785	6767	2018/04/20	758,9	21,0	294,0	0,210	0,207	24	1.440	0,304	50	50	0,770	25,34	50	50	0,100	2,01
6786	6768	2018/04/22	760,6	20,0	293,0	0,210	0,200	24	1.440	0,301	50	50	0,700	23,29	50	50	0,100	2,03
6787	6769	2018/04/24	760,9	21,3	294,3	0,210	0,203	24	1.440	0,301	50	50	0,700	23,22	50	50	0,148	2,99
6788	6770	2018/04/26	759,8	19,2	292,2	0,210	0,201	24	1.440	0,302	50	50	0,700	23,20	50	50	0,100	2,02
6789	6771	2018/04/28	758,8	17,9	290,9	0,210	0,202	24	1.440	0,303	50	50	0,700	23,08	50	50	0,125	2,51

INDICADORES	PERIODO	25-mar-18		28-abr-18		Dias que excedieron la norma SO2 µg/m3	Dias que excedieron la norma NO2 µg/m3
	DESCRIPCION	CONCENTRACION NO_2 $\mu g/m^3$	CONCENTRACION SO_2 $\mu g/m^3$	NORMA 1 HORA NO2 µg/m3	NORMA 1 HORA SO2 µg/m3		
	UNIDAD						
	MAXIMO DIARIO	4,39	25,34	200	100	0	0
	MINIMO DIARIO	2,00	22,88	200	100		
	PROMEDIO	2,58	23,34	NA	NA		
	RANGO	2,39	2,46	NA	NA		

OZONO O3

Enseguida se observan los resultados promediados por día del monitoreo de este parámetro, el día 02 de abril de 2018 se presentó una concentración máxima de 62,86 µg/m3 promedio/día en la estación 6. San Juan (Cabecera del municipio). Tal resultado no supera los valores máximos permitidos por la resolución 2254 de 2017 de 100 µg/m3 por 8 horas.

Tabla 5-210 Resultados O3 Estaciones 1 a 6.

	O3					
Fecha	**E1. Pilcuan**	**E2. Mikel**	**E3. Picapiedra**	**E4. Vda. La Esperanza**	**E5. Contadero**	**E6. San Juan**
2018/03/25	41,53	31,56	54,68	27,75	31,78	62,09
2018/03/27	30,81	37,51	42,97	38,04	31,75	46,48
2018/03/29	41,25	36,22	54,30	29,57	35,35	50,31
2018/03/31	34,94	43,48	42,39	42,91	35,09	50,48
2018/04/02	48,09	35,69	39,36	33,46	39,77	62,86
2018/04/04	36,55	36,14	43,25	33,99	41,61	46,04
2018/04/06	35,02	37,52	37,79	32,87	36,75	62,16
2018/04/08	37,00	32,11	37,44	30,73	36,17	52,91
2018/04/10	32,48	33,05	46,02	27,00	31,04	45,44
2018/04/12	32,82	39,16	34,35	38,15	31,06	47,74
2018/04/14	39,20	29,39	36,37	27,46	33,28	58,94
2018/04/16	34,13	31,66	40,63	29,00	30,86	44,68
2018/04/18	32,05	35,90	47,40	30,84	32,50	57,89
2018/04/20	35,03	40,97	34,36	38,60	35,11	44,11
2018/04/22	42,11	30,97	48,47	30,27	40,68	44,65
2018/04/24	32,65	40,16	38,56	38,45	32,11	47,81
2018/04/26	40,01	32,76	34,23	33,37	38,98	55,85
2018/04/28	45,63	47,15	55,70	53,06	43,13	51,00
Periodo	**2018/03/25**			**2018/04/28**		
Norma	**100 µg/m³ O3 8 horas**					
Unidad	**µg/m³ O3 diarios**					
Descripción	**Concentración día E1.**	**Concentración día E2.**	**Concentración día E3.**	**Concentración día E4.**	**Concentración día E5.**	**Concentración día E6.**
Maximo	48,09	47,15	55,70	53,06	43,13	62,86
Minimo	30,81	29,39	34,23	27,00	30,86	44,11
Promedio	37,29	36,19	42,68	34,20	35,39	51,75
Rango	17,28	17,76	21,47	26,05	12,27	18,75

MONÓXIDO DE CARBONO CO

Enseguida se observan los resultados promediados por día del monitoreo de este parámetro; el día 10 de abril de 2018 se presentó una concentración máxima de 1294,16 µg/m3 promedio/día en la estación 4. Km 31+100 (Vereda la Esperanza). Tal resultado no supera los valores máximos permitidos por la resolución 2254 de 2017 de 35.000 µg/m3 por 1 hora. Sin embargo, es pertinente mencionar que tal estación contiene un dato atípico (22897,08 µg/m3) el día 10 de abril a las 6:00 am. El segundo máximo se reporta en la estación 2. Campamento Mikel (Vereda El Porvenir) con 746,26 µg/m3.

Tabla 5-211 Resultados CO Estaciones 1 a 6.

CO						
Fecha	**E1. Pilcuan**	**E2. Mikel**	**E3. Picapiedra**	**E4. Vda. La Esperanza**	**E5. Contadero**	**E6. San Juan**
2018/03/25	590,08	632,44	341,07	345,36	452,64	590,08
2018/03/27	704,09	746,26	358,72	349,66	452,97	704,09
2018/03/29	582,92	607,80	352,52	331,53	417,49	582,92
2018/03/31	559,55	584,78	349,66	388,77	416,56	559,55
2018/04/02	504,69	538,24	373,51	324,38	476,10	504,69
2018/04/04	502,30	550,84	474,64	311,50	374,54	502,30
2018/04/06	417,87	446,70	422,16	402,61	291,30	417,87
2018/04/08	331,53	347,47	351,09	325,33	264,72	331,53
2018/04/10	377,80	395,03	331,53	1294,16	227,20	377,80
2018/04/12	390,20	427,67	324,38	303,39	422,24	390,20
2018/04/14	332,96	349,28	357,77	312,93	477,56	332,96
2018/04/16	310,54	328,48	350,61	436,00	390,58	310,54
2018/04/18	320,56	342,20	320,08	415,96	245,50	320,56
2018/04/20	312,93	348,53	324,38	378,76	381,27	312,93
2018/04/22	317,22	333,37	303,39	332,48	291,57	317,22
2018/04/24	447,92	451,32	297,19	330,10	262,80	447,92
2018/04/26	330,10	356,49	349,18	363,49	296,64	330,10
2018/04/28	364,45	385,29	374,46	310,19	277,76	364,45
Periodo	**2018/03/25**			**2018/04/28**		
Norma	**5.000 µg/m³ CO 8 horas**			**35.000 µg/m³ CO hora**		
Unidad	**µg/m³ CO diarios**					
Descripción	**Concentración día E1.**	**Concentración día E2.**	**Concentración día E3.**	**Concentración día E4.**	**Concentración día E5.**	**Concentración día E6.**
Maximo	704,09	746,26	474,64	1294,16	477,56	704,09
Minimo	310,54	328,48	297,19	303,39	227,20	310,54
Promedio	427,65	454,01	353,13	403,14	356,63	427,65
Rango	393,54	417,78	177,45	990,78	250,36	393,54

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En las siguientes gráficas se presentan los resultados promedio/día obtenidos en cada una de las estaciones para cada uno de los parámetros analizados; las concentraciones en las seis estaciones de monitoreo se encuentran por debajo de la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MAVDT.

Figura 5.201 Datos de Calidad del Aire para PM10

Figura 5.202 Datos de Calidad del Aire para PM2.5

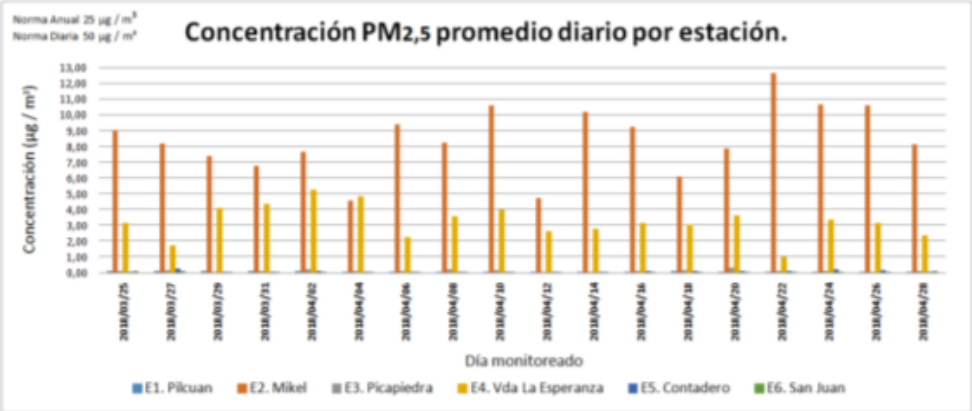


Figura 5.203 Datos de Calidad del Aire para SO2

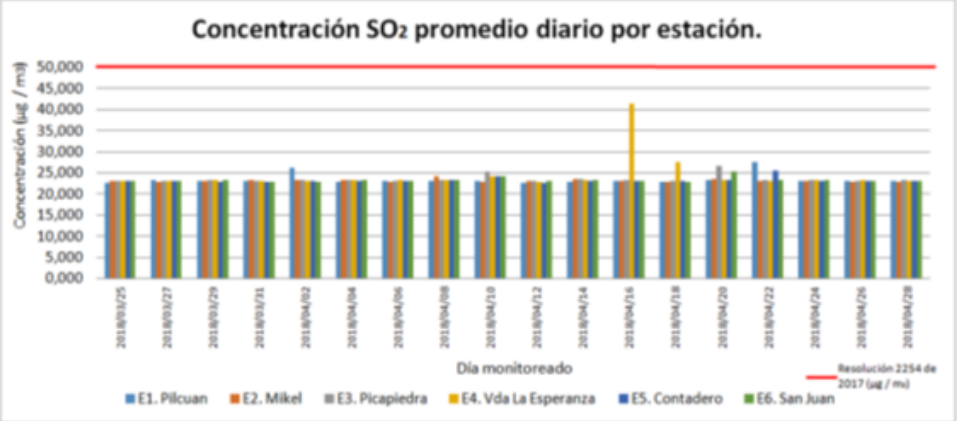


Figura 5.204 Datos de Calidad del Aire para NOx

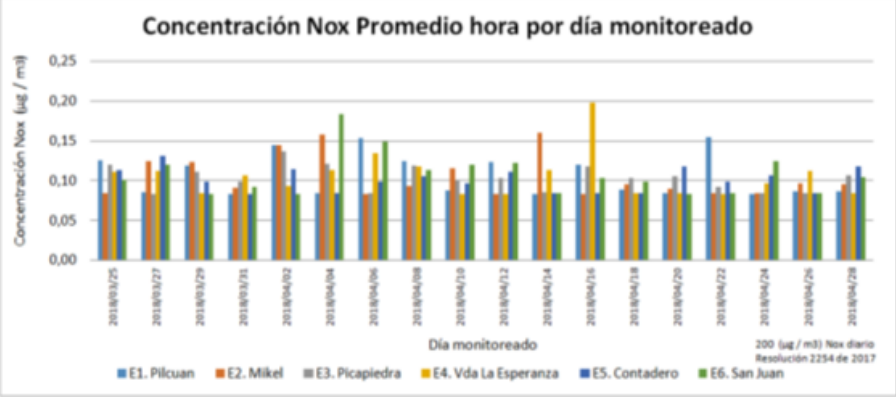


Figura 5.205 Datos de Calidad del Aire para O3

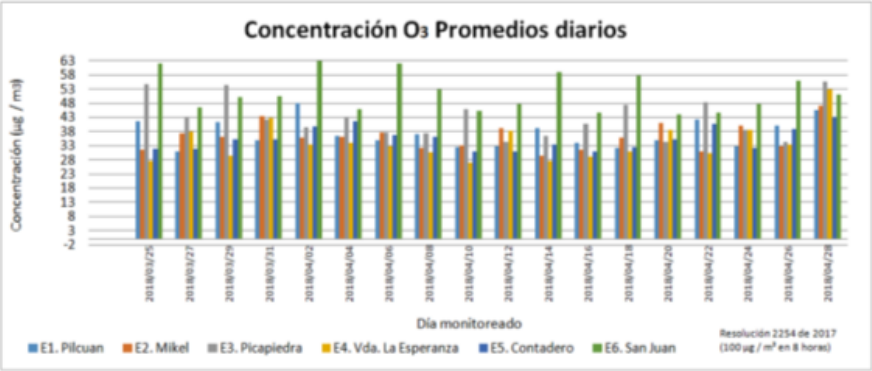
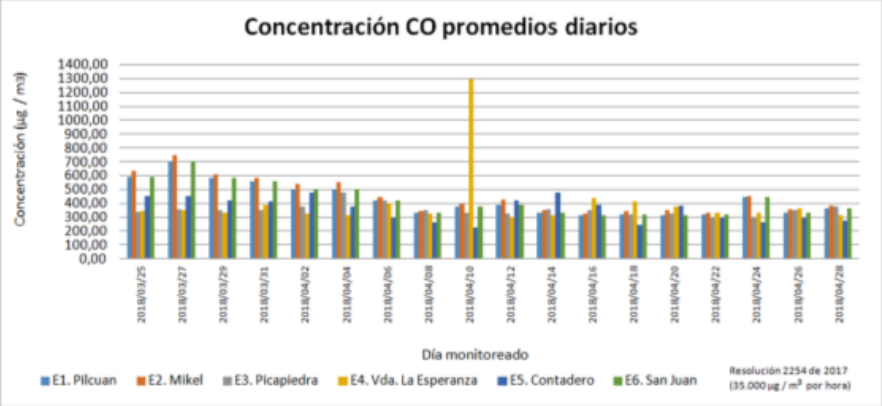
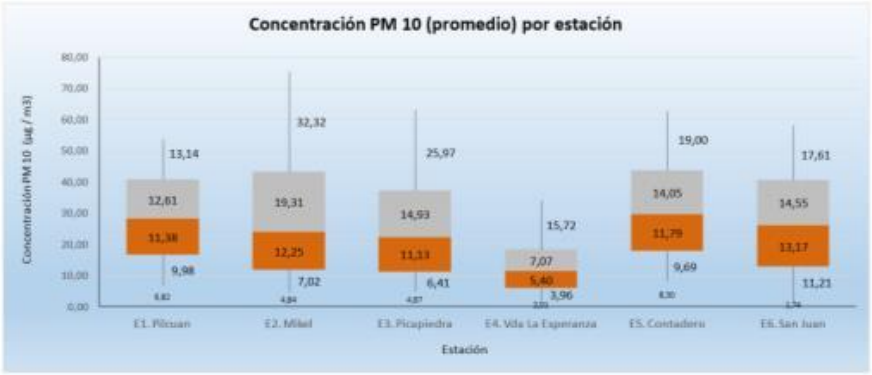


Figura 5.206 Datos de Calidad del Aire para CO



En las siguientes gráficas se muestran las tendencias centrales de los datos para los puntos y su variabilidad con respecto al centro de cada grupo de datos (medianas).

Figura 5.207 Diagrama de Caja para PM10 Diario



Realizando un análisis estadístico, la mediana de concentraciones calculadas de PM10 obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 11,38 µg/m3 en la estación 1, 12,25 µg/m3 en la estación 2, 11,13 µg/m3 en la estación 3, 5,40 µg/m3 en la estación 4, 11,79 µg/m3 en la estación 5 y 13,17 µg/m3 en la estación 6; con un valor máximo de 32,32 µg/m3 reportado el día 14 de abril en la estación 2. Campamento Mikel (Vereda el Porvenir) y un mínimo de 1,74 µg/m3 reportado el día 02 de abril de 2018 en la estación 6. San Juan (Cabecera municipio).

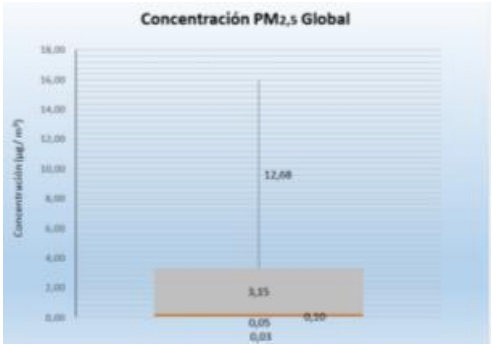
Figura 5.208 Diagrama de Caja global para PM10

El promedio global de PM10 obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 11,22 µg/m3.

Figura 5.209 Diagrama de Caja para PM2.5 diario

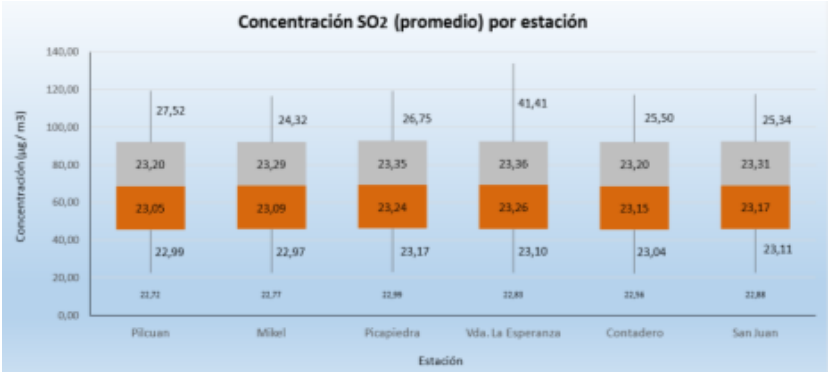
La mediana de PM2.5 obtenida en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 0,07 µg/m3 en la estación 1, 8,21 µg/m3 en la estación 2, 0,10 µg/m3 en la estación 3, 3,16 µg/m3 en la estación 4, 0,07 µg/m3 en la estación 5 y 0.05 µg/m3 en la estación 6.

Figura 5.210 Diagrama de Caja para PM2.5



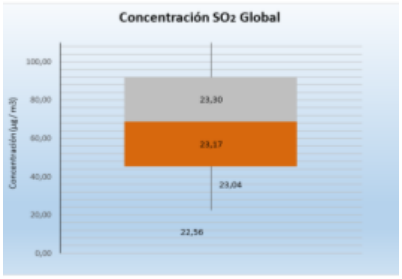
La mediana global de PM2.5 obtenida en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 0,10 µg/m3 con un valor máximo de 12,68 µg/m3 reportado el día 22 de abril en la estación 2. Campamento Mikel (Vereda el Porvenir) y un mínimo de 0,03 µg/m3 para las estaciones 1. Pilcuan La Recta (Gallera) y estación 5. Contadero (Cabecera municipal).

Figura 5.211 Diagrama de Caja para SO2 diario



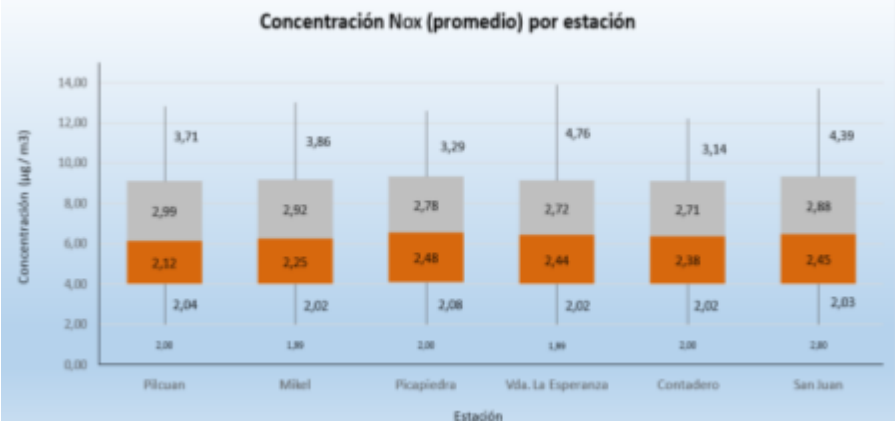
La mediana de las concentraciones de SO2 calculadas en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 23,05 µg/m3 en la estación 1, 23,09 µg/m3 en la estación 2, 23,24 µg/m3 en la estación 3, 23,26 µg/m3 en la estación 4, 23,15 µg/m3 en la estación 5 y 23,17 µg/m3 en la estación 6.

Figura 5.212 Diagrama de Caja global para SO2



El promedio global de PM2.5 obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 23,55 µg/m3 con un valor máximo de 41,41 µg/m3 reportado el día 16 de abril en la estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza) y un mínimo de 22,56 µg/m3 para la estación 5. Contadero (Cabecera municipal) el 12 de abril, cumpliendo con los máximos permitidos por la norma al no exceder los 50 µg/m3 diarios.

Figura 5.213 Diagrama de Caja para NOx diario



Realizando un análisis estadístico, la mediana de Nox obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 2,12 µg/m3 en la estación 1, 2,25 µg/m3 en la estación 2, 2,48 µg/m3 en la estación 3, 2,44 µg/m3 en la estación 4, 2,38 µg/m3 en la estación 5 y 2,45 µg/m3 en la estación 6.

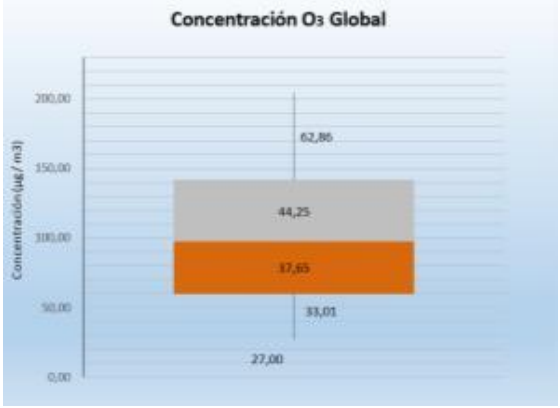
Figura 5.214 Diagrama de Caja global para NOx

El promedio global de Nox obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 2,51 µg/m3 con un valor máximo de 4,76 µg/m3 reportado el día 16 de abril en la estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza) y un mínimo de 1,99 µg/m3 para las estaciones 2. Campamento Mikel (Vereda El Porvenir) y la estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza), cumpliendo con los máximos permitidos por la norma al no exceder los 200 µg/m3 por hora.

Figura 5.215 Diagrama de Caja por hora de monitoreo para O3

Al analizar los resultados obtenidos por estación encontramos que las medianas en las concentraciones de O3 en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 34,43 µg/m3 en la estación 1, 33,21 µg/m3 en la estación 2, 38,15 µg/m3 en la estación 3, 31,42 µg/m3 en la estación 4, 32,14 µg/m3 en la estación 5 y 49,11 µg/m3 en la estación 6. Los valores máximos registrados por hora se encuentran en la estación 3. Picapiedra e Iles San Juan con 103,79 µg/m3 y 103,85 µg/m3 103 a las 8:00 y 9:00 am respectivamente del día 25 de marzo de 2018 y en la estación 6. San Juan (Cabecera municipal) con 105,54 µg/m3 y 103,70 µg/m3 los días 25 de marzo a las 10:00 am y 02 de abril a las 9:00 am respectivamente. Tales registros exceden la norma expuesta en la Resolución 2254 de 2017 de 100 µg/m3 por 8 horas.

Figura 5.216 Diagrama de Caja global para O3 (Promedios diarios).



El promedio global de O3 obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 39,58 µg/m3 con un promedio máximo de 62,86 µg/m3 en la estación 6 el día 2 de abril y un mínimo de 27,00 µg/m3 en la estación Km31+100 (Vereda La Esperanza) el 10 de abril de 2018, sin exceder los 100 µg/m3 por 8 horas de la norma.

Figura 5.217 Diagrama de Caja por hora de monitoreo para CO

Al analizar los resultados obtenidos por estación encontramos que las medianas en las concentraciones de CO en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 366,35 µg/m3 en la estación 1, 386,73 µg/m3 en la estación 2, 309,11 µg/m3 en la estación 3, 320,56 µg/m3 en la estación 4, 294,62 µg/m3 en la estación 5 y 366,35 µg/m3 en la estación 6. Los valores máximos registrados por hora se encuentran en la estación 4. Km 31+100 con 22897,08 µg/m3 el 10 de abril a las 6:00 am, comportándose como un dato atípico; esta estación también reporta un segundo máximo de 1133,41 µg/m3 el 18 de abril a las 4:00 pm. El día 12 de abril a las 11:00 pm se reporta un máximo en la estación 5. Contadero (Cabecera municipal) con 2620,46 µg/m3 y el día 27 de marzo a las 7:00 pm en la estación 2. Campamento Mikel (Vereda El Porvenir) se reporta un máximo de 1522,01 a las 7:00 pm. Tales no exceden la norma expuesta en la Resolución 2254 de 2017 de 35000 µg/m3 por 1 hora.

Figura 5.218 Diagrama de Caja global para CO (Promedios diarios).

El promedio global de CO obtenido en la jornada de monitoreo de las seis estaciones fue de 403,70 µg/m3 con un promedio máximo de 1294,16 µg/m3 en la estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza) el día 10 de abril y un mínimo de 227,20 µg/m3 en la estación 5. Contadero (Cabecera municipio) el 10 de abril de 2018, sin exceder los 35000 µg/m3 por hora de la norma.

Cálculo del índice de la Calidad del Aire - ICA

Una vez calculadas las concentraciones, se procedió al cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA), solamente para el parámetro PM10 teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el ítem 7.6.7 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire (Resolución 2154 de 2010). Para las mediciones de óxidos de Nitrógeno aplican mediciones de tres horas y para monóxido de carbono de ocho horas, y en el monitoreo actual se realizaron mediciones de 24 horas y 1 hora respectivamente.

De acuerdo con lo estipulado en el ítem 7.6.7 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire (Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire), el ICA corresponde a un valor adimensional, que oscila entre 0 y 500, en las tablas 33, 34 y 35 de este protocolo se presentan los puntos de corte, rangos cualitativos, los efectos a la salud, el valor del ICA y las acciones preventivas que se deben tener en cuenta.

El ICA es un índice para reportar la calidad del aire diaria. Este indica cuan limpio o contaminado está el aire en una zona determinada y los efectos a la salud asociados a la concentración medida. El ICA se centra en los efectos a la salud que se pueden experimentar a pocas horas o a días después de respirar el aire contaminado.

Tabla 5-212 Clasificación de la calidad del aire PM10

Color y Rango ICA	Calidad del Aire	PM10 24H ($\mu g/m^3$)
0 - 50	Buena	0-54
51 - 100	Moderada	55-154
101 - 150	Dañina a la Salud para grupos sensibles	155-254
151 - 200	Dañina a la Salud	255-354
201 - 300	Muy dañina a la Salud	355-424
301 - 500	Peligrosa	425-604

(Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la Calidad del Aire MAVDT 2010)

Para calcular los ICA, se emplea la siguiente ecuación:

$$Ip = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}}(C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Ecuación 9. Cálculo de ICA.

Donde:

Ip: Índice para el contaminante p
Cp: Concentración medida para el contaminante p
BPHi: Punto de corte mayor o igual Cp BPLo: Punto de corte menor o igual Cp
IHi: Valor de Calidad del aire correspondiente al BPHi
ILo: Valor de Calidad del aire correspondiente al BPLo

A continuación se muestran los ICA para las mediciones de calidad del aire PM10, allí se puede observar que de la totalidad de las muestras presentan un ICA que califica la calidad del aire como buena.

Tabla 5-213 Clasificación de la calidad del aire PM10

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE PM10 - LINEA BASE EIA 1B TRAMO SAN JUAN-PEDREGAL												
FECHA	ESTACION 1 PM10 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 1	ESTACION 2 PM10 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 2	ESTACION 3 PM10 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 3	ESTACION 4 PM10 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 4	ESTACION 5 PM10 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 5	ESTACION 6 PM10 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 6
2018/03/25	6,917	6,405	4,843	4,484	20,059	18,574	2,012	1,863	11,696	10,830	11,256	10,422
2018/03/27	12,976	12,015	6,225	5,764	11,424	10,578	11,672	10,808	14,404	13,337	8,816	8,163
2018/03/29	6,816	6,311	5,824	5,393	11,256	10,422	15,721	14,556	8,890	8,231	4,523	4,188
2018/03/31	12,639	11,703	6,351	5,881	7,007	6,488	3,962	3,668	16,161	14,964	4,150	3,843
2018/04/02	9,118	8,443	12,485	11,560	25,970	24,047	9,313	8,623	11,147	10,322	1,738	1,610
2018/04/04	11,020	10,204	4,905	4,541	14,463	13,392	4,230	3,917	11,885	11,004	13,672	12,659
2018/04/06	8,238	7,627	19,495	18,051	6,395	5,921	6,225	5,764	14,404	13,337	14,589	13,508
2018/04/08	9,801	9,075	9,013	8,345	20,059	18,574	11,067	10,247	9,437	8,738	15,522	14,372
2018/04/10	12,612	11,678	19,745	18,282	12,039	11,147	3,974	3,679	12,828	11,878	13,394	12,402
2018/04/12	10,690	9,898	9,127	8,451	11,004	10,189	5,345	4,949	14,280	13,222	17,605	16,301
2018/04/14	11,786	10,913	32,321	29,927	15,092	13,974	6,100	5,648	10,668	9,878	15,767	14,599
2018/04/16	13,145	12,171	18,761	17,371	19,868	18,396	3,415	3,162	8,300	7,686	12,672	11,734
2018/04/18	12,299	11,388	30,246	28,006	6,747	6,247	3,801	3,520	9,427	8,729	11,189	10,360
2018/04/20	12,613	11,679	11,466	10,616	6,455	5,977	7,231	6,696	10,438	9,665	15,328	14,192
2018/04/22	12,702	11,761	12,011	11,121	5,997	5,553	5,464	5,059	13,349	12,360	11,458	10,609
2018/04/24	11,193	10,364	19,868	18,396	5,552	5,140	6,603	6,114	18,998	17,591	14,453	13,382
2018/04/26	10,501	9,723	14,714	13,624	5,181	4,798	2,484	2,300	9,307	8,617	13,338	12,350
2018/04/28	11,570	10,713	17,041	15,779	4,873	4,512	4,905	4,541	13,142	12,169	13,005	12,042

Fuente: CIAN LTDA- QHSE S.A.S.

Tabla 5-214 Clasificación de la calidad del aire PM2.5

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE PM2,5 - LINEA BASE EIA 1B TRAMO SAN JUAN-PEDREGAL												
FECHA	ESTACION 1 PM2,5 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 1	ESTACION 2 PM2,5 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 2	ESTACION 3 PM2,5 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 3	ESTACION 4 PM2,5 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 4	ESTACION 5 PM2,5 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 5	ESTACION 6 PM2,5 (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 6
2018/03/25	0,110	0,458	9,045	37,688	0,083	0,347	3,140	13,083	0,075	0,313	0,116	0,484
2018/03/27	0,098	0,408	8,174	34,060	0,135	0,562	1,755	7,312	0,245	1,020	0,081	0,337
2018/03/29	0,102	0,423	7,424	30,932	0,041	0,169	4,079	16,995	0,073	0,302	0,076	0,316
2018/03/31	0,089	0,372	6,784	28,268	0,082	0,341	4,338	18,073	0,055	0,228	0,073	0,302
2018/04/02	0,087	0,361	7,684	32,017	0,189	0,786	5,261	21,919	0,122	0,510	0,066	0,273
2018/04/04	0,070	0,290	4,558	18,991	0,123	0,513	4,837	20,153	0,046	0,194	0,050	0,209
2018/04/06	0,073	0,302	9,398	39,158	0,105	0,439	2,241	9,339	0,029	0,119	0,049	0,206
2018/04/08	0,078	0,327	8,245	34,352	0,212	0,882	3,552	14,799	0,038	0,159	0,049	0,202
2018/04/10	0,052	0,218	10,639	44,328	0,161	0,669	4,006	16,692	0,031	0,130	0,048	0,199
2018/04/12	0,077	0,320	4,711	19,629	0,052	0,216	2,624	10,933	0,029	0,119	0,051	0,211
2018/04/14	0,032	0,135	10,201	42,504	0,060	0,251	2,760	11,501	0,042	0,175	0,078	0,327
2018/04/16	0,037	0,152	9,273	38,639	0,084	0,351	3,137	13,071	0,082	0,341	0,044	0,181
2018/04/18	0,122	0,510	6,078	25,326	0,139	0,579	3,068	12,782	0,102	0,423	0,052	0,218
2018/04/20	0,073	0,304	7,872	32,798	0,325	1,353	3,634	15,140	0,108	0,451	0,046	0,194
2018/04/22	0,033	0,137	12,678	50,342	0,106	0,442	0,987	4,114	0,081	0,337	0,062	0,258
2018/04/24	0,042	0,176	10,652	44,385	0,082	0,342	3,361	14,004	0,217	0,902	0,043	0,178
2018/04/26	0,033	0,137	10,598	44,160	0,044	0,183	3,177	13,239	0,156	0,648	0,052	0,216
2018/04/28	0,046	0,194	8,143	33,927	0,097	0,406	2,360	9,835	0,054	0,223	0,081	0,339

Fuente: CIAN LTDA- QHSE S.A.S.

Tabla 5-215 Clasificación de la calidad del aire NOx

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE NO2 - LINEA BASE EIA 1B TRAMO SAN JUAN-PEDREGAL												
FECHA	ESTACION 1 NO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 1	ESTACION 2 NO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 2	ESTACION 3 NO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 3	ESTACION 4 NO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 4	ESTACION 5 NO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 5	ESTACION 6 NO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 6
2018/03/25	0,125	0,063	0,084	0,042	0,120	0,060	0,111	0,055	0,114	0,057	0,101	0,050
2018/03/27	0,085	0,043	0,124	0,062	0,083	0,042	0,113	0,056	0,131	0,066	0,120	0,060
2018/03/29	0,119	0,060	0,124	0,062	0,111	0,056	0,084	0,042	0,099	0,050	0,084	0,042
2018/03/31	0,084	0,042	0,091	0,046	0,099	0,050	0,106	0,053	0,083	0,042	0,092	0,046
2018/04/02	0,144	0,072	0,145	0,072	0,137	0,069	0,093	0,046	0,114	0,057	0,083	0,042
2018/04/04	0,085	0,042	0,158	0,079	0,121	0,061	0,113	0,057	0,084	0,042	0,183	0,092
2018/04/06	0,153	0,077	0,083	0,042	0,084	0,042	0,134	0,067	0,099	0,050	0,149	0,075
2018/04/08	0,125	0,062	0,093	0,046	0,119	0,060	0,117	0,059	0,106	0,053	0,113	0,057
2018/04/10	0,087	0,044	0,116	0,058	0,101	0,050	0,083	0,042	0,097	0,048	0,119	0,060
2018/04/12	0,124	0,062	0,083	0,042	0,103	0,052	0,083	0,041	0,111	0,056	0,122	0,061
2018/04/14	0,083	0,042	0,161	0,080	0,085	0,043	0,114	0,057	0,084	0,042	0,085	0,042
2018/04/16	0,120	0,060	0,084	0,042	0,117	0,059	0,198	0,099	0,084	0,042	0,103	0,052
2018/04/18	0,089	0,045	0,095	0,048	0,104	0,052	0,084	0,042	0,084	0,042	0,098	0,049
2018/04/20	0,085	0,042	0,090	0,045	0,106	0,053	0,084	0,042	0,118	0,059	0,084	0,042
2018/04/22	0,154	0,077	0,084	0,042	0,092	0,046	0,084	0,042	0,099	0,050	0,085	0,042
2018/04/24	0,084	0,042	0,084	0,042	0,084	0,042	0,097	0,048	0,107	0,053	0,125	0,062
2018/04/26	0,087	0,043	0,096	0,048	0,084	0,042	0,112	0,056	0,084	0,042	0,084	0,042
2018/04/28	0,087	0,043	0,096	0,048	0,107	0,053	0,084	0,042	0,118	0,059	0,105	0,052

Fuente: CIAN LTDA- QHSE S.A.S.

Tabla 5-216 Clasificación de la calidad del aire SO2

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE SO2 - LINEA BASE EIA 1B TRAMO SAN JUAN-PEDREGAL												
FECHA	ESTACION 1 SO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 1	ESTACION 2 SO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 2	ESTACION 3 SO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 3	ESTACION 4 SO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 4	ESTACION 5 SO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 5	ESTACION 6 SO2 (µg/m³) 1 HORA	ICA PUNTO 6
2018/03/25	0,948	0,510	0,964	0,518	0,964	0,518	0,962	0,517	0,959	0,516	0,964	0,518
2018/03/27	0,970	0,521	0,949	0,510	0,958	0,515	0,965	0,519	0,958	0,515	0,963	0,518
2018/03/29	0,958	0,515	0,958	0,515	0,968	0,520	0,968	0,520	0,949	0,510	0,970	0,522
2018/03/31	0,960	0,516	0,970	0,521	0,965	0,519	0,960	0,516	0,956	0,514	0,953	0,513
2018/04/02	1,094	0,588	0,970	0,522	0,973	0,523	0,961	0,517	0,963	0,518	0,956	0,514
2018/04/04	0,954	0,513	0,973	0,523	0,973	0,523	0,971	0,522	0,966	0,519	0,973	0,523
2018/04/06	0,965	0,519	0,954	0,513	0,963	0,518	0,970	0,522	0,965	0,519	0,963	0,518
2018/04/08	0,967	0,520	1,013	0,545	0,969	0,521	0,969	0,521	0,969	0,521	0,971	0,522
2018/04/10	0,962	0,517	0,957	0,514	1,058	0,569	1,010	0,543	1,010	0,543	1,013	0,544
2018/04/12	0,947	0,509	0,958	0,515	0,963	0,518	0,951	0,511	0,940	0,505	0,963	0,518
2018/04/14	0,958	0,515	0,976	0,525	0,976	0,525	0,974	0,524	0,964	0,519	0,974	0,524
2018/04/16	0,967	0,520	0,960	0,516	0,969	0,521	1,725	0,928	0,967	0,520	0,965	0,519
2018/04/18	0,957	0,515	0,957	0,515	0,967	0,520	1,150	0,619	0,964	0,519	0,957	0,515
2018/04/20	0,972	0,522	0,979	0,526	1,114	0,599	0,969	0,521	0,972	0,522	1,056	0,568
2018/04/22	1,147	0,616	0,966	0,519	0,971	0,522	0,959	0,516	1,062	0,571	0,971	0,522
2018/04/24	0,960	0,516	0,965	0,519	0,967	0,520	0,975	0,524	0,965	0,519	0,967	0,520
2018/04/26	0,960	0,516	0,953	0,512	0,967	0,520	0,972	0,522	0,962	0,517	0,967	0,520
2018/04/28	0,959	0,516	0,955	0,513	0,976	0,525	0,966	0,519	0,961	0,517	0,961	0,517

Fuente: CIAN LTDA- QHSE S.A.S.

Tabla 5-217 Clasificación de la calidad del aire CO

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE CO - LINEA BASE EIA 1B TRAMO SAN JUAN-PEDREGAL												
FECHA	ESTACION 1 CO (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 1	ESTACION 2 CO (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 2	ESTACION 3 CO (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 3	ESTACION 4 CO (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 4	ESTACION 5 CO (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 5	ESTACION 6 CO (µg/m³) 24 HORAS	ICA PUNTO 6
2018/03/25	196,692	1,931	210,815	2,069	113,690	1,116	115,121	1,130	150,879	1,481	196,692	1,931
2018/03/27	234,695	2,304	248,754	2,442	119,574	1,174	116,553	1,144	150,989	1,482	234,695	2,304
2018/03/29	194,307	1,907	202,599	1,989	117,507	1,153	110,510	1,085	139,163	1,366	194,307	1,907
2018/03/31	186,516	1,831	194,927	1,913	116,553	1,144	129,591	1,272	138,852	1,363	186,516	1,831
2018/04/02	168,230	1,651	179,414	1,761	124,503	1,222	108,125	1,061	158,699	1,558	168,230	1,651
2018/04/04	167,435	1,643	183,613	1,802	158,212	1,553	103,832	1,019	124,848	1,225	167,435	1,643
2018/04/06	139,291	1,367	148,900	1,462	140,722	1,381	134,202	1,317	97,100	0,953	139,291	1,367
2018/04/08	110,510	1,085	115,824	1,137	117,030	1,149	108,443	1,064	88,239	0,866	110,510	1,085
2018/04/10	125,934	1,236	131,677	1,292	110,510	1,085	431,387	4,234	75,732	0,743	125,934	1,236
2018/04/12	130,068	1,277	142,556	1,399	108,125	1,061	101,129	0,993	140,746	1,381	130,068	1,277
2018/04/14	110,987	1,089	116,428	1,143	119,256	1,171	104,309	1,024	159,187	1,562	110,987	1,089
2018/04/16	103,514	1,016	109,494	1,075	116,871	1,147	145,333	1,427	130,195	1,278	103,514	1,016
2018/04/18	106,853	1,049	114,065	1,120	106,694	1,047	138,655	1,361	81,835	0,803	106,853	1,049
2018/04/20	104,309	1,024	116,177	1,140	108,125	1,061	126,252	1,239	127,089	1,247	104,309	1,024
2018/04/22	105,740	1,038	111,123	1,091	101,129	0,993	110,828	1,088	97,189	0,954	105,740	1,038
2018/04/24	149,308	1,466	150,441	1,477	99,062	0,972	110,033	1,080	87,600	0,860	149,308	1,466
2018/04/26	110,033	1,080	118,831	1,166	116,393	1,142	121,164	1,189	98,879	0,971	110,033	1,080
2018/04/28	121,482	1,192	128,429	1,261	124,821	1,225	103,396	1,015	92,588	0,909	121,482	1,192

Fuente: CIAN LTDA- QHSE S.A.S.

Tabla 5-218 Índices de calidad del aire O3

MONITOREO CALIDAD DEL AIRE O3 - LINEA BASE EIA 1B TRAMO SAN JUAN-PEDREGAL												
FECHA	ESTACION 1 O3 (µg/m³) 8 HORAS	ICA PUNTO 1	ESTACION 2 O3 (µg/m³) 8 HORAS	ICA PUNTO 2	ESTACION 3 O3 (µg/m³) 8 HORAS	ICA PUNTO 3	ESTACION 4 O3 (µg/m³) 8 HORAS	ICA PUNTO 4	ESTACION 5 O3 (µg/m³) 8 HORAS	ICA PUNTO 5	ESTACION 6 O3 (µg/m³) 8 HORAS	ICA PUNTO 6
2018/03/25	13,842	6,529	10,519	4,962	18,227	8,598	9,249	4,363	10,594	4,997	20,698	9,763
2018/03/27	10,271	4,845	12,503	5,898	14,324	6,757	12,681	5,982	10,584	4,992	15,495	7,309
2018/03/29	13,751	6,487	12,074	5,696	18,101	8,538	9,857	4,650	11,784	5,558	16,768	7,910
2018/03/31	11,647	5,494	14,495	6,837	14,129	6,665	14,305	6,748	11,698	5,518	16,826	7,937
2018/04/02	16,030	7,561	11,896	5,611	13,119	6,188	11,152	5,261	13,256	6,253	20,952	9,883
2018/04/04	12,183	5,747	12,047	5,682	14,416	6,800	11,330	5,344	13,868	6,542	15,346	7,239
2018/04/06	11,673	5,506	12,506	5,899	12,596	5,942	10,958	5,169	12,251	5,779	20,718	9,773
2018/04/08	12,332	5,817	10,703	5,048	12,481	5,887	10,242	4,831	12,056	5,687	17,637	8,319
2018/04/10	10,828	5,107	11,017	5,197	15,339	7,235	9,000	4,245	10,348	4,881	15,145	7,144
2018/04/12	10,940	5,160	13,055	6,158	11,451	5,402	12,715	5,998	10,354	4,884	15,913	7,506
2018/04/14	13,065	6,163	9,798	4,622	12,124	5,719	9,154	4,318	11,092	5,232	19,646	9,267
2018/04/16	11,378	5,367	10,552	4,977	13,542	6,388	9,667	4,560	10,287	4,852	14,895	7,026
2018/04/18	10,682	5,039	11,966	5,644	15,799	7,453	10,280	4,849	10,835	5,111	19,296	9,102
2018/04/20	11,676	5,508	13,656	6,441	11,454	5,403	12,868	6,070	11,704	5,521	14,703	6,936
2018/04/22	14,036	6,621	10,323	4,869	16,156	7,621	10,091	4,760	13,561	6,397	14,884	7,021
2018/04/24	10,882	5,133	13,387	6,315	12,853	6,063	12,818	6,046	10,703	5,049	15,937	7,518
2018/04/26	13,336	6,291	10,919	5,150	11,410	5,382	11,122	5,246	12,994	6,129	18,617	8,781
2018/04/28	15,210	7,175	15,717	7,414	18,566	8,757	17,685	8,342	14,378	6,782	17,000	8,019

Fuente: CIAN LTDA- QHSE S.A.S.

Estación 1- Pilcuán La Recta (Gallera)
Estación 2 - Campamento Mikel (Vereda Porvenir)
Estación 3 - Picapiedra e Iles - San Juan
Estación 4 - Km 31+ 100 (Vereda La Esperanza)
Estación 5 - Contadero (Cabecera municipio)
Estación 6 - San Juan (Cabecera municipio)

Particularidades del Periodo

En esta fase de muestreo se presenta temporada de lluvias, con esto se da por entendido que la frecuencia de monitoreo fue día intermedio

Meteorología del periodo

Descripción de la estación: Las condiciones atmosféricas reportadas fueron registradas por una estación meteorológica portátil PCE-FWS 20; la cual fue ubicada en un punto representativo, teniendo en cuenta que dicho punto estuviera en un área libre de barreras en un radio de más de 20 metros, permitiendo el registro de las diferentes variables atmosféricas.

Ubicación: La estación meteorológica fue ubicada en la estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza).

Datos meteorológicos puntuales tomados durante el monitoreo de calidad del aire: Las condiciones meteorológicas tienen importancia fundamental en los sucesos de la contaminación atmosférica, puesto que las sustancias emitidas por procesos industriales, de transporte o simplemente ambientales, son llevadas y dispersadas por ellas. El ciclo de estancia aérea se inicia con la emisión de los contaminantes, seguido por su

transporte y difusión en la atmósfera. El ciclo se completa cuando los contaminantes se depositan sobre la vegetación, las superficies del suelo y del agua, y otros objetos, cuando son arrastrados de la atmosfera por la lluvia, o cuando se escapan al espacio. En algunos casos, los contaminantes se pueden volver a introducir en la atmósfera por la acción del viento.

Para llevar a cabo el análisis de las condiciones meteorológicas se efectuaron mediciones puntuales de los parámetros que a continuación se reportan:

- Temperatura Ambiente.
- Presión Atmosférica.
- Humedad relativa.
- Precipitación.
- Velocidad del viento.
- Dirección del viento.

Para el caso que nos ocupa el análisis de estas condiciones nos permiten establecer que dadas las condiciones de menos lluvias, las variables meteorológicas que más pudieron afectar la concentración de partículas a nivel atmosférico fueron en términos generales las de dirección y velocidad del viento.

Con el propósito de registrar los datos y conocer su comportamiento durante el periodo comprendido entre el 25 de marzo y el 28 de abril de 2018, se configuró la estación para que registrara las variables meteorológicas cada hora; estos datos fueron consolidados de tal manera que se hallaron los valores promedio diarios en cada caso, como se puede apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 5-219 Información Meteorológica Diaria promedio

Fecha	Temp. Ambiente (°C)	Temp. del Aire (°C)	Presion Atmosferica (mmHg)	Humedad Relativa (%)	Precipitacion (mm)	Velocidad del Viento (m/s)	Direccion del Viento
25/03/2018	18,3	15,3	761,34	62,9	0,0	1,4	167,3
26/03/2018	15,5	13,3	760,05	66,4	1,9	1,1	167,8
27/03/2018	18,2	14,3	760,26	64,7	3,9	2,0	140,6
28/03/2018	14,6	13,3	759,90	66,5	3,7	1,2	164,1
29/03/2018	19,7	16,4	758,55	64,3	6,3	1,4	150,0
30/03/2018	16,5	14,5	759,25	66,1	5,5	1,4	209,1
31/03/2018	18,8	14,8	760,07	63,8	2,7	1,9	223,1
1/04/2018	14,7	13,2	760,82	66,2	1,8	1,1	171,6
2/04/2018	20,6	16,9	760,49	63,5	0,3	1,9	148,1
3/04/2018	15,4	14,5	760,54	66,0	0,8	1,0	141,6
4/04/2018	21,0	16,7	761,28	63,3	1,6	2,3	114,4
5/04/2018	14,8	12,9	759,32	65,2	1,8	0,7	198,8
6/04/2018	19,8	15,8	760,36	63,5	3,2	2,4	146,3
7/04/2018	15,6	13,5	761,69	66,0	2,5	1,2	157,5
8/04/2018	20,9	17,7	760,54	62,2	0,1	1,9	213,8
9/04/2018	13,9	13,8	760,64	65,4	0,6	0,5	187,5
10/04/2018	18,2	15,1	761,24	63,3	1,5	1,7	166,9
11/04/2018	12,0	12,1	761,04	67,1	1,2	1,3	173,4
12/04/2018	17,9	14,0	761,29	63,2	3,5	0,8	183,8
13/04/2018	15,4	13,1	761,01	67,0	4,8	1,3	160,3
14/04/2018	21,6	18,7	760,43	62,5	1,8	2,3	85,3
15/04/2018	14,6	11,4	759,58	64,8	0,9	0,5	136,9
16/04/2018	21,3	12,4	759,58	61,9	1,3	0,5	112,5
17/04/2018	16,1	14,1	758,55	64,8	0,9	0,7	234,4
18/04/2018	19,5	16,6	758,56	61,8	0,8	2,7	150,0
19/04/2018	14,4	13,9	759,69	64,6	5,1	1,4	159,4
20/04/2018	21,0	16,5	758,94	61,0	10,9	1,6	214,7
21/04/2018	14,9	12,0	759,13	64,2	6,5	0,7	138,8
22/04/2018	20,0	19,9	760,59	61,0	0,0	2,0	67,5
23/04/2018	16,8	19,9	760,42	65,7	0,0	2,0	67,5
24/04/2018	21,3	19,9	760,85	60,5	0,0	2,0	67,5
25/04/2018	14,5	14,4	761,38	64,3	0,4	0,8	164,1
26/04/2018	19,2	14,7	759,77	61,0	0,9	1,0	238,1
27/04/2018	13,8	13,3	758,74	64,3	0,6	0,3	151,9
28/04/2018	17,9	14,9	758,78	62,3	0,8	1,3	123,8

Análisis de los parámetros medidos

COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA.

La temperatura atmosférica es un indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire; la temperatura del aire suele medirse en escala Celsius (°C), y para ello, se usa el termómetro como instrumento de medición.

La temperatura depende de diversos factores, por ejemplo, la inclinación de los rayos solares, el tipo de sustratos, la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua, entre otros factores. A continuación se observa el comportamiento de la temperatura.

Figura 5.219 Temperatura ambiente por día monitoreado.

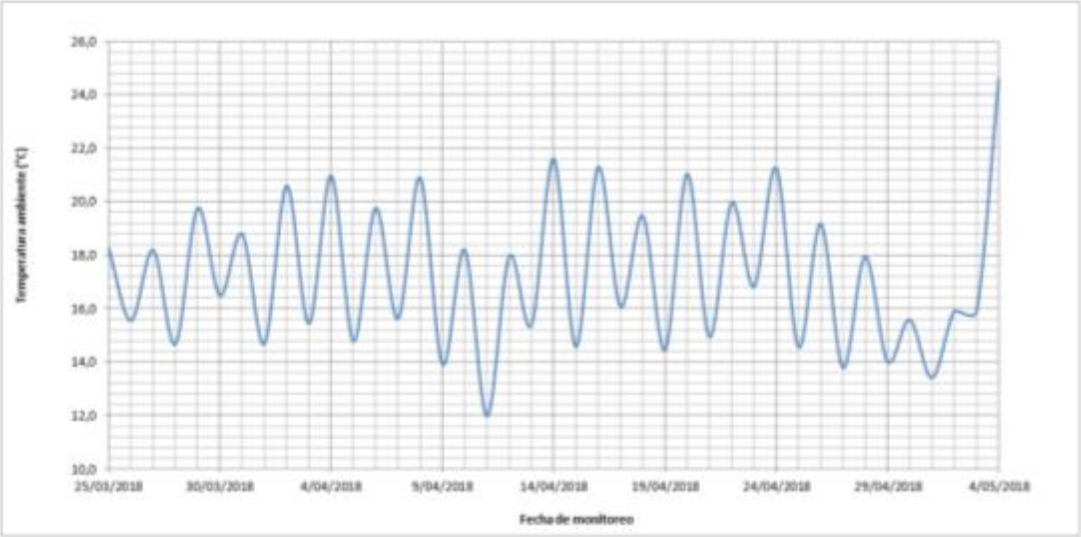
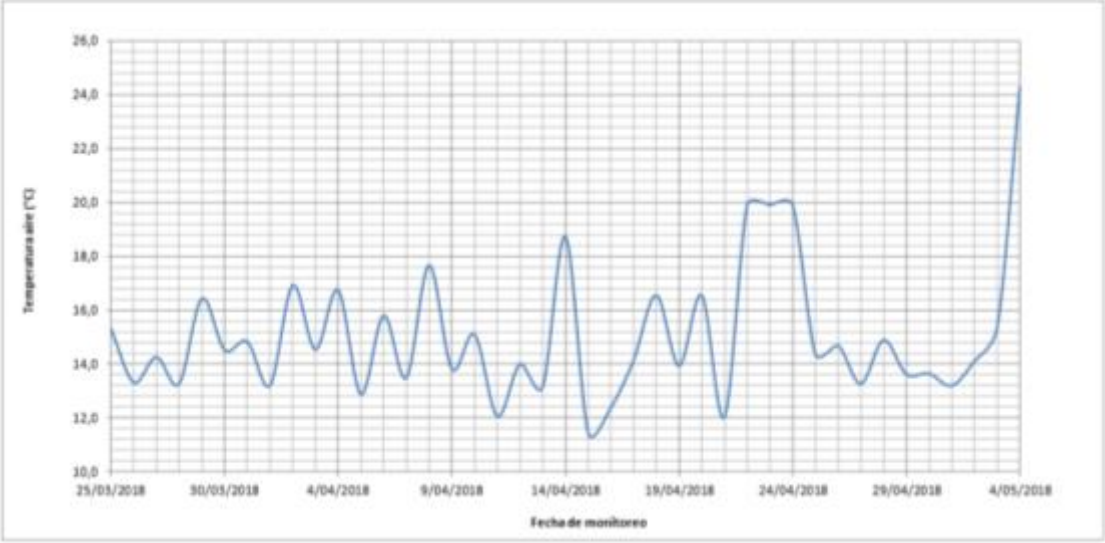


Figura 5.220 Temperatura del aire por día monitoreado.



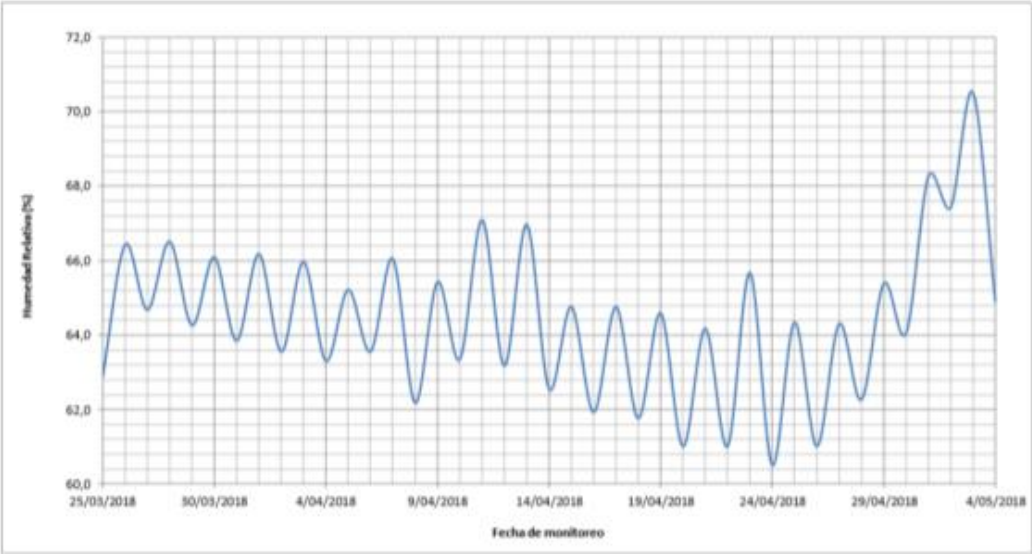
La temperatura durante el monitoreo oscila entre los 21,6°C y los 12,0°C, con un máximo para 14 de abril y un mínimo el 11 de abril de 2018.

HUMEDAD RELATIVA

La humedad indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Según las relaciones psicométricas, la humedad del aire está relacionada con la temperatura ambiente y la presión atmosférica del lugar de medición.

La humedad relativa se define como el porcentaje de saturación del agua en el aire, donde 100% representa el aire cuyo contenido de agua se encuentra saturado y propenso a condensar. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire seco y se expresa generalmente en gramos por centímetro cúbico (g/cm3).

Figura 5.221 Humedad relativa.



El porcentaje de saturación del agua en el aire estuvo entre el 67,1% y 60,5%, el menor valor que se presentó en el periodo de monitoreo fue el día 11 de abril mientras que el porcentaje con mayor valor fue el 24 de abril de 2018.

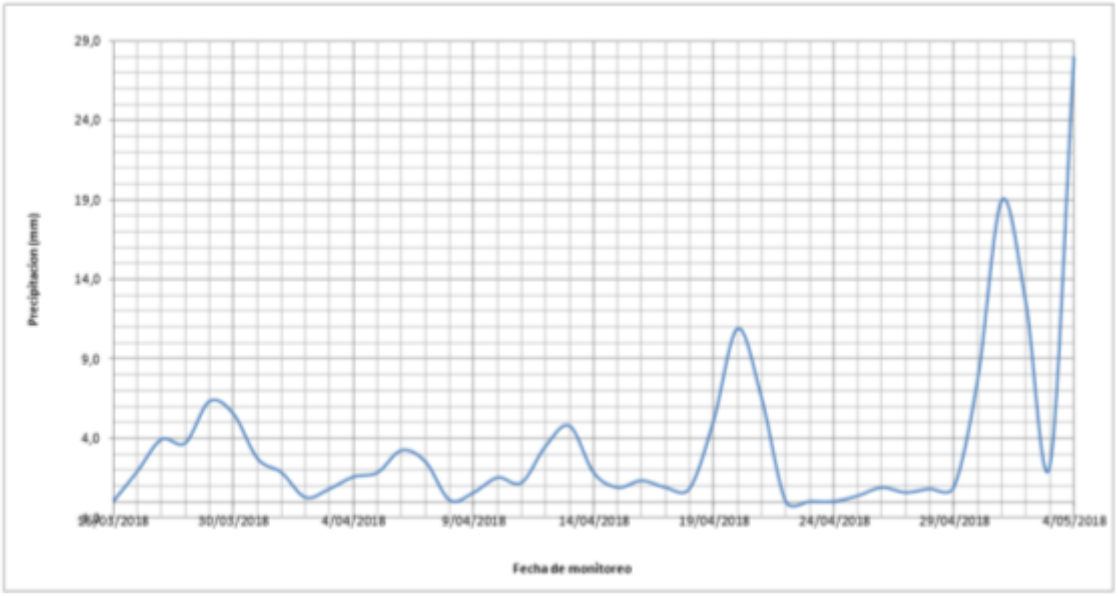
PRECIPITACIÓN

La humedad siempre está presente en la atmósfera en los días sin nubes. Para que ocurra la precipitación, se requiere de algún mecanismo que enfrié el aire lo suficiente para que llegue de esta manera a, o cerca al punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales las cuales producen calentamiento o enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmosfera o por barreras orográficas.

La precipitación es uno de los factores climáticos que mayor incidencia tiene dentro de los procesos de dispersión de contaminantes, pues su presencia hace que las sustancias en suspensión en forma de aerosoles o gases, sean arrastradas con ella. En consecuencia, surte un efecto de lavado, manifestado con la disminución en la concentración. En la gráfica 6 se presenta la precipitación registrada.

La precipitación desplaza partículas contaminantes al suelo y estas pueden acumularse allí o llegar por escorrentía a fuentes hídricas superficiales. Considerando que los niveles de PM10 Y PM2.5 son bajos al compararse con la norma y no son perjudiciales para la salud humana se prevé que tampoco se ocasionará contaminación en fuentes hídricas ni en el suelo.

Figura 5.222 Precipitación.



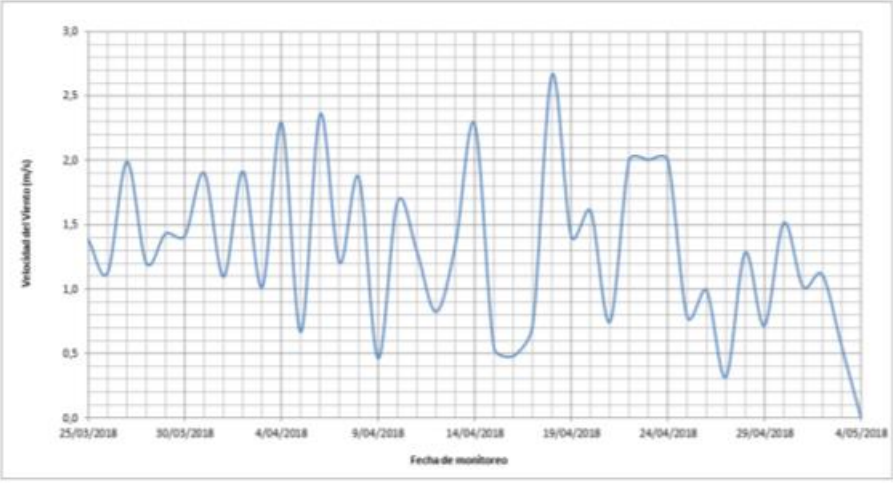
Se puede observar que la precipitación tuvo valores entre 0,00 mm y 68,80 mm; el día con mayor precipitación fue el día 20 de abril de 2018, mientras que la mayor parte de los días del monitoreo prevaleció una precipitación de 0,00mm

COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

El viento es aire en movimiento producido por diferencias de presión atmosférica sobre todo a diferencias de temperatura. La variación de la presión atmosférica y de la temperatura se debe a la distribución desigual del calentamiento solar y a las propiedades térmicas de la superficie. La dispersión de contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmosfera cercana que es creada por el movimiento horizontal y vertical de la atmosfera. La velocidad del viento afecta en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea la velocidad del viento mayor será la dilución y dispersión de

contaminantes. A continuación se observa el comportamiento de la velocidad del viento en el tiempo de muestreo.

Figura 5.223 Velocidad del Viento



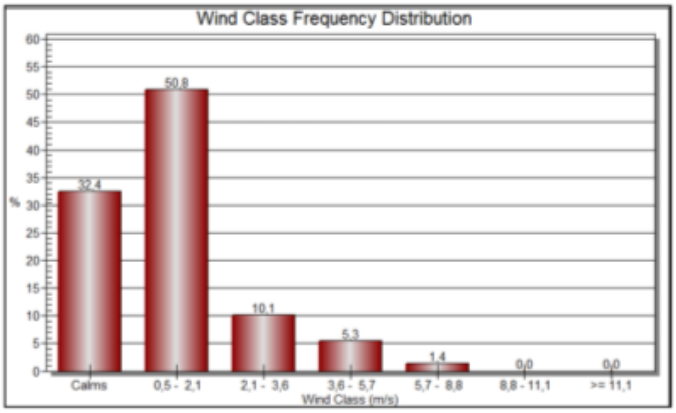
La velocidad del viento arrojó datos entre los 0,3 m/s y los 2,7 m/s; la menor velocidad se presentó el día 27 de abril mientras que el 18 de abril de 2018 se presentó la mayor velocidad.

La velocidad y dirección del viento determina la zona a la cual serán movilizadas las partículas y gases contaminantes; al encontrarse estos en baja concentración no se reflejan efectos nocivos para la salud humana.

ROSA DE LOS VIENTOS

En las siguientes figuras se muestra la rosa de vientos calculada para los datos de campo; con velocidad promedio de 1,28 m/s. a continuación se ilustran las clases de viento distribuidas en porcentajes.

Figura 5.224 Clases de Frecuencia de Distribución del Viento



A continuación se ilustran las clases de viento distribuidas en porcentajes. El 32,4% son de tipo calma; el 51,8% son de tipo ventolina a flojito (Brisa muy débil). El 5,3% es de tipo flojito (Brisa muy débil).

Figura 5.225 Rosa de Vientos inicial (Desde).

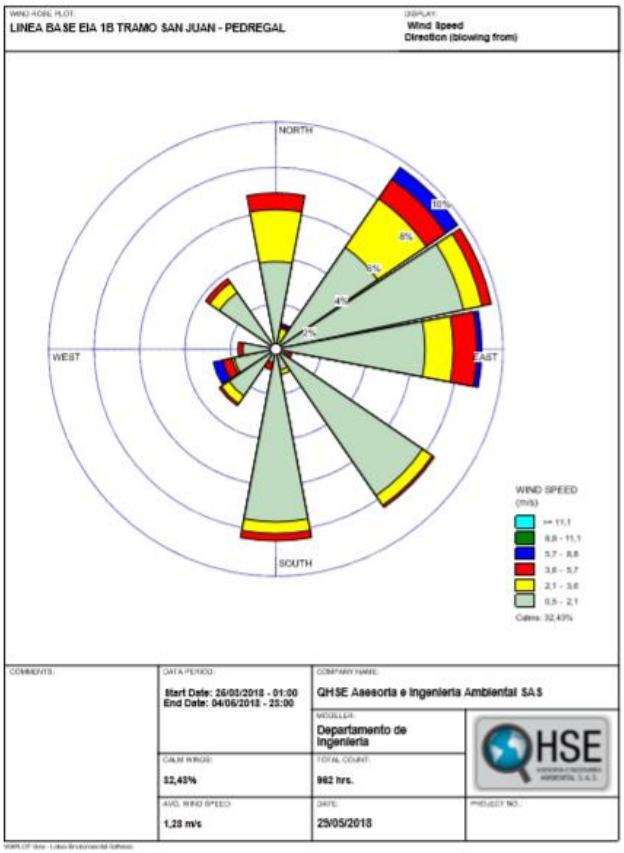


Figura 5.226 Rosa de Vientos Final (Hacia)

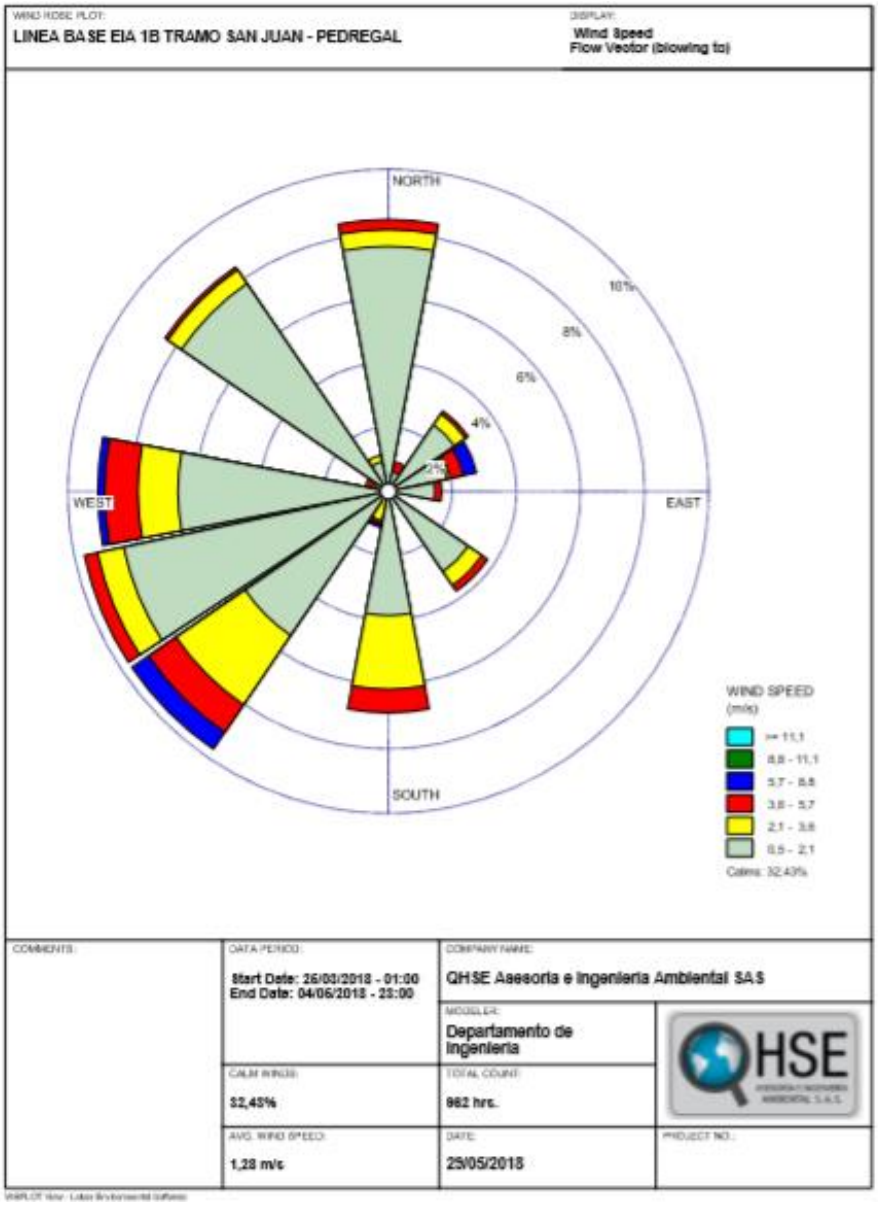
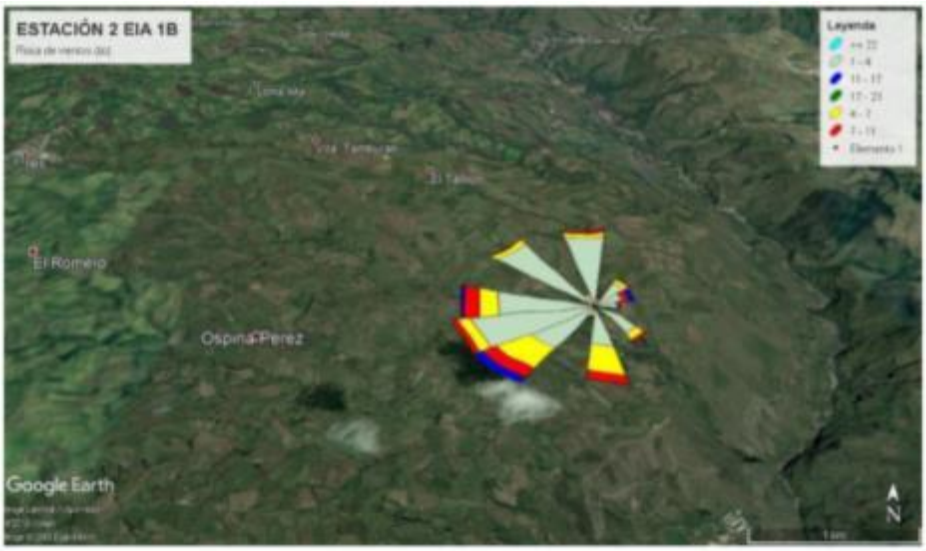


Figura 5.227 Imagen Satelital Rosa de Vientos Final (Desde)

(Fuente: Google Earth.)

Figura 5.228 Imagen Satelital Rosa de Vientos Final (Hacia)



De acuerdo con la rosa de vientos mostrada en las figuras anteriores podemos deducir que el material particulado y gases emitidos por el desarrollo del proyecto se movilizan desde el noreste en su mayoría, hacia dos sentidos: noroccidente y suroccidente; por lo cual las poblaciones hacia donde pueden dispersarse los

agentes contaminantes son Iles, Contadero y San Juan. Considerando que la estación meteorológica fue ubicada en la estación 4. Km 31+100 (Vereda La Esperanza) a una altura aproximada de 2.705 m.s.n.m., y la población de Iles se ubica a una altura aproximada de 2.984 m.s.n.m., ésta última no se vería afectada por la dispersión de los agentes contaminantes, a diferencia de lo que sucede con las poblaciones de Contadero y San Juan que se encuentran a alturas de 2.630 m.s.n.m. y 2.446 m.s.n.m. respectivamente. Pese a lo anterior, dado que las concentraciones calculadas se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles estipulados en la norma, las poblaciones no tendrían ninguna afectación por este concepto.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos del Monitoreo de Calidad del Aire realizado para proyecto denominado EMP. 063 Línea base EIA 1B, tramo San Juan Pedregal, cumplen para las concentraciones obtenidas de los parámetros tales como material particulado PM2.5 y PM10, óxidos de Nitrógeno, dióxido de Azufre, Ozono y CO, dando cumplimiento a los valores máximos permisibles establecidos en las Resoluciones 2254 de 2017, 650 de 2010 y 2154 de 2010 del MAVDT. Durante el monitoreo predomina la temporada invernal.

- Ninguna de las estaciones excede los límites normativos permisibles para PM10 según la Resolución 2254 del 2017, es decir, 100 µg/m3 diarios.

- Ninguna de las estaciones excede los límites normativos permisibles para PM 2.5 según la Resolución 2254 del 2017 es decir 50 µg/m3 en 24 horas (diarios).

- Los valores arrojados de SO2 se encuentran por debajo del límite diario máximo permisible de la norma (100 µg/m3 hora).

- Las concentraciones obtenidas de Nox no representan ningún peligro para la salud humana ya que los valores arrojados se encuentran por debajo del límite diario máximo permisible de la norma (200 µg/m3 hora).

- En relación con O3 se registran dos máximos 105,54 µg/m3 a las 10:00 am y 103,85 µg/m3 a las 9:00 am del día 25 de marzo de 2018 en la estación 6. San Juan (Cabecera municipal); estos registros exceden la norma expuesta en la Resolución 2254 de 2017 de 100 µg/m3 por 8 horas.

- Las concentraciones obtenidas de CO no representan ningún peligro para la salud humana ya que los valores arrojados se encuentran por debajo del límite máximo permisible de la norma (5.000 µg/m3 hora). Una vez obtenidas las concentraciones de las muestras producto del monitoreo se efectuó el cálculo del índice de calidad de aire (ICA) teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el ítem 7.6.7 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Resolución 2154 de 2010) para los parámetros analizados, demostrando que en el 100% de los cálculos obtenidos su

clasificación es buena, excepto en el parámetro PM2, 5 para la Estación 2. Campamento Mikel (Vereda el Porvenir) que presenta un cálculo de ICA clasificado en moderado el día 22 de abril de 2018; de igual manera no representa ningún peligro para la salud humana.

- A modo general, la variación en las concentraciones de material particulado y gases contaminantes mantiene relación con las fluctuaciones presentadas en las variables climáticas analizadas, por lo cual se deduce que estas influyen en la concentración de agentes contaminantes en el ambiente de forma directa. Sin embargo, dados los bajos niveles de material particulado y gases nocivos presentes en el área de influencia del proyecto y al compararlos con los valores máximos permisibles planteados en la norma, se infiere que no causan daño a la salud humana.

5.1.10.4 Ruido.

El ruido está constituido por el conjunto de sonidos no deseados, fuertes, desagradables o inesperados que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas.

El control de ruido ambiental se establece porque es considerado uno de los problemas medioambientales importantes de la actualidad, y en su gran mayoría es producido por las actividades humanas que estas tienen como: las industrias y el crecimiento urbano. Se hace control para prevenir y mitigar el ruido que pueda afectar la salud de la población, el equilibrio de ecosistemas, que perturbe la paz pública o lesione el derecho de las personas a disfrutar tranquilamente de los bienes de uso público y del medio ambiente (IDEAM, 2006).

- **Fuentes de generación de ruido.**

A través del corredor vial objeto del proyecto se identificaron distintas fuentes generadoras de ruido ambiental, así como asentamientos poblacionales e infraestructura social.

Las fuentes de ruido más significativas del área de estudio, están representadas por actividades comerciales de los cascos urbanos del municipio del área de influencia, tanto del comercio formal como informal, ventas ambulantes (que utiliza el perifoneo), etc.

El tránsito vehicular también representa una de las principales fuentes de emisión de ruido. El uso másivo de motocicletas como medio de transporte para los pobladores de las áreas urbanas y rurales, generan ruido por el motor y el uso excesivo de pitos.

Como fuentes de ruido naturales se encuentra el sonido de las aves, insectos y anfibios principalmente durante el horario nocturno.

Entre los potenciales receptores se tienen principalmente los centros poblados correspondientes a San Juan, Contadero, El Porvenir y Pilcuan. En lo relacionado con infraestructura social hay centros educativos, iglesias, centros de salud y escenarios deportivos.

En la siguiente tabla se presentan los principales receptores y emisores de ruido identificados durante el desarrollo del monitoreo de ruido ambiental. (Ver **Tabla 5-220**).

Tabla 5-220 Fuentes generadoras de ruido y potenciales receptores en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

POTENCIALES RECEPTORES	FUENTE RUIDO AMBIENTAL
Corregimiento de San Juan – Ipiales	Vehículos pesados Vehículos livianos Tránsito Motos Tránsito peatonal
Cabecera municipal – Contadero	Vehículos pesados Vehículos livianos Tránsito Motos Tránsito peatonal Animales domésticos
Vereda el Porvenir	Actividades de trituración Vehículos pesados Vehículos livianos Animales domésticos Fauna silvestre Tránsito de motos
Corregimiento de Pilcuan	Vehículos pesados Vehículos livianos Animales domésticos Corriente del rio Guáitara
Campamento Picapiedra	Vehículos pesados Vehículos livianos Tránsito Motos

Fuente: Consorcio SH.

- **Ruido vehicular.**

De manera directa o indirecta todos contribuyen a la generación del ruido ambiental. Las grandes masas de gente que se desplazan diariamente por la vía Panamericana y vías secundarias recorriendo distancias cada vez mayores, propician también un uso creciente de unidades de transporte colectivo o individual en circulación que produce ruido en diversas formas.

Está demostrado que los vehículos automotores en circulación son los que contaminan en mayor medida el ambiente con ruido, esto asociado al sonido que produce el contacto de los neumáticos con el pavimento. (Territorial, 2016).

El ruido emitido de los vehículos circulando por las carreteras depende de factores tales como las características propias del vehículo, la velocidad, régimen de circulación y las características de la rodadura. Desde el punto de vista acústico, el ruido de un automóvil depende del tipo de vehículo, su masa, la potencia del motor, tecnología de la combustión, de su estado de conservación, etc. Respecto a su emisión sonora, los vehículos se pueden clasificar en:

- Vehículos ligeros, aquellos con peso en carga menor de 3,5 toneladas
- Vehículos pesados, con peso en carga mayor de 3,5 toneladas
- Motorizados de dos ruedas (Echazarreta, 2016).

- **Ruido urbano.**

Es el ruido de fondo predominante en una comunidad. Está compuesto por sonidos provenientes de fuentes próximas y lejanas, asociados a las costumbres de los pobladores, se observan tendencias sociales que son irreversibles, como el crecimiento de la población, la densificación de ciertos espacios a costa de otros que pierden población y el incremento de las concentraciones urbanas, creando, en contrapartida, espacios dispersos y con muy pocos habitantes. (Territorial, 2016). En un centro urbano el ruido varía notablemente desde las áreas suburbanas más silenciosas hasta los sectores bordeados por vías de intenso tráfico y establecimientos comerciales. El ruido varía de acuerdo con las horas del día de acuerdo con las actividades predominantes. Las molestias causadas por el ruido constituyen la principal causa de queja de la ciudadanía. (Cauca, 2016).

- **Ruido industrial**

El ruido generado por obras civiles es otra fuente frecuente de ruido urbano y rural, y de gran impacto vecinal para los pobladores más cercanos. En general, el ruido es emitido por la maquinaria de procesamiento y los vehículos de transporte de carga en movimiento; algunas máquinas como hincadoras de pilotes y martillos neumáticos, generan elevados niveles de presión acústica acompañados de vibraciones mecánicas que afectan las áreas aledañas a las obras. Existen también obras en construcción en predios intercalados en zonas habitacionales y de oficinas, que son frecuente motivo de denuncias por la generación de ruido, vibraciones y emisiones contaminantes de la atmósfera. El ruido procedente de las construcciones en general puede ser constante durante largos períodos o fluctuar considerablemente, y aumentar en determinados momentos. (Territorial, 2016). En la **Tabla 5-221** se presenta las principales fuentes de emisión presenta ejemplos de las fuentes de emisiones de ruido identificadas en campo y en la Error! Reference source not found. se presenta los puntos cartografiados de los principales focos de emisiones de ruido.

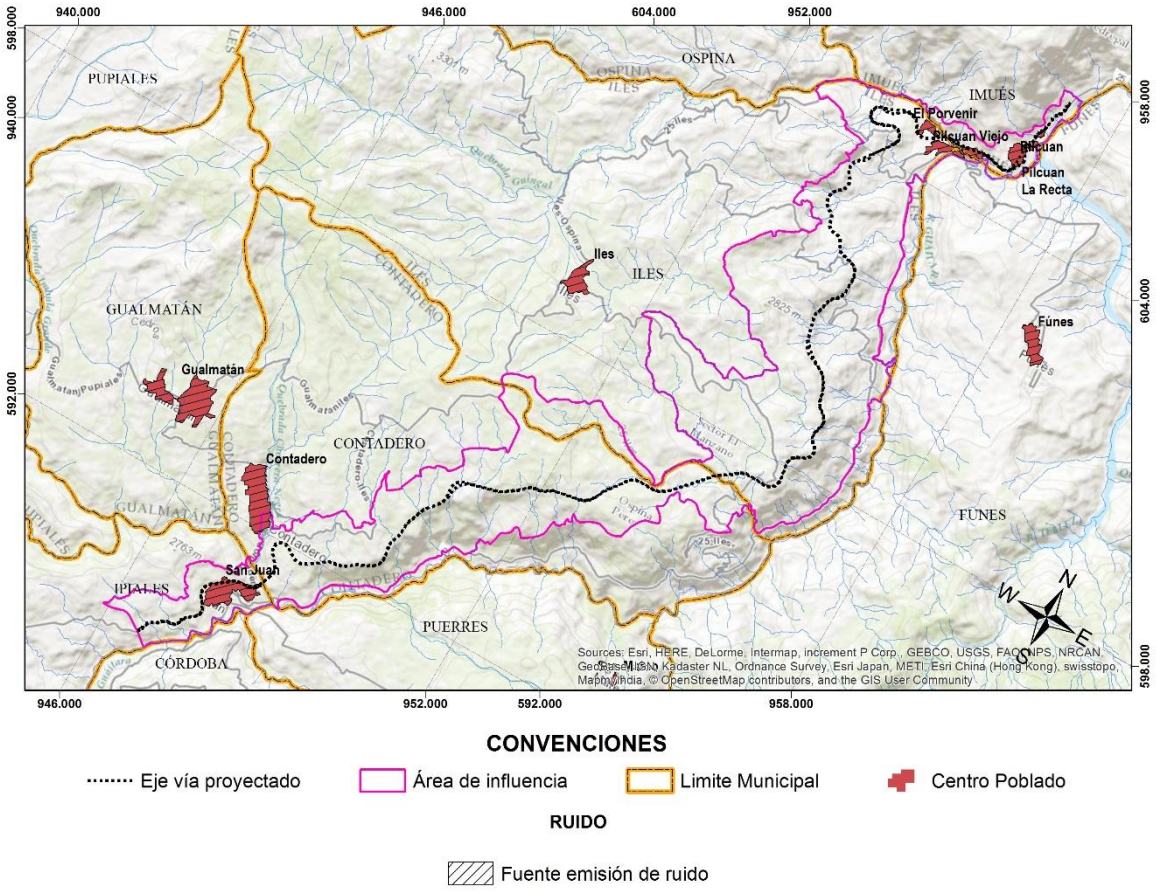
Tabla 5-221 Fuentes de emisión de ruido presentes en el Área del Proyecto Vial

FOTOGRAFÍA	FUENTE	TIPO DE RUIDO	CARACTERÍSTICAS
a) Via Vereda San Juan - Contadero b) Tramo Vial San Juan – Pedregal c) Vía V.San Juan a Vereda Urbano	Tránsito vehicular Vías intermunicipales	Continuo	Ruido generado por el paso de vehículos de carga, buses, vehículos livianos y motocicletas por las vías intermunicipales que comunican al municipio de Ipiales con el corregimiento de El Pedregal de Imúes. Vía pavimentada de doble sentido con ancho promedio de 8 metros. Tramo vial entre la vereda San Juan y el municipio de Contadero Vía pavimentada de doble sentido con ancho promedio de 6 metros. La vía que comunica a la vereda San Juan con la vereda El Porvenir se encuentra sin pavimentar y presenta tráfico liviano y de vehículos utilizados para el transporte de insumos y productos agrícolas.

FOTOGRAFÍA	FUENTE	TIPO DE RUIDO	CARACTERÍSTICAS
a) Casco urbano Vereda San Juan de Ipiales b) Casco urbano del municipio de Contadero	Asentamientos humanos y ruidos naturales	Continuo	Ruido generado en las actividades propias de los habitantes de los centros poblados, corregimientos y veredas de los municipios del área de influencia del proyecto. Ruido por actividades comerciales, de esparcimiento, equipos de sonido, amplificadores y animales domésticos y silvestres.
a) Vereda El Porvenir del municipio de Iles b) Vereda Pilcuán del municipio de Imúes.	Asentamientos humanos y ruidos naturales	Continuo	Ruido generado en las actividades propias de los habitantes de los centros poblados, corregimientos y veredas de los municipios del área de influencia del proyecto. Ruido por actividades comerciales, de esparcimiento, equipos de sonido, amplificadores y animales domésticos y silvestres.

Fuente: TRABAJO DE CAMPO, GESTIÓN & MEDIOAMBIENTE S.A.S, 2017.

Figura 5.229 Fuentes de emisiones de Ruido.



Fuente: Consorcio SH.

5.1.10.4.1 Muestreo de los niveles de presión sonora.

La contaminación auditiva es el resultado de la emisión de ruido procedente de un amplio conjunto de actividades antropogénicas que generan afectación a la salud humana y producen trastornos en la calidad de vida de quienes están expuestos.

Por lo anterior y con la finalidad de identificar las condiciones actuales en la zona de influencia del Proyecto EIA 1B TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL "RUMICHACA – PASTO", antes de ser intervenida (Línea base) y dar cumplimiento a los requerimientos exigidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) establecidos por la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actual MADS), la empresa CONSORCIO SH,

contrató los servicios de QHSE ASESORIA E INGENIERIA AMBIENTAL S.A.S para la realización del estudio de ruido ambiental.

Dicho monitoreo se ejecutó con un laboratorio acreditado por el IDEAM (CIAN LTDA) en seis (6) puntos de monitoreo, distribuidos dentro del área de influencia directa del Proyecto Vial, en los horarios diurno y nocturno para día hábil y no hábil y comparar los resultados con los estándares máximos permisibles definidos en la Resolución 627 de 2006 para el sector y subsector correspondiente.

El ruido se define como sonido u otra alteración desagradable o no deseada; sonido con naturaleza general aleatoria, cuyo espectro no exhibe componentes de frecuencia claramente definidos (Harris, 1995).

El área de sensación auditiva limita, a niveles bajos de emisión de ruido, con el umbral de la audición (nivel de emisión mínimo capaz de evocar una sensación auditiva), y a niveles muy altos, con el umbral de malestar, “sensación de tacto”, dolor y cosquilleo el oyente medio experimenta malestar significativo en un campo libre1 a niveles de emisión de ruido por encima de 120 dB.

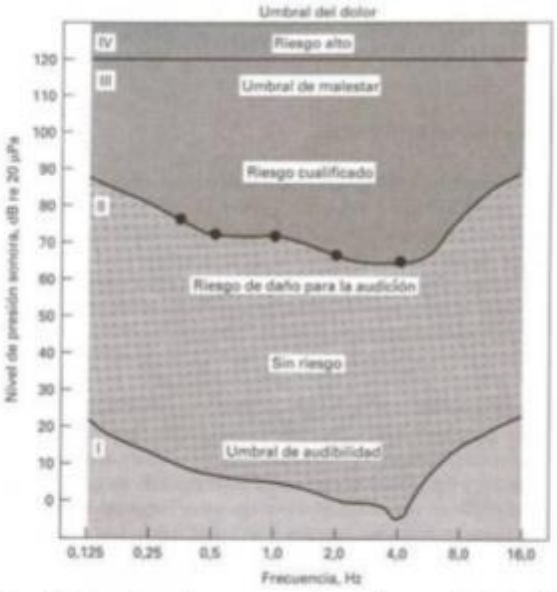
Existe una interacción de fundamental importancia entre el nivel de emisión de ruido y la duración del sonido estimulador en la producción de desplazamientos temporales del umbral. Debido a esta interacción en el análisis de la exposición se deben tener en cuenta el nivel sonoro y la duración, considerándolos conjuntamente al describir los efectos del ruido sobre la audición.

Experimentos sobre la exposición de sujetos humanos a niveles de ruido entre 80 y 95 dB, durante tiempos por encima de 8 horas, han mostrado que el desplazamiento temporal del umbral aumenta a medida que aumenta la duración de la exposición hasta cierto límite temporal y luego se estabiliza. Aunque existen diferencias individuales, esta condición se logra después de 8 a 12 horas de exposición.

El área de audición puede dividirse en cuatro zonas de acuerdo con su potencial para que se produzcan pérdidas auditivas.

Zona I: Los sonidos en esta zona son inaudibles.
Zona II: Los sonidos en esta zona no plantean riesgo.
Zona III: Los sonidos en esta zona plantean un riesgo cualificado.
Zona IV: Los sonidos en esta zona plantean un riesgo elevado.

Figura 5.230 Área de audición humana clasificada por lesión acústica y pérdida de audición potenciales



Fuente: J.H. Mills, Seminars on hearing, vol. 9, 1988, p.260.

Metodología

El monitoreo de emisión de ruido se realizó en seis (6) puntos de ruido ambiental ubicados en el área de influencia directa de la Línea base del Proyecto EIA 1B TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL "RUMICHACA – PASTO ejecutado por el CONSORCIO SH, obteniendo la medición del ruido del entorno y realizar un diagnóstico; lo anterior siguiendo los lineamientos que se detallan a continuación

- Altura del trípode: 4 metros del suelo.
- Tiempo de captura de 3 minutos, direccionando el equipo en cada una de las cinco direcciones (norte, este, sur, oeste y vertical), para un total de 15 minutos.
- El monitoreo en día hábil se realizó los días lunes y martes 16 y 17 de abril de 2018 en horario diurno y nocturno.
- El monitoreo en día no hábil se realizó el domingo 15 de abril de 2018 en horario diurno y nocturno.

Los seis (6) puntos de medición de ruido ambiental monitoreados se ubican en las coordenadas que se relacionan a continuación:

Tabla 5-222 Coordenadas - puntos de monitoreo de ruido ambiental

MEDICION	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE	
			LATITUD	LONGITUD
RUIDO AMBIENTAL	Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	605294.5	956709.4
	Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	604753.0	955244.4
	Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)	600246.9	956411.5
	Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	598054.0	955537.9
	Punto 5	Contadero (Casco Urbano)	592132.9	947761.9
	Punto 6	San Juan (Casco Urbano)	590759.6	948033.6

Figura 5.231 Ubicación puntos de monitoreo

A continuación, se muestran fotografías de la ubicación de los seis (6) puntos de monitoreo distribuidos en el área de influencia directa del Proyecto. Se aclara, que en los puntos de medición donde se ven las Estaciones de Calidad de Aire, los equipos no estaban en funcionamiento, evitando alteraciones en las mediciones.

Tabla 5-223 Ubicación puntos de monitoreo de ruido ambiental

Fotografía 1. Ubicación Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera) - **Descripción:** El punto se encuentra en zona rural, con el terreno montañoso a su al redor y como fuentes de ruido, se consideran vías de bajo transito cercanas y la fauna propia de la zona.

Fotografía 2. Ubicación Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí) - **Descripción:** El punto se encuentra en zona rural, con el terreno montañoso a su al redor y como fuentes de ruido, se consideran vías internas del campamento y las actividades propias del mismo.

Fotografía 3. Ubicación Punto 3 - Picapiedra (Y lles San Juan) - **Descripción:** El punto se encuentra en zona rural, con el terreno montañoso a su al redor y como fuentes de ruido, se consideran vías de bajo transito cercanas y la fauna propia de la zona y las actividades de una vivienda rural aledaña.

Fotografía 4. Ubicación Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza) - **Descripción:** El punto se encuentra en zona rural, con el terreno montañoso a su al redor y como fuentes de ruido, se consideran vías de bajo transito cercanas y la fauna propia de la zona.

Fotografía 5. Ubicación Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) - **Descripción:** El punto se encuentra en zona de características urbanas, con el terreno montañoso a su al redor y como fuentes de ruido, se consideran vías de transito urbano medio, y el propio de las actividades de las viviendas aledañas al punto de medición.

Fotografía 6. Ubicación Punto 6 - San Juan (Casco Urbano) - **Descripción:** El punto se encuentra en zona de características urbanas, con el terreno montañoso a su al redor y como fuentes de ruido, se consideran vías de transito urbano bajo, y el propio de las actividades de las viviendas aledañas al punto de medición.

El parámetro utilizado para la determinación de ruido ambiental es el nivel de presión sonora continúo equivalente con:

- Filtro de ponderación frecuencial A y ponderación en tiempo T en respuesta lenta (representada por una; S, por su sigla en inglés “Slow”). Se representan con la sigla: LeqAs
- Filtro de ponderación frecuencial A y Tiempo respuesta impulso (representada por una I, por su sigla en inglés “Impulse”), que se representan LeqAI,

Las condiciones para la medición y cálculo de este parámetro se encuentran contempladas en la Resolución 627 de 2006.

Datos meteorológicos

En cumplimiento con el Parágrafo del Artículo 20 de la Resolución 627/2006, para realizar las mediciones de los niveles de presión sonora (NPS) se utiliza una pantalla antiviento sobre el micrófono del sonómetro, con el fin de reducir la incidencia de la velocidad del viento sobre las mediciones. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que:

- La velocidad del viento no debe superar los 3 m/s o se debe utilizar una pantalla anti viento adecuada de acuerdo con la velocidad del viento medida.
- El sonómetro debe ir sobre un trípode y el micrófono tener pantalla anti viento.
- Se debe cancelar la medición si existen condiciones de lluvia o pavimentos húmedos.

Para determinar las condiciones meteorológicas durante los períodos de monitoreo de ruido se utiliza un anemómetro portátil (en el Anexo 15 – Carpeta Ruido se presenta el documento que muestra las características del equipo usado) con el que se registraron la velocidad del viento y humedad de la zona durante las mediciones, los datos registrados se pueden observar en las siguientes tablas:

Tabla 5-224 Condiciones Meteorológicas - Día hábil

DIA HÁBIL						
HORARIO	NOMBRE	PUNTO DE MONITOREO	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO (m/s)	LLUVIAS	ALTITUD (msnm)
Diurno	Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	14,7	1,1	Ausencia	1809
	Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	15,6	0,9	Ausencia	1843
	Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)	14,5	1,3	Ausencia	2024
	Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	16,9	2,1	Ausencia	2777
	Punto 5	Contadero (Casco Urbano)	15,7	1,8	Ausencia	2579
	Punto 6	San Juan (Casco Urbano)	17,1	2,0	Ausencia	2428
Nocturno	Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	15,6	0,9	Ausencia	1809
	Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	14,3	1,4	Ausencia	1843
	Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)	14,8	2,2	Ausencia	2024

DIA HÁBIL						
HORARIO	NOMBRE	PUNTO DE MONITOREO	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO (m/s)	LLUVIAS	ALTITUD (msnm)
	Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	13,8	1,7	Ausencia	2777
	Punto 5	Contadero (Casco Urbano)	14,2	0,5	Ausencia	2579
	Punto 6	San Juan (Casco Urbano)	15,2	1,6	Ausencia	2428

Tabla 5-225 Condiciones Meteorológicas – Día no hábil

DIA NO HÁBIL						
HORARIO	NOMBRE	PUNTO DE MONITOREO	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO (m/s)	LLUVIAS	ALTITUD (msnm)
Diurno	Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	15,4	1,3	Ausencia	1809
	Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	16,3	0,4	Ausencia	1843
	Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)	15,8	1,3	Ausencia	2024
	Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	14,9	0,4	Ausencia	2777
	Punto 5	Contadero (Casco Urbano)	16,1	0,4	Ausencia	2579
	Punto 6	San Juan (Casco Urbano)	17,0	0,4	Ausencia	2428
Nocturno	Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	16,2	0,2	Ausencia	1809
	Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	15,4	0,2	Ausencia	1843
	Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)	14,8	0,4	Ausencia	2024
	Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	15,1	0,2	Ausencia	2777
	Punto 5	Contadero (Casco Urbano)	15,9	0,1	Ausencia	2579
	Punto 6	San Juan (Casco Urbano)	14,9	0,2	Ausencia	2428

Equipos de medición

Las mediciones de niveles de presión sonora (NPS) se realizaron con un sonómetro de marca LARSON DAVIS Sound Track LxT 2 previamente calibrado, con filtro de ponderación en escala A. La ponderación A, de acuerdo a las normas nacionales e internacionales; se requiere que todos los aparatos que midan el nivel sonoro incorporen la ponderación de frecuencia designada mediante la letra A. Muchos años de estudio y experiencia práctica han demostrado que los niveles sonoros con ponderación A ofrecen una correlación adecuada con varias respuestas humanas (de personas o grupos en una comunidad) para distintos tipos de fuentes de ruido; en consecuencia, es la ponderación de frecuencia más utilizada.

Las características de este sonómetro se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5-226 Características Sonómetro LARSON DAVIS.

REFERENCIA DE EQUIPOS			
Fecha de calibración:			04/08/2017
Fecha de verificación de calibración:			15 y 16/04/2018
dB de Referencia	114	Frecuencia (Hz)	1000
Valor en Calibración	114	Valor reportado en Verificación	114

Fotografía 5.128 Registro fotográfico de la calibración

Especificaciones del equipo:

- El equipo se encuentra dotado de un pistófono o calibrador, una pantalla anti viento y un trípode para su montaje.
- Antes de iniciar las mediciones se realizó la respectiva calibración con condiciones del lugar en el que se van a tomar las mismas, para lo cual se utilizó un calibrador acústico.
- En el Anexo 15 – Carpeta Ruido se presenta el certificado de calibración del equipo utilizado (Sonómetro) en respuesta al requerimiento establecido por la Resolución 627 de 2006, la cual exige una calibración mínima de acuerdo con las especificaciones del fabricante, teniendo en cuenta que antes de realizadas las mediciones en campo se calibro el equipo, según norma ISO 1996 estos equipos se pueden calibrar en un plazo máximo de 2 años.

La verificación de la calibración de se realizó de forma diaria, asegurando que el equipo presentara los niveles presión sonora, emitidos por el calibrador acústico, con esto se asegura que la veracidad de los datos, en la tabla 5 se muestra el nivel de verificación, reportando a 114 dB

Método de cálculo

El resultado final de las mediciones se obtiene mediante la aplicación de las formulas establecidas en la Resolución 627/2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el fin de obtener los niveles de presión sonora para emisión de ruido, se detallan a continuación:

Ambiental

$$LAeq = 10.\log\left((1/5).(10^{LN/10} + 10^{Lo/10} + 10^{LS/10} + 10^{LE/10} + 10^{LV/10})\right)$$

En donde:

LAeq = Nivel equivalente resultante de la medición.
LN = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte.
LO = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste.
LS = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur.
LE = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este.
LV = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical.

Ajustes a nivel equivalente

De acuerdo a la resolución 627 de 2006 en el capítulo 1 artículo 6 se establece el ajuste por componentes (tonales - impulsivos – por horario y por equipos de climatización y ventilación), a continuación, se detalla la ecuación expuesta por la normatividad para dicho cálculo:

En el anexo 2 de dicha norma se establece la metodología para determinar los valores de ajuste para cada K. De igual forma, el artículo 6 estipula que “el nivel de presión sonora equivalente solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A)”.

KS (Instalaciones de Ventilación)

La corrección de nivel Ks se aplica de la siguiente manera: si el ruido proviene de las instalaciones de ventilación y la climatización produce bajas frecuencias, este se ajusta de la siguiente manera: 5 dB(A) en periodo diurno y 8dB(A) en periodo nocturno.

KI (Componente impulsivo)

Este componente se evalúa al restar, al valor de la medición en el punto monitoreado con ponderación frecuencial A y tiempo de respuesta Slow el valor obtenido con la medición en el punto monitoreado con ponderación frecuencial A y tiempo de respuesta Impulse. De acuerdo a la resolución 627/2010 se penaliza bajo las siguientes condiciones:

Si el valor dado por la fórmula es <3dB entonces hay componentes impulsivos nulos.

Si el valor dado por la fórmula es ≥3dB y ≤ 6dB entonces hay componentes impulsivos netos y se penaliza con 3dB.

Si el valor dado por la fórmula es > 6 dB entonces hay componentes impulsivos fuertes y se penaliza con 6dB.

Este componente aparece cuando existen sonidos de duración corta y con altos niveles de presión sonora.

KR (Ajuste por horario)

"Si se desea calcular el nivel equivalente corregido ponderado por frecuencia A para el día y la noche LRAeq, dn, se efectúa la medición nocturna de ruido de la fuente específica, si esta funciona durante la noche, para tener en cuenta el grado de molestia que pueda causar a las personas se hace una corrección por adición de 10 dB(A) para el período nocturno en el cual funcione la fuente específica" (Resol. 627/2006).

Teniendo en cuenta que actualmente no existen operaciones nocturnas, por esta razón este ajuste no fue realizado.

KT (Componente tonal)

Éste componente incluye la evaluación del espectro de banda en 3/8 donde se penaliza el valor dado luego de aplicar la formula estipulada por la normatividad colombiana bajo los siguientes parámetros:

Las bandas entre 20 a 125Hz.

Si el valor dado por la fórmula es >8dB entonces hay componentes tonales nulos. Si el valor dado por la fórmula es ≥8dB y ≤ 12dB entonces hay componentes tonales netos y se penaliza con 3dB.

Si el valor dado por la fórmula es ≥ 12dB entonces hay componentes tonales fuerte y se penaliza con 6dB.

Las bandas entre 160 a 400Hz.

Si el valor dado por la fórmula es <5dB entonces hay componentes tonales nulos. Si el valor dado por la fórmula es ≥5dB y ≤ 8dB entonces hay componentes tonales netos y se penaliza con 3dB. Si el valor dado por la fórmula es >8dB entonces hay componentes tonales fuerte y se penaliza con 6dB.

Las bandas a partir de 500Hz.

Si el valor dado por la fórmula es < 3dB entonces hay componentes tonales nulos. Si el valor dado por la fórmula es ≥3dB y ≤ 5dB entonces hay componentes tonales netos y se penaliza con 3dB. Si el valor dado por la fórmula es >5dB entonces hay componentes tonales fuerte y se penaliza con 6dB.

Un componente tonal es la percepción de sonidos agudos o graves según el número de veces que se repita (frecuencia).

Después de evaluar los componentes se sumará al resultado de Leq, sólo el mayor de los valores arrojado por la evaluación de componentes.

Normatividad

Los niveles de ruido ambiental registrados en el área de influencia del Proyecto TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL "RUMICHACA – PASTO, se compararon con los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental establecidos en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dichos estándares se encuentran establecidos en el artículo 17 de la Resolución 627 de 2006 y se muestran en la Tabla siguiente.

De acuerdo a las observaciones realizadas en campo, a los usos del suelo en el área de influencia del Proyecto y a la obligatoriedad de seleccionar el sector más restrictivo en las mediciones de ruido, se establece que los seis (6) de monitoreo ambiental se evaluarán con los límites establecidos para los siguientes sectores:

- Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, Subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, para el Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí), Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) y Punto 6 - San Juan (Casco Urbano).
- Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, subsector de zona residencial suburbana, para el Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera), Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan) y Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza

Tabla 5-227 Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental

SECTOR	SUBSECTOR	ESTANDAR MAX. PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMB EN dB(A)	
		DIURNO	NOCTURNO
SECTOR A. TRANQUILIDAD Y SILENCIO	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
SECTOR B. TRANQUILIDAD Y RUIDO MODERADO	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
SECTOR C. RUIDO INTERMEDIO RESTRINGIDO	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDAR MÁX. PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMB EN dB(A)	
		DIURNO	NOCTURNO
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
SECTOR D. ZONA SUBURBANA O RURAL DE TRANQUILIDAD Y RUIDO MODERADO	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 de 2006 - MAVDT.

Parámetros estadísticos para la evaluación de datos

- Mediana

Con esta medida permite identificar el valor que se encuentra en el centro de los datos, es decir, nos permite conocer el valor que se encuentra exactamente en la mitad del conjunto de datos después que las mediciones se evalúan como una serie ordenada. Esta medida indica la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo. Para determinar la posición de la mediana se utiliza la fórmula:

$$Posición\ de\ la\ mediana = \frac{n+1}{2}$$

- Desviación estándar

En un conjunto de datos, es una medida de dispersión, que indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio (media o mediana), por lo tanto es útil para buscar probabilidades de que un evento ocurra. Este parámetro estadístico se calcula con la ecuación:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}}$$

$$\delta = Desviación\ estandar$$

Se aclara que este parámetro es altamente influyente en la evaluación de la incertidumbre del resultado, pues con alta variabilidad en los datos iniciales indica que no se está cumpliendo las condiciones de reproducibilidad (los mismos equipos, personal, alturas y selección de puntos) y repetitividad (al menos 3 mediciones, conservando el mismo procedimiento de medición) que exige la ISO 1996.

- Intervalo de Confianza.

Un intervalo de confianza es un rango de valores, este es calculado en dB a partir de los datos de las mediciones, en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada. Las mediciones realizadas en las metodologías de ruido ambiental, fueron evaluadas bajo la probabilidad al 95% (o significancia al 5%) asegurando que los datos iniciales presentaron un intervalo de confianza de máximo 5 dB (se considera que se requiere duplicar la fuerza de emisión, para incrementar 3 o 5 dB, bajo esta condición se consideró este criterio de aceptación de datos).

Si los datos iniciales no cumplieron con el intervalo de confianza requerido, se usó percentil L50 para normalizar el dato que presenta picos altos, en alguna de las mediciones, con esto se buscó reducir la afectación que presenta el nivel equivalente (Leq) al ruido de alta intensidad sonora, en los casos que esta medida no fue suficiente o el resultado era afectado por un pico bajo, para reducir el intervalo de confianza, se tomó la decisión de rechazar el dato remplazándolo por la mediana, aclarando que esta condición solo se aplica máximo a dos datos en las mediciones de ruido ambiental, con el fin de asegurar la viabilidad de los datos.

Valoración estadística en los datos de ruido ambiental

Las posteriores tablas muestran los parámetros estadísticos calculados a los decibeles obtenidos de las mediciones de ruido ambiental en los dos días de monitoreo. En estas se resaltan en color azul los valores de los parámetros donde inicialmente se presentaron intervalos de confianza que superaban los 5 dB, indicando que en al menos una de las mediciones fue necesario normalizarla.

Las tablas evidencian que, de los 2 puntos monitoreados en jornada diurna y nocturna, en día hábil y no hábil, ninguna de las mediciones presento un dato pico que fuera necesario normalizar.

Los resultados del análisis estadístico de las mediciones ambientales se obtienen de cada una de las mediciones monitoreadas, evidenciando que los puntos de monitoreo presentan una desviación baja de los datos en ambos puntos evaluados, lo que indica que no se presentan variaciones significativas en los niveles de presión sonora.

Tabla 5-228 Evaluación estadística en los puntos de ruido ambiental en horario diurno

ESTADISTICA DATOS DIURNOS						
PUNTOS DE MONITOREO		FECHA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MEDIANA	VARIANZA	INTERVALO DE CONFIANZA
RUIDO AMBIENTAL	Punto 1 - (Pilcuán la Recta (Gallera)	16-Apr-18	1,84	42,90	3,38	1,14
		15-Apr-18	3,68	44,10	13,52	2,28
	Punto 2 - (Campamento Mikel (Vereda El Capuli)	16-Apr-18	4,14	56,30	17,16	2,57
		15-Apr-18	3,29	58,00	10,81	2,04
	Punto 3 - (Picapiedra (Y lles San Juan)	16-Apr-18	2,04	48,90	4,14	1,26
		15-Apr-18	0,99	43,60	0,98	0,61
	Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	16-Apr-18	2,83	44,10	8,00	1,75
		15-Apr-18	1,11	43,70	1,23	0,69
	Punto 5 - Contadero (Casco Urbano)	16-Apr-18	1,90	58,30	3,61	1,18
		15-Apr-18	5,03	59,30	25,31	3,12
	Punto 6 - San Juan (Casco Urbano)	16-Apr-18	4,14	56,30	17,16	2,57
		15-Apr-18	3,29	58,00	10,81	2,04

Tabla 5-229 Evaluación estadística en los puntos de ruido ambiental en horario nocturno

ESTADISTICA DATOS NOCTURNOS						
PUNTOS DE MONITOREO		FECHA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MEDIANA	VARIANZA	INTERVALO DE CONFIANZA
RUIDO AMBIENTAL	Punto 1 - (Pilcuán la Recta (Gallera)	17-Apr-18	1,25	43,60	1,57	0,78
		16-Apr-18	3,10	44,30	9,62	1,92
	Punto 2 - (Campamento Mikel (Vereda El Capuli)	17-Apr-18	1,58	51,70	2,49	0,98
		16-Apr-18	1,34	57,00	1,79	0,83
	Punto 3 - (Picapiedra (Y lles San Juan)	17-Apr-18	2,54	43,20	6,47	1,58
		16-Apr-18	1,87	40,70	3,51	1,16
	Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	17-Apr-18	1,81	44,30	3,28	1,12
		16-Apr-18	1,30	41,50	1,68	0,80
	Punto 5 - Contadero (Casco Urbano)	16-Apr-18	1,90	58,30	3,61	1,18
		15-Apr-18	5,03	59,30	25,31	3,12
	Punto 6 - San Juan (Casco Urbano)	16-Apr-18	4,14	56,30	17,16	2,57
		15-Apr-18	3,29	58,00	10,81	2,04

Valoración estadística en los datos de medición

Durante las mediciones, algunas fuentes de incertidumbre requieren una atención específica para poder reducir su influencia de niveles de presión sonora todo lo posible. La incertidumbre puede estar causada tanto por la variación natural de la situación de trabajo expresada como las condiciones meteorológicas, como por errores en el momento de la medición que pueden influir en el resultado tales como:

- Las variaciones en el trabajo diario, las condiciones de funcionamiento, la incertidumbre en el muestreo.

- Los instrumentos, la calibración o desviación de la misma.
- Las falsas contribuciones, como, por ejemplo: el viento, las corrientes de aire, o los impactos en el micrófono, roce del micrófono sobre la ropa.
- Las contribuciones de las fuentes de ruido atípicas (la palabra, las señales de alarma). El nivel de exposición al ruido medido y la incertidumbre asociada al resultado depende del método de medición utilizado.
- Un análisis del trabajo mal hecho o no realizado. El análisis de cada una de las variables que vienen intrínsecas para la formulación y obtención de datos, debe ser puntual y no hacer omisión de alguna de estas, con el fin de lograr en total, resultados precisos y confiables para el posterior análisis del monitoreo de ruido ambiental ejecutado en la zona de influencia.

Se hace necesario el análisis de valores de datos estadísticos tales como: desviación estándar, media, varianza e intervalo de confianza, precisos para la ejecución y análisis de las incertidumbres debido a que éstas, van directamente ligadas a los resultados de los datos estadísticos. La desviación estándar (valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre cada dato y la media del conglomerado de datos) en conjunto con las diferentes variables de incertidumbre típica que se analizan, dan como resultado la incertidumbre típica combinada.

La Norma UNE-ISO 1996-2:2009, describe que la incertidumbre de medición depende de la fuente sonora y del intervalo de tiempo de medición, de las condiciones meteorológicas, de la distancia desde la fuente y del método de medición y la instrumentación. Dicha incertidumbre de medición, se expresa como una incertidumbre expandida basada en una incertidumbre típica combinada multiplicada por un factor de cobertura igual a 2, proporcionando así una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Tabla 5-230 Resumen de la Incertidumbre de medición para LAeq

Incertidumbre típica				Incertidumbre típica combinada	Incertidumbre de medición expandida
Debido a la instrumentación[a]	Debido a las condiciones de funcionamiento[b]	Debido a las condiciones meteorológicas y del terreno[c]	Debido al sonido residual[d]		
1.0	X	Y	Z	σ_t $\sqrt{1.0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$	$\pm 2.0\,\sigma_t$
dB	dB	dB	dB	dB	dB

Donde:

a) Incertidumbre debido a la instrumentación:

Representa la influencia que ejercen los distintos operadores y equipos en el mismo lugar bajo unas condiciones cortantes. Para este monitoreo en particular, los equipos utilizados en la ejecución del monitoreo fue de clase 1 por lo tanto, la incertidumbre será de 1 dB. Lo anterior reglamentado en la Norma IEC 61672-1:2002.

b) Incertidumbre debido a las condiciones de funcionamiento o medición:

Se deben realizar un mínimo de 3 medidas, o máximo 5, usando siempre el mismo procedimiento de medida, en un solo lugar. El monitoreo se debe realizar en una posición donde: las variaciones meteorológicas influyan lo mínimo posible, donde no se presente fenómenos de reflexión (Onda reflejada, por un objeto en la trayectoria del sonido), y se evite adición de sonidos o interferencias electrónicas por parte del personal que efectúa las mediciones.

Teniendo en cuenta que la metodología de registro de niveles de presión sonora, y siguiendo los lineamientos normativos de la resolución 627 de 2006 MAVDT y Norma UNE-ISO 19962:20 se reduce cualquier interferencia en la condiciones de funcionamiento y medición; asegurando medir en condiciones meteorológicas optimas, nunca se mide a menos de 4 metros de muros o paredes evitando que se genere efectos de reflexión, y se dan todas la indicaciones necesarias para que el personal no afecte el monitoreo. Por lo anterior se considera este valor de incertidumbre como cero (0) en el análisis de datos.

c) Incertidumbre debido a las condiciones meteorológicas y del terreno:

Depende de la distancia de medición y de las condiciones meteorológicas. Para mediciones a corto plazo, las variaciones en las condiciones del suelo son pequeñas. En caso de querer realizar medidas a largo plazo y el terreno es duro, las lecturas tomadas entre 2 y 50 metros de distancia de la fuente de ruido; se les asigna un valor nominal de Y = 0,5 dB.

d) Incertidumbre debido al sonido residual:

La incertidumbre varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual. Antes de comenzar a hallar el valor de la incertidumbre asociada se debe comprobar primero si la diferencia entre el nivel de presión sonora residual y nivel de presión sonora medido está 10 dB ó más por debajo y si, en caso de estarlo, también lo está por debajo de 3 dB (en esta situación no se haría corrección porque la incertidumbre resultante tendría un valor demasiado alto).

Obtenidas todas las incertidumbres ya se puede calcular la combinada, tal como aparece en la fórmula

$$\frac{\sigma_t}{\sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}}$$

Una vez se tiene el valor de la incertidumbre combinada, se halla la incertidumbre expandida, multiplicando por 2 el valor de la incertidumbre típica.

Los resultados de las incertidumbres máximas encontradas en los seis (6) puntos de medición del ruido ambiental ubicados en el área de influencia del Proyecto EIA 1B TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL “RUMICHACA – PASTO”, se presentan en el capítulo de análisis de los niveles equivalentes diurno y nocturno, evidenciando que en ninguno de los caso se presentan incertidumbres que superaren los 3 dB, dando al estudio una buena viabilidad de presentar resultados con un

buen control de los posibles errores que interfieren la captura de la información y un aceptable control de las desviaciones que afectaran los datos iniciales.

Tabla 5-231 Resultados de la Incertidumbre en mediciones diurnas y nocturnas en día hábil

INCERTIDUMBRE DÍA HÁBIL							
PUNTO	HORARIO	POR INSTRUMENTACIÓN	POR FUNCIONAMIENTO	CONDICIONES METEOROLÓGICAS	SONIDO RESIDUAL	INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN EXPANDIDA
Punto 1	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 2	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 3	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 4	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	1,42	1,81	2,95
Punto 5	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 6	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,67	1,30	2,61

INCERTIDUMBRE DÍA NO HÁBIL							
PUNTO	HORARIO	POR INSTRUMENTACIÓN	POR FUNCIONAMIENTO	CONDICIONES METEOROLÓGICAS	SONIDO RESIDUAL	INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN EXPANDIDA
Punto 1	Diurno	1	0	0,5	0,80	1,37	2,75
	Nocturno	1	0	0,5	0,11	1,12	2,25
Punto 2	Diurno	1	0	0,5	1,25	1,68	2,97
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 3	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 4	Diurno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
	Nocturno	1	0	0,5	0,00	1,12	2,24
Punto 5	Diurno	1	0	0,5	0,95	1,47	2,93
	Nocturno	1	0	0,5	0,16	1,13	2,26
Punto 6	Diurno	1	0	0,5	1,25	1,68	2,93
	Nocturno	1	0	0,5	0,67	1,30	2,60

Análisis de ajustes presentados en el ruido ambiental

Se realizan el respectivo ajuste total de conformidad con el Artículo 6 de la Resolución 627 de 2006: “Las correcciones, en decibeles, se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación para los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de esta resolución:

$$LR\ A(X),T = LA(X),T + (KI, KT, KR, KS)$$

Dónde:

KI es un ajuste por impulsos (dB(A))
KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))
KR es un ajuste por la hora del día (dB(A))
KS es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo bajas frecuencias (dB(A))
(X) corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de esta resolución.

El nivel de presión sonora continúo equivalente ponderado A, LAeq,T, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A)."

En la siguiente tabla se evidencia el factor K de mayor valor con el cual se corrigió el LeqA-S, en cada una de las mediciones realizadas para ruido ambiental.

Durante el monitoreo no se contó con presencia de sistemas de ventilación, climatización o de bajas frecuencias, razón por la cual no se relacionan ajustes correspondientes a este componente.

Tabla 5-232 Evaluación ajustes en los puntos de ruido ambiental diurnos

MONITOREO RUIDO AMBIENTAL – MEDICION DE NIVELES DE PRESION SONORA DIURNOS								
PUNTOS DE MONITOREO	DÍA	AJUSTES Ks - (Equipos de Climatización)	AJUSTES Ks - (Por componentes baja frecuencia)			AJUSTE Kt (Por componentes tonales		Valor de Ajuste (Ktotal
		Valor dB	$L_i = Leq_{Ai} - Leq_{As}$	Componente Impulsivo	Ki	Valor dB	Nivel Percepción	
Punto 1 - (Pilcuán la Recta (Gallera)	HÁBIL	0	1,6	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	0,2	nulo	0	3	neto	3

MONITOREO RUIDO AMBIENTAL – MEDICION DE NIVELES DE PRESION SONORA DIURNOS								
PUNTOS DE MONITOREO	DÍA	AJUSTES Ks - (Equipos de Climatización)	AJUSTES Ks - (Por componentes baja frecuencia)			AJUSTE Kt (Por componentes tonales		Valor de Ajuste (Ktotal
		Valor dB	$L_i = Leq_{Ai} - Leq_{As}$	Componente Impulsivo	Ki	Valor dB	Nivel Percepción	
Punto 2 - (Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	HÁBIL	0	3,3	neto	3	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	2,8	nulo	0	6	fuerte	6
Punto 3 - (Picapiedra (Y lles San Juan)	HÁBIL	0	-4,0	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	1,4	nulo	0	3	neto	3
Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	HÁBIL	0	-0,3	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	1,8	nulo	0	0	nulo	0
Punto 5 - Contadero (Casco Urbano)	HÁBIL	0	-3,5	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	-1,0	nulo	0	6	fuerte	6
Punto 6 - San Juan (Casco Urbano)	HÁBIL	0	2,4	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	2,8	nulo	0	0	nulo	0

Tabla 5-233 Evaluación ajustes en los puntos de ruido ambiental nocturnos

MONITOREO RUIDO AMBIENTAL – MEDICION DE NIVELES DE PRESION SONORA NOCTURNOS								
PUNTOS DE MONITOREO	DÍA	AJUSTES Ks - (Equipos de Climatización)	AJUSTES Ks - (Por componentes baja frecuencia)			AJUSTE Kt (Por componentes tonales		Valor de Ajuste (Ktotal
		Valor dB	$L_i = Leq_{Ai} - Leq_{As}$	Componente Impulsivo	Ki	Valor dB	Nivel Percepción	
Punto 1 - (Pilcuán la Recta (Gallera)	HÁBIL	0	2,2	nulo	0	0	nulo	0
	NO HÁBIL	0	-0,5	nulo	0	0	nulo	0
Punto 2 - (Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	HÁBIL	0	2,6	nulo	0	6	fuerte	6
	NO HÁBIL	0	1,9	nulo	0	3	neto	3
Punto 3 - (Picapiedra (Y lles San Juan)	HÁBIL	0	1,3	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	5,8	neto	3	3	neto	3

MONITOREO RUIDO AMBIENTAL – MEDICION DE NIVELES DE PRESION SONORA NOCTURNOS								
PUNTOS DE MONITOREO	DÍA	AJUSTES Ks - (Equipos de Climatización)	AJUSTES Ks - (Por componentes baja frecuencia)			AJUSTE Kt (Por componentes tonales		Valor de Ajuste (Ktotal
		Valor dB	$L_i = Leq_{Ai} - Leq_{As}$	Componente Impulsivo	Ki	Valor dB	Nivel Percepción	
Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)	HÁBIL	0	1,5	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	4,9	neto	3	3	neto	3
Punto 5 - Contadero (Casco Urbano)	HÁBIL	0	-3,5	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	-1,0	nulo	0	6	fuerte	6
Punto 6 - San Juan (Casco Urbano)	HÁBIL	0	2,4	nulo	0	3	neto	3
	NO HÁBIL	0	2,8	nulo	0	0	nulo	0

Como se puede observar en la Tabla 12 y Tabla 13, en ninguna de las mediciones diurnas y nocturnas realizadas se observó presencia de equipos de climatización y/o ventilación por lo que no se realiza dicho ajuste. Para todas las mediciones se reporta componente impulsivo nulo, mientras que para el componente tonal, el en 79,2% de las mediciones se observan componentes tonales, de los cuales el 78,9% reporta clasificación neta y el 21,1% restante clasificación fuerte por lo que se realizan los ajustes de 3 dB y 6 dB respectivamente, y se puede afirmar que hay presencia de tonos durante las mediciones.

Análisis de resultados.

Los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido ambiental llevado a cabo en jornada diurna y nocturna los días 15, 16 y 17 de abril de 2018, fueron comparados con los estándares máximos permisibles fijados en la Tabla 2 de la Resolución 627 del 2006 para los sectores que se relacionan a continuación:

- Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, Subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, para el Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí), Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) y Punto 6 - San Juan (Casco Urbano).
- Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, subsector de zona residencial suburbana, para el Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera), Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan) y Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza.
- En el Anexo 15 – Carpeta Ruido se presenta las memorias de cálculo que muestran los resultados que se discuten en este documento, se aclara que este anexo se envía como archivo Excel, sin fórmulas de cálculos, puesta hacen parte de la propiedad intelectual de la consultora.
- En el Anexo 15 – Carpeta Ruido se presenta los reportes básicos del sonómetro para el día hábil, debido a la los extenso de estos reportes.

Ruido ambiental

Las mediciones de ruido ambiental para los seis (6) puntos de monitoreo ubicados dentro del área de influencia de; Proyecto en línea base EIA 1B TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL "RUMICHACA – PASTO" se ejecutaron en las fechas y horas que relacionan en las siguientes Tablas.

Tabla 5-234 Horario de mediciones diurnas

HORARIO DIURNO								
PUNTO DE MONITOREO	DÍA HÁBIL				DÍA NO HÁBIL			
	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	HORA INICIAL	HORA FINAL	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	HORA INICIAL	HORA FINAL
Punto 1	4/16/2018	4/16/2018	7:10	7:50	4/15/2018	4/15/2018	7:10	7:50
Punto 2	4/16/2018	4/16/2018	8:30	9:20	4/15/2018	4/15/2018	8:30	9:20
Punto 3	4/16/2018	4/16/2018	10:00	10:40	4/15/2018	4/15/2018	10:00	10:40
Punto 4	4/16/2018	4/16/2018	11:30	12:10	4/15/2018	4/15/2018	11:30	12:10
Punto 5	4/16/2018	4/16/2018	13:00	13:40	4/15/2018	4/15/2018	15:00	15:40
Punto 6	4/16/2018	4/16/2018	16:30	17:10	4/15/2018	4/15/2018	16:30	17:10

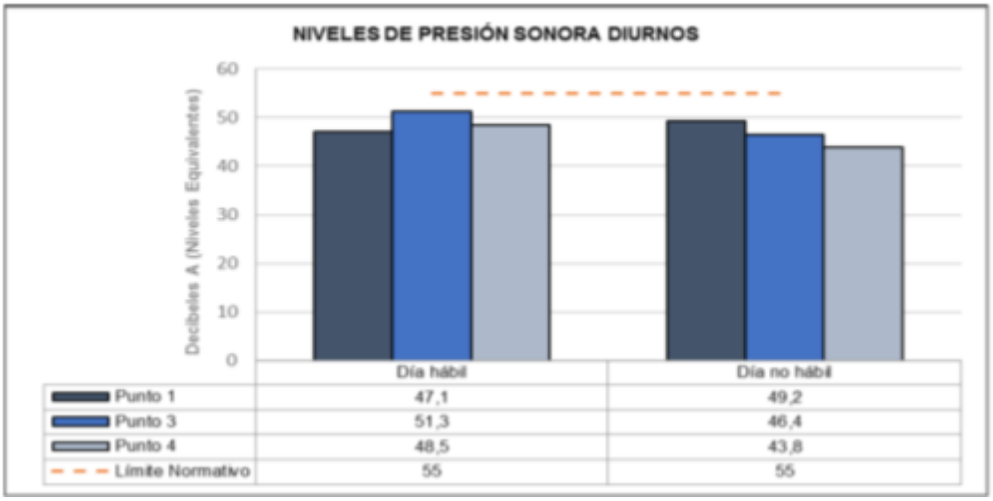
Tabla 5-235 Horario de mediciones nocturnas

HORARIO NOCTURNO								
PUNTO DE MONITOREO	DÍA HÁBIL				DÍA NO HÁBIL			
	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	HORA INICIAL	HORA FINAL	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	HORA INICIAL	HORA FINAL
Punto 1	4/17/2018	4/17/2018	4:30	5:10	4/16/2018	4/16/2018	4:30	5:10
Punto 2	4/17/2018	4/17/2018	3:00	3:40	4/16/2018	4/16/2018	3:00	3:40
Punto 3	4/17/2018	4/17/2018	1:30	2:10	4/16/2018	4/16/2018	1:30	2:10
Punto 4	4/17/2018	4/17/2018	12:00	12:40	4/16/2018	4/16/2018	0:00	0:40
Punto 5	4/16/2018	4/16/2018	22:30	23:10	4/15/2018	4/15/2018	22:30	23:10
Punto 6	4/16/2018	4/16/2018	21:01	21:40	4/15/2018	4/15/2018	21:00	21:40

Se desarrolló el monitoreo de ruido ambiental, con el fin de realizar un análisis de los niveles de presión sonora que se puedan presentar el área de influencia del proyecto por lo que es, importante aclarar que dicho proyecto se encuentra en actividades de línea base por lo que el principal aporte de ruido proviene de actividades naturales y fauna propia de la zona.

Comparación normativa del nivel equivalente diurno (Laeq,d)

Figura 5.232 LAeq diurno para ruido ambiental – Puntos 1, 3 y 4

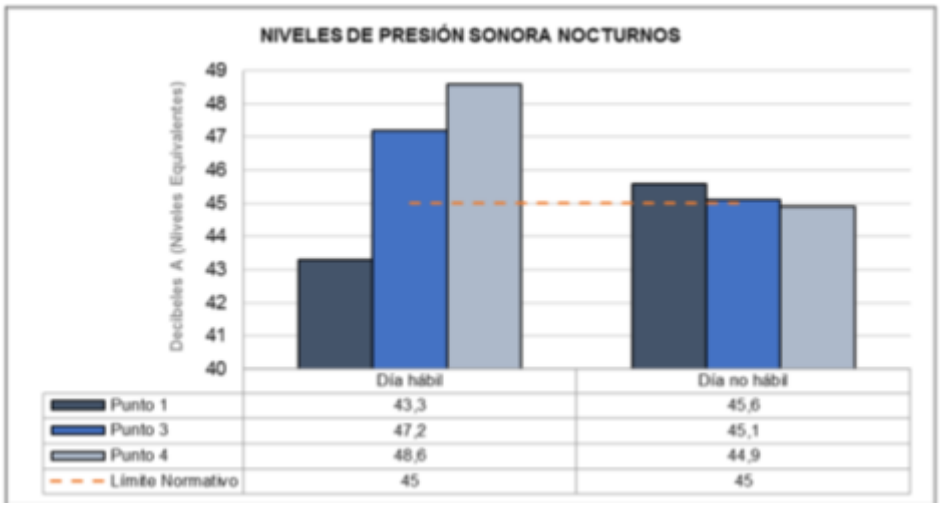


Como se puede observar en la Gráfica 1, los resultados diurnos ponderados de las mediciones realizadas en el Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera), Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan) y Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza, reportan valores inferiores al estándar máximo permisible establecido en 65 dB para el Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, Subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.

Figura 5.233 LAeq diurno para ruido ambiental – Puntos 2, 5 y 6

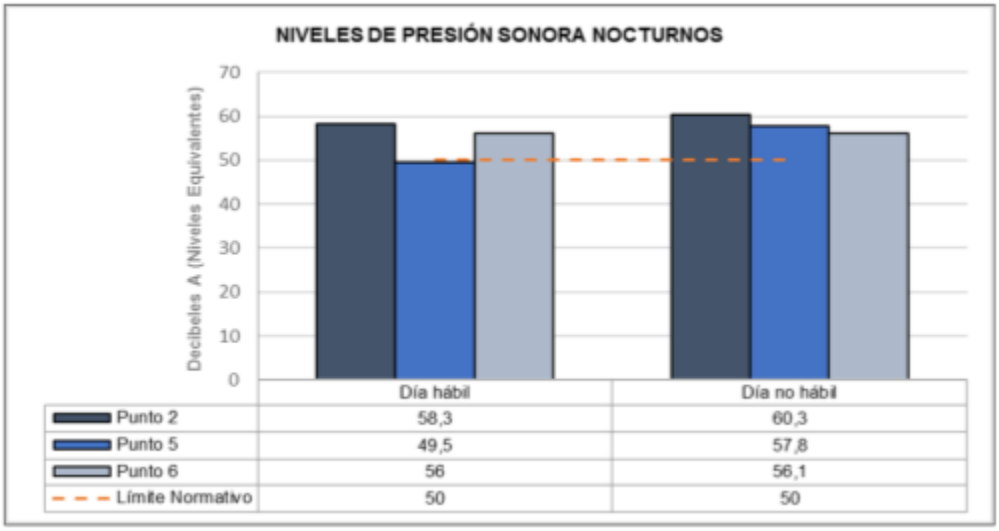
En la figura que representa los resultados diurnos de niveles de presión sonora ponderados de las mediciones realizadas en el Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí), Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) y Punto 6 - San Juan (Casco Urbano), se puede observar que los dB reportados para las mediciones del día no hábil son superiores a excepción del Punto 6, a los determinados para el día hábil. Todas las mediciones reportan valores inferiores al estándar máximo permisible establecido en 55 dB para el Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, subsector de zona residencial suburbana, por lo que no hay incumplimiento normativo.

Figura 5.234 LAeq nocturno para ruido ambiental – Puntos 1, 3 y 4



Como se puede observar en la Gráfica 3, los resultados ponderados de las mediciones realizadas en el Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera), Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan) y Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza) en horario nocturno reportan valores superiores al estándar máximo permisible establecido en 45 dB para el Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, Subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, a excepción de la medición en día no hábil del Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan). Dicho comportamiento puede ser atribuido a la cercanía de los puntos de medición a Vías como el tramo Pilcuán - Ipiales y a sonidos emitidos por fauna de la zona.

Figura 5.235 LAeq nocturno para ruido ambiental – Puntos 2, 5 y 6



Como se puede observar en la figura, los resultados ponderados de las mediciones realizadas en Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí), Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) y Punto 6 - San Juan (Casco Urbano) en horario nocturno reportan valores superiores al estándar máximo permisible establecido en 50 dB para el Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, subsector de zona residencial suburbana, a excepción de la medición en día hábil del Punto 5 - Contadero (Casco Urbano). Dicho comportamiento puede ser atribuido a los sonidos emitidos por fauna de la zona.

Resumen de resultados del nivel equivalente diurno (Laeq,d) y nocturno (Laeq,n)

Tabla 5-236 Resultados del monitoreo de ruido ambiental día hábil

DÍA HÁBIL							
PUNTO	IDENTIFICACIÓN	ESTÁNDAR MÁXIMO PERMISIBLE SECTOR D		NIVELES DE PRESIÓN SONORA (NPS)		CUMPLIMIENTO	
		HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	55	45	47,1	43,3	Cumple	Cumple
Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)			51,3	47,2	Cumple	No cumple
Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)			48,5	48,6	Cumple	No cumple

DÍA HÁBIL							
PUNTO	IDENTIFICACIÓN	ESTÁNDAR MÁXIMO PERMISIBLE SECTOR B		NIVELES DE PRESIÓN SONORA (NPS)		CUMPLIMIENTO	
		HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capulí)	65	50	62,0	58,3	Cumple	No cumple
Punto 5	Contadero (Casco Urbano)			62,3	49,5	Cumple	Cumple
Punto 6	San Juan (Casco Urbano)			62,0	56,0	Cumple	No cumple

Tabla 5-237 Resultados del monitoreo de ruido ambiental día no hábil

DÍA NO HÁBIL							
PUNTO	IDENTIFICACIÓN	ESTÁNDAR MÁXIMO PERMISIBLE RES. 627 DE 2006		NIVELES DE PRESIÓN SONORA (NPS)		CUMPLIMIENTO	
		HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Punto 1	Pilcuán la Recta (Gallera)	55	45	49,2	45,6	Cumple	No cumple
Punto 3	Picapiedra (Y Iles San Juan)			46,4	45,1	Cumple	No cumple
Punto 4	Estación 31+100 (Vereda la Esperanza)			43,8	44,9	Cumple	Cumple

DÍA NO HÁBIL							
PUNTO	IDENTIFICACIÓN	ESTÁNDAR MÁXIMO PERMISIBLE RES. 627 DE 2006		NIVELES DE PRESIÓN SONORA (NPS)		CUMPLIMIENTO	
		HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Punto 2	Campamento Mikel (Vereda El Capuli)	65	50	62	60,3	Cumple	No cumple
Punto 5	Contadero (Casco Urbano)			64,8	57,8	Cumple	No cumple
Punto 6	San Juan (Casco Urbano)			58,1	56,1	Cumple	No cumple

Conclusiones

1. Se realiza el monitoreo de ruido ambiental, con el fin de determinar los niveles de presión sonora en el área de influencia de la línea base del Proyecto TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL "RUMICHACA – PASTO" a cargo del CONSORCIO SH, los días 15, 16, y 17 de abril de 2018, siguiendo lo establecido en la Resolución 627 de 2006 MAVDT actual MADS.

2. Las condiciones meteorológicas en el momento del registro de niveles de presión sonora, presentaron velocidades de viento inferiores a 3 m/s y ausencia de lluvias, por lo que no se considera ningún aporte de incertidumbre condiciones meteorológicas.

3. Los resultados obtenidos para las incertidumbres máximas en los seis (6) puntos de medición de ruido ambiental, se presentan en los reportes de resultados y en el capítulo de análisis de los niveles equivalentes, donde se evidencia que no se presentan incertidumbres que superaren los 3 dB, dando al estudio una buena viabilidad para presentar resultados con un buen control de los posibles errores que interfieren la captura de la información y un aceptable control de las desviaciones que afectaran los datos iniciales.

4. Para el ajuste impulsivo todas las mediciones reportaron clasificación nula, mientras que para el ajuste tonal, el 79,2% de las mediciones reportó clasificación neta o fuerte.

5. Los resultados diurnos ponderados de las mediciones realizadas en el Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera), Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan) y Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza), reportan valores inferiores al estándar máximo permisible establecido en 65 dB para el Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, Subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.

6. Los resultados diurnos ponderados de las mediciones realizadas en el Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí), Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) y Punto 6 - San Juan (Casco Urbano), reportan valores inferiores al estándar máximo permisible establecido en 55 dB para el Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, subsector de zona residencial suburbana, por lo que no hay incumplimiento normativo.

7. Los resultados nocturnos ponderados de las mediciones realizadas en el Punto 1 - Pilcuán la Recta (Gallera), Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan) y Punto 4 - Estación 31+100 (Vereda la Esperanza) reportan valores superiores al estándar máximo permisible establecido en 45 dB para el Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, Subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, a excepción de la medición en día no hábil del Punto 3 - Picapiedra (Y Iles San Juan). Dicho comportamiento puede ser atribuido a la cercanía de los puntos de medición a Vías como el tramo Pilcuán - Ipiales y a sonidos emitidos por fauna de la zona.

8. Los resultados nocturnos ponderados de las mediciones realizadas en Punto 2 - Campamento Mikel (Vereda El Capulí), Punto 5 - Contadero (Casco Urbano) y Punto 6 - San Juan (Casco Urbano) reportan valores superiores al estándar máximo permisible establecido en 50 dB para el Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, subsector de zona residencial suburbana, a excepción de la medición en día hábil del Punto 5 - Contadero (Casco Urbano). Dicho comportamiento puede ser atribuido a sonidos emitidos por fauna de la zona.