

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA- MEDIO ABIÓTICO

"Emitido para"

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	32
5.1	MEDIO ABIÓTICO	32
5.1.1	Geología	32
5.1.1.1	Recopilación de información	32
5.1.1.2	Geología Regional	32
5.1.1.2.1	Geología Histórica	33
5.1.1.2.2	Estratigrafía	33
5.1.1.2.2.1	Formación Plaeners	35
5.1.1.2.2.2	Formación Labor-Tierna	35
5.1.1.2.2.3	Formación Guaduas	35
5.1.1.2.2.4	Formación Sabana	36
5.1.1.2.2.5	Formación Chía	36
5.1.1.2.2.6	Depósitos cuaternarios	36
5.1.1.2.3	Estructural	36
5.1.1.2.3.1	Anticlinal de Bogotá	37
5.1.1.3	Geología Local	37
5.1.1.3.1	Formación Sabana:	38
5.1.1.3.1.1	Formación Sabana (Qsa1):	38
5.1.1.3.1.2	Formación Sabana (Qsa2):	39
5.1.1.3.2	Formación Chía (Qch1):	39
5.1.1.3.3	Depósito Fluvioglaciares:	39
5.1.1.3.4	Depósito de Pendiente (Qdp1):	39

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.1.3.5	Rellenos antrópicos (Qra1):	39
5.1.1.4	Perforaciones	40
5.1.1.4.1.1	Perfil-1	43
5.1.1.4.1.2	Perfil-2	44
5.1.1.4.1.3	Perfil-3	45
5.1.1.4.1.4	Perfil-4	46
5.1.2	Geomorfología	47
5.1.2.1	Morfogénesis	47
5.1.2.1.1	Unidad Planicie /Valle aluvial	52
5.1.2.1.1.1	Plano de inundación (Fpi):	52
5.1.2.1.2	Lagos y Lagunas (Cuerpos de Agua)	52
5.1.2.1.3	Unidades Antropogénicas	54
5.1.2.1.3.1	Área Urbanizada	54
5.1.2.1.3.2	Relleno Antrópico	54
5.1.2.2	Morfología	55
5.1.2.2.1	Pendientes	55
5.1.2.2.2	Inclinación de Ladera	57
5.1.2.2.3	Contraste de relieve	57
5.1.2.3	Morfodinamica	57
5.1.2.3.1	Análisis multitemporal	58
5.1.3	Paisaje	61
5.1.3.1	Unidades de paisaje	62
5.1.3.2	Calidad visual	65

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.3.3	Visibilidad	68
5.1.3.4	Integridad escénica	73
5.1.3.5	Fragilidad visual	77
5.1.3.6	Sitios de interés paisajístico	80
5.1.3.7	Percepción social del paisaje	81
5.1.3.8	Descripción del proyecto en el componente paisajístico de la zona	84
5.1.4	Suelos y uso de la tierra	86
5.1.4.1	Suelos	87
5.1.4.1.1	Suelos del paisaje de montaña (M)	94
5.1.4.1.1.1	Suelos del tipo de relieve espinazo	94
5.1.4.1.2	Suelos del tipo de relieve glacis de acumulación	96
5.1.4.1.3	Suelos del paisaje de planicie (R)	101
5.1.4.1.3.1	Suelos del tipo de relieve plano de inundación	101
5.1.4.2	Capacidad de uso de la tierra	120
5.1.4.2.1	Clase 2	124
5.1.4.2.1.1	Subclase y grupo de manejo (2c-3)	124
5.1.4.2.1.2	Subclase y grupo de manejo (2s-1)	124
5.1.4.2.1.3	Subclase y grupo de manejo (2sh-1)	125
5.1.4.2.2	Clase 3	125
5.1.4.2.2.1	Subclase y grupo de manejo (3cs-3)	125
5.1.4.2.3	Clase 4	126
5.1.4.2.3.1	Subclase y grupo de manejo (4spe-1)	126
5.1.4.2.4	Clase 6	126

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.4.2.4.1	Subclase y grupo de manejo (6cs-4)	126
5.1.4.2.5	Clase 7	126
5.1.4.2.5.1	Subclase y grupo de manejo (7spe-1)	127
5.1.4.3	Uso actual de la tierra	127
5.1.4.3.1	Agricultura	129
5.1.4.3.2	Ganadería	129
5.1.4.3.3	Conservación	129
5.1.4.3.4	Asentamiento	130
5.1.4.3.5	Infraestructura	130
5.1.4.4	Conflicto de uso	130
5.1.4.4.1	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (A)	131
5.1.4.4.2	Tierras en conflicto por subutilización (S)	131
5.1.4.4.3	Tierras en conflicto por sobreutilización (O)	131
5.1.5	Hidrología	135
5.1.5.1	Inventario de cuerpos hídricos	135
5.1.5.1.1	Cuerpos lóticos	135
5.1.5.1.2	Cuerpos lénticos	148
5.1.5.2	Localización de cuencas que contienen los cuerpos hídricos	152
5.1.5.3	Caracterización morfométrica	154
5.1.5.3.1	Forma de la cuenca	154
5.1.5.3.2	Parámetros relativos al drenaje	155
5.1.5.4	Caracterización del régimen hidrológico Oferta Hídrica Superficial Total – Régimen de caudales medios	158

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.5.5	Mancha de inundación evento máximo Tr 100 años	161
5.1.6	Calidad del agua	163
5.1.6.1	Cuerpos de agua continentales	163
5.1.6.1.1	Etapa de campo	172
5.1.6.1.2	Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos	172
5.1.6.1.3	Etapa de laboratorio	172
5.1.6.1.4	Etapa de Análisis	174
5.1.6.1.4.1	Índice de calidad del agua (ICA)	175
5.1.6.1.5	Discusión de Resultados	177
5.1.6.1.5.1	Caracterización fisicoquímica de fuentes superficiales	177
5.1.6.1.5.2	Caracterización de ecosistemas	188
5.1.6.1.5.3	Índice de calidad de agua ICA	209
5.1.6.1.5.4	Índice de contaminación del agua (ICO)	210
5.1.6.1.5.5	Conclusiones	213
5.1.6.2	Cuerpos de agua marino-costeros	214
5.1.6.3	Calidad de agua subterránea	214
5.1.6.3.1	Metodología	214
5.1.6.3.1.1	Localización y descripción de la estación de monitoreo	215
5.1.6.3.2	Resultados y discusión	221
5.1.6.3.3	Conclusiones	245
5.1.7	Usos del agua	246
5.1.7.1	Uso del recurso hídrico superficial	246
5.1.7.1.1	Uso doméstico y consumo humano	246

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.7.1.2	Uso industrial	246
5.1.7.1.3	Uso agrícola	246
5.1.7.2	Usuarios del recurso hídrico	246
5.1.7.2.1	Usuarios Localidad de Usaquén	247
5.1.7.2.2	Usuarios Localidad de Suba	249
5.1.7.3	Demanda Hídrica superficial	251
5.1.7.3.1	Demanda Hídrica Doméstica	251
5.1.7.3.2	Demanda Hídrica Industrial	253
5.1.7.3.3	Demanda Hídrica Agrícola	254
5.1.7.3.4	Demanda Hídrica Total	257
5.1.7.4	Oferta Hídrica superficial Total	258
5.1.7.5	Caudales mínimos	261
5.1.7.6	Caudales máximos	264
5.1.7.7	Concesiones	265
5.1.7.8	Conflictos por disponibilidad del recurso hídrico	268
5.1.7.8.1	Índice Uso del Agua - IUA	268
5.1.7.8.2	Índice de Regulación Hídrica - IRH	271
5.1.7.8.3	Índice de Vulnerabilidad	275
5.1.7.8.4	Índice de Aridez – IA	276
5.1.8	Hidrogeología	279
5.1.8.1	Contexto regional hidrogeología de la Sabana	279
5.1.8.1.1	Caudales de extracción	284
5.1.8.2	Parámetros Hidráulicos	286

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

5.1.8.3	Unidades hidrogeológicas	287
5.1.8.4	Direcciones de Flujo	290
5.1.8.5	Piezometría	291
5.1.8.5.1	Hidroquímica	292
5.1.8.6	Zonas de Recarga	294
5.1.8.7	Vulnerabilidad	296
5.1.8.7.1	Método GOD	297
5.1.8.7.2	Método DRASTIC	298
5.1.9	Geotecnia	302
5.1.9.1	Componente Geológico	303
5.1.9.2	Componente Geomorfológico	305
5.1.9.3	Pendiente Topográfica	306
5.1.9.4	Hidrogeología	307
5.1.9.5	Uso y cobertura del suelo	308
5.1.9.6	La Procesos morfodinámicos	310
5.1.9.7	Detonantes	310
5.1.9.7.1	Precipitación	311
5.1.9.7.2	Sismicidad	311
5.1.9.8	Zonificación Geotécnica	313
5.1.9.9	Descripción geotécnica del corredor vial	314
5.1.10	Atmósfera	316
5.1.10.1	Meteorología	316
5.1.10.1.1	Procesamiento de datos	317

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.10.1.2	Pruebas estadísticas	321
5.1.10.1.3	Temperatura	322
5.1.10.1.4	Precipitación	326
5.1.10.1.4.1	Distribución espacial de la precipitación total anual	329
5.1.10.1.4.2	Número de días de lluvia	330
5.1.10.1.4.3	Valores máximos de lluvia en 24 horas	331
5.1.10.1.5	Presión atmosférica	332
5.1.10.1.6	Humedad relativa	333
5.1.10.1.7	Viento	334
5.1.10.1.8	Radiación	337
5.1.10.1.9	Nubosidad	337
5.1.10.1.10	Brillo Solar	338
5.1.10.1.11	Evaporación	339
5.1.10.1.12	Evapotranspiración	340
5.1.10.1.12.1	Evapotranspiración potencial	340
5.1.10.1.13	Índice de aridez	341
5.1.10.1.14	Balance Hídrico	343
5.1.10.2	Identificación de fuentes de emisiones	350
5.1.10.2.1	Fuentes fijas dispersas de área y puntuales	350
5.1.10.2.2	Fuentes móviles	351
5.1.10.3	Calidad del aire	354
5.1.10.3.1	Descripción estaciones de monitoreo de calidad de aire	354
5.1.10.3.2	Análisis de los resultados del monitoreo de calidad de aire	358

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.10.3.2.1	Material Particulado (PM10)	359
5.1.10.3.2.2	Material Particulado (PM2.5)	360
5.1.10.3.2.3	Dióxido de Nitrógeno (NO2)	361
5.1.10.3.2.4	Dióxido de azufre (SO2)	362
5.1.10.3.2.5	Ozono (O3)	365
5.1.10.3.3	Índice de calidad de aire (ICA)	369
5.1.10.4	Ruido ambiental	374
5.1.10.4.1	Localización de los puntos de medición	374
5.1.10.4.2	Condiciones meteorológicas	379
5.1.10.4.3	Resultados monitoreo de ruido ambiental	380
5.1.10.4.3.1	Monitoreo de ruido ambiental en horario diurno	380
5.1.10.4.3.2	Monitoreo de ruido ambiental en horario nocturno	382
5.1.10.4.3.3	Correcciones por tonalidad e impulsividad	385
5.1.10.4.3.4	Incertidumbre de la medición	386
5.1.10.4.3.5	Intervalos de confianza	387
5.1.10.4.3.6	Variabilidad de fuentes	387

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 Tabla de unidades litoestratigráficas.....	34
Tabla 5-2 Tabla de componentes geomorfológicos	48
Tabla 5-3 Áreas (Ha) de las pendientes definidas en el área de estudio	56
Tabla 5-4 Clasificación contraste de relieve	57
Tabla 5-5 Vuelos y numero de imágenes sobre el área de influencia físico-biótica	58
Tabla 5-6 Imágenes tomadas para el análisis multitemporal	59
Tabla 5-7 Agrupación de coberturas para el análisis del paisaje	63
Tabla 5-8 Unidades de paisaje.....	64
Tabla 5-9 Valoración de la calidad visual del paisaje	65
Tabla 5-10 Escalas visuales por unidad de paisaje	69
Tabla 5-11 Calificación de la integridad escénica del paisaje.....	74
Tabla 5-12 Calificación de la fragilidad visual del paisaje.....	77
Tabla 5-13 Unidades de paisaje a intervenir directamente por infraestructura proyectada	84
Tabla 5-14 Unidades de paisaje donde será visible el proyecto	86
Tabla 5-15 Descripción de las unidades de suelos que hacen parte del área de influencia del proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5"	89
Tabla 5-16 Morfología suelos Typic Hapludands, familia medial, isomésica.	95
Tabla 5-17 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.	95
Tabla 5-18 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.	95
Tabla 5-19 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.	96

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-20 Morfología suelos Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.....	97
Tabla 5-21 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.....	98
Tabla 5-22 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.....	98
Tabla 5-23 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.....	98
Tabla 5-24 Morfología suelos Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.	99
Tabla 5-25 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.	100
Tabla 5-26 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.	100
Tabla 5-27 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.	101
Tabla 5-28 Morfología suelos Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.	102
Tabla 5-29 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.	103
Tabla 5-30 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.	103
Tabla 5-31 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.	104
Tabla 5-32 Morfología suelos Andic Humudepts, familia fina, isomésica.	105
Tabla 5-33 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica	105

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-34 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica	106
Tabla 5-35 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica	106
Tabla 5-36 Morfología suelos Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica.....	107
Tabla 5-37. Caracterización física y química de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica	107
Tabla 5-38 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica	108
Tabla 5-39 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica	108
Tabla 5-40 Morfología suelos Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica.....	109
Tabla 5-41 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica	110
Tabla 5-42 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica	110
Tabla 5-43 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica	110
Tabla 5-44 Morfología suelos clasificados Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica.	111
Tabla 5-45 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica	112
Tabla 5-46 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica	112
Tabla 5-47 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica	113
Tabla 5-48 Morfología suelos clasificados Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica.	115

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-49 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica	115
Tabla 5-50 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica	115
Tabla 5-51 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica	116
Tabla 5-52 Morfología suelos clasificados Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica. ..	117
Tabla 5-53. Caracterización física y química de los suelos clasificados como Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica.....	118
Tabla 5-54 Morfología suelos clasificados Pachic Haplustands, familia medial, isomésica.	119
Tabla 5-55 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica	119
Tabla 5-56 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica	119
Tabla 5-57 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica	120
Tabla 5-58 Capacidad de uso de los suelos en el área de influencia del proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5"	123
Tabla 5-59 Uso actual del suelo para las unidades de suelos que hacen parte del área de influencia del proyecto	129
Tabla 5-60 Matriz de conflicto de uso de los suelos	133
Tabla 5-61 Subcuencas hidrográficas	153
Tabla 5-62 Clasificación por tamaño	155
Tabla 5-63 Clasificación por coeficiente de compacidad	155
Tabla 5-64 Clasificación por índice de alargamiento.....	155
Tabla 5-65 Clasificación por tipo de canal.....	156

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-66 Morfometría área de influencia	157
Tabla 5-67 Oferta Hídrica Superficial Total – Caudales medios	159
Tabla 5-68 Información de campo de las estaciones de muestreo.....	164
Tabla 5-69 Descripción estaciones de muestreo.....	166
Tabla 5-70 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas evaluadas	173
Tabla 5-71 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas del agua.....	175
Tabla 5-72 Interpretación del índice ICA.	176
Tabla 5-73 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).	177
Tabla 5-74 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en dos temporadas climáticas incluyendo la comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076 de 2015) para consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario y preservación de fauna y flora.	179
Tabla 5-75 (Continuación). Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en dos temporadas climáticas incluyendo la comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076 de 2015) para consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario y preservación de fauna y flora.	183
Tabla 5-76 Índice de calidad agua (ICA) y parámetros de calidad	209
Tabla 5-77 Índice de contaminación del agua (ICO) y parámetros de calidad.....	211
Tabla 5-78 Estación de monitoreo de aguas subterráneas.....	215
Tabla 5-79 Descripción del punto de monitoreo de aguas subterráneas.	217
Tabla 5-80 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales.....	218
Tabla 5-81 Métodos y técnicas analíticas utilizadas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.	220
Tabla 5-82 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados incluyendo la comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076 de 2015 y resolución	

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



2115 de 2007) para consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario y preservación de fauna y flora.....	223
Tabla 5-83 Censo poblacional Usaquén	247
Tabla 5-84 Censo industrial Usaquén	247
Tabla 5-85 Censo poblacional Suba.....	249
Tabla 5-86 Censo industrial Suba	249
Tabla 5-87 Modulo de consumo doméstico.....	251
Tabla 5-88 Censo poblacional.....	251
Tabla 5-89 Demanda Hídrica doméstica.....	252
Tabla 5-90 Módulos de consumo Demanda Hídrica Industrial	253
Tabla 5-91 Censo Industrial	253
Tabla 5-92 Demanda Hídrica Industrial	254
Tabla 5-93 Coberturas CORINE LAND COVER.....	255
Tabla 5-94 Intervalos de precipitación	256
Tabla 5-95 Requerimiento hídrico.....	256
Tabla 5-96 Demanda Hídrica Agrícola	257
Tabla 5-97 Demanda Hídrica Total	257
Tabla 5-98 Oferta Hídrica Superficial Total	260
Tabla 5-99 Análisis de frecuencia	263
Tabla 5-100 Concesiones del recurso hídrico superficial	266
Tabla 5-101 Rango indicador IUA	269
Tabla 5-102 índice Uso del Agua	270
Tabla 5-103 Rango indicador IRH	274

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-104 Índice de Regulación Hídrica	274
Tabla 5-105 Rango indicador IVH	275
Tabla 5-106 Índice de Vulnerabilidad	276
Tabla 5-107 Rango indicador IA.....	277
Tabla 5-108 Índice de Aridez	277
Tabla 5-109 Clasificación de Unidades Hidrogeológicas	288
Tabla 5-110 Calificación parámetros (G) y (O), metodología GOD	297
Tabla 5-111 Calificación parámetro (D), metodología GOD.....	298
Tabla 5-112 Calificación parámetro (D), metodología DRASTIC	300
Tabla 5-113 Calificación parámetro (R), metodología DRASTIC.....	300
Tabla 5-114 Calificación parámetro (T), metodología DRASTIC.....	300
Tabla 5-115 Calificación parámetro (C), metodología DRASTIC.....	300
Tabla 5-116 Calificación parámetro (A), (S) e (I), metodología DRASTIC	301
Tabla 5-117 Pesos asignados para los factores analizados según la influencia evidenciada	302
Tabla 5-118 Valoración de la susceptibilidad total	303
Tabla 5-119 Clasificación Litológica – Geotécnica.....	303
Tabla 5-120 Categorías y valores de susceptibilidad del componente geomorfológico. ..	306
Tabla 5-121 Categorías y valores de susceptibilidad del parámetro inclinación de la pendiente.....	306
Tabla 5-122 Categorías y valores de susceptibilidad del parámetro Unidad hidrogeológica.	308
Tabla 5-123 Categorías y valores de susceptibilidad del uso y cobertura del suelo	309
Tabla 5-124 Calificación de la susceptibilidad por procesos Morfodinámicos.	310

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-125 Calificación del factor detonante lluvias	311
Tabla 5-126 Calificación del factor Sismicidad	311
Tabla 5-127 Determinación de la susceptibilidad geotécnica total sobre el terreno	313
Tabla 5-128 Descripción geotécnica del corredor vial	315
Tabla 5-129 Estaciones hidrometeorológicas	316
Tabla 5-130 Estaciones de Temperatura	323
Tabla 5-131 Estaciones de precipitación	326
Tabla 5-132 Estaciones de número de días de lluvia	330
Tabla 5-133 Estaciones de valores máximos de lluvia	331
Tabla 5-134 Presión atmosférica	332
Tabla 5-135 Estaciones Humedad Relativa	334
Tabla 5-136 Datos de velocidad del viento	335
Tabla 5-137 Comportamiento de la velocidad y dirección del viento por fracciones de día	336
Tabla 5-138 Datos multianuales acumulado desde 2009 hasta 2020.....	337
Tabla 5-139 Estaciones de Evaporación	339
Tabla 5-140 Rango indicador IA.....	342
Tabla 5-141 Índice de Aridez	342
Tabla 5-142 Índice de Aridez mensual.....	342
Tabla 5-143 Balance Hídrico estación Apto Guaymaral	344
Tabla 5-144 Balance Hídrico estación UDCA	346
Tabla 5-145 Balance Hídrico estación Escuela de Ingenieros	347
Tabla 5-146 Balance Hídrico estación Nueva Generación	348

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-147 Balance Hídrico Estación Col. Miguel A. Caro.....	349
Tabla 5-148. Localización puntos de aforo vehicular en la zona de estudio.....	352
Tabla 5-149 Ficha técnica Estación 1 – Finca Auto 222.....	355
Tabla 5-150 Ficha técnica Estación 2 – Of Concesión Accenorte.....	357
Tabla 5-151 Ficha técnica Estación 3 – Verbenal	358
Tabla 5-152 Resumen Estadístico Material Particulado (PM10) – Auto Norte Bogotá D.C.	360
Tabla 5-153 Resumen Estadístico Material Particulado (PM2.5) – Auto Norte Bogotá D.C.	361
Tabla 5-154 Resumen Estadístico Dióxido de Nitrógeno (NO2) – Auto Norte Bogotá D.C.	362
Tabla 5-155 Resumen Estadístico Dióxido de Azufre (SO2) – Auto Norte Bogotá D.C.	363
Tabla 5-156 Resumen Estadístico Monóxido de Carbono (CO) – Auto Norte Bogotá D.C.	365
Tabla 5-157 Resumen Estadístico Ozono (O3) – Auto Norte Bogotá D.C.	366
Tabla 5-158 Descripción general índice de calidad de aire	370
Tabla 5-159 Localización de los puntos de medición de ruido en el área de estudio.....	375
Tabla 5-160 Técnica de medición utilizada.	378
Tabla 5-161 Condiciones meteorológicas	379
Tabla 5-162 Clasificación sectores – Ruido ambiental	380
Tabla 5-163 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible durante el horario diurno (Sector C).	381
Tabla 5-164 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible durante el horario nocturno (Sector C).	383
Tabla 5-165: Correcciones por tonalidad e impulsividad en horario diurno.	385
Tabla 5-166: Correcciones por tonalidad e impulsividad en horario nocturno.	385

Tabla 5-167 Incertidumbre de la medición.	387

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 Perfil esquemático, disposición de estratos en la zona de estudio	37
Figura 5-2 Mapa Geológico Local	38
Figura 5-3 Vista panorámica distribución de unidades	40
Figura 5-4 Perforaciones mecánicas.....	40
Figura 5-5 Distribución espacial perforaciones	41
Figura 5-6 Ubicación de perfiles litológicos.....	43
Figura 5-7 Perfil -1 Longitudinal Autopista Norte calle 245 a calle 170	44
Figura 5-8 Perfil -2 Transversal Autopista Norte carrera 72 a carrera 7	45
Figura 5-9 Perfil -3 Transversal Calle 235	46
Figura 5-10 Perfil -4 Transversal Autopista Norte- Cerro La Conejera	47
Figura 5-11 Jerarquización Geomorfológica.....	48
Figura 5-12 Mapa de unidades geomorfológicas	51
Figura 5-13 Mapa pendientes.....	56
Figura 5-14 Cubrimiento espacial fotografías aéreas.....	59
Figura 5-15 Evolución Temporal Humedal de Torca, cercanías a Bima	60
Figura 5-16 Evolución temporal Humedal Torca, cercanías de la 220	61
Figura 5-17 Calidad visual del paisaje.....	67
Figura 5-18 Distribución porcentual de los planos visuales en el área de influencia físico-biótica.	69
Figura 5-19 Escalas visuales en el área de influencia	72
Figura 5-20 Integridad escénica del paisaje	76
Figura 5-21 Fragilidad visual del paisaje	79

Figura 5-22 Percepción del paisaje del área	83
Figura 5-23 Identificación de cambios percibidos en el paisaje	83
Figura 5-24 Distribución espacial de las unidades de capacidad de uso de la tierra	122
Figura 5-25 Distribución de la capacidad de uso de los suelos en el área de influencia del proyecto.....	124
Figura 5-26 Distribución espacial de las unidades de uso actual del suelo	128
Figura 5-27 Uso actual del suelo del área de influencia del proyecto	130
Figura 5-28. Distribución espacial de las unidades de conflicto de uso del suelo	131
Figura 5-29. Distribución porcentual del conflicto de uso que hace parte del área de estudio	134
Figura 5-30 Canal Torca	135
Figura 5-31 Quebrada Tibabita	137
Figura 5-32 Quebrada aguas calientes	138
Figura 5-33 Quebrada Patiño	140
Figura 5-34 Quebrada San Juan.....	141
Figura 5-35 Quebrada Las Pilas	142
Figura 5-36 Quebrada Cañiza	144
Figura 5-37 Quebrada La Floresta	145
Figura 5-38 Quebrada Torca	147
Figura 5-39 Vallado Guaymaral	148
Figura 5-40 Humedal Torca - Guaymaral.....	150
Figura 5-41 Perfil transversal de la autopista norte actual	151
Figura 5-42 Cuerpos de agua artificiales presentes en el separador actual.	151
Figura 5-43 Localización de cuerpos de agua artificiales separador	152

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 5-44 Ubicación espacial de las subcuencas hidrográficas	154
Figura 5-45 Clasificación por tipo de drenaje.....	156
Figura 5-46 Modelo Hidrológico.....	158
Figura 5-47 Caudales medios.....	160
Figura 5-48 Caudales medios mensual multianual.....	161
Figura 5-49 Manchas de inundación condición sin proyecto (actual) y con proyecto.....	162
Figura 5-50 Localización de los puntos de monitoreo calidad del agua superficial.....	165
Figura 5-51 Valores de temperatura reportados en las estaciones de monitoreo.....	188
Figura 5-52 Valores de temperatura reportados en los humedales Torca y Guaymaral ...	189
Figura 5-53 Valores de oxígeno disuelto reportados en las estaciones de monitoreo.....	190
Figura 5-54 Valores de oxígeno reportados en los humedales Torca y Guaymaral.....	191
Figura 5-55 Valores de DQO reportados en las estaciones de monitoreo.....	192
Figura 5-56 Valores de pH reportados en las estaciones de monitoreo.....	193
Figura 5-57 Valores de pH reportados en los humedales Torca y Guaymaral	194
Figura 5-58 Valores de acidez total reportados en las estaciones de monitoreo.....	195
Figura 5-59 Valores de alcalinidad total reportados en las estaciones de monitoreo	196
Figura 5-60 Valores de Dureza cálcica reportados en las estaciones de monitoreo.	197
Figura 5-61 Valores de dureza total y cálcica reportados en las estaciones de monitoreo.	197
Figura 5-62 Valores de conductividad y sólidos disueltos totales reportados en las estaciones de monitoreo.....	198
Figura 5-63 Valores de conductividad reportados en los humedales Torca y Guaymaral.	198
Figura 5-64 Valores de Sólidos suspendidos totales reportados en las estaciones de monitoreo.....	200

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 5-65 Valores de turbidez reportados en las estaciones de monitoreo.	201
Figura 5-66. Valores de sólidos sedimentables reportados en las estaciones de monitoreo	202
Figura 5-67 Valores de color real reportados en las estaciones de monitoreo.	203
Figura 5-68 Valores de fosforo total reportados en las estaciones de monitoreo.	204
Figura 5-69 Valores de nitrógeno total reportados en las estaciones de monitoreo.	204
Figura 5-70 Valores de grasas y aceites reportados en las estaciones de monitoreo	207
Figura 5-71 Valores de coliformes fecales termotolerantes reportados en las estaciones de monitoreo.	208
Figura 5-72 Valores de coliformes totales reportados en las estaciones de monitoreo. ..	209
Figura 5-73 Índice de calidad de aguas (ICA) en las estaciones de muestreo.	210
Figura 5-74 Valores del índice de contaminación del agua (ICO) en las estaciones de muestreo.	213
Figura 5-75 Localización de los puntos de monitoreo calidad del agua subterránea	216
Figura 5-76 Valores de oxígeno disuelto reportados en las estaciones de monitoreo.	226
Figura 5-77 Valores de pH reportados en las estaciones de monitoreo.	227
Figura 5-78 Valores de temperatura reportados en las estaciones de monitoreo.	228
Figura 5-79 Valores de alcalinidad reportados en las estaciones de monitoreo.	230
Figura 5-80 Valores de acidez reportados en las estaciones de monitoreo.	231
Figura 5-81 Valores de dureza reportados en las estaciones de monitoreo.	231
Figura 5-82 Valores de nitrógeno amoniacal reportados en las estaciones de monitoreo.	232
Figura 5-83 Valores de nitrógeno total reportado en las estaciones de monitoreo.	233
Figura 5-84 Valores de fósforo reportados en las estaciones de monitoreo.	234

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 5-85 Valores de conductividad y sólidos disueltos totales reportados en las estaciones de monitoreo.....	235
Figura 5-86. Valores de sólidos totales reportados en las estaciones de monitoreo	236
Figura 5-87 Valores de turbiedad reportados en las estaciones de monitoreo.	236
Figura 5-88 Valores de color aparente reportados en las estaciones de monitoreo.....	237
Figura 5-89 Valores de hierro reportados en las estaciones de monitoreo.....	239
Figura 5-90 Valores de calcio reportados en las estaciones de monitoreo.	240
Figura 5-91 Valores de magnesio reportados en las estaciones de monitoreo.....	240
Figura 5-92. Valores de Manganeseo reportados en las estaciones de monitoreo.	241
Figura 5-93 Valores de Potasio reportados en las estaciones de monitoreo.	241
Figura 5-94. Valores de Sodio reportados en las estaciones de monitoreo.	242
Figura 5-95 Valores de grasas y aceites reportados en las estaciones de monitoreo	243
Figura 5-96 Valores de coliformes fecales termotolerantes presentes en las estaciones de monitoreo	244
Figura 5-97 Valores de coliformes totales reportados en las estaciones de monitoreo. ..	245
Figura 5-98 Sectores de área de influencia Usaqué	248
Figura 5-99 Sectores de área de influencia Usaqué	250
Figura 5-100 Modelo Hidrológico para caudales medios.....	259
Figura 5-101 Algunos resultados series caudales medios.....	261
Figura 5-102 Análisis grafico para análisis de frecuencia	263
Figura 5-103 Serie mensual multianual de caudales mínimos	264
Figura 5-104 Serie mensual multianual de caudales máximos	264
Figura 5-105 Concesiones del recurso hídrico superficial	268
Figura 5-106 Distribución espacial Índice Uso del Agua.....	271

Figura 5-107 Metodología estimación IRH	272
Figura 5-108 Índice de Regulación Hídrica	274
Figura 5-109 índice de Aridez	278
Figura 5-110 Diagrama esquemático de cuatro ambientes de deposición inferidos para la sabana de Bogotá, a) Fluvial, b) Fluvio-Lacustre, c) Pantano y d) Lacustre	280
Figura 5-111 Diagrama esquemático conexión hidráulica y recarga a través de un medio fracturado a un medio poroso.....	282
Figura 5-112 Cantidad de puntos de agua subterránea por tipo	283
Figura 5-113 Distribución espacial de agua subterránea por tipo	284
Figura 5-114 Usos de Agua Subterránea	285
Figura 5-115 Distribución espacial de los caudales de extracción de Agua Subterránea ..	285
Figura 5-116 Gráfico conductividad hidráulica contra profundidad	286
Figura 5-117 Distribución espacial conductividad hidráulica. Izquierda: Acuífero somero o flujo subsuperficial, Derecha: Acuífero profundo – Formación Sabana	287
Figura 5-118 Mapa de unidades hidrogeológicas	290
Figura 5-119 Histograma registros de profundidad de nivel	291
Figura 5-120 Superficie Piezométrica flujo subsuperficial	292
Figura 5-121 Distribución espacial conductividad eléctrica.....	293
Figura 5-122 Distribución espacial Diagramas de Stiff	294
Figura 5-123 Zonas de Recarga potencial – CAR (2021).....	295
Figura 5-124 Zonas de Recarga potencial – SDA – PUJ (2018)	296
Figura 5-125 Vulnerabilidad Intrínseca – Metodología GOD	298
Figura 5-126 Vulnerabilidad Intrínseca – Metodología DRASTIC	301
Figura 5-127 Mapa de clasificación Litológica- Geotécnica	305

Figura 5-128 Mapa de clasificación de la inclinación de la pendiente.....	307
Figura 5-129 Mapa de clasificación de la susceptibilidad Hidrogeológica.....	308
Figura 5-130 Mapa de clasificación de los usos del suelo.....	309
Figura 5-131 Mapa de eventos sísmicos.....	312
Figura 5-132 Mapa de Zonificación de la susceptibilidad geotécnica.....	314
Figura 5-133 Perfil estratigráfico característico del proyecto.....	316
Figura 5-134 Ubicación espacial de las estaciones hidrometeorológicas.....	317
Figura 5-135 Boxplot Datos crudos.....	318
Figura 5-136 Hidrograma Datos crudos.....	318
Figura 5-137 Boxplot procesamiento de datos.....	318
Figura 5-138 Boxplot multianual.....	320
Figura 5-139 serie de tiempo intranual.....	320
Figura 5-140 hidrograma mensual - anual.....	321
Figura 5-141 Temperatura Máxima.....	323
Figura 5-142 Temperatura Mínima.....	324
Figura 5-143 Temperatura Media.....	325
Figura 5-144 Isotermas.....	326
Figura 5-145 Precipitación mensual multianual.....	327
Figura 5-146 Precipitación anual multianual.....	328
Figura 5-147 Precipitación anual multianual.....	329
Figura 5-148 Isoyetas.....	330
Figura 5-149 Número días de lluvia.....	331
Figura 5-150 Valores máximos de lluvia.....	332

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 5-151 Humedad relativa media	334
Figura 5-152 Estaciones hidrometeorológicas de viento	335
Figura 5-153 Rosas de los Vientos	336
Figura 5-154 Comportamiento de los vientos en la zona norte de Bogotá	336
Figura 5-155 Nubosidad	337
Figura 5-156 Brillo Solar mensual multianual	338
Figura 5-157 Evaporación mensual multianual	340
Figura 5-158 Evapotranspiración Potencial.....	340
Figura 5-159 Balance Hídrico Estación Apto Gaymaral	345
Figura 5-160 Balance Hídrico Estación UDCA.....	346
Figura 5-161 Balance Hídrico Estación Escuela de ingenieros	347
Figura 5-162 Balance Hídrico Estación Nueva Generación	348
Figura 5-163 Balance Hídrico Estación Col. Miguel A. Caro	350
Figura 5-164 Identificación y georreferenciación de fuentes dispersas de área y puntuales	351
Figura 5-165 Identificación y georreferenciación de puntos de aforo vehicular	353
Figura 5-166 Identificación de vías como fuentes móviles.	353
Figura 5-167 Ubicación estaciones de monitoreo de Calidad de aire.....	355
Figura 5-168 Resultados Material Particulado (PM10) tiempo de exposición 24 horas – Auto Norte Bogotá D.C.....	360
Figura 5-169 Resultados Material Particulado (PM2.5) tiempo de exposición 24 horas – Auto Norte Bogotá D.C.....	361
Figura 5-170 Resultados Dióxido de Nitrógeno (NO2) tiempo de exposición 1 hora – Auto Norte Bogotá D.C.....	361

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 5-171 Resultados Dióxido de Azufre (SO ₂) tiempo de exposición 1 hora – Auto Norte Bogotá D.C.	363
Figura 5-172 Resultados Dióxido de Azufre (SO ₂) tiempo de exposición 24 horas – Auto Norte Bogotá D.C.	363
Figura 5-173 Resultados Monóxido de Carbono (CO) tiempo de exposición 1 hora – Auto Norte Bogotá D.C.	364
Figura 5-174 Resultados Monóxido de Carbono (CO) tiempo de exposición 8 horas – Auto Norte Bogotá D.C.	365
Figura 5-175 Resultados Ozono (O ₃) tiempo de exposición 8 horas – Auto Norte Bogotá D.C.	366
Figura 5-176. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – PM ₁₀ (en mg/m ³)	366
Figura 5-177. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – PM _{2,5} (en mg/m ³)	367
Figura 5-178. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – SO ₂ (en mg/m ³)	367
Figura 5-179. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – NO ₂ (en mg/m ³)	368
Figura 5-180. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – CO (en mg/m ³)	368
Figura 5-181 ICA Material Particulado (PM ₁₀).....	371
Figura 5-182 ICA Material Particulado (PM _{2.5}).....	371
Figura 5-183 ICA Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	372
Figura 5-184 ICA Dióxido de Azufre (SO ₂)	372
Figura 5-185 ICA Monóxido de Carbono (CO)	373
Figura 5-186 ICA Ozono (O ₃)	373
Figura 5-187 Localización puntos de muestreo para ruido ambiental.....	375

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 5-188 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno (Sector C).	382
Figura 5-189 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno (Sector C).	384

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1 Panorámica relación unidades geomorfológicas y Autonorte	50
Fotografía 5-2 Canal de Guaymaral a la altura de Bima	52
Fotografía 5-3 Humedal de Guaymaral	54
Fotografía 5-4 Elementos discordantes asociados a torres de transmisión de energía. Coordenadas E 4884549,097 N 2086134,983	74
Fotografía 5-5 Vista general del paisaje asociado a los sitios de interés paisajístico Humedales de Torca y Guaymaral.....	80
Fotografía 5-6 Vista general del paisaje asociado a los sitios de interés paisajístico Humedales de Torca y Guaymaral.....	81
Fotografía 5-7 Canal Torca	136
Fotografía 5-8 Quebrada Tibabita	137
Fotografía 5-9 Quebrada Aguas Calientes.....	139
Fotografía 5-10 Quebrada Patiño	140
Fotografía 5-11 Quebrada San Juan	141
Fotografía 5-12 Quebrada Las Pila	143
Fotografía 5-13 Quebrada Cañiza.....	144
Fotografía 5-14 Quebrada La Floresta.....	146
Fotografía 5-15 Quebrada Torca	147
Fotografía 5-16 Humedal Torca.....	149
Fotografía 5-17 Humedal Guaymaral	150

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

A continuación, se presenta la caracterización de cada uno de los componentes que conforman el medio abiótico

5.1.1 Geología

5.1.1.1 Recopilación de información

Se realizó una recopilación de información temática y espacial obtenida en diferentes estudios e informes publicados por el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), mapas oficiales de la secretaria de ambiente de Bogotá, estudios de entidades gubernamentales y educativas, tales como:

- Memoria explicativa de los mapas del Neógeno y Cuaternario de la Sabana de Bogotá-cuenca alta del río Bogotá - HELMENS, K. & VAN der HAMMEN T. (1995): Presentan una diferenciación detallada de los depósitos cuaternarios en el norte de la cuenca alta del Río-Bogotá
- Mapa geológico del Departamento de Cundinamarca – Ingeominas (2002): es el resultado de la compilación de los mapas geológicos realizados INGEOMINAS, a escala 1:100.000 a la fecha de publicaciones, con reconocimiento de campo y compilación bibliográfica.
- Geología de la Sabana de Bogotá – Ingeominas 2005: Presenta la actualización de la cartografía geológica del área de la Sabana de Bogotá, donde se unifica y empata las nomenclaturas y mapas geológicos de las diferentes planchas.
- Geología de la Plancha 228 Bogotá Noreste- SGC (2015): en este trabajo se realizó nueva cartografía geológica y el replanteamiento de la nomenclatura estratigráfica para la parte basal del Cretáceo (Grupo Cáqueza)
- Geología Urbana. Bogotá D.C- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2018): Publica un mapa correspondiente al cubrimiento geográfico de este objeto es el área urbana de Bogotá Distrito Capital escala 1:1000.

5.1.1.2 Geología Regional

Regionalmente el área de estudio se encuentra ubicada en el Altiplano de la Sabana de Bogotá, en la rama oriental de los Andes de Colombia. El altiplano de la Sabana de Bogotá y sectores aledaños se localiza sobre la parte central de la Cordillera Oriental de Colombia y se ubica a una altura promedio de 2600 m. Constituye una provincia Geomorfológica en

la cual se diferencian dos zonas: la primera una zona plana, ubicada hacia la parte central del área; y la segunda un área con relieve montañoso de características variadas.

Geológicamente, la zona plana que conforma la Sabana de Bogotá se localiza sobre un extenso relleno sedimentario, constituido por depósitos de origen fluvial, lacustre y fluvio-lacustres, que tiene una composición litológica variada; y la parte montañosa que conforma los cerros, constituida por rocas sedimentarias de tipos areniscas, lutitas, arcillolitas, limolitas, calizas y conglomerados. (CITA WSP 2019)

5.1.1.2.1 Geología Histórica

La historia de esta área está relacionada con la evolución de la cuenca sedimentaria hasta el periodo Cretácico y el posterior levantamiento de la Cordillera Oriental en el Cenozoico (Montoya & Reyes, 2005).

El Grupo Guadalupe concluye la sedimentación del Mesozoico con depósitos de ambiente litoral y sublitoral (Pérez & Salazar, 1978) a raíz de un descenso relativo del nivel del mar; las facies más continentales del Mesozoico ocurren en el Maastrichtiano tardío-Paleoceno con la deposición de las arcillas y los carbones de la Formación Guaduas. Cooper et al. (1995) relacionan esta somerización de la cuenca con la acreción de la Cordillera Occidental a finales del Cretácico y principios del Paleógeno. (SGC, 2015)

Para el Paleógeno, la sedimentación fue predominantemente de ambientes fluviales, alternando ríos de alta energía (trenzados) con asociaciones menos energéticas (meandriformes) que comienza por las formaciones Cacho y Bogotá del Paleoceno y continúa con la Formación Regadera de edad Eoceno. Estas formaciones representan la fase de sedimentación anterior a la inversión del rift (Terraza et al., 2010) que termina con la deformación del Eoceno medio que marcó el fin de la sedimentación del Paleógeno (Cooper et al., 1995; Montoya & Reyes, 2005). La máxima deformación de la Cordillera Oriental ocurrió en el Mioceno-Plioceno, y se generaron cuencas intracordillera que depositaron la Formación Tilatá de edad Plioceno y la Formación Marichuela (Montoya & Reyes, 2005) mientras ocurría el levantamiento de 600 hasta 2600 m.s.n.m. (Hooghiemstra, 1995). Esta deformación del Mioceno estuvo marcada por la inversión de las paleo fallas normales a lo largo de la cuenca (Cooper et al., 1995). Los sedimentos de edad Cuaternario fueron depositados como productos finales posteriores a la inversión de rift (Terraza et al., 2010) y corresponden a las formaciones Subachoque, Río Siecha, Río Tunjuelito, Sabana y Chía, además de depósitos coluviales y lacustres recientes

5.1.1.2.2 Estratigrafía

Para las unidades litoestratigráficas cretácicas, la nomenclatura estratigráfica que se adopta ha sido ampliamente utilizada en la Sabana de Bogotá en la zona norte central conforman el Grupo Guadalupe: Arenisca Dura, Plaeners y Labor-Tierna que fueron definidas

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

formalmente por Pérez & Salazar (1978), las cuales componen los cordones montañosos al oriente y occidente. Para las unidades litoestratigráficas paleógenas y neógenas se usa lo planteado por Reyes (2005). Finalmente, para el Cuaternario se usan denominaciones que tienen que ver con el tipo de depósito y con la nomenclatura de Helmes y Van der Hammen (1995).

En la Tabla 5-1 se presentan las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio con una litología resumida.

Tabla 5-1 Tabla de unidades litoestratigráficas

ERA	PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA		ABREVIATURA	LITOLOGIA
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Cuaternarios		Q	Depósitos no consolidados de diferente tamaño de grano, dependiente de su origen de formación
			Fm. Chía		Qch1	Depósitos aluviales de llanuras de inundación y causes actuales, compuestos de arcillas de colores gris y naranja, con limos y arcillas orgánicas con diatomeas.
		Pleistoceno	Fm. Sabana		Qsa	Depósito de capas de arcilla, hacia los bordes capas de arenas, arcillas arenosas, turba en ocasiones grava.
	Paleogeno	Paleoceno	formación Guaduas		K2E1g	Arcillolitas y lodolitas de diferentes colores con intercalaciones de areniscas finas deleznales, hacia la base un nivel arenoso; en algunos segmentos hay intercalaciones de lodolitas y niveles de carbón.
Mesozoico	Cretacico	Superior	Grupo Guadalupe	Fm. Labor Tierna	K2t	Intercalaciones de areniscas en capas medianas y gruesas con lodolitas en capas delgadas; hacia la parte superior, bancos gruesos de areniscas de grano fino y medio.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

ERA	PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	ABREVIATURA	LITOLOGIA
			Fm. Pleaners	K2p	Intercalaciones de lodolitas y arcillolitas con gran abundancia de foraminíferos bentónicos en la parte inferior, en la parte media niveles de porcelanitas con partición prismática y hacia la parte superior intercalaciones de lodolitas y areniscas.

Fuente: Modificado y adaptado de (Reyes, 2005)

A continuación, se presentan las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio y que representan interés en la misma.

5.1.1.2.2.1 Formación Pleaners

Nombre propuesto formalmente por Pérez & Salazar (1978), en general presenta una morfología suave y genera una hondonada debido a su litología fina que contrasta con las pendientes abruptas de las unidades geológicas que la circundan. Está representada por arcillolitas, liditas, limolitas y en menor proporción areniscas de grano muy fino.

5.1.1.2.2.2 Formación Labor-Tierna

Nombre propuesto formalmente por Pérez & Salazar (1978), está representada principalmente por cuarzoarenitas estas ocurren en capas tabulares o lenticulares delgadas hasta muy gruesas, frecuentemente con laminación inclinada, son de son de tamaño de grano arena muy fina, fina, media y se van haciendo gruesas hacia el tope de la unidad; los granos son redondeados a subangulares con buena selección. Las arenitas son deleznales, con esporádicos fragmentos líticos, localmente con nódulos ferruginosos al tope de algunas capas y evidencia de disolución de fosfatos y foraminíferos. (SGC, 2015)

5.1.1.2.2.3 Formación Guaduas

La Formación Guaduas fue descrita originalmente por Hettner (1892, en De Porta, 1974) para referirse a los materiales que afloran en la región de Bogotá y que están por encima del Grupo Guadalupe. Según Hubach (1957a) la Fm. Guaduas está constituida por tres conjuntos: el inferior que consta de arcillolitas de color gris oscuro con amonitas y bivalvos en la base; el intermedio compuesto por arcillolitas frecuentemente carbonosas, de color gris oscuro, mantos de carbón explotables y dos niveles de areniscas, La Guía (inferior) y la Lajosa (superior); y el superior, de lodolitas rojizas, azulosas, verdosas y moradas con algunos mantos no explotables de carbón y arenisca. El espesor de la Fm. Guaduas en el área de estudio se estima en 700 m por corte geológico. (SGC, 2015)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.1.2.2.4 Formación Sabana

La Formación Sabana aflora en los valles de los ríos Bogotá, consiste principalmente de arcillas lacustres y hacia los márgenes de la cuenca de Bogotá se incrementan las intercalaciones de arcillas orgánicas, turbas arcillas arenosas y arenas arcillosas. En la parte central de la Sabana de Bogotá, la Formación Sabana está constituida principalmente por arcillas, mientras que hacia el sector de Chía-Cota se encuentran (hacia el techo) intercalaciones de arcillas arenosas y arenas arcillosas relacionadas con sedimentos de los ríos Frío y Bogotá; en la parte más norte del valle de Sopó-La Calera se encuentran intercalaciones de turba y arenas arcillosas al tope de la formación. El espesor de la Formación Sabana se determinó en 320 m en el centro de la cuenca y 168 m al sureste de Bogotá (Helmens & van der Hammen, 1994).

5.1.1.2.2.5 Formación Chía

Es definida por primera vez por Helmens (1990), y toma su nombre de la población de Chía, al norte de la ciudad de Bogotá. El área tipo es definida por el autor en la llanura de inundación del río Bogotá al sureste de Chía, en donde se observan arcillas moteadas de colores gris y naranja. La unidad consiste principalmente de arcillas de inundación, localmente limos fluviales y en áreas pantanosas arcillas orgánicas lacustres (diatomitas); en la localidad tipo la litología predominante son las arcillas moteadas de color gris y naranja, e incluyen arcillas con materia orgánica suprayacidas por una capa delgada de limos y arcillas color marrón. El espesor máximo de esta formación es de alrededor de 5m.

5.1.1.2.2.6 Depósitos cuaternarios

En el área de trabajo se presentan diferentes depósitos sedimentarios del Cuaternario más reciente estos son depósitos coluviales en las zonas cercanas al piedemonte y depósitos de origen antropogénico.

Depósitos coluviales: En el área de estudio estos depósitos constan de depósitos conglomeráticos matriz-soportados de cantos y bloques, moderadamente seleccionados y sub-redondeados, polimícticos.

Rellenos antrópicos: Son los depósitos que han resultado de acciones antrópicas para la adecuación de terrenos en el desarrollo urbanístico, principalmente en zonas pantanosas y deprimidas, donde el material utilizado es el sobrante sacado de las excavaciones.

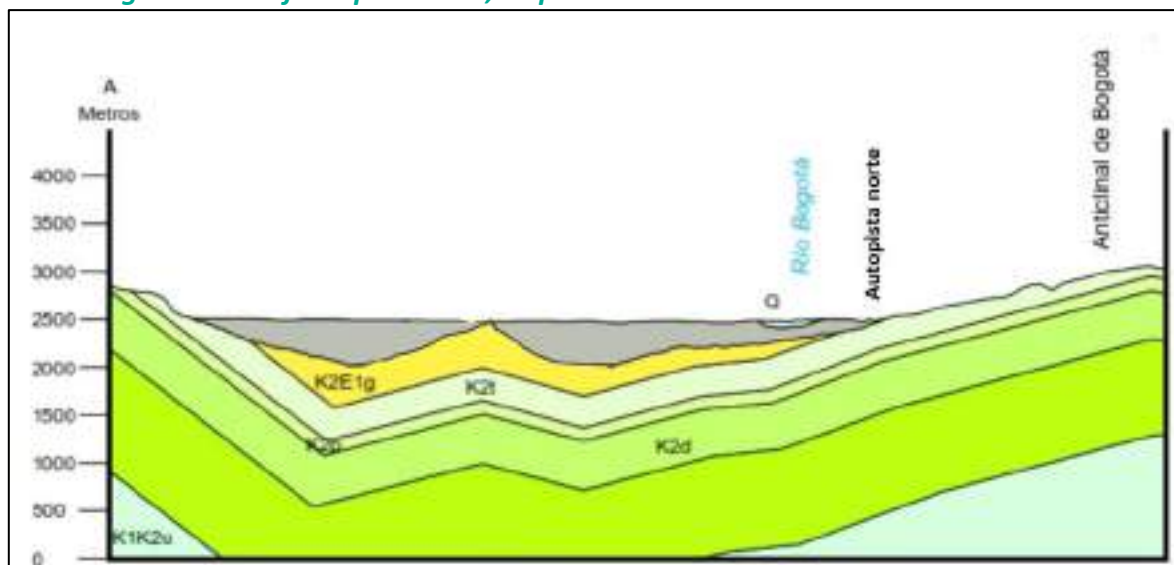
5.1.1.2.3 Estructural

En esta zona las estructuras tienen una dirección principal noreste-sureste y localmente norte-sur. el sinclinorio de la Sabana de Bogotá. La mayoría de las fallas que afectan el Grupo Guadalupe (Cerros Orientales) son inversas, con vergencia tanto al oriente como al

occidente, pero son comunes fallas transcurrentes, las cuales se caracterizan por ser de movimiento de rumbo izquierdo.

Sin embargo, en la zona de influencia directa los depósitos cuaternarios no consolidados reposan horizontalmente rellenando la Sabana de Bogotá como se observa en la Figura 5-1 se presenta un corte esquemático de la disposición de estratos en la zona de estudio.

Figura 5-1 Perfil esquemático, disposición de estratos en la zona de estudio



Fuente: Modificado de Plancha 228/ Bogotá Norte

5.1.1.2.3.1 Anticlinal de Bogotá

Montoya & Reyes (2005) unen el Anticlinal de Bogotá con el de Usaqué, con base en que se puede continuar la forma anticlinal hacia el norte hasta la vereda Hato Grande, al oriente de Cajicá, sólo interrumpida por fallas de poco desplazamiento. El eje de la estructura tiene orientación de N10°E; es un anticlinal abierto, sub-vertical, que presenta un volcamiento hacia el sur del área de estudio (228: H1) posiblemente debido a la Falla de Bogotá. En el núcleo aflora la Formación Chipaque al sur y la Formación Arenisca de Labor y Tierna hacia el norte, con la Formación Guaduas en los flancos.

5.1.1.3 Geología Local

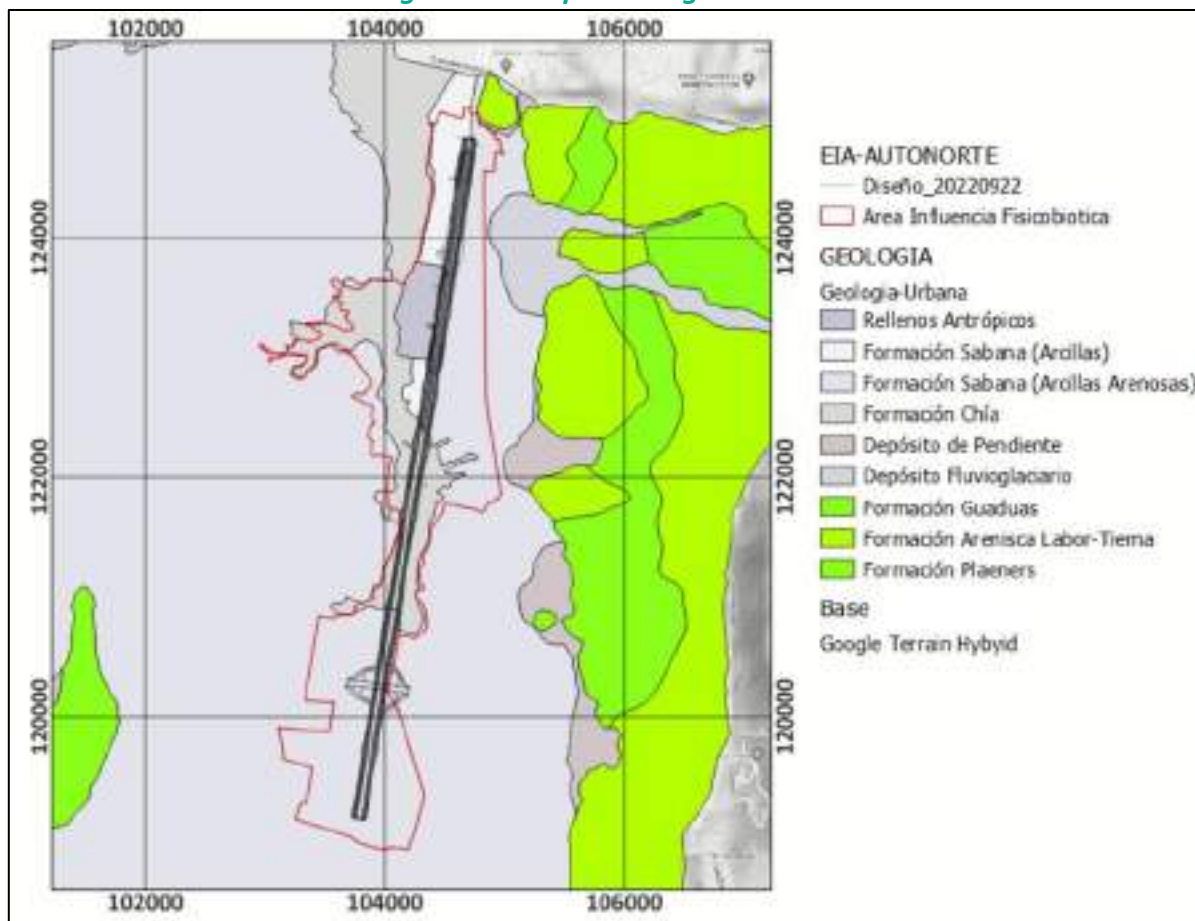
Para el caso de la zona de influencia se cuenta con la Geología a escala: 1:5000 elaborada para la zonificación de amenaza por movimientos en masa para el suelo urbano y de expansión urbana por el IDECA en 2017, donde se identificaron diferentes formaciones y depósitos no consolidados.

La distribución espacial de las unidades geológicas a una escala local se presenta en la Figura 5-2. Se observa de manera general, el predominio de unidades recientes y no consolidadas

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”

correspondientes a los depósitos de la Fm Sabana y Fm Chía que rellenan el valle de la Sabana de Bogotá, los afloramientos en esta zona son muy escasos debido a la disposición plana de los estratos.

Figura 5-2 Mapa Geológico Local



Fuente: Modificado de IDECA, 2017

Sobre el área de influencia directa las formaciones cretácicas no afloran, sin embargo, son importantes en profundidad, a continuación, se describen las unidades aflorantes de los depósitos recientes

5.1.1.3.1 Formación Sabana:

Esta formación a esta escala puede ser dividida en dos:

5.1.1.3.1.1 Formación Sabana (Qsa1):

Principalmente arcillas lacustres. Unidad de suelo constituida principalmente por arcillas, en el centro de la cuenca, representa aproximadamente los 320 m superiores de los 586 m de espesor total de relleno sedimentario granulométricamente más fino.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.1.3.1.2 Formación Sabana (Qsa2):

Hacia los bordes de la cuenca sedimentaria, aumento de arcillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas arcillosas intercaladas. Unidad de material intermedio constituida por sedimentos finos, principalmente por arcillas. En general son de composición arcillo lítica, de color gris, con locales intercalaciones de arenas finas y niveles delgados de gravas y turbas.

5.1.1.3.2 Formación Chía (Qch1):

Principalmente arcillas de inundación en áreas pantanosas, arcillas (orgánicas/diatomíticas) de origen lacustre. Unidades de suelo conformados por arcillas de varios colores que en ocasiones pueden ser moteadas (grises y naranja) y localmente pueden contener limos y en áreas fangosas arcillas orgánicas diatomíticas.

5.1.1.3.3 Depósito Fluvioglaciares:

Bloques y cantos angulares a sub-redondeados, de areniscas, provenientes del Grupo Guadalupe, los cuales se encuentran embebidos en una matriz de arena gruesa a arcilla.

5.1.1.3.4 Depósito de Pendiente (Qdp1):

Principalmente depósitos de pendiente de bloques.

5.1.1.3.5 Rellenos antrópicos (Qra1):

Compactación de escombros, desechos y basuras.

En la Figura 5-3 se presenta la distribución espacial de unidades en una vista panorámica con relación al área de influencia.

Figura 5-3 Vista panorámica distribución de unidades



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.1.4 Perforaciones

Como parte de la investigación y conocimiento del subsuelo varios estudios han realizado perforaciones sobre la zona de estudio. Como parte de la recopilación y análisis de información se presenta esta información de registros litológicos con el fin de vislumbrar la distribución de los materiales del subsuelo. (ver Figura 5-4)

Las perforaciones mecánicas constituyen la herramienta para obtener de un modo más directo las características del terreno, por varias razones, entre ellas porque permiten la recuperación de muestras representativas de cada capa atravesado.

Figura 5-4 Perforaciones mecánicas



Fuente: Accesos Norte, 2018

Los estudios que han realizado perforaciones y/o cuentan con registros litológicos corresponden a:

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



SISGEO, 2022: El Sistema de Información Geotécnica de la EAAB (SISGEO), del Acueducto de Bogotá, el cual es una base de datos de barrenos y perforaciones realizadas en diferentes periodos de tiempo por el acueducto con fines geotécnicos.

IDU, 2014: Estudios y diseños de la Avenida San Antonio (AC 183) desde la Avenida Boyacá (AK 72) hasta la carrera 54D, en Bogotá D.C.

IDU, 2016: Estudios y diseños de la Avenida Boyacá (Av. Cra. 72) desde Avenida San José (Calle 170) hasta la Avenida San Antonio (Calle 183) en Bogotá, D.C. Acuerdo 523 de 2013.

IDU, 2018: Estudios y diseños para la Avenida Boyacá desde la Calle 183 a conectarse con la Troncal del Peaje y conexión Autonorte por Avenida Guaymaral, Bogotá D.C. - Cundinamarca.

Secretaria de Ambiente: Corresponde a la base de datos de pozos de abastecimiento de agua regulados y monitoreados por la secretaria de Ambiente de Bogotá.

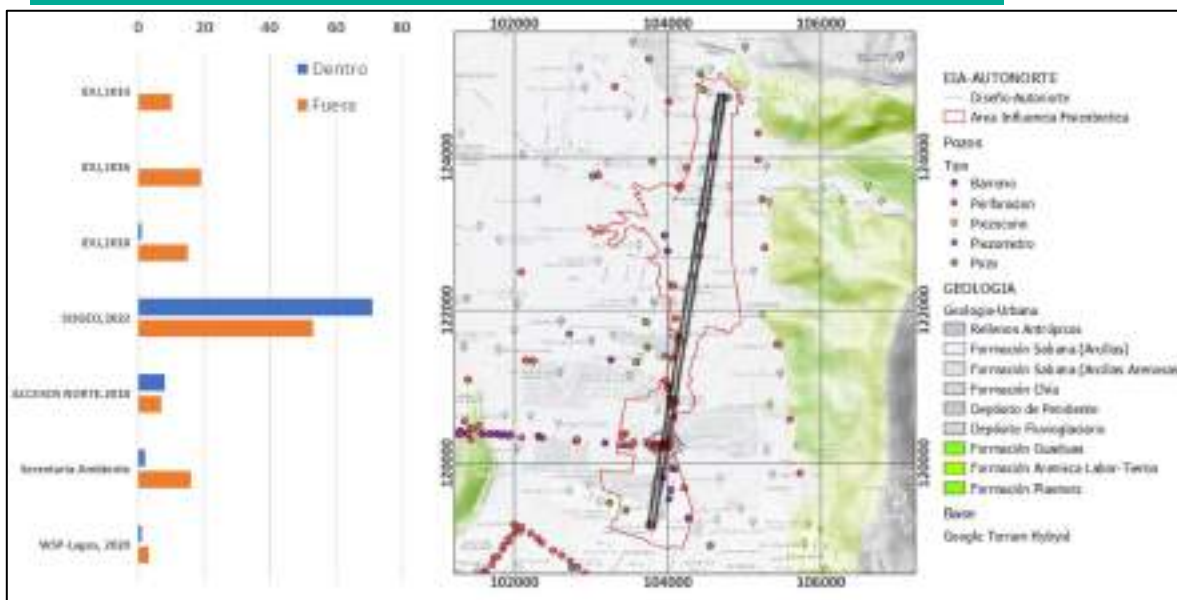
WSP-Lagos, 2020: Actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009.

Accesos Norte 2018: Estudio las características geológicas y geotécnicas de mayor interés para el desarrollo de dos proyectos viales ubicados en la zona norte de Bogotá; "Autopista Norte entre calles 193 y 245" y "Carrera Séptima entre calles 200 y 245"; bajo la óptica de estudios en fase II.

En total se recopilieron 206 sondeos litológicos y geotécnicos, de los cuales 83 están dentro del área de influencia Físico-biótica, y 123 se encuentran fuera de esta área (Figura 5-5), pero se consideran importantes, ya que permiten el apoyo de las descripciones y entendimiento de la geología en cercanías a la zona de interés.

Figura 5-5 Distribución espacial perforaciones

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



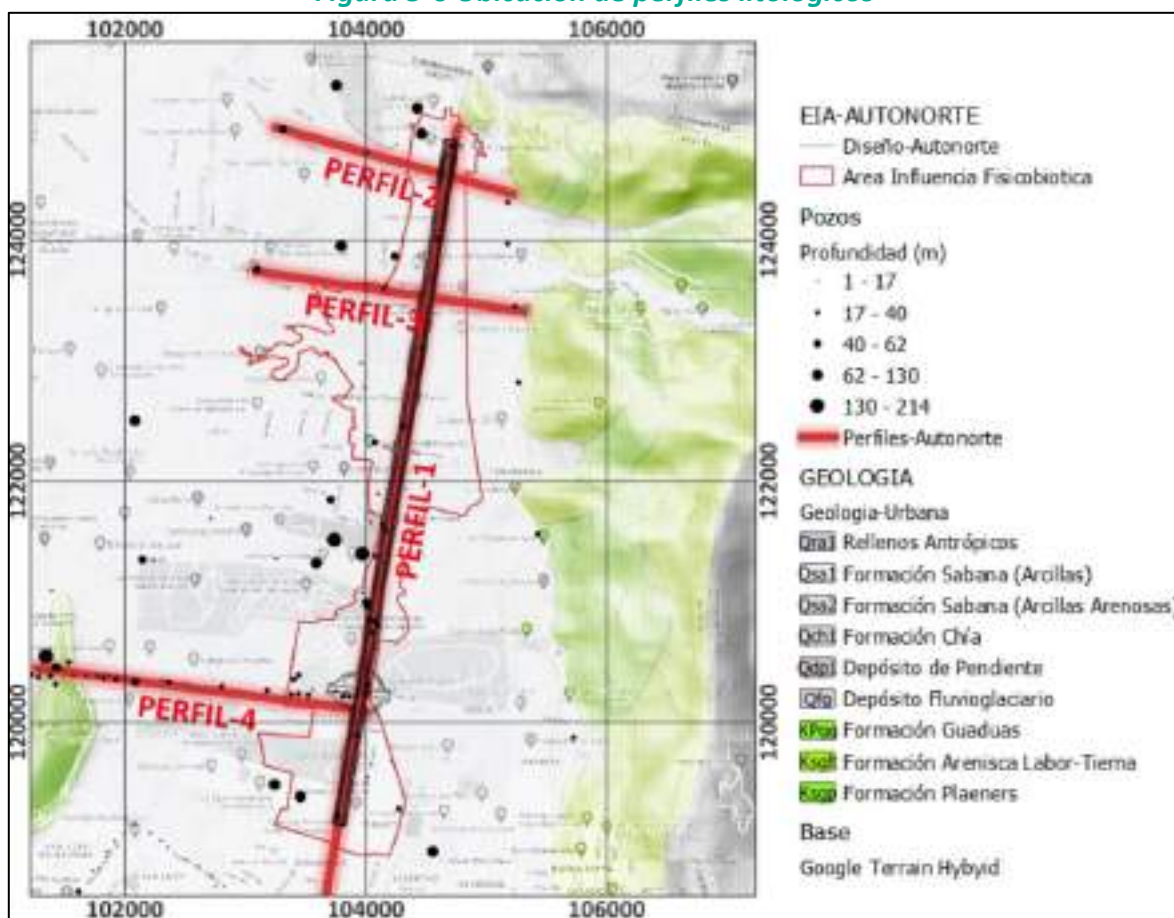
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estas perforaciones se han realizado con diferentes objetivos, en su mayoría con fines geotécnicos, donde la profundidad promedio se encuentra en 16 m. En el mapa de la Figura 5-5 se observa la distribución por tipo de perforación, donde se tiene un total de registros de: 57 Barrenos, 130 Perforaciones, 3 Piezoconos, 4 piezómetros, y 12 Pozos de abastecimiento de agua. Estos presentan una buena distribución espacial que cubre gran parte del área físico- biótica.

Con el fin de mostrar la distribución de materiales en el subsuelo se realizan tres (3) perfiles transversales y uno (1) longitudinal sobre la autopista norte. En la Figura 5-6 se presenta la ubicación de los perfiles, la distribución de pozos recopilados y su profundidad.

Se realizó una homogenización e interpretación de la información presentada en los registros de perforación, clasificando los materiales de menor a mayor tamaño de grano en: arcilla, lodo (mezcla de tamaño limo y arcilla), lodo arenoso, arena, gravas y escombros. Es de mencionar que esto corresponde una simplificación de lo descrito en los registros de perforación y se realiza con el fin de poder relacionar información de diferentes estudios, así mismo dada la heterogeneidad litológica de las unidades en el área de estudio se limita a mostrar en los perfiles los registros litológicos y se evita correlaciones dado los objetivos de la información de estudio.

Figura 5-6 Ubicación de perfiles litológicos



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

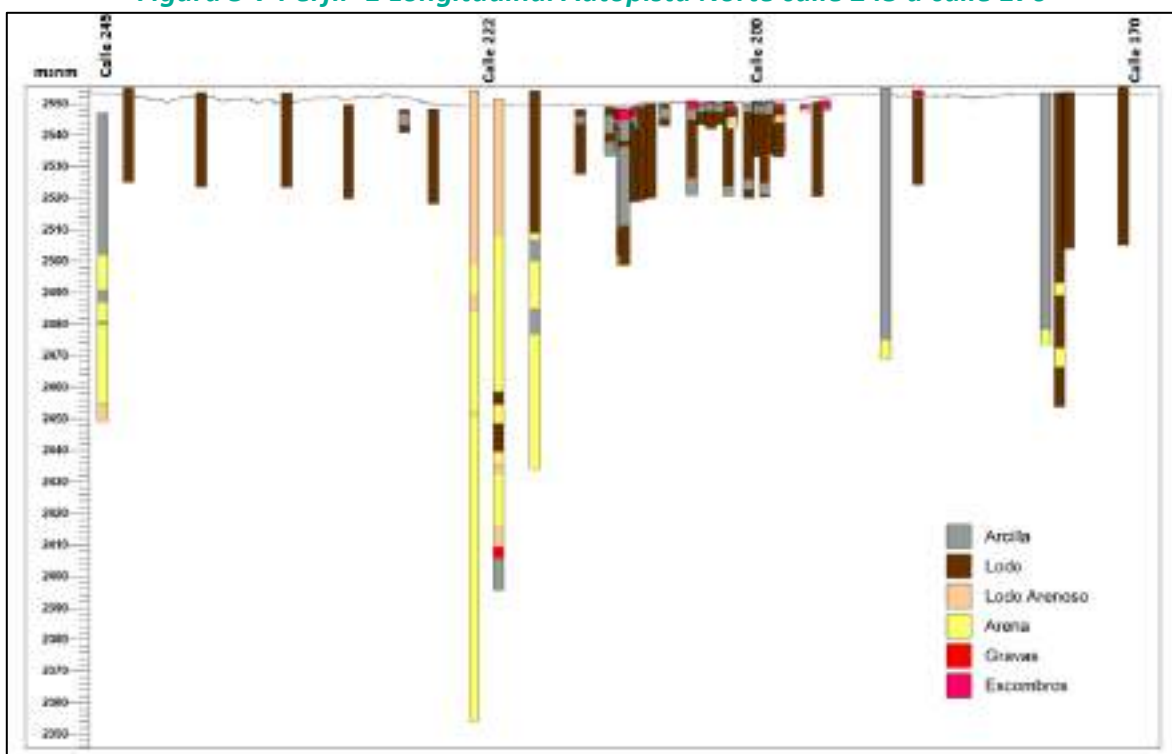
A continuación, se presenta a continuación una descripción de cada uno de los perfiles geológicos:

5.1.1.4.1.1 Perfil-1

El perfil 1 corresponde al perfil longitudinal sobre autopista norte entre las calles 245 y 170, se observa de manera general corresponde en su mayor parte a depósitos de la Formación Sabana donde los primeros 40 metros se compone principalmente de arcilla y lodo, los pozos más profundos muestran presencia de arenas posiblemente relacionado a la Formación Guaduas.

Entre la calle 245 y calle 222 se tienen pozos donde en su mayor parte describen materiales con grano de composición fina de consistencia muy blanda a blanda, asociados a lodos. Entre la calle 200 y 222 se encuentra la mayor concentración de pozos, donde se describen limos arcillosos de color habano y gris, con presencia de arcillas, así mismo en algunos pozos se describen presencia de escombros en los primeros 2 metros.

Figura 5-7 Perfil -1 Longitudinal Autopista Norte calle 245 a calle 170

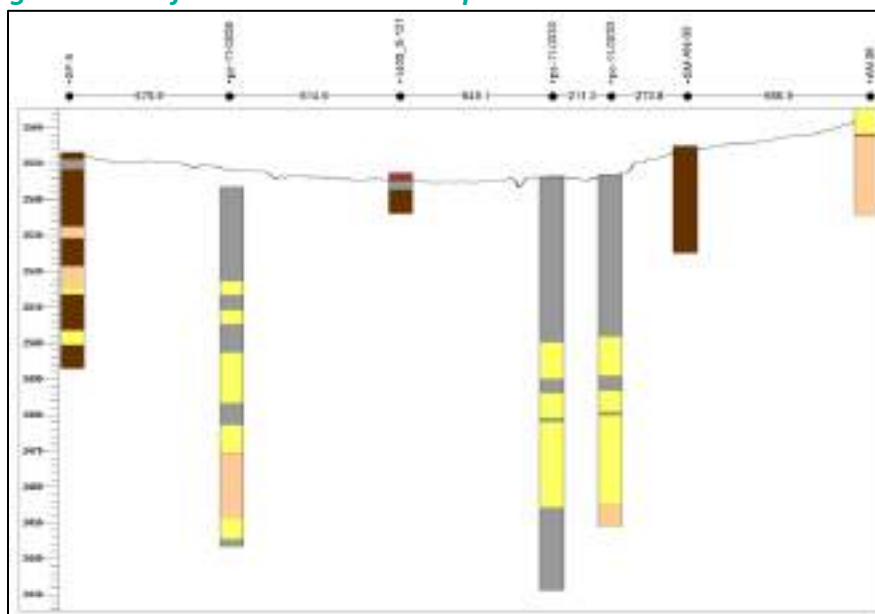


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.1.4.1.2 Perfil-2

El perfil 2 corresponde al perfil transversal sobre autopista norte entre la carrera 72 y la carrera 7 (séptima) de forma semi-parelela a la calle 242, se observa de manera general corresponde en su mayor parte a depósitos de la Formación Sabana donde se aprecian en su mayor parte lodos y arcillas, con lentes de lodo arenoso y arena en los primeros 40 metros, los pozos de agua presentan arenas después de los 50 metros de profundidad asociado a la formación Guaduas, así mismo la perforación AN-08 presenta un material más grueso, esto posiblemente relacionado a depósitos fluvioglaciares o depósitos de ladera de mayor energía.

Figura 5-8 Perfil -2 Transversal Autopista Norte carrera 72 a carrera 7

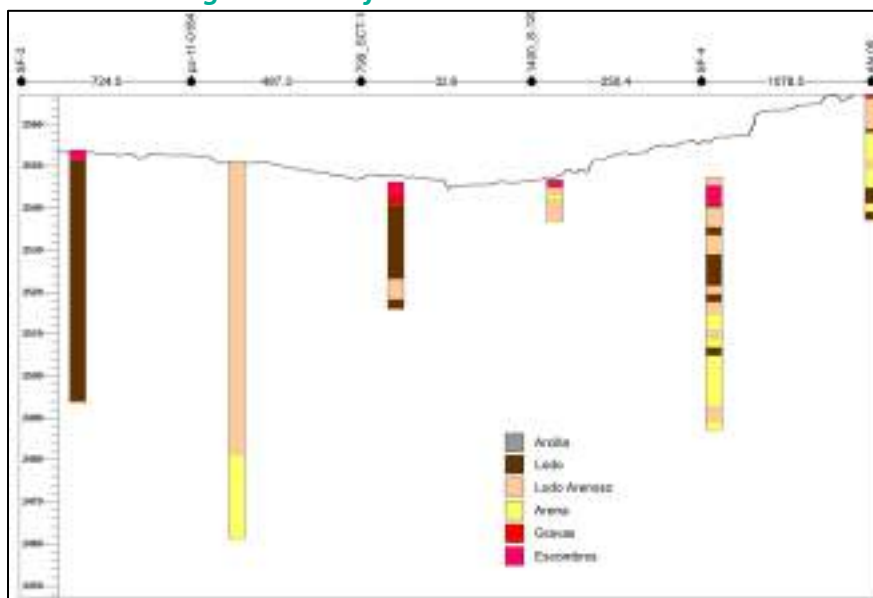


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.1.4.1.3 Perfil-3

El perfil 3 corresponde al perfil transversal sobre autopista norte entre la carrera 58 y la carrera 7 (séptima), de forma semi-parallel a la calle 235. Se observa de manera general que corresponde en su mayor parte a depósitos de la Formación Sabana, y a relleno antrópico, y en menor parte a la formación Chía, donde se aprecian en su mayor parte lodos y lodos arenosos. Se observa un medio bastante heterogéneo donde el tamaño de grano es fino a medio, así mismo se describe en los primeros metros un relleno de escombros de materiales de construcción, suprayacentes limos gris a verdes con cantidad variable de arena, y algunos lentes de arena. Al igual que en el Perfil-2 se observa un aumento de grano hacia el piedemonte, influenciado por procesos erosivos del cerro.

Figura 5-9 Perfil -3 Transversal Calle 235



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.1.4.1.4 Perfil-4

El perfil 4 corresponde al perfil transversal sobre la calle 200 entre el cerro de la conejera y la autopista norte. Se observa de manera general la diferencia textural y litológica entre el cerro de la Conejera y la planicie en la Autopista norte. El cerro de la Conejera corresponde a rocas sedimentarias en su mayoría a areniscas de la Formación Guaduas, y la planicie se presentan depósitos recientes de la Formación Sabana, donde se observa una disminución de grano observa en los primeros 5 metros una capa arcillosa y en algunos pozos rellenos antrópicos o escombros, posteriormente se presenta un predominio de lodos, en algunos pocos se describen lentes de lodo arenoso, y arcillas.

Figura 5-10 Perfil -4 Transversal Autopista Norte- Cerro La Conejera



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.2 Geomorfología

La geomorfología involucra conceptos relacionados con: Morfología (apariencia y forma del relieve en general), Morfografía (descripción cualitativa de las geoformas), Morfometría (trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas, medidas-dimensiones y valores), Morfogénesis (origen y evolución de las formas del terreno), Morfoestructural (referida a la disposición, composición y dinámica interna de la tierra), Morfodinámica (procesos activos en el presente o aquellos, que se pueden activar en el futuro), Morfocronología (edad relativa o absoluta de cada una de las geoformas del terreno), Morfoclimatología (condiciones climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas actuales) (SGC, 2011).

A continuación, se presenta la descripción detallada de las principales unidades morfogénéticas, morfológicas, morfométricas; y los procesos morfodinámicos más relevantes que hacen parte del área físico-biótica.

5.1.2.1 Morfogénesis

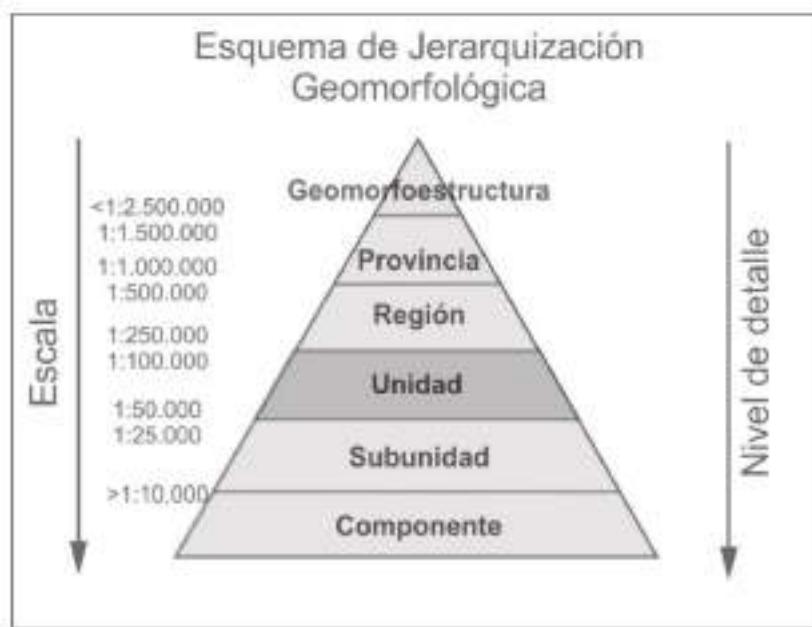
Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir las causas y procesos que iniciaron las geoformas; en este sentido el origen de una geoforma depende de los procesos

y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades y durante intervalos de tiempo geológico.

El término unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo (Acumulación o erosión); está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos. Se ha tomado como referencia los estudios del IDECA, 2017 y de WSP & Lagos, 2020 los cuales presentan mapas geomorfológicos detallados escala 1:1000, y representan una escala detallada para la descripción de componentes y unidades geomorfológicas. Adicionalmente se tiene en cuenta lo presentado en la actualización del POT por amenaza de remoción en masa para Bogotá, presentado por IDIGER (2021).

Para la descripción y elaboración de la cartografía de cada unidad geomorfológica se utilizó la propuesta de la Estandarización Metodológica de la Cartografía Geomorfológica en Colombia, (IDEAM, 2013; SGC, 2012), la cual se basa en la jerarquización donde se relacionan las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenéticos.

Figura 5-11 Jerarquización Geomorfológica



Fuente: Modificado de Ideca, 2017

En la siguiente tabla se relaciona las unidades que influyen el área de estudio.

Tabla 5-2 Tabla de componentes geomorfológicos

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Geomorfo- Estructural	Provincia	Región	Unidad	Sub-Unidad	Componente	Símbolo
Sistema Orogénico Andino	Cordillera Oriental	Antropogénico			Cantera	Acn
					Cantera Activa	Acna
					Relleno Antrópico de Escombros	Are
					Excavaciones	Ase
					Área Urbanizada	Aur
		Valle Aluvial		Conos de Deyección	Conos de Planicie	Fcdy
				Plano de Inundación	Plano de Inundación	Fpi
		Estructural Denudativo	Planchas Estructurales Denudadas - Espolones Estructurales	Ladera Estructural Denudada y Residual	Ladera de Acumulación	Dla
					Ladera de Pendiente	Dlee
					Ladera de Contrapendiente	Dlep
				Flujo Torrencial	Ladera de Acumulación	Dlfb
				Ladera Estructural de Sierra Anticlinal	Escarpe de Erosión Menor	Dem
					Superficie de Erosión o aplanamiento	Dsa
				Cerros Remanentes o Relictos	Cerros Remanentes o Relictos	Dcrm
			Sierra Sinclinal Denudada y Residual	Escarpe de Línea de Falla	Escarpe Estructural de Falla	Slfpf
				Cornisas Estructurales	Laderas de Piedemonte Degradadas	Scor
			Sierra Anticlinal	Ladera Estructural de Sierra Anticlinal	Ladera Estructural de Moderada Pendiente	Sle

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Geomorfo-Estructural	Provincia	Región	Unidad	Sub-Unidad	Componente	Símbolo
			Denudada y Residual	Ladera Estructural Anticlinal Denudada y Residual	Ladera en Pendiente Estructural	Ssanl

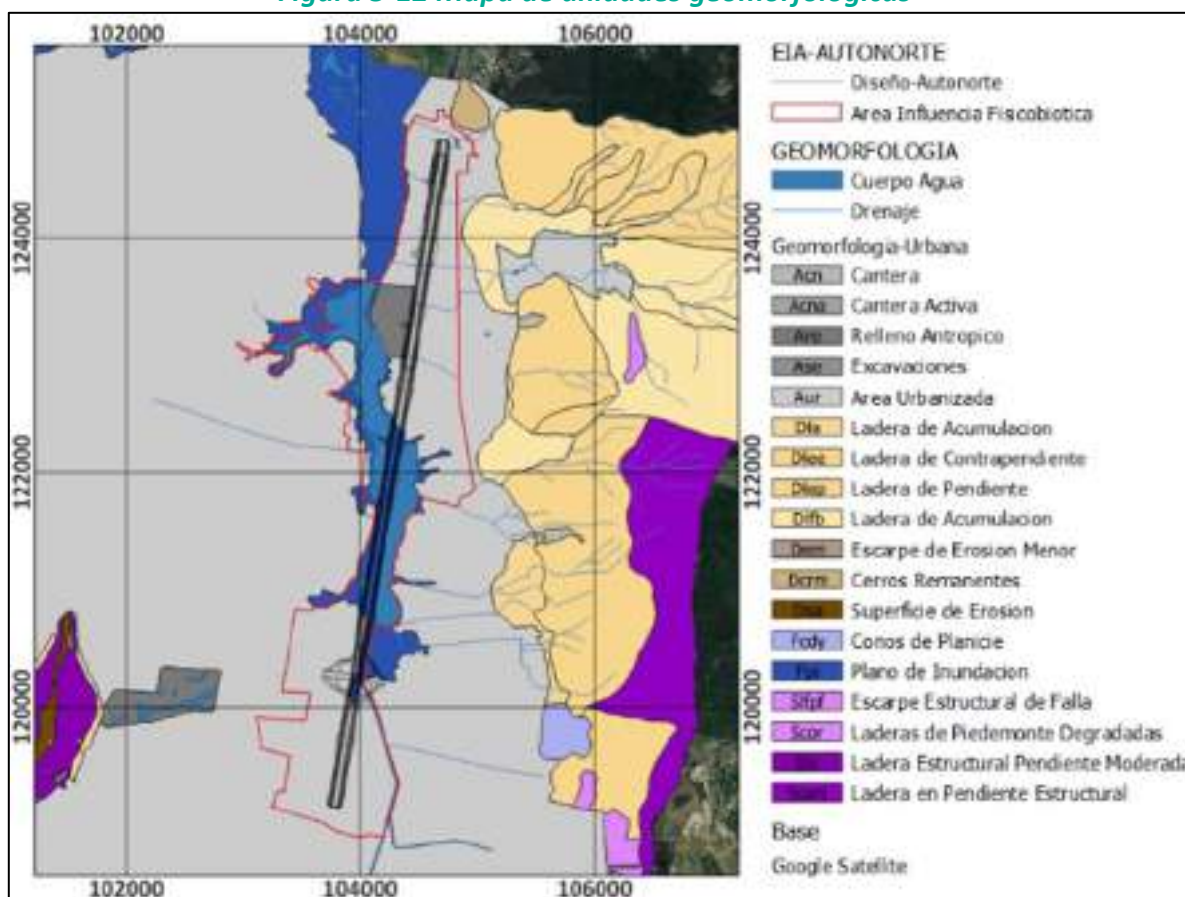
Fuente: Modificado de IDECA, 2017

Fotografía 5-1 Panorámica relación unidades geomorfológicas y Autonorte



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-12 Mapa de unidades geomorfológicas



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Fotografía 5-1 se observa la relación de componentes geomorfológicos con la Autopista Norte a la Altura de la calle 220. Es importante resaltar que dentro del área de estudio físico biótica solo se encuentran el Relleno Antrópico (Are), el Área Urbanizada (Aur) y el Plano de Inundación (Fpi), adicionalmente se incluye en la descripción de componentes los Lagos y Lagunas que representan cuerpos de agua importantes en el área de influencia Físico-Biótica.

En la Figura 5-2 se presenta las unidades geomorfológicas definidas para el área de influencia físico-biótica y las cercanas a esta. Se observa que se encuentran unidades antropogénicas, de Valle aluvial en la zona plana mientras que en los cerros se encuentran de la región estructural denudativo.

A continuación, se realiza la descripción de unidades en el área de influencia Físico-Biótica:

5.1.2.1.1 Unidad Planicie /Valle aluvial

Está asociada con los extensos y profundos depósitos que conforman la Sabana de Bogotá, caracterizados por presentar un relieve plano a ligeramente plano, disectado a lo largo y ancho por las grandes corrientes que atraviesan el área.

5.1.2.1.1.1 Plano de inundación (Fpi):

Corresponde a las franjas del terreno de relieve plano y eventualmente inundable, se presenta por lo general bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se constituye de 3 - 5 m de arcillas y limos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial.

Morfodinamica: Esta geoforma no presenta movimientos en masa dada su baja pendiente.

Morfoestructura: No se evidencian de morfoestructuras (fallas, pliegues o lineamientos), debido a que son depósitos muy recientes y de escasos afloramientos donde no se presentan indicios de actividad neotectónica.

Fotografía 5-2 Canal de Guaymaral a la altura de Bima



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Fotografía 5-2 se observa el canal de Guaymaral en la intersección con la calle 242 a la altura de Bima, se observa la geoforma de las planicies de inundación y la respectiva conducción del drenaje.

5.1.2.1.2 Lagos y Lagunas (Cuerpos de Agua)

Son pequeños cuerpos de agua su origen se debe a la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, las cuales pueden permanecer en épocas secas ya que son pobremente drenadas, en el área de estudio se encuentra el Humedal de Guaymaral (Ver Fotografía 5-3) y algunas lagunas de origen antrópico.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Morfodinámica: No presenta procesos de erosión o remoción en masa.

Morfoestructura: En el área de estudio no hay alguna evidencia de morfoestructuras (fallas, pliegues o lineamientos), para esta unidad geomorfológica.

Fotografía 5-3 Humedal de Guaymaral



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.2.1.3 Unidades Antropogénicas

Representan las geoformas formadas por la actividad del hombre que modifican la superficie del terreno. Dentro de los componentes geomorfológicos se encuentran en el área fisco-biótica:

5.1.2.1.3.1 Área Urbanizada

Corresponde a las áreas que actualmente están consolidadas y presentan una importante cantidad de construcciones a nivel de viviendas, obras lineales (vías pavimentadas, líneas eléctricas, acueducto y/o alcantarillado, entre otras)

- Morfodinamica: Presenta erosión antrópica en algunos sectores, donde se ha removido toda la vegetación para dejar el terreno denudado.
- Morfoestructura: En el área de estudio no hay alguna evidencia de morfoestructuras (fallas, pliegues o lineamientos), para esta unidad geomorfológica.

5.1.2.1.3.2 Relleno Antrópico

Corresponden con las áreas de influencia local que han sido destinadas para la acumulación de rellenos o escombros, sin diferenciar

- Morfodinamica: No se evidencia erosión.

- Morfoestructura: No se evidencia lineamientos o procesos de subsidencia.

5.1.2.2 Morfología

Para la caracterización morfométrica de las diferentes formas del terreno presentes en las áreas de físico-biótica se utiliza fundamentalmente los contrastes morfométricos que relacionan la litología existente y la correspondiente topografía del terreno y los procesos dinámicos activos.

Las propiedades morfográficas de las geoformas son atributos cuantitativos y cualitativos del paisaje y están derivados de la elevación del terreno y la red de drenaje que lo acompaña. Para el análisis y clasificación morfográficas se hace uso del procesamiento cartográfico para la generación y categorización de modelos digitales de elevación, para así obtener los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos como: rugosidad del terreno, el contraste del terreno o índice relativo, pendiente o inclinación del terreno.

Entre los criterios morfométricos de los elementos componentes del terreno se encuentran:

5.1.2.2.1 Pendientes

El grado de inclinación del terreno es un factor que limita el desarrollo de actividades sobre el suelo y es además un insumo para la determinación de susceptibilidad a erosión e inundaciones. Morfométricamente, en las áreas de influencia físico-biótica se presentan cuatro (5) intervalos de pendiente, esta clasificación se realizó de acuerdo con los lineamientos planteados por el IGAC (2014).

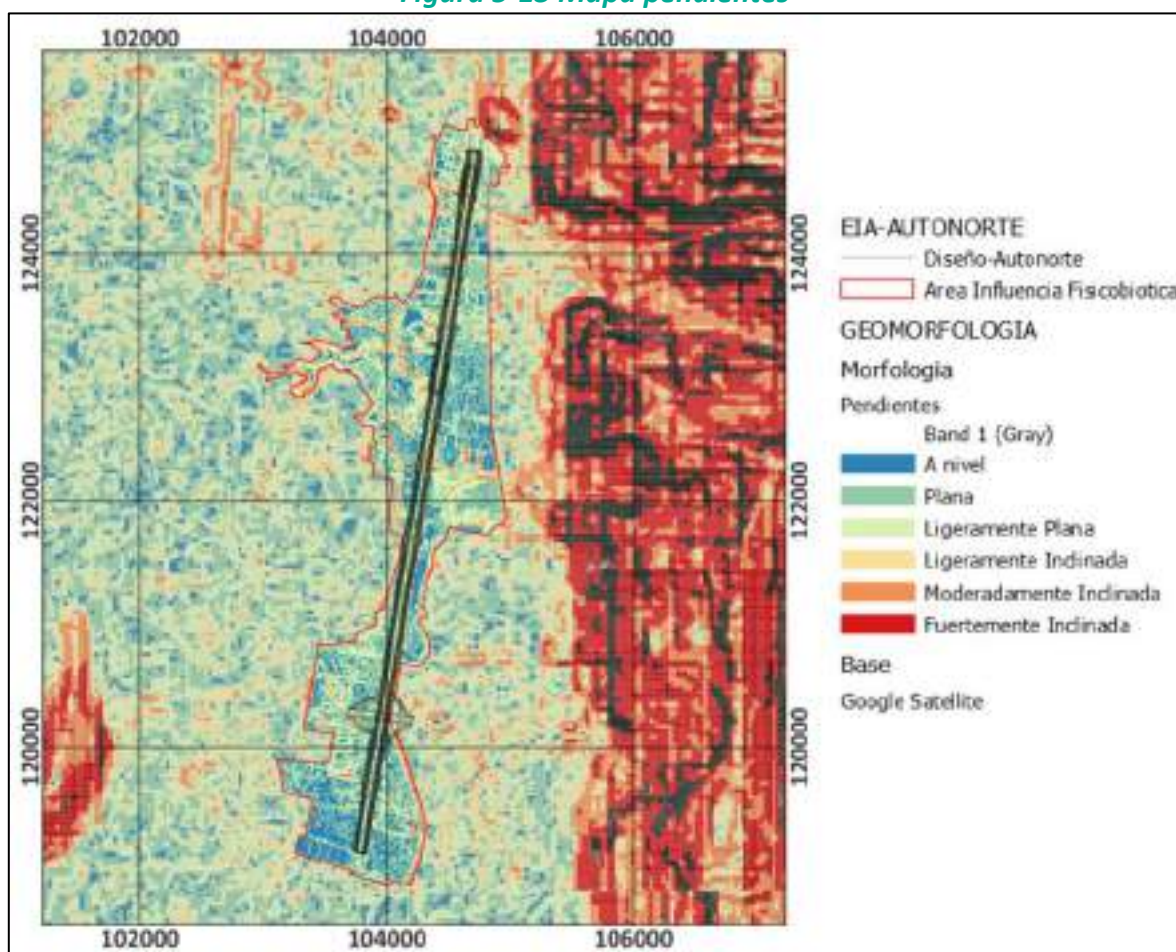
Como se observa en la Tabla 5-3, el rango de pendiente que más prevalece en las áreas de influencia físico-biótica es Plana (1-3%) con un 42.6 % del área, seguido de Ligeramente Plana (3-7%) con un 26.7% del área, y del A Nivel (0-1%) con un 18.9 % de ocupación del área. Esto muestra que, en la zona de estudio, predominan pendientes relativamente bajas, ya que entre estos tres rangos de pendientes se tiene el 88.2 % del área de estudio.

Tabla 5-3 Áreas (Ha) de las pendientes definidas en el área de estudio

Pendiente	Intervalo (%)	Área (Ha)	área (%)
A Nivel	0-1	85.6	18.9%
Plana	1-3	193.0	42.6%
Ligeramente Plana	3-7	121.1	26.7%
Ligeramente Inclinada	7-12	36.2	8.0%
Moderadamente Inclinada	12-25	15.9	3.5%
Fuertemente Inclinada	25-50	1.1	0.2%
Total		452.9	100%

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-13 Mapa pendientes



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Los rangos de pendientes entre Ligeramente inclinada a fuertemente inclinada es decir pendientes entre 7° y 27°, ocupan un muy bajo porcentaje en el área de estudio. Esto se puede apreciar espacialmente en la Figura 5-13, donde se observa que las pendientes más fuertes se concentran sobre todo en los cauces de los ríos.

5.1.2.2.2 Inclínación de Ladera

Se relaciona con el tipo de material que conforma la subunidad geomorfológica y con la susceptibilidad a la formación de movimientos en masa (SGC, 2012). En el área de estudio, el grado de inclinación de las laderas oscila entre < 5 a 15° , predominando los rangos $< 5^\circ$, $6^\circ - 10^\circ$ (aproximadamente un 98% del área de influencia del componente geomorfológico). Por tanto, de acuerdo con la "Propuesta metodológica para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa" del SGC (2012) corresponde a un material muy blando con una susceptibilidad muy baja a presentar movimientos en masa.

5.1.2.2.3 Contraste de relieve

El contraste del relieve indica la energía potencial de un sistema de drenaje y los materiales constitutivos de la geoforma, a partir de la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y baja de ésta, independientemente de la altura absoluta o el nivel del mar (SGC, 2012). Este atributo da una idea general de los materiales constitutivos de la geoforma, a la vez es un indicador de la energía potencial de un sistema de drenaje.

El área de estudio presenta un valor de altura máxima de 2565 m en tanto que el valor mínimo es de 2543 m, resultando una diferencia de 22 metros, valor que según valores del SGC (2012), corresponde a un relieve bajo, con una resistencia relativa del material blando erosionable (ver Tabla 5-4).

Tabla 5-4 Clasificación contraste de relieve

Intervalo de altura (m)	Descripción del Relieve	Resistencia relativa del material
<50	Muy bajo	Muy blandos y erosionables.
50 – 250	Bajo	Blandos erosionables.
250 – 500	Moderado	Moderadamente blandos y de erosión
500-1000	Alto	Resistentes y de erosión moderada.
1000-2500	Muy alto	Muy resistentes y de erosión baja.
>2500	Extremadamente alto	Extremadamente resistentes y de erosión muy baja.

Fuente: SGC, 2012

5.1.2.3 Morfodinámica

Los procesos morfodinámicos hacen referencia a los cambios físicos y químicos (meteorización, erosión y deposición), que generan modificación de los materiales y las formas superficiales de la tierra, definiendo un equilibrio dinámico de las geoformas. Estos eventos naturales que son específicos de cada ambiente morfogenético afectan y modelan la superficie terrestre con diferentes grados de intensidad, imprimiéndoles al terreno características propias de cada ambiente (SGC, 2012)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Para realizar el análisis morfodinámico (con énfasis en la erosión activa), se tomó como punto de partida la fotointerpretación del área de influencia físico-biótica en dos épocas diferentes (dando como resultado un análisis multitemporal), con el fin de identificar como ha sido la dinámica en cuanto a la generación de procesos de erosión activa, áreas de sedimentación activa, identificación de movimientos en masa y la determinación de un mapa de susceptibilidad a la erosión

5.1.2.3.1 Análisis multitemporal

La metodología para dicho análisis consiste en la comparación de los procesos morfodinámicos actuales, es decir aquellos reportados en campo y delimitados con ayuda de la imagen satelitales, o con los interpretados a partir de las fotografías aéreas, para cada uno de los periodos de tiempo. Esto con el fin de observar la evolución de los procesos morfodinámicos relacionados con la definición de su morfología, área de afectación, crecimiento o decrecimiento del proceso a través del tiempo.

Seleccionándose las fotografías aéreas que cubren el área del componente geosférico para cinco (5) periodos de tiempo, los cuales se determinaron de acuerdo con la calidad de las aerofotografías, trayectoria, porcentaje de nubosidad, escala y alcance del vuelo. Las fechas disponibles están entre 1985 a 2016.

Tabla 5-5 Vuelos y numero de imágenes sobre el área de influencia físico-biótica

Años	Vuelo	Numero imágenes
1985	V2183	5
1996	V1212	11
1998	V415	5
2000	V2665	19
2004	V2716	66
	V2717	59
2006	V2779	1
2007	V20112007	21
	V2803	2
2010	V12012010	1
	V20112007	11
2014	V18032014	24
2016	V270120016	25

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

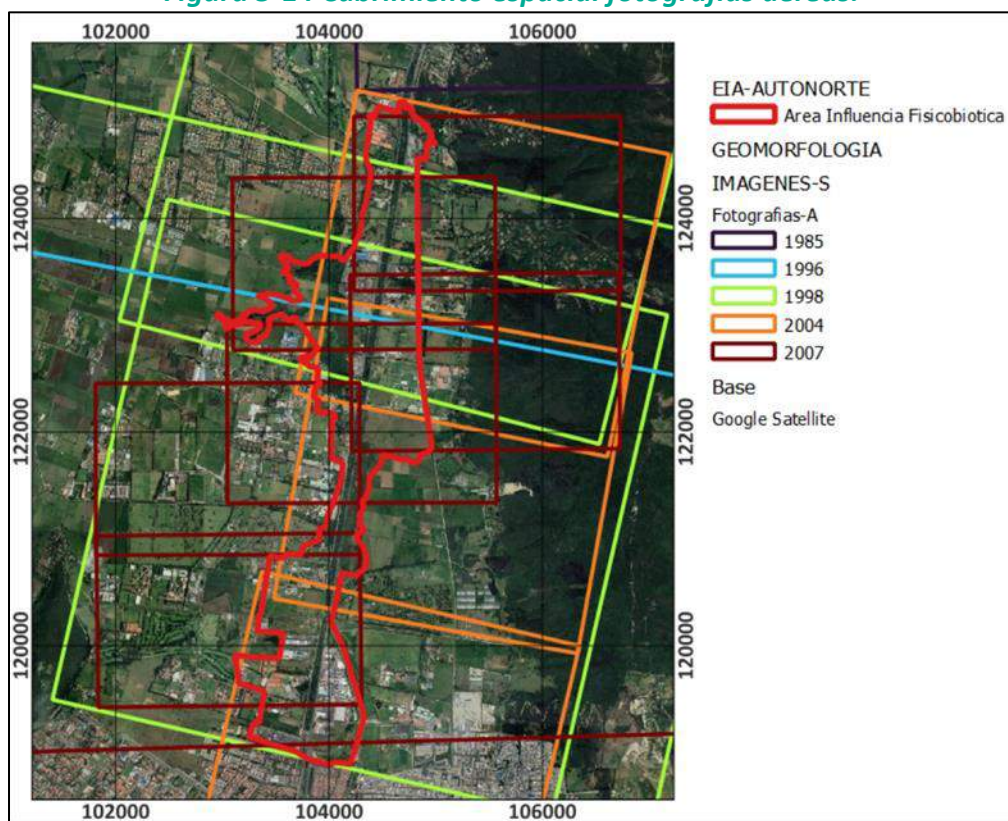
A partir de las imagines disponibles se filtró la información considerando su calidad, cubrimiento, nubosidad y relevancia sobre el área del humedal. Al final se obtienen 16 imágenes en 5 años 1984, 1996, 1998, 2004, 2007 que se enfocan en el área de estudio físico-biótica que se presentan en la Tabla 5-6 y en la Figura 5-14 Cubrimiento espacial fotografías aéreas.

Tabla 5-6 Imágenes tomadas para el análisis multitemporal

Mes	Año	Vuelo	ID Imagen
1	1985	V2183	C-2183-007
12	1996	V1212	V-1212-0128
12	1996	V1212	V-1212-0130
2	1998	V415	SAV-415-0130
2	1998	V415	SAV-415-0132
2	2004	V2717	C-2717-0063
2	2004	V2716	C-2716-0170
2	2004	V2716	C-2716-0173
2	2004	V2716	C-2716-0176
2	2007	V2803	C-2803-0127
11	2007	V20112007	110010001521112007-0003
11	2007	V20112007	110010001521112007-0007
11	2007	V20112007	110010001521112007-0076
11	2007	V20112007	110010001521112007-0080
1	2010	V20112007	110010001520112007-1484
1	2010	V20112007	110010001520112007-1488

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-14 Cubrimiento espacial fotografías aéreas.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

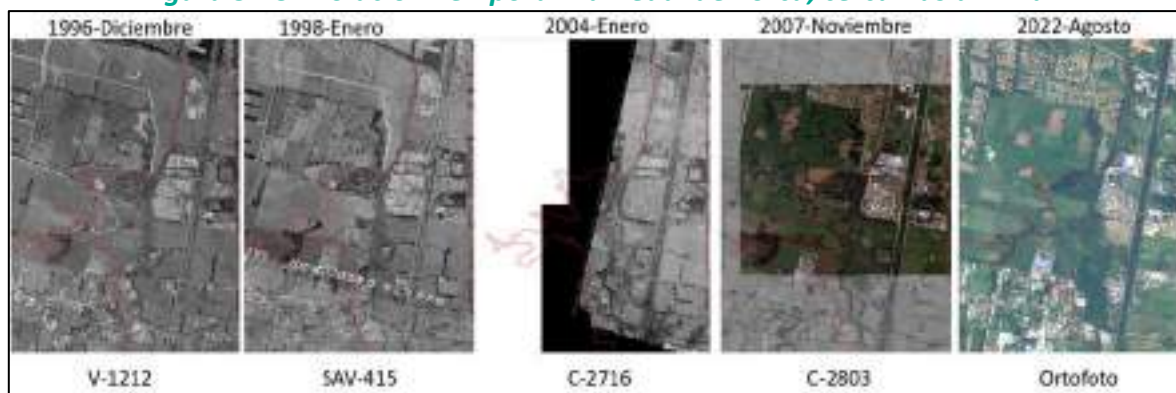
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

En estudios previos, los registros fotográficos y el análisis geomorfológico del humedal parte desde el año 1956 con información fotográfica posterior disponible en los años 1984, 1998, 2004, 2007, 2010, 2014, 2016 y 2019 (Concol Consultores SAS - WSP Ingenieria Colombia SAS, 2020; Consorcio Borde Norte Bogotá, 2011; Corporación Autónoma de Cundinamarca CAR & secretaria Distrital de Ambiente SDA, 2021).

De acuerdo con las fotografías áreas presentadas por el Consorcio Borde Norte Bogotá, desde el año 1956 al año de 1984 se producen los mayores cambios en la extensión y el área de influencia del Humedal pues partiendo de un área que en la que únicamente se presentaba la construcción de la autopista norte (1956) se procede al relleno y urbanización de la zona sur del humedal (al extremo norte actual de la ciudad de Bogotá), al inicio de la construcción en el costado occidental y al encauce de las principales quebradas afluentes del humedal en ambos costados de la autopista. Para el año de 1984 de acuerdo con el registro fotográfico del vuelo IGAC C-2128-1984 el Humedal del Torca presenta una disposición en área e influencia muy próxima a la configuración actual del sistema. Excepto por la intervención antrópica en pequeños predios al occidente de la autopista que se han desarrollado desde la fecha.

Dentro de las principales consecuencias de la intervención antropogénica en el humedal hasta el año de 1984 es la reducción del área (al margen actual aproximadamente) y la desaparición de las áreas anegables planas o de baja pendiente asociadas a las quebradas afluentes al humedal por su canalización, lo que desde la época ha acentuado paulatinamente el margen del humedal y su vegetación.

Figura 5-15 Evolución Temporal Humedal de Torca, cercanías a Bima



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Así pues, como se presenta en la Figura 5-15 y Figura 5-16, desde el año de 1996 al 2022 se observa que en términos generales el área del humedal se mantiene sin evidencia de procesos morfológicos a gran escala como remoción en masa, erosión, deslizamientos. Adicionalmente se puede observar cambios del espejo de agua presente en el humedal debido probablemente al régimen de precipitación anual. En particular, entre los años de 1996 y 1998 con la construcción del centro comercial Bima, la denudación del terreno

lateral al occidente y el relleno de una fracción del brazo en forma de herradura próximo al centro comercial se presenta en el año 1998 el retroceso del humedal. Sin embargo, para los años 2004 y 2007 se observa como el afluente recupera su cauce natural y el espejo de agua retorna a su margen con ligeros cambios en la cobertura.

Figura 5-16 Evolución temporal Humedal Torca, cercanías de la 220



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Por otra parte, en la zona sur del humedal Figura 5-16 se presenta la cuenca de decantación de las quebradas afluentes: Aguas Calientes, Patiño y San Juan y su influencia en la pendiente, el espejo de agua y la vegetación que progresivamente retoman el delta de desembocadura natural y procesos de re-vegetalización. Por último, se debe notar que el área de esta porción del humedal no presenta cambios morfológicos de importancia.

Identificadas las formas del terreno en el análisis multitemporal se observa que los procesos erosivos naturales no son observables, donde la mayor parte del área está influenciado por procesos antropogénicos que moldean las geoformas.

Finalmente, en términos generales, no se han identificado procesos morfodinámicos mapeables para el área de influencia, excepto algunos casos aislados de erosión laminar en ciertas áreas elevadas sobre la rasante. Esto se debe a que la topografía en el corredor es predominantemente plana, con pendientes de muy baja inclinación. Esta misma conclusión ha llegado los trabajos de la (ANI, 2023), a su vez (WSP 2020) encuentra que: *“en el estudio se lograron identificar procesos morfodinámicos de poca extensión, de carácter puntual relacionados principalmente a erosiones laminares, surcos (no cartografiables) y socavación lateral de los cauces actuales.”* Por lo tanto, no se considera necesario generar mapas de morfodinámica ni de susceptibilidad a la erosión ni a procesos de remoción en masa, ya que a escala 1:10000 no es posible cartografiarlos de manera efectiva.

5.1.3 Paisaje

El paisaje puede definirse como un conjunto de fenómenos naturales y culturales percibidos por la población en un territorio específico, estos fenómenos componen un sistema de

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



relaciones de procesos encadenados, y que está conformado por volúmenes, colores, olores, etc., (Santos, 1996).

De esta manera el paisaje se entiende como una porción del espacio geográfico, con características definidas, consecuencia de la interacción de variables como clima, geomorfología, hidrología, suelos, vegetación y por supuesto las actividades antrópicas (Etter, 1990). Así, una modificación en alguna de las variables que conforman el paisaje modificaría las demás y por tanto el paisaje se vería afectado.

Para la caracterización del paisaje del área de influencia físico-biótica se tomó como base la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1995) y la metodología de Yeomans (1986).

La caracterización y valoración del paisaje se realizó a partir de unidades de paisaje ecológico, con base en las características de los elementos que lo constituyen como la cobertura y uso del suelo, la forma del relieve, factores hídricos y elementos culturales (calidad visual del paisaje). Esta valoración permitió determinar la manera en la que se encuentran relacionados los elementos que componen cada una de las unidades evaluadas.

Así mismo se analizó el paisaje de acuerdo con escalas visuales a partir de las cuales se aprecian las áreas visibles desde diversas infraestructuras, lo cual favorece la determinación de la sensibilidad de determinadas unidades paisajísticas respecto a la localización de elementos discordantes.

De igual manera se evaluó la fragilidad visual en relación con la capacidad que tienen los paisajes de absorber cambios como consecuencia de la introducción de elementos extraños, de modo que se facilita la identificación de las áreas sensibles desde el aspecto visual (Montoya et al 1997). Así pues, la valoración de la fragilidad visual permitió establecer la incidencia del proyecto en las condiciones del paisaje.

Por último, se realizó la identificación de los sitios de interés paisajístico y su uso, y la percepción social frente al paisaje del área.

5.1.3.1 Unidades de paisaje

La caracterización del componente paisaje permite discriminar y evaluar cada uno de sus elementos y reconocer las interacciones que potencialmente puedan desarrollarse con el proyecto. Para reconocer los aspectos que determinan las unidades de paisaje en el área de influencia, se toma información de las unidades geomorfológicas y las coberturas de la tierra, lo que permite diferenciar dichas unidades de acuerdo con su homogeneidad en términos biofísicos.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



En el área del proyecto se identificó desde el punto de vista geomorfológico una unidad natural asociada a planos de inundación, y dos unidades de origen antrópico que son resultado de las alteraciones y transformaciones de la estructura natural de las geoformas, que corresponden a áreas urbanizadas y relleno antrópico de escombros.

Como se mencionó anteriormente, además de la geomorfología, la determinación de las unidades de paisaje se genera también en función de las coberturas, las cuales están directamente relacionadas con la actividad del hombre y su interacción con el entorno. Para esto, se realiza una agrupación con base en criterios de similitud de apariencia y funcionalidad de coberturas, principalmente en aquellas de origen antrópico, tal como se muestra en la Tabla 5-7

Tabla 5-7 Agrupación de coberturas para el análisis del paisaje

COBERTURA DE LA TIERRA	COBERTURA EN EL PAISAJE
Canales	Canales
Otros cultivos transitorios	Otros cultivos transitorios
Humedales y zonas pantanosas	Humedales y zonas pantanosas
Áreas deportivas	Instalaciones recreativas
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales
Pastos arbolados	Pastos arbolados
Pastos enmalezados	Pastos enmalezados
Pastos limpios	Pastos limpios
Red ferroviaria y territorios asociados	Red ferroviaria y territorios asociados
Red vial y territorios asociados	Red vial y territorios asociados
Tierras desnudas y degradadas	Tierras desnudas y degradadas
Colegios y Universidades	Zonas industriales o comerciales
Zonas industriales o comerciales	
Tejido urbano continuo	
Parques cementerios	Zonas verdes urbanas
Parques urbanos	
Zonas verdes urbanas	

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Una unidad de paisaje local corresponde a un “área geográfica con una configuración estructural, funcional o perceptivamente diferenciada, única y singular, que ha ido adquiriendo los caracteres que la definen tras un largo período de tiempo” (Muñoz Criado, 2008); dichas áreas se caracterizan por la presencia de elementos de interés visual, con funcionalidades ecosistémicas y beneficios socioeconómicos para la comunidad.

La definición de las unidades de paisaje se realizó mediante la metodología propuesta por (McHarg & History., 1969) la cual consiste en la superposición espacial de las capas temáticas de geomorfología y cobertura de la tierra. Este análisis se realizó empleando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), para lo cual se tomó la geomorfología como base y posteriormente se superpuso la capa de cobertura vegetal, permitiendo establecer un total de 30 unidades de paisaje, las cuales se presentan en la

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Tabla 5-8, y a las cuales se les asigno una nomenclatura para su identificación señalada en la primera columna.

Tabla 5-8 Unidades de paisaje

UNIDAD DE PAISAJE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	COBERTURA DE LA TIERRA	ÁREA (Ha)	ÁREA %
UP1	Área Urbanizada	Canales	2,67	0,48
UP2	Área Urbanizada	Cultivos transitorios	2,03	0,36
UP3	Área Urbanizada	Humedales y zonas pantanosas	3,88	0,69
UP4	Área Urbanizada	Instalaciones recreativas	62,96	11,26
UP5	Área Urbanizada	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,10	0,02
UP6	Área Urbanizada	Pastos arbolados	35,83	6,41
UP7	Área Urbanizada	Pastos enmalezados	33,56	6,00
UP8	Área Urbanizada	Pastos limpios	61,78	11,05
UP9	Área Urbanizada	Red ferroviaria y territorios asociados	6,15	1,10
UP10	Área Urbanizada	Red vial y territorios asociados	21,46	3,84
UP11	Área Urbanizada	Tierras desnudas y degradadas	1,58	0,28
UP12	Área Urbanizada	Zonas industriales o comerciales	151,23	27,03
UP13	Área Urbanizada	Zonas urbanizadas	2,83	0,51
UP14	Área Urbanizada	Zonas verdes urbanas	19,48	3,48
UP15	Plano de Inundación	Canales	3,31	0,59
UP16	Plano de Inundación	Cultivos transitorios	0,23	0,04
UP17	Plano de Inundación	Humedales y zonas pantanosas	23,86	4,26
UP18	Plano de Inundación	Instalaciones recreativas	0,64	0,12
UP19	Plano de Inundación	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	6,00	1,07
UP20	Plano de Inundación	Pastos arbolados	17,72	3,17
UP21	Plano de Inundación	Pastos enmalezados	33,86	6,05
UP22	Plano de Inundación	Pastos limpios	19,26	3,44
UP23	Plano de Inundación	Red vial y territorios asociados	6,50	1,16
UP24	Plano de Inundación	Tierras desnudas y degradadas	0,84	0,15
UP25	Plano de Inundación	Zonas industriales o comerciales	7,57	1,35
UP26	Plano de Inundación	Zonas verdes urbanas	15,27	2,73
UP27	Relleno Antrópico de Escombros	Humedales y zonas pantanosas	0,06	0,01
UP28	Relleno Antrópico de Escombros	Pastos enmalezados	2,58	0,46
UP29	Relleno Antrópico de Escombros	Tierras desnudas y degradadas	4,43	0,79
UP30	Relleno Antrópico de Escombros	Zonas industriales o comerciales	11,70	2,09
TOTAL (Ha)			559,39	100

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La unidad de paisaje más representativa dentro del área de influencia corresponde a la UP12 asociada a zonas industriales o comerciales en áreas urbanizadas, la cual representa

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

el 27,03%. Así mismo se evidencia una alta representatividad en las unidades de pastos limpios e instalaciones recreativas en áreas urbanas, donde cada una alcanza una ocupación de cerca del 11%. Lo anterior da cuenta de las intervenciones antrópicas intensivas que presenta el área de influencia y que se manifiestan en las unidades de paisaje delimitadas.

5.1.3.2 Calidad visual

La calidad visual establece la importancia de los paisajes, de acuerdo con la percepción de las características intrínsecas del relieve, la cobertura vegetal, los cuerpos de agua, y en conjunto la viveza, así como de factores externos como el grado de intervención y los elementos culturales (Ver Anexo 3 Paisaje).

De esta manera, en la Tabla 5-9 se encuentra el resumen de la valoración de cada una de las características evaluadas para cada unidad de paisaje, donde M corresponde a valores medios y B a valores bajos, que en conjunto establecen la clase y calidad visual del paisaje.

Tabla 5-9 Valoración de la calidad visual del paisaje

UNIDAD DE PAISAJE	COBERTURA DE LA TIERRA	GRADO DE INTERVENCIÓN	CUERPOS DE AGUA	RELIEVE	ELEMENTOS CULTURALES	VIVEZA	CLASE	CALIDAD VISUAL	ÁREA ha	ÁREA %
UP1	B	B	B	B	B	B	C	Baja	2,67	0,48
UP2	M	M	B	B	B	M	B	Media	2,03	0,36
UP3	M	M	M	B	M	M	B	Media	3,88	0,69
UP4	M	M	B	B	M	B	B	Media	62,96	11,26
UP5	M	M	A	B	A	A	B	Media	0,10	0,02
UP6	M	M	B	B	B	A	B	Media	35,83	6,41
UP7	B	B	B	B	B	B	C	Baja	33,56	6,00
UP8	B	B	B	B	B	B	C	Baja	61,78	11,05
UP9	B	B	B	B	B	B	C	Baja	6,15	1,10
UP10	B	B	B	B	B	B	C	Baja	21,46	3,84
UP11	B	B	B	B	B	B	C	Baja	1,58	0,28
UP12	B	B	B	B	B	B	C	Baja	151,23	27,03
UP13	B	B	B	B	B	B	C	Baja	2,83	0,51
UP14	M	M	B	B	M	M	B	Media	19,48	3,48
UP15	B	B	B	B	B	B	C	Baja	3,31	0,59
UP16	M	M	B	B	B	B	B	Media	0,23	0,04
UP17	M	M	M	B	M	M	B	Media	23,86	4,26
UP18	M	M	B	B	M	M	B	Media	0,64	0,12
UP19	M	M	A	B	A	A	B	Media	6,00	1,07

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

UNIDAD DE PAISAJE	COBERTURA DE LA TIERRA	GRADO DE INTERVENCIÓN	CUERPOS DE AGUA	RELIEVE	ELEMENTOS CULTURALES	VIVEZA	CLASE	CALIDAD VISUAL	ÁREA ha	ÁREA %
UP20	M	M	B	B	B	M	B	Media	17,72	3,17
UP21	B	B	B	B	B	B	C	Baja	33,86	6,05
UP22	B	B	B	B	B	B	C	Baja	19,26	3,44
UP23	B	B	B	B	B	B	C	Baja	6,50	1,16
UP24	B	B	B	B	B	B	C	Baja	0,84	0,15
UP25	B	B	B	B	B	B	C	Baja	7,57	1,35
UP26	M	M	B	B	B	M	B	Media	15,27	2,73
UP27	M	M	M	B	M	M	B	Media	0,06	0,01
UP28	B	B	B	B	B	B	C	Baja	2,58	0,46
UP29	B	B	B	B	B	B	C	Baja	4,43	0,79
UP30	B	B	B	B	B	B	C	Baja	11,70	2,09
TOTAL									559,39	100

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

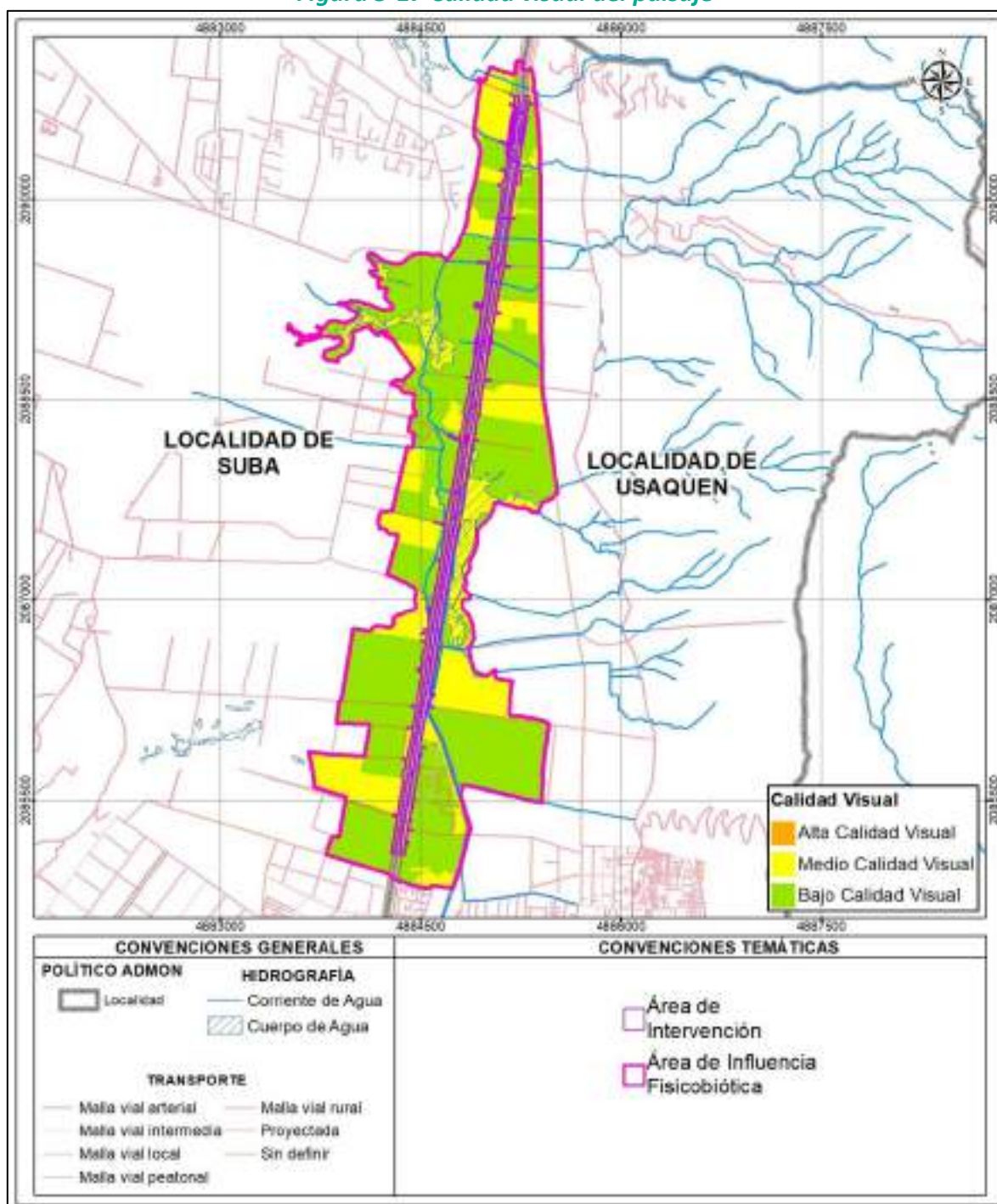
De acuerdo con la calificación de los atributos del paisaje y la respectiva determinación de la calidad visual para cada unidad, se estableció que en el área de influencia predomina un paisaje de calidad baja con un 66,38%, resultado de la fuerte intervención antrópica y de la ausencia de elementos que favorezcan las condiciones escénicas del paisaje.

Por otro lado, se identificó que el 33,62% del área de influencia se encuentra en categoría de calidad visual media, estando representada principalmente por unidades de paisaje asociadas a coberturas naturales como humedales y zonas pantanosas, y lagos, lagunas y ciénagas naturales, así como a unidades intervenidas como pastos arbolados y cultivos transitorios, y unidades propias del paisaje urbano del área como instalaciones recreativas y zonas verdes urbanas.

En este sentido, se observa que las intervenciones que han configurado paisajes cuyas condiciones escénicas son deterioradas, estas unidades paisajísticas presentan un valor bajo en relación con la cobertura, así como alto grado de intervención.

En la Figura 5-17 se presentan los resultados obtenidos para la calidad visual del área de influencia.

Figura 5-17 Calidad visual del paisaje



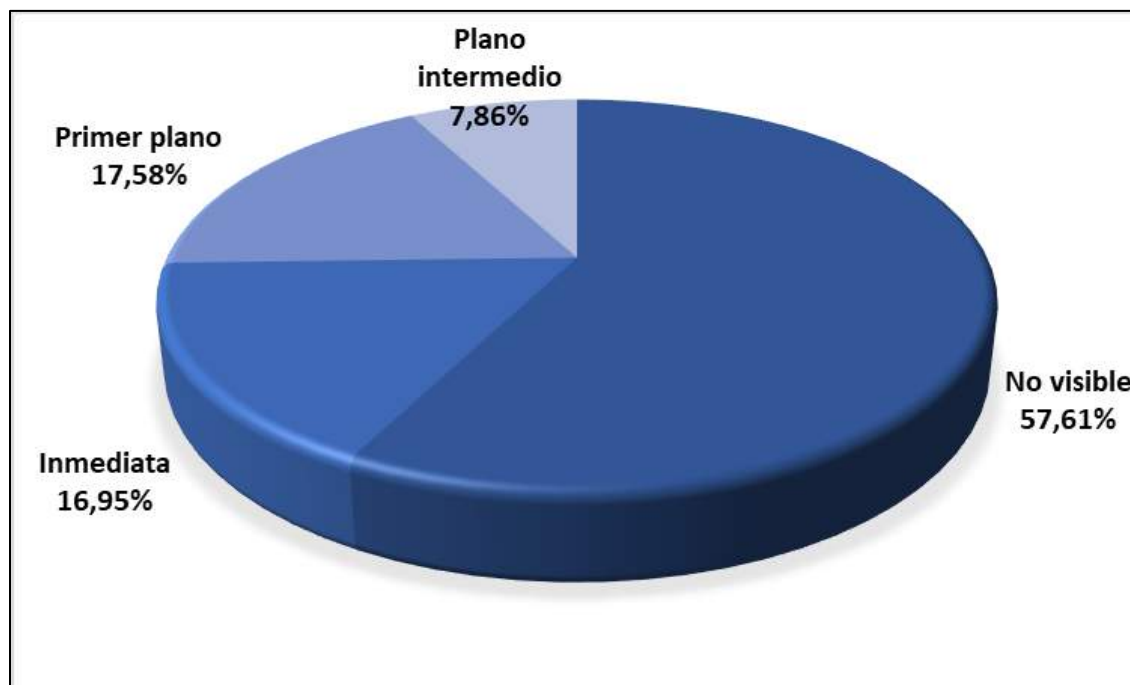
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

5.1.3.3 Visibilidad

La visibilidad representa la importancia de un paisaje que se puede observar a partir de determinadas infraestructuras; de esta manera, se determinaron las escalas visuales en el área de influencia, partiendo de la infraestructura vial existente, como principal punto de observación del paisaje, y considerando los factores que restringen la visibilidad, vinculados en este caso a la presencia de vegetación arbórea, específicamente pastos arbolados, así como áreas urbanas cuya infraestructura funciona como barrera visual, y que corresponden a tejido urbano continuo, zonas industriales o comerciales, colegios y universidades, parques urbanos y áreas deportivas.

El plano inmediato (PI) corresponde a las áreas visibles a partir del punto de observación y hasta los 90 metros, en este rango se localiza el 16,95% del área de influencia físico-biótica. El primer plano (PP) se asocia al 17,58% y corresponde al rango entre los 90 metros y los 800 metros; el 7,86% de esta área se relaciona a planos intermedios (PINT), con distancias entre los 800 metros hasta los 6,5km, a partir del punto de observación, mientras que en el plano lejano (PL), con distancias superiores a los 6,5km, no es observable ningún punto del área de influencia. Finalmente se encuentran áreas que, debido a la forma del relieve, la localización de barreras visuales (coberturas y edificaciones) y la disposición de las vías, no son visibles (NV) y corresponden al 57,61% del área de influencia físico-biótica (Figura 5-18). Estos resultados permiten establecer que la relación entre el relieve, las barreras visuales y la localización de las vías restringe la visibilidad, así mismo, ya que las áreas cercanas a los puntos de observación se encuentran asociadas a áreas desprovistas de vegetación, la visibilidad en los dos primeros planos obedece especialmente a la ausencia de barreras visuales.

Figura 5-18 Distribución porcentual de los planos visuales en el área de influencia físico-biótica.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

En relación con las unidades paisajísticas y su visibilidad en cada escala visual, la Tabla 5-10 presenta el porcentaje de áreas visibles para cada una de estas. Así se establece que las unidades UP10 y UP23 son completamente visibles en el plano inmediato, esto se asocia a que las vías se localizan especialmente en estas unidades y en su cercanía. De manera similar, las unidades UP1, UP9 y UP14 presentan su mayor porcentaje de visibilidad en este plano.

Tabla 5-10 Escalas visuales por unidad de paisaje

UNIDAD DE PAISAJE	INMEDIATA Ha	INMEDIATA %	PRIMER PLANO Ha	PRIMER PLANO %	PLANO INTERMEDIO Ha	PLANO INTERMEDIO %	NO VISIBLE Ha	NO VISIBLE %	TOTAL Ha	TOTAL %
UP1	2,28	85,37	0,39	14,63	-	-	-	-	2,67	100%
UP2	-	-	1,93	95,24	-	-	0,10	4,76	2,02	100%
UP3	-	-	0,10	2,53	1,92	49,60	1,85	47,87	3,87	100%
UP4	3,24	5,15	10,71	17,01	0,67	1,07	48,33	76,77	62,95	100%
UP5	-	-	-	-	-	-	0,10	100,00	0,10	100%
UP6	1,67	4,66	3,06	8,56	4,89	13,67	26,15	73,11	35,78	100%
UP7	11,60	34,54	5,86	17,44	0,09	0,27	16,04	47,74	33,59	100%
UP8	17,63	28,53	17,67	28,59	7,19	11,64	19,30	31,23	61,79	100%

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

UNIDAD DE PAISAJE	INMEDIATA Ha	INMEDIATA %	PRIMER PLANO Ha	PRIMER PLANO %	PLANO INTERMEDIO Ha	PLANO INTERMEDIO %	NO VISIBLE Ha	NO VISIBLE %	TOTAL Ha	TOTAL %
UP9	5,87	95,73	0,05	0,87	0,03	0,46	0,18	2,94	6,13	100%
UP10	21,75	100,00	-	-	-	-	-	-	21,75	100%
UP11	0,37	23,55	0,32	20,29	-	-	0,89	56,16	1,59	100%
UP12	1,38	0,91	6,39	4,23	18,78	12,44	124,47	82,42	151,02	100%
UP13	0,05	1,69	-	-	0,30	10,67	2,47	87,64	2,82	100%
UP14	9,37	48,16	8,39	43,11	0,25	1,29	1,45	7,45	19,47	100%
UP15	0,11	3,46	0,71	21,88	0,09	2,79	2,34	71,87	3,25	100%
UP16	-	-	0,20	87,52	-	-	0,03	12,48	0,23	100%
UP17	0,87	3,64	10,47	43,84	2,99	12,50	9,55	40,02	23,87	100%
UP18	0,01	1,85	0,24	36,80	0,02	2,49	0,38	58,87	0,65	100%
UP19	0,09	1,58	1,88	31,41	0,57	9,49	3,44	57,51	5,99	100%
UP20	0,20	1,10	2,10	11,87	3,37	19,03	12,03	67,99	17,70	100%
UP21	3,96	11,68	6,29	18,56	0,52	1,53	23,13	68,23	33,89	100%
UP22	1,45	7,53	6,60	34,34	1,36	7,06	9,82	51,07	19,23	100%
UP23	6,58	100,00	-	-	-	-	-	-	6,58	100%
UP24	0,27	31,68	0,09	10,80	-	-	0,48	57,52	0,84	100%
UP25	0,72	9,56	0,91	12,03	0,59	7,77	5,34	70,65	7,56	100%
UP26	4,40	28,83	10,24	67,09	0,02	0,16	0,60	3,91	15,27	100%
UP27	-	-	-	-	-	-	0,06	100,00	0,06	100%
UP28	-	-	0,75	29,01	-	-	1,84	70,99	2,59	100%
UP29	0,92	20,78	1,94	43,86	-	-	1,56	35,36	4,42	100%
UP30	0,01	0,12	1,04	8,89	0,30	2,57	10,35	88,42	11,70	100%
TOTAL	94,81	-	98,34	-	43,95	-	322,29	-	559,39	-

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

En el primer plano, donde el observador puede determinar los elementos que componen el paisaje, las formas amplias y ejes lineales, ciertos contrastes entre diversos elementos y su interrelación, las unidades UP2, UP16, UP17, UP26 y UP29 presentan en este plano su mayor porcentaje de área.

En el plano intermedio, el observador ve los elementos desdibujados, aprecia las formas y el relieve toma gran importancia. En esta escala sólo la UP3 tiene su mayor área visible en este rango de distancia.

En cuanto al plano lejano, se identificó que en el área de influencia no se cuenta con áreas visibles superiores a los 6,5 km, lo que se relaciona a la extensión del área de estudio.

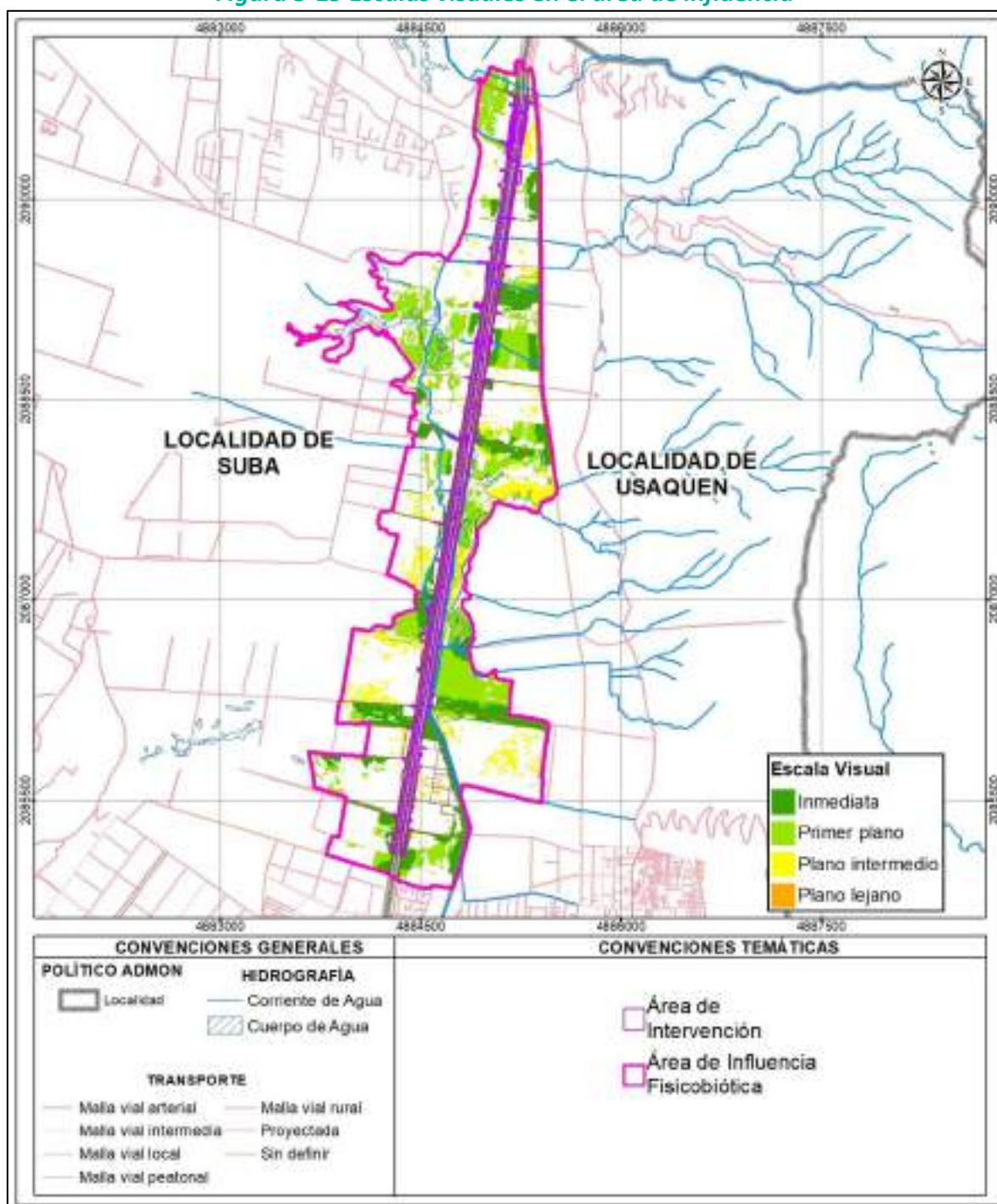
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Finalmente, para en el área de influencia físico-biótica se presentan áreas no visibles, presentes para 27 de las 30 unidades de paisaje; 19 unidades de paisaje se encuentran en su mayoría en esta categoría y tan sólo las UP5 y UP27 se encuentran totalmente en esta categoría. Estas áreas se presentan como resultado de la localización de los puntos de observación en relación con las formas del relieve y la localización de barreras visuales que restringen su visibilidad.

La Figura 5-19 muestra la distribución espacial de las escalas visuales para el área de influencia físico-biótica.

Figura 5-19 Escalas visuales en el área de influencia



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

5.1.3.4 Integridad escénica

La integridad escénica indica las alteraciones que existen en el paisaje como consecuencia de la localización de elementos ajenos o discordantes, de forma que se puedan establecer los posibles cambios debido a la introducción de nuevas discordancias (Ver Anexo 3. Paisaje).

A través del recorrido realizado en campo se identificaron las discordancias presentes en las unidades paisajísticas, partiendo del contexto paisajístico actual del área de influencia, entendido como la configuración predominante del paisaje, resultado de la interacción de los elementos físicos, bióticos, sociales y culturales.

Tomando en cuenta lo anterior, el paisaje del área de influencia físico-biótica se encuentra fuertemente intervenido, presentando un contexto paisajístico vinculado, de un lado, a paisajes artificiales vinculados a zonas urbanas, industriales y comerciales, y de otro, a paisajes naturales y seminaturales, cuya representatividad es baja en el área, y se asocian a pastos, cultivos transitorios, humedales y zonas pantanosas y lagos, lagunas y ciénagas naturales.

Así pues, los elementos discordantes identificados corresponden a aquellos que no son característicos de las condiciones mencionadas anteriormente y corresponden a torres de transmisión eléctrica (Fotografía 5-4), que se localizan en las unidades UP8 y UP12, que corresponden a pastos y zonas industriales y comerciales en áreas urbanizadas. Para estas dos unidades se estimó una integridad escénica muy baja, teniendo en cuenta especialmente el número de elementos discordantes y la correspondencia cromática de estos.

Fotografía 5-4 Elementos discordantes asociados a torres de transmisión de energía.
Coordenadas E 4884549,097 N 2086134,983



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

No obstante, cabe señalar que las unidades de paisaje con condiciones primordialmente antrópicas fueron calificadas con una integridad escénica muy baja, debido a que, si bien el contexto paisajístico corresponde a zonas urbanas, la integridad escénica se asocia a paisajes muy alterados, donde los elementos discordantes son dominantes, la correspondencia cromática es baja o nula y la forma del paisaje se encuentra afectada fuertemente.

La calificación obtenida por unidad de paisaje se presenta en la Tabla 5-11, y en la Figura 5-20 se muestran espacialmente los resultados.

Tabla 5-11 Calificación de la integridad escénica del paisaje

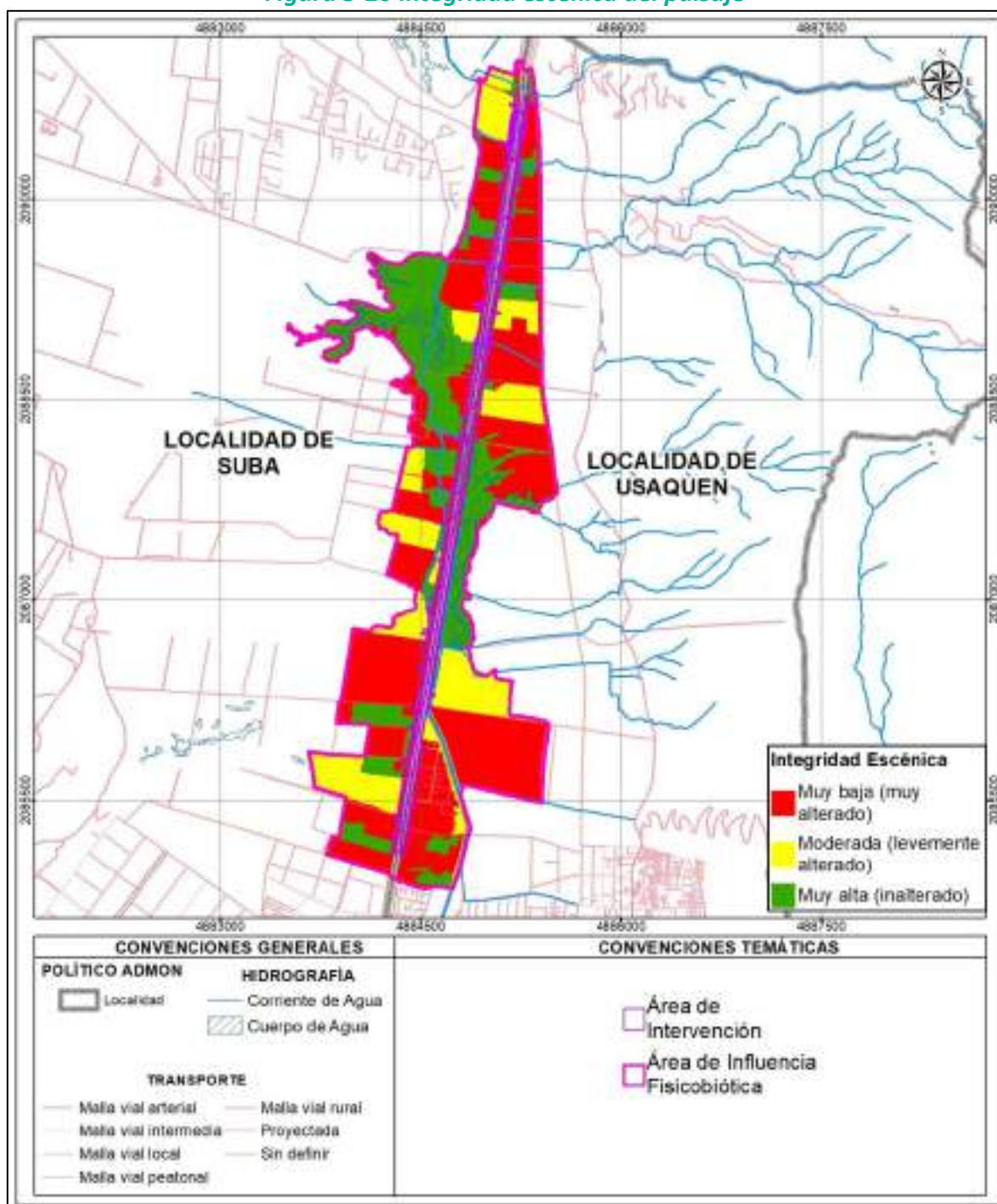
UNIDAD DE PAISAJE	NUMERO DE ELEMENTOS DISCORDANTES	TAMAÑO DE LA DISCORDANCIA	CORRESPONDENCIA CROMÁTICA	INTEGRIDAD ESCÉNICA	ÁREA ha	ÁREA %
UP1	Medio	Medio	Medio	Moderada	2,67	0,48
UP2	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	2,03	0,36
UP3	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	3,88	0,69
UP4	Medio	Medio	Medio	Moderada	62,96	11,26
UP5	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	0,10	0,02
UP6	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	35,83	6,41

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

UNIDAD DE PAISAJE	NUMERO DE ELEMENTOS DISCORDANTES	TAMAÑO DE LA DISCORDANCIA	CORRESPONDENCIA CROMÁTICA	INTEGRIDAD ESCÉNICA	ÁREA ha	ÁREA %
UP7	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	33,56	6,00
UP8	Nulo	Medio	Nulo	Muy baja	61,78	11,05
UP9	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	6,15	1,10
UP10	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	21,46	3,84
UP11	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	1,58	0,28
UP12	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	151,23	27,03
UP13	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	2,83	0,51
UP14	Medio	Medio	Medio	Moderada	19,48	3,48
UP15	Medio	Medio	Medio	Moderada	3,31	0,59
UP16	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	0,23	0,04
UP17	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	23,86	4,26
UP18	Medio	Medio	Medio	Moderada	0,64	0,12
UP19	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	6,00	1,07
UP20	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	17,72	3,17
UP21	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	33,86	6,05
UP22	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	19,26	3,44
UP23	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	6,50	1,16
UP24	Medio	Medio	Medio	Moderada	0,84	0,15
UP25	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	7,57	1,35
UP26	Medio	Medio	Medio	Moderada	15,27	2,73
UP27	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	0,06	0,01
UP28	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	2,58	0,46
UP29	Medio	Medio	Medio	Moderada	4,43	0,79
UP30	Nulo	Nulo	Nulo	Muy baja	11,70	2,09
TOTAL					559,39	100

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Figura 5-20 Integridad escénica del paisaje



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

5.1.3.5 Fragilidad visual

La capacidad de absorción visual de elementos extraños en cada unidad de paisaje permite establecer la fragilidad de estas a través del análisis de las características del relieve, la vegetación, el grado de intervención, la fragmentación y la accesibilidad visuales (Ver Anexo 3 Paisaje). La Tabla 5-12 establece la valoración de la fragilidad para cada característica evaluada.

Tabla 5-12 Calificación de la fragilidad visual del paisaje

UNIDAD DE PAISAJE	COBERTURA DE LA TIERRA	INTERVENCIÓN HUMANA	FRAGMENTACIÓN VISUAL	PENDIENTE	ACCESIBILIDAD VISUAL	FRAGILIDAD VISUAL	ÁREA ha	ÁREA %
UP1	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	2,67	0,48
UP2	Media	Media	Media	Baja	Alta	Moderada	2,03	0,36
UP3	Baja	Media	Media	Baja	Media	Baja	3,88	0,69
UP4	Media	Baja	Baja	Baja	Alta	Moderada	62,96	11,26
UP5	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja	0,10	0,02
UP6	Alta	Media	Media	Baja	Alta	Moderada	35,83	6,41
UP7	Media	Media	Baja	Baja	Alta	Moderada	33,56	6,00
UP8	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	61,78	11,05
UP9	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	6,15	1,10
UP10	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	21,46	3,84
UP11	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	1,58	0,28
UP12	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	151,23	27,03
UP13	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	2,83	0,51
UP14	Media	Media	Media	Baja	Media	Moderada	19,48	3,48
UP15	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	3,31	0,59
UP16	Media	Media	Media	Baja	Media	Moderada	0,23	0,04
UP17	Baja	Media	Media	Baja	Media	Baja	23,86	4,26
UP18	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	0,64	0,12
UP19	Baja	Alta	Alta	Baja	Media	Moderada	6,00	1,07
UP20	Alta	Media	Media	Baja	Alta	Moderada	17,72	3,17
UP21	Media	Media	Baja	Baja	Media	Baja	33,86	6,05
UP22	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	19,26	3,44
UP23	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	6,50	1,16
UP24	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	0,84	0,15
UP25	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	7,57	1,35
UP26	Baja	Media	Media	Baja	Alta	Moderada	15,27	2,73
UP27	Baja	Media	Media	Baja	Media	Baja	0,06	0,01

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

UNIDAD DE PAISAJE	COBERTURA DE LA TIERRA	INTERVENCIÓN HUMANA	FRAGMENTACIÓN VISUAL	PENDIENTE	ACCESIBILIDAD VISUAL	FRAGILIDAD VISUAL	ÁREA ha	ÁREA %
UP28	Media	Media	Baja	Baja	Media	Baja	2,58	0,46
UP29	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	4,43	0,79
UP30	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	11,70	2,09
TOTAL							559,39	100

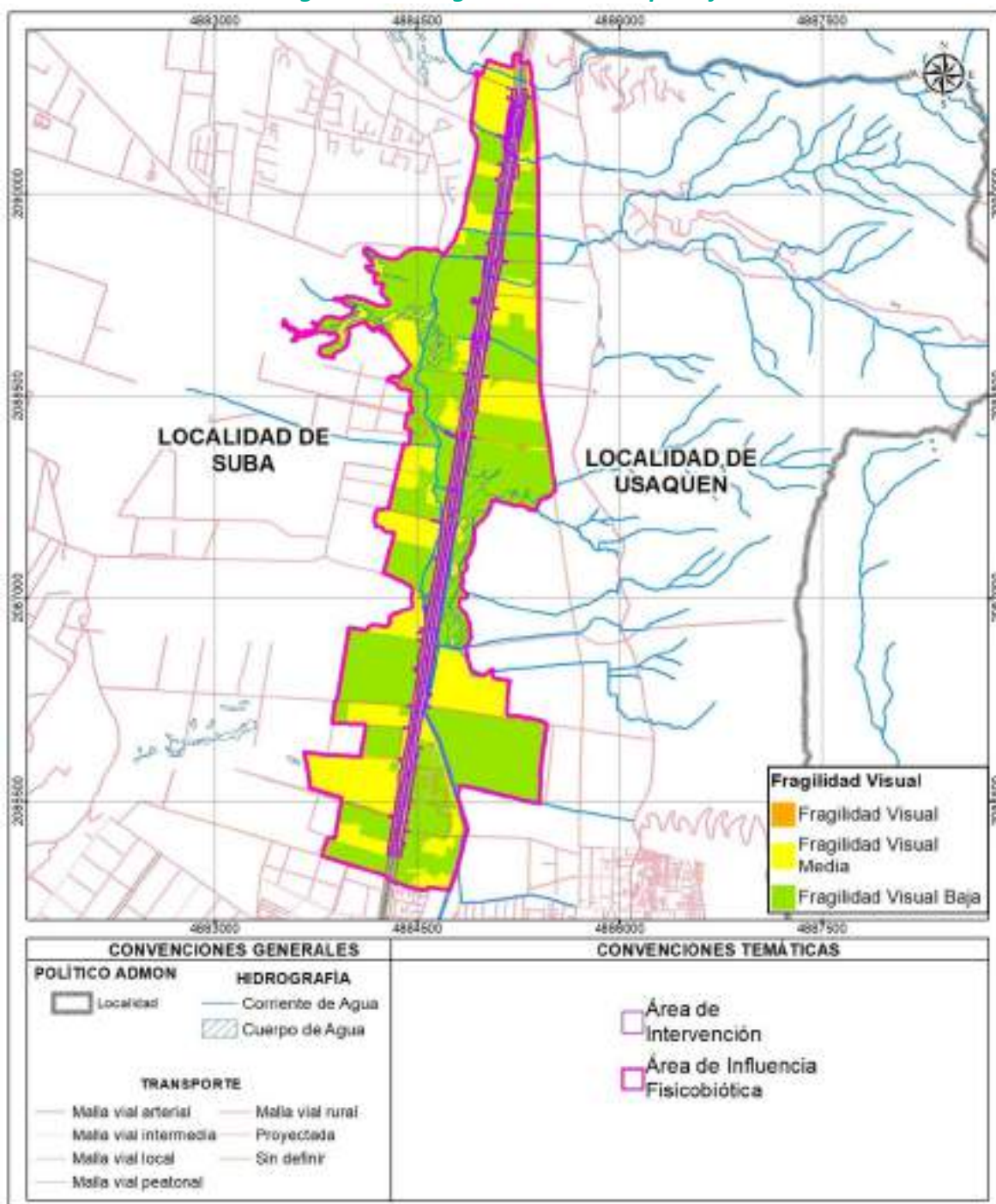
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Las unidades de paisaje UP22, UP4, UP6, UP7, UP14, UP16, UP19, UP20 y UP26 poseen una fragilidad visual moderada, debido a la variedad de coberturas vegetales que no absorben visualmente y de manera apropiada los elementos que sean introducidos al paisaje; así mismo la ausencia de barreras visuales asociadas a las coberturas permite una mayor visibilidad, al igual que el relieve que se asocia a estas unidades, y como resultado se hallan expuestos a perturbaciones en la calidad del paisaje fruto de la introducción de elementos extraños.

La fragilidad visual baja se vincula a 21 de las unidades paisajísticas, siendo la predominante en el área de influencia físico-biótica; lo anterior, derivada de la capacidad de absorción de sus elementos, especialmente de la pendiente y del grado de intervención. En estas unidades la capacidad de absorción de elementos discordantes es mayor, es decir que, en la localización de elementos ajenos, estas unidades pueden tener mayor resiliencia a estos efectos, principalmente como resultado de las fuertes intervenciones que actualmente presentan dichas unidades.

La Figura 5-21, muestra los resultados obtenidos.

Figura 5-21 Fragilidad visual del paisaje



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

5.1.3.6 Sitios de interés paisajístico

A partir de la caracterización paisajística del área de influencia físico-biótica, se identificaron como sitios de interés paisajístico los humedales de Torca y Guaymaral (Fotografía 5-5), asociados puntualmente al Parque Ecológico Distrital Humedal Torca – Guaymaral.

Fotografía 5-5 Vista general del paisaje asociado a los sitios de interés paisajístico Humedales de Torca y Guaymaral



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

*Fotografía 5-6 Vista general del paisaje asociado a los sitios de interés paisajístico
Humedales de Torca y Guaymaral*



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

De acuerdo con el Plan de Manejo Ambiental de los humedales de Torca y Guaymaral (2022), el paisaje de estos sitios se percibe como alterado y transformado como consecuencia de los procesos de urbanización, la inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, y la fragmentación del paisaje, producto de la localización de la autopista norte.

El interés paisajístico de estos humedales se encuentra relacionado con la importancia ecológica, funcional y estructural, pues funcionan como hábitat para diversas especies y es de gran importancia en la conectividad del paisaje entre los cerros orientales y el área de planicie del río Bogotá, dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad.

5.1.3.7 Percepción social del paisaje

En la percepción del paisaje reside parte de la carga cultural expresada a través de su observación e interpretación, como afirman Mata Olmo et ál. (2009). Carga que se manifiesta tanto en la materialidad de cada fisionomía modelada por la acción humana, como en sus imágenes y representaciones sociales, modelos paisajísticos y de preferencias (Fürstenau Togashi, 2009).

Desde este enfoque, la forma en la que los individuos perciben e interpretan un paisaje es altamente subjetiva y se basa en la experiencia vital previa, que se va conformando de manera continua mediante el aprendizaje tanto individual como social en el entorno en que

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



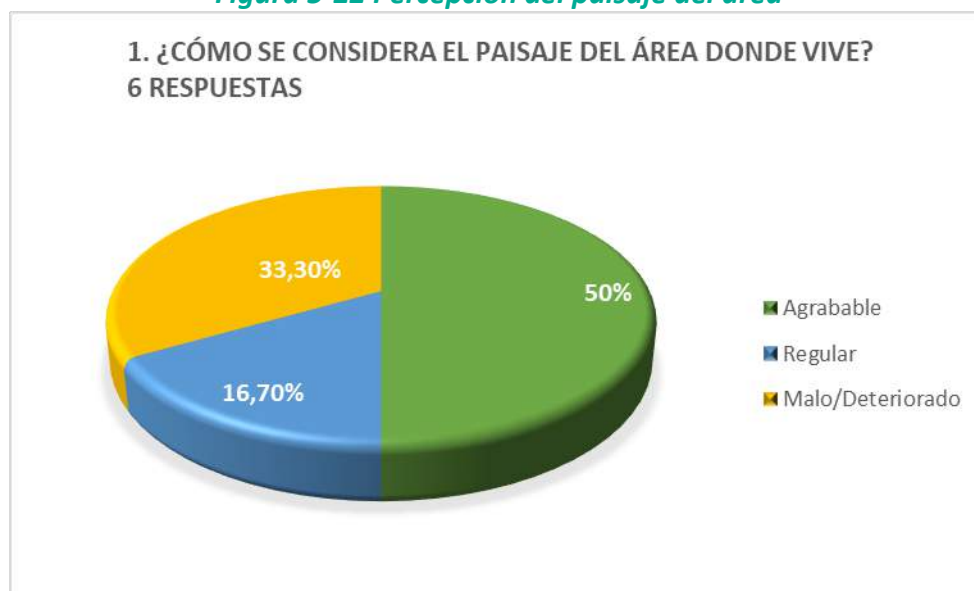
se habita ((Appleton, 1975); (Bell, 1999); (Mata Olmo, 2008)). Sin embargo, no todos los elementos que influyen en la percepción son consecuencia del influjo cultural o social; algunos de ellos son innatos y se relacionan con los instintos primarios humanos (Castella, 1988). Existen vestigios de un sistema emocional basado en la supervivencia y la búsqueda de alimento (González Bernáldez, 1981).

La subjetividad impuesta por la percepción ha sido concebida a la vista de diferentes factores que la componen: la propia experiencia personal (De Bolos, 1992), la personalidad individual (Bosque, Gómez, Rodríguez, Rodríguez, & Vela, 1997); (Gómez Alzate, 2010), las circunstancias culturales e históricas de las sociedades e incluso la edad o procedencia de los individuos. En esta línea, ha llegado incluso a acuñarse la expresión representación social del paisaje para denominar una construcción simbólica colectiva (Maderuelo, 2005). Adicionalmente, la percepción está influida por varios aspectos que dependen de la naturaleza propia del perceptor, hasta el punto de que cada observador recrea su propio paisaje (Prada 2004), sin que pueda desligarse la realidad observada del resultado de su interpretación y asimilación (Castella, 1988).

Buscando conocer la percepción del entorno físico (paisaje) que tienen las comunidades asentadas en el área de proyecto, se realizó una Encuesta de "Percepción paisajística" la cual está compuesta por preguntas de tipo cualitativo, la cual fue consultada con presidentes de juntas de acción comunal, administradores de conjuntos residenciales, referente comunal de Suba y presidente de Asojuntas de Suba, de las cuales se recibieron 6 respuestas (Anexo 3. Paisaje).

La primera pregunta se enfocó en establecer cómo se percibe el paisaje del área, obteniendo como resultado que el 50% de los encuestados lo percibe de manera agradable, cerca del 33% como deteriorado y poco más del 16% como regular (Figura 5-22).

Figura 5-22 Percepción del paisaje del área



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Frente a los cambios percibidos en el paisaje, el 100% de los encuestados manifestó haber observado cambios, de los cuales el 66,7% los identifica de manera negativa y el 33,3% de forma positiva (Figura 5-23).

Figura 5-23 Identificación de cambios percibidos en el paisaje



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Finalmente, los encuestados señalaron que los cambios observados se encuentran relacionados a la inadecuada disposición de residuos, al desuso de áreas, lo que favorece el crecimiento de árboles y pastos en áreas que cuentan con obras de urbanismo, al deterioro

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



de la malla vial, a la intervención de los ecosistemas que ha afectado la fauna y flora, y a la construcción de edificaciones que impactan negativamente la dinámica social del área.

5.1.3.8 Descripción del proyecto en el componente paisajístico de la zona

Para el análisis del proyecto dentro del componente paisajístico se realizó la superposición espacial de la infraestructura del proyecto y los resultados de los análisis realizados en términos de calidad visual, integridad, fragilidad y visibilidad, lo cual permitió evidenciar las unidades de paisaje que interactúan con la infraestructura del proyecto como se muestra en la Tabla 5-13.

Tabla 5-13 Unidades de paisaje a intervenir directamente por infraestructura proyectada

UNIDAD DE PAISAJE		INFRAESTRUCTURA PROYECTADA	ÁREA Ha
UP4	Instalaciones recreativas en Área Urbanizada	Calzada	0,38
		Franja de utilidad pública	0,50
		Obra hidráulica	0,01
		Puente peatonal	0,03
		Retorno desnivel	0,14
UP6	Pastos arbolados en Área Urbanizada	Calzada	8,34
		Canal	0,10
		CCO	0,23
		Franja de utilidad pública	0,43
		Obra hidráulica	0,09
		Puente peatonal	0,14
		Retorno desnivel	0,13
UP7	Pastos enmalezados en Área Urbanizada	Calzada	0,01
		CCO	0,05
		Franja de utilidad pública	0,22
		Obra hidráulica	0,00
		Retorno desnivel	0,06
UP8	Pastos limpios en Área Urbanizada	Calzada	0,00
		Franja de utilidad pública	0,32
		Obra hidráulica	0,01
		Retorno desnivel	0,03
UP10	Red vial y territorios asociados en Área Urbanizada	Calzada	8,93
		Franja de utilidad pública	1,29
		Obra hidráulica	0,07
		Puente peatonal	0,03
		Retorno desnivel	0,37
UP11	Tierras desnudas y degradadas en Área Urbanizada	Franja de utilidad pública	0,04
		Obra hidráulica	0,00
		Retorno desnivel	0,01
UP12	Zonas industriales o comerciales en Área Urbanizada	Calzada	0,69
		Franja de utilidad pública	1,37
		Obra hidráulica	0,04
		Puente peatonal	0,13
		Retorno desnivel	0,02

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

UNIDAD DE PAISAJE		INFRAESTRUCTURA PROYECTADA	ÁREA Ha
UP14	Zonas verdes urbanas en Área Urbanizada	Calzada	0,03
UP15	Canales en Plano de Inundación	Calzada	0,01
		Franja de utilidad pública	0,02
		Obra hidráulica	0,00
UP17	Humedales y zonas pantanosas en Plano de Inundación	Calzada	0,00
		Franja de utilidad pública	0,02
UP20	Pastos arbolados en Plano de Inundación	Calzada	5,04
		Canal	0,14
		Franja de utilidad pública	1,03
		Obra hidráulica	0,11
		Puente peatonal	0,17
UP21	Pastos enmalezados en Plano de Inundación	Calzada	0,51
		Franja de utilidad pública	0,61
		Obra hidráulica	0,03
		Puente peatonal	0,01
UP22	Pastos limpios en Plano de Inundación	Calzada	0,14
		Franja de utilidad pública	0,27
		Obra hidráulica	0,00
		Puente peatonal	0,06
UP23	Red vial y territorios asociados en Plano de Inundación	Calzada	5,24
		Franja de utilidad pública	0,51
		Obra hidráulica	0,08
		Puente peatonal	0,03
UP24	Tierras desnudas y degradadas en Plano de Inundación	Calzada	0,01
UP25	Zonas industriales o comerciales en Plano de Inundación	Calzada	0,04
		Franja de utilidad pública	0,17
		Obra hidráulica	0,01
		Puente peatonal	0,02
UP26	Zonas verdes urbanas en Plano de Inundación	Calzada	0,12
		Franja de utilidad pública	0,06
		Obra hidráulica	0,00
UP29	Tierras desnudas y degradadas en Relleno Antrópico de Escombros	Calzada	0,02
		Franja de utilidad pública	0,13
		Obra hidráulica	0,02
		Retorno desnivel	0,05
UP30	Zonas industriales o comerciales en Relleno Antrópico de Escombros	Calzada	0,26
		Franja de utilidad pública	0,26
		Obra hidráulica	0,05
		Puente peatonal	0,03

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

De acuerdo con lo anterior, no todas las unidades de paisaje del área de influencia serán interceptadas directamente por algún tipo de infraestructura del proyecto; es por ello por lo que, con el fin de proyectar el área de afectación a nivel paisajístico que se puede generar

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

como consecuencia del desarrollo del proyecto, se realizó una modelación de cuencas visuales a partir de los puntos de infraestructura asociados al proyecto. Dicho análisis se realizó a través de la herramienta Viewshed del software ArcGis, con la cual determinó la visibilidad, permitiendo delimitar las áreas donde la infraestructura del proyecto es visible y en las cuales podría verse afectado el valor paisajístico. En la Tabla 5-14 se incluye aquellas unidades visibles a los espectadores del proyecto y que puedan generar algún tipo de afectación en la percepción visual del paisaje en el primer plano de visibilidad considerando que el área presenta actualmente fuertes intervenciones.

Tabla 5-14 Unidades de paisaje donde será visible el proyecto

UNIDAD DE PAISAJE	NOMBRE
UP1	Canales en área Urbanizada
UP4	Instalaciones recreativas en área Urbanizada
UP6	Pastos arbolados en área Urbanizada
UP7	Pastos enmalezados en área Urbanizada
UP8	Pastos limpios en área Urbanizada
UP9	Red ferroviaria y territorios asociados en área Urbanizada
UP10	Red vial y territorios asociados en área Urbanizada
UP11	Tierras desnudas y degradadas en área Urbanizada
UP12	Zonas industriales o comerciales en área Urbanizada
UP14	Zonas verdes urbanas en área Urbanizada
UP15	Canales en Plano de Inundación
UP17	Humedales y zonas pantanosas en Plano de Inundación
UP20	Pastos arbolados en Plano de Inundación
UP21	Pastos enmalezados en Plano de Inundación
UP22	Pastos limpios en Plano de Inundación
UP23	Red vial y territorios asociados en Plano de Inundación
UP24	Tierras desnudas y degradadas en Plano de Inundación
UP25	Zonas industriales o comerciales en Plano de Inundación
UP26	Zonas verdes urbanas en Plano de Inundación
UP29	Tierras desnudas y degradadas en Relleno Antrópico
UP30	Zonas industriales o comerciales en Relleno Antrópico

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

5.1.4 Suelos y uso de la tierra

El suelo es complejo y dinámico y sus propiedades se originan por acción conjunta del clima (lluvias y temperatura) y de los organismos (plantas, animales y hombre); los cuales actúan sobre las rocas de la corteza terrestre. La acción del clima y de los organismos está condicionada por las formas del relieve y por el tiempo; la acción combinada de todos estos, definen tanto los factores como los procesos formadores de suelos.

Como "factor formador de suelos", se define al agente, fuerza, condición, relación o combinación de éstos que afecta, ha afectado o puede influir sobre el material original del suelo, con la potencialidad de producir un cambio (Buol et. al, 1981). Dentro de ellos, se tiene: material parental, tiempo, clima, relieve y organismos.

Mientras que los "procesos formadores de suelos", equivale a la secuencia de eventos que incluyen tanto reacciones complicadas como simples de la materia, que afectan íntimamente al suelo en el que se producen. Dentro de los principales procesos formadores de suelo se tienen las ganancias, pérdidas, transformaciones, translocaciones y pedoturbaciones.

La influencia tanto de los factores como de los procesos formadores de suelos, ocurre de manera interrelacionada; por lo que, el origen, desarrollo y evolución de los suelos, de la zona de estudio, se han desarrollado bajo condiciones climáticas propias del clima frío seco, de tal manera que el patrón de distribución de los componentes del mosaico edáfico obedece tanto a factores climáticos, como al modelo geomorfológico del área y a la naturaleza de los materiales parentales en cada una de las formas de la tierra en las que se subdividen los paisajes, tipos de relieve y formas del terreno (IGAC, 2000) .

Debido a la posición geográfica del área de estudio, en ella predominan materiales semiconsolidado a no consolidado de origen aluvial, constituido por Depósitos fluviolacustres: arcillas, limos, arenas, gravas, turbas y capas de ceniza volcánica (Padilla, 2004).

A partir de lo anterior, el presente documento presenta la línea base del componente suelos y uso actual del suelo, que hace parte del AI del Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5".

5.1.4.1 Suelos

Los suelos que se han formado en el área de estudio han evolucionado a partir de la dinámica fluvial del río Bogotá y sus afluentes lo que ha originado parte de la planicie fluvio lacustre; la cual está conformada por planos de inundación y terrazas, influenciados por depósitos de espesor variable de ceniza volcánica de diferente evolución y depósitos de sedimentos en su mayoría finos y medios, que han servido de material basal a partir del cual se han originado los suelos del área de estudio (IGAC, 2000).

Este mismo autor, menciona que los suelos que hacen parte del área de estudio presentan diferente grado de evolución en concordancia con la posición que ocupan. Es así, que en los planos de inundación predominan los suelos de menor evolución (Inceptisoles), influenciados en algunos sectores por cenizas volcánicas. En las terrazas se observa un mayor desarrollo de la población edáfica (Inceptisoles y Andisoles), allí, el material de origen

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



de los suelos (ceniza volcánica y depósitos clásticos hidrogénicos de origen lacustre y aluvial) y el clima, han dominado la génesis de los suelos.

De manera general, los suelos que se encuentran sobre la zona de estudio presentan un relieve plano, con pendientes que varían entre 1 y 3%. Se encuentra a una altitud entre 2.000 y 3.000 m, en clima ambiental frío seco, con temperaturas que varían entre 12 y 18°C.

Debido a su origen de tipo fluvio lacustre, la mayor parte de los relieves ocurientes corresponde a los planos de inundación y terrazas, estas últimas con variaciones en los contenidos litológicos, arcillas fluvio lacustres recubiertas o no por mantos de ceniza volcánica y depósitos orgánicos de menor extensión (IGAC, 2000).

A partir de lo mencionado anteriormente y de acuerdo con los objetivos del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5", la Tabla 5-15 Descripción de las unidades de suelos que hacen parte del área de influencia del proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5" muestra las características de cada una de las unidades de suelos cartografiadas, las cuales se encuentran distribuidas en los paisajes de planicie.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Tabla 5-15 Descripción de las unidades de suelos que hacen parte del área de influencia del proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5"

PISO TERMI CO	PRO V_H UM	PAISAJ E/ AMBI ENTE	TIPO DE RELIEV E	FORMA DEL TERRENO	N_UGM_ SGC	SIMB_U _CAR	TIPO_UN _CA	RES_TAX_UC	CARACT_SUE	CARACT_ PGA	AREA_H A	AREA_%
Frío (F)	Húm edo (H)	Monta ña - Estruc tural Erosio nal	Espina zo	Revés	Contrape ndiente	MsL04	Consociac ión	Consociación: Typic Hapludands, familia medial, isomésica; Typic Udorthents, familia franca gruesa, isomésica	Suelos profundos, bien drenados, texturas medias, reacción moderada a ligeramente ácida y de fertilidad moderada	Erosión	0,72	0,13
Frío (F)	Húm edo (H)	Monta ña - Deposi tacion al Coluvi o Aluvial	Glacís de acumu lación	Plano inclinado	Ladera	MxL01	Consociac ión	Consociación: Acrudoxic Melanudands, familia medial, isomésica; Thaptic Hapludands, familia medial, isomésica	Suelos profundos, bien drenados, moderadamente finos, muy fuertemente ácidos y de fertilidad baja	Sediment ación	11,54	2,06
Frío (F)	Húm edo (H)	Monta ña - Deposi tacion al Coluvi o Aluvial	Glacís de acumu lación	Cuerpo	Ladera	MxL09	Complejo	Complejo: Typic Placudands, familia medial, isomésica; Typic Hapludands, familia medial sobre fragmental, isomésica	Suelos profundos a superficiales, bien drenados, de texturas medias, reacción muy fuerte a fuertemente ácida y fertilidad moderada	Sediment ación	1,08	0,19

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PISO TERMI CO	PRO V_H UM	PAISAJ E / AMBI ENTE	TIPO DE RELIEV E	FORMA DEL TERRENO	N_UGM_ SGC	SIMB_U _CAR	TIPO_UN _CA	RES_TAX_UC	CARACT_SUE	CARACT_ PGA	AREA_H A	AREA_%
Frío (F)	Húm edo (H)	Planici e - Deposi tacion al Fluvio Lacust re	Plano de inunda ción	Talud	Ladera	RzL35	Consociac ión	Consociación: Fluventic Humudepts, familia franca gruesa, isomésica; Typic Durudepts, familia arcillosa fina, isomésica; Typic Dystrudepts, familia franca fina, isomésica	Suelos profundos de texturas moderadamente gruesas; bien drenados; fuertemente ácidos y fertilidad moderada	Sediment ación	1,59	0,28
Frío (F)	Húm edo (H)	Planici e - Deposi tacion al Fluvio Lacust re	Plano de inunda ción	Plano inclinado	Ladera	RzL08	Consociac ión	Consociación: Andic Humudepts, familia fina, isomésica; Typic Hapludands, familia medial, isomésica; Typic Humudepts, familia franca fina, isomésica	Suelos profundos de texturas medias y moderadamente finas, bien drenados, ligeramente ácidos y fertilidad muy alta	Sediment ación	0,05	0,01
Frío (F)	Húm edo (H)	Planici e - Deposi tacion al Fluvio Lacust re	Plano de inunda ción	Cubeta de decantaci ón	Bassin	RzL37	Consociac ión	Consociación: Vertic Endoaquepts, familia fina, isomésica; Vertic Endoaquepts, familia muy fina, isomésica	Suelos muy superficiales, muy pobremente drenados, texturas finas, muy fuertemente ácidos, fertilidad moderada	Sediment ación	28,43	5,07

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PISO TERMI CO	PRO V_H UM	PAISAJ E / AMBI ENTE	TIPO DE RELIEV E	FORMA DEL TERRENO	N_UGM_ SGC	SIMB_U _CAR	TIPO_UN _CA	RES_TAX_UC	CARACT_SUE	CARACT_ PGA	AREA_H A	AREA_%
Frío (F)	Seco (S)	Planicie - Deposición al Fluvio Lacustre	Plano de inundación	Cubeta de decantación	Bassin	RzM17	Complejo	Complejo: Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica; Vertic Endoaquepts, familia, muy fina, isomésica; Fluvaquentic Endoaquepts, familia franca fina, isomésica; Fluvaquentic Humaquepts, familia muy fina, isomésica	Suelos muy superficiales y superficiales, pobremente drenados, texturas muy finas y medias, extremadamente ácidos a moderadamente ácidos, fertilidad natural alta y moderada, Inundables	Sedimentación	0,03	0,01
Frío (F)	Seco (S)	Planicie - Deposición al Fluvio Lacustre	Plano de inundación	Plano y talud	Plano	RzM11	Consociación	Consociación: Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica; Cumulic Humustepts, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica; Andic Humustepts, familia franca gruesa sobre arcillosa, Typic	Suelos profundos, bien drenados, fuertemente ácidos a ligeramente ácidos, texturas contrastadas y fertilidad natural muy alta	Sedimentación	142,08	25,33

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



PISO TERMI CO	PRO V_H UM	PAISAJ E / AMBI ENTE	TIPO DE RELIEV E	FORMA DEL TERRENO	N_UGM_ SGC	SIMB_U _CAR	TIPO_UN _CA	RES_TAX_UC	CARACT_SUE	CARACT_ PGA	AREA_H A	AREA_%
								Haplustands, familia a medial, isom				
Frío (F)	Seco (S)	Planicie - Deposición al Fluvio Lacustre	Plano de inunda ción	Plano y talud	Plano	RzM12	Consociación	Consociación: Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica; Fluventic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica; Ultic Haplustalfs, familia franca fina, isomésica	Suelos moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas contrastadas, ligeramente ácidos y fertilidad natural muy alta	Sedimentación	39,06	6,96
Frío (F)	Seco (S)	Planicie - Deposición al Fluvio Lacustre	Plano de inunda ción	Cubeta de decantación	Bassin	RzL17	Complejo	Complejo: Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica; Vertic Endoaquepts, familia, muy fina, isomésica; Fluvaquentic Endoaquepts, familia franca fina, isomésica; Fluvaquentic Humaquepts, familia muy fina, isomésica	Suelos muy superficiales y superficiales, pobremente drenados, texturas muy finas y medias, extremadamente ácidos a moderadamente ácidos, fertilidad natural alta y moderada, Inundables	Sedimentación	11,94	2,13

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



PISO TERMI CO	PRO V_H UM	PAISAJ E / AMBI ENTE	TIPO DE RELIEV E	FORMA DEL TERRENO	N_UGM_ SGC	SIMB_U _CAR	TIPO_UN _CA	RES_TAX_UC	CARACT_SUE	CARACT_ PGA	AREA_H A	AREA_%
Frío (F)	Seco (S)	Planicie - Deposición al Fluvio Lacustre	Plano de inundación	Plano inclinado	Ladera	McM01	Consociación	Consociación: Lithic Dystrustepts, familia franca fina, isomésica; Typic Ustorthents, familia esquelética, isomésica	Suelos superficiales, bien drenados, de texturas medias, reacción muy fuertemente ácida y fertilidad baja	Sedimentación	13,94	2,48
Zona urbana										ZU	236.57	42.23
Zona de relleno										ZR	16.24	2.90
Cuerpos de agua										CA	38.41	6.86
AUTONORTE										AUTON	18.48	3.30
TOTAL											560.16	100,0

Fuente: Tomado y ajustado de Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Capacidad de uso de las Tierras.

A continuación, se describen las Unidades Cartográficas de Suelos (UCS), siguiendo el orden establecido en la leyenda de suelos y de acuerdo con el clima.

5.1.4.1.1 Suelos del paisaje de montaña (M)

Según Huitaca (2014), los suelos de montaña corresponden a una gran elevación de terreno de diverso origen, con alturas menores a 2000 msnm hasta una altura máxima de 4000 msnm, caracterizada por pendientes altas a escarpadas (25% - >75%), cimas agudas, laderas largas profundamente disectadas por una red drenajes dendríticos a subdendríticos formando en algunos sectores valles estrechos en donde se han depositado materiales coluvio aluviales.

De igual manera, este mismo autor añade que los suelos de montaña están compuestos por rocas sedimentarias altamente plegadas y fallas producto de la orogenia andina, detritos glaciares y depósitos heterométricos de origen glaciar, asociada a los ambientes glacio estructural, estructural-erosional y depositacional fluvio glaciar, definiendo laderas estructurales, erosionales, escarpes y depósitos hacia la parte baja de las laderas.

5.1.4.1.1.1 Suelos del tipo de relieve espinazo

Corresponde al tipo de relieve labrado en una secuencia de rocas sedimentarias duras y blandas, cuya forma está controlada por la estructura geológica, donde los estratos se inclinan en una sola dirección con un ángulo entre 31% y 70%. Se diferencian como forma del terreno laderas estructurales y ladera erosionales, de acuerdo con la disposición de los estratos, encontrándose a favor o en contra de la pendiente, respectivamente.

- *Suelos de la forma del terreno revés (MsL04)*

Esta unidad se localiza al nororiente del área de estudio, en inmediaciones de la calle 245. Se ha desarrollado en un paisaje de montaña estructural- erosional, en un clima frío húmedo, con temperatura promedio anual de 13°C y una altura entre 2648-2748 msnm. Se desarrollan principalmente en pendientes de 12 a 25% (fuertemente inclinada).

El tipo de relieve corresponde a espinazos conformados por rocas sedimentarias tipo areniscas y conglomerados, limolitas, lodolitas, arcillolitas y químicas carbonatadas, en la forma del terreno de revés.

Huitaca (2014), menciona que el suelo dominante en esta unidad es el clasificado como Typic Hapludands familia medial, isomésica. Las características diagnósticas que condujeron a esta clasificación son la presencia de un epipedón melánico sobre un endopedón cámbico.

Presenta las siguientes fases cartográficas: f, f1 y f2.

La Tabla 5-16 Morfología suelos Typic Hapludands, familia medial, isomésica., presenta la morfología de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.

Tabla 5-16 Morfología suelos Typic Hapludands, familia medial, isomésica.

PROFUNDIDAD	CARACTERÍSTICAS
Ap 0-23 cm.	Color en húmedo negro; textura en campo franca; estructura en bloques subangulares, media, de grado moderada; pH 5.8. reacción fuerte al NaF
A2 23-73 cm.	Color en húmedo gris muy oscuro; textura en campo franco arenosa; estructura en bloques subangulares, media, de grado moderada; pH 6.2. Reacción fuerte al NaF.
Bw1 73-120 cm.	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura en campo arcillosa; estructura en bloques subangulares, media, de grado moderada; pH 6.3

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-17 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica. muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.

Tabla 5-17 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH 1:1	C.O. %	M.O. %	N Total %	P ppm	Fertilidad	
	ArE	Lim	Arcs							Valor	Calificación
Ap 0-23 cm.	49,8	38,4	11,8	F	5,8	6,68	11,53		<3,51		
A2 23-73 cm.	65,8	28,4	5,8	FA	6,2	3,20	5,53		<3,51	6	Moderada
Bw1 73-120 cm.	39,8	12,4	47,8	Ar	6,3	0,78	1,35		<3,51		

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-18 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 0-23 cm.	40,45	4,7	4,7	3,38	0,78	0,44	<0,10	0,00
A2 23-73 cm.	42,24	1,75	1,75	1,11	0,44	<0,06	0,14	0,00
Bw1	14,08	2,89	2,89	1,35	0,91	0,47	0,16	0,00

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



73-120 cm.									

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-19 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Hapludands familia medial, isomésica.

Profundidad cm	Saturaciones %		Relación de cationes			C.E. dS/M	Clase	Densidad	
	SBA	SBE	Ca/Mg	Mg/K	Ca+M/Kg			Real	Aparente
Ap 0-23 cm.	0	100	4,33	1,77	--	0,18	--	--	--
A2 23-73 cm.	0	100	2,52	7,33		0,13			
Bw1 73-120 cm.	0	100	1,48	1,94		0,10			

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, estos suelos se caracterizan por presentar reacción moderada a ligeramente ácida pH (5,8 - 6,3), la relación Ca/Mg es normal en el primer y segundo horizonte, en el tercer horizonte es estrecha, el fósforo disponible es bajo, la materia orgánica es alta, media y baja, en los tres horizontes respectivamente, la capacidad de intercambio catiónico (CICA) es alta en el primer y segundo horizonte, y media en el tercero, la fertilidad es moderada (Huitaca, 2014).

5.1.4.1.2 Suelos del tipo de relieve glacis de acumulación

Este mismo autor, menciona que el glacis de acumulación corresponde a un tipo de relieve de escasa extensión, de morfología irregular, suavemente inclinada, formado al pie de las laderas circundantes por la deposición gradual de material de suelo y fragmentos desprendidos por la erosión pluvial, por la erosión laminar interfluvial y arrastrados por la reptación o mediante saltación de partículas ladera abajo por incidencia de la gravedad.

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (MxL01)

Formas constituidas por mantos espesos de cenizas volcánicas. Se desarrollan principalmente en pendientes de 7-12% (moderadamente inclinada).

Se localiza al nororiente del área de estudio, entre la calle 235 y la calle 245, costado oriental.

Esta unidad se ha desarrollado en el paisaje de montaña depositacional coluvio aluvial, en un clima frío húmedo, con una temperatura aproximada de 14°C y una altura aproximada

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



de 2580 msnm. El tipo de relieve corresponde a glacis de acumulación conformado por depósitos de origen aluvial, en la forma de terreno de plano inclinado.

Los suelos dominantes en esta unidad están conformados el suelo Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica. Estos suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas y de depósitos heterométricos de origen aluvial, son moderadamente profundos, bien drenados, de texturas medias y de fertilidad baja. Las características diagnosticas son epipedón melánico sobre endopedón cámbico (Huitaca, 2014).

La Unidad presenta las siguientes fases cartográficas: a, b, b2, c1, c2, d1 y d2.

La Tabla 5-20 Morfología suelos Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica., presenta la morfología de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.

Tabla 5-20 Morfología suelos Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-54 cm.	Color negro; textura franca; estructura en bloques subangulares; pH 4,9.
A 54-83 cm.	Color pardo grisáceo; textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares; pH 4,9. reacción fuerte al NaF
Bw 83-130 cm.	Color pardo oscuro a pardo; textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares; pH 5,3.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-21 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica. muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica (Huitaca, 2014).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-21 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.

PROFUNDIDAD AD CM	GRANULOMETRÍA %			CLASE TEXTUR AL	PH 1: 1	C.O . %	M.O. %	N TOTA L %	P PP M	FERTILIDAD	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00-54 cm.	43,2	41,6	15,2	F	4,9	6,1	10,52		7,9	4,84	Baja
A 54-83 cm.	33,9	30,7	35,4	FAr	4,9	2,2	3,79		10,9	4,84	Baja
Bw 83-130 cm.	36,4	35,7	27,9	FAr	5,3	1,7	2,93		2,9	4,84	Baja

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-22 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00-54 cm.	24,2	5,00	0,90	0,68	0,10	0,1	0,02	4,1
A 54-83 cm.	25,7	3,37	0,97	0,62	0,25	0,08	0,02	2,4
Bw 83-130 cm.	3,1	0,82	0,32	0,20	0,06	0,05	0,01	0,50

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-23 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Acrudoxic Melanudands de la familia medial, isomésica.

Profundidad cm	Saturaciones %		Porosidad %			C.E. dS/M	Humedad aprovechable %	Densidad	
	SBA	SBE	Macro	Micro	Total			Real	Aparente
Ap 00-54 cm.	82,32	18,00	26,45	34,53	60,99		19,34	2,23	0,87
A 54-83 cm.	71,64	28,78	26,96	25,42	52,38		12,28	2,52	1,20
Bw 83-130 cm.	61,72	39,02					16,44	2,58	

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como menciona Huitaca (2014), estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente acida pH (4-9-5,3) la saturación de Al es limitante para la mayoría de los

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



cultivos; la relación Ca/Mg es normal, el fósforo disponible es bajo, la materia orgánica es media en el primer horizonte y baja en los niveles subsecuentes, la capacidad de intercambio catiónico (CICA) es alta en el primer y segundo horizonte, y baja en el tercero, la fertilidad es baja.

- Suelos de la forma del terreno cuerpo (MxL09)

Forma del terreno constituida por depósitos heterométricos de origen coluvio aluvial. Se desarrollan principalmente en pendientes de 7-12% (moderadamente inclinada).

Se localiza hacia el costado centro oriental del área de estudio, en inmediaciones de la calle 215 con carrera 7.

Esta unidad se ha desarrollado en el paisaje de montaña depositacional coluvio aluvial, en un clima frío húmedo, con una temperatura aproximada de 12 - 18°C y una altura aproximada entre 2885-2985 msnm. El tipo de relieve corresponde a glacis de acumulación conformado por cenizas volcánicas sobre depósitos heterométricos de origen coluvio - aluvial, en la forma del terreno de cuerpo.

Los suelos que componen esta unidad están clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica. Las características diagnósticas que lo llevaron a esta clasificación son el epipedón Úmbrico y el endopedón plácico, este suelo es profundo y bien drenado (Huitaca, 2014).

La unidad presenta las siguientes fases cartográficas: b1, b2, c, c1, c2, d, d1 y d2.

La Tabla 5-24 Morfología suelos Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica., presenta la morfología de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.

Tabla 5-24 Morfología suelos Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-67 cm.	Color pardo oscuro; textura franco-arenosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4,9. reacción fuerte al NaF
Bw 67-120 cm.	Color amarillo parduzco; textura arenosa franca; sin estructura (masiva); pH 5,3.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



De igual manera, la Tabla 5-25 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica. muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica (Huitaca, 2014).

Tabla 5-25 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textura I	pH 1: 1	C.O . %	M.O . %	N Tota l %	P ppm	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00-67 cm.	65,8	24,4	9,8	FA	4,9	0,05	9,04	--	8,63	6	Moderada
Bw 67-120 cm.	85,8	12,4	1,8	AF	5,3	0,00	0,92	--	10,42	--	--

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-26 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00-67 cm.	46,62	3,60	--	<0,55	0,20	0,23	<0,10	2,19
Bw 67-120 cm.	13,10	3,92	--	<0,55	<0,18	0,06	<0,10	2,81

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-27 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Placudands, familia medial, isomésica y Typic Hapludands familia medial sobre fragmental, isomésica.

Profundidad cm	Saturaciones %		Relación de cationes			C.E. dS/M	Clase	Densidad	
	SBA	SBE	Ca/Mg	Mg/K	Ca+M/Kg			Real	Aparente
Ap 00-67 cm.	--	--	--	--	--	0,21	--	--	--
Bw 67-120 cm.						0,05			

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente y fuertemente ácida pH (4,9-5,3), la saturación de Al es alta; limitante para la mayoría de los cultivos, la relación Ca/Mg es normal, el fósforo disponible es bajo en el primer horizonte y alto en el segundo, la materia orgánica es media en el primer horizonte y baja en el segundo, la capacidad de intercambio catiónico (CICA) es baja y alta en primer y segundo horizonte respectivamente, la fertilidad es muy baja (Huitaca, 2014).

5.1.4.1.3 Suelos del paisaje de planicie (R)

Corresponde a una porción de terreno extensa, con pendientes menores al 10% y se encuentra asociada a ambientes depositacionales fluvio-lacustres; compuesto por materiales de origen torrencial y aluvial, compuesta principalmente de arcillas depositadas debido a las fluctuaciones en el nivel del agua de los ríos.

5.1.4.1.3.1 Suelos del tipo de relieve plano de inundación

Huitaca (2014), describe el plano de inundación como el tipo de relieve característico del paisaje de Valle, cuya superficie está sujeta a inundaciones periódicas y ocasionales. Corresponde al relieve más joven de las llanuras aluviales de edad actual a subactual.

Comprende la vega de los cauces actuales, meandros abandonados y cubetas de desborde e inundación.

- Suelos de la forma del terreno talud (RzL35)

Corresponde a las formas constituidas por materiales de tipo detrítico de origen torrencial y aluvial, compuesta principalmente de arcillas.

Se localiza al nororiente de la zona de estudio, sobre el costado oriental entre la calle 235 y la calle 245.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Huitaca (2014), menciona que esta unidad se ha desarrollado en la posición geomorfológica de talud del plano de inundación del paisaje de planicie fluvio lacustre, con pendientes que varían de ligeramente planas (1-3 %) a moderadamente inclinadas (7-12 %). Esta unidad cartográfica está ubicada a una altura de 2.561 msnm, en clima frío húmedo con una temperatura media anual de 13,8oC y una precipitación de 1.003 milímetros anuales.

Los suelos de esta consociación formados de aluviones gruesos y medios, son profundos, bien drenados, de texturas moderadamente gruesas, fuertemente ácidos y fertilidad moderada (Huitaca, 2014).

La consociación está compuesta por los suelos Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica y Typic Humudepts, franca fina sobre arenosa, activa, isomésica (Huitaca, 2014).

Este mismo autor menciona que las características diagnósticas utilizadas para la clasificación del suelo Fluventic Humudepts, franca gruesa, isomésica son: epipedón úmbrico de colores oscuros, texturas moderadamente gruesas y buen desarrollo estructural; carecen de endopedón; régimen de humedad údico en el cual la sección control de los suelos no permanece seca por más de 90 días acumulativos; decrecimiento irregular de carbono orgánico; contenido de arcilla menor de 18%; presencia de varios minerales sin dominancia de alguno de ellos, actividad catiónica mayor de 0,24 y temperatura del suelo de 14°C.

Esta unidad de suelos presenta las siguientes fases cartográficas: b y b2.

La Tabla 5-28 Morfología suelos Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica., presenta la morfología de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.

Tabla 5-28 Morfología suelos Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-25 cm.	Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro; textura franco-arenosa; estructura granular; reacción fuerte al fluoruro de sodio; pH 5.5.
C1 25-54 cm.	Color en húmedo pardo pálido; textura arenosa franca; sin estructura, suelta; reacción fuerte al fluoruro de sodio; pH 5.4.
C2 54-71 cm.	Colores en húmedo amarillo pardusco; textura arenosa franca; sin estructura (suelta); reacción fuerte al fluoruro de sodio; pH 5.4.
C3 71-107 cm.	Color en húmedo gris pardusco claro; textura arenosa franca; sin estructura (suelta); reacción ligera al fluoruro de sodio; pH 5.1.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Ab 107-120 cm.	Color en húmedo gris oscuro; textura franca; estructura en bloques angulares; pH 5.0.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-29 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica. muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.

Tabla 5-29 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textura l	pH 1:	C.O. %	M.O. %	N Total %	P ppm	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00-25 cm.	72,9	16,3	10,8	FA	5,5	3,1	5,9	-	107	6,0	Moderada
C1 25-54 cm.	85,1	10,2	4,70	AF	5,4	0,05	0,1	-	0,55	6,0	Moderada
C2 54-71 cm.	87,4	2,00	10,6	AF	5,4	0,05	0,1	-	1,7	6,0	Moderada
C3 71-107 cm.	75,3	14,1	10,6	FA	5,1	0,06	0,11	-	2,5	6,0	Moderada
Ab 107-120 cm.	43,2	46,2	10,6	F	5,0	0,28	0,53	-	1,9	6,0	Moderada

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-30 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00-25 cm.	16,9	3,9	3,2	2	0,82	0,38	0,03	-
C1 25-54 cm.	2,0	0,83	0,72	0,49	0,09	0,11	0,03	-
C2 54-71 cm.	1,9	1,5	1,4	1,0	0,28	0,09	0,05	-
C3 71-107 cm.	2,6	2,4	2,2	1,5	0,56	0,06	0,10	-
Ab 107-120 cm.	4,0	3,2	2,8	1,9	0,64	0,05	0,15	-

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-31 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Fluventic Humudepts, franca gruesa, semiactiva, isomésica.

Profundidad cm	Saturaciones %		Relación de cationes			C.E. dS/M	Clase	Densidad	
	SBA	SBE	Ca/Mg	Mg/K	Ca+M/Kg			Real	Aparente
Ap 00-25 cm.	19,1	-	-	-	-	-	-	2,45	1,6
C1 25-54 cm.	36,0	-	-	-	-	-	-	-	-
C2 54-71 cm.	74,7	-	-	-	-	-	-	-	-
C3 71-107 cm.	85,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Ab 107-120 cm.	68,8	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, Las determinaciones físicas indican texturas moderadamente gruesas (0 a 107 cm) y medias en profundidad, retención de humedad aprovechable baja, densidad real baja (0 a 25 cm) y media en profundidad, densidad aparente alta (Huitaca, 2014).

estos suelos tienen reacción muy fuerte y fuertemente ácida y capacidad catiónica de cambio alta; las bases totales y la saturación de bases son bajas y medias, el calcio y el potasio se encuentran en contenidos medios y el calcio es alto, el potasio y el magnesio son bajos, el fósforo medio y el carbono orgánico es bajo. Los elementos menores presentan los siguientes contenidos: manganeso alto, zinc, cobre y boro son bajos, el hierro alto y la fertilidad natural es media (Huitaca, 2014).

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (RzL08)

Esta unidad se ha desarrollado en el paisaje de planicie, en un clima frío húmedo, con una temperatura aproximada de 21°C y una altura aproximada entre 2550 y 3000 msnm. El tipo de relieve corresponde a plano de inundación conformados por aluviones medios y cenizas volcánicas en la forma del terreno de plano inclinado.

Se localiza al oriente de la zona de estudio, sobre la carrera 7, entre la Escuela colombiana de ingeniería y el Parque cementerio Jardines del recuerdo.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Huitaca (2014), menciona que los suelos dominantes en esta unidad están clasificados Andic Humudepts, familia fina, isomésica. Estos suelos profundos de texturas medias y moderadamente finas, bien drenados, ligeramente ácidos y fertilidad muy alta, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y condiciones ándicas.

La Tabla 5-32 Morfología suelos Andic Humudepts, familia fina, isomésica., presenta la morfología de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica.

Tabla 5-32 Morfología suelos Andic Humudepts, familia fina, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-30 cm.	Color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa; estructura granular fina, fuerte; pH 6,2
A 30-75 cm.	Color negro; textura arcillo limosa; estructura granular fina, fuerte; pH 5,4.
Bw 75-105 cm.	Colores pardo oscuro con moteados de color gris a gris claros (10%); textura franca; estructura de prismas que se parten fácilmente a boques subangulares muy finos y finos, moderados; pH 5,4.
C 105-120 cm.	Color pardo amarillento oscuro con moteados pardos amarillentos (10%); textura franco arcillosa; estructura de bloques angulares finos y medios, moderados; pH 5,6.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-33 muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica.

Tabla 5-33 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textura l	pH 1: 1	C.O. %	M.O %	N Total %	P pp m	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00-30 cm.	18,3	39,4	42,3	Ar	6,2	5,0	9,5	-	56,4	9,0	Muy alta
A 30-75 cm.	15,0	43,2	41,9	ArL	5,4	2,4	4,6	-	57,8	9,0	Muy alta
Bw 75-105 cm.	28,5	45,8	25,7	F	5,4	1,8	3,4	-	42,5	9,0	Muy alta
C 105-120 cm.	23,0	47,5	29,6	FAr	5,6	0,96	1,8	-	61,4	9,0	Muy alta

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-34 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00-30 cm.	36,4	16,5	16,5	8,1	4,0	4,2	0,17	0,0
A 30-75 cm.	31,9	6,8	5,5	1,7	0,62	3,1	0,11	1,3
Bw 75-105 cm.	36,2	6,0	5,5	3,9	0,55	0,56	0,48	0,47
C 105-120 cm.	-	-	-	-	-	-	-	0,35

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-35 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humudepts, familia fina, isomésica

Profundidad cm	Saturaciones %		Porosidad %			C.E. dS/M	Humedad aprovechable %	Densidad	
	SBA	SBE	Macro	Micro	Total			Real	Aparente
Ap 00-30 cm.	-	-	37,82	25,36	63,18	-	9,68	2,2	0,81
A 30-75 cm.	-	-	33,97	23,3	57,26	-	6,9	2,34	1,0

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, las texturas del perfil son finas en los dos primeros horizontes, medias y moderadamente finas, teniendo una disminución en el contenido de arcilla en la profundidad del perfil y, además, considerando un aumento en el contenido de limo, generando así, que el sistema radicular profundice y se extienda horizontalmente en el perfil de suelo. Tanto la densidad aparente como la real se consideran de nivel bajo, teniendo en cuenta la influencia del colchón de raíces en la parte superior del perfil, así como la porosidad total la cual es alta. La humedad aprovechable disminuye con la profundidad, al igual que la porosidad y el contenido de arcilla (Huitaca, 2014).

De igual manera, este mismo autor describe que desde el punto de vista químico la unidad de suelos presenta una capacidad de intercambio catiónica muy alta en todo el perfil,

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



favorecida por el contenido de materia orgánica y la saturación de calcio; la saturación de bases es media para el primer horizonte y baja para los demás; el contenido de calcio se encuentra alto y por lo tanto se presentan contenidos bajos a medios de magnesio y potasio, generando desbalance nutricional, lo que repercute en la absorción de los elementos por las plantas. Además, el contenido alto de fósforo y su porcentaje de retención muestran que es absorbido por el calcio, el aluminio, los minerales de arcilla e incluso por los complejos humus-Al.

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (RzL37)

Esta unidad, se ha desarrollado en la cubeta de decantación del plano de inundación de la planicie fluvio lacustre. Está unidad compone alturas que van desde los 2.618 a los 2.628 m, en clima frío húmedo.

Se localiza al oriente de la zona de estudio, entre la calle 207 y la calle 222, sobre el costado oriental de la Autopista norte.

Huitaca (2014), menciona que en esta consociación predominan los suelos Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica.

En esta unidad de suelos se presentan las siguientes fases cartográficas: aiz y bi.

La Tabla 5-36 presenta la morfología de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica.

Tabla 5-36 Morfología suelos Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-40 cm.	Color gris con muchos moteados (30-35%), de color pardo fuerte; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 4,9
Bg1 40-80 cm.	Color gris con muchos moteados (35-40%), pardo fuerte; textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares medios y gruesos; pH 5,1
2Bg2 80-120 cm.	Color gris, con muchos moteados (30- 45%); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4,8

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-37. Caracterización física y química de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH 1:1	C.O. %	M.O. %	N Total %	P ppm	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap	6,7	34,6	58,7	Ar	4,9	1,2	2,3	-	4,8	5,3	Moderada

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

00-40 cm.											
Bg1 40-80 cm.	16,5	40,9	42,6	ArL	5,1	5,1	5,9	-	2,0	5,3	Moderada
2Bg2 80-120 cm.	4,1	24,6	71,3	Ar	4,8	0,8	1,7	-	5,1	5,3	Moderada

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-38 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00-40 cm.	20,9	10,7	5,9	4,2	1,3	0,26	0,14	4,8
Bg1 40-80 cm.	25,1	9,7	4,9	4,9	2,0	0,66	0,13	2,0
2Bg2 80-120 cm.	24,5	15,2	7,5	7,5	2,2	0,19	0,20	5,1

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-39 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Vertic Endoaquepts, fina, activa, mezclada, isomésica

Profundidad cm	Saturaciones %		Porosidad %			C.E. dS/M	Humedad aprovechable %	Densidad	
	SBA	SBE	Macro	Micro	Total			Real	Aparente
Ap 00-40 cm.	-	-	-	-	-	-	-	2,49	1,21,
Bg1 40-80 cm.	-	-	-	-	-	-	-	2,59	1,38
2Bg2 80-120 cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, estos suelos tienen reacción muy fuerte y fuertemente ácida y capacidad catiónica de cambio alta; las bases totales y la saturación de bases son bajas y medias, el calcio y el potasio se encuentran en contenidos medios y el calcio es alto, el potasio y el magnesio son bajos, el fósforo medio y el carbono orgánico es bajo. Los elementos menores presentan los siguientes contenidos: manganeso alto, zinc, cobre y boro son bajos, el hierro alto y la fertilidad natural es media (Huitaca, 2014).

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (RzM17)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Esta unidad, se ha desarrollado en el paisaje de planicie, en un clima frío seco, con una temperatura aproximada de 21°C y una altura aproximada entre 1651 y 2751 msnm. El tipo de relieve corresponde a plano de inundación conformada por sedimentos muy finos, en la forma del terreno de cubeta de decantación.

Se localiza al oriente de la zona de estudio, entre la calle 207 y la calle 222, sobre el costado oriental de la Autopista norte.

Huitaca (2014), menciona que en este complejo de suelos dominan los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica, Vertic Endoaquepts, familia, muy fina, isomésica, Fluvaquentic Endoaquepts, familia franca fina, isomésica y Fluvaquentic Humaquepts, familia muy fina, isomésica. Estos suelos son muy superficiales y superficiales, pobremente drenados, texturas muy finas y medias, extremadamente ácidos a moderadamente ácidos, fertilidad natural alta y moderada inundables, las características diagnósticas que llevan a su clasificación son la presencia de endopedón cámbico y condiciones acuicas.

Además, esta unidad de suelos presenta las siguientes fases cartográficas: ai, az y bi.

La Tabla 5-40, presenta la morfología de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica.

Tabla 5-40 Morfología suelos Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00 – 30	Color en húmedo gris muy oscuro, moteados pardos oscuros en un 20%; textura arcillosa, con materiales orgánicos fibricos de hierba; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; 4,2.
Bg1 30 – 60	Color en húmedo pardo oliva oscura, moteados pardos oscuros en un 20%; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, media y gruesa, fuerte; 3,8
Bg2 60 – 115	Color en húmedo pardo oliva oscura, con moteados pardos rojizos oscuro; franco arcilloso; estructura en bloques subangulares, media, moderada; 3,4.
Ab 115–150x	Color en húmedo negro, con moteados pardos rojizos oscuros; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, media, moderada; 3,8

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-41 muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica.

Tabla 5-41 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textura l	pH 1: 1	C.O . %	M.O . %	N Total l %	P pp m	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00 – 30	22,4	29,3	48,3	Ar	4,2	5,6	10,6		14,5	7,9	Alta
Bg1 30 – 60	10,1	20,7	69,2	Ar	3,8	2	3,8		30,2	7,9	Alta
Bg2 60 – 115	10,7	28,9	60,3	Ar	3,4	1	1,9		20,6	7,9	Alta
Ab 115–150x	23,1	14,7	62,2	Ar	3,8	4,1	7,8		85	7,9	Alta

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-42 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00 – 30	31,6	23,6	22,8	16,7	2,4	0,77	2,9	0,81
Bg1 30 – 60	24,9	25,9	21,8	15,9	2,3	0,69	2,9	3,5
Bg2 60 – 115	22,7	19,8	12,6	7,8	1,7	0,39	2,7	7,2
Ab 115–150x	50,1	26,3	18,4	13,4	1,9	0,27	2,9	7,9

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-43 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Sulfaquepts, familia muy fina, isomésica

Profundidad cm	Saturaciones %		Porosidad %			C.E. dS/M	Humedad aprovechable %	Densidad	
	SBA	SBE	Macro	Micro	Total			Real	Aparente
Ap 00 – 30	-	-	19,22	33,23	52,44	-	14,86	2,25	1,07
Bg1 30 – 60	-	-	14,4	27,04	41,44	-	13,53	2,22	1,3
Bg2 60 – 115	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ab 115–150x	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, la capacidad de intercambio catiónica es alta en todos los horizontes; las bases totales son medias en todos los horizontes, la saturación de bases presentan niveles altos en los primeros tres horizontes y bajo en el cuarto horizonte; carbón orgánico alto en el primer y último horizonte, medio en el segundo y bajo en el tercer horizonte; el fósforo es alto en el segundo y último horizonte, medio en el tercer horizonte y bajo en el primero; la fertilidad natural es alta (Huitaca, 2014).

Además, las texturas finas en el primer horizonte y muy fina en los siguientes horizontes del perfil; retención de humedad media alta en los horizontes Ap y Bg, densidad real baja en el

primer horizonte y media en el segundo, densidad aparente baja, porosidad total alta, macroporosidad alta, microporosidad media en los horizontes del perfil (Huitaca, 2014).

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (RzM11)

Esta unidad, se ha desarrollado en el paisaje de planicie, en un clima frío seco, con una temperatura aproximada de 21°C y una altura aproximada entre 1.651 y 2.751 msnm. El tipo de relieve corresponde a plano de inundación conformados por sedimentos medios y finos con capas discontinuas de cenizas volcánicas, en la forma del terreno de plano y talud.

Se localiza al norte y suroccidente de la zona de estudio; desde la calle 235 hasta el club Bellavista de Colsubsidio y entre la Escuela colombiana de ingeniería y la calle 194.

Huitaca (2014), menciona que los suelos dominantes en esta unidad están clasificados Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica. Estos suelos profundos, bien drenados, fuertemente ácidos a ligeramente ácidos, texturas contrastadas y fertilidad natural muy alta, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón úmbrico y ciertas características ándicas.

Además, esta unidad de suelos presenta las siguientes fases cartográficas: a, b, b2, c1 y c2.

La Tabla 5-44, presenta la morfología de los suelos clasificados como clasificados Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica.

Tabla 5-44 Morfología suelos clasificados Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica.

Profundidad	Características
Oi 8-00	Colchón de raíces.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Ap 0-30	Color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa; estructura granular fina, fuerte; pH 6,2.
A 30-75	Color negro; textura arcillo limosa; estructura granular fina, fuerte; pH 5,4.
Bw 75-105	Colores pardo oscuro con moteos de color gris a gris claros (10%); textura franca; estructura de prismas que se parten fácilmente a boques subangulares muy finos y finos, moderados; pH 5,4.
C 105 – 120	Color pardo amarillento oscuro con moteos pardo amarillentos (10%); textura franco-arcillosa; estructura de bloques angulares finos y medios, moderados; pH 5,6.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-45 muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica.

Tabla 5-45 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textura I	pH 1: 1	C.O . %	M.O . %	N Total I %	P pp m	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Oi 8-00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ap 0-30	18,3	39,4	42,3	Ar	6,2	5	9,5	-	56,4	9.0	Muy Alta
A 30-75	15	43,2	41,9	ArL	5,4	2,4	4,6	-	57,8	9.0	Muy Alta
Bw 75-105	28,5	45,8	25,7	F	5,4	1,8	42,5	-	0,47	9.0	Muy Alta
C 105 – 120	23	47,5	29,6	FAr	5,6	0,9 6	1,8	-	61,4	9.0	Muy Alta

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-46 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Oi 8-00	-	-	-	-	-	-	-	-
Ap	36,4	16,5	16,5	8,1	4	4,2	0,17	0,0

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



0-30								
A 30-75	31,9	6,8	5,5	1,7	0,62	3,1	0,11	1,3
Bw 75-105	36,2	6	5,5	3,9	0,55	0,56	0,48	0,47
C 105 – 120	26,1	6,4	6	4	1,2	0,24	0,57	0,35

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-47 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Andic Humustepts, familia arcillosa sobre franca, isomésica

Profundidad cm	Saturaciones %		Porosidad %			C.E. dS/M	Humedad aprovechable %	Densidad	
	SBA	SBE	Macro	Micro	Total			Real	Aparente
Oi 8-00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ap 0-30	-	-	37,82	25,36	63,18	-	9,68	2,2	0,81
A 30-75	-	-	33,97	23,3	57,26	-	6,9	2,34	1,0
Bw 75-105	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C 105 – 120	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, la reacción es ligera a moderadamente ácida, capacidad catiónica de cambio alta en todos los horizontes, bases totales medias en todo el perfil, saturación de bases alta en el primero, segundo y cuarto horizontes y media en el tercero, calcio y magnesio alto en todo el perfil, la relación Ca/Mg es ideal en los tres primeros horizontes, fósforo alto en todo el perfil, sodio y potasio bajo en todo el perfil, carbono orgánico medio hasta 50 cm y baja hasta 100 cm, fertilidad muy alta (Huitaca, 2014).

Mientras que las texturas son finas en el primer horizonte y moderadamente finas en el segundo horizonte, baja retención de humedad aprovechable hasta 50 cm de profundidad, densidad real baja, densidad aparente baja, porosidad total media, macroporosidad media, microporosidad media (Huitaca, 2014).

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (RzM12)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Esta unidad se ha desarrollado en el paisaje de planicie, en un clima frío seco, con una temperatura aproximada de 21°C y una altura aproximada entre 1651 y 2751 msnm. El tipo de relieve corresponde a plano de inundación conformado por sedimentos medios con sustrato fino, en la forma del terreno de plano.

Se localiza tanto al occidente como al oriente de la parte central del área de estudio; se extiende desde la carrera 7 hasta el límite occidental del área.

Huitaca (2014), menciona que los suelos dominantes en esta unidad están clasificados Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica. Estos suelos son moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas contrastadas, ligeramente ácidos y fertilidad natural muy alta, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón molico.

Además, esta unidad de suelos presenta las siguientes fases cartográficas: a, b, b1 y c.

La Tabla 5-48, presenta la morfología de los suelos clasificados como clasificados Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica.

Tabla 5-48 Morfología suelos clasificados Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-25 cm.	Color en húmedo gris muy oscuro; textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; 6,4.
A 25 - 50 cm.	Color en húmedo negro; textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares fina y media, moderados; pH 6.6
Bw 50 - 69 cm.	Color en húmedo pardo amarillento oscuro: textura franco-arenosa, estructura en bloques subangulares media débil, moderada; pH 6,0
2C 69 -100X cm.	Color en húmedo pardo amarillento y moteados gris; textura arcillosa, sin estructura (masiva); pH 5,6.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-49 muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica.

Tabla 5-49 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textura I	pH 1: 1	C.O . %	M.O . %	N Total I %	P pp m	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00-25 cm.	22,1	36,1	41,8	Ar	6,4	2,1	4	-	259	9,0	Muy Alta
A 25 - 50 cm.	22,2	38,2	39,7	FAr	6,6	1,9	3,6	-	263	9,0	Muy Alta
Bw 50 - 69 cm.	52,3	28,6	19,1	FA	6	1,1	2,1	-	42,9	9,0	Muy Alta
2C 69 -100X cm.	8,1	23,1	68,8	Ar	5,6	0,3	0,6	-	33	9,0	Muy Alta

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-50 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica

PROFUNDIDAD CM	CICA	CICE	BT	CA CMOL/KG	MG CMOL/KG	K CMOL/KG	NA CMOL/KG	AL CMOL/KG
Ap 00-25 cm.	29,9	24	24	19,4	3,4	1	0,19	-

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



A 25 - 50 cm.	29	25,4	25,4	20,9	3,8	0,31	0,42	-
Bw 50 - 69 cm.	36,8	14,1	14,1	10,3	2,7	0,12	1	-
2C 69 -100X cm.	25	15	15	8,7	5,6	0,28	0,43	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-51 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Typic Haplustolls, familia franca fina sobre arcillosa, isomésica

PROFUNDIDA D CM	SATURACIONE S %		POROSIDAD %			C.E. DS/ M	HUMEDAD APROVECHABL E %	DENSIDAD	
	SBA	SBE	Macro	Micr o	Total			Real	Aparente
Ap 00-25 cm.	-	-	14,77	31,7	46,47	-	11,62	2,41	1,29
A 25 - 50 cm.	-	-	15,73	28,44	44,17	-	10,46	2,4	1,34
Bw 50 - 69 cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C 69 -100X cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguvio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, las texturas finas en el primer horizonte y moderadamente finas en el segundo horizonte, baja retención de humedad aprovechable hasta 50 cm de profundidad, densidad real baja, densidad aparente baja, porosidad total media, macroporosidad media, microporosidad media. (Huitaca, 2014).

Mientras que la reacción es ligera a moderadamente ácida, capacidad catiónica de cambio alta en todos los horizontes, bases totales medias en todo el perfil, saturación de bases alta en el primero, segundo y cuarto horizontes y media en el tercero, calcio y magnesio alto en todo el perfil, la relación Ca/Mg es ideal en los tres primeros horizontes, fósforo alto en todo el perfil, sodio y potasio bajo en todo el perfil, carbono orgánico medio hasta 50 cm y baja hasta 100 cm, fertilidad muy alta (Huitaca, 2014).

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (RzL17)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Esta consociación ocupa la posición geomorfológica de cubeta de decantación, en el paisaje de planicie fluvio lacustre. El clima es frío seco con temperatura promedio de 13,52 °C y precipitación de 705,92 mm anuales; se encuentra a una altitud de 2.610m.

Se localiza al noroccidente del área de estudio; entre el Parque de diversiones Multiparque hasta el club Bellavista de Colsubsidio, por la calzada occidental de la Autopista norte.

Huitaca (2014), menciona que los suelos han evolucionado a partir de aluviones mixtos (finos y gruesos); son profundos, bien drenados, de texturas medias y de fertilidad natural alta. Esta consociación está integrada por los suelos Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica, Typic Humudepts, fina, isomésica y Pachic Hapludands, medial, sobre arcilloso, caolinítica, isomésica.

La clasificación taxonómica de los suelos Entic Humudepts, se basó en la presencia de epipedón úmbrico, endopedón cámbico, régimen de humedad údico, densidad aparente de 1,0 g/cm³ o menos en un horizonte, ausencia de endopedón, contenido de arcilla menor de 18%, presencia de varios minerales, actividad catiónica menos de 0,40 y más de 12 °C en la sección control.

Además, esta unidad de suelos presenta las siguientes fases cartográficas: b1 y b2.

La Tabla 5-52, presenta la morfología de los suelos clasificados como clasificados Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica.

Tabla 5-52 Morfología suelos clasificados Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00-26 cm	Color en húmedo pardo oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 6,6.
C1 26-64 cm	Color en húmedo pardo oliva claro; textura franco-arenosa; sin estructura (suelta); pH 7,0.
C2 64-121 cm	Color en húmedo pardo oliva claro; textura franco-arenosa; sin estructura (suelta); pH 6,9.
C3 21-138 cm	Color en húmedo amarillo; textura arenosa; sin estructura (suelta); pH 6,8.

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-53 muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica.

Tabla 5-53. Caracterización física y química de los suelos clasificados como Entic Humudepts, franca gruesa, isomésica

Profundidad cm	Saturaciones %		Porosidad %			C.E. dS/M	Humedad aprovechable %	Densidad	
	SBA	SBE	Macro	Micro	Total			Real	Aparente
Ap 00-26 cm	-	-	26,56	24,99	51,55	-	9,39	2,58	1,25
C1 26-64 cm	-	-	42,13	6,1	48,22	-	2,62	2,53	1,31
C2 64-121 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3 21-138 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, la reacción del suelo es neutra; capacidad de intercambio catiónica media en el primer horizonte y baja en los horizontes restantes, carbono orgánico medio en el primer horizonte y bajo en el resto; bases totales bajas en el primer horizonte y muy bajas en los demás; saturación de bases alta en todos los horizontes; no hay saturación de aluminio y la fertilidad es natural es alta (Huitaca, 2014).

Mientras que los suelos presentan texturas gruesas; retención de humedad muy baja; densidad aparente y real baja (Huitaca, 2014).

- Suelos de la forma del terreno plano inclinado (McM01)

Esta consociación se ha desarrollado en el paisaje de Planicie depositacional fluvio – lacustre, en un clima frío seco, con una temperatura aproximada de 13,7°C y una altura entre 2720-2820 msnm. El tipo de relieve corresponde a plano de inundación conformado por depósitos de materiales coluviales mixtos, en la forma de terreno de plano inclinado.

Se localiza al occidente del área de estudio; entre el Parque de diversiones Multiparque y el límite occidental del área de estudio, por la calzada occidental de la Autopista norte.

Huitaca (2014), menciona que el suelo dominante en esta unidad corresponde al Pachic Haplustands, familia medial, isomésica. Las características diagnósticas que los llevaron a esta clasificación son el epipedón Úmbrico y el endopedón cámbico. Estos suelos han sido formados por cenizas volcánicas, se caracterizan por ser profundos y bien drenados, de texturas medias.

Además, esta unidad de suelos presenta las siguientes fases cartográficas: c2, d1, d2 y e2.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



La Tabla 5-54, presenta la morfología de los suelos clasificados como clasificados Pachic Haplustands, familia medial, isomésica.

Tabla 5-54 Morfología suelos clasificados Pachic Haplustands, familia medial, isomésica.

Profundidad	Características
Ap 00 - 50 cm.	Color negro; textura arenosa franca; estructura en bloques angulares, media, moderado; pH 5,9. reacción fuerte al NaF
AB 50-75 cm.	Color pardo muy oscuro; textura franco-arenosa; estructura en bloques angulares, media, moderada, pH 5,6. reacción fuerte al NaF
Bw 75-120 cm.	Color pardo amarillento; textura franco-arenosa; estructura en bloques angulares, media, moderada, pH 5,7

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

De igual manera, la Tabla 5-55 muestra la caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica.

Tabla 5-55 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH 1:1	C.O. %	M.O. %	N Total %	P ppm	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas							Valor	Calificación
Ap 00 - 50 cm	77,8	16,4	5,8	AF	5,9	2,87	4,96	-	3,51	6	Moderada
AB 50-75 cm	75,8	18,4	5,8	FA	5,6	5,99	10,34	-	5,91	6	Moderada
Bw 75-120 cm	57,8	32,4	9,8	FA	5,7	6,15	10,61	-	3,51	6	Moderada

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-56 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica

Profundidad cm	CICA	CICE	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	Al cmol/kg
Ap 00 - 50 cm	39,45	2,09	2,09	1,12	0,50	0,06	0,41	0,00
AB 50-75 cm	46,46	5,79	5,79	4,06	1,17	0,06	0,50	0,00
Bw 75-120 cm	44,03	5,81	5,81	4,21	1,24	0,06	0,30	0,00

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Tabla 5-57 Caracterización física y química de los suelos clasificados como Pachic Haplustands, familia medial, isomésica

Profundidad cm	Saturaciones %		Relación de cationes			C.E. dS/M	Clase	Densidad	
	SBA	SBE	Ca/Mg	Mg/K	Ca+M/Kg			Real	Aparente
Ap 00 - 50 cm	-	-	2,24	8,33	27,00	0,31	-	-	-
AB 50-75 cm	-	-	3,47	19,5	87,16	0,25	-	-	-
Bw 75-120 cm	-	-	3,39	20,66	90,83	0,20	-	-	-

Fuente: Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica.

Capítulo 11. Componente Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, estos suelos se caracterizan por presentar reacción moderadamente ácida pH (5,6-5,9), no se presenta saturación de Al, la relación Ca/Mg es normal en todo el perfil, el fósforo disponible es bajo en todo el perfil, la materia orgánica es baja en el primer horizonte y alta en los horizontes subsecuentes, la capacidad de intercambio catiónico (CICA) es alta en todo el perfil, la fertilidad es moderada (Huitaca, 2014).

5.1.4.2 Capacidad de uso de la tierra

Malagón, menciona que el propósito fundamental de la clasificación agrológica, aptitud o potencialidad de uso de los suelos (clasificación de las tierras por su capacidad de uso), es la de evaluar las características y propiedades permanentes de las tierras y conocer el grado de sus limitaciones, para conformar clases acerca de las cuales se puedan definir sus usos

adecuados, de tal manera que el recurso conserve o incremente su calidad, en forma sostenible y sin deterioro del suelo por largos periodos de tiempo.

La aptitud de uso de los suelos, que hace parte de la zona de estudio, se elaboró a partir de la conceptualización e interacción de los principales factores limitantes de uso, tales como erosión, pendiente, humedad del suelo (drenaje e infiltración), suelos (pedregosidad, profundidad efectiva, fertilidad) y clima; y las características físicas, químicas y morfodinámicas de los suelos, la potencialidad de los suelos, se realizó a partir de la morfogénesis, morfodinámica, morfometría, limitantes físicas, químicas y biológicas de los suelos e información primaria (descripción del perfil de suelos) y secundaria.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Lo anterior, está basado en la Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso, desarrollada por el IGAC, así como lo mencionado por el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá (Huitaca, 2014).

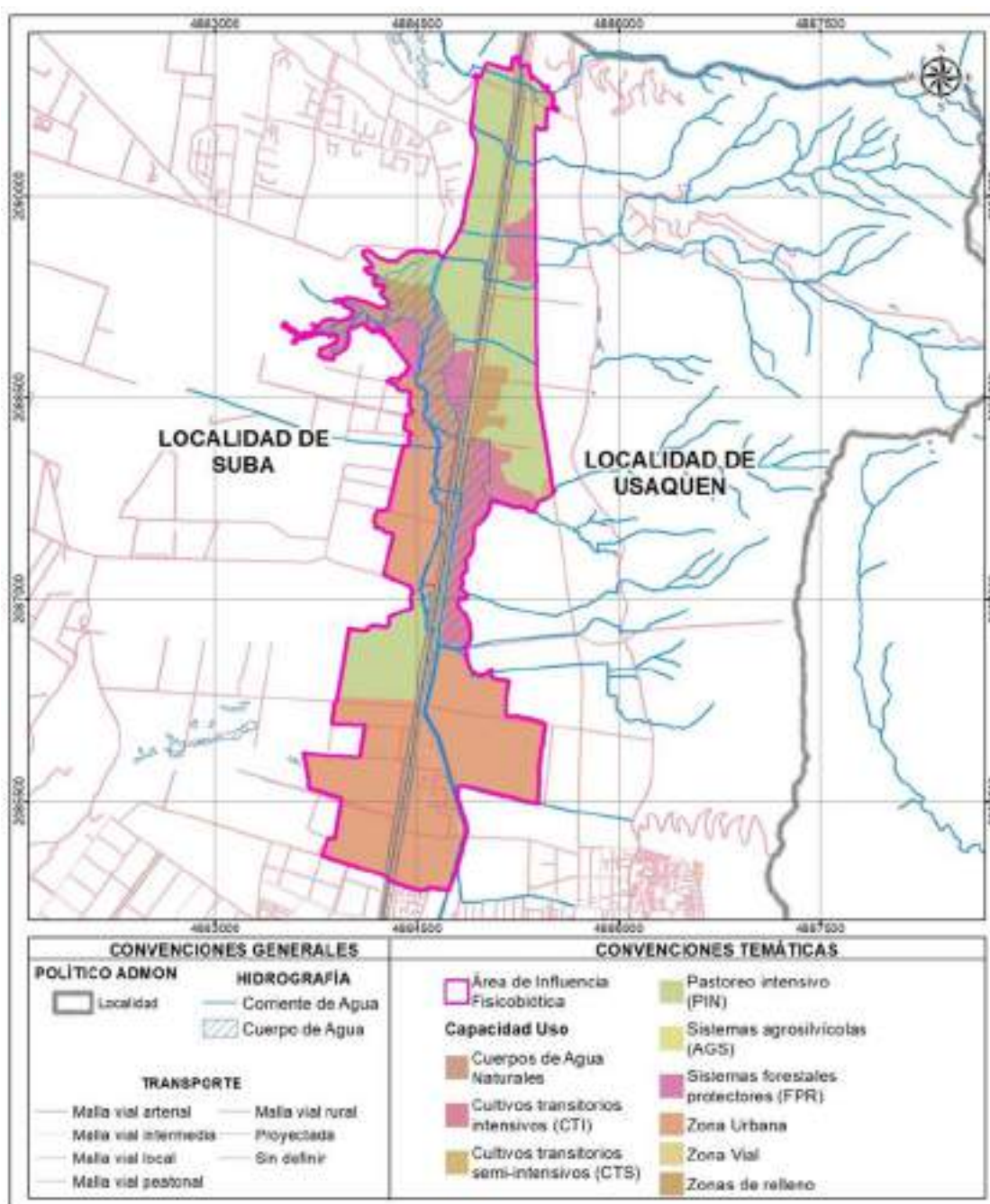
Las clases por capacidad son ocho y se designan con números arábigos de 1 a 8. Estos, representan grupos de suelos que muestran un mismo grado relativo de limitaciones y riesgos; dicho número se incrementa paulatinamente hasta llegar a la clase 8; donde, las tierras poseen tantas y tan severas limitaciones que no permiten el desarrollo de actividades agropecuarias, quedando restringidas a la conservación natural o la recreación. Este sistema, está estructurado de forma tal que, a medida que se incrementa la clase por capacidad agrológica, disminuye la gama de cultivos a escoger, se incrementan las prácticas de manejo y aumentan significativamente la necesidad de proteger el recurso, así:

- Tierras arables con capacidad para cualquier tipo de cultivo, con pocas prácticas de conservación de suelos (clases 1 y 2).
- Tierras arables con restricciones en la selección de cultivos, con prácticas intensivas de conservación de suelos (clases 3 y 4).
- Tierras para ganadería con praderas mejoradas, cultivos permanentes o reforestación (clase 5 y 6).
- Tierras forestales con posibilidades de uso sostenible del bosque (clase 7).
- Tierras destinadas a la conservación y la protección de la naturaleza. Generalmente constituyen ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de agua y son muy vulnerables (clase 8).

Las subclases son grupos de unidades de capacidad dentro de las clases, que tienen el mismo grado de limitaciones dominantes para su uso agrícola como resultado del suelo y del clima. Las limitaciones se designan con letras minúsculas así: (s) limitación por suelos; (e) susceptibilidad a la erosión; (h), humedad, drenaje o inundación; (p) limitación por pendiente; (c) limitación climática; y (x) limitaciones por pedregosidad.

La Figura 5-24, muestra la distribución espacial de las unidades de capacidad de uso de las tierras que hacen parte del área de estudio.

Figura 5-24 Distribución espacial de las unidades de capacidad de uso de la tierra



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

De igual manera, la Figura 5-163Tabla 5-58 muestra la capacidad de uso de los suelos (clases y subclases de tierras) para cada unidad cartográfica de suelos identificada al interior del AI.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



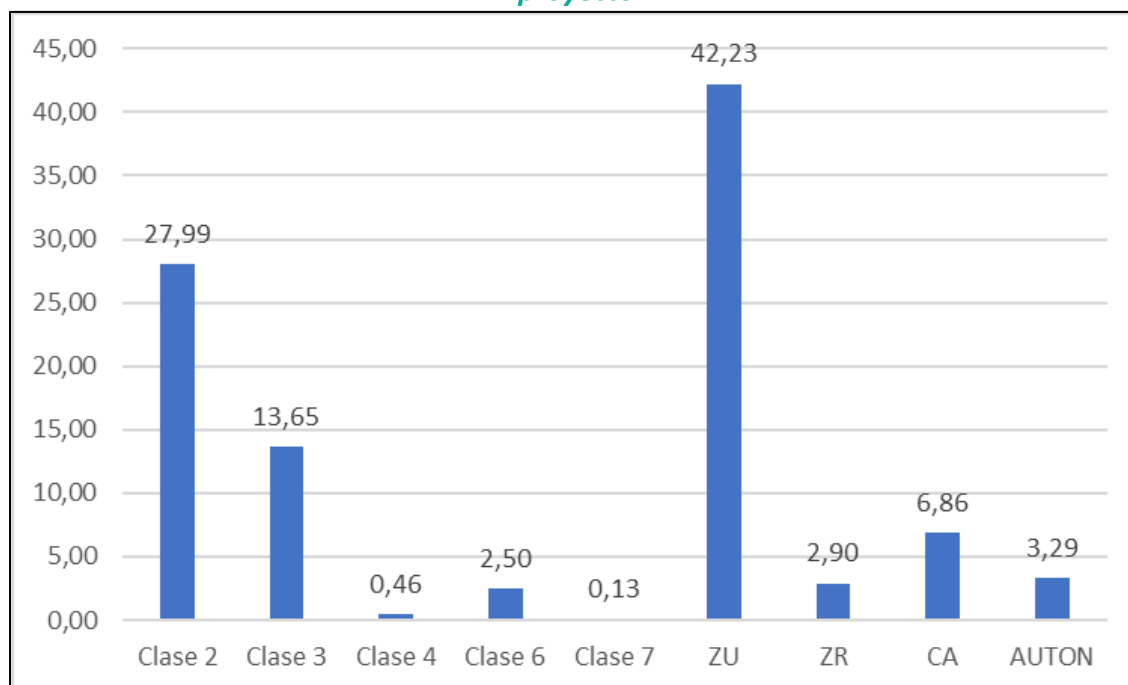
Tabla 5-58 Capacidad de uso de los suelos en el área de influencia del proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5"

Clase	Subclase	Grupo de manejo	Uso principal	ÁREA_HA	ÁREA_%
Clase 2	c	2c-3	Pastoreo intensivo (PIN)	158,6	28,4%
	s	2s-1	Cultivos transitorios intensivos (CTI)		
	sh	2sh-1	Pastoreo intensivo (PIN)		
Clase 3	Cs	3cs-3	Cultivos transitorios intensivos y Cultivos transitorios semi intensivos	75,3	13,5%
Clase 4	spe	4spe-1	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	1,7	0,3%
Clase 6	cs	6cs-4	Sistemas forestales protectores (FPR) o Cultivos semi perennes o perennes (CSP)	14,0	2,5%
Clase 7	spe	7spe-1	Forestal protector productor (FPP) o Sistemas agrosilvícolas (AGS)	0,1	0,0%
ZU				236,6	42,3%
ZR				16,2	2,9%
CA				38,4	6,9%
AUTON				18,4	3,3%
Total general				559,3903 24	100

Fuente: Tomado y ajustado de Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Capacidad de uso de las Tierras.

Como se aprecia, el 42,3% del área de estudio se encuentra ocupada por la zona urbana (ZU), seguido de los suelos de clase 2 (28,4%); los suelos de clase 3, ocupan el 13,5% del área de estudio; mientras que la Zona de relleno (ZR), Cuerpos de agua (CA) y la Autopista Norte ocupa en conjunto 13,1% del área de estudio (Figura 5-25).

Figura 5-25 Distribución de la capacidad de uso de los suelos en el área de influencia del proyecto



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

A continuación, se define cada una de las Clases, Subclases y Grupo de manejo de los suelos que hacen parte del área de estudio:

5.1.4.2.1 Clase 2

Las tierras de la clase 2 presentan limitaciones ligeras que pueden reducir la posibilidad de elección de plantas para cultivo y requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar, incluyendo las de conservación, para prevenir su degradación o para mejorar la relación agua-aire.

5.1.4.2.1.1 Subclase y grupo de manejo (2c-3)

Las tierras de esta subclase son apropiadas para ganadería intensiva con pastos de alto rendimiento. Pueden requerir riego suplementario, algunas prácticas de conservación, obras de ingeniería para el manejo de las aguas de escorrentía o métodos especiales de laboreo.

5.1.4.2.1.2 Subclase y grupo de manejo (2s-1)

Las tierras de esta subclase son apropiadas para uso agrícola con cultivos transitorios intensivos, semiperennes o perennes. Pueden requerir de programas de fertilización o encalamiento, algunas prácticas de conservación, obras de ingeniería para el manejo de las aguas de escorrentía o métodos especiales de laboreo.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Las prácticas de manejo y conservación varían de un lugar a otro y dependen de las características del suelo, del clima local y del sistema de cultivo.

5.1.4.2.1.3 Subclase y grupo de manejo (2sh-1)

Las tierras de esta suclase son apropiadas para ganadería intensiva con pastos de alto rendimiento. Pueden requerir riego suplementario, algunas prácticas de conservación, obras de ingeniería para el manejo de las aguas de escorrentía o métodos especiales de laboreo.

5.1.4.2.2 Clase 3

Las tierras de esta clase se encuentran en clima fríos húmedos y secos, en relieves moderadamente inclinados a inclinados, con pendientes 7 - 12% y 12 - 25%.

Principalmente, se localizan hacia el costado norte del área de estudio.

Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas que recubren areniscas y arcillolitas de origen sedimentario, materiales depositados por el río Bogotá.

Las principales limitantes de estas tierras son las deficiencias de precipitaciones, la acidez, el aluminio, bajos contenidos de calcio, magnesio y fósforo, erosión moderada profundidad efectiva, translocación de materia orgánica, en el clima cálido tendencia a la erosión y eventualmente salinidad.

Son tierras aptas para cultivos transitorios Intensivos (CTI) y cultivos transitorios semiintensivos (CTS).

5.1.4.2.2.1 Subclase y grupo de manejo (3cs-3)

Se localizan hacia el costado norte del área de estudio en un clima frío seco, relieve moderadamente inclinado, suelos moderadamente profundos, erosión moderada, bien drenados, clase textural medial, translocación de arcillas y materia orgánica, fertilidad moderada, clase textural fina, ligeramente ácidos a neutros, horizontes endurecidos, translocación de materia orgánica, fertilidad moderada.

Las principales limitantes son las temporadas secas, horizontes endurecidos, susceptibilidad a la erosión, bajas temperaturas, drenaje imperfecto.

Normalmente son utilizadas en agricultura intensiva, ganadería intensiva con pastos naturales y manejados

Son tierras aptas para Pastoreo Intensivo (PIN) y extensivo (PEX).

5.1.4.2.3 Clase 4

Las tierras de la clase 4 tienen limitaciones severas que la restringen a cultivos específicos y exigen prácticas cuidadosas de manejo y conservación difíciles de aplicar y mantener. Se pueden utilizar en ganadería con pastos de buenos rendimientos y con un manejo técnico de los potreros. La agroforestería es una buena opción en los sectores de pendientes más pronunciadas, áreas erodadas y susceptibles al deterioro.

5.1.4.2.3.1 Subclase y grupo de manejo (4spe-1)

En los suelos de clima "frío-húmedo", los cultivos transitorios semi-intensivos presentan rendimientos relacionados con la distribución de las lluvias; así, los suelos pueden producir altos rendimientos durante los años en los cuales la humedad sea adecuada, bajos rendimientos durante los años de lluvias regulares y fracasos durante los años de lluvias escasas.

Por lo tanto, se requerirá de programas de fertilización o enclavamiento, de algunas prácticas de conservación de suelos y manejo de las aguas de escorrentía o métodos especiales de laboreo que conlleven al control de la erosión y de movimientos en masa.

5.1.4.2.4 Clase 6

Las tierras de la clase 6 presentan limitaciones muy severas que, en términos generales, las hacen aptas únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales.

5.1.4.2.4.1 Subclase y grupo de manejo (6cs-4)

Estas tierras se pueden utilizar para Sistemas forestales de carácter protector en donde el clima y los suelos presentan limitaciones; por lo tanto, pueden requerir de riego suplementario y de prácticas moderadas a intensivas de conservación de suelos.

La ganadería extensiva es un uso alternativo si se lleva a efecto evitando el sobre pastoreo y con buen manejo de los potreros.

La agricultura deberá desarrollarse bajo sistemas de manejo que incluyan prácticas de conservación de suelos tanto culturales como mecánicas, con cultivos adaptados a las condiciones de la zona de estudio, con cobertura rastrera y de sombrío.

5.1.4.2.5 Clase 7

Las tierras de clase 7 presentan limitaciones fuertemente severas, que las hacen inadecuadas para cultivos; tienen aptitud forestal; el bosque tiene carácter protector, pero cuando las condiciones del relieve o la topografía y los suelos ofrecen suficiente profundidad efectiva para el anclaje y el desarrollo normal de las raíces de las especies

arbóreas se puede hacer un uso sostenible del recurso forestal de tipo productor, excepcionalmente se pueden establecer sistemas agroforestales como el café con sombrío con prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas tendientes a prevenir y controlar los procesos de erosión. La cobertura vegetal permanente de múltiples estratos es absolutamente necesaria dada la muy alta susceptibilidad de los suelos al deterioro. La ganadería debe ser excluida totalmente del área ocupada por las tierras de esta unidad de capacidad.

5.1.4.2.5.1 Subclase y grupo de manejo (7spe-1)

Las tierras de esta subclase presentan limitaciones fuertemente severas (suelos, pendiente, muy superficiales, problemas de erosión moderada a severa y baja fertilidad), que las hacen inadecuadas para cultivos y ganadería; tienen aptitud forestal y carácter de conservación y recuperación. La cobertura vegetal permanente de múltiples estratos es necesaria para prevenir los procesos erosivos, debido a la susceptibilidad de los suelos a la erosión.

Los sistemas agrosilvícolas, deben estar encaminados a la protección de los suelos; mientras que, desde el punto forestal, son indispensables las coberturas vegetales permanentes para prevenir los procesos erosivos.

5.1.4.3 *Uso actual de la tierra*

El uso actual de los suelos corresponde al uso efectivo y concreto a que se destina la superficie de la tierra, debido a la intervención antrópica, ya sea cíclica o permanente, con el fin de satisfacer las necesidades básicas, sobre los recursos naturales que hacen parte tanto de la superficie terrestre como del subsuelo (Torres, 1998).

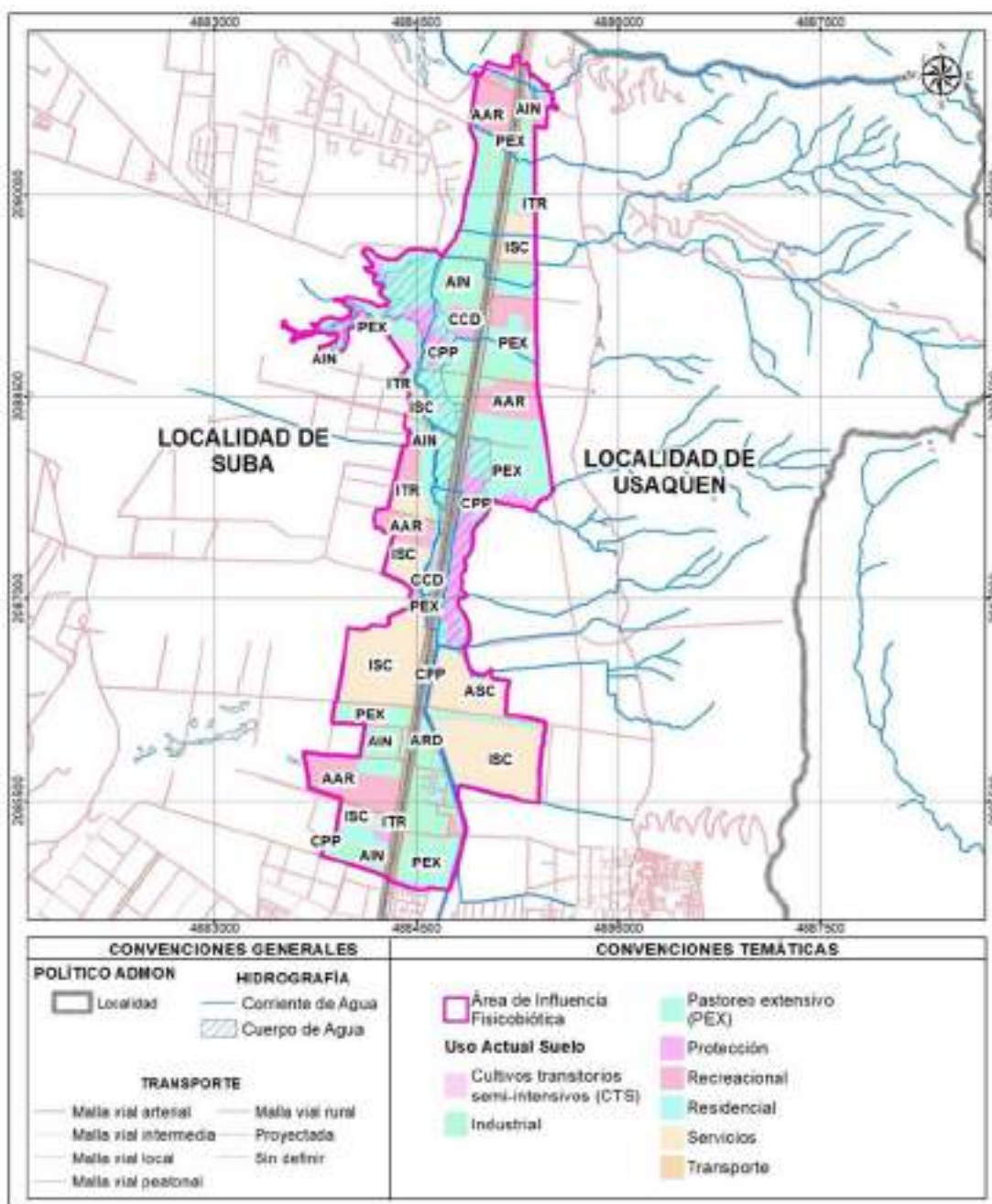
El uso actual de los suelos se desarrolló a partir tanto del mapa temático de cobertura vegetal como del reconocimiento de campo que se realizó para cada unidad de suelos, que hace parte del área de influencia del proyecto.

Además de lo mencionado, se tuvo en cuenta lo planteado en el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá (Huitaca, 2014) .

La Figura 5-26, muestra la distribución espacial de las unidades de uso actual de los suelos que hacen parte del área de estudio.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-26 Distribución espacial de las unidades de uso actual del suelo



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Es así, que, para el área de influencia, se identificaron cinco categorías a nivel de grupo de uso y diez categorías de uso a nivel de uso actual (Tabla 5-59).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-59 Uso actual del suelo para las unidades de suelos que hacen parte del área de influencia del proyecto

Grupo uso	Uso actual	Tipo uso	Símbolo	Área ha	Área_%
Agricultura	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	Mixto	CTS	2,26	0%
Asentamiento	Industrial	Mixto	AIN	79,00	14%
	Recreacional	Recreacional deportivo	AAR	64,46	12%
	Residencial	Mixto	ARD	8,08	1%
	Servicios	Mixto	ASC	28,64	5%
Conservación	Protección	Protectora-productora	CCD	6,85	1%
			CPP	39,80	7%
Ganadería	Pastoreo extensivo (PEX)	Vacuno	PEX	204,61	37%
Infraestructura	Servicios	Mixto	ISC	91,50	16%
	Transporte	Mixto	ITR	30,79	6%
Total general				555,99	100,0

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

A continuación, se describe cada una de las categorías de grupo de uso que se identificaron al interior del área de influencia del proyecto.

5.1.4.3.1 Agricultura

Principalmente, estas tierras son usadas para la producción de alimentos o servicios mediante la implementación de cultivos permanentes intensivos, cultivos permanentes semi-intensivos y cultivos transitorios semi-intensivos.

5.1.4.3.2 Ganadería

Tierras usadas para la producción ganadera; actualmente, esta actividad se desarrolla de manera extensiva (Pastoreo extensivo-PEX), con y sin manejo o la implementación de programas tecnificados que garanticen la calidad de los suelos.

5.1.4.3.3 Conservación

Corresponde a aquellas áreas en donde los usos presentan limitaciones tanto para la actividad agrícola como para la actividad pecuaria. Hacen parte los tipos de uso del suelo denominados protector productor (CPP).

Aunque no se realizan usos extractivos, las zonas con procesos de erosión, afloramientos rocosos o sin cobertura vegetal; se han clasificado como de conservación (Grupo uso).

De igual manera, es importante mencionar que, dentro de esta categoría de conservación, están incluidos los cuerpos de agua, ya sean naturales o artificiales; los cuales algunos de ellos no son cartografiados.

5.1.4.3.4 Asentamiento

Corresponden a espacios conformados por las construcciones o viviendas de uso residencial que cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.

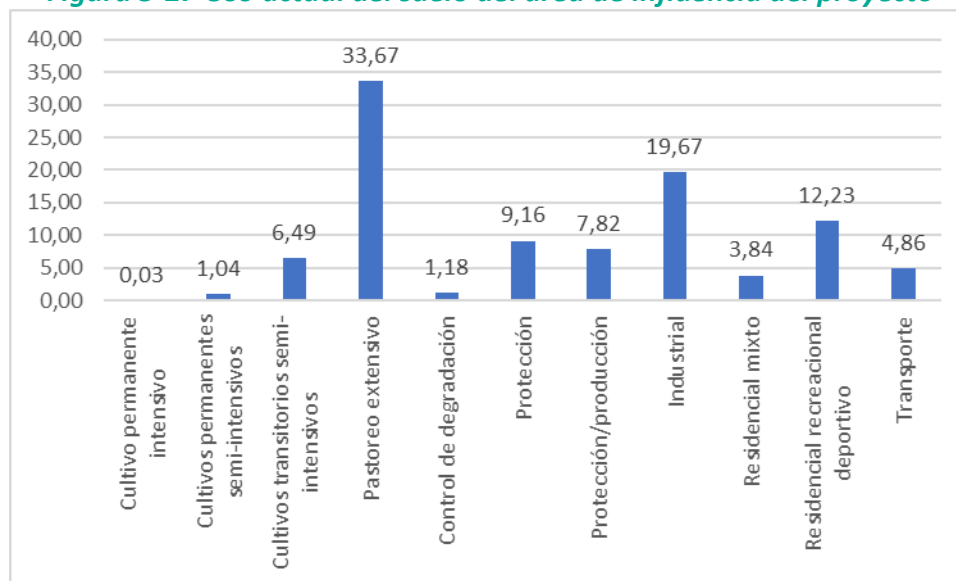
En esta categoría se contemplan los asentamientos tanto de usos industrial como residencial los cuales presentan un tipo de uso mixto o recreacional deportivo (parques).

5.1.4.3.5 Infraestructura

Hace relación a los espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, caminos y vías férreas. En esta categorización, se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes entre otras.

La Figura 5-27, muestra la distribución espacial del uso actual del suelo que conforma el área de influencia del proyecto.

Figura 5-27 Uso actual del suelo del área de influencia del proyecto



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

5.1.4.4 Conflicto de uso

Una de las principales presiones que soporta el medio natural, corresponde al inadecuado aprovechamiento de los suelos. El cambio de coberturas y usos de los suelos, respecto a la capacidad de uso de estas tierras, desarrolla discrepancias que se constituyen en los diversos grados de conflictos de uso del suelo y por consiguiente de las tierras, lo que da inicio al deterioro paulatino del medio.

La determinación de los conflictos de uso del suelo se fundamenta esencialmente en un procedimiento que define una actividad de confrontación o cruce simultaneo de las temáticas definidas en el mapa de uso actual del suelo versus la capacidad de uso de las tierras (clases agrológicas), resultado que establece la presencia de conflictos de uso, estableciendo las desviaciones entre el aprovechamiento representado por el uso actual de las tierras y la oferta del recurso suelo.

De acuerdo, tanto con la demanda como con la oferta de estos, se presenta a continuación las principales categorías de conflicto de uso del suelo:

5.1.4.4.1 Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (A)

Hace referencia a las tierras en que los usos actuales guardan total concordancia respecto de la capacidad de uso de estas; en donde, el recurso suelo no presenta un deterioro significativo. Esto, permite mantener las actividades productivas o desarrollar nuevas, sin deteriorar la base natural del recurso.

Para la identificación del tipo del uso adecuado, la representación cartográfica fue de color verde.

5.1.4.4.2 Tierras en conflicto por subutilización (S)

Se establece en las tierras en las cuales el uso actual se encuentra por debajo de la capacidad de uso de las tierras, afectando su producción sostenible y disminuyendo la productividad y la capacidad de regeneración de los suelos; adicionalmente, este conflicto puede reflejar, en un mediano plazo, alteraciones mayores. Estas tierras pueden ser por subutilización ligera (S1), moderada (S2) o severa (S3).

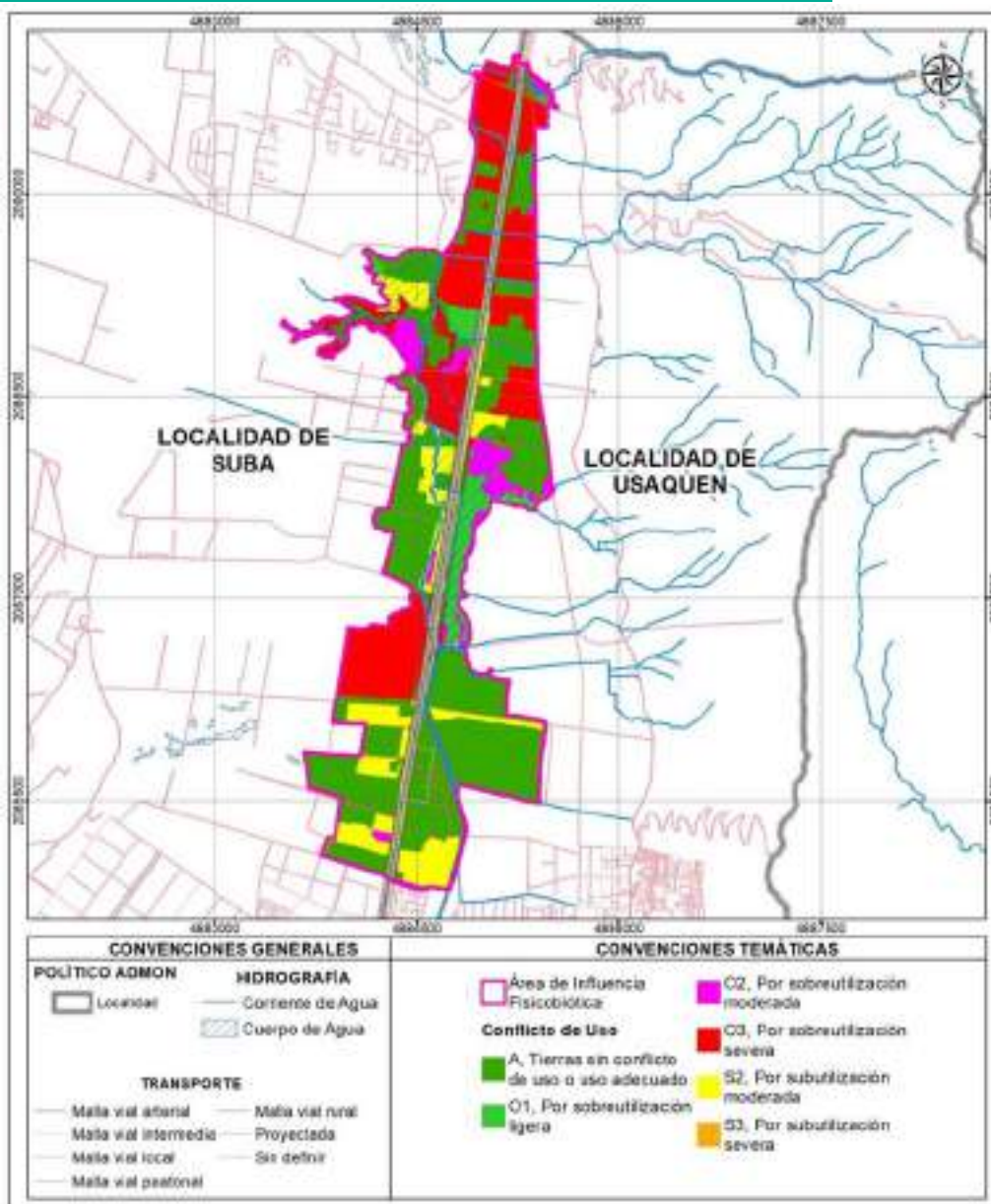
5.1.4.4.3 Tierras en conflicto por sobreutilización (O)

Identifica las tierras que presentan usos actuales inadecuados totalmente contrarios a la capacidad de uso de las tierras, sobrepasando la capacidad de soporte del medio natural en un grado severo; presentan graves riesgos de tipo ecológico y social. En este tipo de conflicto, se evidencia la degradación avanzada no solo de los suelos sino de los recursos naturales asociados, como son el agua, la flora y la fauna, afectando el balance natural y la estabilidad de los ecosistemas. Estas tierras pueden ser por sobreutilización ligera (O1), moderada (O2) o severa (O3).

La Figura 5-28, muestra la distribución espacial de las unidades de conflicto de uso de los suelos que hacen parte del área de estudio.

Figura 5-28. Distribución espacial de las unidades de conflicto de uso del suelo

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

De igual manera, la Tabla 5-60 muestra la matriz de conflicto de uso de los suelos identificados para el área de estudio.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-60 Matriz de conflicto de uso de los suelos

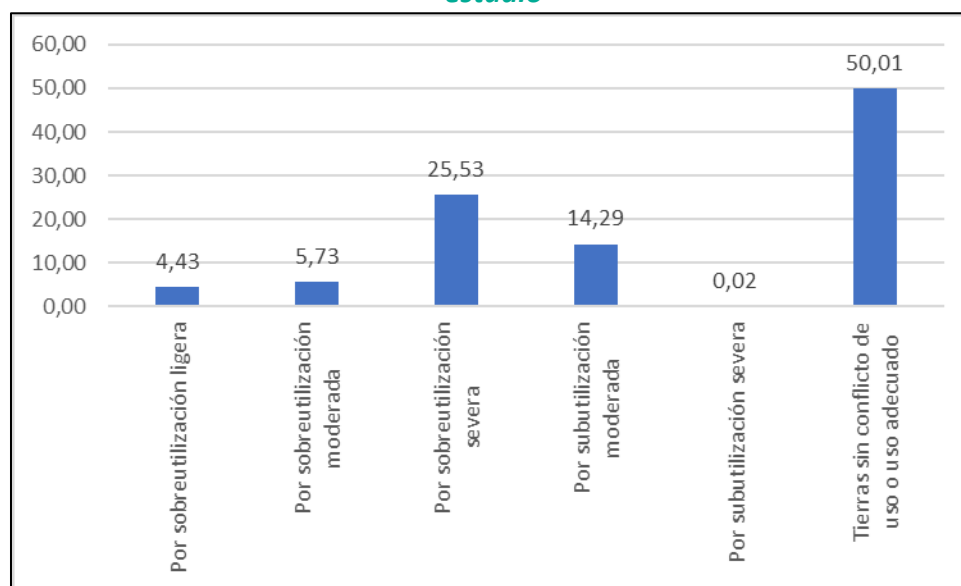
Uso actual de la tierra		Uso	Agricultura	Ganadería	Conservación	Asentamiento			Infraestructura	
Capacidad de uso de la tierra		Tipo de uso	Cultivos transitorios semi-intensivos	Pastoreo extensivo	Protección	Industrial	Recreacional	Residencial	Servicios	Transporte
Uso	Uso principal	Símbolo	CTS	PEX	CFP	AIN	ARE	ZU	ISE	ITR
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	CTI	N.A.	O2	O1	O3	N.A.	N.A.	O3	O3
	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	N.A.	O2	O1	N.A.	O3	N.A.	N.A.	O3
Ganadería	Pastoreo intensivo	PIN	N.A.	A	O1	O3	O3	N.A.	O3	O3
Forestal	Sistemas agrosilvícolas	AGS	N.A.	O2	A	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	O3
	Sistemas forestales protectores	FPR	O2	O2	A	O3	N.A.	N.A.	O3	O3
Cuerpos de agua naturales		CA	N.A.	O3	A	O3	N.A.	N.A.	O3	N.A.
Zona urbana		ZU	N.A.	O2	N.A.	A	A	A	A	A
Zona vial		ZV	N.A.	O2	N.A.	A	A	A	A	A
Zona de relleno		ZR	N.A.	S2	S3	A	A	N.A.	N.A.	A

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Como se aprecia, el 5,73% de los suelos que hacen parte del área de estudio, se encuentran en sobreutilización moderada (O3); mientras que el 50,01% y el 14,29% de los suelos corresponde a tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (A) y tierras con subutilización moderada (S2), respectivamente.

La Figura 5-29, muestra el porcentaje de ocupación de cada uno de los conflictos previstos al interior del área de estudio.

Figura 5-29. Distribución porcentual del conflicto de uso que hace parte del área de estudio



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Es importante mencionar que solamente el 25,53%, aproximadamente, de las tierras que hacen parte del área de estudio, se encuentran en sobreutilización severa (O3).

5.1.5 Hidrología

Este numeral realiza la caracterización hidrológica del área de influencia a partir de la localización hidrográfica, inventario de cuerpos hídricos superficiales, cuencas hidrográficas allí presentes junto a sus características morfométricas, además del análisis del régimen hidrológico de caudales medios, extremos y evaluación de indicadores hidro climatológicos.

5.1.5.1 Inventario de cuerpos hídricos

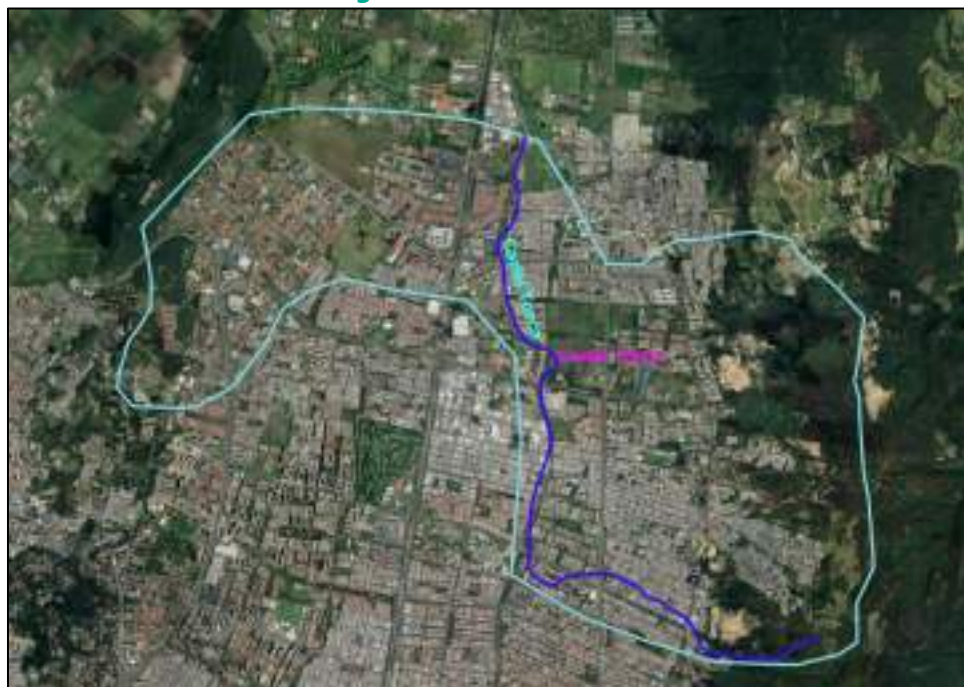
Se realiza a continuación una descripción de los principales cuerpos hídricos que se ubican dentro del área de influencia del proyecto.

5.1.5.1.1 Cuerpos lóticos

- Canal Torca

El canal torca se encuentra ubicado al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, este río nace en los cerros orientales y desemboca al humedal Tocar – Guaymaral en la calle 200, con aproximadamente una longitud de 13 km. El canal recorre desde la carrera 7 este con calle 153 hasta la carrera 15 y a partir de allí desciende por la carrera 19 hasta la calle 200 con autopista norte.

Figura 5-30 Canal Torca



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-7 Canal Torca



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada Tibabita

La quebrada Tibabita está ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, nace en sol, al norte limita con la quebrada aguas calientes, al sur con el canal Torca, al occidente con sector torca y al oriente con el municipio de la calera. Nace en los cerros orientales cerca de la carrera 2 con calle 183 y desciende hasta la carrera 9, atravesando la universidad del rosario norte finalizando en el canal torca sobre la calle 200. La quebrada Tibabita tiene una longitud de 3.45 km y el sentido del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-31 Quebrada Tibabita



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-8 Quebrada Tibabita



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada Aguas Calientes

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

La quebrada aguas calientes está ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, nace en los cerros orientales y atraviesa el cementerio Jardines de paz, al norte limita con la quebrada Patiño, al sur con la quebrada Tibabita, al oriente con el municipio de la calera y al occidente con el sector Torca y finaliza en el canal Torca, aproximadamente en la calle 207. La quebrada Aguas Calientes tiene una longitud de 1.3 km y el sentido del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-32 Quebrada aguas calientes



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-9 Quebrada Aguas Calientes

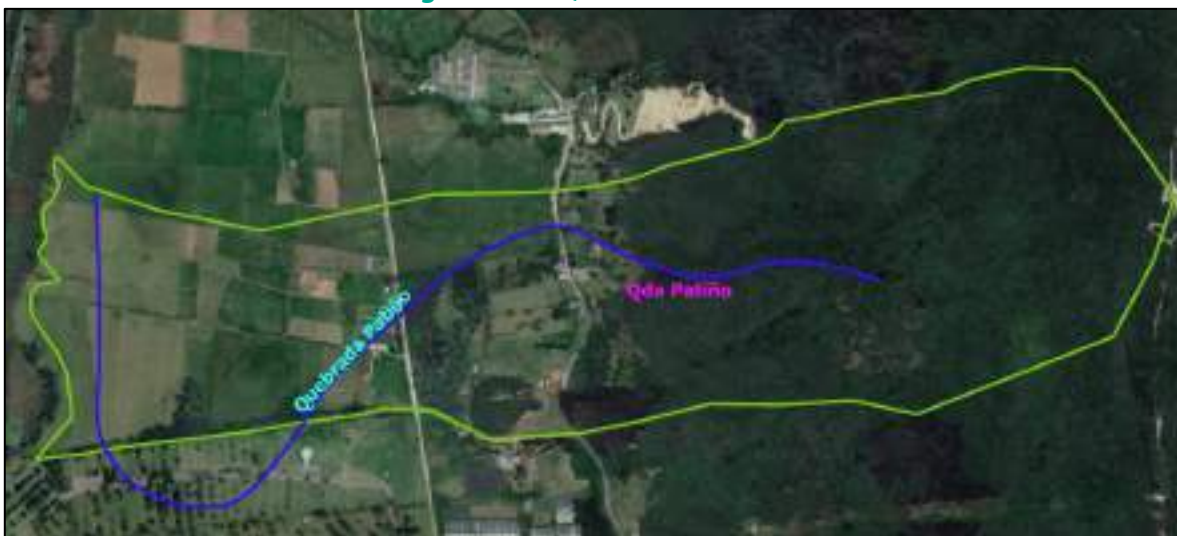


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada Patiño

La Quebrada Patiño se encuentra ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, limita al norte con la quebrada San Juan, al sur con la quebrada aguas calientes, al oriente con el municipio de la calera y al occidente con el sector Torca. Nace en los cerros orientales y finaliza en el humedal torca. La quebrara Patiño tiene una longitud de 2.6 km y el sentido del del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-33 Quebrada Patiño



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-10 Quebrada Patiño



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada San Juan

La Quebrada San Juan se encuentra ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, limita al norte con quebrada Las Pilas, al sur con la quebrada Patiño, al oriente con el municipio de Calera y al occidente con el humedal Guaymaral. Nace en los cerros orientales

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

y finaliza en el humedal Torca. La quebrara San Juan tiene una longitud de 2.3 km y el sentido del del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-34 Quebrada San Juan



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-11 Quebrada San Juan



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada Las Pilas

Se encuentra ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, al norte limita con la quebrada La Florestas, al sur con la quebrada San Juan, al oriente con los cerros orientales y al occidente con el humedal Guaymaral. Nace en los cerros orientales y finaliza en el humedal Guaymaral. La quebrada Las Pilas tiene una longitud de 1.8 km y el sentido del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-35 Quebrada Las Pilas



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-12 Quebrada Las Pila



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada Cañiza

La quebrada Cañiza se encuentra ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, es una derivación de la quebrada La Floresta a partir de la carrera 7ma se encuentra hasta desembocar al costado occidental en el vallado Guaymaral. Es una quebrada con una longitud de aproximadamente 1 km y el sentido del del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-36 Quebrada Cañiza



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-13 Quebrada Cañiza



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada La Floresta

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

La quebrada La Floresta se encuentra ubicada al costado derecho de la vía Bogotá – Tunja, al norte limita con la quebrada novita, al sur con la quebrada Las pilas, al oriente con los cerros orientales y al occidente con el vallado Guaymaral. Nace en los cerros orientales en la reserva de La Floresta, atraviesa Floresta de la Sabana y desemboca en el vallado Guaymaral aproximadamente en la calle 242. Tiene una longitud de 5.20 km y el sentido del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-37 Quebrada La Floresta



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-14 Quebrada La Floresta



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Quebrada Torca

La quebrada torca se encuentra ubicada al costado oriental de la vía Bogotá – Tunja, limita al norte con el municipio de chía, al oriente con los cerros orientales, al sur con la quebrada novita y al occidente con el vallado Guaymaral. Nace en los cerros orientales y desemboca en el vallado Guaymaral. La quebrada tiene una longitud aproximada de 4.7 km y el sentido del agua es de oriente a occidente.

Figura 5-38 Quebrada Torca



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Fotografía 5-15 Quebrada Torca



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

- Vallado Guaymaral

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

El vallado Guaymaral se encuentra ubicado al costado occidente de la vía Bogotá- Tunja, al costado norte limita con el municipio de Chía, al oriente con la quebrada Torca, Novita, La Floresta y Cañiza, al sur con el humedal Guaymaral, y al occidente con conjuntos residenciales. El vallado Guaymaral recibe el agua de las quebradas que se encuentran al oriente de este, más el agua del humedal Torca.

Figura 5-39 Vallado Guaymaral



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

5.1.5.1.2 Cuerpos lénticos

- Humedal Torca – Guaymaral
- o Sector Torca

El humedal torca se encuentra ubicado al costado oriental de la autopista norte aproximadamente entre la calle 207 y 222 que pertenece a la localidad de Usaquén conformado por un área total de 30.27 ha con una ronda hidráulica de 41.51 ha y está limitado por el cementerio Jardines de Paz, la Compañía Nacional de Reforestación, Mazda, Lucerna, constructoras como Colpatria y Mazuera y la Escuela de Fútbol Alejandro Brand.

Fotografía 5-16 Humedal Torca



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

o Sector Guaymaral

El humedal Guaymaral se encuentra ubicado al costado occidental de la autopista norte aproximadamente entre la calle 215 y 235 que pertenece a la localidad de Suba, conformado por un área total de 49 ha y está limitado al nororiente del casco urbano de Bogotá, a la altura de la autopista norte con calle 220, al norte del parque Cementerio Jardines de Paz y al occidente del Centro Comercial Bima.

Fotografía 5-17 Humedal Guaymaral



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Figura 5-40 Humedal Torca - Guaymaral



Fuente: Fuente: Decreto Distrital, 555 de 2021.

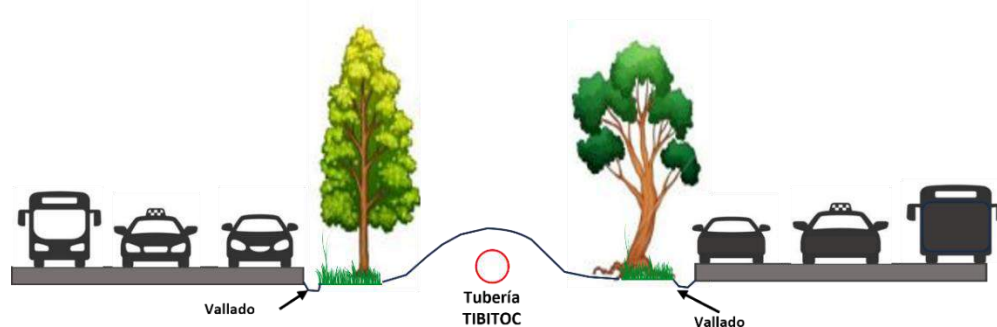
- Cuerpos de agua en el separador vial.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estos cuerpos de agua hacen referencia a zonas que por acciones realizadas en el momento de la construcción tanto de la autopista norte y la red de conducción de Tibitoc, permitieron que a lo largo del tiempo en el separador se constituyeran como cuerpos de agua artificiales.

Para aclarar las características de dichas zonas se presenta la Figura 5-41 esquemática del perfil tipo existente en el corredor vial, cada una de las calzadas evacua el agua a través del bombeo dado por el diseño vial, el agua que corre hacia el separador es evacuado por desbordamiento, a través de unos "boquetes" realizados en el terreno del separador; a través de estos el agua se conduce hacia los vallados circundantes que se encargan de transportar el agua hacia los cuerpos de agua tales como las quebradas o los canales de Toca y Guaymaral.

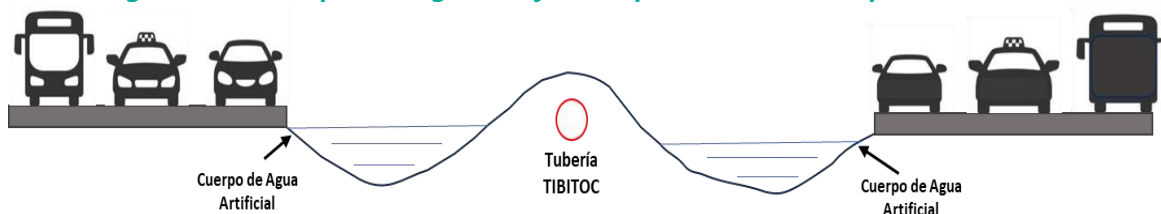
Figura 5-41 Perfil transversal de la autopista norte actual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Sin embargo, dentro del separador existen unas zonas localizadas dentro del K 1+750 y el K3+090, que se encuentran anegadas la mayor parte del año por tener una condición que no permite el movimiento del agua; estas zonas no se rellenaron cuando se realizó la construcción, ni fueron dotadas de vallados que permitan el drenaje del agua en esos espacios; lo cual, aunado a la baja infiltración de los suelos genera estos cuerpos de agua artificiales que se recargan exclusivamente a través del agua lluvia y la escorrentía desde la autopista. En la Figura 5-42 se muestra cómo funcionan dichas zonas.

Figura 5-42 Cuerpos de agua artificiales presentes en el separador actual.



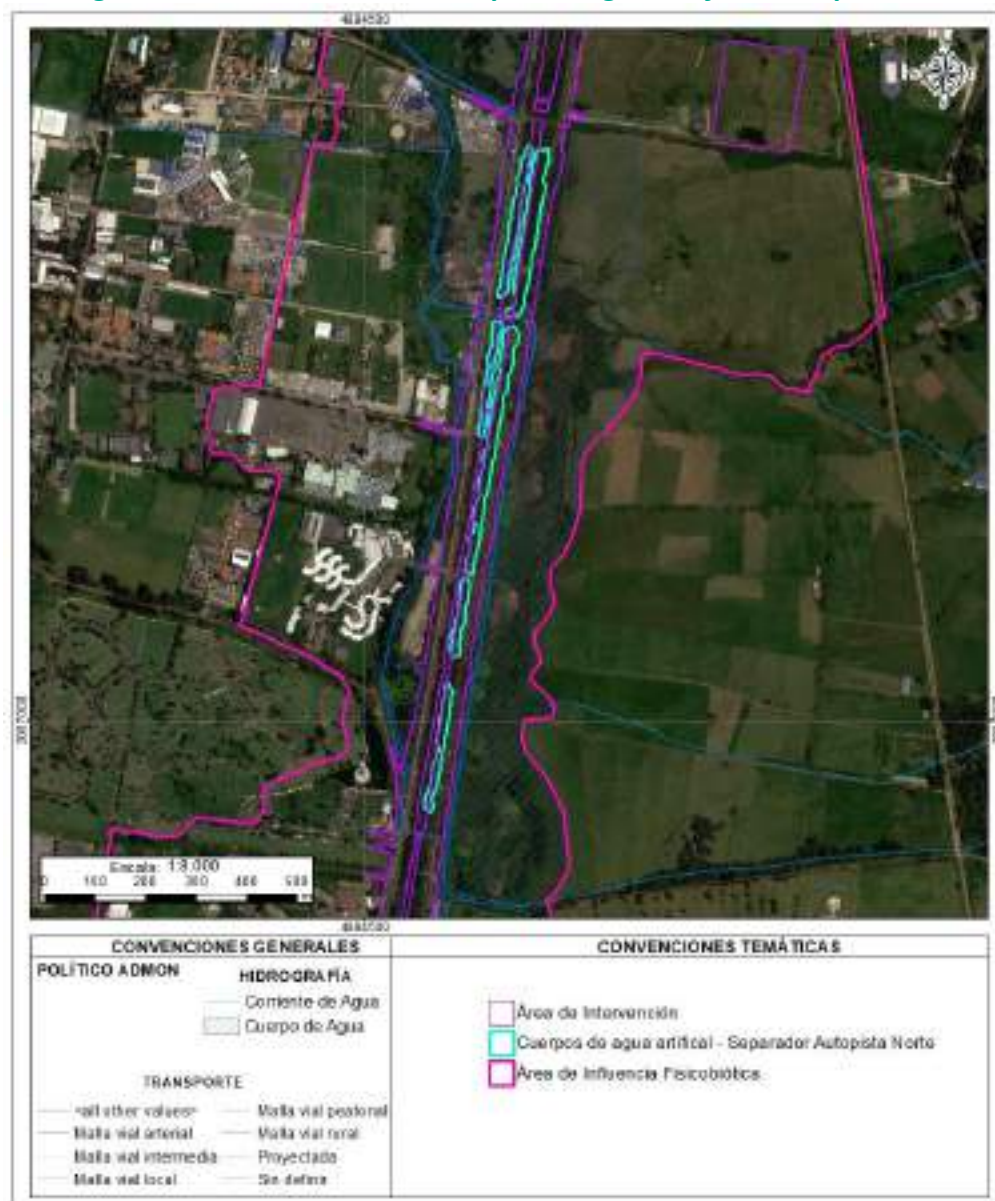
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Dichas zonas se distribuyen de la siguiente manera 2 polígonos contiguos a la calzada norte sur, con un área de 0,8 hectáreas, mientras que contiguos a la calzada sur-norte se localizan

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

4 polígonos con un área de 2,4 hectáreas, en la figura se muestran los polígonos antes indicados y que según la clasificación CLC, corresponden a zonas pantanosas.

Figura 5-43 Localización de cuerpos de agua artificiales separador



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

5.1.5.2 Localización de cuencas que contienen los cuerpos hídricos

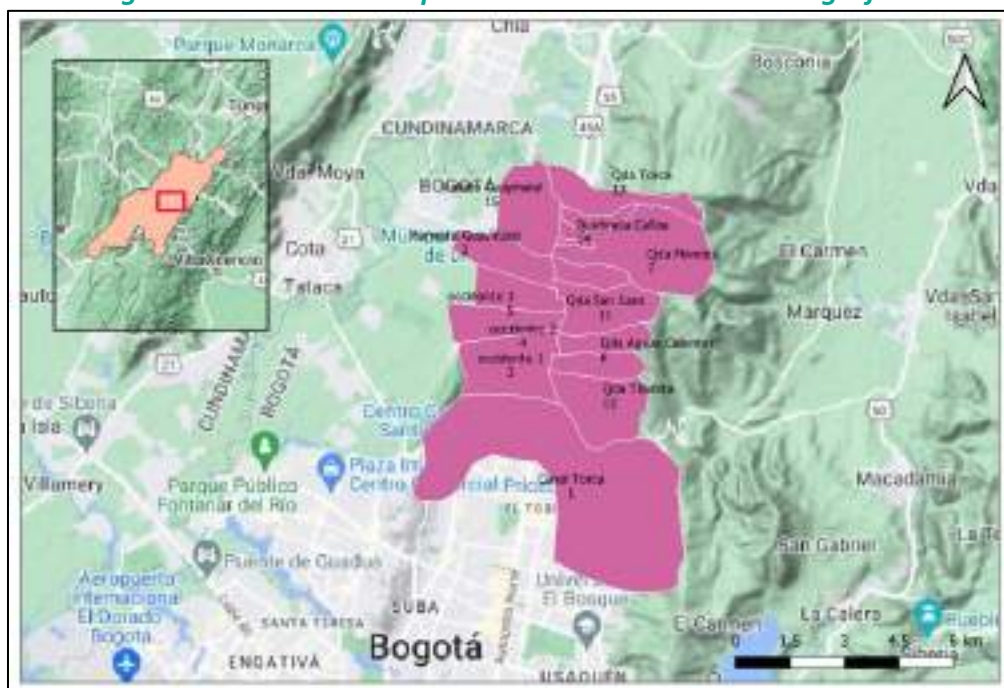
La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona central de Colombia, en la cordillera oriental en el municipio de Cundinamarca – Bogotá. El proyecto Accesos Norte II consta de un área total de 5686.236 hectáreas divididas en 15 subcuencas hidrográficas. En la siguiente tabla se observa el área correspondiente para cada subcuenca.

Tabla 5-61 Subcuencas hidrográficas

Subcuenca	Nombre	Área (ha)
1	Canal Torca	2088.760
2	humedal Guaymaral	233.049
3	occidente 1	420.859
4	occidente 2	238.764
5	occidente 3	211.087
6	Qda Aguas Calientes	202.166
7	Qda Floresta	671.862
8	Qda Las Pilas	117.738
9	Qda Novita	80.305
10	Qda Patiño	109.658
11	Qda San Juan	311.208
12	Qda Tibabita	377.538
13	Qda Torca	254.634
14	Quebrada Cañiza	17.112
15	Vallado Guaymaral	351.497

Fuente: Modificado de IDECA, 2022

Figura 5-44 Ubicación espacial de las subcuencas hidrográficas



Fuente: Modificado de IDECA, 2022

5.1.5.3 Caracterización morfométrica

Para la caracterización morfométrica se tuvieron en cuenta factores de forma y parámetros relativos al drenaje, a continuación, se presentan los parámetros calculados y las clasificaciones respectivas tenidas en cuenta según el parámetro y en el capítulo de generalidades se pueden encontrar más al detalle las fórmulas que fueron utilizadas para su cálculo.

5.1.5.3.1 Forma de la cuenca

Para realizar el estudio morfométrico se requieren diferentes parámetros generales y básicos para determinar el comportamiento de cada subcuenca, como los siguientes:

- Área de la cuenca
- Perímetro
- Longitud del cauce principal
- Longitud de drenajes
- Longitud axial

Tamaño de la cuenca según Tucci 2002: La clasificación del tamaño de la cuenca está relacionado con el tamaño del área.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



En la Tabla 5-62 se presenta la clasificación de la cuenca de acuerdo con sus características morfométricas

Tabla 5-62 Clasificación por tamaño

Factor forma	Clasificación
< 0,22	Muy alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,30 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,20	Muy ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: Tucci 2002.

- Coeficiente de compacidad
- Clasificación del coeficiente de compacidad

Tabla 5-63 Clasificación por coeficiente de compacidad

Coef. Compacidad	Clasificación
1 – 1,25	Casi redonda a oval – redonda
1,25 – 1,5	Circular – Redonda
1,5 – 1,75	Oval Redonda u Oval Oblonga
1,75 – 1,95	Rectangular
> 1,95	Rectangular – Lobulada

Fuente: Tucci 2002.

- Índice de Alargamiento

Clasificación del índice de alargamiento: Se clasifica de acuerdo con el resultado del índice del alargamiento.

Tabla 5-64 Clasificación por índice de alargamiento

Índice alargamiento	Clasificación
0 – 0,95	Muy Redonda
0,95 - 1	Redondeada
1 – 3	Alargada
> 3	Muy Alargada

Fuente: Tucci 2002.

- Diferencia de alturas
- Índice asimétrico

5.1.5.3.2 Parámetros relativos al drenaje

- Pendiente de drenaje (m/m)
- Pendiente de drenaje (%)
- Densidad Corrientes (1/km)
- Densidad de drenaje (km)
- Índice de sinuosidad

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

- Patrón de alineamiento, Schumm (1963): Se clasifica de acuerdo con el resultado del índice de sinuosidad.

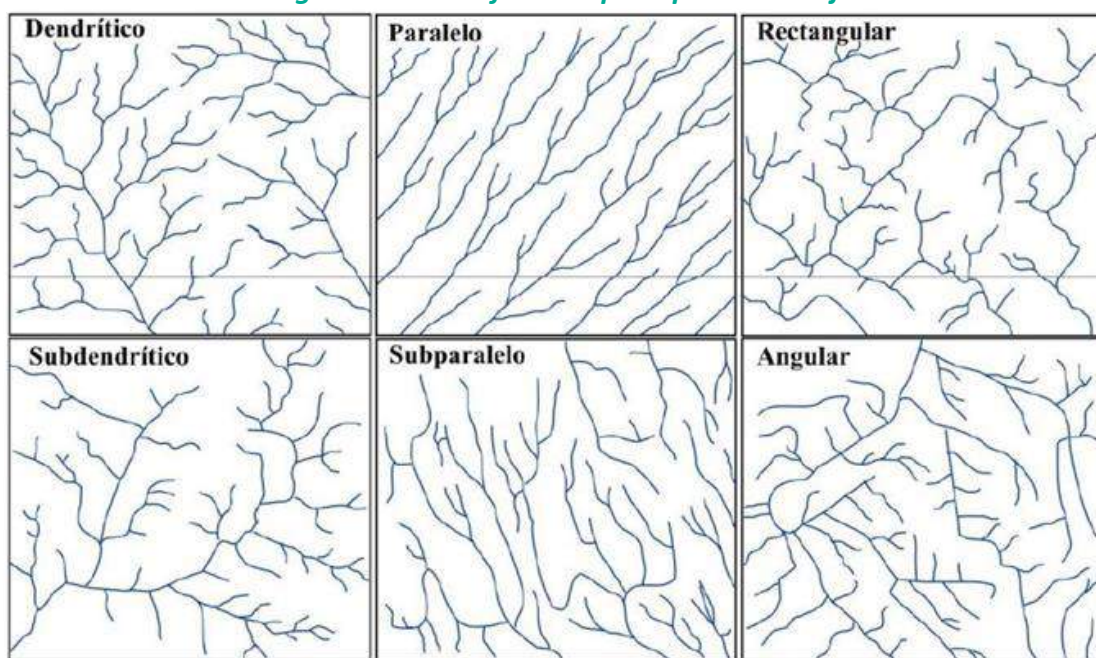
Tabla 5-65 Clasificación por tipo de canal

Tipo de Canal	Sinuosidad	Caracterización
Canal rectilíneo	1 – 1,2	Muy baja sinuosidad.
Canal transicional	1,2 – 1,5	Baja sinuosidad.
Canal regular	1,5 – 1,7	Sinuosidad media.
Canal irregular	1,7 – 2,1	Cambios direccionales importantes con bahías.
Canal tortuoso	> 2,1	Tendiente atrenzamiento del canal.

Fuente: Schumm (1963):

Patrón de drenajes, Horton-Strahler: Se clasifica de acuerdo con la forma de los cauces.

Figura 5-45 Clasificación por tipo de drenaje



Fuente: modificado de Earle (2019)

Los resultados de la morfometría se encuentran en el anexo 6 Hidrología.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Tabla 5-66 Morfometría área de influencia

Nombre	ÁREA Km2	ÁREA ha	PERÍMETRO Km	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL Km	LONGITUD AXIAL Km	Tamaño según Tucci 2002	ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA Km	FACTOR DE FORMA	Clasificación Factor de Forma	COEFICIENTE COMPACIDAD	Clasificación Coeficiente Compacidad	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	Clasificación Índice Alargamiento
Qda Floresta	6.90	689.51	11.95	5.19	5.82	Mesocuenca	1.18	0.20	Muy alargada	1.27	Circular - redonda	4.92	Muy Alargada
Qda Las Pilas	1.18	117.83	5.44	1.78	2.43	Mesocuenca	0.48	0.20	Muy alargada	1.40	Circular - redonda	5.02	Muy Alargada
Canal Torca	20.90	2090.34	24.31	8.03	8.40	Mesocuenca	2.49	0.30	Alargada	1.49	Circular - redonda	3.37	Muy Alargada
Qda San Juan	3.11	311.45	8.46	2.26	2.85	Mesocuenca	1.09	0.38	Ni alargada ni ensanchada	1.34	Circular - redonda	2.60	Alargada
Qda Patiño	1.10	109.74	6.28	2.68	3.39	Mesocuenca	0.32	0.10	Muy alargada	1.68	Oval redonda u oval oblonga	10.47	Muy Alargada
Qda Aguas Calientes	2.02	202.32	6.42	1.62	2.70	Mesocuenca	0.75	0.28	Alargada	1.26	Circular - redonda	3.61	Muy Alargada
Qda Tibabita	3.78	377.83	7.85	3.46	3.81	Mesocuenca	0.99	0.26	Alargada	1.13	Casi redonda a oval - redonda	3.85	Muy Alargada
occidente 1	4.21	421.17	9.47	2.11	3.25	Mesocuenca	1.30	0.40	Ni alargada ni ensanchada	1.29	Circular - redonda	2.50	Alargada
humedal Guayma	2.33	233.22	7.37	1.67	2.86	Mesocuenca	0.82	0.29	Alargada	1.35	Circular - redonda	3.51	Muy Alargada
occidente 2	2.39	238.94	7.92	0.56	2.80	Mesocuenca	0.85	0.30	Ligeramente alargada	1.43	Circular - redonda	3.29	Muy Alargada
occidente 3	2.11	211.24	6.91	1.17	2.26	Mesocuenca	0.93	0.41	Ni alargada ni ensanchada	1.33	Circular - redonda	2.43	Alargada
Vallado Guaymar	3.52	351.76	7.59	1.89	2.16	Mesocuenca	1.63	0.75	Ensanchada	1.13	Casi redonda a oval - redonda	1.33	Alargada
Qda Novita	0.80	80.37	5.25	2.54	2.77	Transición Beta	0.29	0.10	Muy alargada	1.64	Oval redonda u oval oblonga	9.54	Muy Alargada
Qda Torca	2.55	254.83	10.76	4.66	5.24	Mesocuenca	0.49	0.09	Muy alargada	1.89	Rectangular	10.77	Muy Alargada
Qda Cañiza	0.17	17.12	2.41	0.95	1.08	Transición Beta	0.16	0.15	Muy alargada	1.63	Oval redonda u oval oblonga	6.76	Muy Alargada

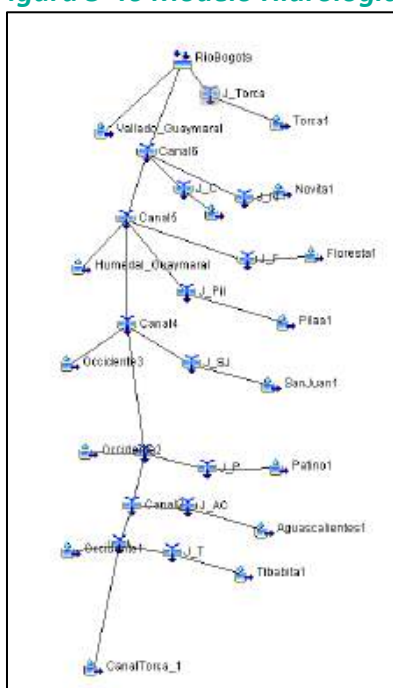
Nombre	ALTURA MÁXIMA M.S.N.M	ALTURA MÍNIMA M.S.N.M	DIFERENCIA DE ALTURAS	PENDIENTE DRENAJE m/m	PENDIENTE DRENAJE (%)	Conteo Drenajes	DENSIDAD CORRIENTES 1/Km	LONGITUD DRENAJES Km	DENSIDAD DRENAJE Km	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	ÁREA MAYOR	ÁREA MENOR	ÍNDICE ASIMÉTRICO	ÍNDICE DE SINUOSIDAD	Patrón de alineamiento. Schumm (1963)	Patrón de drenajes. Horton Stadhe
Qda Floresta	3241	2566	675	0.13	13.01	34	4.93	25.44	3.69	0.52	4.21	2.51	1.68	0.89	Canal rectilíneo	Subdendrítico
Qda Las Pilas	2961	2568	393	0.22	22.12	3	2.55	3.43	2.91	0.18	0.74	0.44	1.69	0.73	Canal rectilíneo	Paralelo
Canal Torca	3052	2570	482	0.06	6.00	15	0.72	8.58	0.41	0.97	12.25	8.66	1.41	0.96	Canal rectilíneo	Subdendrítico
Qda San Juan	3139	2569	570	0.25	25.18	14	4.50	12.36	3.97	0.21	1.67	1.45	1.15	0.80	Canal rectilíneo	Dendrítico
Qda Patiño	3074	2570	504	0.19	18.82	5	4.56	5.38	4.90	0.27	0.37	0.06	6.65	0.79	Canal rectilíneo	Paralelo
Qda Aguas Calientes	2881	2569	312	0.19	19.27	6	2.97	7.76	3.83	0.18	1.43	0.60	2.40	0.60	Canal rectilíneo	Subdendrítico
Qda Tibabita	2952	2566	386	0.11	11.17	8	2.12	12.09	3.20	0.40	3.26	0.52	6.30	0.91	Canal rectilíneo	Subdendrítico
occidente 1	2606	2569	37	0.02	1.75	2	0.47	5.40	1.28	0.56	2.22	1.99	1.11	0.65	Canal rectilíneo	Dendrítico
humedal Guayma	2594	2566	28	0.02	1.68	5	2.14	5.76	2.47	0.47	1.24	1.09	1.14	0.58	Canal rectilíneo	Dendrítico
occidente 2	2589	2568	21	0.04	3.72	2	0.84	0.92	0.39	0.15	1.66	0.73	2.29	0.20	Canal rectilíneo	Dendrítico
occidente 3	2589	2568	21	0.02	1.80	2	0.95	2.39	1.13	0.35	1.29	0.82	1.58	0.52	Canal rectilíneo	Dendrítico
Vallado Guaymar	2597	2561	36	0.02	1.91	4	1.14	6.06	1.72	0.50	2.36	1.16	2.03	0.87	Canal rectilíneo	Dendrítico
Qda Novita	3027	2565	462	0.18	18.20	3	3.73	3.01	3.75	0.26	0.47	0.33	1.43	0.92	Canal rectilíneo	Subdendrítico
Qda Torca	3238	2563	675	0.14	14.49	21	8.24	47.23	18.53	0.46	1.62	0.93	1.74	0.89	Canal rectilíneo	Dendrítico
Qda Cañiza	2598	2569	29	0.03	3.05	1	5.84	0.951743	5.56	0.24	0.09	0.08	1.13	0.88	Canal rectilíneo	Dendrítico

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

5.1.5.4 Caracterización del régimen hidrológico Oferta Hídrica Superficial Total – Régimen de caudales medios

La estimación de la oferta hídrica total se realizó a partir de la estimación de series de caudal diario para cada una de las subcuencas, y para ello, se implementó y diseño un modelo hidrológico en HEC-HMS para una simulación continua. Este software fue desarrollado por US Army Corps of Engineers y permite simular procesos de lluvia-escorrentía por varios métodos. En la siguiente figura se presenta el modelo realizado.

Figura 5-46 Modelo Hidrológico



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

Para realizar la simulación se utilizó información de las estaciones Escuela Col Ingeniería (21206050), C. Universidad Agropecuaria – Udca (21206260) y Col Miguel A. Caro (21206690) para los datos de temperatura. Para el caso de Precipitación se utilizaron los datos disponibles en las estaciones de La Caro (2120531), La Conejera (2120208), Serrezuela (2120202), Escuela Col Ingeniería (21206050), C. Universidad Agropecuaria – Udca (21206260) y Col Miguel A. Caro (21206690) con estos datos se realizó una interpolación IDW por medio de herramientas de procesamiento de información geográfica con el fin de conocer la precipitación para cada una de las cuencas. Los datos empleados para la interpolación se encuentran en el anexo 5_3_3 Procesamiento de datos, Serie de Datos Rellenos/pcp.xls.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Una vez diseñada la red y seleccionada la información de precipitación y temperatura se procede a la selección de los métodos de cálculo implementados, en el caso de modelación continua se utilizó el método de Canopy, el cual representa las coberturas presentes en la superficie de la cuenca, y simula la intercepción de la precipitación por medio de las plantas, las cuales reducen la cantidad de precipitación que llega a la superficie del suelo. Para representar la interacción y los procesos de infiltración, la escorrentía superficial y los procesos subterráneos se utiliza el método de pérdida, para este caso de Déficit y Pérdida Constante.

Una vez ejecutado el programa y hecha la simulación respectiva, los resultados del promedio de las series simuladas de caudales para cada una de las subcuencas se muestra a continuación. En el anexo 6 Hidrología se encuentra el modelo hidrológico.

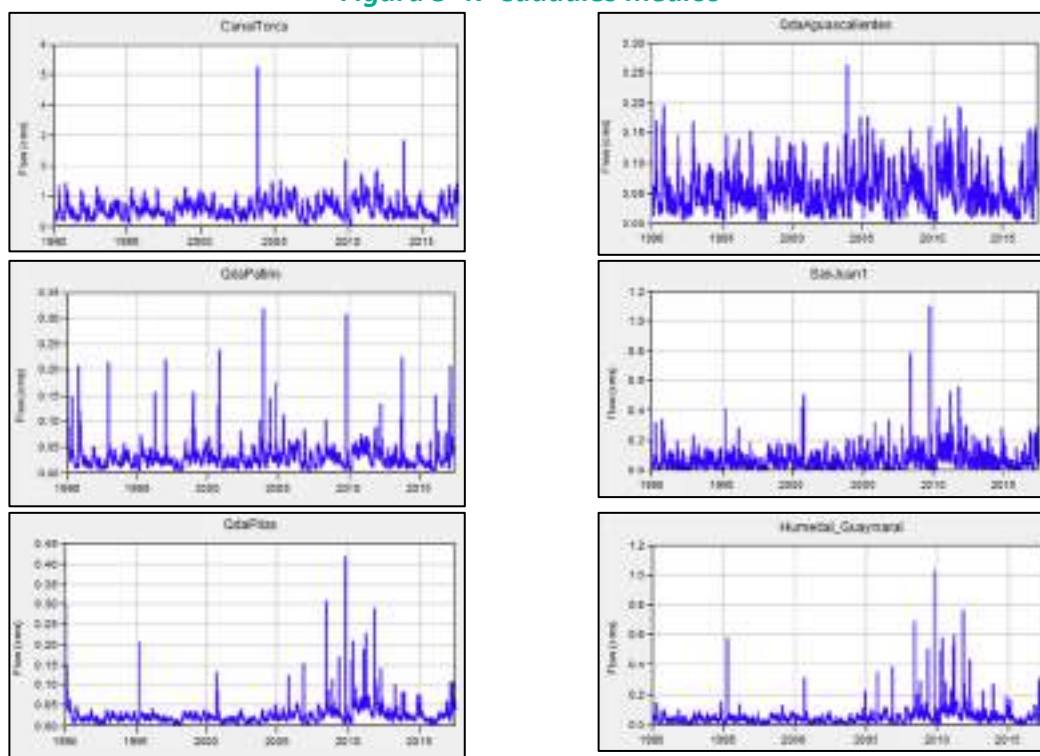
Tabla 5-67 Oferta Hídrica Superficial Total – Caudales medios

Subcuenca		Oferta Hídrica m3/s	
		m3/s	l/s
1	Canal Torca	0.5714	571.442
2	Humedal Guaymaral	0.0454	45.372
3	Occidente1	0.1147	114.727
4	Occidente2	0.0663	66.280
5	Occidente3	0.0421	42.105
6	Qda Aguas Calientes	0.0534	53.389
7	Qda Floresta	0.1367	136.692
8	Qda Las Pilas	0.0245	24.525
9	Qda Novita	0.0159	15.895
10	Qda Patiño	0.0287	28.698
11	Qda San Juan	0.0650	65.006
12	Qda Tibabita	0.1060	105.998
13	Qda Torca	0.0478	47.797
14	Quebrada Cañiza	0.0062	6.217
15	Vallado Guaymaral	0.0652	65.233

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

A continuación, se presenta el comportamiento de los caudales medio de algunas estaciones a lo largo del tiempo de la zona de estudio.

Figura 5-47 Caudales medios

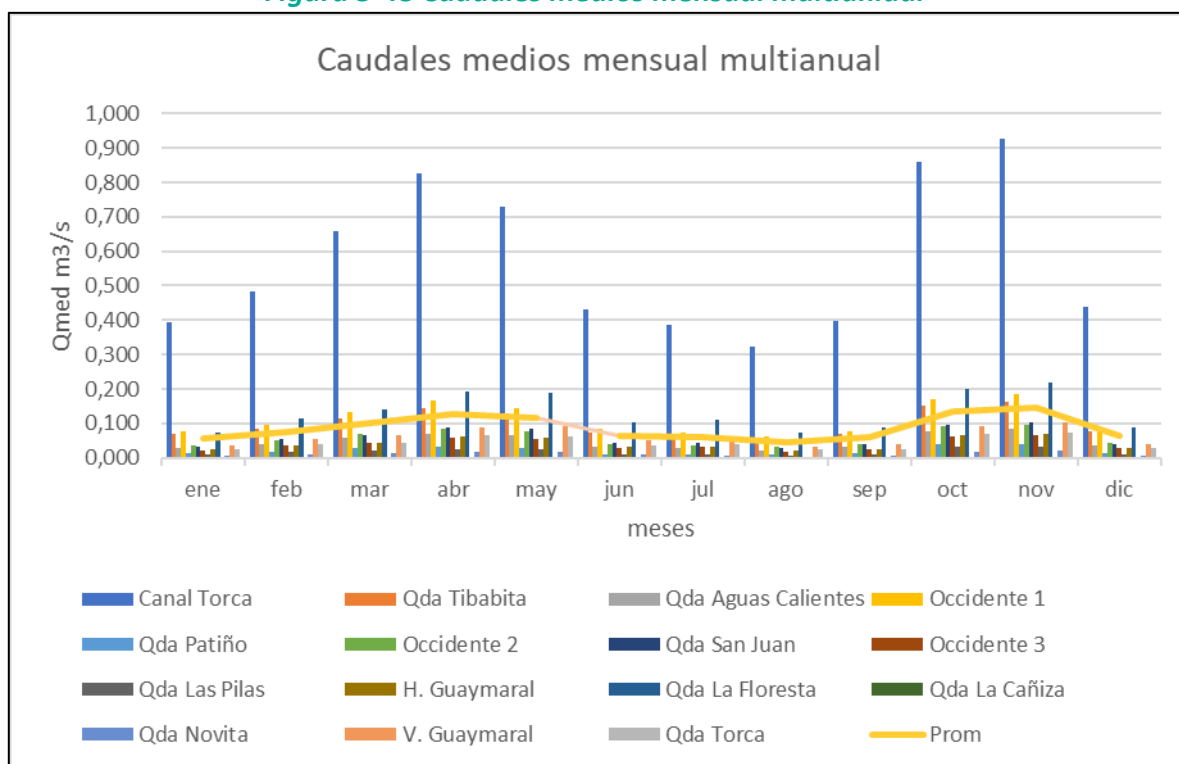


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

En la Figura 5-48 se observa el comportamiento mensual de los caudales medios, donde se observa que la subcuenca que presenta mayor caudal es el canal torca con valores de hasta 0.9 m³/s, siendo el mes de noviembre el que registra este valor. La subcuenca que presenta el caudal medio más pequeño es la Quebrada Cañiza, con un caudal de 0.001 m³/s.

También se observa que desde junio hasta octubre se presenta una disminución de caudal comparada con los otros meses, y que noviembre y abril son los meses que presentan los caudales más altos, debido a que son los meses en que más llueve.

Figura 5-48 Caudales medios mensual multianual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2022

5.1.5.5 Mancha de inundación evento máximo Tr 100 años

Desde el componente hidrológico en este apartado se presenta la mancha de inundación de las condiciones actuales de la zona del proyecto y de la mancha de inundación para la condición del proyecto cuando se encuentre en operación junto con sus obras propuestas.

Es de resaltar que en este apartado no se evalúa el componente de riesgo debido a las inundaciones ya que son mencionadas en el capítulo 11 de Plan de Gestión del Riesgo.

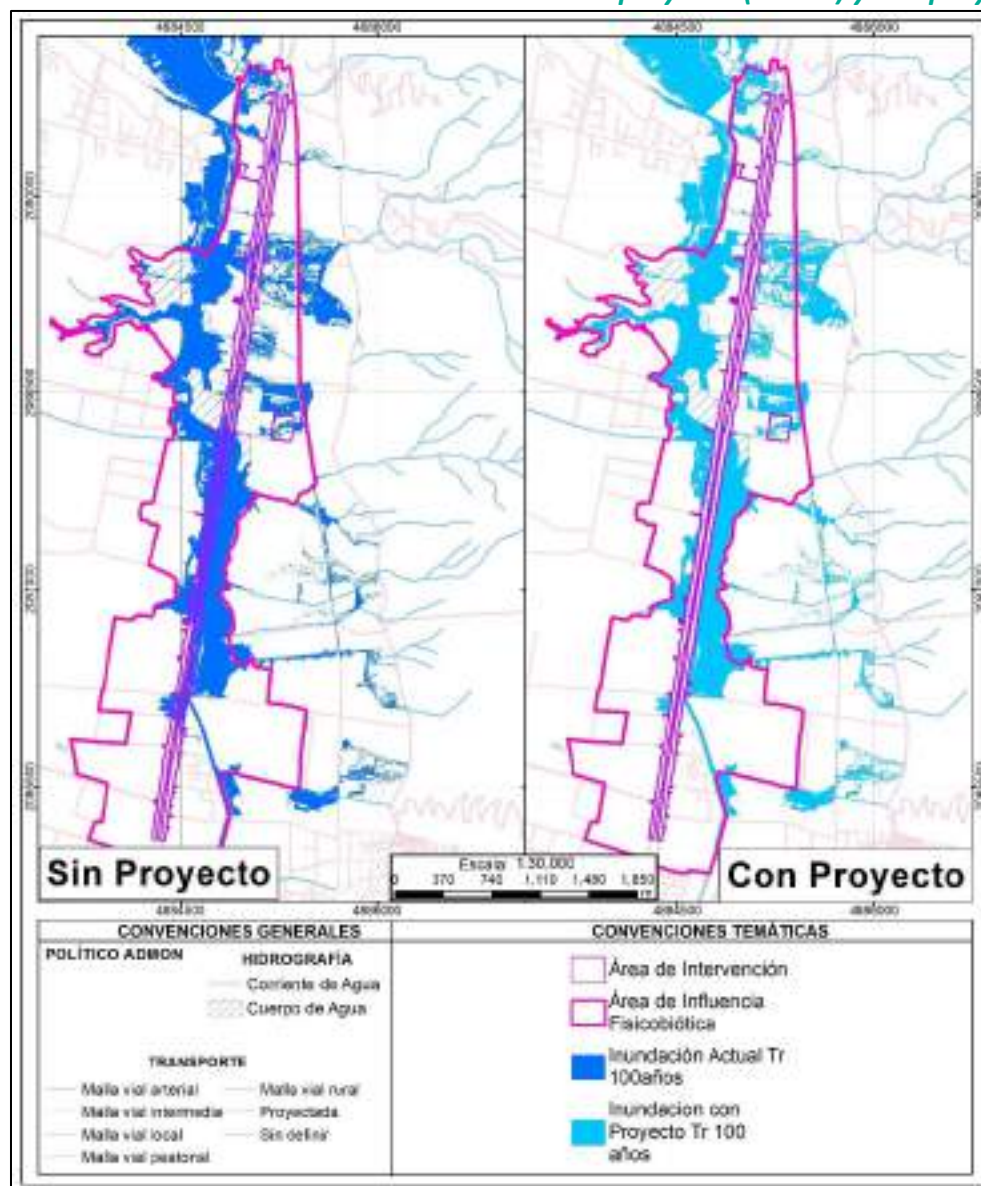
La exactitud de la construcción de los dos modelos hidráulicos en ambos escenarios se incluye en el anexo 6 Hidrología mediante los informes independientes por Unidad Funcional y los archivos digitales de HEC-RAS (herramienta utilizada para simulación hidráulica).

Ambas inundaciones de la Figura 5-49 corresponden a la máxima mancha que generaría un evento de periodo de retorno 100 años, la cual presenta similares comportamientos, no obstante, el área inundada en la condición con proyecto presenta una reducción de 5% ubicada particularmente sobre la vía que es un área no afectada por inundación para ese evento simulado.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Para detallar las áreas no afectadas por la inundación es necesario dirigirse al modelo hidráulico en HEC-RAS del anexo 6 Hidrología.

Figura 5-49 Manchas de inundación condición sin proyecto (actual) y con proyecto



Fuente: CCSN, 2023

Aparte de los dos escenarios presentados anteriormente, se realizó un escenario intermedio que consiste en agregar las mismas condiciones de entrada (caudales / hidrógrafas) del escenario de diseño (evento máximo con periodo de retorno 100 años) para que fluyan sobre un modelo digital de elevación que tiene las obras de la calzada occidental sin realizar y las obras de la calzada oriental terminadas. Es decir, el cambio de este escenario obedece al terreno (Terrain) dentro de los archivos de HEC-RAS.

Dado que existe un cambio o ampliación de la capacidad hidráulica en las obras propuestas, la modelación del escenario intermedio tiene como objetivo de simulación la evaluación de la mancha de inundación, el volumen en la obra y el seguimiento del flujo del agua sobre el corredor vial sujeto de licenciamiento durante el proceso constructivo en el cual la calzada oriental está terminada y la calzada oriental sin realizar.

Para dirigir el análisis de la información cabe anotar que el modelo hidrológico de diseño (estimaciones de caudales para eventos máximos a diferentes periodos de retorno), el modelo se entrega en el Anexo 6_6 modelo hidrológico de diseño, sin embargo, toda la información que soporta este modelo hidrológico se presenta por Unidad Funcional en el Anexo 2_3 Volúmenes de diseño.

Los resultados de la simulación intermedia muestran cómo la mancha de inundación alcanza el corredor vial asemejándose a lo que actualmente sucede en la autopista sin las obras propuestas para un evento extremo de TR 100 años, por ejemplo, eventos como la ola invernal de 2010. Para verificar al detalle el espejo de agua se dispone el modelo hidráulico en archivos HEC-RAS en la carpeta "Anexo 6_6 Modelo Hidraulico/escenario intermedio".

Frente a la situación extrema (probabilidad de ocurrencia de un evento con periodo de retorno de 100 años) el plan de contingencia señala cómo se atendería una anomalía de estas durante el proceso constructivo. Allí se identifica como desalojar los volúmenes de agua que llegarían a la obra.

Frente a condiciones normales, se diseña un proceso constructivo que responda a la condición de "las obras de la calzada occidental sin realizar y las obras de la calzada oriental terminadas", que garantiza que no se generara afectación en el corredor durante el proceso constructivo, asociados a encharcamientos o inundaciones, por la ampliación de las obras hidráulicas de la calzada oriental, mientras finalizan las de la calzada occidental.

5.1.6 Calidad del agua

5.1.6.1 Cuerpos de agua continentales

Para determinar la calidad del agua de los cuerpos de agua naturales del área de influencia físico, se llevaron a cabo monitoreos fisicoquímicos e hidrobiológicos realizados por profesionales del laboratorio AMBIUS S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 0048 del 15 de enero de 2021) quienes realizaron mediciones in situ y toma de muestras de calidad de agua; la fase de laboratorio fue desarrollada por el laboratorio ambiental CHEMILAB S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 1618 del 2021) (Ver Anexo 4_1, Resoluciones de Acreditación ante el IDEAM de los Laboratorios).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



El trabajo de campo se efectuó entre el 28 de diciembre de 2022 y el 27 de enero de 2023, se tomaron muestras de calidad de agua y comunidades hidrobiológicas en las estaciones que se describen en la Tabla 5-68 y se presentan en la Figura 5-50.

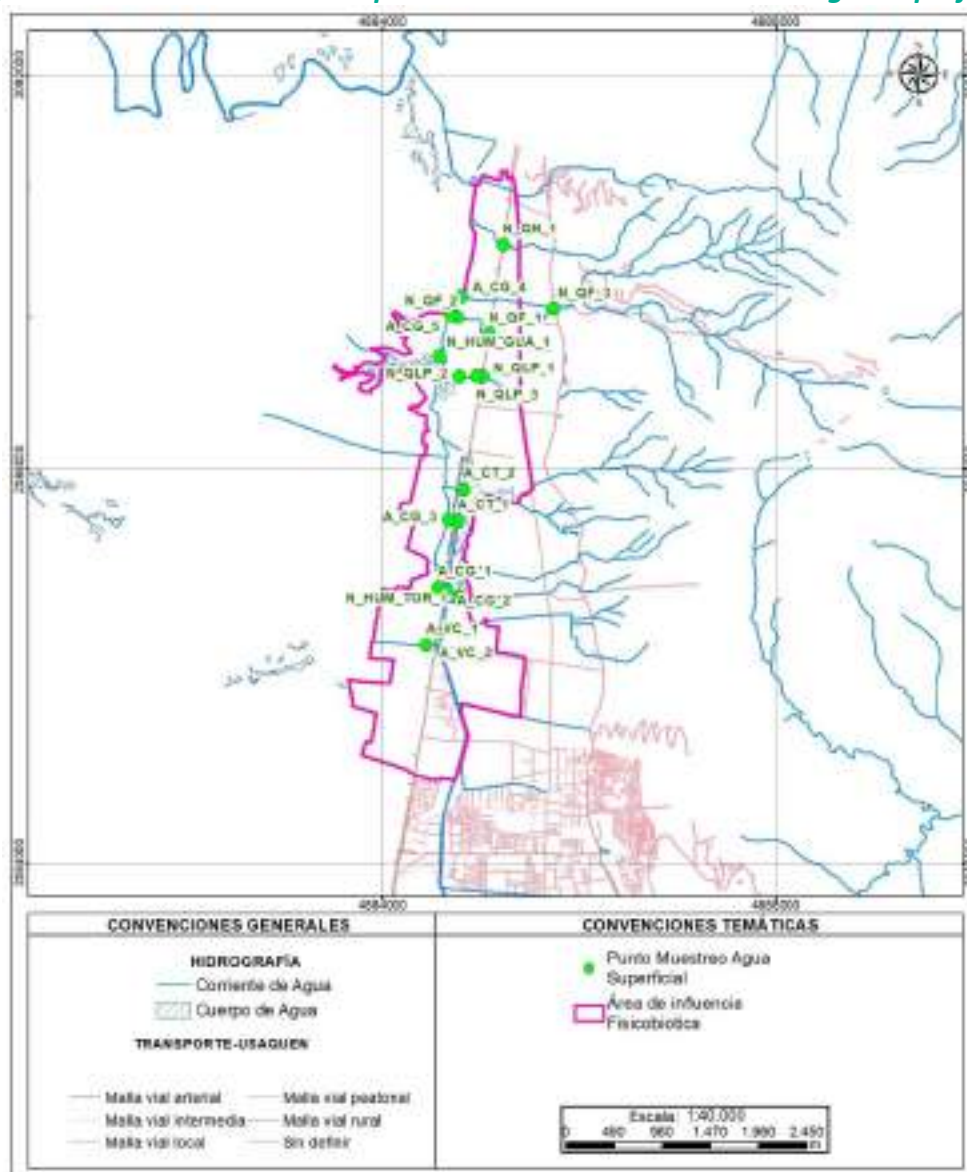
Tabla 5-68 Información de campo de las estaciones de muestreo.

Código Estación	Nombre De Estación	Coordenadas Planas (Origen 12CTM – Datum Nacional)		Fecha y hora de muestreo
		Este	Norte	
A_CG_1	Canal Guaymaral Frente al Cementerio	4884571	2086791	28/12/2022 10:00
A_VC_1	Vallado/Cuneta Calle 201 1	4884448	2086208	28/12/2022 11:00
A_VC_2	Vallado/Cuneta Calle 201 2	4884586,284	2086311,25	28/12/2022 12:15
A_CG_2	Canal Guaymaral Inicio Canal	4884651	2086767	28/12/2022 13:00
A_CT_1	Canal Torca 1	4884771,709	2087468,793	29/12/2022 09:00
N_QF_1	Quebrada La Floresta Aguas Arriba	4885094,954	2089371,366	29/12/2022 10:00
N_QF_2	Quebrada La Floresta Aguas Abajo	4884773,68	2089538,337	29/12/2022 11:00
A_CG_3	Canal Guaymaral frente a CAFAM	4884676	2087483	29/12/2022 12:15
A_CT_2	Canal Torca 2	4884829,265	2087787,64	30/12/2022 08:30
N_QLP_1	Q Las Pilas Aguas Arriba	4885022,819	2088932,527	30/12/2022 09:20
A_CG_4	Canal Guaymaral Hyundai	4884810,281	2089755,597	30/12/2022 10:30
A_CG_5	Canal Guaymaral BIMA	4884696,639	2089558,605	30/12/2022 11:15
N_QF_3	Q La Floresta Aguas Arriba 2	4885749,303	2089627,09	02/01/2023 08:15
N_QN_1	Q Novita Aguas Arriba	4885239,938	2090273,413	02/01/2023 09:45
N_QLP_2	Q. Las Pilas Aguas Abajo	4884789,697	2088937,714	02/01/2023 12:30
N_HUM_TOR_1	Humedal de Torca	4884787	2086709	03/01/2023 09:30
N_HUM_TOR_2		4884777	2086727	
N_HUM_TOR_3		4884778	2086693	
N_QLP_3	Q Las Pilas Separador	4884960	2088942	03/01/2023 12:00
N_HUM_GUA_1	Humedal Guaymaral	4884578	2089154	03/01/2023 14:00
N_HUM_GUA_2		4884487	2089106	
N_HUM_GUA_3		4884644	2089135	
N_QN_2	Q Novita Aguas Abajo	4885118,471	2090415,391	27/01/2023 12:00

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-50 Localización de los puntos de monitoreo calidad del agua superficial



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Tabla 5-69, se presentan las descripciones de cada una de las estaciones de monitoreo evaluadas acompañadas de los respectivos registros fotográficos.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Tabla 5-69 Descripción estaciones de muestreo.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
A_CG_1 Canal Guaymaral Frente al Cementerio	 Zona cercana al cementerio Jardines del Recuerdo, presenta agua de color verdoso-grisáceo, presenta un olor a materia orgánica en descomposición, este cuerpo de agua está cubierto totalmente por macrófitas, se pueden observar tuberías encima del mismo y una gran cantidad de basura alrededor y en el espejo de agua.	
A_VC_1 Vallado/Cuneta Calle 201 1	 Canal ubicado a un costado de la calle y varios metros debajo de la autopista Autonorte, presenta aproximadamente 50 cm de ancho, se pueden observar espumas y basuras, presenta olor a materia orgánica en descomposición, se observa vegetación herbácea en las orillas.	
A_VC_2 Vallado/Cuneta Calle 201 2	 Canal de concreto ubicado en la parte oriental de la Autonorte, agua de coloración gris oscura, olor a materia orgánica en descomposición, el agua pasa bajo un puente vehicular. Este punto es carente de vegetación en las orillas del cuerpo de agua.	

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

A_CG_2 Canal Guaymaral Inicio Canal	 Canal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, agua de coloración verde-grisáceo, vegetación arbustiva y herbácea abundante, se observa una cantidad considerable de basuras en las orillas y en el cuerpo de agua, presenta mal olor.
A_CT_1 Canal Torca 1	 Cuerpo de agua ubicado en el sector oriental, presenta agua de coloración gris, con olor a materia orgánica en descomposición, sedimento arcilloso, presenta basuras en las orillas y en el cuerpo de agua, presencia de vegetación abundante, principalmente de tipo arbórea.
N_QF_1 Quebrada La Floresta Aguas Arriba 1	 Quebrada ubicada en la parte oriental de la autopista, este punto se encuentra a nivel inferior de la vía, se puede observar un tubo que pasa encima del cauce, se puede observar vegetación abundante hacia el parteaguas arriba de la quebrada, agua de coloración clara, no presenta olor, sedimento rocoso.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

N_QF_2 Quebrada La Floresta Aguas Abajo	
	Punto ubicado en el sector occidental de la autopista norte que hace parte de la quebrada La Floresta, presenta pocos centímetros de ancho, está cubierta por un 80% de sombra con vegetación herbácea y arbórea, agua de coloración clara sin espumas ni iridiscencias.
A_CG_3 Canal Guaymaral Frente al CAFAM	
	Cuerpo de agua cubierto por macrófitas en gran parte de su extensión, se puede observar agua de color lechoso, se observan algunas espumas, no presenta olor, este punto cuenta con poca sombra y se encuentra en cercanías al carril occidental de la autopista norte.
A_CT_2 Canal Torca 2	
	Cuerpo de agua ubicado a unos pocos metros de la carretera, presenta agua color grisáceo, olor a materia orgánica en descomposición, se puede observar una gran cantidad de basura debajo de una estructura de concreto y en otras secciones de cauce, presenta una pendiente pronunciada con sedimento arcilloso, se observa vegetación herbácea y arbustiva.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

N_QLP_1 Quebrada Las Pilas Aguas Arriba	 Cuerpo de agua que presenta un ancho de pocos centímetros, agua de coloración clara, sedimento rojizo, el agua fluye bajo un puente de concreto y una estructura, se observa vegetación herbácea y no presenta espumas, ni basuras.
A_CG_4 Canal Guaymaral Hyundai	 Punto ubicado en cercanías del canal de Torca, agua de coloración gris, sedimento negro y arcilloso, presenta un olor a materia orgánica en descomposición, vegetación principalmente herbácea, se pudo observar en el momento de la toma, ganado vacuno pastando cerca al cuerpo de agua.
A_CG_5 Canal Guaymaral Bima	 Punto ubicado sobre el canal de Torca, se observa un puente de madera que cruza el cuerpo de agua y un paso vehicular, agua de coloración gris oscuro con olor a materia orgánica en descomposición. Presenta vegetación herbácea en las orillas.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

N_QF_3 Quebrada La Floresta Aguas Arriba 2	 Punto ubicado sobre la carrera séptima, se encuentra ubicado a unos pasos de la carretera, agua de coloración clara, no se observa olor ni espumas, se encuentra a un nivel inferior de la carretera, se observa poca vegetación herbácea en las orillas, se observa una cerca que impide el paso aguas abajo.
N_QN_1 Quebrada Novita Aguas Arriba	 Punto ubicado aproximadamente a 5 metros de la autopista norte, el agua fluye lentamente hacia una zona donde se estanca, agua de coloración clara, no presenta olor ni espumas, el cauce fluye bajo la autopista, se puede observar una cerca con vegetación herbácea y arbustiva.
N_QLP_2 Quebrada Las Pilas Aguas Abajo	 Canal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, se encuentra en cercanías a un vivero, agua de color gris lechoso, olor a materia vegetal en descomposición, presenta abundante vegetación herbácea, también se puede observar una vivienda en las cercanías de este.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

N_HUM_TOR_1 N_HUM_TOR_2 N_HUM_TOR_3 Humedal Torca	 Humedal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, presenta amplia cobertura vegetal, agua de coloración clara a café, se encuentran macrófitas en gran parte de la extensión del humedal, por la gran cantidad de macrófitas se puede notar olor a materia orgánica en descomposición, no se observa basura, espumas o iridiscencias.
N_QLP_3 Quebrada Las Pilas Separador	 Punto ubicado sobre el separador de la auto norte, presenta agua de coloración clara, sin iridiscencias y sin espumas, sedimento rojizo, arenoso y/o rocoso, el agua pasa debajo de una carretera y un puente, presenta escasa vegetación, se encuentran principalmente algunas hierbas y arbustos.
N_HUM_GUA_1 N_HUM_GUA_2 N_HUM_GUA_3 Humedal Guaymaral	 Humedal ubicado en el sector occidental de la autopista norte, se puede observar que el humedal está cubierto en gran parte de juncos y otras macrófitas y no se puede observar el espejo de agua completamente, por las lluvias constantes que se presentaron en los días anteriores el humedal estaba anegado en gran parte de su extensión. El agua es de coloración gris oscura, presenta olor a materia orgánica en descomposición.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

N_QN_2 Quebrada
Novita Aguas Abajo



Punto ubicado en el sector occidental de la autopista norte, agua de coloración clara, sin basuras, espumas o iridiscencia, no presenta olor, sedimento lodoso, el cauce presenta alrededor de 3 metros de ancho, el agua fluye bajo una tubería de la autopista.

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.1.1 Etapa de campo

Para todos los puntos sobre los sistemas de aguas superficiales se llevó a cabo la toma de muestras para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica. La toma de muestras se realizó siguiendo los instructivos del Procedimiento de Laboratorio Ambius S.A.S. (Muestreo de Aguas (I-PMO01-01). El trabajo de campo desarrollado para la toma de mediciones in situ y colecta de muestras de agua para los posteriores análisis de laboratorio, se llevó a cabo por personal de la empresa AMBIUS S.A.S., con base en las disposiciones de la EPA, en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 24 (2022) y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2018).

5.1.6.1.2 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Para la toma de las muestras de agua se utilizó un balde, previamente purgado. De esta manera se tomaron muestras puntuales con las cuales posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco según se requiriera (Fotografía 1). Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad, se realizaron in situ con la ayuda de un equipo multiparámetro marca HACH referencia HQ40d, previamente calibrado y posteriormente verificado en campo (Fotografía 2) (Ver Anexo 4 Calidad del agua). Cabe mencionar que en los puntos Humedal Torca y Humedal de Guaymaral se realizó in monitoreo integrado como una forma de hacer una mejor caracterización del espejo de agua, para tal fin se hicieron tomas en diferentes sectores de cada humedal (tres (3) alícuotas), posteriormente se realizó una integración de las alícuotas para obtener una sola muestra final.

5.1.6.1.3 Etapa de laboratorio

En esta etapa se realizó el análisis de las muestras colectadas en campo, por parte de laboratorios acreditados ante el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 con resolución

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



vigente como lo son AMBIUS S.A.S. (Resolución 0048 del 15 de enero de 2021) y Chemilab S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 1618 del 2021)

En esta etapa, posterior a la toma y envío de muestras de aguas superficiales al laboratorio, se procedió al análisis de estas, para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de interés, a partir de los métodos, técnicas analíticas y límites de cuantificación que se indican en la Tabla 5-70

Tabla 5-70 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas evaluadas

Parámetro	Método	Técnica Analítica	Límite de Cuantificación - Unidades
Acidez Total*	SM 2310 B	Volumétrico	2,54mg CaCO ₃ /L
Alcalinidad total*	SM 2320 B	Volumétrico	6,04mg CaCO ₃ /L
Arsénico Total*	EPA 7062, SM 3114 C	Digestión- AA - Generación de hidruros	0,0025mg As/L
Bario Total*	SM 3030 E; SM 3111 D	Digestión- AA – Llama óxido Nitroso - Acetileno	0,5mg Ba/L
Cadmio Total*	SM 3030 E; SM 3111 B	Digestión- AA – Llama Aire Acetileno	0,01mg Cd/L
Color real*	SM 2120 B	Visual	5UPC
Cobre Total*	SM 3030 E; SM 3111 B	Digestión- AA – Llama Aire Acetileno	0,1mg Cu/L
Coliformes Fecales Termotolerantes*	SM 9223 B Modificado	Sustrato Enzimático Multicelda	1NMP/100mL
Coliformes Totales*	SM 9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1NMP/100mL
Conductividad**	SM 2510B	Electrometría	0,1μS/cm
Cromo Total*	SM 3030 E; SM 3111 B	Digestión- AA – Llama Aire Acetileno	0,1mg Cr/L
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) *	SM 5210 B, ASTM D 888-12 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5mg O ₂ /L
DQO Rango Alto*	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico	5mg O ₂ /L
Dureza Cálrica*	SM 3500 Ca-B Ed. 23 2017	Volumétrico con EDTA	5,0mg CaCO ₃ /L
Dureza Total*	SM 2340C	Volumétrico con EDTA	5,0mg CaCO ₃ /L
Fenoles totales*	SM 5530 B,D	Destilación - Fotométrico directo	0,1mg Fenol /L
Fósforo total*	SM 4500 -P B,E	Digestión Colorimetría con Ácido Ascórbico	0,07mg P/L
Grasas y Aceites*	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C	Espectrofotometría Infrarrojo	0,2mg/L
Mercurio Total*	SM 3112 B	Digestión-AA - Vapor Frío	0,001mg Hg/L
Níquel Total*	SM 3030 E; SM 3111 B	Digestión- AA – Llama Aire Acetileno	0,2mg Ni/L
Nitrógeno total*	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH ₃ B,C	Digestión - Kjeldahl	3,04mg N/L

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Parámetro	Método	Técnica Analítica	Límite de Cuantificación - Unidades
Oxígeno disuelto**	ASTMD 888-09 METODO C	Luminiscencia	0,05mg O ₂ /L
pH**	SM 4500 H+ B	Electrométrico	N.A Unidades de pH
Plata	SM 3030 E; SM 3111 B	Digestión- AA – Llama Aire Acetileno	
Plomo Total*	EPA200.7	Digestión- AA - Generación de hidruros	0,001mg Pb/L
Selenio Total	EPA 7742 1994, SM 3114 C 2017	Digestión- AA - Generación de hidruros	0,00250 mg/L
Sólidos Disueltos Totales*	SM 2540C	Gravimétrico - Secado a 180 °C	10mg/L
Sólidos sedimentables**	SM 2540F	Cono Imhoff	0,1ml/L
Sólidos Suspendidos Totales*	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C	10mg/L
Temperatura muestra**	SM 2550 B	Termométrico	N.A°C
Turbidez*	SM 2130B	Nefelometría	1NTU
Zinc Total*	SM 3030 E; SM 3111 B	Digestión- AA – Llama Aire Acetileno	0,05mg Zn/L

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafo SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.1.4 Etapa de Análisis

Se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas teniendo en cuenta la relación existente entre parámetros, así como con los criterios establecidos en la normatividad ambiental vigente, que corresponde al Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Capítulo 3 (Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos) – Secciones 2 (Destinación Genérica de las Aguas Superficiales y Subterráneas) y 9 (Disposiciones Transitorias), en el cual todavía se toma como referencia el Decreto 3930 de 2010 para las definiciones de los usos del agua, así como también se considera de manera transitoria el Decreto 1594 de 1984 para los límites permisibles de los diferentes usos del recurso hídrico.

A continuación, se referencian los artículos aplicables de la nueva normatividad que, para mayor entendimiento en el documento, se continúan interpretando a partir de los numerales de los Decretos 3930 de 2010 y 1594 de 1984, en los cuales se basa para el componente de calidad de agua del Decreto 1076 de 2015:

- Capítulo 3 – Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos.
- Sección 2 – Destinación Genérica de las Aguas Superficiales y Subterráneas.
- Artículo 2.2.3.3.2.1. Usos del agua (basado en el Decreto 3930 de 2010).
- Sección 9 – Disposiciones Transitorias

- Transitorios 2.2.3.3.9.9.3. Límites permisibles para consumo humano y doméstico con previo tratamiento convencional (corresponde al Art. 38 del Decreto 1594 de 1984).
- Transitorios 2.2.3.3.9.9.4. Límites permisibles para consumo humano y doméstico con previa desinfección (corresponde al Art. 39 del Decreto 1594 de 1984).
- Transitorios 2.2.3.3.9.9.5. Límites permisibles para uso agrícola (corresponde al Art. 40 Decreto 1594 de 1984).
- Transitorios 2.2.3.3.9.9.6. Límites permisibles para uso pecuario (corresponde al Art. 41 Decreto 1594 de 1984).

Como complemento a la determinación del estado actual del recurso hídrico en la zona de interés, se realizó la estimación de los índices de calidad y de contaminación del agua que se indican a continuación.

5.1.6.1.4.1 Índice de calidad del agua (ICA)

El IDEAM en el ENA (Estudio Nacional del Agua) adoptó la metodología UWQI (Universal Water Quality Index), la cual fue desarrollada y aplicada con el fin de obtener un índice simplificado para establecer la calidad de agua usada para el consumo humano. El IDEAM (2015) adoptó seis variables básicas para la determinación del ICA en los cuerpos de agua: una de estado (oxígeno disuelto) y cinco de presión (demanda química de oxígeno –DQO–, conductividad eléctrica –CE–, sólidos suspendidos totales –SST–, pH y relación nitrógeno total / fosforo total) (García, Vargas, Onofre, Aguirre & Sánchez, 2011). A cada una de estas variables se le asignaron unos factores de acuerdo con su importancia Tabla 5-71.

Tabla 5-71 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas del agua.

VARIABLE	(ICA)
% Oxígeno Disuelto	0,17
DQO	0,17
Conductividad eléctrica	0,17
Sólidos Suspendidos Totales	0,17
NT/PT	0,17
pH	0,15

Fuente: García et al., 2011

Para el cálculo se emplea una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada, cuya estructura de cálculo es la que se presenta en la siguiente ecuación (Torres et al., 2009):

$$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i$$

Donde W_i es el peso o porcentaje asignado al i -ésimo parámetro y I_i es el subíndice del i -ésimo parámetro.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Los valores del ICA del IDEAM comprenden una escala de cero a uno, en cinco categorías que pueden ser interpretados de acuerdo con la Tabla 5-72

Tabla 5-72 Interpretación del índice ICA.

RANGO	INTERPRETACIÓN
0,00 – 0,25	Muy Mala
0,26 – 0,50	Mala
0,51 – 0,70	Regular
0,71 – 0,90	Aceptable
0,91 – 1,00	Buena

Fuente: IDEAM, 2011.

Índices de contaminación del agua (ICO)

Se efectuó una interpretación del estado de contaminación de los sistemas de aguas superficiales de la zona de interés a partir del cálculo de los índices de contaminación del agua (ICO) sobre cada punto de muestreo (Ramírez et al., 1997). Para esto se tuvo en cuenta los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos para el punto de monitoreo.

Para el presente estudio se incluyen los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO), por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS) y de contaminación trófico (ICOTRO) los cuales relacionan las variables descritas en la Tabla 5-73.

Tabla 5-73 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMO	DBO5	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	Oxígeno Disuelto	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	
ICOMI	Conductividad	
	Dureza	
	Alcalinidad	
ICOTRO	Fósforo total (mg/L).	<0,01 = Oligotrófico >1 = Hipereutrófico

Fuente: Ramírez et al., 1997

Para calcular los diferentes índices de contaminación, se aplicaron las fórmulas descritas a continuación:

$$\text{ICOMO} = 1/3 (\text{IDBO5} + \text{IColiformes totales} + \text{IOxígeno\%})$$

$$\text{ICOMI} = 1/3 (\text{IConductividad} + \text{IDureza} + \text{IAlcalinidad})$$

$$\text{ICOSUS} = -0,02 + 0,003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)}$$

$$\text{ICOTRO} = \text{Fósforo total (mg/L)}$$

El ICOMO comprende la relación entre tres (3) variables fisicoquímicas (demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno), las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica. El ICOMI se expresa en conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza, que reúne los cationes calcio y magnesio y alcalinidad que incluye los aniones carbonatos y bicarbonatos. Por su parte, el ICOSUS involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y el ICOTRO se determina con la concentración del fósforo total. 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).

5.1.6.1.5 Discusión de Resultados

5.1.6.1.5.1 Caracterización fisicoquímica de fuentes superficiales

Presentación de los resultados comparados con la normatividad aplicable

Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados en los cuerpos de agua caracterizados se presentan en la Tabla 5-74 y Tabla 5-75. donde se incluye la respectiva comparación con los criterios de calidad permisibles del recurso hídrico de acuerdo con el uso (consumo humano y doméstico, uso agrícola y preservación de flora

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



y fauna), estipulado en la normatividad ambiental vigente (artículos transicionales del Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.2.1., 2.2.3.3.9.9.3, 2.2.3.3.9.9.4., 2.2.3.3.9.9.5., 2.2.3.3.9.9.6., 2.2.3.3.9.9.10.).

Es de mencionar que, aunque actualmente la norma que reglamenta los usos del agua y determina demás disposiciones relacionadas con este recurso es el Decreto 1076 de 2015 – Capítulo 3 – Secciones 2 y 9, que referencia todavía el Decreto 3930 de 2010 para las definiciones de los usos del agua, así como también considera de manera transitoria el Decreto 1594 de 1984 para los límites permisibles de los diferentes usos del recurso hídrico. Por lo anterior los límites de comparación que se incluyen en el presente documento, corresponden a los establecidos en el Decreto 1594 de 1984, ya que a la fecha todavía no se han definido los criterios de calidad para el uso de las aguas y actualmente se considera el régimen de transición establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.1. del Decreto 1076 de 2015 (Capítulo 3 – Sección 9).

El uso del agua para consumo humano y doméstico hace referencia a su empleo en actividades como fabricación o procesamiento de alimentos, bebida directa y satisfacción de necesidades domésticas, tales como higiene personal y limpieza. Por otro lado, el uso del agua para preservación de flora y fauna se refiere a su utilización en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y de sus ecosistemas asociados. Por uso agrícola, se entiende su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, mientras que el uso pecuario corresponde al uso del agua para el consumo del ganado en sus diferentes especies y otras actividades conexas o complementarias.

Aunque actualmente la norma que reglamenta los usos del agua y determina demás disposiciones relacionadas con este recurso es el Decreto 1076 del 2015, los límites de comparación que se incluyen en el presente documento corresponden a los establecidos en el Decreto 1594/84, ya que a la fecha todavía no se han definido los criterios de calidad para el uso de las aguas (Capítulo V, Artículo 20 Decreto 3930 de 2010).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-74 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en dos temporadas climáticas incluyendo la comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076 de 2015) para consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario y preservación de fauna y flora.

Parámetro	Limite - Unidades	Puntos de monitoreo										Decreto 1076 de 2015 MADS		
		A CG_1	A_VC_1	A_VC_2	A CG_2	A_CT_1	N_QF_1	N_QF_2	A CG_3	A_CT_2	N_QLP_1	Artículo s: 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 Consum o humano / Uso domésti co	Artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9.10 Flora y Fauna
Acidez Total	5,0mg CaCO3/L	143	59,1	50,7	45,5	14,4	5,03	5,03	25,9	16,5	99,2	N.E.	N.E.	N.E.
Alcalinidad Total	6,04mg CaCO3/L	292	209	134	122	88,5	21,2	18,7	60,7	79,1	15	N.E.	N.E.	N.E.
Arsénico Total	0,0025mg As/L	<0,002 50	0,0216	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	0,05	0,1/0,2	N.E
Bario Total	0,5mg Ba/L	<0,500	4,1	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	1.0	N.E.	N.E.
Cadmio Total	0,01mg Cd/L	<0,010 0	0,0225	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	0.01	0.01/0.05	N.E.
Cobre Total	0,1mg Cu/L	<0,100	0,264	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	1,0	0,2 / 0,5	N.E.
Coliformes Fecales Termotolera ntes	1NMP/100 mL	5520	2470	3950	3540	400	148	328	275	569	17,3	2.000*	1000/N.E.	N.E.
Coliformes Totales	1NMP/100 mL	173290	20140	141360	120330	3076	2420	3076	2851	4106	1414	20.000*/ 1.000**	5000/N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Parámetro	Limite - Unidades	Puntos de monitoreo										Decreto 1076 de 2015 MADS		
		A_CG_1	A_VC_1	A_VC_2	A_CG_2	A_CT_1	N_QF_1	N_QF_2	A_CG_3	A_CT_2	N_QLP_1	Artículo s: 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 Consum o humano / Uso doméstico	Artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9.10 Flora y Fauna
Color real (436 nm)	N.A-a(436nm) m-1	15,5	14	1,38	0,847	0,674	0,381	0,292	0,592	0,764	0,132	N.E.	N.E.	N.E.
Color real (525 nm)	N.A-a(525nm) m-1	6,7	7,47	0,508	0,293	0,217	0,174	0,11	0,194	0,243	0,082	N.E.	N.E.	N.E.
Color real (620 nm)	N.A-a(620nm) m-1	3,69	4,31	0,252	0,151	0,115	0,126	0,084	0,106	0,109	0,068	N.E.	N.E.	N.E.
Cromo Total	0,1mg Cr/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	5mg O2/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.
DQO Rango Alto	5mg O2/L	19,1	10,5	22,5	15,8	5,23	<5,00	11,1	6,74	25,9	13,5	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza Cálcica	5,00 mg CaCO3/L	57,8	421	65,5	62	62,4	23	22,2	45,2	64,1	38,3	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza Total	4,6mg CaCO3/L	88	547	82,3	82,3	79,6	43,3	42,1	77,7	72,7	76,6	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles Totales	0,1mg Fenol /L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,20	N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Parámetro	Limite - Unidades	Puntos de monitoreo										Decreto 1076 de 2015 MADS		
		A_CG_1	A_VC_1	A_VC_2	A_CG_2	A_CT_1	N_QF_1	N_QF_2	A_CG_3	A_CT_2	N_QLP_1	Artículo s: 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 Consum o humano / Uso doméstico	Artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9.10 Flora y Fauna
Fósforo total	0,07mg P/L	2,7	0,708	1,42	1,21	0,333	0,0896	0,136	0,214	0,324	0,293	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y Aceites	0,2mg/L	0,486	0,524	0,289	0,438	0,558	<0,200	0,228	0,491	0,569	0,226	Sin Película Visible	N.E.	N.E.
Mercurio Total	0,001mg Hg/L	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	0,00139	0.002	N.E./0.01	N.E.
Níquel Total	0,2mg Ni/L	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	N.E.	0,2 / N.E.	N.E.
Nitrógeno total	3,04mg N/L	108	150	23,7	19,6	16,2	6,36	21,4	15,6	20,2	13,7	N.E.	N.E.	N.E.
Plata Total	0,0500 mg Ag/L	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,05	N-E	0,01
Plomo Total	0,001mg Pb/L	<0,00100	0,453	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	0.05	5.0/0.1	N.E.
Selenio Total	0,00250 mg /L	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Disueltos Totales	10mg/L	560	514	228	212	142	70	66	168	140	158	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	10mg/L	1608	1380	16	32	93,5	<10,0	20	57,5	15,5	67	N.E.	N.E.	N.E.
Turbidez	1NTU	522	389	13	24	127	9,9	15	51	22	87	10**	N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Puntos de monitoreo												Decreto 1076 de 2015 MADS		
Parámetro	Limite - Unidades	A_CG_1	A_VC_1	A_VC_2	A_CG_2	A_CT_1	N_QF_1	N_QF_2	A_CG_3	A_CT_2	N_QLP_1	Artículo s: 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 Consum o humano / Uso doméstico	Artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9.10 Flora y Fauna
Zinc Total	0,05mg Zn/L	0,137	0,0705	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,0675	<0,0500	0,151	N.E.	N.E.	N.E.
Temperatura muestra	N.A °C	17,5	22,8	21,4	21,5	16,6	16,5	16,8	19,7	15,9	16,7	N.E.	N.E.	N.E.
pH	N.A Unidad de pH	7,18	7,35	7,32	7,22	7,05	7,21	7,08	6,81	7,11	5,96	5.0 - 9.0*/6.5 - 8.5**	4.5-9.0	4.5-9.0
Oxígeno disuelto	0,05mg O2/L	2,63	1,1	3,53	3,45	2,59	6,86	5,53	1,37	2,43	2,93	N.E.	N.E.	5.0
Conductividad	0,1µS/cm	958	930	439	401	258	124,6	170,1	316	258	347	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Sedimentables	0,1ml/L	13	26	<0,1	1	0,1	<0,1	0,2	1,5	0,5	2,9	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-75 (Continuación). Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en dos temporadas climáticas incluyendo la comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076 de 2015) para consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario y preservación de fauna y flora.

Puntos de monitoreo											Decreto 1076 de 2015 MADS		
Parámetro	Límite - Unidades	A_CG_4	A_CG_5	N_QF_3	N_QN_1	N_QLP_2	N_HUM_TOR_1 N_HUM_TOR_2 N_HUM_TOR_3	N_QLP_3	N_HUM_GUA_1 N_HUM_GUA_2 N_HUM_GUA_3	N_QN_2	Artículo s: 2.2.3.3. 9.3 y 2.2.3.3. 9.4 Consum o humano / Uso doméstico	Artículos 2.2.3.3.9. 5 y 2.2.3.3.3. 9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9. 10 Flora y Fauna
Acidez Total	5,0mg CaCO ₃ /L	9,21	11,3	6,08	22,8	9,21	23,6	27,8	42,4	13,5	N.E.	N.E.	N.E.
Alcalinidad Total	6,04mg CaCO ₃ /L	70,6	79,6	11	73,6	71,6	43,5	29	129	47,1	N.E.	N.E.	N.E.
Arsénico Total	0,0025mg As/L	<0,002 50	<0,002 50	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,0025 0	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	<0,002 50	0,05	0,1/0,2	N.E.
Bario Total	0,5mg Ba/L	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	1.0	N.E.	N.E.
Cadmio Total	0,01mg Cd/L	<0,010 0	<0,010 0	<0,0002 50	<0,0002 50	<0,0002 50	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	<0,010 0	0.01	0.01/0.05	N.E.
Cobre Total	0,1mg Cu/L	<0,100	<0,100	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	1,0	0,2 / 0,5	N.E.
Coliformes Fecales	1NMP/100 mL	355	183	386	296	837	84,2	108	288	373	2.000*	1000/N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Puntos de monitoreo											Decreto 1076 de 2015 MADS		
Parámetro	Límite - Unidades	A CG_4	A CG_5	N QF_3	N QN_1	N QLP_2	N_HUM_TOR_1 N_HUM_TOR_2 N_HUM_TOR_3	N_QLP_3	N_HUM_GUA_1 N_HUM_GUA_2 N_HUM_GUA_3	N_QN_2	Artículo s: 2.2.3.3. 9.3 y 2.2.3.3. 9.4 Consum o humano / Uso domésti co	Artículos 2.2.3.3.9. 5 y 2.2.3.3.3. 9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9. 10 Flora y Fauna
Termotolera ntes													
Coliformes Totales	1NMP/100 mL	3255	2613	2142	2723	5794	1414	2755	3255	10462	20.000* / 1.000**	5000/N.E.	N.E.
Color real (436 nm)	N.A- a(436nm) m-1	0,549	0,642	0,567	0,784	0,962	0,978	0,256	1,3	1,64	N.E.	N.E.	N.E.
Color real (525 nm)	N.A- a(525nm) m-1	0,207	0,176	0,225	0,279	0,295	0,335	0,105	0,391	0,671	N.E.	N.E.	N.E.
Color real (620 nm)	N.A- a(620nm) m-1	0,123	0,068	0,137	0,133	0,136	0,149	0,051	0,159	0,351	N.E.	N.E.	N.E.
Cromo Total	0,1mg Cr/L	<0,100	<0,100	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.
DBO5 (Demanda	5mg O2/L	<5,0	5,27	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	5,18	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Puntos de monitoreo											Decreto 1076 de 2015 MADS		
Parámetro	Límite - Unidades	A CG_4	A CG_5	N QF_3	N QN_1	N QLP_2	N_HUM_TOR_1 N_HUM_TOR_2 N_HUM_TOR_3	N QLP_3	N_HUM_GUA_1 N_HUM_GUA_2 N_HUM_GUA_3	N QN_2	Artículo s: 2.2.3.3. 9.3 y 2.2.3.3. 9.4 Consum o humano / Uso domésti co	Artículos 2.2.3.3.9. 5 y 2.2.3.3.3. 9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9. 10 Flora y Fauna
Bioquímica (de Oxígeno)													
DQO Rango Alto	5mg O2/L	<5,00	21	<5,00	5,23	13,1	<5,00	<5,00	44,7	9,2	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza Cálcica	5,00 mg CaCO3/L	64,3	67	8,23	67,4	72	38,3	42,7	105	37,2	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza Total	4,6mg CaCO3/L	72,7	75	10,5	72	85,4	44	63,2	154	51	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles Totales	0,1mg Fenol /L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,20	N.E.	N.E.
Fósforo total	0,07mg P/L	0,333	0,305	0,13	0,152	0,118	0,552	<0,070 0	0,467	0,222	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y Aceites	0,2mg/L	0,563	0,558	0,425	0,295	0,358	0,491	<0,200	0,362	0,815	Sin Película Visible	N.E.	N.E.
Mercurio Total	0,001mg Hg/L	<0,001 00	<0,001 00	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,001 00	<0,001 00	<0,001 00	<0,001 00	0.002	N.E./0.01	N.E.
Níquel Total	0,2mg Ni/L	<0,200	<0,200	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,0010 0	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	N.E.	0,2 / N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Puntos de monitoreo											Decreto 1076 de 2015 MADS		
Parámetro	Límite - Unidades	A CG_4	A CG_5	N_QF_3	N_QN_1	N_QLP_2	N_HUM_TOR_1 N_HUM_TOR_2 N_HUM_TOR_3	N_QLP_3	N_HUM_GUA_1 N_HUM_GUA_2 N_HUM_GUA_3	N_QN_2	Artículo s: 2.2.3.3. 9.3 y 2.2.3.3. 9.4 Consum o humano / Uso domésti co	Artículos 2.2.3.3.9. 5 y 2.2.3.3.3. 9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9. 10 Flora y Fauna
Nitrógeno total	3,04mg N/L	13,1	9,3	17	9,85	15,9	15,9	11,5	9,85	5,49	N.E.	N.E.	N.E.
Plata Total	0,0500 mg Ag/L	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,05	N-E	0,01
Plomo Total	0,001mg Pb/L	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	0.05	5.0/0.1	N.E.
Selenio Total	0,00250 mg /L	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	<0,00250	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Disueltos Totales	10mg/L	144	148	20	96	132	58	122	230	64	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	10mg/L	24	13	<10,0	<10,0	26	115	11	83	12,5	N.E.	N.E.	N.E.
Turbidez	1NTU	30	19	31	33	36	35	28	39	16	10**	N.E.	N.E.
Zinc Total	0,05mg Zn/L	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,09	<0,0500	<0,0500	<0,0500	N.E.	N.E.	N.E.
Temperatura muestra	N.A °C	18,8	18,5	14,3	16,6	18,6	19,4	16,9	19	18,6	N.E.	N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Puntos de monitoreo											Decreto 1076 de 2015 MADS		
Parámetro	Límite - Unidades	A CG_4	A CG_5	N QF_3	N QN_1	N QLP_2	N_HUM_TOR_1 N_HUM_TOR_2 N_HUM_TOR_3	N QLP_3	N_HUM_GUA_1 N_HUM_GUA_2 N_HUM_GUA_3	N QN_2	Artículo s: 2.2.3.3. 9.3 y 2.2.3.3. 9.4 Consum o humano / Uso domésti co	Artículos 2.2.3.3.9. 5 y 2.2.3.3.3. 9.6 Uso agrícola / pecuario	Artículo 2.2.3.3.9. 10 Flora y Fauna
pH	N.A Unidad de pH	6,69	7,14	7,56	6,94	7,23	6,89	6,56	6,94	7,23	5.0 - 9.0*/6.5 - 8.5**	4.5-9.0	4.5-9.0
Oxígeno disuelto	0,05mg O2/L	2,43	2,08	7,1	5,21	3,24	2,13	2,53	1,36	5,43	N.E.	N.E.	5.0
Conductivida d	0,1µS/cm	257	270	40,1	185,6	268	109,9	234	101,1	157,7	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Sedimentabl es	0,1ml/L	0,9	0,1	0,1	<0,1	0,3	1,5	<0,1	1	4,5	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

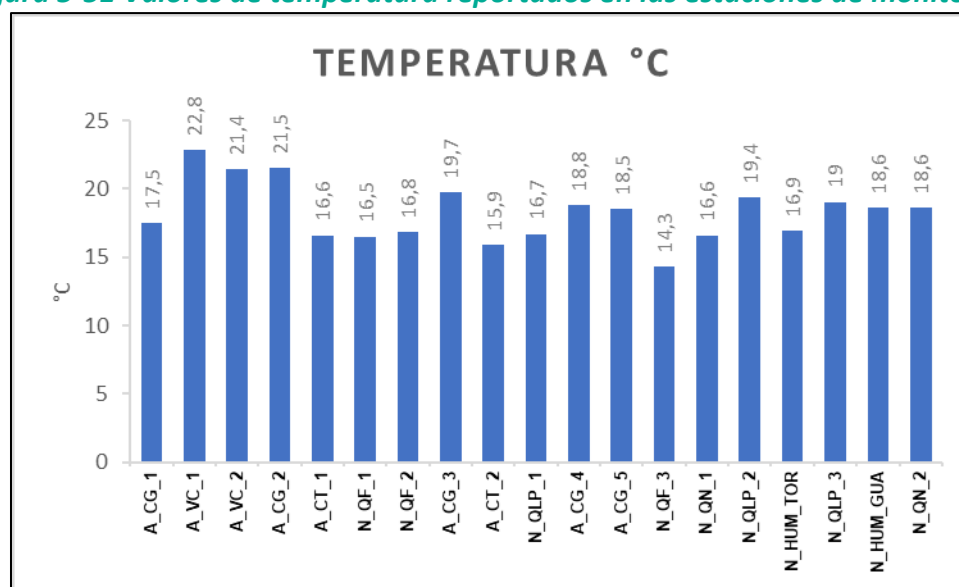
5.1.6.1.5.2 Caracterización de ecosistemas

La temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua y su valor depende de la profundidad, hora de toma y de las condiciones ambientales de la zona (Roldán, 1989). En general este parámetro tiene incidencia sobre todos los procesos biológicos, así como en el comportamiento de otras variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, pH, conductividad. Igualmente, incrementos en la temperatura aumentan la solubilidad de ciertos compuestos químicos, y en general disminuye la solubilidad de gases, especialmente la del oxígeno disuelto (Justic et al., 1996).

La temperatura observada en las diferentes estaciones de aguas superficiales evaluadas se relaciona con las condiciones hidrometeorológicas de la ciudad de Bogotá. En general los distintos puntos de monitoreo presentaron niveles de temperatura similares. El punto de monitoreo con el valor de temperatura más alto es A_VC_1 con una temperatura de 22,9°C y el punto con el menor valor es N_QF_3 con una temperatura de 14,3°C, estos valores son influenciados principalmente por la hora de toma de muestra (Figura 5-51). De acuerdo con la normatividad ambiental vigente no existe algún tipo de restricción de uso del recurso ya que no hay un valor definido como límite máximo. Así mismo, se define que los valores identificados son adecuados y se relacionan con los distintos tipos de ecosistemas analizados y su ubicación geográfica.

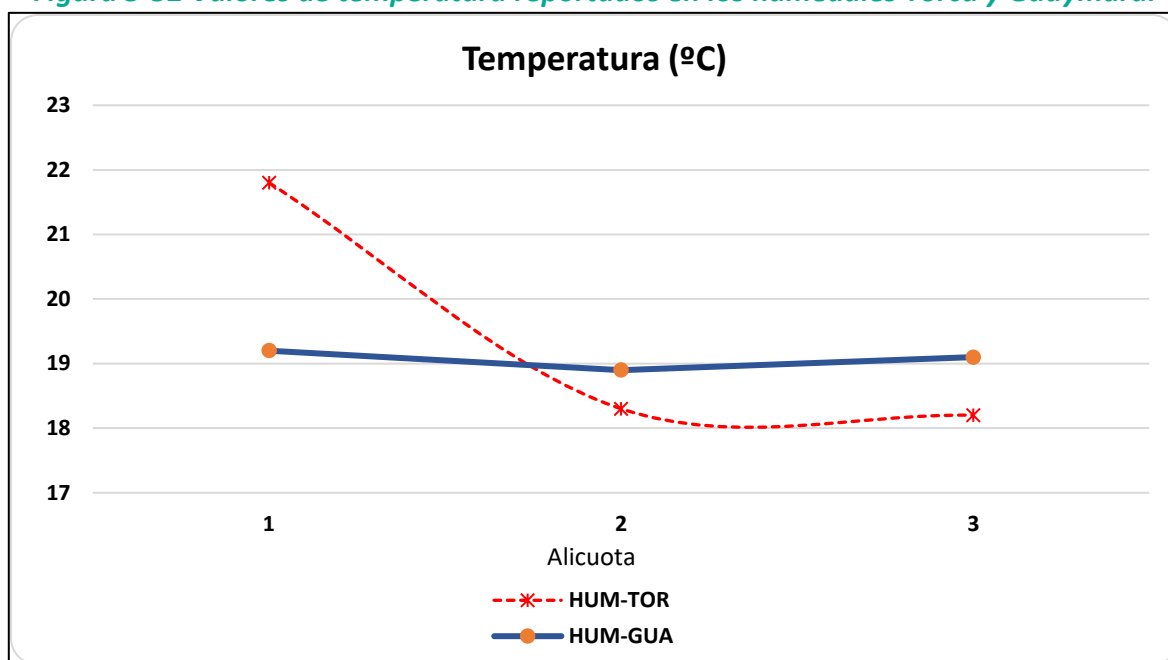
En el caso de los humedales Torca y Guaymaral, los valores estuvieron constantes en los 3 puntos donde se realizó la toma de las alícuotas, tal como se observa en la (Figura 5-52).

Figura 5-51 Valores de temperatura reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-52 Valores de temperatura reportados en los humedales Torca y Guaymaral



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

El oxígeno disuelto (O.D.) es uno de los indicadores más importantes de calidad del agua. La fuente principal de O.D. es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos (Roldán, 2003). Otras fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada (Roldán y Ramírez, 2008). En general las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo, indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Los valores encontrados se registraron con valores variables, los tres puntos con valores más altos de O.D fueron N_QF_3, N_QF_1 y N_QF_2 con 7,1 mg/L, 6,86 mg/L y 5,53 mg/L respectivamente, estos puntos tenían un flujo constante de agua, por lo que es posible que este movimiento suministre oxígeno a estos cuerpos de agua. Por otro lado, los puntos que obtuvieron valores bajos de O.D fueron A_VC_1, N_HUM_GUA_1 y A_CG_3 con resultados de 1,1 mg/L, 1,36 mg/L y 1,37 mg/L respectivamente. El punto A_VC_1 se encontraba en proceso de desecación al momento de la toma de la muestra, el humedal de Guaymaral y CAFAM Aguas abajo presentaban alta cobertura de macrófitas y estancamiento lo que explica los niveles bajos en estos cuerpos de agua. (Figura 5-53).

De manera general se encontró que la mayoría de los humedales presentaron niveles bajos debido a la falta de movimiento, esto genera un aumento de la evaporación, lo que resulta en un incremento en la temperatura y una menor disponibilidad de oxígeno disuelto. Como

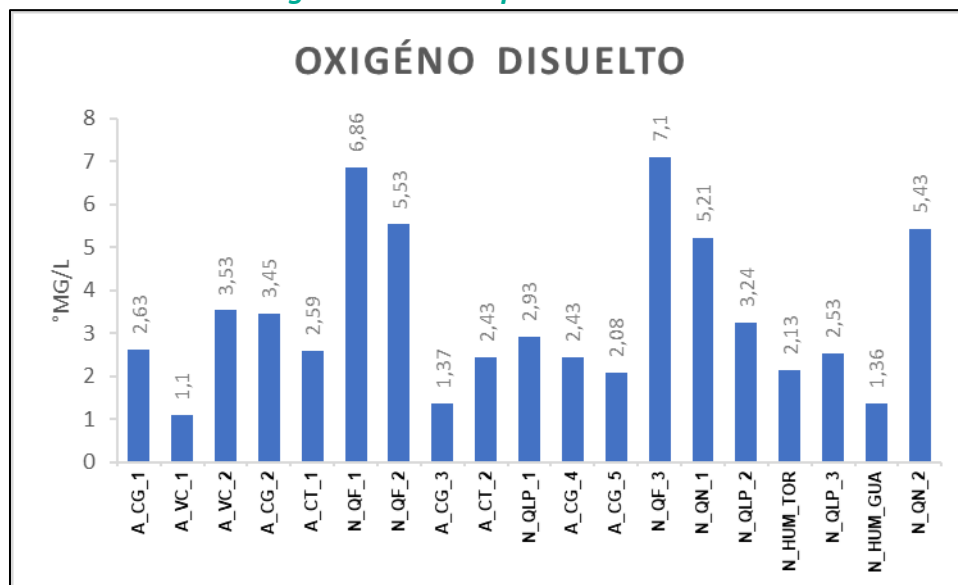
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



se puede observar en la Figura 5-54 los niveles de oxígeno fueron constantes en los tres puntos de los dos humedales.

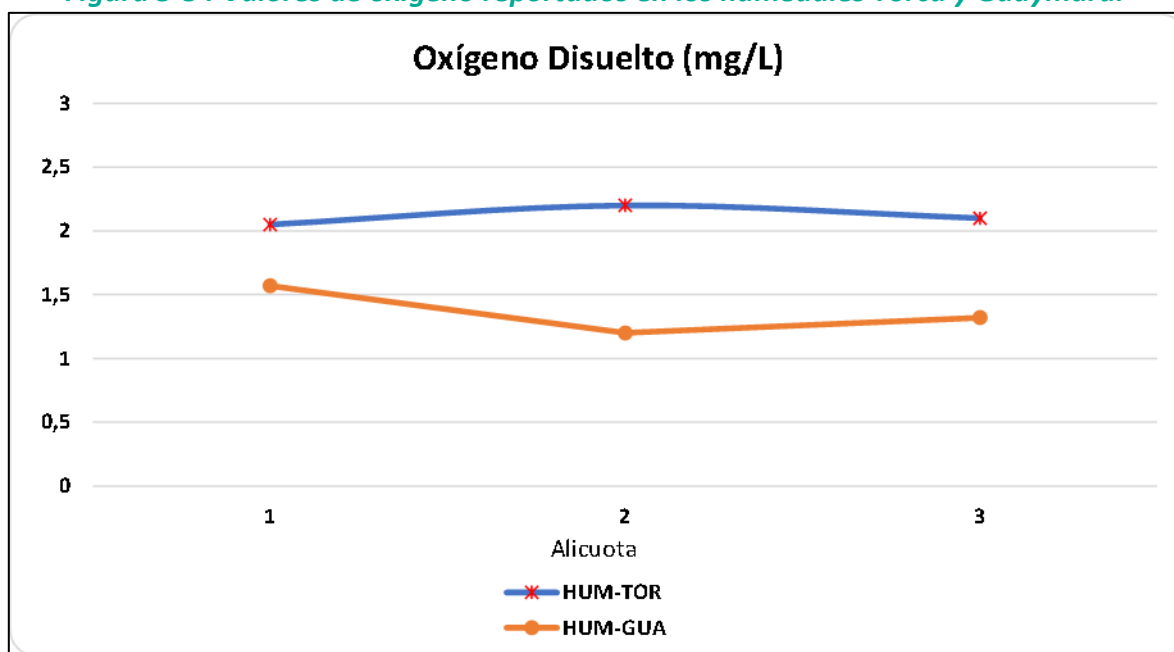
Comparado con el criterio de la normatividad ambiental vigente, se establece que existe restricción del uso del recurso con fines de preservación de fauna y flora para la mayoría de las estaciones de muestreo donde se encontraron con niveles inferiores a 5 mg/L.

Figura 5-53 Valores de oxígeno disuelto reportados en las estaciones de monitoreo



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-54 Valores de oxígeno reportados en los humedales Torca y Guaymaral



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es la medida de la concentración de oxígeno requerido por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable o carbonácea en condiciones aeróbicas. Se mide en cinco (5) días a 20 °C y es en general una indicación indirecta del carbono orgánico biodegradable presente en una masa de agua, por lo que da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (Roldán y Ramírez, 2008).

La mayoría de las estaciones dio como resultado valores de DBO5 indetectables para la técnica de análisis empleada. Solo dos puntos obtuvieron valores superiores, el punto A_CG_5 y N_HUM_GUA_1 obtuvieron valores de 5,27 mg/L y 5,18 mg/L respectivamente.

A pesar de que fueron detectados estos valores de DBO5 en estos puntos, son levemente más altos que los niveles de detección. Lo anterior indica que la cantidad de oxígeno disuelto necesaria para poder degradar la materia orgánica presente en estas fuentes superficiales en general es aceptable y no representa un riesgo para el desarrollo de la fauna acuática.

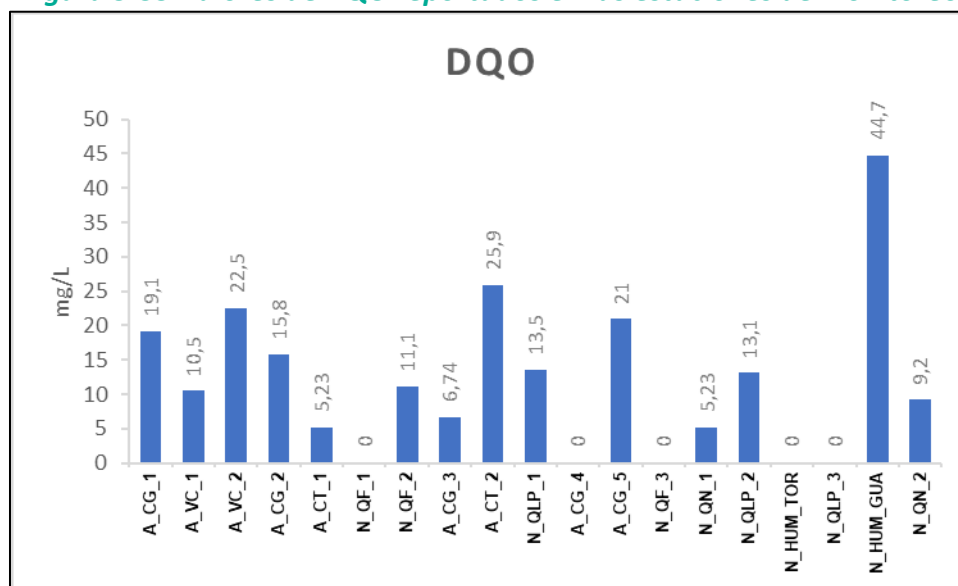
En el caso de la demanda química de oxígeno (DQO), este es un parámetro analítico de contaminación, que mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua mediante oxidación química, representando así el contenido de materia orgánica total del agua (Roldán y Ramírez, 2008). Esta es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Los niveles de DQO fueron variables en todas las estaciones y se reportaron desde indetectables (<5,00 mg/L) hasta 44,7 mg/L, siendo el punto N_HUM_GUA_1 el que obtuvo el valor más alto para este parámetro (Figura 5-55). El contenido orgánico expresado en DQO presente en cada sistema sugiere que el aporte de este tipo de material orgánico es natural, ya que los niveles son similares a los que se encuentran en sistemas naturales de poca intervención antrópica, donde los niveles generalmente están por debajo de los 25 mg/L (Ramírez, 2011). Debido a la presencia de basuras en algunos puntos de monitoreo, es posible que su presencia haya influenciado los resultados de DQO mostrando algún grado de contaminación.

La relación entre la DBO y la DQO sugieren estados aceptables en referencia al contenido orgánico de las fuentes hídricas, lo que descarta cualquier tipo de vertimiento industrial o doméstico en los cauces. En general los valores hallados se encuentran en una escala aceptable y no representan alteraciones significativas en los ecosistemas para este parámetro.

Figura 5-55 Valores de DQO reportados en las estaciones de monitoreo



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

El pH es una abreviatura para representar el potencial de hidrogeniones del agua, estando íntimamente relacionado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. Es de mencionar que en general este parámetro puede ser modificado por actividad biológica o por intercambio de CO₂ con el aire (Roldán, 2003). Así, las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; o por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. En cuanto al pH, la presencia de carbonatos, fosfatos y de iones similares confieren al agua un efecto tampón, de modo que, si se adiciona un ácido o una base en tales condiciones, no causa mayor efecto en el pH (Londoño, 2006).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



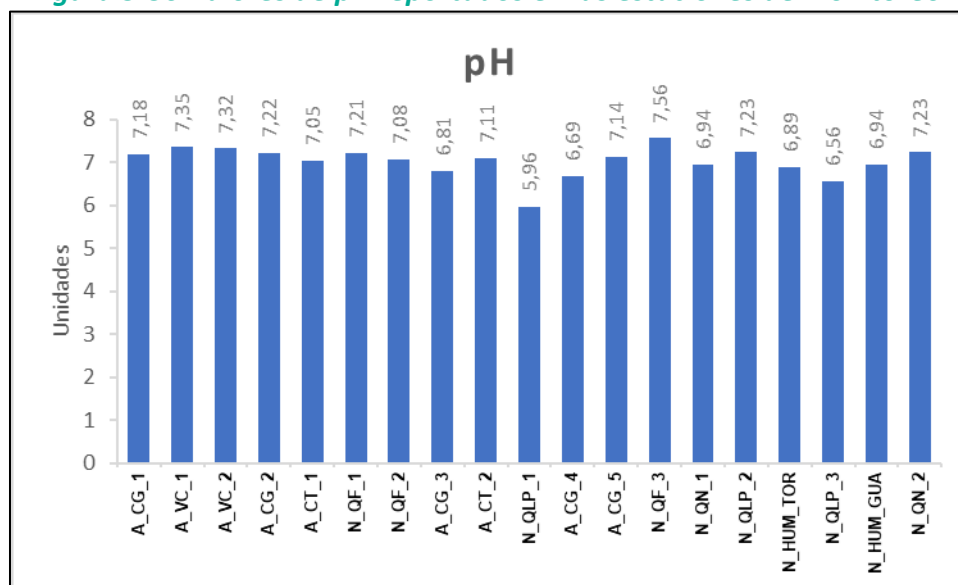
El pH presentó concentraciones tendientes a la neutralidad en todas las estaciones evaluadas lo que se asocia a la posible presencia de compuestos ácidos y básicos en similares

concentraciones. Únicamente el punto N_QLP_1 presento tendencias a la acidez con un resultado de 5,96 unidades. (Figura 5-56).

En general estos resultados estuvieron acordes con el Decreto 1076 del 2015 para el consumo humano, uso doméstico, uso agrícola y/o pecuario y preservación de flora y fauna manteniéndose dentro del rango que establece la normatividad ambiental vigente (5,0-9,0 unidades, 6,5-8,5 unidades, 4,5-9,0 unidades y 4,5-9,0 unidades respectivamente).

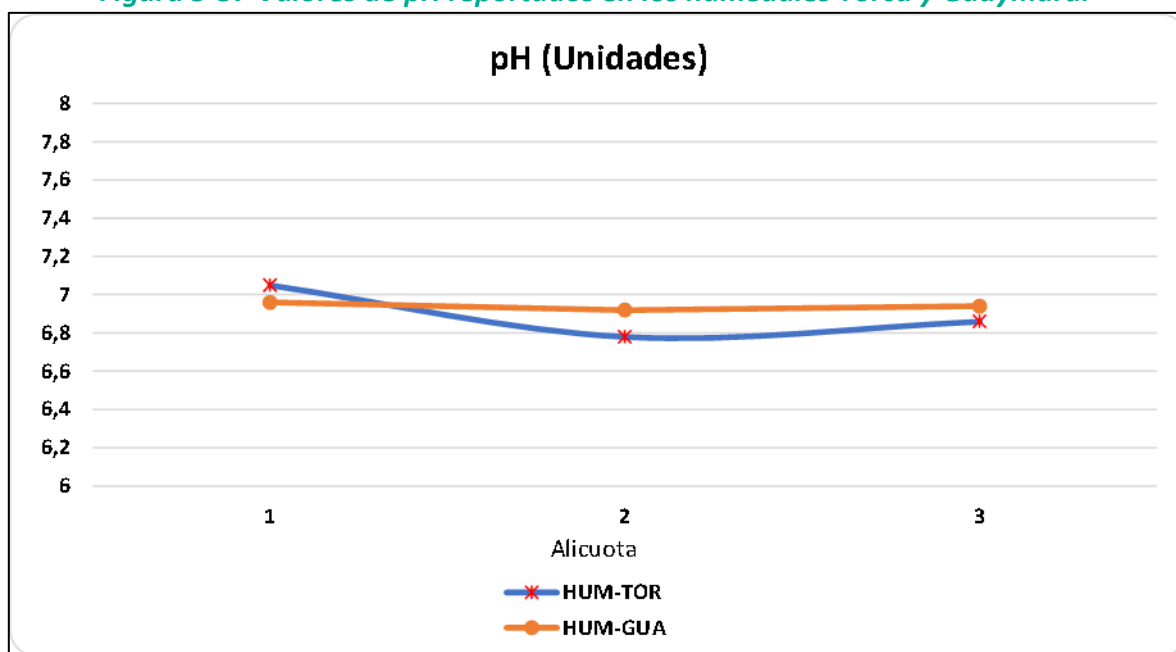
En el caso de los humedales Torca y Guaymaral, los valores de pH se mantuvieron constantes en los 3 puntos donde se tomaron las 3 submuestras para cada uno de los cuerpos de agua como se observa en la Figura 5-57

Figura 5-56 Valores de pH reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-57 Valores de pH reportados en los humedales Torca y Guaymaral

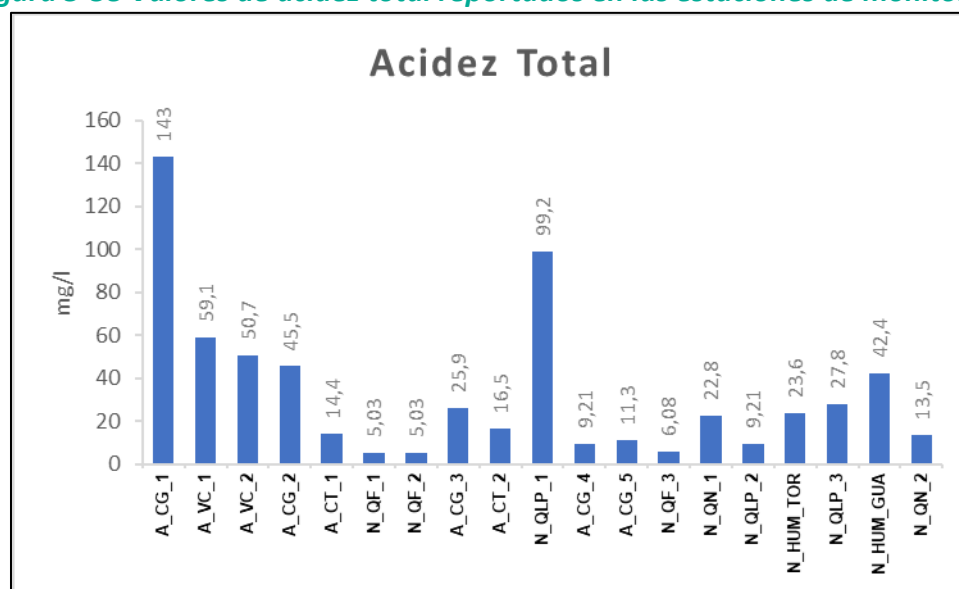


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Respecto al parámetro acidez, generalmente se considera que todas las aguas que tienen un pH inferior a 8,5 unidades tienen acidez. La acidez en las aguas naturales es ocasionada por la presencia de CO₂ o la presencia de un ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCl). Es de mencionar que el CO₂ es un componente normal de las aguas naturales. La condición ácida del agua también puede presentarse debido a que el CO₂ se produce en la descomposición biológica de la materia orgánica (Sierra, 2011).

En los puntos evaluados se obtuvieron en general valores de acidez variables, con varios registros desde 5,03 mg/L hasta 143,3 mg/L, teniéndose las mayores concentraciones en los puntos A_CG_1 y N_QLP_1 (Figura 5-58).

Figura 5-58 Valores de acidez total reportados en las estaciones de monitoreo.



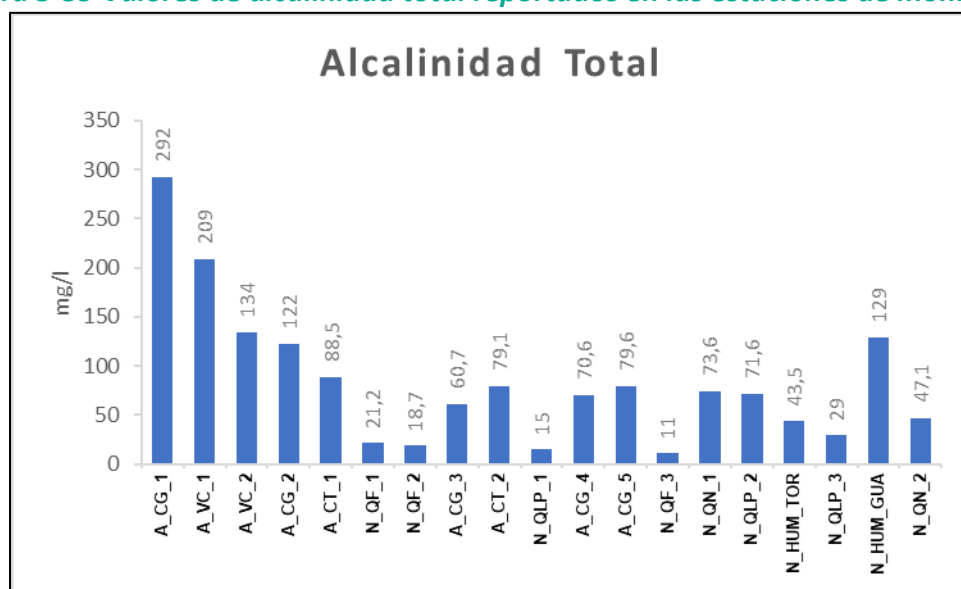
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Los resultados de acidez antes mencionados son considerados producto de la presencia de CO₂ en el medio, siendo una característica normal de los cuerpos de agua en general, teniendo en cuenta que autores como Sierra (2011) manifiestan que esta condición se da en valores de acidez moderados con niveles de pH entre cinco (5) y ocho (8) unidades. En este mismo sentido y asociado con los procesos de descomposición de materia orgánica, en las estaciones A.CG_1 y N.QLP_1 para la presencia de CO₂ puede ser superior aumentando de esta forma la acidez del agua.

La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. Este parámetro puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes. En las aguas naturales la alcalinidad se debe a la presencia de iones CO₃²⁻ y HCO₃⁻ los cuales ingresan al agua debido a la acción del CO₂ sobre los materiales naturales del suelo (Sierra, 2011).

La alcalinidad se encontró con registros variables, teniéndose en parte una correspondencia con los resultados antes descritos de acidez. Los valores de alcalinidad en los puntos se reportan desde 11 mg/L hasta 292 mg/L presentando el mayor valor en el punto A.CG_1 y el menor valor en el punto N.QF_3 (Figura 5-59). En general los valores de alcalinidad fueron congruentes respecto al pH, encontrando que las estaciones cercanas a la neutralidad (pH=7 Unidades) fueron las que reportaron mayores niveles de alcalinidad, lo que garantiza un mantenimiento de este pH debido a la acción buffer de la alcalinidad que permite estabilidad en esta variable.

Figura 5-59 Valores de alcalinidad total reportados en las estaciones de monitoreo

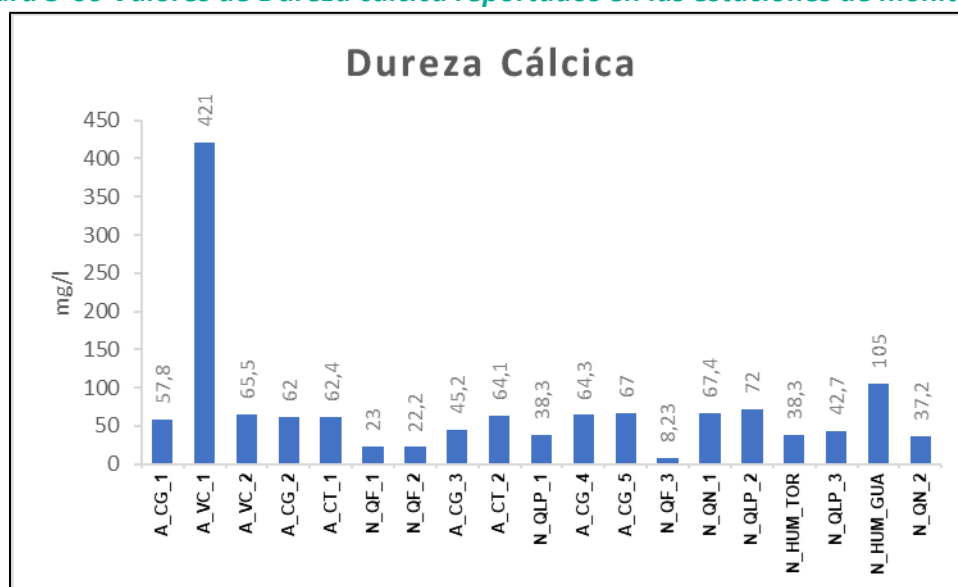


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La dureza cálcica está determinada por la presencia del catión bivalente Ca^{2+} y su presencia en las aguas se debe principalmente a la presencia de calcio en las rocas que difunde en los cuerpos de agua. Los valores de dureza cálcica se presentaron desde 9,23 mg/L hasta 421 mg/L, indicando que el punto A_VC_1 presentó el valor más alto lo que indica que las aguas presentes en este cauce son "duras" y tienen alta concentración de calcio polivalente (Figura 5-60).

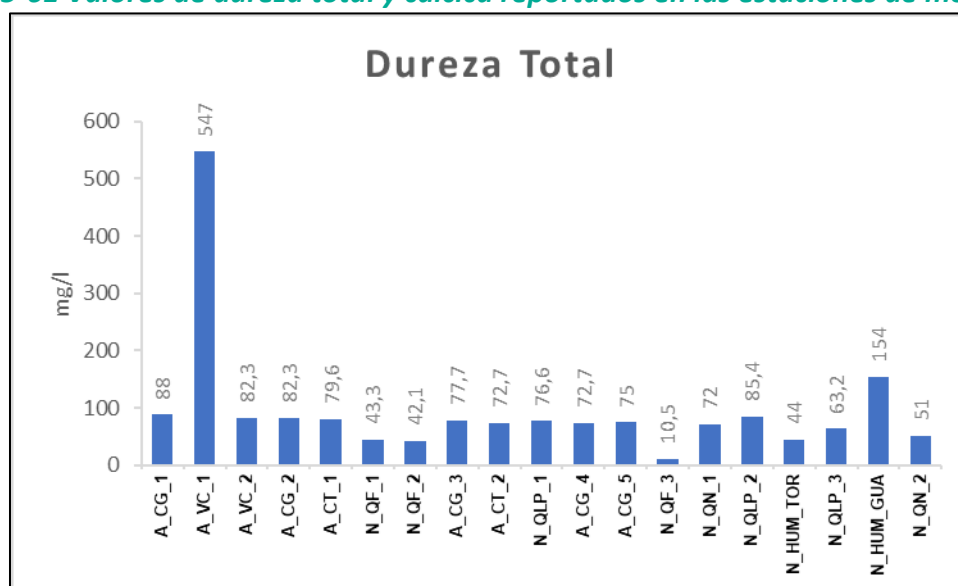
La dureza total está determinada por la presencia de cationes bivalentes en el agua, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} y cuyo proceso se da naturalmente en el agua con el ingreso de dichos iones producto del proceso de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo (Sierra, 2011). Este parámetro varió en un rango entre 10,5 mg/L y 547 mg/ (Figura 5-61). Las fuentes superficiales evaluadas fueron en términos generales ecosistemas con niveles variables de dureza, teniéndose puntos con aguas blandas (0 – 75 mg/L), aguas moderadamente duras (75 - 150 mg/L), aguas duras (150 - 300 mg/L) y aguas muy duras (>300 mg/L).

Figura 5-60 Valores de Dureza cálcica reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-61 Valores de dureza total y cálcica reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La conductividad de las aguas es un parámetro utilizado como indicador de salinidad y consecuentemente, de la calidad general de las mismas (Sánchez y Martín, 2005). Este parámetro mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura.

Para los puntos evaluados se encontraron concentraciones variables y en su mayoría cercanas entre sí con reportes de 40,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 959 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los puntos que obtuvieron los

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



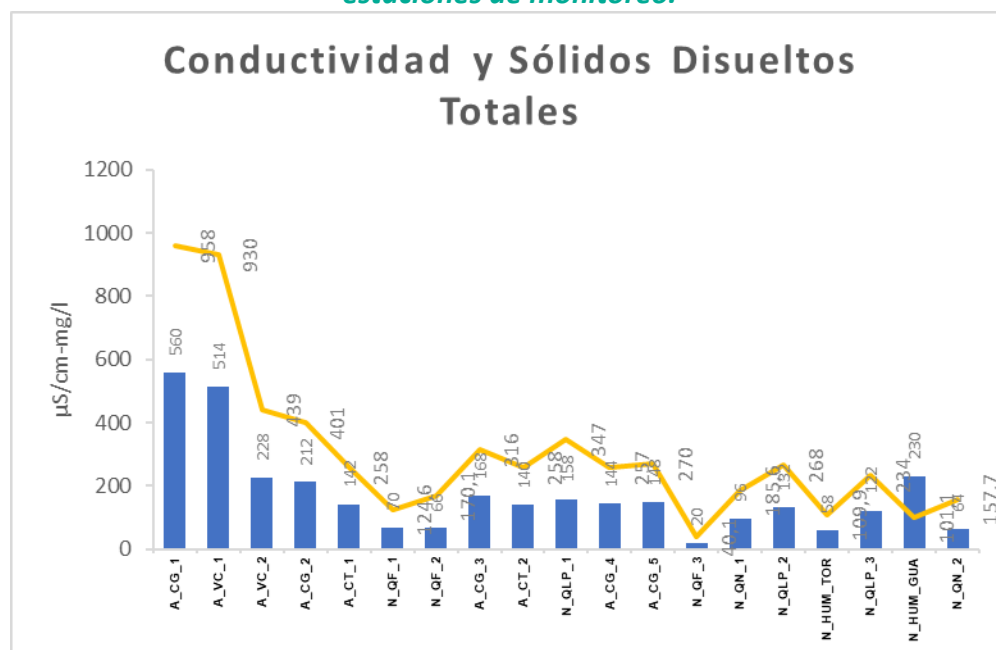
valores más elevados para este parámetro fueron el A_CG_1 Y A_VC_1 con valores de 959 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que sugiere un mayor contenido iónico (especialmente de aniones) en sus aguas, que se puede relacionar con la naturaleza de estos puntos donde se acumulan partículas disueltas producto de la evaporación del agua y la reducción del volumen de estos ecosistemas. (Figura 5-61).

Estos resultados son acordes con los obtenidos para los sólidos disueltos totales, que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales y para los cuales los registros fueron de 20 mg/L a 560 mg/L (Figura 5-62); al igual que ocurre con la conductividad la concentración de partículas disueltas fue superior en las estaciones A_CG_1 y A_VC_1.

Dentro del porcentaje promedio de la composición química de las aguas dulces, una alcalinidad y un pH superiores suponen un mayor contenido de este tipo de aniones que adjudican una mayor conductividad y por ende una mayor presencia de sólidos disueltos.

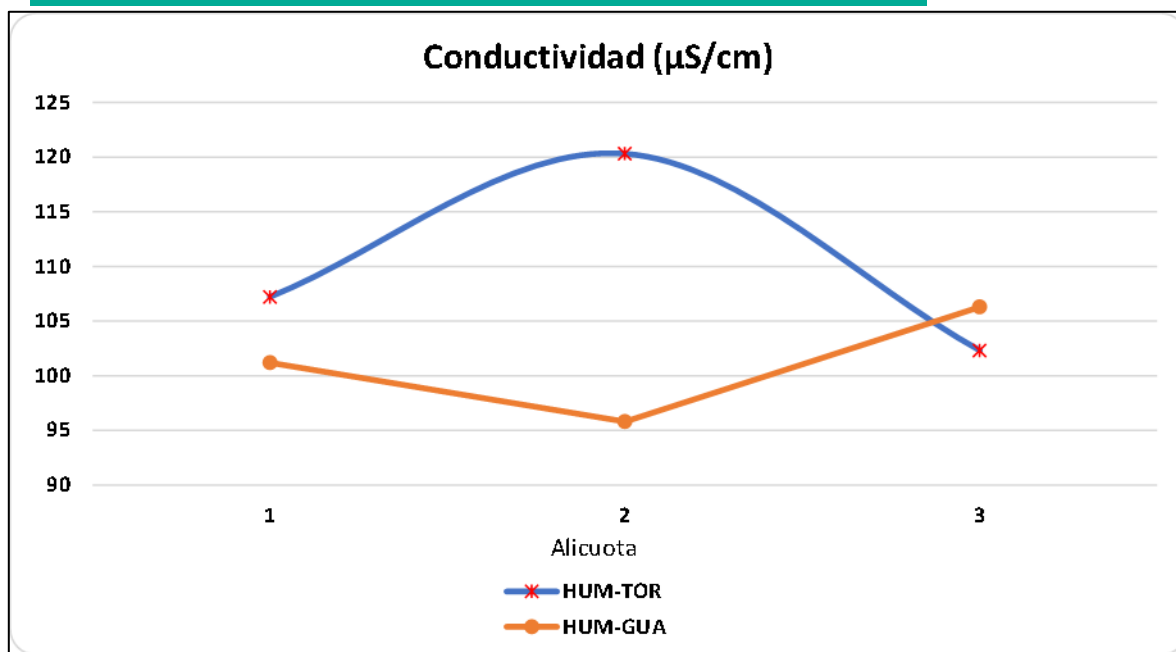
En el caso de los humedales, la conductividad, al igual que los demás parámetros in situ fueron constantes en los tres puntos donde se realiza la toma de muestra de las alícuotas para cada humedal, tal como se observa en la Figura 5-63.

Figura 5-62 Valores de conductividad y sólidos disueltos totales reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

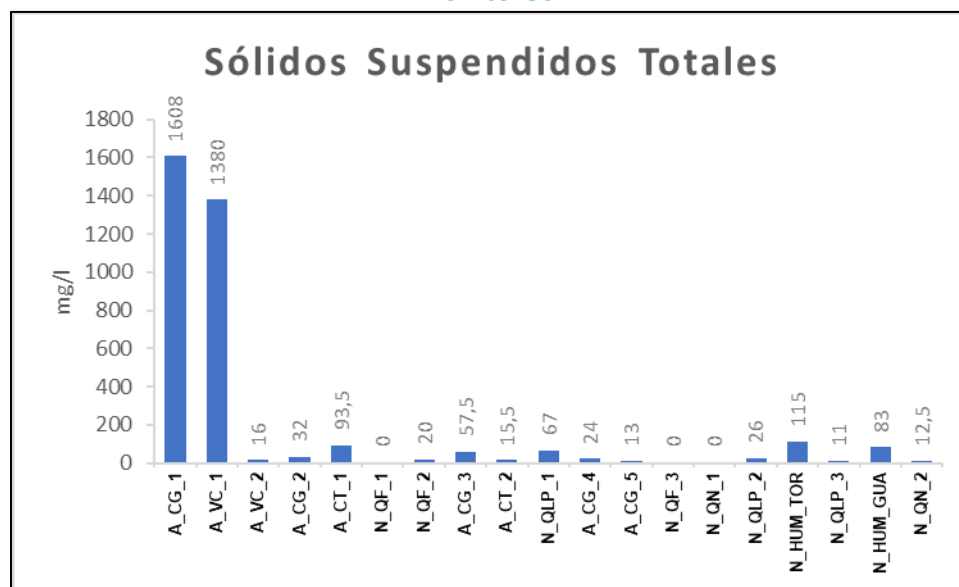
Figura 5-63 Valores de conductividad reportados en los humedales Torca y Guaymaral.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Por otro lado, los sólidos suspendidos totales que corresponden al material particulado que se mantiene en suspensión en el agua (este tipo de sólidos junto con los sedimentables, tienen incidencia sobre la turbidez del agua en general) se presentaron con valores de indetectables ($<10,0 \text{ mg/L}$) hasta 1609 mg/L (Figura 5-64). Estos valores de sólidos suspendidos también fueron los más altos en los puntos A_CG_1 y A_VC_1 observándose diferencias significativas con los demás puntos de monitoreo. Los anteriores valores se pueden deber a las características que poseen dichos cuerpos de agua, debido a que se encontraban con bajo flujo de agua y en proceso de desecación, adicionalmente en estos cuerpos de agua se observa presencia de basuras, lo cual puede intervenir en los valores de sólidos reportados.

Figura 5-64 Valores de Sólidos suspendidos totales reportados en las estaciones de monitoreo.

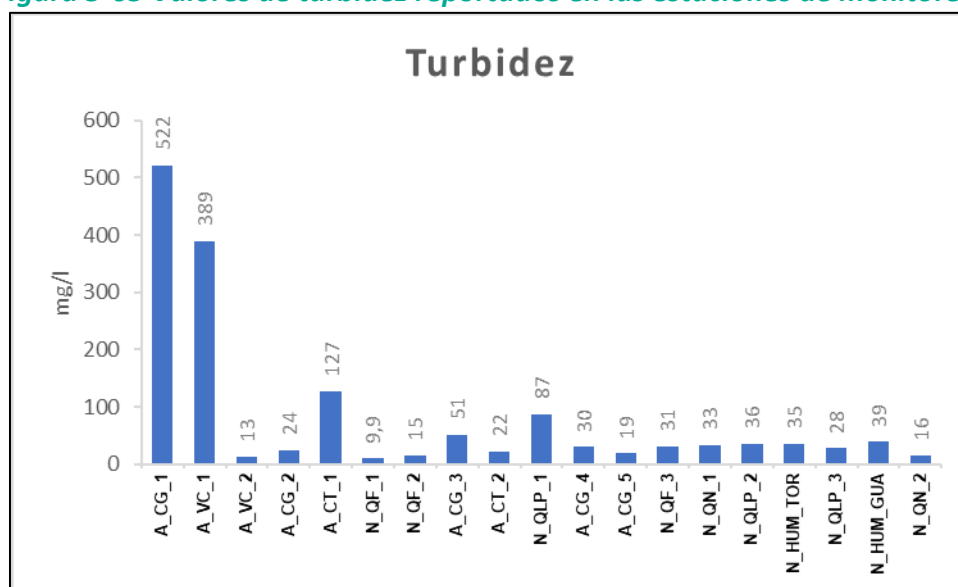


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La presencia de sólidos suspendidos determina en gran medida la turbidez, sin embargo, no es el único componente que interviene en el grado de opacidad que tenga el agua. Sustancias orgánicas o inorgánicas y otros materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determina la transparencia del agua, puesto que limita la transmisión de luz en ella (Roldán, 2003).

En la mayoría de los puntos de monitoreo, los niveles de turbiedad se encontraron valores bajos, teniéndose en general un rango de 9,9 NTU y 522 NTU, siendo N_QF_1 el único punto que cumplió con la norma ambiental vigente, lo que garantiza un adecuado estado del recurso proveniente de esta fuente para esta fecha, respecto al grado de opacidad del agua (Figura 5-65). Por otro lado, los valores altos reportados en las estaciones A.CG_1 y N.QF_2 se debe principalmente a la cantidad de sólidos suspendidos totales que se encontraron, lo anterior concuerda con lo dicho por Roldan, 2003 en el que dice que la presencia de dichos solidos determina en gran medida la turbidez.

Figura 5-65 Valores de turbidez reportados en las estaciones de monitoreo.

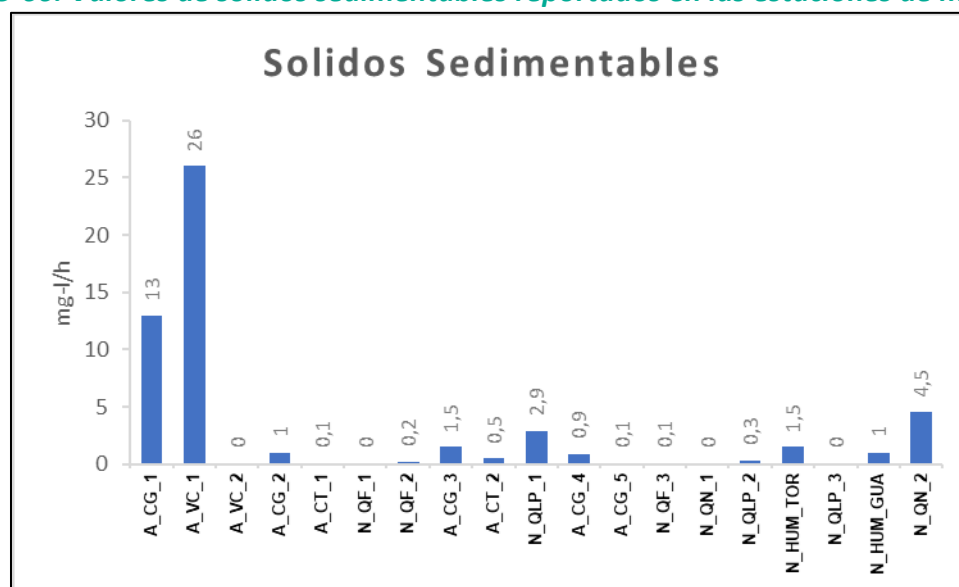


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Con respecto a la normatividad ambiental vigente no se da cumplimiento, debido a que la mayoría de las estaciones de monitoreo se encuentran por encima del límite permitido (10NTU); con base a esto el recurso proveniente de estas fuentes requiere de un tratamiento convencional previo a destinar el agua con fines de consumo humano y/o uso doméstico.

Considerando los demás sólidos evaluados, en el caso de los sólidos sedimentables totales su presencia en los cuerpos de agua evaluados fue en su mayoría bajos presentando valores desde indetectables (<0,1ml/L-h) a 26,0 ml/L-h (Figura 5-66). Esta condición de ausencia o cantidad aceptable de sólidos sedimentables se relaciona con el contenido de sólidos suspendidos totales. Tal como se evidencio con los demás parámetros para sólidos, los puntos A CG_1 y A_VC_1 obtuvieron los valores más altos. Como se presencié en campo, estas fuentes superficiales evaluadas presentaron bajo nivel de agua y una gran cantidad de basura generando una alta cantidad de transporte de sedimentos lo que se ve sustentado por los resultados de laboratorio referentes a estos parámetros.

Figura 5-66. Valores de sólidos sedimentables reportados en las estaciones de monitoreo



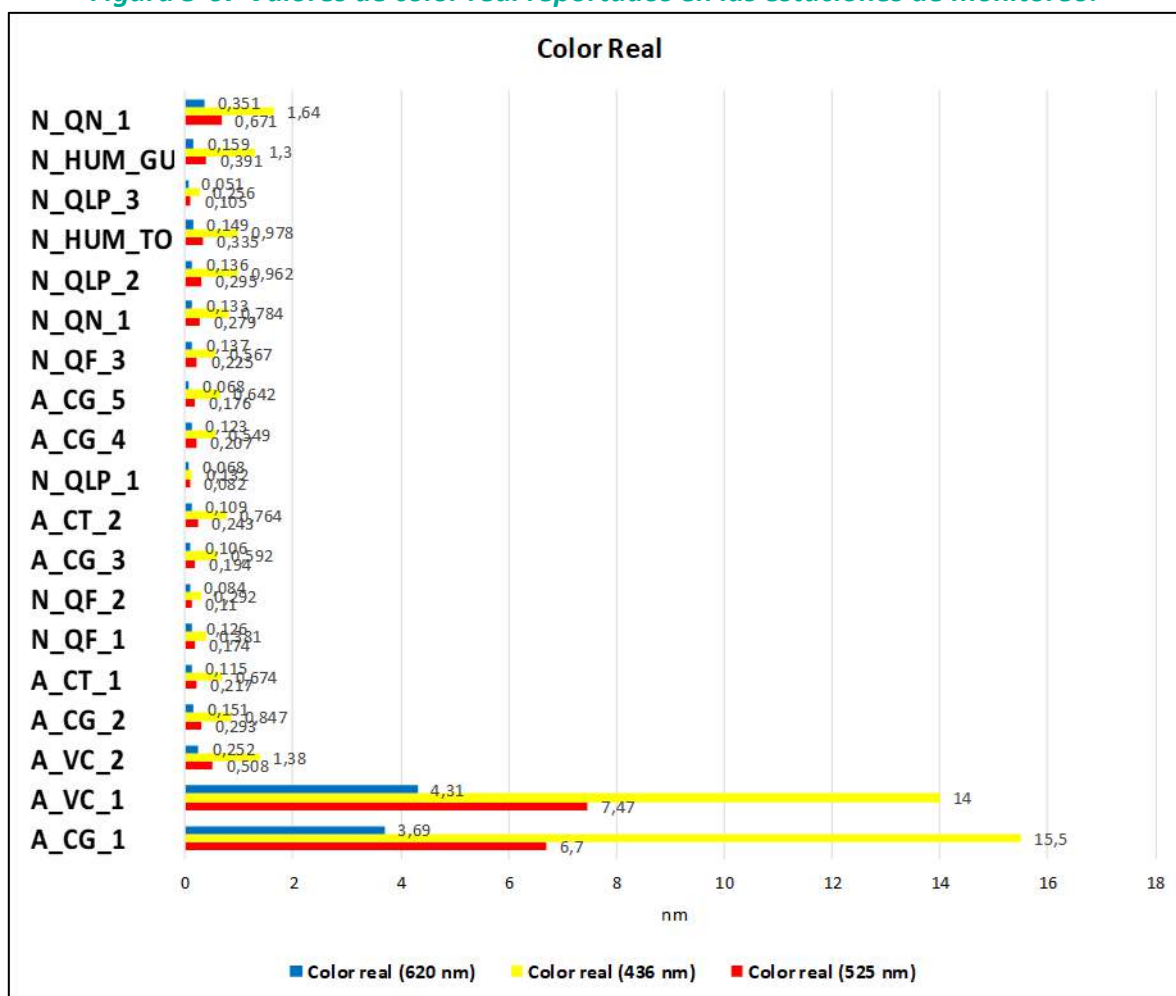
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

El color real es el color que se encuentra después de la remoción de la turbiedad. El color no presenta problemas más allá de rechazo al consumo exceptuando el color generado por los desechos industriales vertidos en agua. En este caso el color se midió a tres longitudes de onda, 436nm, 525nm y 620 nm

Para este parámetro, los mayores valores se registraron a una longitud de onda de 436 nm (Figura 5-67), lo que evidencia una tendencia a la coloración amarilla en los puntos monitoreados. Como lo menciona Roldan, 2008 esta tonalidad se puede retribuir a sólidos disueltos originados en la descomposición natural de la materia orgánica, principalmente vegetales, ácidos húmicos y fúlvicos, también puede deberse a la disolución de ciertos minerales como el hierro y manganeso o residuos industriales.

En resumen, no se observan cambios importantes en el color de la masa de agua, así mismo de acuerdo con la norma de vertimiento se da cumplimiento al registrar y analizar los valores para este parámetro.

Figura 5-67 Valores de color real reportados en las estaciones de monitoreo.



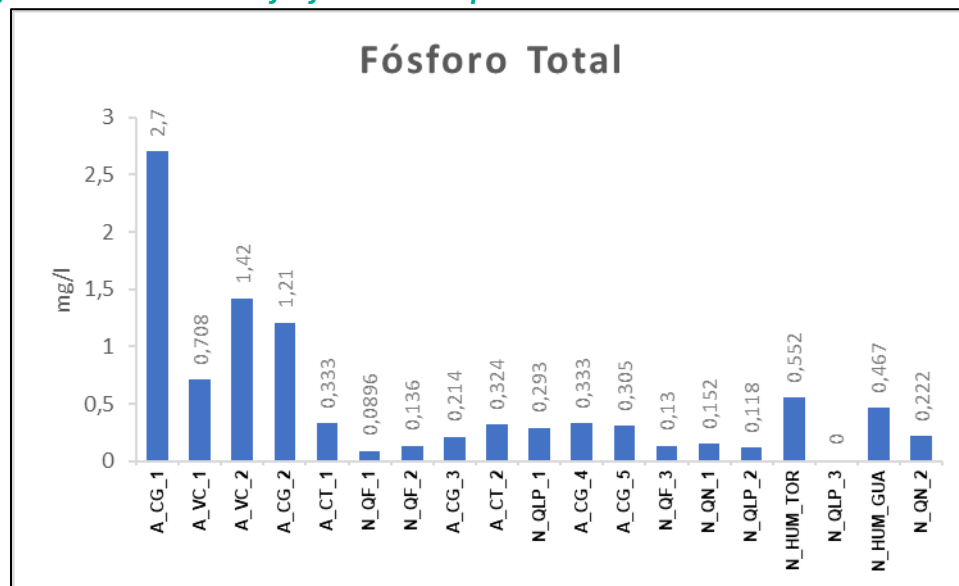
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Entre los elementos de importancia en las aguas superficiales caracterizadas se encuentran compuestos del fósforo y del nitrógeno. El fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Este elemento raramente se encuentra en el agua en altas concentraciones debido a que las plantas lo absorben rápidamente. Las formas más frecuentes en que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, polifosfato y fosfatos orgánicos.

El fósforo total es un nutriente esencial utilizado por todos los organismos para el transporte de energía y crecimiento (Benítez, 2000). El fósforo proviene de minerales como rocas y suelos y se encuentra en forma de ion inorgánico como ortofosfato (PO_4^-) liberado por el decaimiento de las rocas que se disuelven en el agua y regresa nuevamente al ciclo por acción de las bacterias descomponedoras (Nebel et. al 1999).

Este parámetro obtuvo valores bajos que oscilan desde indetectable (<0,0700 mg/L) a 2,7 mg/L; lo anterior se da como consecuencia de la morfología de los sistemas evaluados especialmente el A CG_1 que fue la estación con el mayor valor, el cual poseía en su superficie una alta cantidad de posibles algas (posiblemente cianobacterias) que cubrían todo el espejo de agua, por lo cual se obtuvo un valor importante para este parámetro (Figura 5-68).

Figura 5-68 Valores de fósforo total reportados en las estaciones de monitoreo.



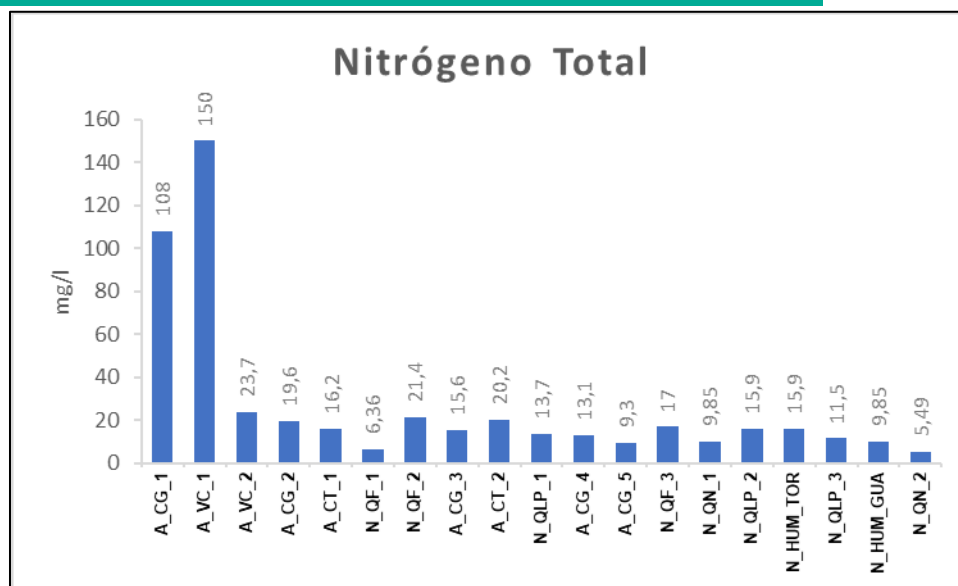
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Así mismo el bajo contenido de fósforo es acorde a lo que normalmente se encuentra en sistemas de aguas naturales. Según Roldán et al, (2010), en comparación con los demás nutrientes el fósforo es el menos abundante y al tiempo es el factor limitante en la productividad primaria.

Respecto al nitrógeno, elemento que junto con el fósforo es esencial para el desarrollo de protistas, se obtuvieron en términos generales reportes bajos en la mayoría de los puntos evaluados.

En el caso del nitrógeno total fue detectable en todas las estaciones de monitoreo, presentándose valores de 6,36 mg/L hasta 150 mg/L, este compuesto es uno de los elementos fertilizantes esenciales para el crecimiento de las algas, su exceso puede producir en las aguas continentales procesos de eutrofización. A su vez, las formas reducidas del nitrógeno son oxidadas en las aguas naturales afectando, de este modo, los recursos de oxígeno disuelto. Se puede observar que en todos los cuerpos se genera este tipo de eutrofización viéndose más afectado los puntos A CG_1 y A_VC_1 (Figura 5-69).

Figura 5-69 Valores de nitrógeno total reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Respecto a la presencia de iones en general se encuentran concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales; 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 el presente estudio se evaluaron algunos de estos elementos, de los cuales el Níquel, Plata y Selenio fueron indetectables para la técnica analítica empleada en todas las estaciones. siendo una condición normal ya que ninguno de estos presenta una concentración importante que relacione procesos de contaminación por su presencia.

Los iones Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre y Plomo fueron indetectables en todas las estaciones de monitoreo con excepción del punto A_VC_1 donde se obtuvieron valores de 0,0216 mg/L, 4,1 mg/L, 0,0225 mg/L, 0,0264 mg/L y 0,453 mg/L respectivamente para los metales mencionados.

En el caso del Mercurio se reportó un valor de 0,0139 mg/L en el punto N_QLP_1, en las demás estaciones se reportaron valores indetectables (<0,00100 mg/L) para este metal. La presencia de estos metales en el agua está asociado principalmente a actividades industriales y puede generar diversas afectaciones a la hidro biota y al ecosistema debido a los altos niveles de bioacumulación y toxicidad.

En el caso del punto A_VC_1 es posible que esté recibiendo aportes de estos metales, esto combinado con el poco flujo de agua y el proceso de desecación genera una acumulación de estos.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

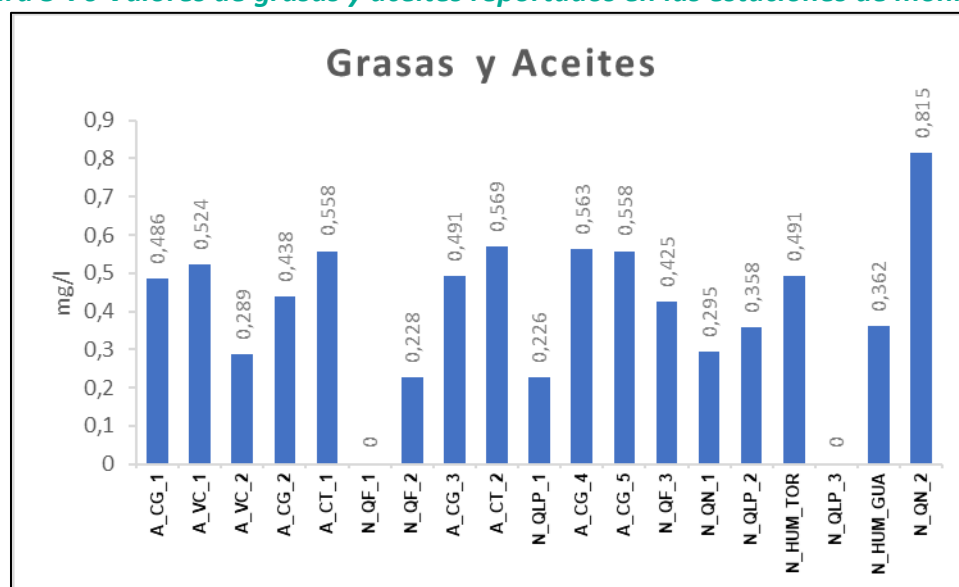


El Zinc es un ion que se encuentra en la naturaleza y es necesario para la vida, se encuentra de manera natural en el agua y es absorbida por las plantas y algunas algas, sin embargo, niveles altos pueden generar toxicidad aumentando si se generan sulfatos y sulfuros de zinc. En los puntos de monitoreo se reportaron valores de zinc desde indetectables ($<0,0500$ mg/L) hasta 0,151 mg/L. En la mayoría de las estaciones fue indetectable para la técnica utilizada, sin embargo, se presentaron valores de 0,137 mg/L, 0,0705 mg/L, 0,0675 mg/L, 0,151 mg/L y 0,09 mg/L para los puntos A_CG_1, A_VC_1, A_CG_3, N_QLP_1 y N_HUM_TOR_1 respectivamente. En general, estos valores al ser bajos no indican una alteración en los ecosistemas evaluados, según Sierra, 2011

indica que valores mayores a 5 mg/L pueden ser tóxico para algunas especies acuáticas y su presencia en elevadas concentraciones es indicador de descargas industriales.

La presencia de grasas y aceites puede ser consecuencia de una condición natural asociada a la descomposición de materia orgánica que se da en los cuerpos hídricos de forma natural. En este caso particular la presencia de estos compuestos orgánicos estuvo entre indetectable ($<0,200$ mg/L) hasta 0,805 mg/L donde en la estación N_QN_1 se halló el mayor contenido de este compuesto (Figura 5-70). Los resultados se pueden relacionar con aportes naturales debidos a la liberación de ácidos grasos de origen vegetal principalmente, aunque también es posible que el alto tráfico vehicular de la zona tenga influencia.

Figura 5-70 Valores de grasas y aceites reportados en las estaciones de monitoreo



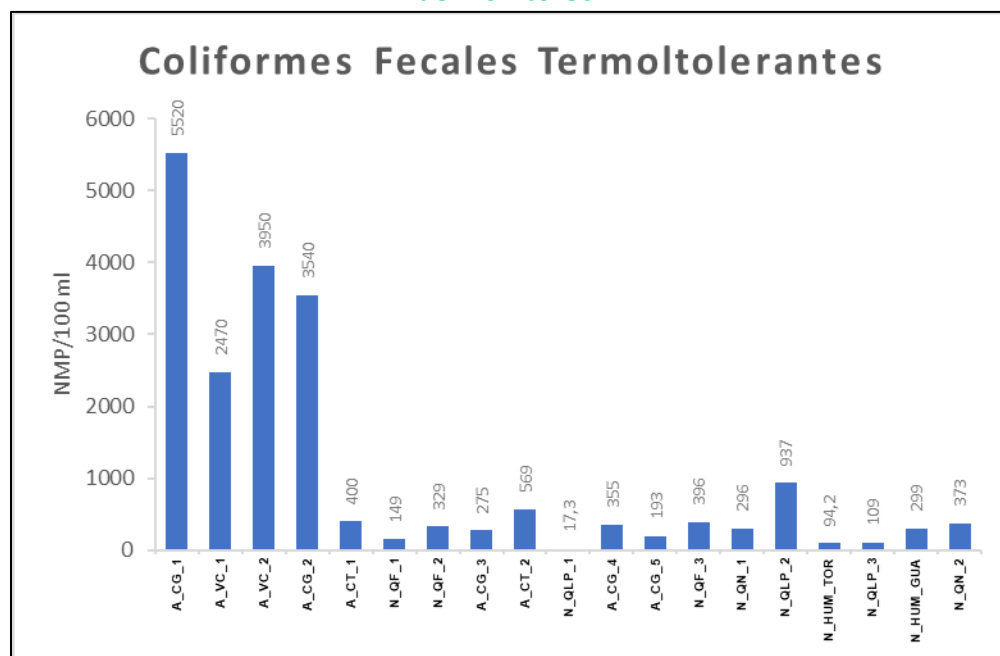
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Otros compuestos como los fenoles fueron igualmente indetectables mediante la técnica analítica en todos los puntos monitoreados (<0,100 mg/L) en todas las estaciones de monitoreo.

Respecto a la carga bacteriológica del agua, se encuentran los análisis de coliformes totales y fecales. Los coliformes son un grupo de bacterias que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero se monitorean porque se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en cuerpos indicadores de contaminación fecal en las fuentes de agua. Estas bacterias viven 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. Es preciso tener en cuenta que las bacterias coliformes no provienen sólo de las heces de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y el suelo (Geldreich, 1964; 1962).

Los coliformes fecales termotolerantes se reportaron entre 17,3 NMP/100mL hasta 5520 NMP/100mL (Figura 5-71). En adición a lo anterior se establece que los resultados estuvieron por debajo de los límites establecidos en la normatividad ambiental para fines domésticos y/o de consumo y agrícolas (2000 NMP/100mL y 1000 NMP/100mL respectivamente) en la mayoría de puntos de monitoreo, excepto las estaciones A.CG_1, A.VC_1, A.VC_2 y A.CG_2 estando muy por encima de lo establecido por la norma (Figura 5-71) no obstante, si se quiere utilizar el recurso con fines de consumo humano y/o uso doméstico es necesario realizar un tratamiento convencional previo a su uso, esto debido a la sola presencia de este tipo de coliformes.

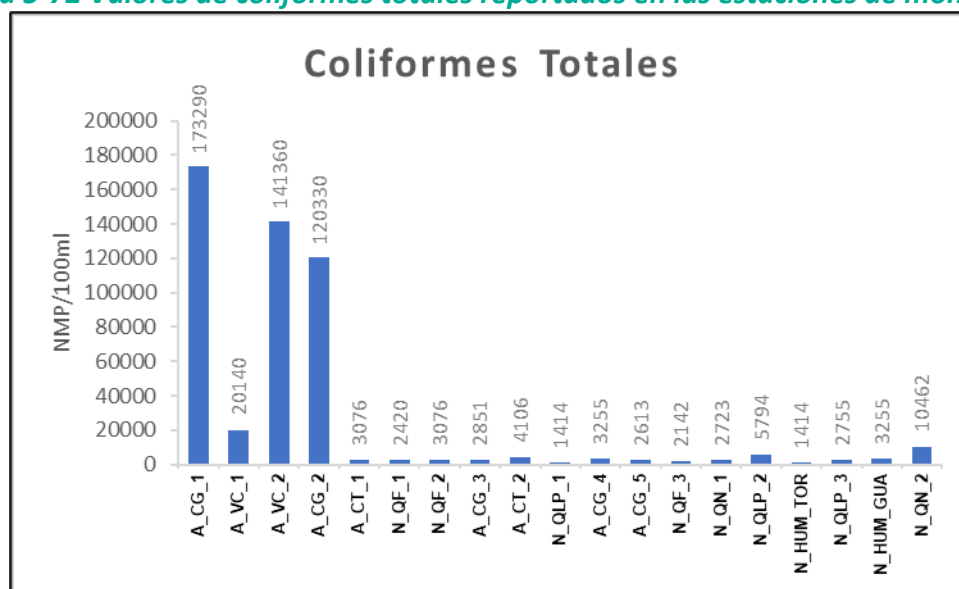
Figura 5-71 Valores de coliformes fecales termotolerantes reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En referencia a los coliformes totales se registraron concentraciones entre los 1414 NMP/100ml y 173290 NMP/100ml. La gran mayoría de estaciones cumplen con la normatividad ambiental actual para aguas de uso doméstico y/o consumo y uso agrícola (20000 NMP/100mL y 5000 NMP/100mL), En consecuencia, es necesario realizar un tratamiento convencional si se va a destinar el recurso proveniente de estas fuentes con fines de consumo humano y/o uso doméstico (Figura 5-72). Al igual que en la gráfica anterior se pudo observar valores de coliformes totales más altos en los puntos A.CG_1, A.VC_1, A.VC_2 y A.CG_2 con resultados fuera de la normatividad ambiental. En general las estaciones se encontraron con concentraciones mayores a 1000 NMP/100 mL, posiblemente como consecuencia de la presencia de materia fecal de origen animal, lo anterior coincide con lo dicho por Sierra, 2011 quien define que la presencia de las coliformes totales en el agua son producto de la contaminación por materia orgánica de origen fecal ya sea de origen animal o por humanos.

Figura 5-72 Valores de coliformes totales reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.1.5.3 Índice de calidad de agua ICA

Como complemento a la determinación del estado actual de las aguas superficiales evaluadas, a continuación, se discute el índice de calidad del agua ICA. En la Tabla 5-76 se presenta la asignación del valor de ICA para los puntos evaluados y en la Figura 5-73 se puede observar la distribución de estos en la escala definida por el IDEAM.

Como generalidad los resultados obtenidos para el índice ICA la mayoría de las estaciones monitoreadas corresponden a aguas de calidad Regular, teniéndose las mejores condiciones del recurso hídrico en las estaciones de monitoreo A_VC_2, A.CG_2, N.QF_1, N.QF_2, N.QF_3 y N.QN_1, por otro lado, los puntos A.CG_1 y A.VC_1 poseen agua de calidad Mala según el ICA que presenta los valores más bajos.

Tabla 5-76 Índice de calidad agua (ICA) y parámetros de calidad

Estación de muestreo	A.CG_1	A.VC_1	A.VC_2	A.CG_2	A.CT_1
ICA	0,44	0,43	0,75	0,79	0,64
Estación de muestreo	N.QF_1	N.QF_2	A.CG_3	A.CT_2	N.QLP_1
ICA	0,78	0,74	0,63	0,61	0,60
Estación de muestreo	A.CG_4	A.CG_5	N.QF_3	N.QN_1	N.QLP_2
ICA	0,66	0,64	0,79	0,75	0,69
Estación de muestreo	N.HUM_TOR_1	N.QLP_3	N.HUM_GUA_1	N.QN_1	-

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

ICA	0,64	0,66	0,53	0,75	-

Muy Mala: 0,00 – 0,25

Mala: 0,26 – 0,50

Regular: 0,51 – 0,70

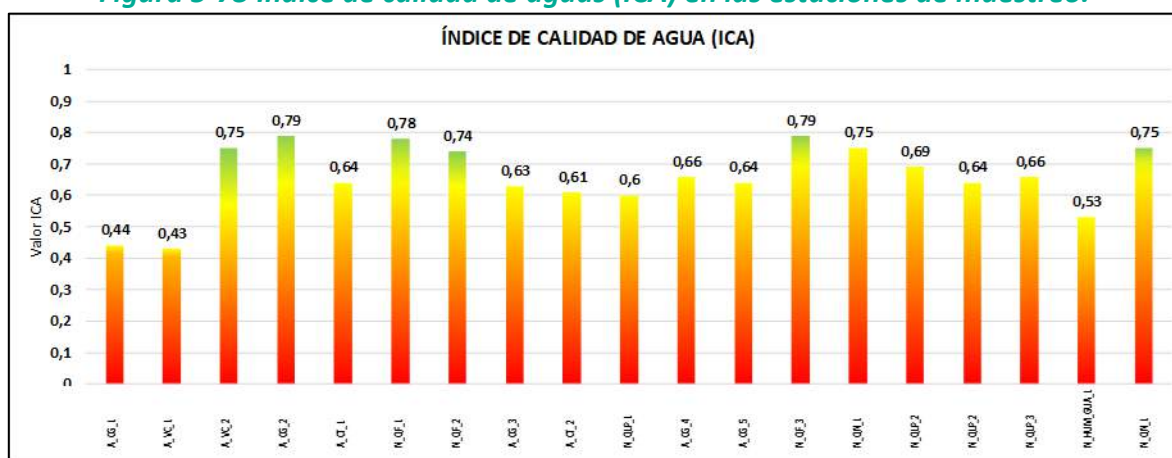
Aceptable: 0,71 – 0,90

Buena: 0,91 – 1,00

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En términos generales la calidad del agua en la mayoría de los puntos analizados es Regular, esto debido a concentraciones de oxígeno disuelto generalmente bajos, contenido moderado de sólidos suspendidos principalmente. Lo anterior en adición a valores de conductividad y de DQO altos. Por otro lado, las estaciones que reportaron un valor ICA mayor a 0,70 lo cual corresponde a una calidad de agua Aceptable, valores regulares de DQO asociados a niveles altos de oxígeno influyeron principalmente en este valor. Estos valores de ICA muestran que los puntos aguas arriba se encuentran en mejor condición que algunos puntos aguas abajo, también el estado regular de la mayoría de los cuerpos de agua es consistente con la presencia de basuras y el tránsito regular en la zona.

Figura 5-73 Índice de calidad de aguas (ICA) en las estaciones de muestreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.1.5.4 Índice de contaminación del agua (ICO)

De manera análoga a lo analizado anteriormente para el índice de calidad del agua, en general los índices de contaminación estimados fueron medios y advierten algún tipo de alteración del recurso.

La contaminación de materia orgánica evaluada mediante el ICOMO, fue el índice con los mayores valores, encontrando niveles entre 0,32 y 0,72. El punto A_VC_1 y A_VC_1 obtuvieron los valores más altos lo cual se debe a los altos niveles de DBO5 y de coliformes totales, siendo el nivel de contaminación muy alto y sugiere una afectación del recurso por materia orgánica. Esto se pudo corroborar con la presencia de basuras, alta presencia de

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



macrófitas en las láminas de agua que al descomponerse generan acumulación de materia orgánica.

La contaminación por mineralización (ICOMI) mantiene la misma tendencia que los índices discutidos previamente encontrando estaciones con valores bajos y muy altos, lo que se traduce en un bajo y alto contenido iónico representado por niveles bajos a altos de conductividad, así como concentraciones muy bajas y medias de dureza y de alcalinidad. Se puede observar de manera general que los puntos A_CG_1 y A_VC_1 están sufriendo procesos de contaminación por mineralización.

En cuanto al ICOSUS los resultados varían entre estaciones, se presentaron puntos que reportaron valores muy elevados de sólidos suspendidos por lo cual la clasificación de este índice fue muy alta al estar por encima de 0,8, es posible que procesos de desecación y de material particulado hayan influido en la presencia de estos sólidos y por ende en el aumento del valor ICOSUS. Los puntos que presentaron mayor contaminación por sólidos suspendidos fueron: A_CG_1 y A_VC_1.

Finalmente, en el caso de la calidad del agua respecto a la presencia de nutrientes, se dan reportes detectables en las estaciones, por lo cual la contaminación por fósforo específicamente tiende a ser moderada de acuerdo con los resultados del ICOTRO. La mayoría de las estaciones muestra condiciones de eutrofia, sin embargo, los puntos A_CG_1, A_VC_2 y A_CG_2 se encuentran en proceso de hipereutrofia, probablemente están influenciado por las condiciones de bajo flujo de agua y proceso de desecación en las que se encontraban estos cuerpos de agua, sumado a posibles llegadas de nutrientes aguas arriba lo cual influyó notablemente en la presencia de este tipo de nutrientes. De la misma manera que ocurre en los parámetros anteriores se observó una disminución de este parámetro en época de lluvias. (Tabla 5-77, Figura 5-74).

Tabla 5-77 Índice de contaminación del agua (ICO) y parámetros de calidad.

Estación de muestreo	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO	Interpretación
A_CG_1	0,68	0,7641	1	2,7	ICOMO-ICOMI-ICOSUS: Baja contaminación: Cercano a 0 Alta contaminación: Cercano a 1 ICOTRO: <0,01 = Oligotrófico
A_VC_1	0,72	0,9317	1	0,708	
A_VC_2	0,65	0,5459	0,03	1,42	
A_CG_2	0,62	0,5259	0,08	1,21	
A_CT_1	0,50	0,4390	0,26	0,333	
N_QF_1	0,33	0,1220	0,01	0,0896	
N_QF_2	0,39	0,1825	0,04	0,136	
A_CG_3	0,51	0,4075	0,15	0,214	

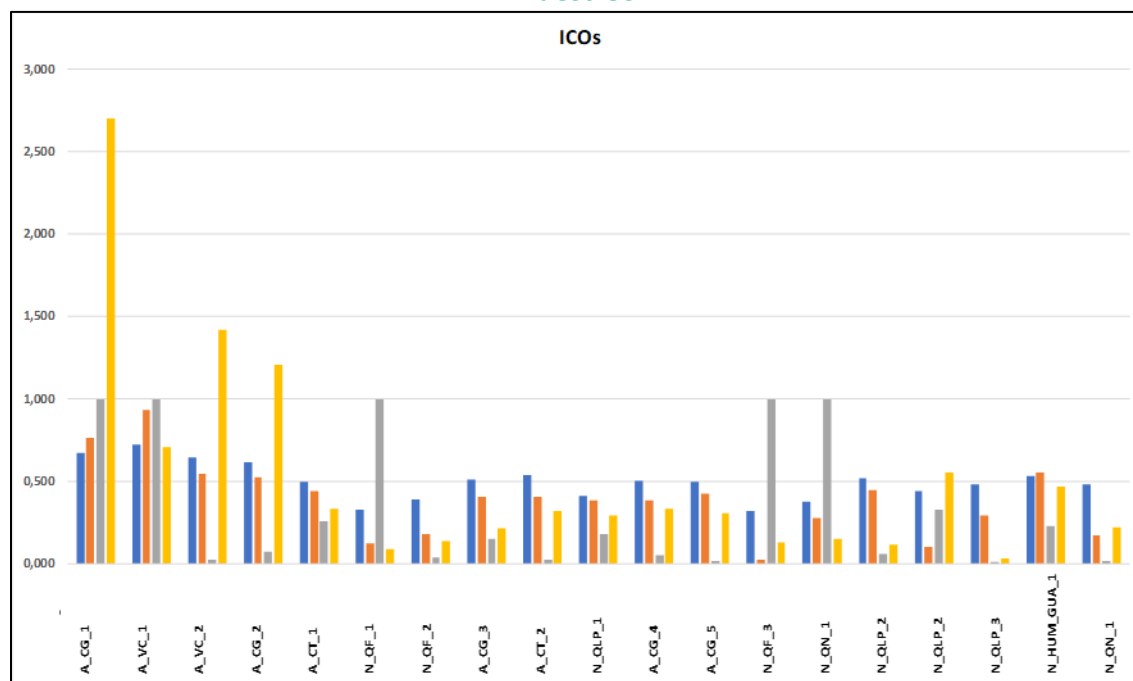
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Estación de muestreo	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO	Interpretación
A_CT_2	0,54	0,4027	0,03	0,324	>1 = Hipereutrófico
N_QLP_1	0,41	0,3862	0,18	0,293	
A_CG_4	0,51	0,3870	0,05	0,333	
A_CG_5	0,50	0,4294	0,02	0,305	
N_QF_3	0,32	0,0258	0,01	0,13	
N_QN_1	0,38	0,2804	0,01	0,152	
N_QLP_2	0,52	0,4499	0,06	0,118	
N_HUM_TOR_1	0,44	0,1041	0,33	0,552	
N_QLP_3	0,49	0,2966	0,01	0,035	
N_HUM_GUA_1	0,54	0,5540	0,23	0,467	
N_QN_1	0,49	0,1703	0,02	0,222	

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-74 Valores del índice de contaminación del agua (ICO) en las estaciones de muestreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.1.5.5 Conclusiones

Los cuerpos de agua presentes monitoreados presentes en el complejo de humedales Torca y Guaymaral presentan distintos niveles de afectación debido a las diversas actividades que se realizan en la zona, tales como comercio, industria, agricultura y ganadería de bajo impacto, esto sumado al tránsito terrestre constante de la autopista norte que separa este complejo en dos secciones. La presencia de basura en gran parte de los cauces denota el impacto antrópico que se ha generado en estos cuerpos de agua y se ha visto reflejado en algunos parámetros medidos en este monitoreo.

Se pudo observar de manera general que los cuerpos de agua que se encuentran en el sector oriental o aguas arriba de la autopista norte se encuentran en un estado levemente favorable comparados con los puntos ubicados en el sentido aguas abajo. Durante los recorridos fue posible observar una mayor vegetación y cobertura en el sector oriental por lo que esta cobertura puede tener algún tipo de beneficio para estos cuerpos de agua.

Los puntos A.CG_1 y A.VC_1 son los puntos que más afectación mostraron durante el monitoreo. Una extensión pequeña, flujo lento de agua, estancamiento, desecación, presencia de macrófitas en el espejo de agua, basuras y una cercanía relevante a la carretera con flujo constante de vehículos puede explicar el fenómeno de contaminación en estos cuerpos de agua.

5.1.6.2 Cuerpos de agua marino-costeros

Este componente no aplica dado la localización del proyecto.

5.1.6.3 Calidad de agua subterránea

A continuación, se presenta la caracterización de calidad de agua subterránea (parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos) de las fuentes que forman parte de la hidrogeología del área de interés.

El trabajo de campo se realizó desde el día 28 de diciembre de 2022 hasta el día 27 de enero de 2023. El monitoreo fue realizado en 4 puntos ubicados a lo largo de la autopista Norte en los límites de las localidades de Suba y Usaquén. Todos los puntos evaluados se encuentran localizados en el departamento de Cundinamarca, ciudad de Bogotá. (Tabla 5-78).

Durante los monitoreos ejecutados por el laboratorio AMBIUS S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 0048 del 15 de enero de 2021) se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea, contemplando lecturas de parámetros In Situ y toma de muestras para los posteriores análisis de laboratorio.

Los resultados de calidad de agua se analizaron considerando los límites establecidos en la normatividad ambiental vigente (Decreto 1076 de 2015 que tiene en cuenta el Decreto 3930 de 2010 que referencia todavía el Decreto 1594 de 1984 para los límites permisibles de los diferentes usos del recurso hídrico) y la relación entre parámetros.

5.1.6.3.1 Metodología

Para un mejor entendimiento de la etapa metodológica se realiza una descripción de los procesos en dos (2) partes: en la primera se indica la ubicación de las estaciones de monitoreo y las condiciones climáticas presentadas durante el trabajo de campo, mientras que en la segunda se describe el proceso metodológico desarrollado para la ejecución de la campaña de monitoreo. Tanto los procedimientos de muestreo como de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017), en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (2002) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2018) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.6.3.1.1 Localización y descripción de la estación de monitoreo

El trabajo de campo se realizó desde el día 28 de diciembre de 2022 hasta el día 27 de enero de 2023, tomando las muestras de calidad de agua subterránea en las estaciones de monitoreo localizadas dentro del área de influencia del proyecto, cuya información se suministra en la Tabla 5-78; en la Figura 5-75 se aprecia la localización de los puntos de monitoreo de agua subterránea.

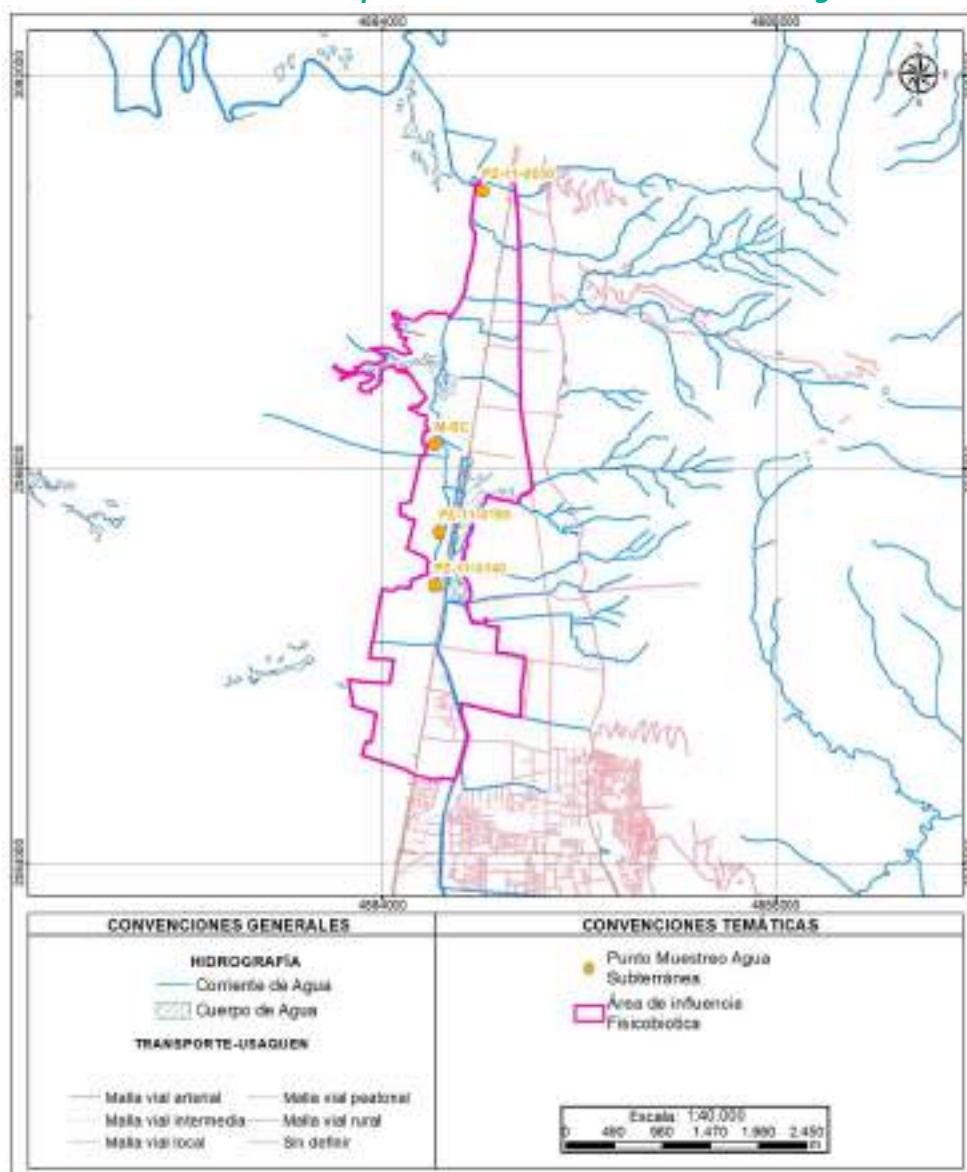
Tabla 5-78 Estación de monitoreo de aguas subterráneas.

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS PLANAS (DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL)		HORA DE MONITOREO	FECHA DE MONITOREO	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA (MUNICIPIO / DEPARTAMENTO)
	ESTE	NORTE			
PZ-11-0030 Pozo Bogotá Tennis Club	4885017,9	2090826,0	09:00	06/01/2023	Bogotá D.C/Cundinamarca
PZ-11-0140 Pozo Jardines del Recuerdo	4884537,2	2086816,1	10:30	06/01/2023	
M-SC Manantial Predio Santacoloma	4884534,0	2088254,0	09:30	27/01/2023	
PZ-11-0195 Pozo Colegio San Viator	4884584,0	2087358,0	11:00	27/01/2023	

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-75 Localización de los puntos de monitoreo calidad del agua subterránea



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Tabla 5-79, se presenta la descripción de las estaciones de monitoreo acompañadas de su respectivo registro fotográfico.

Tabla 5-79 Descripción del punto de monitoreo de aguas subterráneas.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
PZ-11-0030 Pozo Bogotá Tenis Club	 Pozo subterráneo ubicado en el predio de Bogotá Tenis Club, presenta agua de coloración clara, presenta olor azufrado o ferroso, el agua tiene uso frecuente y es principalmente para uso doméstico y no para consumo humano. El pozo se ubica aproximadamente a 70 metros de profundidad.	
PZ-11-0140 Pozo Jardines del Recuerdo	 Pozo profundo ubicado en el cementerio Jardines del Recuerdo, se menciona que este pozo no tiene un uso frecuente, presenta agua de coloración clara, olor ferroso, durante el proceso de toma de muestras se pueden observar algunas grasas en la lámina de agua.	
M-SC Manantial Predio Santacoloma	 Manantial ubicado en el predio Santacoloma, costado occidental de la autopista norte, presenta agua clara, olor a materia orgánica en descomposición, se encuentra en gran parte cubierto de macrófitas, se observan pequeñas viviendas cerca y animales de granja.	

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
PZ-11-0195 Pozo Colegio San Viator		
Pozo profundo ubicado aproximadamente a 150 metros de profundidad, presenta agua clara, el agua es expulsada a través de una motobomba a una llave, se menciona que el pozo es de uso frecuente, agua usada para riego en algunos cultivos y uso doméstico.		

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración), así mismo, se rotularon y almacenaron en neveras plásticas, registrando correctamente en formatos de campo la información correspondiente como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes (Anexo 4 Calidad del agua).

A continuación, en la Tabla 5-80 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales. Tabla 5-80, se resume la información correspondiente al trabajo de campo realizado, indicando el tipo de muestreo, envase y preservación utilizados para cada uno de los parámetros a caracterizar.

Tabla 5-80 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales.

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Alcalinidad total	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
Acidez Total	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
Arsénico Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Bario Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Bicarbonatos	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
Cadmio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Calcio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Cloruros	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Coliformes Fecales Termotolerantes	Manual – puntual	Vidrio estéril	Refrigerada

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Coliformes Totales	Manual – puntual	Vidrio estéril	Refrigerada
Color Aparente	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Conductividad	Inmediato – in situ	-	-
Cromo Hexavalente	Manual – puntual	Vidrio Ambar	Refrigerada acidificada y
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
DQO	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada acidificada y
Dureza Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Fenoles	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada acidificada y
Fosforo Total	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada acidificada y
Grasas y Aceites	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada acidificada y
Hidrocarburos	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada acidificada y
Hierro Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Magnesio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Manganeso Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Níquel Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Nitrógeno Amoniacal	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Nitrógeno Total	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada acidificada y
Oxígeno Disuelto	Inmediato – in situ	-	-
pH	Inmediato – in situ	-	-
Plomo Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Potasio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Sodio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Solidos Disueltos Totales	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada acidificada y
Solidos Suspendidos Fijos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Solidos totales	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sulfatos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sulfuros	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada acidificada y
Temperatura muestra	Inmediato – in situ	-	-

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Turbidez	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Zinc Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Posterior a la toma y envío de muestras de aguas subterráneas al laboratorio, se procedió al análisis de estas, para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de interés, a partir de los métodos y técnicas analíticas que se indican en la Tabla 5-81. Los análisis se realizaron haciendo uso de equipos debidamente calibrados (Anexo4 Calidad del agua).

Tabla 5-81 Métodos y técnicas analíticas utilizadas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

PARÁMETRO	LÍMITE - UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA ANALÍTICA
Acidez Total	5,0 mg CaCO ₃ /L	SM 2310 B	Volumétrico
Alcalinidad total	6,04mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	Volumétrico
Arsénico Total	0,0025mg As/L	EPA200.7	ICP
Bario Total	0,5mg Ba/L	EPA200.7	ICP
Bicarbonatos	6mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	Volumétrico
Cadmio Total	0,01mg Cd/L	EPA200.7	ICP
Calcio Total	0,1mg Ca/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión-AA-Llama Aire Acetileno
Cloruros	9,9mg Cl-/L	SM 4500 Cl-B	Método Argentometrico
Color aparente	5UPC	SM 2120 B	Visual
Coliformes Fecales Termotolerantes	1NMP/100mL	SM 9223 B Modificado	Sustrato Enzimático Multicelda
Coliformes Totales	1NMP/100mL	SM 9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda
Conductividad	0,1μS/cm	SM 2510B	Electrometría
Cromo Hexavalente	0,04mg Cr ⁶⁺ /L	SM 3500-Cr ⁶⁺ -B	Colorimetría
DBO ₅	5mg O ₂ /L	SM 5210 B, ASTM D 888-12 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia
DQO	5mg O ₂ /L	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico
Dureza Total	4,6mg CaCO ₃ /L	SM 2340C	Volumétrico con EDTA
Fenoles totales	0,1mg Fenol /L	SM 5530 B,D	Destilacion - Fotometrico directo
Fósforo total	0,07mg P/L	SM 4500 -P B,E	Digestion Colorimetria con Ácido Ascorbico
Grasas y Aceites	0,2mg/L	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C	Espectrofotometría Infrarrojo

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



PARÁMETRO	LÍMITE - UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA ANALÍTICA
Hidrocarburos totales (TPH)	0,2mg/L	NTC 3362:2005-06-29 Numeral 4, Método C y numeral 7. Método F	Espectrofotometría Infrarrojo
Hierro Total	0,2mg Fe/L	EPA200.7	ICP
Magnesio Total	0,02mg Mg/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno
Manganeso Total	0,1mg Mn/L	EPA200.7	ICP
Níquel Total	0,2mg Ni/L	EPA200.7	ICP
Nitrógeno amoniacal (Amonio)	0,05mg/L NH ₃ -N	SM 4500 NH ₃ -B, C	Volumetria
Nitrógeno total	3,04mg N/L	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH ₃ B,C	Digestión - kjeldhal
Oxígeno disuelto	0,05mg O ₂ /L	ASTMD 888-09 METODO C	Luminiscencia
pH	N.AUnidades de pH	SM 4500 H+ B	Electrométrico
Potasio Total	0,125mg K/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno
Plomo Total	0,001mg Pb/L	EPA200.7	ICP
Sodio Total	0,05mgNa/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno
Solidos Disueltos Totales	10mg/L	SM 2540C	Gravimétrico - Secado a 180 °C
Solidos Suspendidos Fijos	10mg/L	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C
Solidos totales	10mg/L	SM 2540B	Gravimetría Secado 103-105°C
Sulfatos	5mg SO ₄ /L	SM 4500 SO ₄ E	Turbidimetría
Sulfuros	1mg/L	SM 4500 S ₂ F	Yodometrico
Temperatura muestra	N.A°C	SM 2550 B	Termométrico
Turbidez	1NTU	SM 2130B	Nefelometría
Zinc Total	0,05mg Zn/L	EPA200.7	ICP

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.3.2 Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados en los puntos caracterizados, se presentan en la Tabla 5-82, donde se incluye la respectiva comparación con los criterios de calidad permisibles del recurso hídrico de acuerdo con el uso (consumo humano y doméstico, uso agrícola y preservación de flora y fauna), estipulado en la normatividad ambiental vigente (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, hoy de la Protección Social – Resolución 2115 de 2007 de los ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

Es de mencionar que, aunque actualmente la norma que reglamenta los usos del agua y determina demás disposiciones relacionadas con este recurso es el Decreto 1076 de 2015,

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



los límites de comparación que se incluyen en el presente documento corresponden a los establecidos en el Decreto 1594/84, ya que a la fecha todavía no se han definido los criterios de calidad para el uso de las aguas (Capítulo V, Artículo 20 Decreto 3930 de 2010). El uso del agua para consumo humano y doméstico hace referencia a su empleo en actividades como fabricación o procesamiento de alimentos, bebida directa y satisfacción de necesidades domésticas, tales como higiene personal y limpieza. Por otro lado, el uso del agua para preservación de flora y fauna se refiere a su utilización en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados. Por uso agrícola, se entiende su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias.

Dentro del uso del recurso con fines de consumo, se incluye también la comparación con la Resolución 2115 del 22 de junio de 2007 emitida por los ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-82 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados incluyendo la comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076 de 2015 y resolución 2115 de 2007) para consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario y preservación de fauna y flora.

PARÁMETRO	PZ-11-0030	PZ-11-0140	M-SC	PZ-11-0195	Decreto 1076 de 2015 MADS			Límites Permisibles Resolución 2115/07 M.P.S. – M.A.V.D.T.
					Artículos: 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4	Artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
					Consumo humano / Uso doméstico	Uso agrícola / pecuario	Flora y Fauna	Consumo humano
Temperatura	18,7	19,6	15,5	19,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	7,21	6,94	7,08	7,33	5,0-9,0* / 6,5-8,5**	4,5-9,0	4,5-9,0	6,5 – 9,0
Oxígeno Disuelto	1,79	1,61	1,66	2,01	N.E.	N.E.	≥ 4,0	N.E.
Conductividad	161,8	161,7	755	210,1	N.E.	N.E.	N.E.	1000
Acidez Total	12,6	28,3	101	6,34	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Alcalinidad Total	67,6	65,6	407	89,2	N.E.	N.E.	N.E.	200
Arsénico Total	<0,00250	<0,00250	<0,00250	0,00289	0,05	0,1 / 0,2	N.E.	0,01
Bario Total	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	1,0	N.E.	N.E.	0,7
Bicarbonatos	67,6	65,6	407	89,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cadmio Total	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,01	0,01 / 0,05	N.E.	0,003
Calcio Total	10,5	7,54	18,8	7,60	N.E.	N.E.	N.E.	60
Cloruros	<9,9	<9,9	13,9	<9,9	250	N.E.	N.E.	250
Coliformes Termotolerantes	3,00	7,30	563	40,0	2.000*	1.000 / N.E.	N.E.	<1 (UFC)
Coliformes Totales	365	1553	912	649	20.000* / 1.000**	5.000 / N.E.	N.E.	<1 (UFC)
Color aparente	50,0	200	200	150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cromo Hexavalente	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,05	0,1 / 1,0	N.E.	0,05
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	<5,0	<5,0	91,7	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	<5,00	<5,00	177	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PARÁMETRO	PZ-11-0030	PZ-11-0140	M-SC	PZ-11-0195	Decreto 1076 de 2015 MADS			Límites Permisibles Resolución 2115/07 M.P.S. – M.A.V.D.T.
					Artículos: 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4	Artículos 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	Consumo humano
					Consumo humano / Uso doméstico	Uso agrícola / pecuario	Flora y Fauna	
Dureza Total	31,8	23,2	394	36,8	N.E.	N.E.	N.E.	300
Fenoles	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo total	0,733	1,98	0,660	1,16	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y Aceites	<0,200	<0,200	1,27	0,823	Sin Película Visible	N.E.	N.E.	N.E.
Hidrocarburos	<0,2	<0,2	0,486	0,292	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Hierro Total	3,25	8,00	4,62	7,03	N.E.	5,0 / N.E.	N.E.	0,3
Magnesio Total	3,64	1,88	11,8	3,75	N.E.	N.E.	N.E.	36
Manganeso Total	0,187	<0,100	0,499	0,145	N.E.	0,2	N.E.	0,1
Níquel Total	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	N.E.	0,2 / N.E.	N.E.	0,02
Nitrógeno Amoniacal	10,1	15,0	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno total Kjeldahl	13,1	17,5	4,39	7,13	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Plomo Total	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	0,05	5,0 / 0,1	N.E.	0,01
Potasio Total	2,11	3,19	13,8	2,76	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sodio Total	18,7	6,69	26,7	31,2	N.E.	2	N.E.	N.E.
Sólidos Disueltos Totales	118	146	630	136	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	<10,0	<10,0	74,0	<10,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos totales	122	148	708	140	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	<5,0	6,03	<5,0	<5,0	400	N.E.	N.E.	250
Sulfuros	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Turbidez	9,1	19	17	15	10	N.E.	N.E.	2
Zinc	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	15,0	2,0 / 25,0	N.E.	3,0

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023
N.E.: No establecido. *Requiere tratamiento convencional. **Requiere desinfección.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

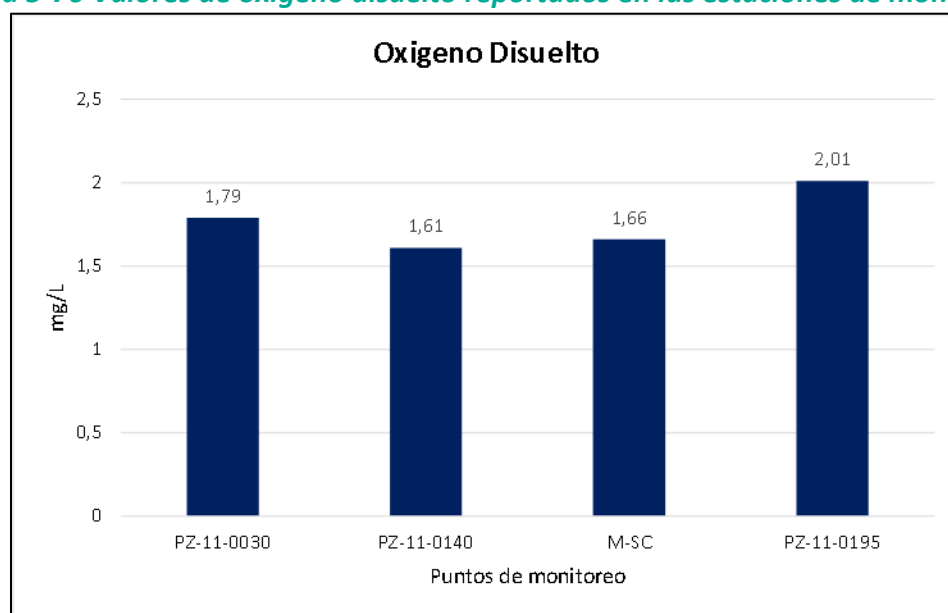


Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por los laboratorios Ambius S.A.S., Chemilab S.A.S, 2023. Anexo 4 Calidad del agua.

El Oxígeno Disuelto (O.D.) es uno de los indicadores más importantes de calidad del agua. La fuente principal de O.D. es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003). Otras fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada (Roldán y Ramírez, 2008). Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo, indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Los valores de oxígeno disuelto hallado en las estaciones de monitoreo se reportaron entre 1,61 mg/L y 2,01 mg/L (Figura 5-76) siendo la estación PZ-11-0195 correspondiente al pozo del colegio San Viator el punto con el mayor valor de oxígeno. Debido a la naturaleza anóxica de las aguas subterráneas el valor reportado es el adecuado. Lo que respecta a la norma ningún punto fue superior a 4,0 mg/L definida para la preservación de flora y fauna por lo que se debe revisar su uso frente a este parámetro.

Figura 5-76 Valores de oxígeno disuelto reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable o carbonácea en condiciones aeróbicas. Se mide en cinco (5) días a 20 °C y es en general una indicación indirecta del carbono orgánico biodegradable presente en una masa de agua, por lo que da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (Roldan y Ramírez, 2008).

En el caso de la demanda química de oxígeno (DQO), este es un parámetro analítico de contaminación, que mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua

mediante oxidación química, representando así el contenido de materia orgánica total del agua (Roldan y Ramírez, 2008). Esta es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico.

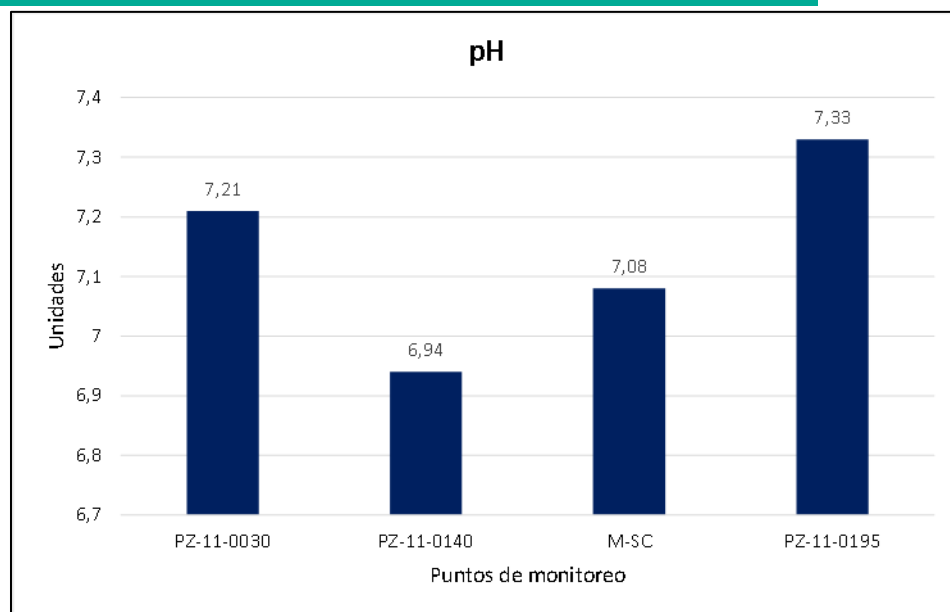
La DBO5 se detectó con bajos niveles lo que sugiere el bajo contenido orgánico en las aguas subterráneas analizadas. La DBO5 fue indetectable mediante la técnica de análisis empleada para su evaluación ($<5,0$ mg/L) en las estaciones de monitoreo exceptuando el punto M-SC correspondiente al manantial del predio Santa Coloma, este reporto un valor de 91,7 mg/L, lo que indica que este punto necesita una cantidad considerable de oxígeno para degradar la materia orgánica mostrando condiciones de contaminación.

En el caso de la DQO, únicamente la estación M-SC reporto un valor de 177 mg/L. Teniendo en cuenta esto es posible que exista algún tipo de incorporación de material orgánico de difícil degradación que pueda estar influenciado el contenido orgánico de las aguas subterráneas analizadas. En el caso del manantial se pudo observar que se encuentra dentro de una finca con algunos animales de granja, es posible que usen este manantial como bebedero lo que aumenta la cantidad de materia orgánica, esto se corrobora con la presencia de macrófitas que colmatan el espejo de este.

El pH es una abreviatura para representar el potencial de hidrogeniones del agua, estando íntimamente relacionado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. Es de mencionar que en general este parámetro puede ser modificado por actividad biológica o por intercambio de CO_2 con el aire (Roldán, 2003). Así, las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO_2 disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; o por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. En cuanto al pH, la presencia de carbonatos, fosfatos y de iones similares confieren al agua un efecto tampón, de modo que si se adiciona un ácido o una base en tales condiciones, no causa mayor efecto en el pH (Londoño, 2006).

En las aguas subterráneas analizadas se hallaron valores con tendencia a la neutralidad, resultados ubicados entre 6,94 unidades y 7,33 unidades (Figura 5-77). Los valores de pH estuvieron cercanos entre sí y respecto a lo que determina la normatividad ambiental concerniente al uso doméstico y con fines de consumo no se presentan restricciones de ningún tipo, salvo a un tratamiento convención previo al uso del agua con fines de consumo.

Figura 5-77 Valores de pH reportados en las estaciones de monitoreo.

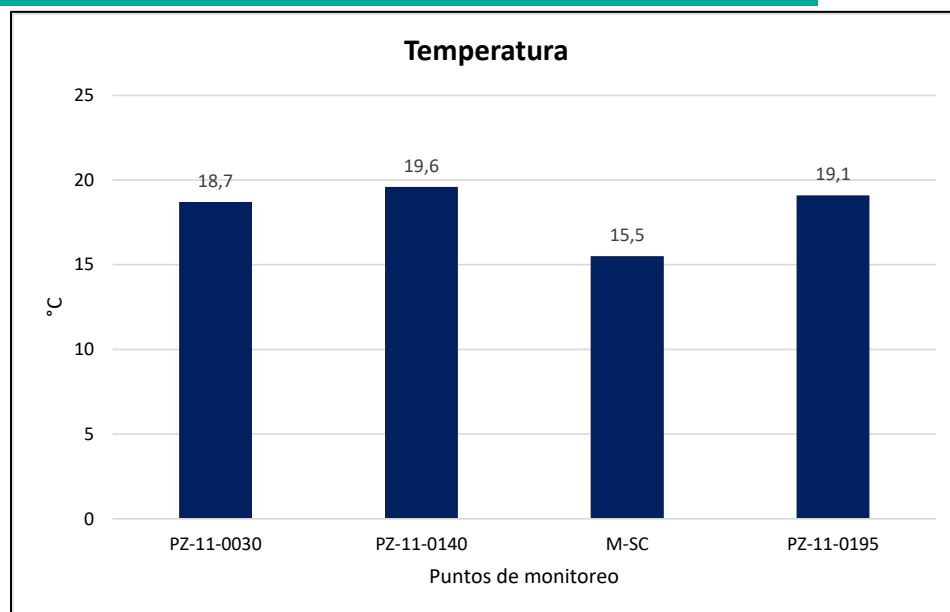


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua y su valor depende de la profundidad y hora de toma (Roldan, 1992). Los sistemas fluviales muestran generalmente, frente a otros sistemas acuáticos como los lagos, notables fluctuaciones diarias en la temperatura del agua debido a su menor profundidad e inercia térmica (Margalef, 1983). En general este parámetro tiene incidencia sobre todos los procesos biológicos, así como en el comportamiento de otras variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, pH, conductividad. Igualmente, incrementos en la temperatura aumentan la solubilidad de ciertos compuestos químicos, y en general disminuye la solubilidad de gases, especialmente la del oxígeno disuelto (Justic et al., 1996). En el caso de las aguas subterráneas la temperatura depende de la conductividad térmica e hidráulica del medio, de la relación longitud/profundidad de la cuenca, configuración del nivel freático y distribución de la temperatura ambiente respecto a las zonas de recarga y descarga.

Los valores de temperatura reportados en las fuentes de agua subterránea reflejan las condiciones climáticas de la zona de estudio mostrando resultados de 15,5 °C a 19,1 °C (Figura 5-78), esta variación se debe generalmente a la hora de toma de muestra y a la naturaleza de los sistemas hídricos (Pozos profundos y Manantial). De acuerdo con la normatividad ambiental vigente, no existen criterios de comparación, así mismo, este nivel de temperatura es adecuado y no determina algún tipo de alteración del recurso.

Figura 5-78 Valores de temperatura reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Considerando los compuestos comúnmente presentes en aguas subterráneas, los cloruros se encuentran relacionados con la naturaleza geoquímica de las cuencas, siendo a su vez indicadores de contaminación por actividad agrícola y puede llegar a incrementarse por influencia humana debido a la generación de excrementos. Este parámetro en general evalúa la concentración de aniones de cloruro disueltos en el agua, siendo una medida indirecta de la contaminación de origen orgánico humano, así como la presencia de sales ionizables (Sierra, 2011).

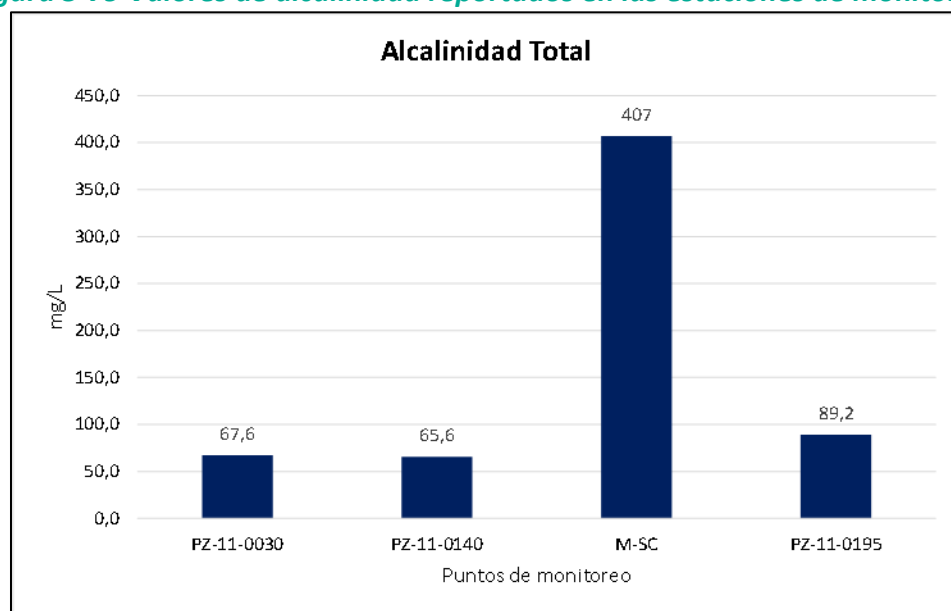
La concentración de cloruros en la mayoría de las estaciones evaluadas fue mínima siendo indetectable (<9,9 mg). En la estación M-SC se reportó con un valor de 13,9 mg/L. Aunque los valores de cloruros son bajos en general, si se ve la influencia de este tipo de sales en las aguas del punto mencionado, lo que se pudo relacionar con el aspecto del agua observado durante la visita de campo. En general estos resultados son acordes con la normatividad, estando muy por debajo del límite máximo permisible de 250 mg/L definido en el Decreto 1076 de 2015 y Resolución 2115 de 2007 para el uso del recurso con fines domésticos y/o de consumo.

La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. Este parámetro puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes. En las aguas naturales la alcalinidad se debe a la presencia de iones CO_3^{2-} y HCO_3^- los cuales ingresan al agua debido a la acción del CO_2 sobre los materiales naturales del suelo (Sierra, 2011).

La alcalinidad reportada se presenta con valores de 65,6 mg/L a 407 mg/L mostrando que los puntos analizados presentan un contenido moderado a alto de iones básicos, lo que

sugiere que las aguas monitoreadas presentan un contenido moderado a alto de iones básicos, los cuales ingresan a las aguas naturales por la interacción del CO₂ con los elementos del suelo. En aguas subterráneas esta interacción se presenta en las formaciones geológicas en las que se encuentra confinado o semiconfinado el acuífero, otorgando una característica de alcalinidad moderada a las aguas de este tipo. De la misma manera los bicarbonatos presentaron el mismo valor hallado para alcalinidad lo que sustenta una condición de estabilidad sobre el pH determinado en cada punto de muestreo.

Figura 5-79 Valores de alcalinidad reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Respecto al parámetro acidez, generalmente se considera que todas las aguas que tienen un pH inferior a 8,5 unidades tienen acidez. La acidez en las aguas naturales es ocasionada por la presencia de CO₂ o la presencia de un ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCl). Es de mencionar que el CO₂ es un componente normal de las aguas naturales. La condición ácida del agua también puede presentarse debido a que este compuesto se produce en la descomposición biológica de la materia orgánica (Sierra, 2011).

En las estaciones de monitoreo la acidez estuvo en un rango de 6,34 mg/L a 101 mg/L (Figura 5-80) siendo la estación M-SC el que obtuvo el valor más alto, es posible que la condición ácida del agua se deba a la presencia de CO₂ y a infiltraciones del suelo cuyo pH es de naturaleza ácida (CAR, 2013). Se considera que los niveles hallados corresponden a condiciones normales y coinciden con los pH reportados.

Cabe aclarar que el punto M-SC obtuvo los valores más altos en los dos parámetros mencionados anteriormente, es posible que este punto esté recibiendo aportes externos de iones básicos y ácidos.

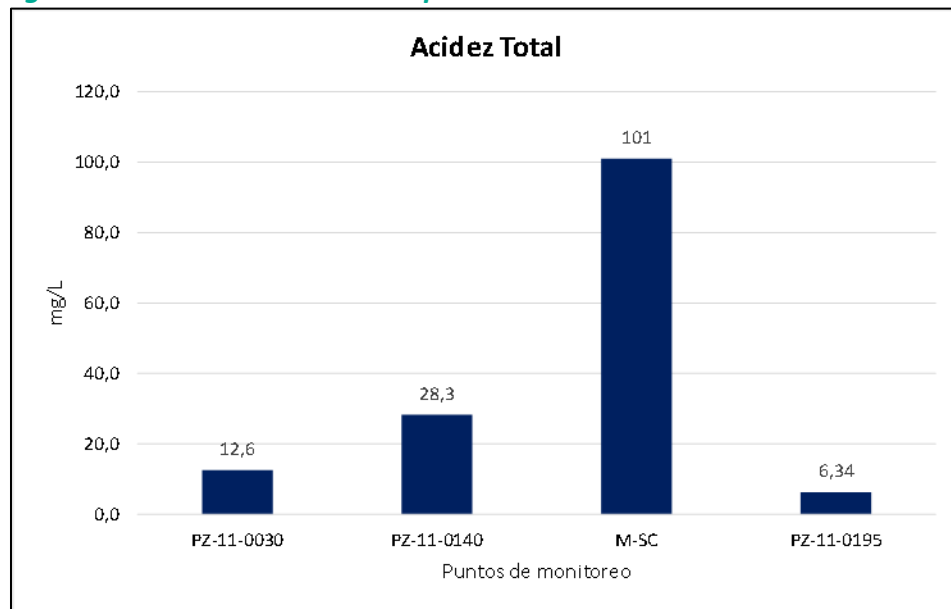
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



La dureza total está determinada por la presencia de cationes bivalentes en el agua, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} y cuyo proceso se da naturalmente en el agua con el ingreso de dichos iones producto del proceso de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo (Sierra, 2011).

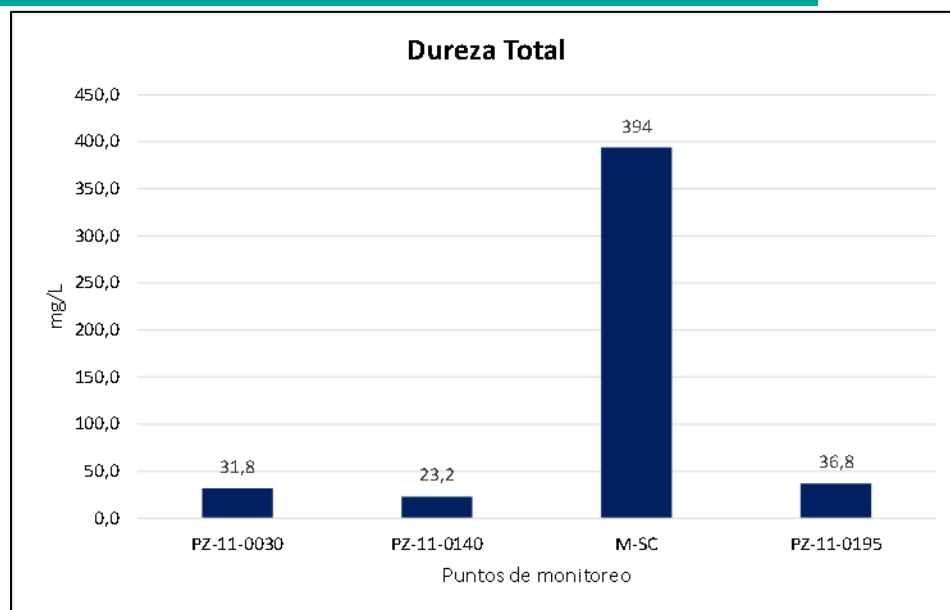
La dureza encontrada en las aguas subterráneas estuvo entre 23,2 mg/L a 394 mg/L. Los puntos correspondientes a los pozos son de aguas blandas y el punto correspondiente al manantial Santa Coloma es de aguas duras. Para las estaciones de aguas blandas se hace evidente un bajo o moderado contenido de calcio y magnesio, mientras que en aguas moderadamente duras este contenido de iones es superior. De acuerdo con la normatividad definida para consumo se da cumplimiento en la mayoría de las estaciones, sin embargo, el punto M-SC sobrepasa el valor de 300 mg/L saliendo del valor que indica la norma.

Figura 5-80 Valores de acidez reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-81 Valores de dureza reportados en las estaciones de monitoreo.

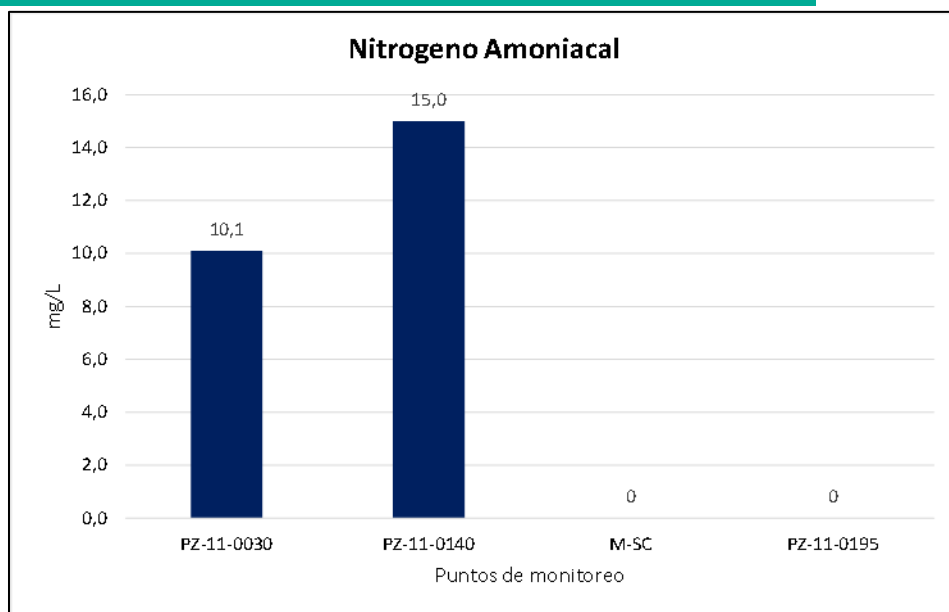


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Entre los elementos de importancia en las aguas subterráneas se encuentran compuestos del fósforo y del nitrógeno. En cuanto a los compuestos asociados al nitrógeno, se analizó el nitrógeno amoniacal y nitrógeno total, parámetros que son importantes en los estudios de aguas por la toxicidad que pueden generar en la biota en general. Para estas (2) variables se obtuvieron resultados moderados. En el caso del nitrógeno amoniacal se reportaron valores en el pozo de Bogotá Tennis Club y en el pozo de Jardines del Recuerdo, estos fueron de 10,1 mg/L y de 15,0 mg/L respectivamente (Figura 5-82) Los demás puntos fueron indetectables para la técnica analítica (<1.0 mg/L). El nitrógeno total es la composición de nitrógeno orgánico, amoniacal, nitratos y nitritos. El resultado obtenido en todas las estaciones de monitoreo muestra valores de 4,39 mg/L hasta 17,5 mg/L, al igual que en el parámetro anterior los pozos de Bogotá Tennis Club y Jardines del Recuerdo obtuvieron los valores más altos (Figura 5-83).

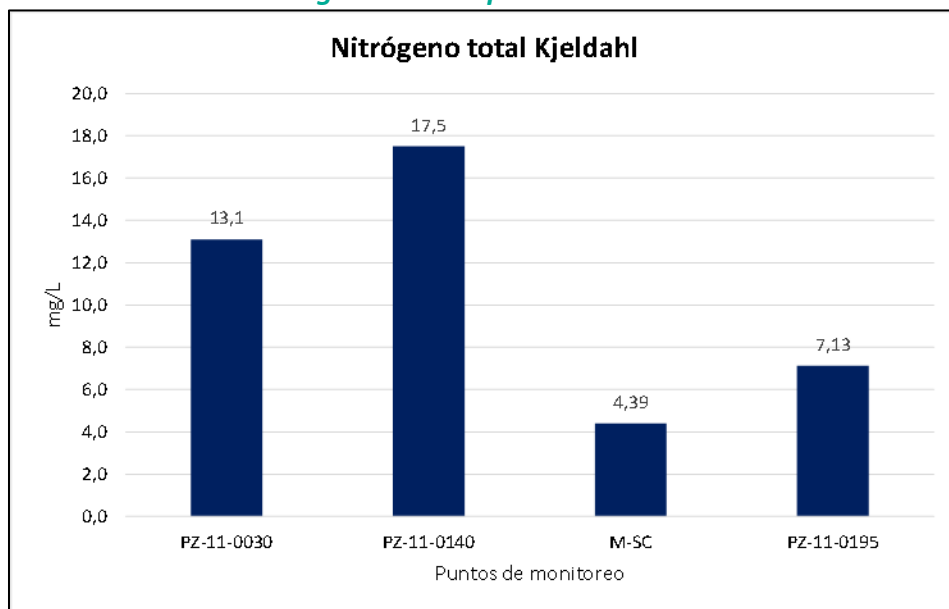
La presencia de estos compuestos indica que las fuentes de agua subterránea presentan influencia de compuestos nitrogenados puesto que estas aparecen sólo como trazas en aguas subterráneas naturales, aumentando su concentración cuando el medio es fuertemente reductor. Este compuesto es el producto final de la reducción de sustancias orgánicas o inorgánicas que naturalmente se incorporan al agua subterránea. La presencia de estos elementos se puede deber a la actividad bacteriana y a las actividades, agrícolas, urbanas e industriales de la superficie.

Figura 5-82 Valores de nitrógeno amoniacal reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

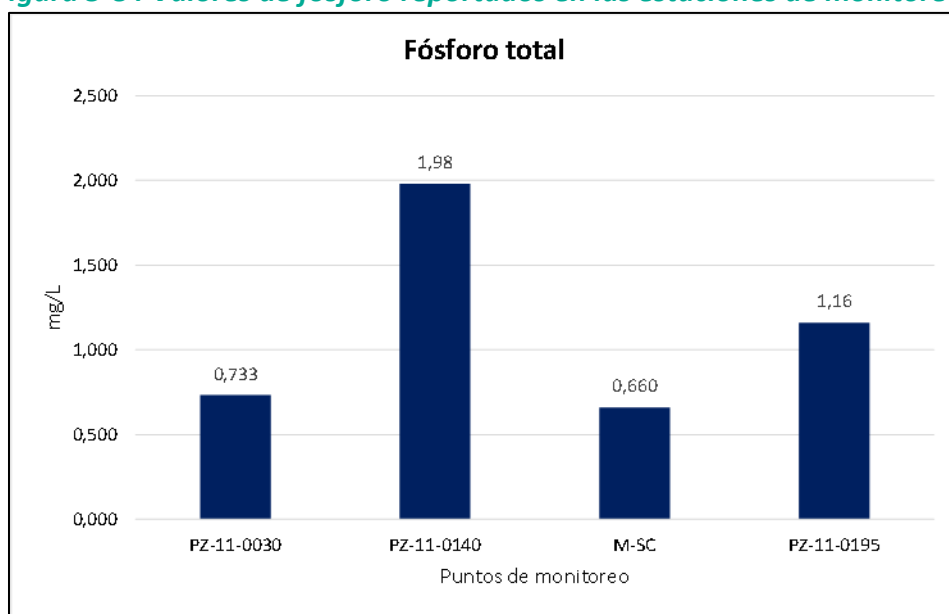
Figura 5-83 Valores de nitrógeno total reportado en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

El fósforo total es la sumatoria de las formas orgánicas e inorgánicas del fósforo, este se reportó con concentraciones de 0,660 mg/L hasta 1,98 mg/L (Figura 5-84), siendo la estación PZ-11-0140 el punto que reporto el mayor valor. Aunque la normatividad ambiental vigente no relaciona un límite definido para el contenido de fósforo, se hace evidente la influencia de este nutriente en las aguas subterráneas de la zona, lo que se puede asociar probablemente con la actividad urbana que normalmente se desarrolla en la zona de interés.

Figura 5-84 Valores de fósforo reportados en las estaciones de monitoreo.



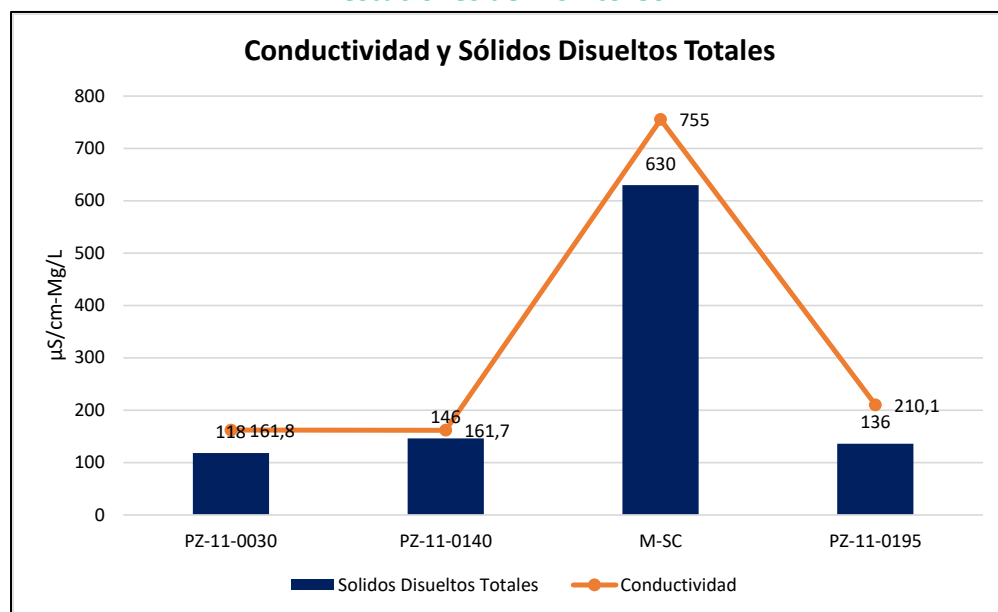
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La conductividad de las aguas es un parámetro utilizado como indicador de salinidad y consecuentemente, de la calidad general de las mismas (Sánchez y Martín, 2005). Este parámetro mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura.

Los niveles de conductividad en las aguas subterráneas analizadas estuvieron en un rango entre 161,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 755 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 5-85), mostrando una variación importante que indica que el contenido de iones en las aguas subterráneas analizadas es alto en algunas estaciones. En este caso la estación M-SC obtuvo el valor más alto. En las aguas subterráneas es frecuente encontrar un contenido de iones importante, esto debido en principio por la transferencia iónica que sucede en el acuífero, de acuerdo con el tipo de formación en el que se encuentra confinada el agua.

Los resultados anteriormente descritos son acordes con los obtenidos para los sólidos disueltos totales, estas se refieren a cualquier mineral, sal, metal, en forma de moléculas, átomos, cationes o aniones disueltos en el agua. Los sólidos totales disueltos (TDS) comprenden las sales inorgánicas y pequeños compuestos orgánicos. Los registros muestran valores de 118 mg/L a 630 mg/L (Figura 5-85) siendo concordante con la conductividad presentada. Dentro del porcentaje promedio de la composición química de las aguas dulces los carbonatos son los más representativos (Clarke, 1924), en este orden de ideas, el nivel de bicarbonatos sumado a una alcalinidad y un pH estables suponen un mayor contenido de este tipo de aniones que adjudican una mayor conductividad y por ende una mayor presencia de sólidos disueltos.

Figura 5-85 Valores de conductividad y sólidos disueltos totales reportados en las estaciones de monitoreo.

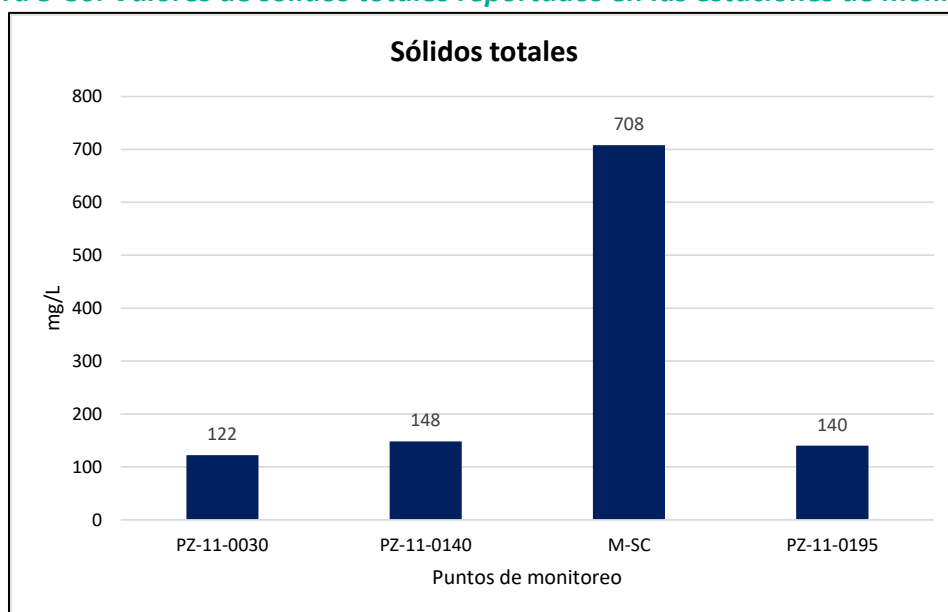


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Los sólidos suspendidos totales que corresponden al material particulado que se mantiene en suspensión en el agua (Este tipo de sólidos tienen incidencias sobre la turbidez) fueron indetectables (<10 mg/L) en la mayoría de las estaciones, exceptuando el punto M-SC que reporto un valor de 74,0 mg/L. El punto al estar expuesto a las condiciones ambientales esta predispuesto a recibir aportes externos de material particulado que afecta este parámetro. Esto es corroborado con las observaciones en campo.

Con relación a los sólidos totales que hacen referencia al contenido total de sólidos presentes en el agua se hallaron con valores de 122 mg/L a 708 mg/L (Figura 5-86) siendo la estación M-SC la que presento mayor contenido de estos sólidos, esto concuerda con los sólidos suspendidos reportados anteriormente.

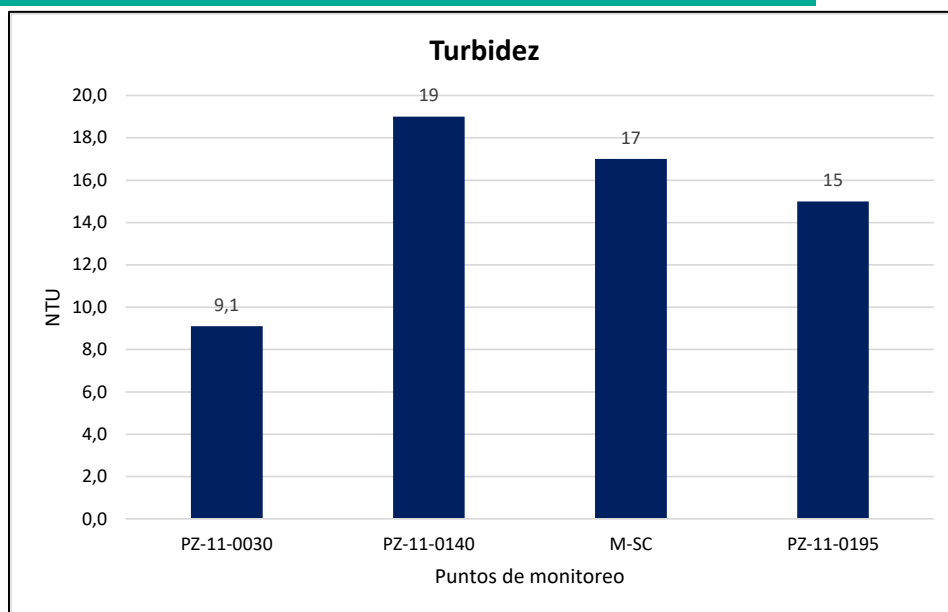
Figura 5-86. Valores de sólidos totales reportados en las estaciones de monitoreo



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Como se mencionó con anterioridad la presencia de sólidos suspendidos determina en gran medida la turbidez, sin embargo, no es el único componente que interviene en el grado de opacidad que tenga el agua; sustancias orgánicas o inorgánicas y otros materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determina la transparencia del agua, puesto que limita la transmisión de luz en ella (Roldán, 2003). Las aguas subterráneas analizadas reportaron una turbiedad entre 9,1 NTU y 19 NTU, siendo el punto PZ-11-0140 el que reportó el mayor valor (Figura 5-87). De acuerdo con la norma se restringe el uso del recurso proveniente de todos los puntos de monitoreo evaluados, ya que la norma determina un criterio máximo de 2NTU para consumo humano.

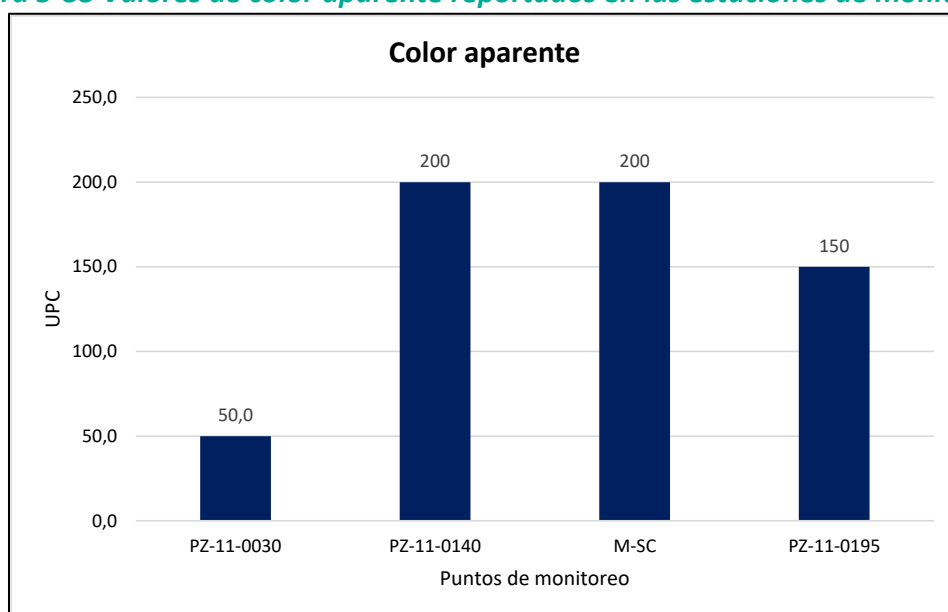
Figura 5-87 Valores de turbiedad reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Aunque el color y la turbidez difieren entre sí, los niveles de color en la gran mayoría de estaciones de monitoreo estuvieron por encima a 5 UPC (Figura 5-88), lo que restringe el uso del recurso con fines de consumo humano. La incidencia de coloides o partículas que otorguen coloración al agua no generan ninguna afectación, sin embargo, puede generar rechazo al consumo.

Figura 5-88 Valores de color aparente reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



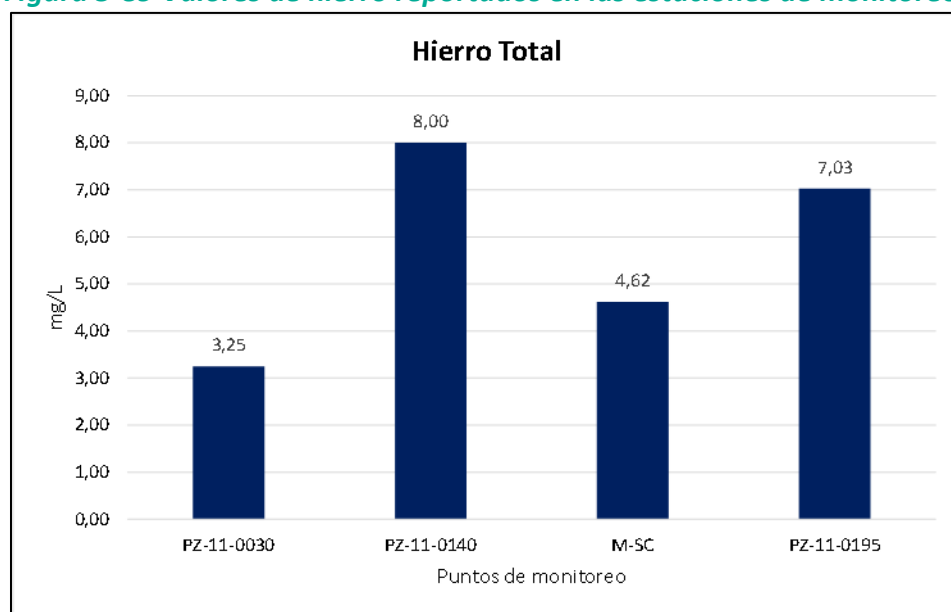
Con relación a la presencia de iones en general, los diferentes elementos analizados estuvieron con concentraciones normales en los puntos de aguas subterráneas evaluados. Los metales, generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales; algunos de ellos son imprescindibles 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.

De los metales monitoreados, el Bario, el Cadmio, el Cromo hexavalente, el Níquel, el Plomo y el Zinc fueron indetectables mediante la técnica de análisis empleada para su evaluación.

El arsénico es un metal pesado que está relacionado con la fabricación o utilización de herbicidas y pesticidas. Genera varias afectaciones a nivel celular por sus efectos bioacumulativos por lo que su efecto a largo plazo es dañino a bajas concentraciones, sin embargo, altas concentraciones son mortales. En la mayoría de las estaciones fue indetectable ($<0,00250$ mg/L) para la técnica utilizada, no obstante, el punto PZ-11-0195 reportó un valor de $0,0289$ mg/L, valor que indica que estas aguas están teniendo algún ingreso de este metal.

El hierro es un metal común presente en este tipo de caracterización, presento valores de $3,25$ mg/L a $8,0$ mg/L (Figura 5-89), solo los puntos PZ-11-0030 y M-SC se encuentran por debajo del límite que define el Decreto 1076 de 2015 para uso pecuario que es de $5,0$ mg/L. Los demás puntos exceden este valor. Las concentraciones de hierro en aguas subterráneas de la zona pueden estar relacionadas con la naturaleza de los suelos y su geología, ya que de acuerdo con estas características los iones de hierro se transfieren al agua a partir del aporte de la formación en la que se encuentra confinada el agua.

Figura 5-89 Valores de hierro reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

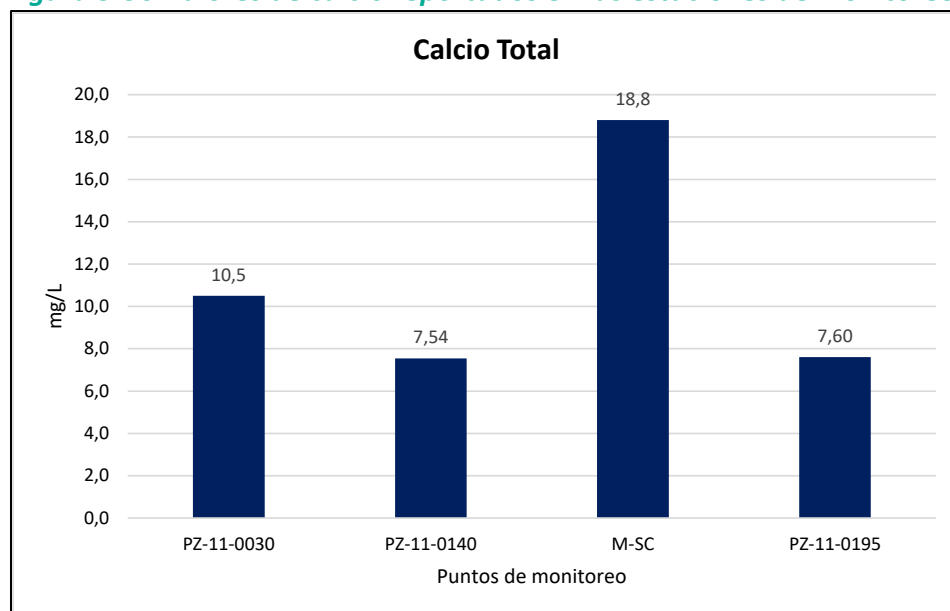
El Calcio suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En rocas ígneas aparece como constituyente esencial de los silicatos. En rocas sedimentarias aparece fundamentalmente en forma de carbonato. El Magnesio es menos abundante que el Ca en las aguas naturales procede de la disolución de rocas carbonatadas y de la alteración de silicatos. En el caso del Manganeseo, que también está presente generalmente en las rocas, su presencia genera un sabor desagradable.

El calcio se reportó en todas las estaciones con valores de 7,54 mg/L hasta 18,8 mg/L, en caso del magnesio se detectó con valores de 1,88 mg/L a 11,8 mg/L. El manganeso se reportó con concentraciones desde indetectables (<0,100 mg/L) hasta 0,499 mg/L (Figura 5-90, Figura 5-91 y Figura 5-92). Teniendo en cuenta la normatividad ambiental, ninguna estación sobrepasa los límites excepto la estación M-SC para el manganeso, superando los límites para consumo humano y uso agrícola y pecuario.

El Potasio tiende a ser fijado irreversiblemente en procesos de formación de arcillas y de absorción en las superficies de minerales con alta capacidad de intercambio iónico, este se reportó en todas las estaciones con valores de 2,11 mg/L a 13,8 mg/L. Por otro lado, el Sodio es liberado por la meteorización de silicatos tipo albita y la disolución de rocas sedimentarias de origen marino y depósitos evaporíticos en que se presenta fundamentalmente como NaCl, este se reportó con valores de 6,69 mg/L a 31,2 mg/L. Respecto a lo que indica la normatividad ambiental, no hay restricciones para el uso de agua

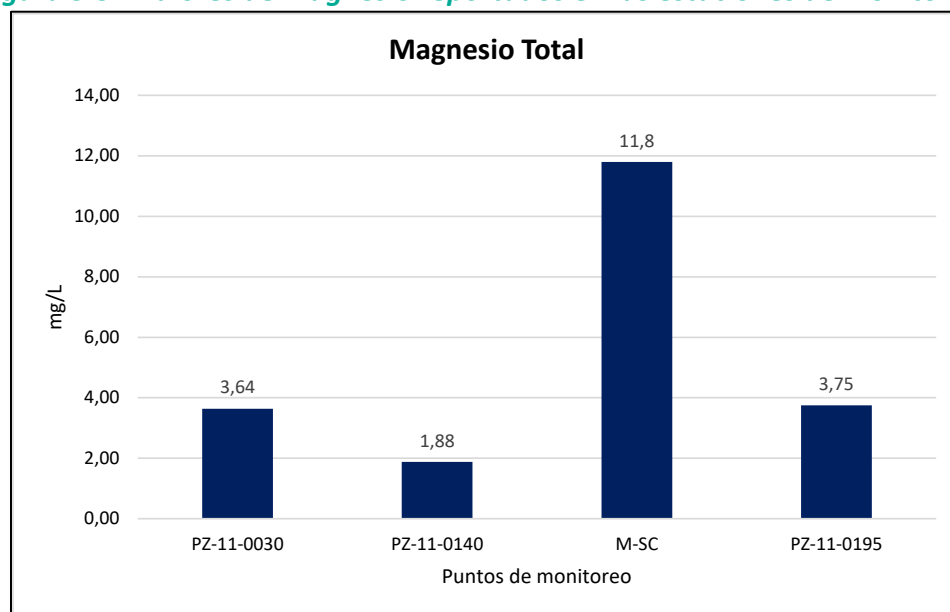
respecto al potasio, sin embargo, el sodio si excede los límites para uso agrícola y pecuario en todas las estaciones.

Figura 5-90 Valores de calcio reportados en las estaciones de monitoreo.



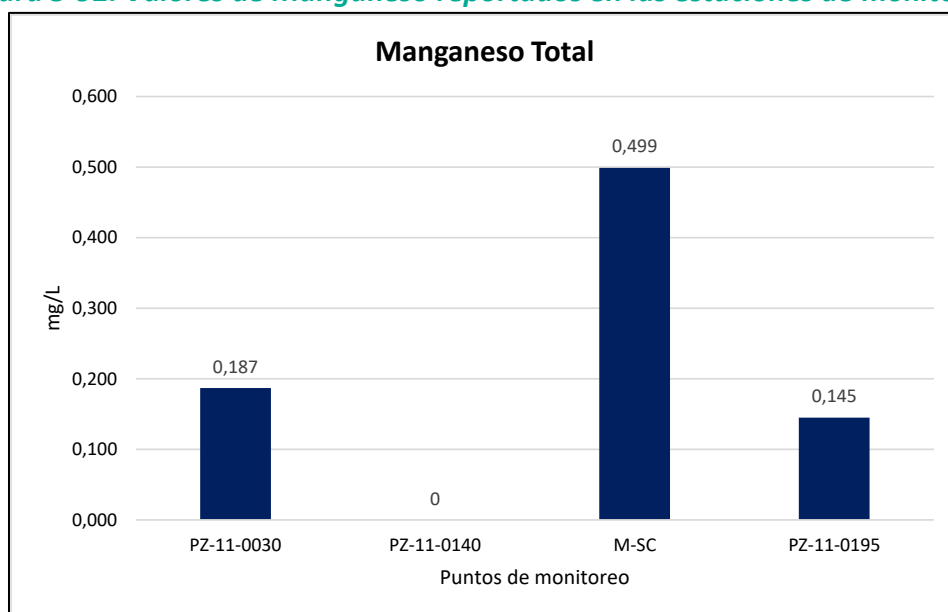
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-91 Valores de magnesio reportados en las estaciones de monitoreo.



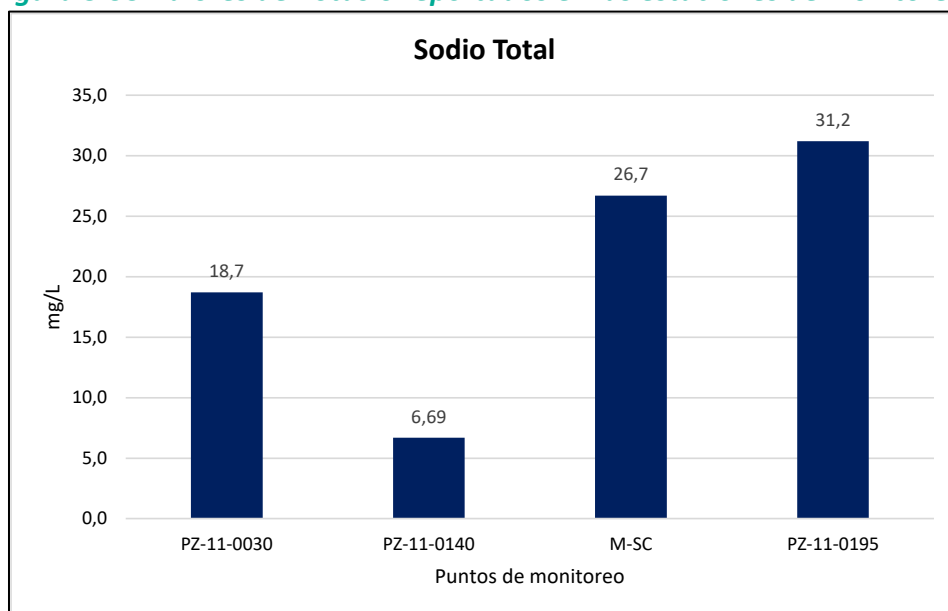
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-92. Valores de Manganeso reportados en las estaciones de monitoreo.



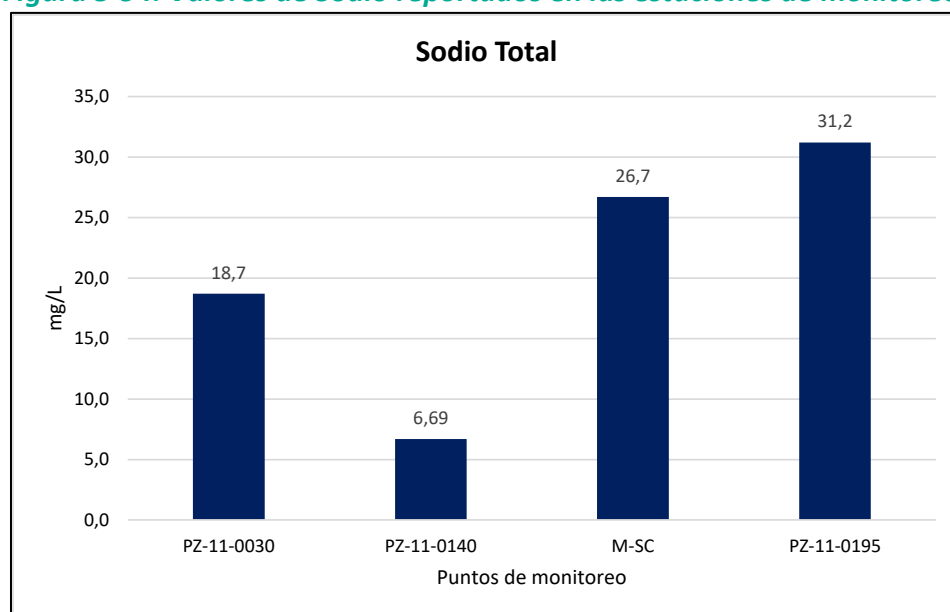
Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-93 Valores de Potasio reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-94. Valores de Sodio reportados en las estaciones de monitoreo.

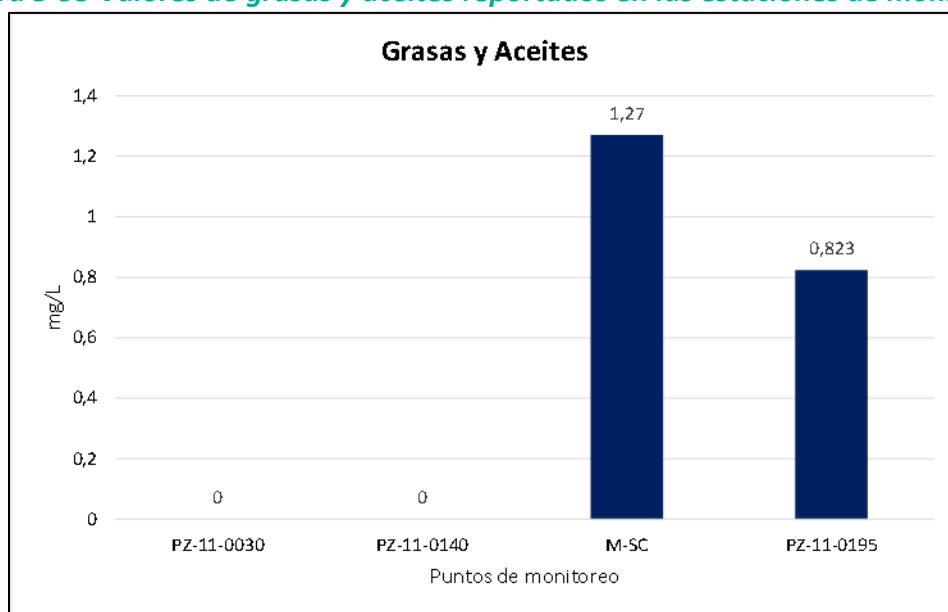


Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Respecto a los análisis de compuestos orgánicos como fenoles totales, que son aportados naturalmente en muy baja concentración a las fuentes de agua, se registraron resultados indetectables (<0,100 mg/L) mediante la técnica de análisis implementada para su evaluación, lo que descarta la presencia de este tipo de compuestos orgánicos en las aguas subterráneas del área de influencia.

Por su parte, los hidrocarburos totales se reportaron como indetectables (<0,200 mg/L) en las estaciones PZ-11-0030 y PZ-11-0140. En las demás estaciones se reportaron valores de 0,486 mg/L para M-SC y de 0,292 mg/L para la estación PZ-11-0195. Por otra parte, las grasas y aceites se reportaron con valores desde indetectables (<0,200 mg/L) hasta 1,27 mg/L (Figura 5-95). La presencia de estos compuestos orgánicos en las aguas subterráneas en concentraciones bajas como las encontradas pueden considerarse normales (al ser una condición natural la presencia de estos compuestos como producto de la descomposición de materia orgánica asociada a fuentes naturales como por ejemplo material vegetal).

Figura 5-95 Valores de grasas y aceites reportados en las estaciones de monitoreo



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Es de mencionar que para estas variables no existen límites máximos permisibles establecido por las normas vigentes, salvo lo indicado en el Decreto 1076 de 2015 que establece que no debe haber película visible respecto a grasas y aceites, lo cual se cumple en de acuerdo con lo evidenciado en campo.

Otro compuesto común en las aguas naturales son los sulfatos y los sulfuros que forman parte del ciclo del azufre, que es sin duda uno de los ciclos de nutrientes típicos y relevantes de la naturaleza. Éstos son compuestos solubles (aniones) que se hallan ampliamente repartidos en todas las aguas pudiéndose presentar también en suelos (Marín-Galván, 2003). Los sulfatos se encuentran en la naturaleza con concentraciones desde pocos a varios miles de mg/L. Generalmente son indicadores de contaminación de origen industrial. En aguas subterráneas se encuentran generalmente sulfuros por reducción bacteriana de sulfatos.

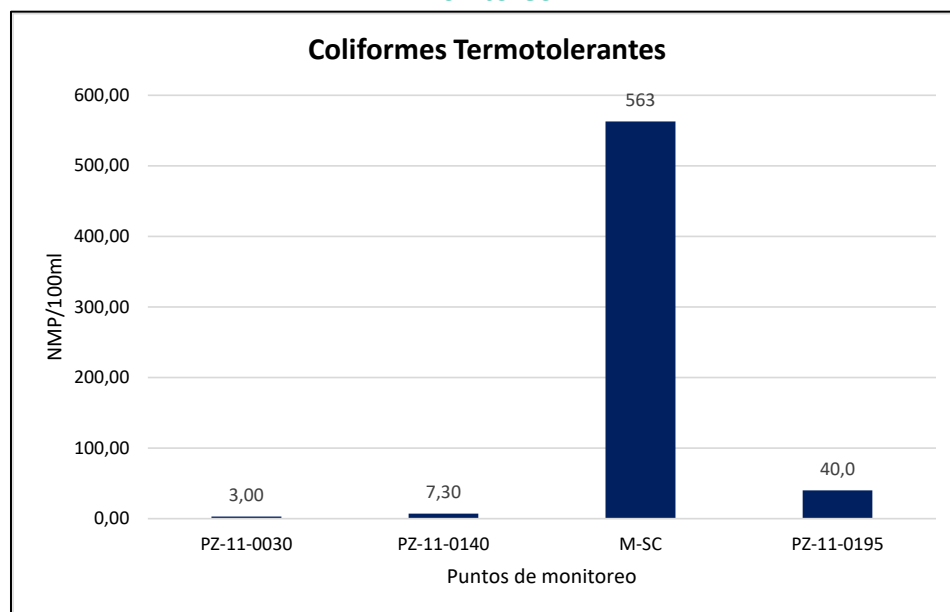
En el caso de los sulfatos, se hallaron indetectables en la mayoría de las estaciones (<5,0 mg/L) reportándose únicamente en la estación M-SC con un valor de 6,03 mg/L. Finalmente los sulfuros fueron indetectables en todas las estaciones para la técnica de detección empleada (<1,0 mg/L)

Finalmente, respecto a la carga bacteriológica del agua, se encuentran los análisis de coliformes totales y fecales. Los coliformes son un grupo de bacterias que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero se monitorean porque se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en cuerpos indicadores de contaminación fecal en las fuentes de agua. Estas bacterias viven 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. Es preciso tener en cuenta que las bacterias coliformes no provienen solo de las heces de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y el suelo (Geldreich et al., 1964; 1962).

Los coliformes fecales termotolerantes tuvieron una presencia importante en las aguas subterráneas monitoreadas con reportes de 3,0 NMP/100ml hasta 563 NMP/100ml (Figura 5-96) siendo el punto M-SC el que obtuvo el mayor valor, esto tiene sentido teniendo en cuenta la exposición al aire libre de este manantial. Según la normatividad ambiental ninguna estación sobrepasa el límite de (1000 NMP/100ML) sin embargo, se sugiere realizar un tratamiento previo con fines de uso doméstico y de consumo.

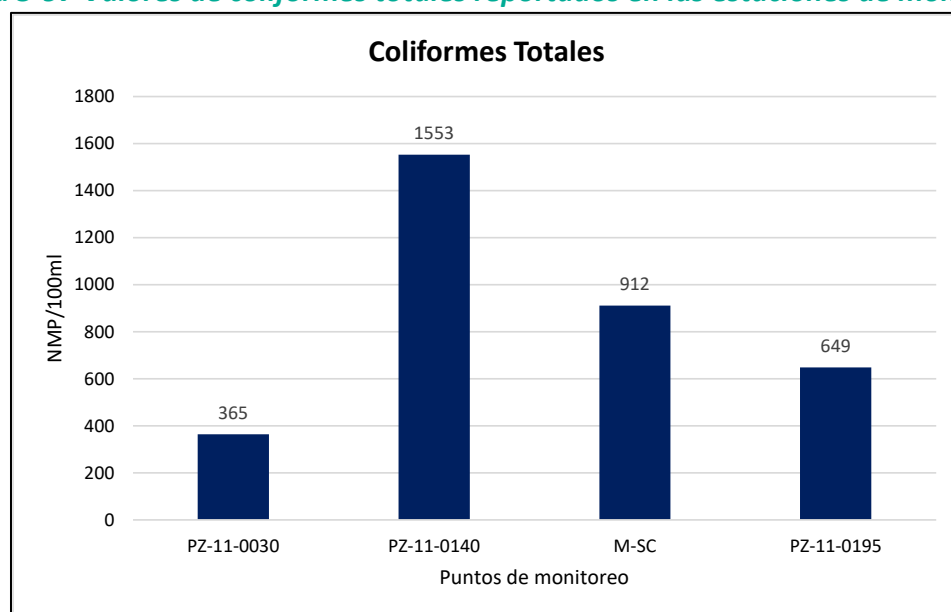
Figura 5-96 Valores de coliformes fecales termotolerantes presentes en las estaciones de monitoreo



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En cuanto a los coliformes totales se alcanzan resultados de 365 NMP/100ML a 1553 NMP/100ml (Figura 5-97) siendo en este caso la estación PZ-11-0140 fue la que presentó el valor más alto, en este caso ningún punto sobrepasa los límites que establece la norma (20000 NMP/100ml para consumo humano y 5000 NMP/100ml para uso agrícola y pecuario).

Figura 5-97 Valores de coliformes totales reportados en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.6.3.3 Conclusiones

La gran mayoría de parámetros analizados sugieren que las aguas subterráneas analizadas presentan algún tipo de influencia. No obstante, lo anterior, se puede definir que no existen alteraciones en términos de pH, oxígeno y compuestos iónicos como calcio y magnesio, cuya presencia es normal en este tipo de aguas, principalmente por la composición de los suelos.

En términos generales la calidad de agua subterránea de los puntos monitoreados es regular, presentando valores altos de compuestos como nitrógeno, presencia de grasas y aceites y coliformes por lo que podría indicar signos de contaminación o influencia de la superficie.

Se aprecia una carga bacteriológica importante, lo que sugiere la influencia de factores biológicos que intervienen en estos resultados como procesos metabólicos y reproductivos lo que explicaría la presencia de sulfuros y nitrógeno, en caso de ser necesario el uso para consumo humano se debe realizar un tratamiento de estas aguas.

El punto M-SC correspondiente al manantial Santa Coloma es el punto más afectado, su exposición al aire libre, la presencia de animales de granja y la colmatación de macrófitas aumentan la carga orgánica y otros compuestos

5.1.7 Usos del agua

5.1.7.1 *Uso del recurso hídrico superficial*

El agua es un recurso fundamental que es empleado en diferentes actividades económicas para satisfacer las necesidades ya sean domésticas, agrícolas, pecuarios, entre otros sectores. En este capítulo, se presentan los usos del agua superficial en el área de estudio, los usuarios actuales, el cálculo de la demanda hídrica y los posibles conflictos por disponibilidad del recurso.

5.1.7.1.1 *Uso doméstico y consumo humano*

El agua destinada al uso doméstico suple necesidades como la toma de agua directa, la preparación de alimentos, necesidades domésticas, el aseo personal, entre otras.

En la zona en estudio se registra una población de 57500 personas que viven ya sea en viviendas o apartamentos.

5.1.7.1.2 *Uso industrial*

El agua destinada al uso industrial se emplea en actividades destinadas al comercio como venta de maquinaria agrícola, concesionarios, centros comerciales, centros educativos y actividades fúnebres, entre otras. En la zona en estudio se registran 844 establecimientos de comercio y 881 empresas, 9 colegios y 2 cementerios.

5.1.7.1.3 *Uso agrícola*

El agua destinada para el uso agrícola se emplea para actividades destinadas al cultivo de flores en zonas cercanas al cementerio utilizada para la irrigación de cultivos y otras actividades complementarias a la producción de flores. En la zona de estudio se registran 184 ha de cultivo de flores o cultivos confinados.

5.1.7.2 *Usuarios del recurso hídrico*

Los usuarios fueron definidos a partir del censo que se llevó a cabo en el proyecto por el componente socioeconómico. A continuación, se presentan los usuarios del sector demográfico y del sector industrial, que fueron necesarios para realizar el debido procedimiento para estimar el uso del agua. La información detallada del censo realizado se encuentra en el capítulo 5.3 Caracterización del área de influencia - medio socioeconómico.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.7.2.1 Usuarios Localidad de Usaquén

En la Tabla 5-83 se presenta la cantidad de personas que habitan en la zona donde se llevará a cabo el proyecto y en la Tabla 5-84 los establecimientos comerciales que se encuentran en la parte oriental de la zona de estudio (ver Figura 5-98)

Tabla 5-83 Censo poblacional Usaquén

Unidad Territorial Mayor	No de viviendas o apartamentos	Promedio de familias residentes	Promedio de familias por Vivienda	Promedio de personas por familia	Población Total en promedio
Barrio Verbenal Sector 1	680	2000	3	3	6000
Barrio Verbenal Sector 2	625	950	3	4	3800
Barrio San Antonio	300	900	3	4	1200
Barrio Canaima	280	900	3	5	4500
Conjunto La Place	288	288	1	3	1000
Conjunto Balcones de San Carlos	289	289	1	4	1200
Conjunto Quintas de San Marcos	126	126	1	4	600
Conjunto Kepler	414	414	1	4	1200
Conjunto Darwin	320	320	1	4	1200
Conjunto Praderas de San Carlos	336	336	1	4	1200
Conjunto Torres de Santa Lucia	330	330	1	3	1000
Total	3699	5953			22900

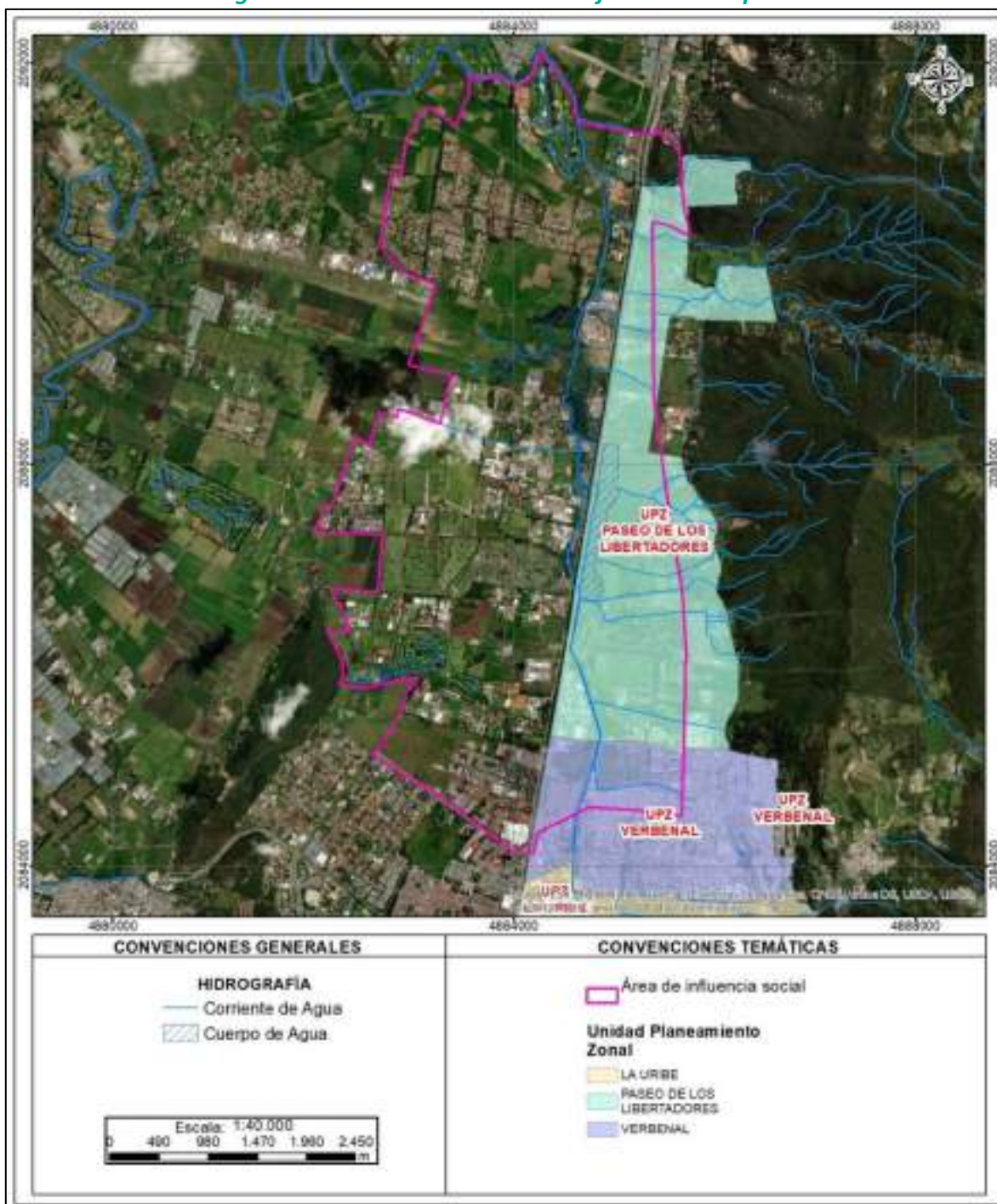
Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2023

Tabla 5-84 Censo industrial Usaquén

UPZ	Establecimientos	Empresas
Paseo de los libertadores	627	520
Rural	1	10
Verbenal	3828	6477
Total	4456	7007

Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2023

Figura 5-98 Sectores de área de influencia Usaqué



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.7.2.2 Usuarios Localidad de Suba

En la Tabla 5-85 se presenta la cantidad de personas que habitan en la zona donde se llevará a cabo el proyecto y en la Tabla 5-86 los establecimientos comerciales que se encuentran en la parte oriental de la zona de estudio (ver Figura 5-99)

Tabla 5-85 Censo poblacional Suba

Unidad Territorial Menor	No de viviendas o apartamentos	Promedio de familias residentes	Promedio de familias por Vivienda	Promedio de personas por familia	Población Total en promedio
Barrio Güicani	207	700	3	4	2800
Barrio Mirandela	8000	8000	1	4	28000
Barrio Parcelación El Jardín	115	115	1	4	458
Conjunto R. Reserva Mora Verde	54	54	1	3	162
Conjunto R. Mora Verde	90	90	1	3	300
Conjunto R. Torre Molinos	120	120	1	5	600
Hacienda San Sebastián	120	120	1	4	400
Hacienda San Simón	470	470	1	4	1880
Total	9176	9669			34600

Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2023

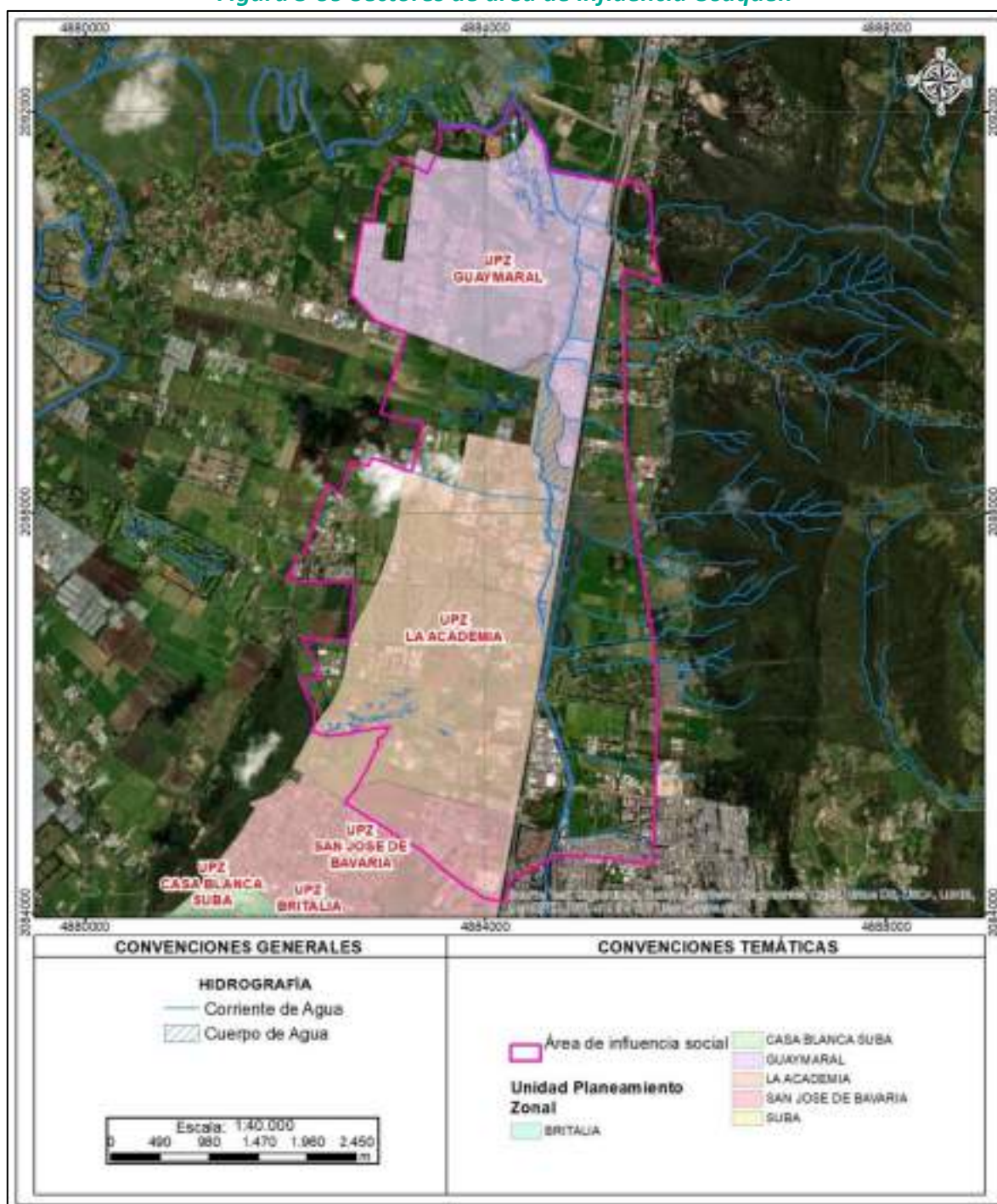
Tabla 5-86 Censo industrial Suba

UPZ	Establecimiento	Empresas
Guaymaral	126	197
La Academia	91	164
Total	217	361

Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-99 Sectores de área de influencia Usaqué



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.3 Demanda Hídrica superficial

5.1.7.3.1 Demanda Hídrica Doméstica

La demanda hídrica doméstica está destinada a satisfacer las necesidades básicas del ser humano como la bebida directa, preparación de alimentos, higiene personal, entre otras. Para esta actividad se requiere un módulo de consumo para cubrir dichas necesidades, el cual varía si la zona es rural o urbana (ver Tabla 5-87) así como el número de personas que habitan en la zona (ver Tabla 5-88). La demanda hídrica doméstica se calcula de la siguiente manera:

$$DUD = Población * Intensidad$$

Donde:

DUD: Demanda de agua para uso domestico

Población: Número de habitantes que pertenecen al área o zona estudiada

Intensidad: Cantidad de agua requerida para suplir las necesidades diarias (L/hab-día)

Tabla 5-87 Modulo de consumo doméstico

Consumo Doméstico (l/hab*día)	
Urbano	Rural
115	125

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para poder realizar el cálculo de la demanda hídrica se tomaron los datos del censo poblacional realizado en campo por el proyecto, descrito en el capítulo 5.3 Caracterización del área de influencia – Medio socio económico, donde se explica el procedimiento que se llevó a cabo para realizar el conteo de las personas que habitan en la zona del proyecto y del cual en la Tabla 5-88 se observan los resultados obtenidos para el sector doméstico y así proceder al cálculo de la demanda hídrica.

Tabla 5-88 Censo poblacional

Unidad Territorial Menor	No de viviendas o apartamentos	Población Total en promedio
Barrio Verbenal Sector 1	680	6000
Barrio Verbenal Sector 2	625	3800
Barrio San Antonio	300	1200
Barrio Canaima	280	4500
Conjunto La Place	288	1000
Conjunto Balcones de San Carlos	289	1200
Conjunto Quintas de San Marcos	126	600
Conjunto Kepler	414	1200

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Unidad Territorial Menor	No de viviendas o apartamentos	Población Total en promedio
Conjunto Darwin	320	1200
Conjunto Praderas de San Carlos	336	1200
Conjunto Torres de Santa Lucia	330	1000
Barrio Güicani	207	2800
Barrio Mirandela	8000	28000
Barrio Parcelación El Jardín	115	458
Conjunto R. Reserva Mora Verde	54	162
Conjunto R. Mora Verde	90	300
Conjunto R. Torre Molinos	120	600
Hacienda San Sebastián	120	400
Hacienda San Simón	470	1880
Total	13164	57500

Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2023

A partir de esta información se realiza el cálculo de la demanda hídrica doméstica para cada una de las subcuencas. En la Tabla 5-89 se presenta el resumen y la demanda total hídrica por cada subcuenca, así como la de toda el área de estudio. En el anexo 6 Hidrología se encuentran los cálculos correspondientes a la estimación de la demanda.

Tabla 5-89 Demanda Hídrica doméstica

Subcuenca	Nombre	Área (ha)	D.H (m3/s)
1	Canal Torca	2088.760	0.391
2	humedal Guaymaral	233.049	0.044
3	occidente 1	420.859	0.079
4	occidente 2	238.764	0.045
5	occidente 3	211.087	0.039
6	Qda Aguas Calientes	202.166	0.038
7	Qda Floresta	671.862	0.126
8	Qda Las Pilas	117.738	0.022
9	Qda Novita	80.305	0.015
10	Qda Patiño	109.658	0.021
11	Qda San Juan	311.208	0.058
12	Qda Tibabita	377.538	0.071
13	Qda Torca	254.634	0.048
14	Quebrada Cañiza	17.112	0.003
15	Vallado Guaymaral	351.497	0.066
Demanda Total Hídrica Doméstica		5686.236	1.064

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.7.3.2 Demanda Hídrica Industrial

El sector manufacturero tiene mayor presencia en las grandes ciudades debido a las actividades económicas y a la generación de empleo que implican un gran consumo hídrico.

Para calcular la demanda hídrica industrial se debe tener en cuenta el consumo de agua en cada actividad industrial, en las actividades de construcción y el volumen de agua que ha sido extraído, pero no ha sido consumida. Para ser calculada de la siguiente manera:

$$Csm = Gi + Pi + C + K$$

Donde:

Csm = Consumo del sector manufacturero y servicios

Gi = Gran industria

Pi = Pequeña industria

C = Construcción

K = Ajuste por cobertura

En la siguiente tabla se presenta el volumen de agua utilizado para cada sector industrial

Tabla 5-90 Módulos de consumo Demanda Hídrica Industrial

Volumen de agua utilizada (L)		
Gran Industria	Pequeña industria	Construcción
3585.79	2181.03	252.18

Fuente: CAR 2023

Para poder realizar el cálculo de la demanda hídrica industrial, se tomaron los datos del censo de comercio realizado en campo por el proyecto, descrito en el capítulo 5.3 Caracterización del área de influencia – Medio socio económico, donde se explica el procedimiento que se llevó a cabo para realizar el conteo de los establecimientos comerciales presentes en la zona de estudio y del cual en la Tabla 5-91 se observan los resultados obtenidos para el sector industrial y así proceder al cálculo de la demanda hídrica.

Tabla 5-91 Censo Industrial

UPZ	Establecimientos Comerciales	Empresas
Paseo de los libertadores	562	480
Verbenal	65	40
Guaymaral	126	197
La Academia	91	164
Total	844	881

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



A partir del censo realizado se realiza el cálculo de la demanda hídrica doméstica para cada una de las subcuencas. En la Tabla 5-92 se presenta el resumen y la demanda total hídrica por cada subcuenca, así como la de toda el área de estudio. En el anexo 6 Hidrología se encuentran los cálculos correspondientes a la estimación de la demanda.

Tabla 5-92 Demanda Hídrica Industrial

Subcuenca	Nombre	Área (ha)	D.H (m3/s)
1	Canal Torca	2088.760	0.023
2	humedal Guaymaral	233.049	0.003
3	occidente 1	420.859	0.005
4	occidente 2	238.764	0.003
5	occidente 3	211.087	0.002
6	Qda Aguas Calientes	202.166	0.002
7	Qda Floresta	671.862	0.007
8	Qda Las Pilas	117.738	0.001
9	Qda Novita	80.305	0.001
10	Qda Patiño	109.658	0.001
11	Qda San Juan	311.208	0.003
12	Qda Tibabita	377.538	0.004
13	Qda Torca	254.634	0.003
14	Quebrada Cañiza	17.112	0.000
15	Vallado Guaymaral	351.497	0.004
Demanda Total Hídrica Industrial		5686.236	0.062

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.3.3 Demanda Hídrica Agrícola

La demanda hídrica agrícola se estima con el agua que es extraída con fines agrícola, como los sistemas de riego o para producción de algún producto. Esta demanda está relacionada con la evapotranspiración de los cultivos, la cual se obtiene por medio del método FAO (Serie de Riego y Drenaje de la FAO, Nro. 56) de la siguiente manera:

$$ET_c = k_c * ET_p$$

Donde

ET_c: evapotranspiración del cultivo [mm d-1]

K_c: coeficiente del cultivo [adimensional]

ET_p: evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1]

La Etp es el agua evaporada e incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal, el valor kc varía de acuerdo con las características del cultivo y el uso de la precipitación

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



disponible o efectiva según lo requiera el cultivo permiten calcular la demanda hídrica o requerimiento de agua para el cultivo se determina de la siguiente manera:

$$Da = Pe * A - ETo * kc * A$$

Donde:

Da: es la demanda de agua para sector agrícola

Pe: es la precipitación efectiva

ETp: es la evapotranspiración potencial

Kc: es el coeficiente de uso de la FAO

A: el área cultivada.

Para el cálculo de la demanda agrícola se tomó como guía Estudio para la determinación del módulo de consumo del recurso hídrico Agrícola de la CAR, en el cual se deben seguir los siguientes pasos:

1. Clasificar los cultivos que se desarrollan en la cuenca con base en las coberturas clasificadas por CORINE LAND COVER.
2. Conocer los intervalos y zonas de precipitación y elevación.
3. Hallar los módulos de consumo para cada tipo de cobertura.
4. Conocer el requerimiento hídrico para cada cultivo.
5. Determinar el área ocupada por el cultivo.
6. Calcular la demanda hídrica.

Se realiza una clasificación de las coberturas existentes en la zona de estudio de acuerdo con las coberturas CORINE LAND COVER, ver Tabla 5-93.

Tabla 5-93 Coberturas CORINE LAND COVER

Código	Cobertura
111	Tejido urbano continuo
112	Tejido urbano discontinuo
121	Zonas industriales o comerciales
122	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
142	Instalaciones recreativas
211	Otros cultivos transitorios
231	Pastos limpios
233	Pastos enmalezados
315	Plantación forestal
333	Tierras desnudas y degradadas
511	Ríos (50 m)
3111	Bosque denso alto

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Código	Cobertura
3112	Bosque denso bajo
3211	Herbazal denso
3221	Arbustal denso

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

El intervalo de precipitación está definido por la altitud, las características topográficas e hidrográficas basados en el Estudio para la determinación del módulo de consumo del recurso hídrico Agrícola de la CAR del año 2015 registrados en la siguiente tabla.

Tabla 5-94 Intervalos de precipitación

Rangos de pluviosidad	Intervalo de precipitación (mm)			
	< 1000 msnm	1000 – 2000	2000 – 3000	> 3000
		msnm	msnm	msnm
Pu1	-	-	29,3 – 80	34 – 92
Pu2	18,6 – 133	47,2 – 112, 4	28,8 – 103,6	26,9 – 97,1
Pu3	34,2 – 165,6	54,8 – 161,1	45,4 – 152,3	56 – 142,3
Pu4	49, 339, 7	41,9 – 293	-	-

Fuente: CAR 2015

Como el área de estudio se encuentra a una elevación de 2625 msnm se toman el rango de pluviosidad correspondientes a 2000 – 3000 msnm para realizar el cálculo de la demanda agrícola.

Como se tiene un shape de coberturas de la zona de estudio, un raster generado con las bandas altitudinales y el shape de las subcuencas, se superponen con el fin de crear una tabla dinámica para procesar los datos. En esta tabla dinámica se agregan los módulos de consumo de acuerdo con cada cobertura. Se hace el cálculo del área de cada subcuenca por el módulo de consumo de la banda altitudinal y se multiplica por cada Pu (Ver Tabla 5-95). Finalmente, se suma la Demanda Total Hídrica, está en un inicio se encuentra en l/s, para la facilidad en el manejo de los datos se pasan los datos a m3/s.

Tabla 5-95 Requerimiento hídrico

Cobertura	Requerimiento Hídrico (l/s*h)				
	2000 – 3000				
	Pu1	Pu2	Pu3	Pu1_2	Pu2_3
Arbustal denso	0.16	0.2	0.26	0.18	0.23
Bosque denso alto	0.09	0.09	0.14	0.09	0.115
Bosque denso bajo	0.07	0.09	0.12	0.08	0.105
Herbazal denso	0.13	0.18	0.23	0.155	0.205
Instalaciones recreativas	0	0	0	0	0
Otros cultivos transitorios	0.13	0.16	0.22	0.145	0.19

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Pastos enmalezados	0.01	0.06	0.06	0.035	0.06
Pastos limpios	0.01	0.06	0.06	0.035	0.06
Plantación forestal	0.01	0.05	0.05	0.03	0.05
Red vial. ferroviaria y terrenos asociados	0	0	0	0	0
Ríos (50 m)	0	0	0	0	0
Tejido urbano continuo	0	0	0	0	0
Tejido urbano discontinuo	0	0	0	0	0
Tierras desnudas y degradadas	0	0	0	0	0
Zonas industriales o comerciales	0	0	0	0	0

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En el anexo 6 Hidrología se presentan los módulos de consumo y el cálculo de demanda agrícola requerida para cada cultivo y así mismo, para cada subcuenca. En la siguiente tabla se presenta la demanda hídrica agrícola para cada subcuenca y el total del área en estudio.

Tabla 5-96 Demanda Hídrica Agrícola

Subcuenca	Nombre	Área (ha)	D.H (m3/s)
1	Canal Torca	2088.760	0.190
2	humedal Guaymaral	233.049	0.021
3	occidente 1	420.859	0.038
4	occidente 2	238.764	0.022
5	occidente 3	211.087	0.019
6	Qda Aguas Calientes	202.166	0.018
7	Qda Floresta	671.862	0.061
8	Qda Las Pilas	117.738	0.011
9	Qda Novita	80.305	0.007
10	Qda Patiño	109.658	0.010
11	Qda San Juan	311.208	0.028
12	Qda Tibabita	377.538	0.034
13	Qda Torca	254.634	0.023
14	Quebrada Cañiza	17.112	0.002
15	Vallado Guaymaral	351.497	0.032
Demanda Total Hídrica Agrícola		5686.236	0.516

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.3.4 Demanda Hídrica Total

En la Tabla 5-97 se presenta la demanda hídrica total de cada una de las subcuencas y el total del área en estudio que corresponde a 1.643 m3/s.

Tabla 5-97 Demanda Hídrica Total

Subcuenca	Nombre	Área (ha)	Demanda Hídrica m3/s

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



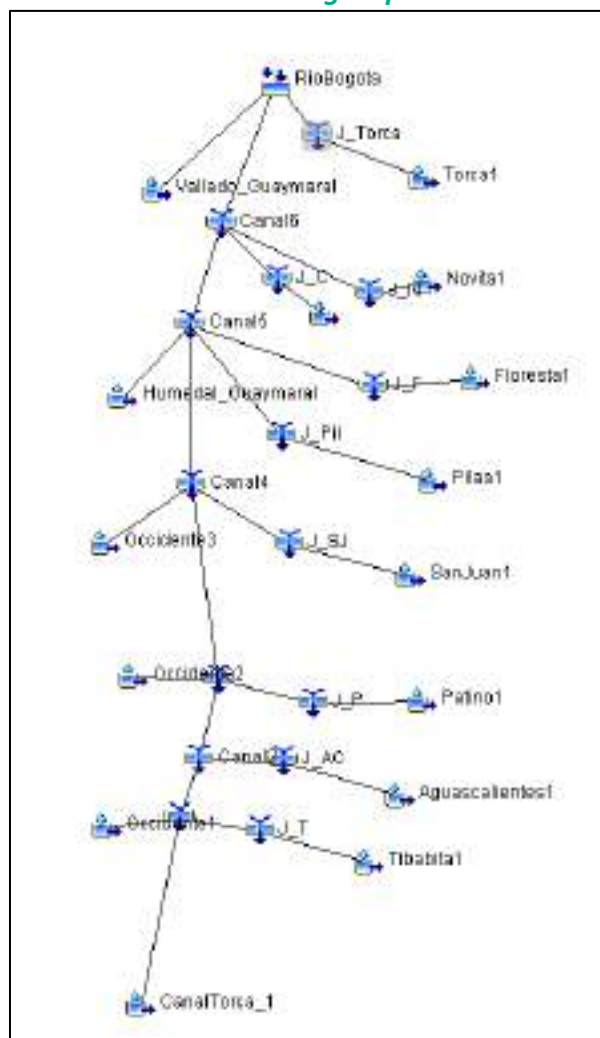
			industrial	Doméstica	Agrícola	Total
1	Canal Torca	2088.760	0.023	0.391	0.190	0.603
2	humedal Guaymaral	233.049	0.003	0.044	0.021	0.067
3	occidente 1	420.859	0.005	0.079	0.038	0.122
4	occidente 2	238.764	0.003	0.045	0.022	0.069
5	occidente 3	211.087	0.002	0.039	0.019	0.061
6	Qda Aguas Calientes	202.166	0.002	0.038	0.018	0.058
7	Qda Floresta	671.862	0.007	0.126	0.061	0.194
8	Qda Las Pilas	117.738	0.001	0.022	0.011	0.034
9	Qda Novita	80.305	0.001	0.015	0.007	0.023
10	Qda Patiño	109.658	0.001	0.021	0.010	0.032
11	Qda San Juan	311.208	0.003	0.058	0.028	0.090
12	Qda Tibabita	377.538	0.004	0.071	0.034	0.109
13	Qda Torca	254.634	0.003	0.048	0.023	0.074
14	Quebrada Cañiza	17.112	0.000	0.003	0.002	0.005
15	Vallado Guaymaral	351.497	0.004	0.066	0.032	0.102
Demanda Total Hídrica			0.062	1.064	0.516	1.643

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.4 Oferta Hídrica superficial Total

La estimación de la oferta hídrica total se realizó a partir de la estimación de series de caudal diario para cada una de las subcuencas, y para ello, se implementó y diseño un modelo hidrológico en HEC-HMS para una simulación continua. Esta herramienta es desarrollada por US Army Corps of Engineers y permite simular procesos de hidrológicos particularmente lluvia-escorrentía por varios métodos. En la siguiente figura se presenta el esquema topológico del modelo realizado.

Figura 5-100 Modelo Hidrológico para caudales medios



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para realizar la simulación se utilizó información de las estaciones Escuela Col Ingeniería (21206050), C. Universidad Agropecuaria – Udca (21206260) y Col Miguel A. Caro (21206690) para los datos de temperatura. Para el caso de Precipitación se utilizaron los datos disponibles en las estaciones de La Caro (2120531), La Conejera (2120208), Serrezuela (2120202), Escuela Col Ingeniería (21206050), C. Universidad Agropecuaria – Udca (21206260) y Col Miguel A. Caro (21206690) con estos datos se realizó una interpolación IDW por medio de herramientas de procesamiento de información geográfica con el fin de conocer la precipitación para cada una de las cuencas. Los datos empleados para la interpolación se encuentran en el anexo Serie de Datos Rellenos/Precipitación.

Una vez diseñada la red y seleccionada la información de precipitación y temperatura se procede a la selección de los métodos de cálculo implementados, en el caso de modelación

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



continúa se utilizó el método de Canopy, el cual representa las coberturas presentes en la superficie de la cuenca, y simula la intercepción de la precipitación por medio de las plantas, las cuales reducen la cantidad de precipitación que llega a la superficie del suelo. Para representar la interacción y los procesos de infiltración, la escorrentía superficial y los procesos subterráneos se utiliza el método de pérdida, para este caso de Déficit y Pérdida Constante.

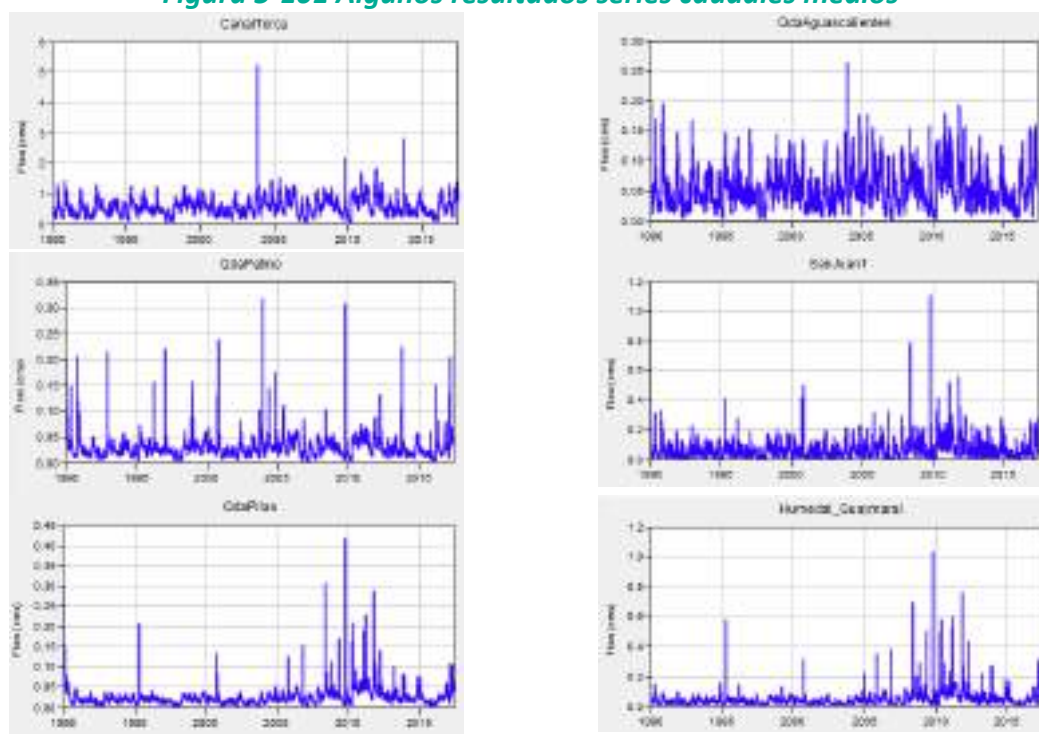
Una vez ejecutado el programa y hecha la simulación respectiva, los resultados de las series simuladas de caudales para cada una de las subcuencas se entregan en el Anexo 6_2 Caudales/mod hidrológico hms diarios/ y su resumen se muestra a continuación:

Tabla 5-98 Oferta Hídrica Superficial Total

Subcuenca		Oferta Hídrica m3/s	
		m3/s	l/s
1	Canal Torca	0.571	571.490
2	Humedal Guaymaral	0.042	41.984
3	Occidente1	0.113	113.175
4	Occidente2	0.058	58.345
5	Occidente3	0.039	38.986
6	Qda Aguas Calientes	0.048	48.158
7	Qda Floresta	0.132	132.384
8	Qda Las Pilas	0.018	17.596
9	Qda Novita	0.012	11.771
10	Qda Patiño	0.022	21.599
11	Qda San Juan	0.060	60.287
12	Qda Tibabita	0.100	100.110
13	Qda Torca	0.045	44.722
14	Quebrada Cañiza	0.001	0.727
15	Vallado Guaymaral	0.063	62.866

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-101 Algunos resultados series caudales medios



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Como nota aclaratoria se señala que este modelo hidrológico creado para la estimación de la oferta hídrica, para análisis de frecuencia de caudales mínimos y para los caudales máximos diarios es diferente al "modelo hidrológico para diseño" localizado en el Anexo "Anexo 6_6 Modelo hidráulico" que alimenta o se convierte en condiciones de entrada del modelo hidráulico de diseño. Este modelo es continuo (modelación diaria) que contempla procesos de evapotranspiración y permite tanto estimar la oferta anual como conocer el régimen hidrológico (caudales mínimos, medio y máximos) a nivel diario, mensual o mensual multianual.

El modelo acopla los elementos (subcuencas) en una única red, sin embargo, desde la conceptualización no contempla los controles hidráulicos y reservorios que existen en la zona. Se debe analizar desde la producción de agua, desde la transformación de lluvia en escorrentía para las subcuencas. Por lo tanto, este modelo no debe utilizar para diseño de estructuras.

5.1.7.5 Caudales mínimos

A partir de los resultados obtenidos en el modelo de caudales diarios desarrollado y diseñado anteriormente en el programa HEC-HMS, se tomó el valor mínimo anual para cada una de las subcuencas para estimar la frecuencia de eventos hidroclimáticos; para ello, se

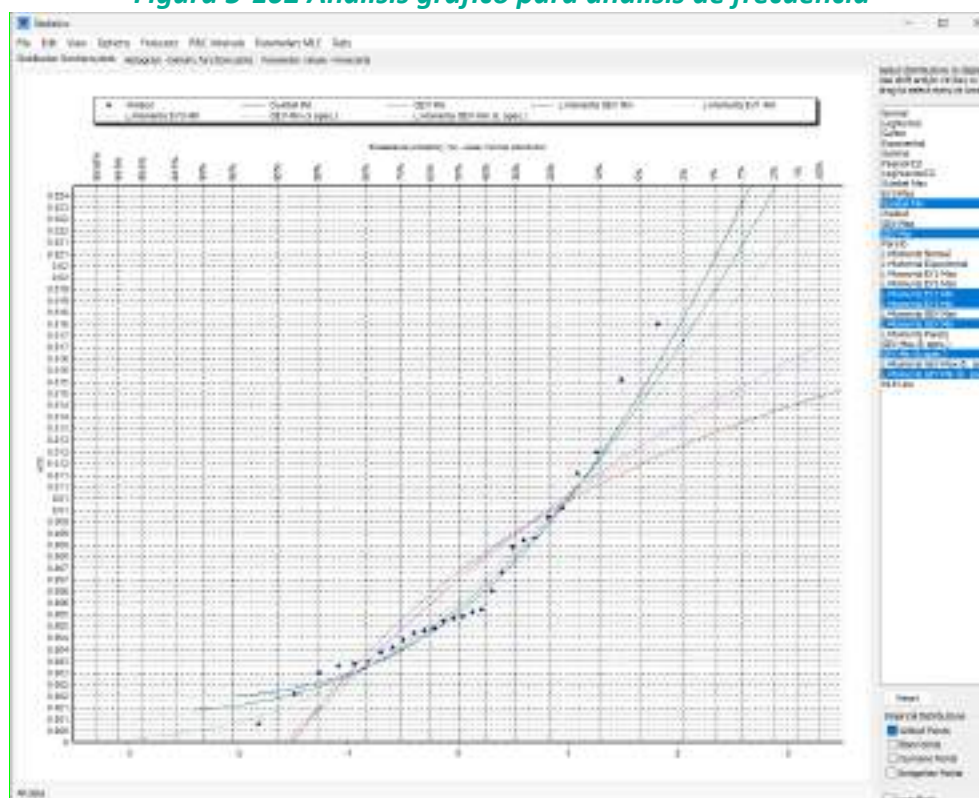
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



realizó un análisis de frecuencias utilizando el programa Hydrognomon 4.1.0(.26) de uso libre, evaluando los datos tanto estadística como gráficamente (Figura 5 98). En este análisis se relaciona los eventos extremos con la frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad (Chow, et al. 1994) por lo tanto, para el desarrollo en este proyecto se determinaron los caudales extremos a diferentes periodos de retorno (Tr: 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años) tomando la distribución de probabilidad con mejor ajuste. En la Tabla 5 99 se muestra en resumen los datos obtenidos para las diferentes subcuencas y periodos de retorno, además, en el anexo "caudales mínimos valores extremos" se presenta todo el desarrollo del análisis de frecuencias.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-102 Análisis grafico para análisis de frecuencia



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-99 Análisis de frecuencia

Dis Prob	Subcuencas	Tr 2.33	Tr 5	Tr 10	Tr 15	Tr 25	Tr 50	Tr 100
EV1-Max (Gumbel)	Aguascalientes	0.0781	0.0562	0.0405	0.0323	0.0230	0.0115	0.0012
GEV-Min (L-Moments)	Canaltorca	0.1661	0.1203	0.0946	0.0834	0.0721	0.0606	0.0095
GEV-Min (L-Moments)	Caniza	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
GEV-Min (L-Moments)	Floresta	0.0415	0.0346	0.0319	0.0309	0.0301	0.0295	0.0291
GEV-Min (L-Moments)	Humedal_guaymaral	0.0041	0.0026	0.0018	0.0015	0.0012	0.0010	0.0008
GEV-Min (L-Moments)	Novita	0.0022	0.0015	0.0012	0.0011	0.0010	0.0009	0.0009
EV1-Min (Gumbel)	Occidente1	0.0328	0.0272	0.0226	0.0200	0.0168	0.0126	0.0083
GEV-Min (L-Moments)	Occidente2	0.0223	0.0209	0.0205	0.0205	0.0204	0.0204	0.0204
GEV-Min (L-Moments)	Occidente3	0.0017	0.0010	0.0007	0.0007	0.0006	0.0005	0.0005
GEV-Min (L-Moments)	Patino	0.0038	0.0026	0.0019	0.0016	0.0013	0.0009	0.0007
GEV-Min (L-Moments)	Pilas	0.0034	0.0023	0.0017	0.0014	0.0011	0.0008	0.0006
GEV-Min (L-Moments)	Sanjuan	0.0050	0.0033	0.0026	0.0023	0.0021	0.0020	0.0019
GEV-Min (L-Moments)	Tibabita	0.0536	0.0499	0.0486	0.0482	0.0480	0.0478	0.0477
GEV-Min (L-Moments)	Torca	0.0034	0.0022	0.0018	0.0016	0.0014	0.0013	0.0013
GEV-Min (L-Moments)	Vallado_guaymaral	0.0054	0.0029	0.0018	0.0014	0.0011	0.0008	0.0006

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

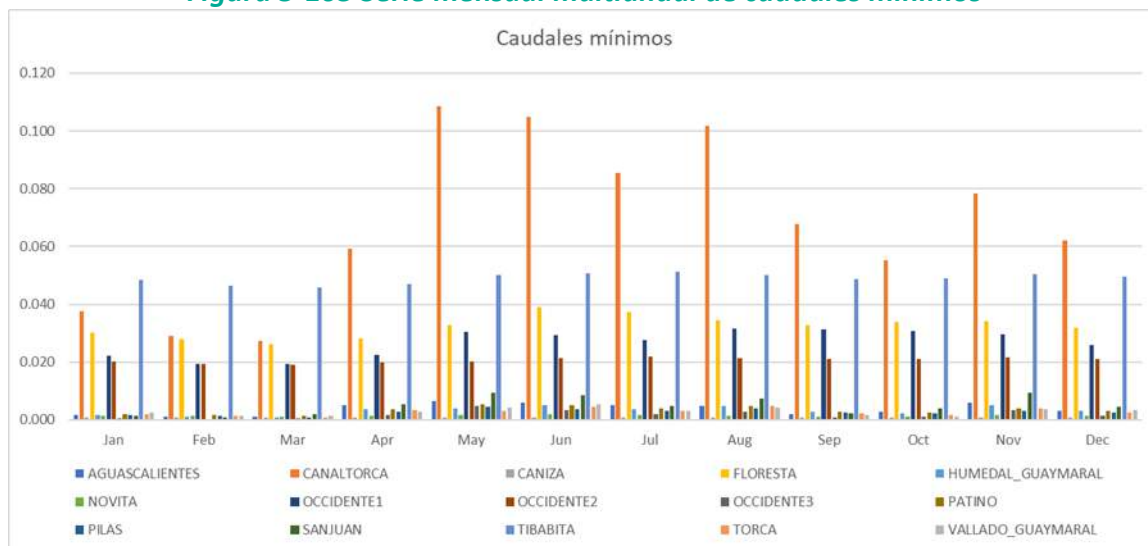
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Nota: Caudal en m3/s

A continuación, se presenta la serie mensual multianual de caudales mínimos con origen de caudales diarios de modelo hidrológico del ítem 5.1.7.4 Oferta Hídrica superficial Total

Figura 5-103 Serie mensual multianual de caudales mínimos

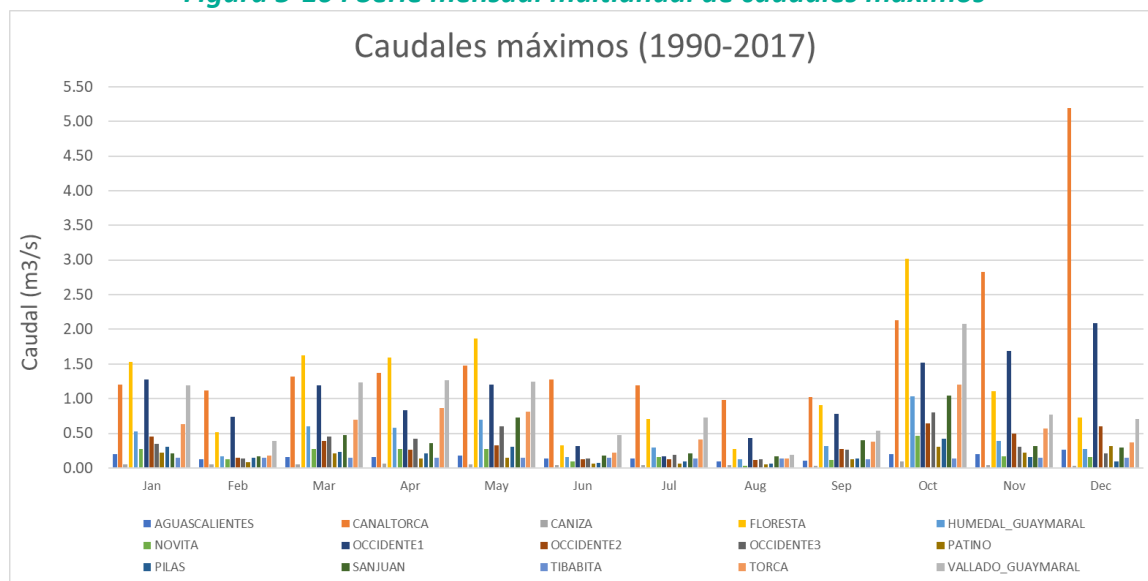


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.6 Caudales máximos

A continuación, se presenta la serie mensual multianual de caudales máximos con origen de caudales diarios de modelo hidrológico del ítem 5.1.7.4 Oferta Hídrica superficial Total

Figura 5-104 Serie mensual multianual de caudales máximos



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.7 Concesiones

En la zona de estudio se registran las siguientes concesiones de agua superficial para el uso y aprovechamiento del agua, las cuales pueden ser de dominio público como los ríos, quebradas, lagunas, ciénagas, agua lluvia, etc. Y de dominio privado como aquellas aguas que brotan naturalmente y desaparecen por infiltración o por evaporación en un mismo predio, es decir nacen y mueren en el mismo lugar. Por lo general y en su mayoría, las concesiones son de dominio público.

La información de las concesiones de agua superficial se obtuvo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR Plan de Manejo de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. En la Tabla 5-100 se observa el listado de las concesiones de agua superficial que existen en la zona de estudio. Se cuenta con 12 puntos de concesiones de los cuales se puede hacer uso del recurso del agua.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-100 Concesiones del recurso hídrico superficial

Proceso	Vereda	Este	Norte	Sector Económico	Act. Económico	Solicitante/Infactor	Caudal	PREDIO
Concesión de Aguas Superficiales	Guaymaral	1025500	1055000	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexos	Producción específica mente pecuaria	José María Iragorri Velasco.	2.48	La Macarena
Concesión de Aguas Superficiales	Conejera	1022692	1000242	Educación	Educación superior	Politécnico Gran Colombiano.	0.01	Los Arrayanes
Concesión de Aguas Superficiales	Conejera	1001269	1022676	Hogares privados con servicio domestico	Hogares privados con servicio domestico	Gómez Ceballos Y Cia.	0.05	El Durazno y Sabaneta
Concesión de Aguas Superficiales	Guaymaral	1003339	1020141	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios; comercio al por menor de combustibles y lubricantes para vehículos automotores	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	Non Plus Ultra S.A.	0.04	El Otoño Guaymaral
Concesión de Aguas Superficiales	Guaymaral	1000261	1025049	Hogares privados con servicio domestico		Alfredo Sesana Frigerio.	0.24	Urbanización Rincón de San Pedro.
Concesión de Aguas Superficiales	Chorrillos	1020754	997205	agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	Producción específica mente agrícola	Colombian Carnations Ltda.	7.4	San Joaquín
Concesión de Aguas	Guaymaral	1025117	1000523	Educación	Educación básica primaria	Malsar Ltda. Gimnasio Los Robles.	0.19	San José

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

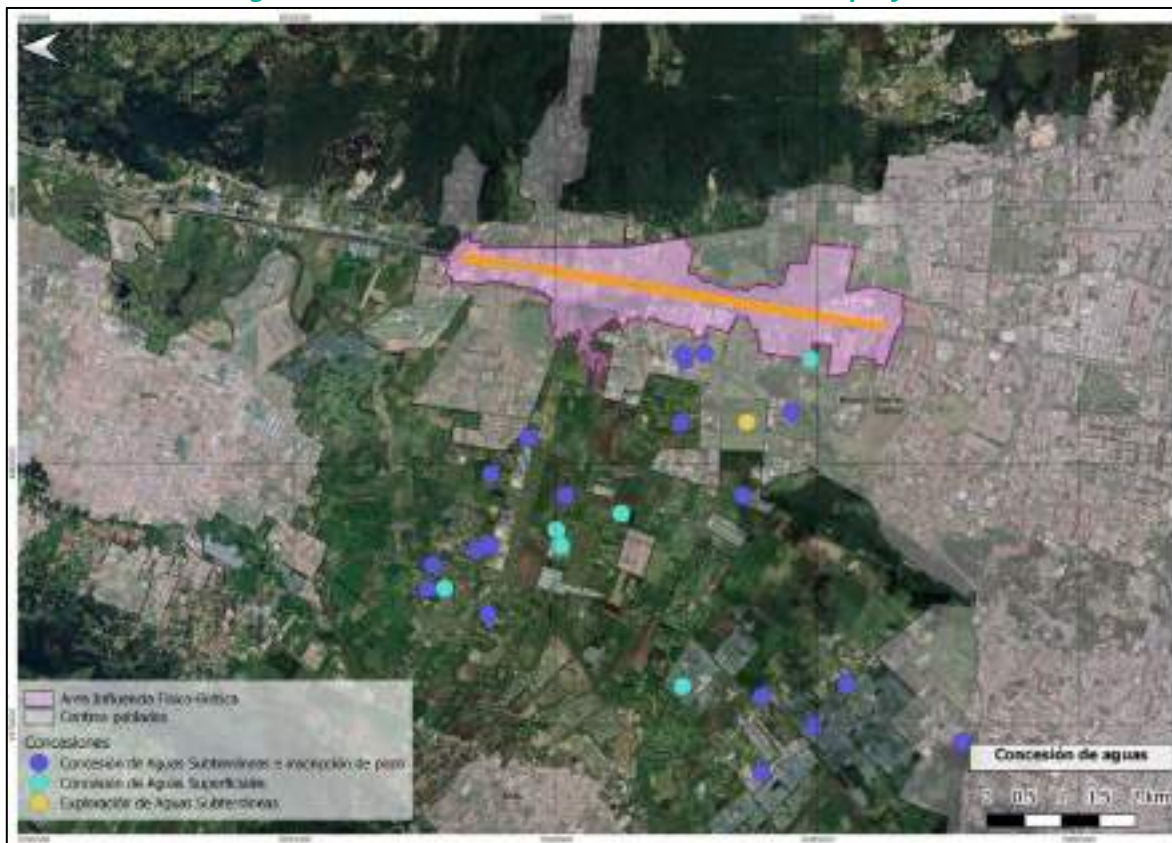


Proceso	Vereda	Este	Norte	Sector Económico	Act. Económico	Solicitante/Infactor	Caudal	PREDIO
Superficiales								
Concesión de Aguas Superficiales	Guaymaral	1022632	1002732	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	Producción especializada de flor de corte bajo cubierta y al aire libre	Patrice Bruno Cerini De La Rosa / Inversiones Morcote.	0.8	N/A
Concesión de Aguas Superficiales	Guaymaral	1000838	1023489	Educación	Educación media	Sociedad Educacional Jardín Infantil Americano.		
Concesión de Aguas Superficiales	Casablanca	1001050	1023550	Educación	Educación básica primaria	Interasesores Ltda.	AV.	Colegio Nueva York Y Colombo Gales
Concesión de Aguas Superficiales	Chorrillos	998954	1021856	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	Producción específica mente agrícola	Sociedad Flores Del Rio S.A. C.I.	4.5	Barajas Del Norte La Vega
Concesión de Aguas Superficiales	Chorrillos	1021860	997966	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexos	Actividad mixta (agrícola y pecuaria)	Héctor Echeverri Correa.	2	Tyhuaira

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR 2023

En la Figura 5-105 se observa la distribución espacial de las concesiones de agua superficial y en el anexo 6 Hidrología se encuentra en shapefile correspondiente.

Figura 5-105 Concesiones del recurso hídrico superficial



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR 2023

5.1.7.8 Conflictos por disponibilidad del recurso hídrico

5.1.7.8.1 Índice Uso del Agua - IUA

Para poder determinar los conflictos generados a causa del uso del recurso hídrico, es necesario conocer el índice del uso del agua (IUA) donde se relaciona porcentualmente la oferta hídrica disponible y la demanda hídrica. Anteriormente era conocido como el índice de escasez, pero el IDEAM cambió su denominación a índice de uso del agua, ya que la escasez no es medible.

El índice del uso del agua (IUA) se calcula de la siguiente manera:

$$IUA_{jt} = \frac{Dh_{jt}}{Oh_{jt}} * 100$$

Donde:

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Dh_{jt} = Demanda hídrica sectorial en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

Oh_{jt} = Oferta hídrica superficial disponible en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

Donde:

$$Dh_{jt} = Ch_{jt} + Csp_{jt} + Csm_{jt} + Ccss_{jt} + Cea_{jt} + Ce_{jt} + Ca_{jt} + Aenc_{jt}$$

Donde:

DH_{jt} = Demanda hídrica sectorial

CH_{jt} = Consumo humanos o doméstico

Csp_{jt} = Consumo del sector agrícola

Csm_{jt} = Consumo del sector industrial

$Ccss_{jt}$ = Consumos del sector de servicios

Ce_{jt} = Consumo del sector de energía

Ca_{jt} = Consumo del sector acuícola

$Aenc_{jt}$ = Agua extraída no consumida

Y:

$$Oh_{jt} = Oh_{jt \text{ total}} - O_{jt \text{ Qamb}}$$

Donde:

$Oh_{jt \text{ total}}$ = Volumen total de agua superficial

$O_{jt \text{ Qamb}}$ = Volumen de agua correspondiente al caudal ambiental

El IUA se define en cinco rangos establecidos por el IDEAM 2010 que representan la escala de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible.

Tabla 5-101 Rango indicador IUA

ÍNDICE DE USO DEL AGUA	CATEGORÍA IUA	OBSERVACIONES
>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: IDEAM 2010, Estudio Nacional del Agua

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



De acuerdo con la demanda y la oferta hídricas calculadas en los numerales 5.1.7.3 y 5.1.7.3.4 se realiza el cálculo del índice del uso del agua por subcuenca, obtenido que para todas las subcuencas se presenta un IUA bajo.

En la Tabla 5-102 índice Uso del Agua se observan los valores que se obtuvieron para subcuenca, y en la Figura 5-106 la distribución espacial del IUA.

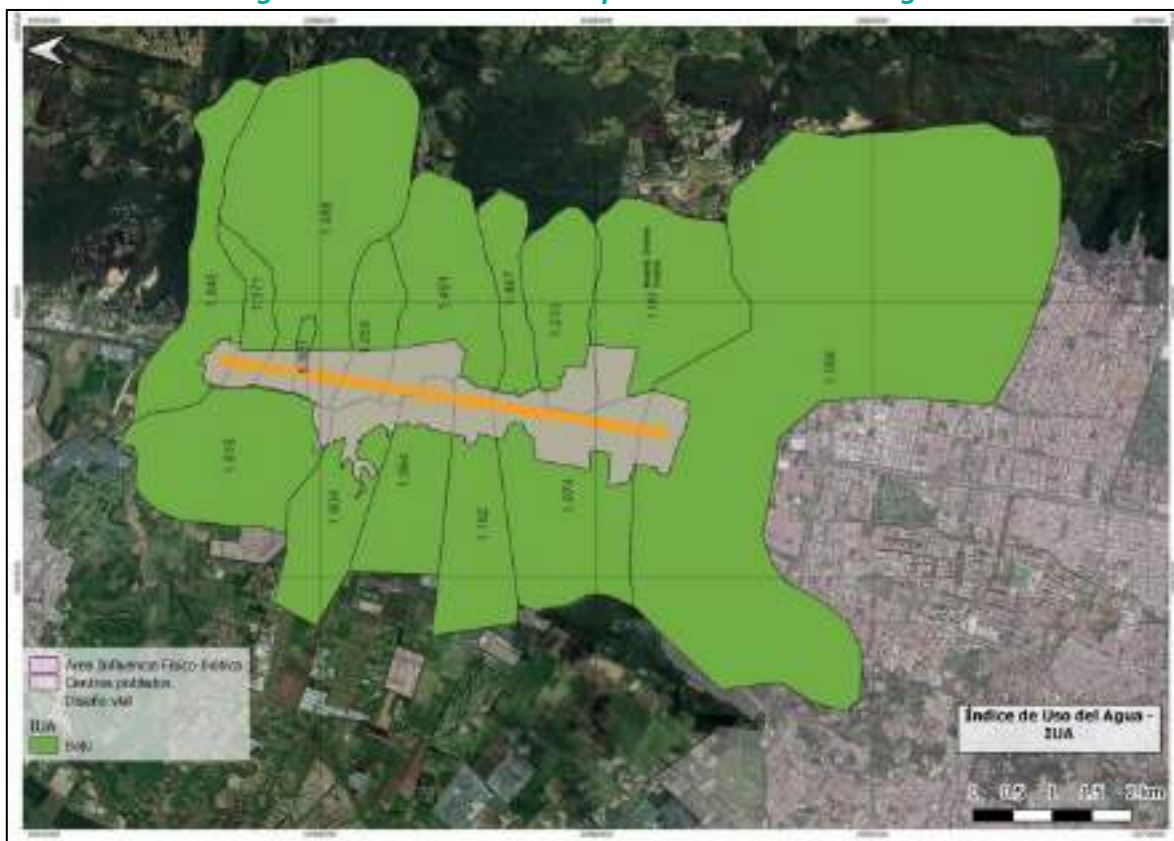
Tabla 5-102 índice Uso del Agua

Subcuenca		IUA	Clasificación IUA
1	Canal Torca	2.170	Bajo
2	Humedad Guaymaral	2.429	Bajo
3	Occidente1	3.927	Bajo
4	Occidente2	5.343	Bajo
5	Occidente3	2.083	Bajo
6	Qda Aguas Calientes	1.806	Bajo
7	Qda Floresta	3.923	Bajo
8	Qda Las Pilas	2.575	Bajo
9	Qda Novita	2.533	Bajo
10	Qda Patiño	2.151	Bajo
11	Qda San Juan	2.065	Bajo
12	Qda Tibabita	7.365	Bajo
13	Qda Torca	2.441	Bajo
14	Qda Cañiza	1.437	Bajo
15	Vallado Guaymaral	2.281	Bajo

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Se observa en la Figura 5-106 que para todas las subcuencas se presenta un índice de uso del agua bajo, lo que indica que la presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible, es decir, que, aunque la demanda es un poco mayor que la oferta, los sistemas hídricos disponibles son suficientes para abastecer las necesidades de la demanda sin afectar el caudal ambiental.

Figura 5-106 Distribución espacial Índice Uso del Agua



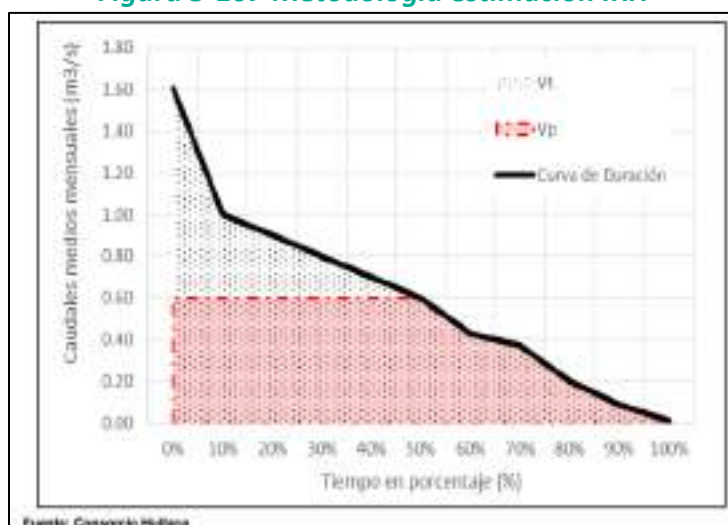
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.8.2 Índice de Regulación Hídrica - IRH

EL índice de regulación hídrica califica la capacidad de retención y regulación del agua a partir de la curva de duración de caudales medios diarios (CDC) elaborada para cada subcuenca y creadas a partir de las series de datos históricos de caudales registrados por las estaciones hidrometeorológicas.

Este índice se calcula a partir del área debajo de la curva del caudal medio que se presenta en la curva de duración de caudales (CDC), como se muestra en la siguiente figura (IDEAM 2014)

Figura 5-107 Metodología estimación IRH



Fuente: Consorcio Huitaca, 2015

El índice de regulación hídrica se calcula a partir de la siguiente formula:

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde:

V_p = Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio

V_t = Volumen total equivalente al área bajo la CDC

IRH = Índice de regulación hídrica

Para calcular el valor del volumen total equivalente de la curva de duración de caudales V_t se requiere la siguiente información:

$$V_t = \Delta P_{exc} * \sum_{i=1}^n \frac{(Q_1 + Q_{i+1})}{2}$$

$$\Delta P_{exc} = P_{exc\ i+1} - P_{exc\ i}$$

La probabilidad de excedencia P_{exc} se obtiene a partir de:

$$P_{exc} = \frac{m}{n}$$

Donde:

V_t Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales (m3)

Q_1 Caudal medio diario en la posición i , de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m3/s).

Q_{i+1} Caudal medio diario en la posición $i + 1$, de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m3/s).

$P_{exc\ i+1}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario en la posición $i + 1$ (%)

$P_{exc\ i}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario en la posición i (%)

ΔP_{exc} Es la diferencia entre probabilidades de excedencia, este delta es constante (%)

n Es el número de datos de la serie de caudal o longitud de la serie

m Es el índice de orden del caudal i en la serie ordenada

Siempre $Q_{i+1} < Q_i$, $P_i < P_{exc\ i+1}$

Para calcular el valor del volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios V_p se requiere la siguiente información:

$$V_p = \sum(V_{p1} + V_{p2}), \text{ donde } \begin{cases} V_{p1} = (P_{exc\ med} * Q_{medio}) \\ V_{p2} = \left(\sum_{i=m_{medio}}^n \Delta P_{exc} * \frac{(Q_1 + Q_{i+1})}{2} \right) \end{cases} \begin{matrix} \text{si } P_{exc\ i} < P_{exc\ med} \\ \text{si } P_{exc\ i} \geq P_{exc\ med} \end{matrix}$$

$$P_{exc\ med} = P_{exc\ med} + \frac{(P_{exc\ m+1} - P_{exc\ m}) * (Q_{medio} - Q_m)}{(Q_m - Q_{m+1})}$$

Donde:

V_p Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales (m3)

Q_{medio} Caudal promedio de la serie de datos de caudal (m3/s)

$P_{exc\ med}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal promedio de la serie de caudales (%)

$P_{exc\ m}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario inmediatamente menor al caudal promedio (%)

$P_{exc\ m+1}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario inmediatamente mayor al caudal promedio (%)

ΔP_{exc} Es la diferencia entre probabilidades de excedencia (%)

Q_1 Caudal medio diario en la posición i , de la serie ordenada de caudales de mayor a menor (m3/s)

Q_{i+1} Caudal medio diario en la posición $i + 1$, de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m3/s).

Q_m Caudal medio diario inmediatamente menor al caudal promedio de la serie ordenada de caudales (m3/s)

Q_{m+1} Caudal medio diario o mensual inmediatamente mayor al caudal promedio de la serie ordenada de caudales (m3/s).

n Es el número de datos de la serie de caudal o longitud de la serie

m_{medio} Es el índice de orden del caudal inmediatamente mayor al caudal promedio en la serie ordenada

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Siempre $Q_{medio} < Q_m$, $Q_{m+1} < Q_{medio}$, $Q_{m+1} < Q_m$

EL valor del IRH se clasifica en 5 rangos diferentes (IDEAM (2019), IDEAM (2020), CAR (2017)), como se observa en la Tabla 5-103 Rango indicador IRH.

Tabla 5-103 Rango indicador IRH

RANGO DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
<0,50	MUY BAJA	Muy baja retención y regulación de humedad
0,50 – 0,65	BAJA	Baja retención y regulación de humedad
0,65 – 0,75	MODERADA	Media retención y regulación de humedad media
0,75 – 0,85	ALTA	Alta retención y regulación de humedad
>0,85	MUY ALTA	Muy alta retención y regulación de humedad

Fuente: IDEAM 2010, Estudio Nacional del Agua

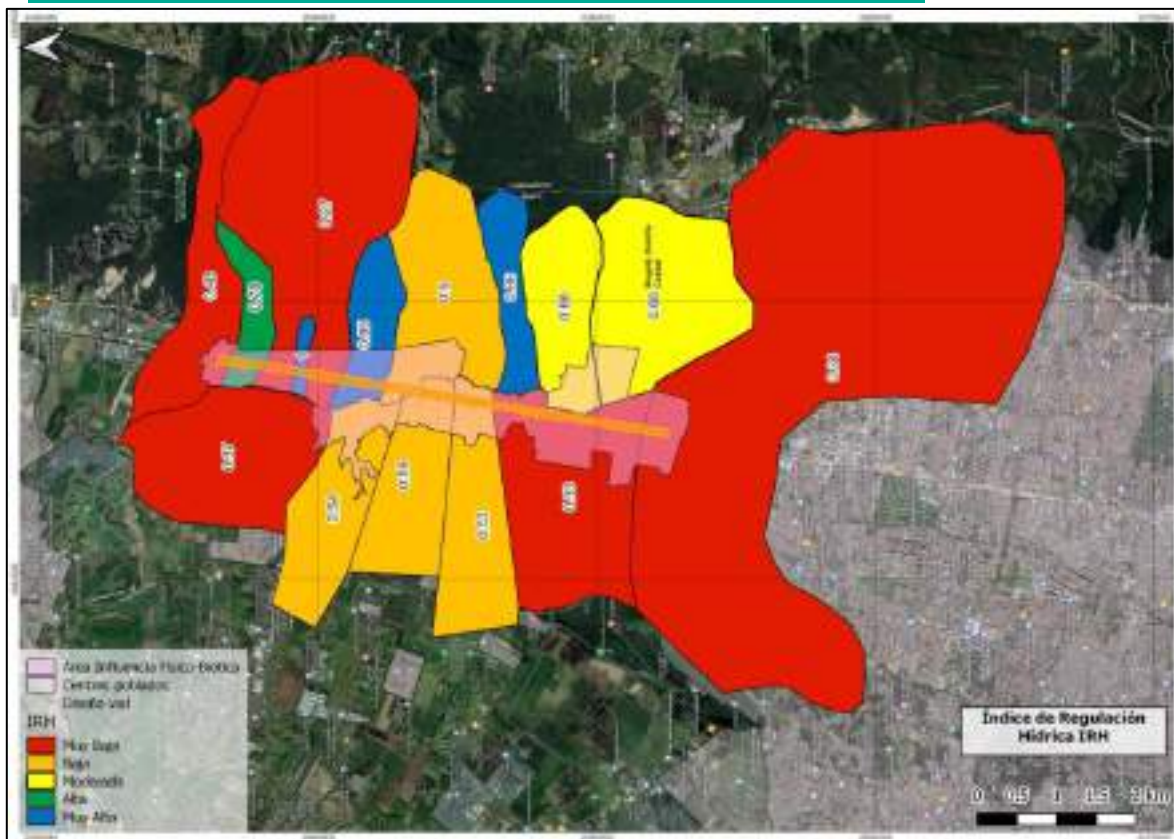
En la Tabla 5-104 se presenta el valor obtenido de IRH para cada subcuenca, así como su clasificación, y en la Figura 5-108 se presenta la distribución espacial.

Tabla 5-104 Índice de Regulación Hídrica

Subcuenca	valor IRH	Clasificación
1 Canal Torca	0.81	Alta
2 Humedal Guaymaral	0.74	Moderada
3 Occidente1	0.89	Muy alta
4 Occidente2	0.92	Muy alta
5 Occidente3	0.71	Moderada
6 Qda Aguas Calientes	0.75	Alta
7 Qda Floresta	0.84	Alta
8 Qda Las Pilas	0.77	Alta
9 Qda Novita	0.74	Moderada
10 Qda Patiño	0.79	Alta
11 Qda San Juan	0.72	Moderada
12 Qda Tibabita	0.94	Muy alta
13 Qda Torca	0.73	Moderada
14 Quebrada Cañiza	0.65	Moderada
15 Vallado Guaymaral	0.70	Moderada

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-108 Índice de Regulación Hídrica



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.8.3 Índice de Vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) identifica el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta hídrica que abastezca la demanda de cada sector económico, sobre todo en los tiempos en que se presenta el fenómeno del niño.

El IVH Relaciona de forma cualitativa el índice de retención y regulación hídrica IRH y el índice de uso del agua IUA con el fin de presentar la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en las zonas que más se ven afectadas por los cambios climáticos.

Para calcular el IVH se determina a partir de la siguiente matriz, en la cual se relacionan los rangos del IRH y el IUA.

Tabla 5-105 Rango indicador IVH

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Matriz de Asociación Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento – IVH				
Índice de Uso del Agua - IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH			
Categoría	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
Bajo	Baja	Baja	Media	Media
Medio	Media	Media	Alta	Alta
Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IDEAM 2010, Estudio Nacional del Agua

Tabla 5-106 Índice de Vulnerabilidad

Subcuenca	IRH	IUA	IVH
Canal Torca	Alto	Bajo	Baja
Humedal Guaymaral	Moderado	Bajo	Baja
Occidente1	Muy alto	Bajo	Baja
Occidente2	Muy alto	Bajo	Baja
Occidente3	Moderado	Bajo	Baja
Qda Aguas Calientes	Alto	Bajo	Baja
Qda Floresta	Alto	Bajo	Baja
Qda Las Pilas	Alto	Bajo	Baja
Qda Novita	Moderado	Bajo	Baja
Qda Patiño	Alto	Bajo	Baja
Qda San Juan	Moderado	Bajo	Baja
Qda Tibabita	Muy alto	Bajo	Baja
Qda Torca	Moderado	Bajo	Baja
Quebrada Cañiza	Moderado	Bajo	Baja
Vallado Guaymaral	Moderado	Bajo	Baja

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.7.8.4 Índice de Aridez – IA

Este índice indica los lugares en los que se presenta excedentes y déficit de agua para el sostenimiento de los ecosistemas de la región. Es calculado a partir de la evapotranspiración real y potencial de la siguiente manera:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

IA = Índice de aridez

ETP = Evapotranspiración potencial anual multianual (mm)

ETR = Evaporación real potencial anual multianual (mm)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Para el cálculo de evaporación real y potencial se estiman a partir de las siguientes ecuaciones de Hargreaves (1994) y Budyko:

$$ETP = 0.00216R_o(T_{med} + 17.78)(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0.47}$$

$$ETR = \sqrt{\left(ETP * P * \tanh \frac{P}{ETP}\right) \left(1 - \cosh \frac{ETP}{P} + \sinh \frac{ETP}{P}\right)}$$

Donde:

P = Precipitación anual multianual (mm)

$T_{m\acute{i}n} - T_{m\acute{a}x} - T_{med}$ = Temperatura mínima, máxima y media (°C)

R_o = Radiación extraterrestre expresada en evaporación equivalente (mm)

ETP = Evapotranspiración potencial anual multianual (mm)

ETR = Evapotranspiración real potencial anual multianual (mm)

Existe una clasificación de siete rangos para el índice de aridez propuestas por el IDEAM (IDEAM 2020).

Tabla 5-107 Rango indicador IA

RANGO DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
<0,15		Altos excesos de agua
0,15 – 0,19		Baja retención y regulación de humedad
0,20 – 0,29		Entre moderado y excedentes de agua
0,30 -0,39		Moderado
0,40 – 0,49		Entre moderado y deficitario de agua
0,50 – 0,59		Deficitario de agua
>0,60		Altamente deficitario de agua

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Se realizó el cálculo para cada una de las subcuencas, obteniendo los siguientes valores (ver Tabla 5-108) y se presentan la distribución espacial en la Figura 5-109.

Tabla 5-108 Índice de Aridez

Subcuenca	Valor IA	Clasificación IA
1 Canal Torca	0.455	Moderado - Deficitario
2 Humedal Guaymaral	0.512	Deficitario
3 Occidente1	0.506	Deficitario
4 Occidente2	0.514	Deficitario
5 Occidente3	0.513	Deficitario
6 Qda Aguas Calientes	0.477	Moderado - Deficitario
7 Qda Floresta	0.468	Moderado - Deficitario
8 Qda Las Pilas	0.493	Deficitario

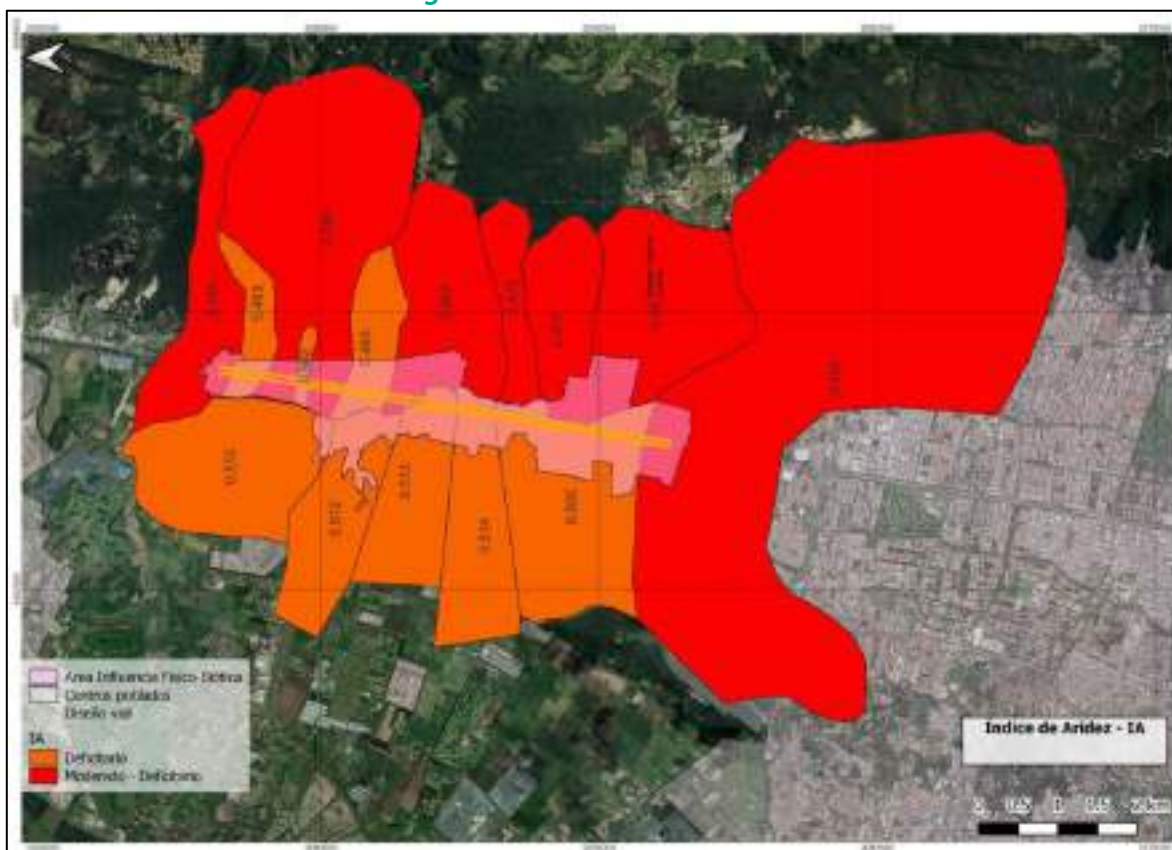
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

	Subcuenca	Valor IA	Clasificación IA
9	Qda Novita	0.493	Deficitario
10	Qda Patiño	0.475	Moderado - Deficitario
11	Qda San Juan	0.482	Moderado - Deficitario
12	Qda Tibabita	0.460	Moderado - Deficitario
13	Qda Torca	0.484	Moderado - Deficitario
14	Quebrada Cañiza	0.502	Deficitario
15	Vallado Guaymaral	0.512	Deficitario

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-109 se presenta que un 60% de la zona de estudio registra un índice moderadamente deficitario y el 40% un IA deficitario, lo que indica que la cuenca presenta una tendencia hacia una escasez de agua proveniente de la precipitación necesaria para abastecer los requerimientos hídricos.

Figura 5-109 índice de Aridez



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.8 Hidrogeología

El desarrollo del componente hidrogeológico se realizó a través de dos fases, una que involucra la búsqueda, adquisición y migración de información existente, y una segunda fase de procesamiento y análisis espaciotemporal de la información. Haciendo énfasis en la búsqueda de la información hidrogeológica (niveles piezométricos, caudales de explotación, pruebas de bombeo, información hidro geoquímica y parámetros hidráulicos) que existe en el inventario de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes o manantiales).

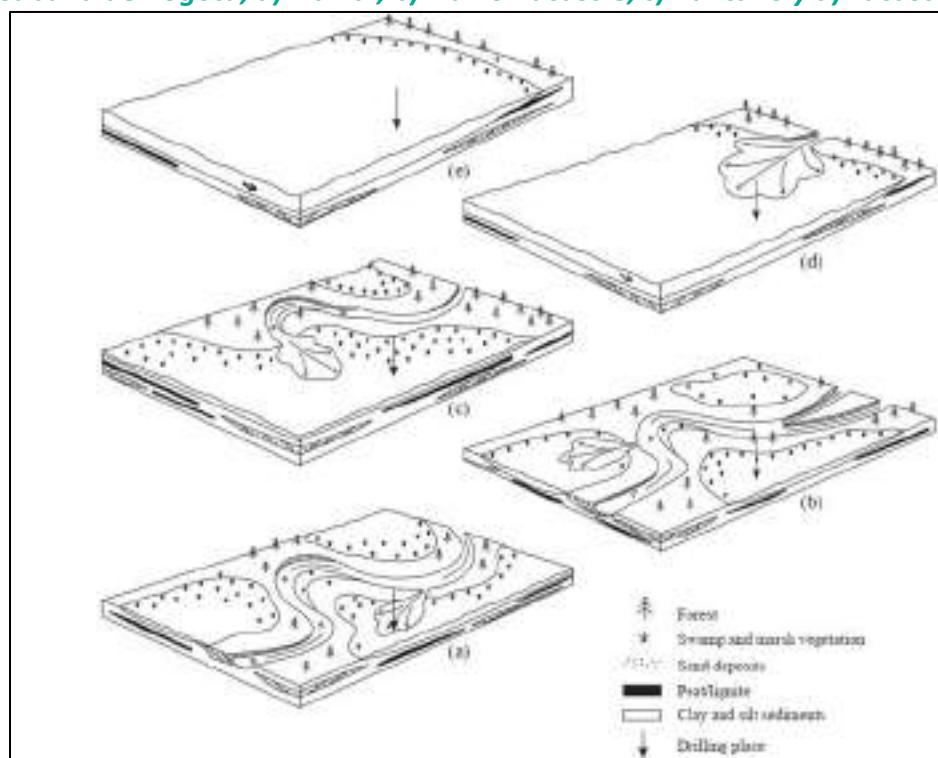
Dicha información se recopiló principalmente de los siguientes estudios:

- 2010, SGC. - Hidrogeología regional de la Sabana de Bogotá.
- 2013, SDA. Sistema De Modelamiento Hidrogeológico Del Distrito Capital Bogotá
- 2018, SDA-PUJ. Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero subsuperficial o somero en el perímetro urbano del Distrito Capital - Convenio de asociación No SDA-CV 20161264.
- 2020, LAGOS DE TORCA – WSP. FASE I. Actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, incluyendo la topografía detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la Ciudad Lagos de Torca PRODUCTO 3: ESTUDIO DE SUELOS, GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

5.1.8.1 Contexto regional hidrogeología de la Sabana

La Sabana de Bogotá se encuentra en la parte alta de cuenca del Río Bogotá en la Cordillera Oriental sobre lo que corresponde estructuralmente como una cuenca intra-montaña o intracordillera de origen tectónico-sedimentario. Esta se generó como producto del plegamiento y fallamiento asociado al levantamiento de la cordillera que permitió la acumulación y posterior deposición de sedimentos (Figura 5-110), conformando unidades no consolidadas de edad Neógeno-cuaternario, las cuales de acuerdo con su ambiente de deposición (fluvial, fluvio-lacustre, pantano y lacustre) se caracterizan por presentar un matriz arcillosa y algunos lentes de arenas inmersos en ella con alta probabilidad de conexión hidráulica (SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018).

Figura 5-110 Diagrama esquemático de cuatro ambientes de deposición inferidos para la sabana de Bogotá, a) Fluvial, b) Fluvio-Lacustre, c) Pantano y d) Lacustre



Fuente: Tomado de (Torres et al., 2005)

Dichos sedimentos reposan discordantemente sobre rocas sedimentarias de ambiente continental a transicional-marino del Cretáceo y Paleógeno. Las cuales presentan una alta complejidad tectónica manifestada en el intenso fallamiento y plegamiento de los cerros circundantes de la ciudad, conformando generalmente sinclinales amplios y anticlinales estrechos, en ocasiones invertidos, con ejes principalmente en dirección NE. Existen fallas de cabalgamiento que desplazan los contactos entre las unidades con dirección principal NE y fallas de rumbo de dirección NW correspondiente a la tendencia principal de los andes del norte (SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018).

A partir de esta descripción geológica se pueden definir dos hidrosistemas subterráneos posiblemente interconectados entre sí. El primero entendido como un medio poroso conformado por los sedimentos recientes del Neógeno-Cuaternario, que por sus características finas podría describirse como de baja importancia hidrogeológica, pero que estaría en contacto directo con los cuerpos hídricos superficiales. El segundo corresponde a rocas del Cretáceo y Paleógeno que se encuentran muy fracturadas y plegadas producto de los fenómenos compresivos que dieron lugar al levantamiento de la cordillera oriental, entendido como un medio fracturado (porosidad secundaria) con un papel importante en el sistema hidrogeológico de la región

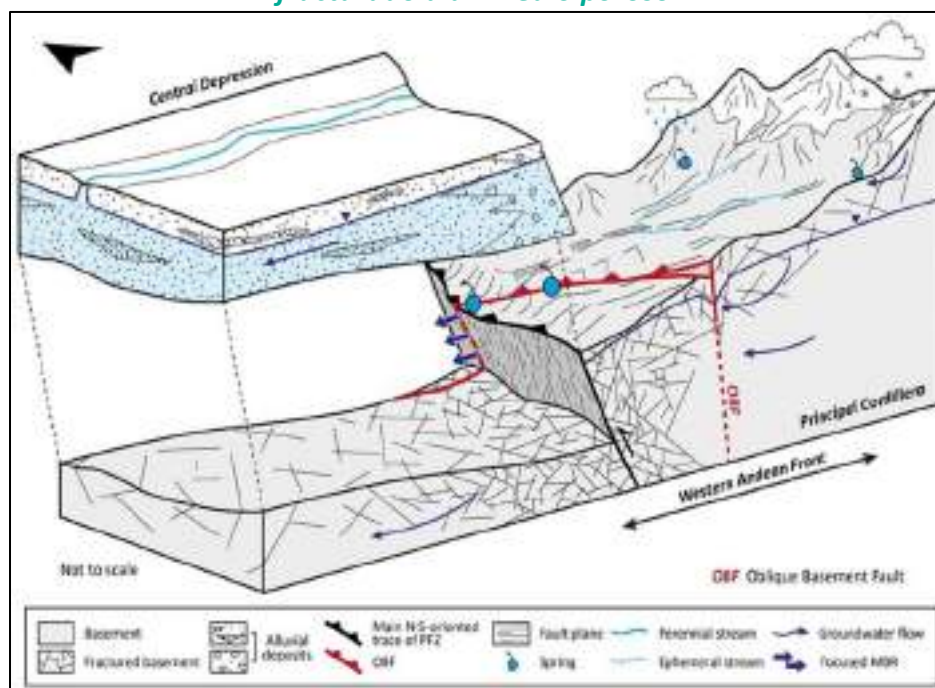
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”



Diferentes autores sugieren que existen dos mecanismos de recarga para la cuenca del río Bogotá una interior y otra exterior. La recarga exterior se encuentra representada por las cadenas montañosas del Cretácico y Paleógeno que se alimentan por la infiltración de precipitaciones a través de las discontinuidades. Por otro lado, los depósitos en las zonas más planas están cubiertos con niveles de material fino y capas de arenas muy delgadas que dificultan y restringen la infiltración a valores mínimos estas áreas representan la recarga interior (Consorcio Magneto, 2018; SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018)

Sin embargo, es evidente que existe una conexión hidráulica entre los hidrosistemas especialmente en los bordes de la cuenca que representan las áreas más favorables de recarga ya que los depósitos más permeables del Neógeno-Cuaternario y horizontes de edad Paleógena afloran aquí y se ponen en contacto con las rocas fracturadas del cretácico (Figura 5-111).

Figura 5-111 Diagrama esquemático conexión hidráulica y recarga a través de un medio fracturado a un medio poroso.



Fuente: tomado de (Taucare et al., 2020)

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología, que procede de la información proporcionada por los usuarios de los denominados puntos de agua subterránea.

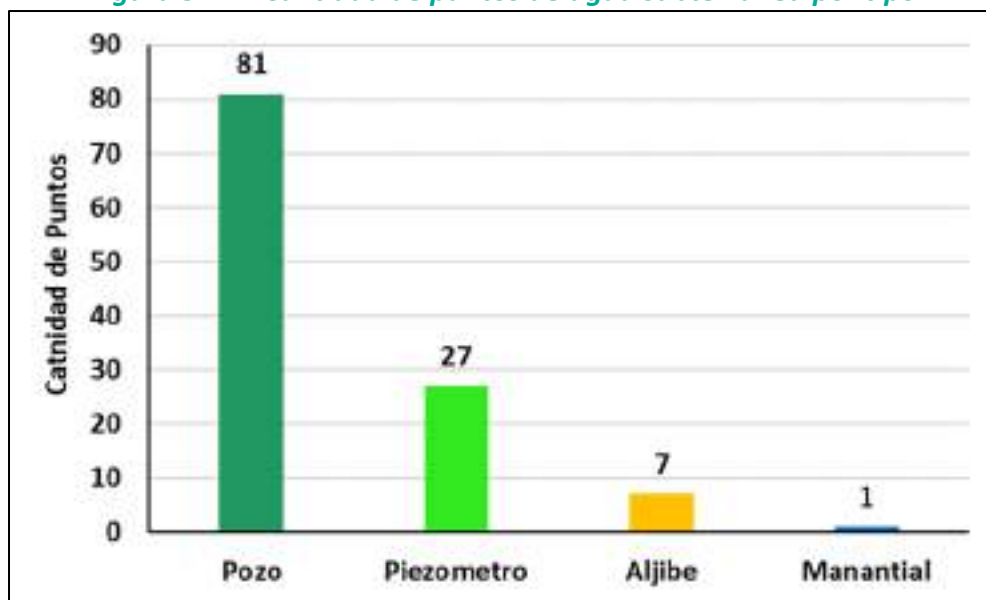
El inventario permite evaluar el uso del recurso hídrico subterráneo y tener una visión global de las características y comportamiento de las diferentes unidades geológicas potencialmente acuíferas; además permite establecer la posible afectación que estos puntos puedan presentar con el desarrollo de las actividades de construcción de la autopista norte.

Se recopiló el inventario de puntos de agua e información hidrogeológica relevante los cuales corresponde a su gran mayoría al inventario de concesiones de la SDA, así como la recopilación de información realizada por el estudio (SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018). Adicionalmente se tienen en cuenta los niveles piezométricos reportados en las perforaciones realizados en la zona de influencia directa los cuales se citaron en el capítulo Geología-Perforaciones.

En total se recopilaron 115 puntos de los cuales 81 corresponden a pozos, 27 piezómetros, 7 aljibes y 1 manantial (ver Figura 5-112). La mayoría de dichos puntos son pozos con una profundidad de 70 m a 200 m y explotando la formación sabana con caudales que oscilan

de 1 L/s a 10 L/s. Los piezómetros incluidos se usan para el monitoreo ambiental de las estaciones de servicio de combustibles.

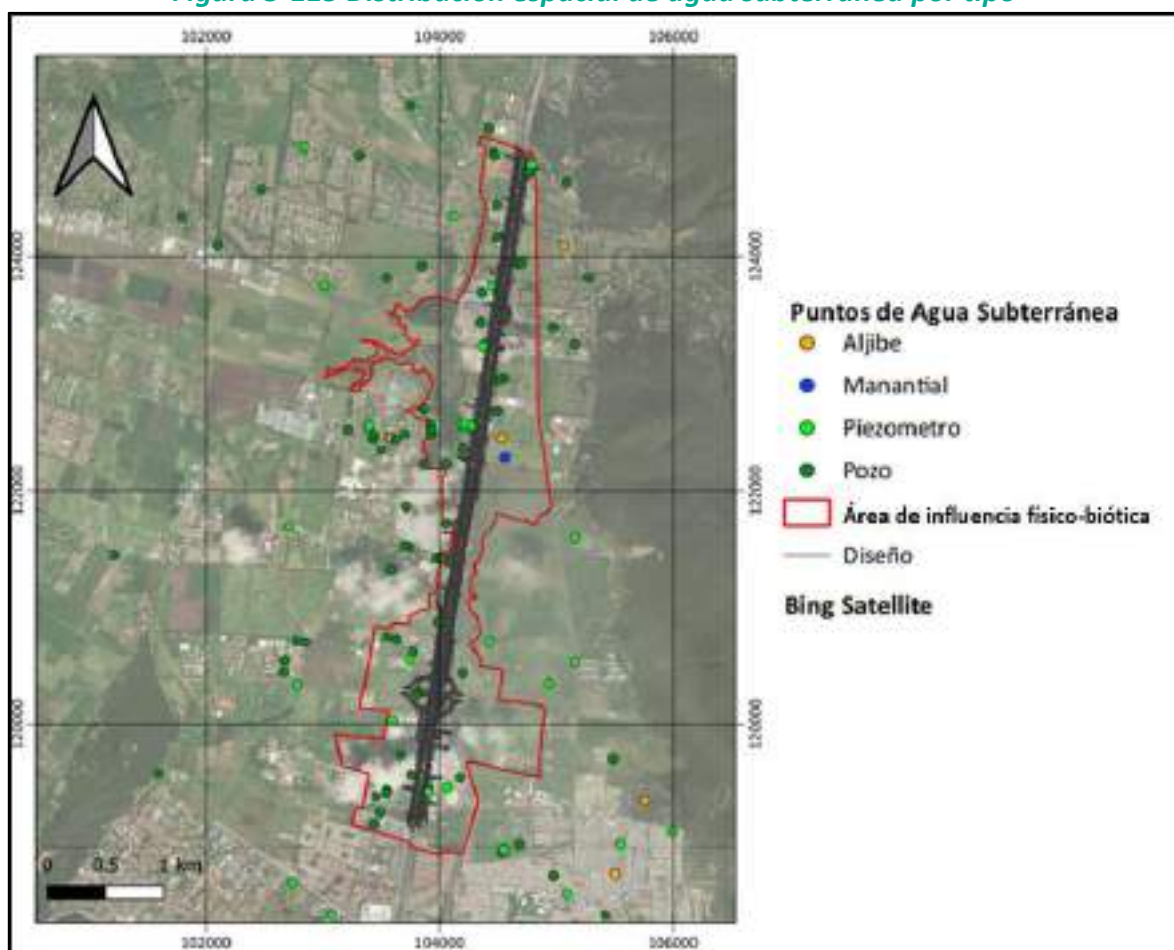
Figura 5-112 Cantidad de puntos de agua subterránea por tipo



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La distribución espacial por tipo de punto se presenta en la Figura 5-113. Se observa que se encuentran una buena distribución en la zona, y son representativos a una escala regional.

Figura 5-113 Distribución espacial de agua subterránea por tipo



Fuente: SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018

5.1.8.1.1 Caudales de extracción

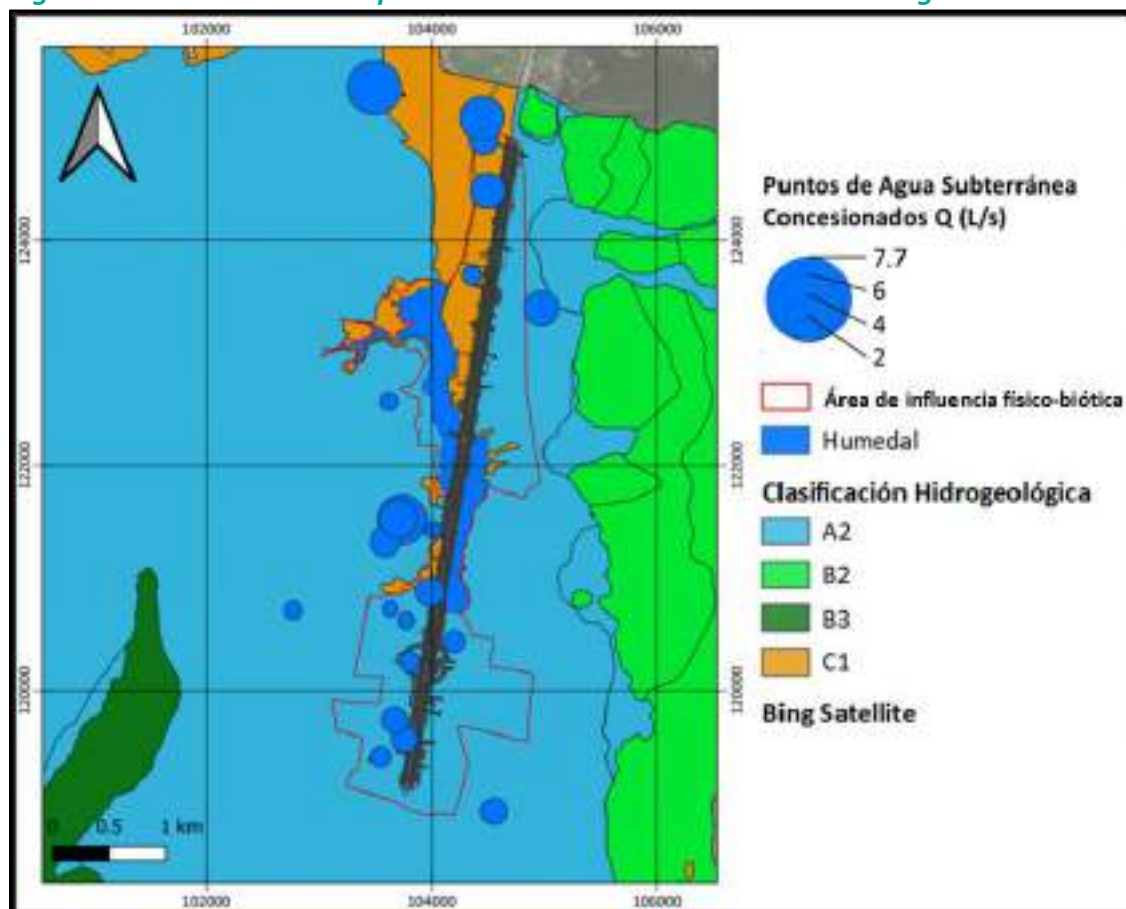
Los principales usos del agua subterránea identificados en el área de influencia físico corresponden a los requerimientos de agua para consumo doméstico con el 21%, riego 13%, consumo humano 8.1%, recreativo 4.4 %, industrial 3.9%, y pecuario, agrícola como se observa en la Figura 5-114. Es importante aclarar que los pozos están concesionados por la SDA (Secretaría Distrital de Ambiente-Bogotá) y cuentan con más de un (1) uso permitido, además corresponden a establecimientos como Colegios y Clubes recreativos. En la Figura 5-115 se presenta la distribución espacial de los caudales de explotación referidos todos a los lentes de arena de la Formación con profundidades superiores a los 20 m.

Figura 5-114 Usos de Agua Subterránea



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-115 Distribución espacial de los caudales de extracción de Agua Subterránea



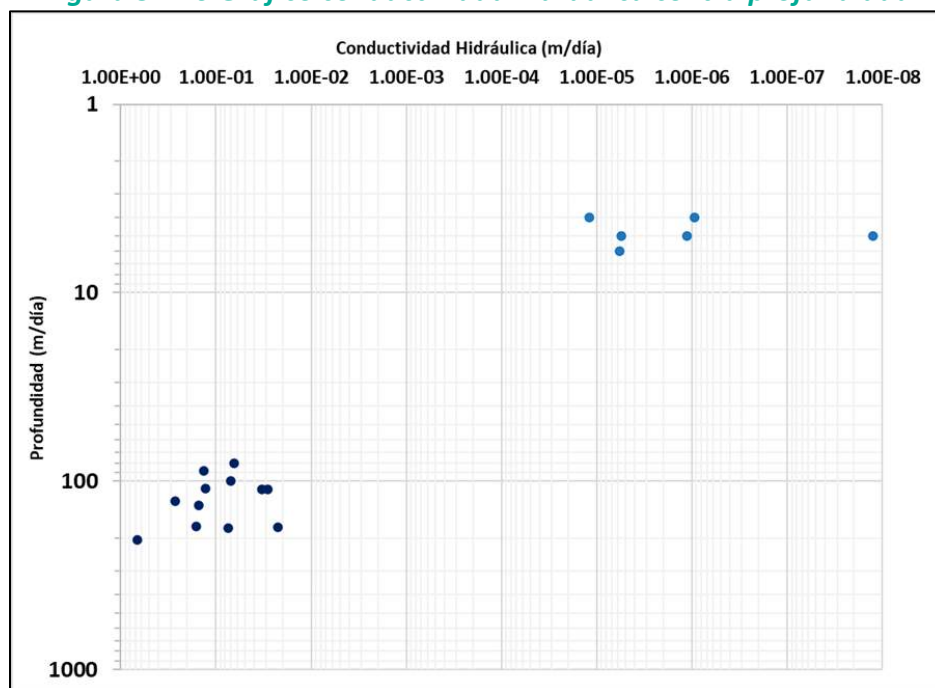
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.8.2 Parámetros Hidráulicos

La conductividad hidráulica es el parámetro que permite evaluar la capacidad de transmitir agua de una roca en función de la textura de esta, sin relacionarla con su estructura o forma geométrica. Este parámetro se obtiene a través de pruebas o ensayos hidráulicos realizados en la infraestructura para la captación de agua subterránea presente en la zona de estudio (Pozos, piezómetros, aljibes o adecuaciones a manantiales).

Para este estudio a partir de los informes anteriormente citados se recopilieron resultados de diferentes pruebas hidráulicas, para piezómetros que se utilizan para monitoreo ambiental en la EDS se encontraron principalmente pruebas Slug o de pulso, dichos piezómetros generalmente no tienen una profundidad superior a 8 m, y para los pozos profundos pruebas de bombeo a caudal constante y escalonadas. En la Figura 5-116 se presenta el gráfico de los valores de conductividad hidráulica recopilados de los resultados de pruebas hidráulica y la profundidad total del pozo o piezómetro, es importante aclarar que esta profundidad es referencial para el gráfico, pues los pozos profundos presentan un diseño con filtros ranurados a diferentes profundidades.

Figura 5-116 Gráfico conductividad hidráulica contra profundidad



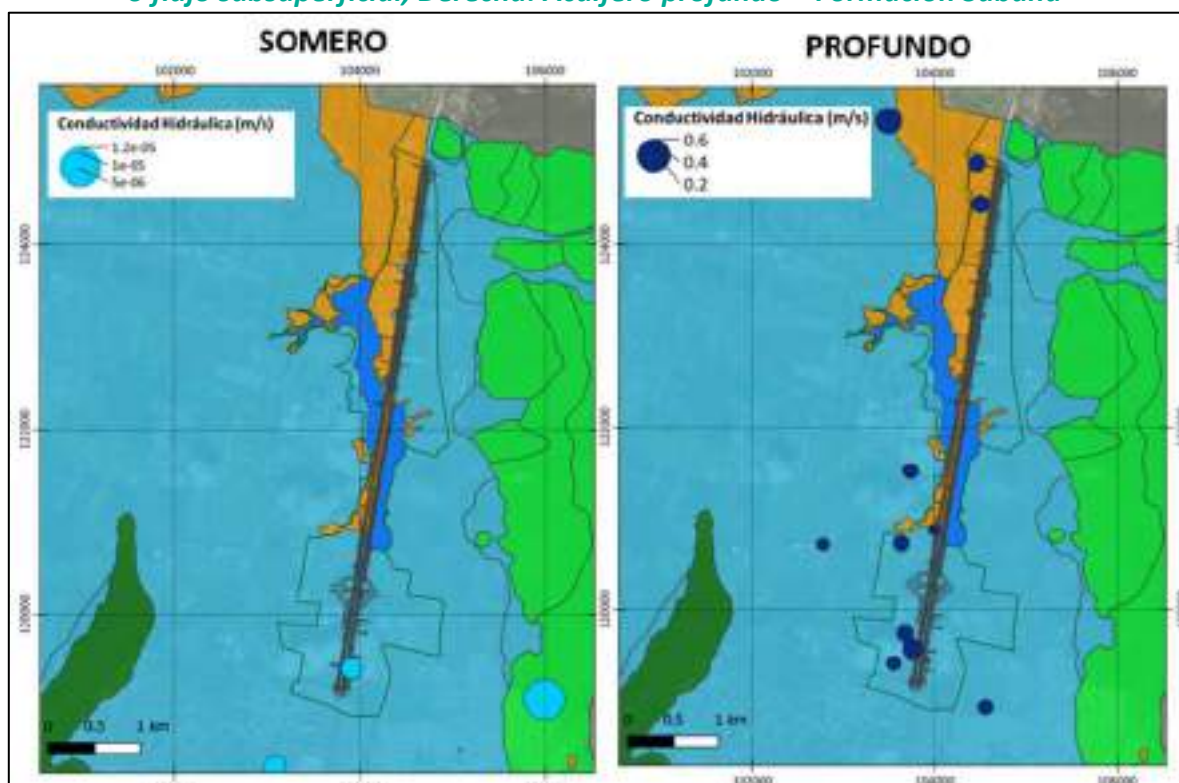
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Sin embargo, en este se puede concluir que para los estratos más someros de la zona de estudio la conductividad hidráulica varía entre 1×10^{-5} m/d y 1×10^{-8} m/d correspondiente a litologías arcillosas de las formaciones aflorantes de la zona de estudio, y que a pesar de estos valores tan bajos que implican tiempos de tránsitos largos están influenciados por la

infiltración directa de la precipitación y con posible conexión a los cuerpos hídricos superficiales. En la Figura 5-117 (Izquierda) se presenta la variación espacial de la conductividad hidráulica de estos estratos someros y se observa que es casi uniforme en toda la zona de estudio, esto debido a que prácticamente todas las unidades aflorantes están compuestas de arcillas.

En cuanto a los valores de conductividad hidráulica para los pozos profundos varían entre 1 m/d y 1×10^{-2} m/d que corresponden a lentes o estratos de arenosos de la Formación Sabana, que permiten la explotación de agua subterránea en la zona y que están completamente desconectados de los cuerpos hídricos superficiales. En la Figura 5-117 (derecha) se presenta la variación espacial de la conductividad hidráulica de los pozos profundos y se observa que es casi uniforme en toda la zona de estudio a que están captando de la misma unidad.

Figura 5-117 Distribución espacial conductividad hidráulica. Izquierda: Acuífero somero o flujo subsuperficial, Derecha: Acuífero profundo – Formación Sabana



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.8.3 Unidades hidrogeológicas

El mapa hidrogeológico se generó utilizando como base el mapa geológico del presente estudio, se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales para categorizar las unidades hidrogeológicas, en este sentido se adoptó la nomenclatura de la

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Asociación Internacional de Hidrogeólogos IAH "Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos" (1983), la cual se resume a continuación:

Tabla 5-109 Clasificación de Unidades Hidrogeológicas

Unidad Geológica	Leyenda	Características hidrogeológicas		Propiedades
Sedimentos Con flujos esencialmente intergranular				
A2	Depósito de Pendiente	Qdp1	Acuíferos de extensión local discontinuos, libreas a confinados. Conformados por limos a arenas con bloques, depósitos de abanicos. De moderada a alta importancia hidrogeológica.	Espesor máx (m): 30m
	Depósito Fluivoglaciario	Qfg	Acuíferos de extensión local discontinuos, libreas a confinados. Conformados por bloques y cantos de areniscas provenientes del grupo guadalupe, matriz de arena gruesa a arcillas. De moderada a alta importancia hidrogeológica.	Espesor máx (m): 30m
	Formación Sabana	QSa2	Acuífero Multicapa de extensión regional, conformado por arcillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas (arcillosas) intercaladas. De Baja importancia hidrogeológica. Los valores de los parámetros hidráulicos hacen referencia a los lentes de arena.	T (m2/d): 30 - 205 K (m/d): 1 - 4 Espesor máx. (m): 200
Rocas con flujo escencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o Kársticas)				
B2	Formación Arenisca Labor-Tierna	Ksglt	Acuífero de extensión regional, confinado, conformado por areniscas blancas y pardo amarillentas, cuarzosas, friables con intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas y limolitas. En los cerros aflora presenta un comportamiento de acuífero libre. De moderada importancia hidrogeológica.	T (m2/d): 16 - 360 K (m/d): 1 - 8 S: 5.9E-3 - 2.5E-4 Espesor máx. (m): 600
	Formación Plaeners	Ksgp	Acuífero de extensión regional, restringido a zonas fracturas, confinado a semiconfinado. Conformado por sucesión de arcillolitas, limolitas síliceas y liditas, con fracturamiento en las dos direcciones. Conductividad hidráulica baja. De poca importancia hidrogeológica	T (m2/d): 1 - 10 K (m/d): 0.1 - 1 Espesor máx. (m): 100
B3	Formación Guaduas	KPgg	Acuífero de extensión regional, discontinuo, conformado por secuencias de arcillolitas con intercalaciones de areniscas y mantos de carbón. Generalmente de poca importancia hidrogeológica	T (m2/d): 2 - 20 K (m/d): 0.1 - 3 S: 1.1E-3 - 7.2E-3 Espesor máx. (m): 1100
Sedimentos y rocas con recursos limitados de agua subterránea				
C1	Formación Chía	QCh1	Acuitardo de extensión local, conformado por arcillas de inundación, arcillas orgánicas/diatomíticas. Sin importancia Hidrogeológica	Espesor máx (m): 10m

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Rellenos Antrópicos	Qra1	Muy local, compactación de escombros, desechos y basuras. De baja importancia hidrogeológica	Espesor máx (m): 10m
Formación Sabana	QSa1	Acuitardo de extensión local, conformado por arcillas lacustres. Sin importancia Hidrogeológica	Espesor máx. (m): 300

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Sedimentos con flujos esencialmente intergranular (porosidad primaria y/o sedimentos y rocas con flujo intergranular) - (Azules)

- A.1 Mediana productividad, sistemas acuíferos continuos de extensión regional.
- A.2 Baja productividad, sistemas acuíferos discontinuos de extensión local.
- A3. Alta productividad. Sistemas acuíferos continuos de extensión regional

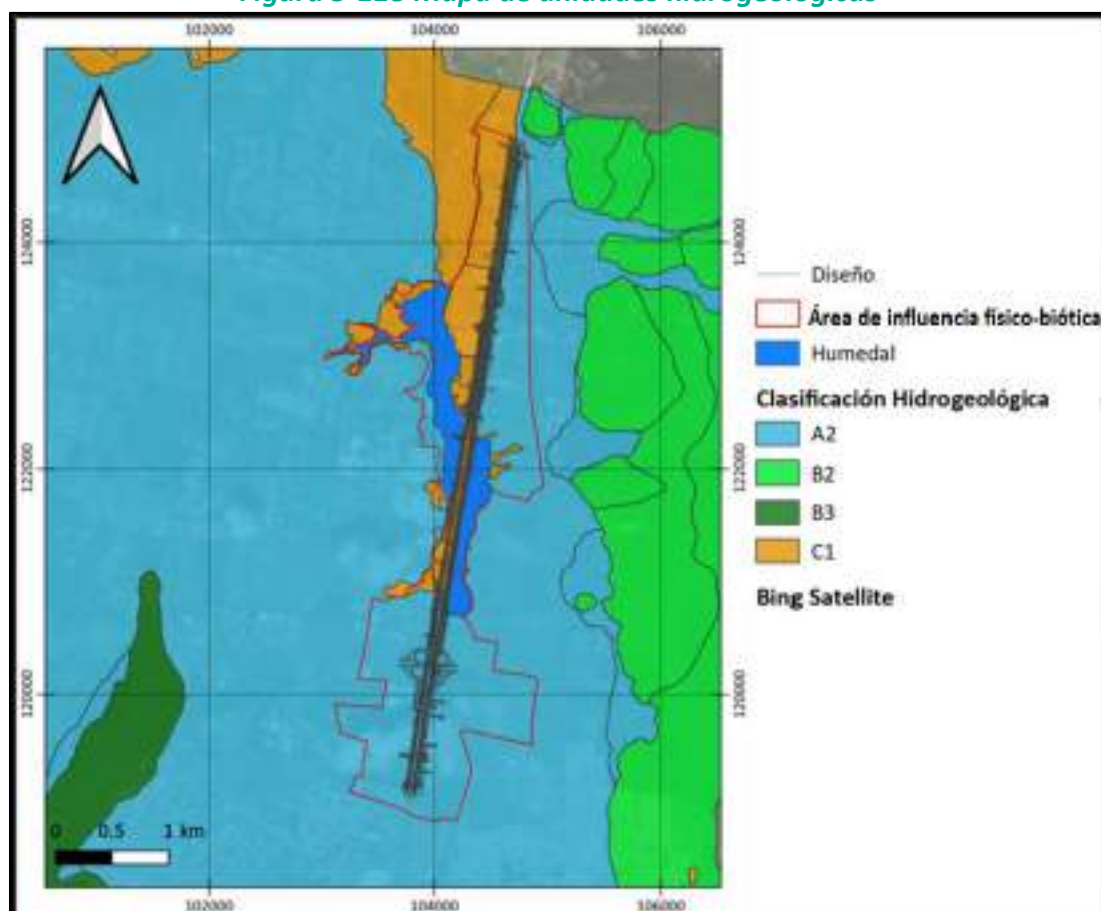
Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o kársticas) – (Verdes)

- B.1 Muy alta productividad, sistemas acuíferos discontinuos de extensión local.
- B.2 Mediana productividad, sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional.
- B.3 Baja productividad, sistemas acuíferos discontinuos de extensión local.

Sedimentos y rocas con recursos limitados de agua subterráneas - (Naranjas)

- C.1 Muy baja productividad, compuestos por rocas sedimentarias poco consolidadas a muy consolidadas.
- C.2 Muy baja productividad, compuestos por rocas ígneas, metamórficas y volcánicas muy compactas

Figura 5-118 Mapa de unidades hidrogeológicas



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Se valoraron las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea, a partir de los valores de parámetros hidráulicos y sus características litológicas para la generación del mapa hidrogeológico.

En la Figura 5-118 se presenta el mapa hidrogeológico de la zona de estudio, donde se puede concluir que todas las unidades hidrogeológicas son de baja a moderada importancia hidrogeológica y con poca importancia hidrogeológica.

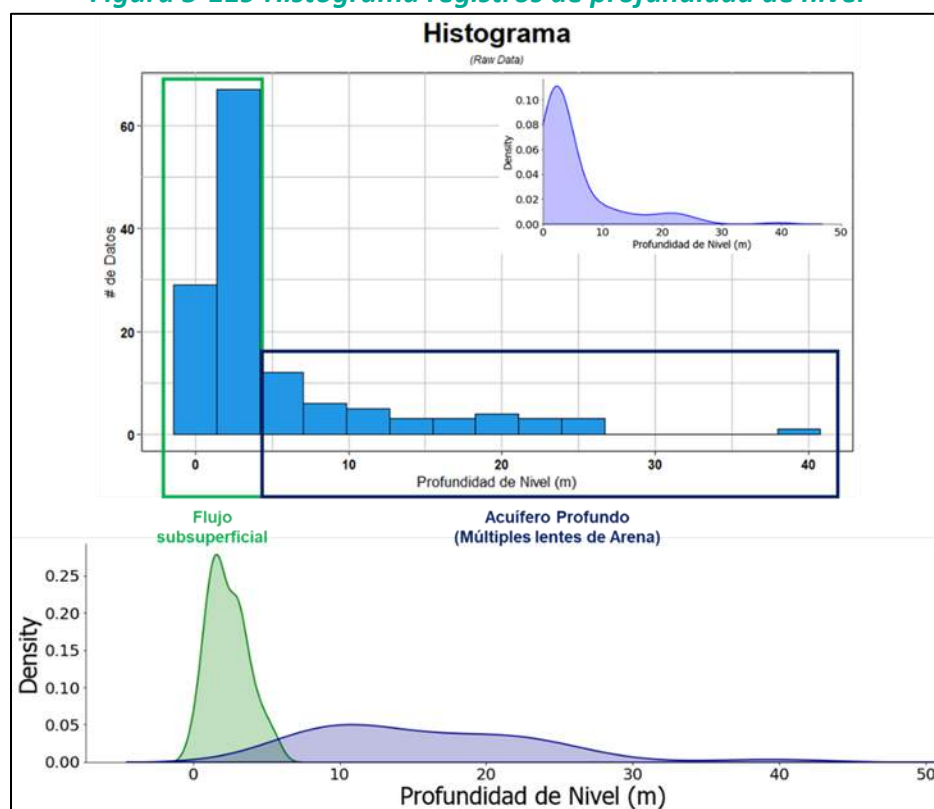
5.1.8.4 Direcciones de Flujo

A través de los registros de profundidad de nivel y recopilación de análisis hidroquímico (conductividad eléctrica y diagramas de Stiff), se realizó una estimación de la superficie piezométrica y las líneas de flujo.

5.1.8.5 Piezometría

A partir de la información secundaria, se recopilaron 131 de registros de profundidad de nivel, sin embargo, no existen series de tiempo, es decir, que la mayoría de los puntos de agua cuentan con un único registro y no cuenta con el dato de la fecha de medición. A pesar de esta deficiencia de información se realizó un análisis exploratorio de los datos, con el objeto de encontrar tendencias.

Figura 5-119 Histograma registros de profundidad de nivel



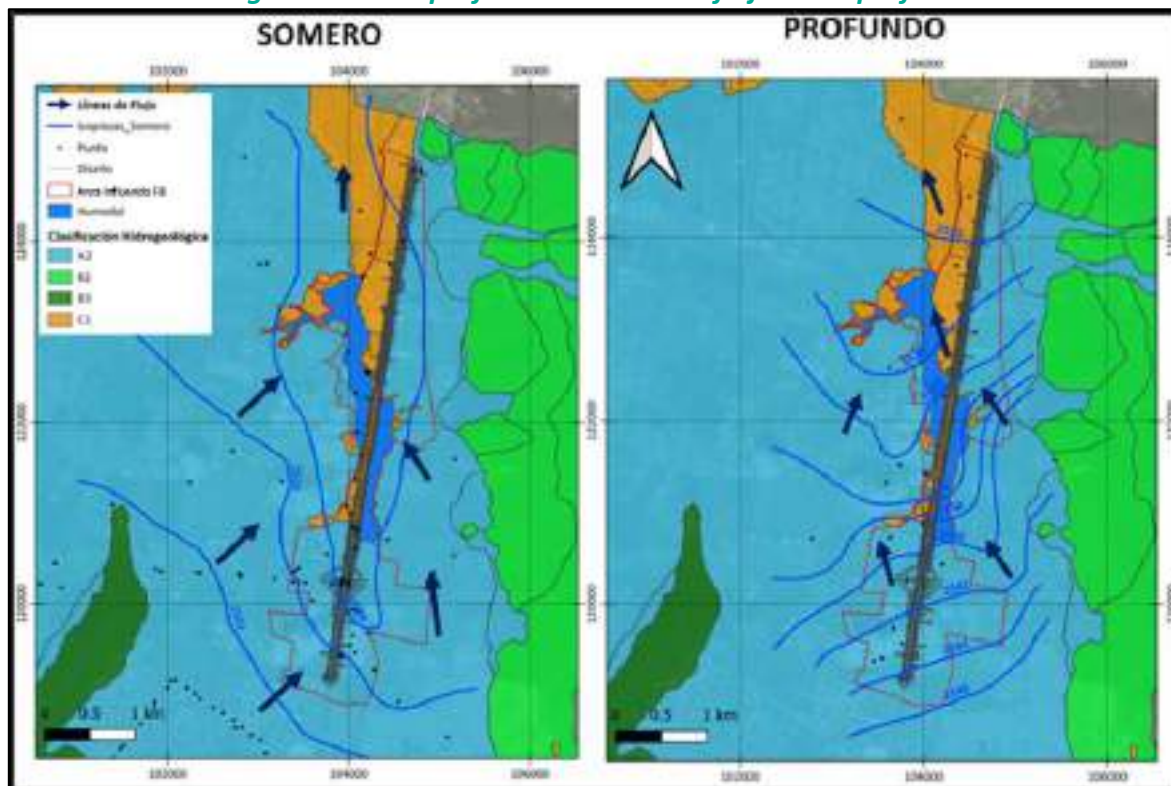
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-119 se presenta el histograma de los registros de profundidad de nivel, donde se evidencia que una fracción importante de los registros tienen valores inferiores a 6 m de profundidad de nivel y otros con valores superior a 15 m. Esto claramente indica que existen dos sistemas subterráneos: uno más somero correspondiente a las unidades que afloran de carácter arcilloso y otro más profundo correspondiente a los lentes de arena de la formación sabana donde captan los pozos profundos.

Así las cosas, se realizó una superficie piezométrica para el flujo somero o subsuperficial (103) registros y otra para el acuífero más profundo de la formación sabana.

En la Figura 5-120 (Izquierda) se presenta la superficie piezométrica para el flujo somero o subsuperficial y se observa una dirección Suroriente – Noroccidente, pero con una descarga local hacia el humedal Guaymaral y finalmente descargan hacia el Río Bogotá, es decir que estos flujos que provienen en su mayoría de la infiltración debido a la precipitación tienen una conexión importante con los cuerpos hídricos superficiales, acorde a las conclusiones del análisis multitemporal geomorfológico.

Figura 5-120 Superficie Piezométrica flujo subsuperficial



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-120 (derecha) se presenta la superficie piezométrica para el flujo más profundo y se observa una dirección Suroriente – Noroccidente, siendo los cerros orientales su zona de recarga y el Río Bogotá la zona de descarga, coherente con los diferentes modelos conceptuales de los acuíferos de la Sabana de Bogotá. Debido que los registros provienen de la formación Sabana (lentes de arena saturados interconectados inmersos en una matriz arcillosa) este flujo más profundo no tiene ninguna conexión con los cuerpos hídricos superficiales.

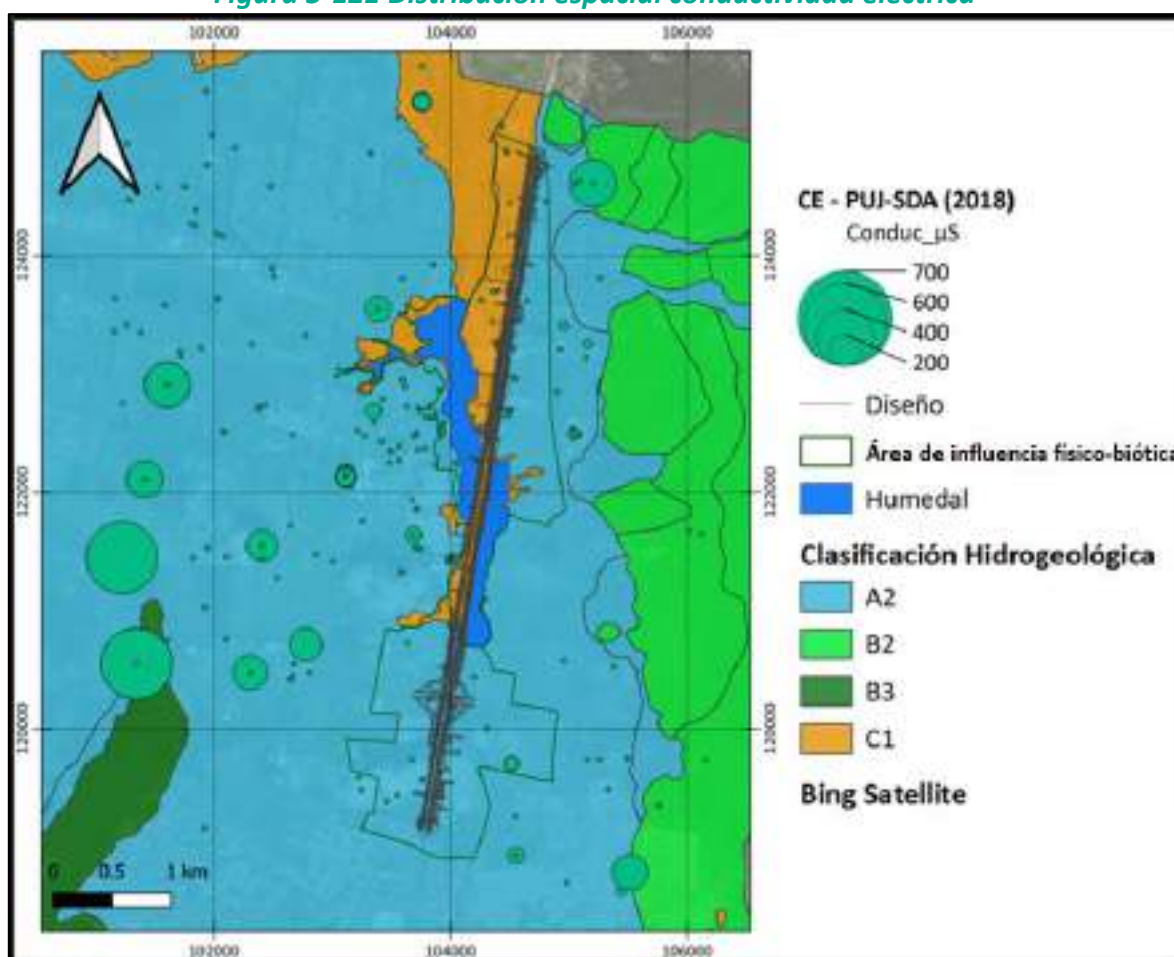
5.1.8.5.1 Hidroquímica

A partir del estudio realizado por la (SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018) se presenta en Figura 5-121 la distribución espacial de la conductividad eléctrica (CE) elaborada en dicho estudio. Los valores de CE son más bajos (aprox. 20 μ S) en las zonas de

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

piedemonte, presentando un aumento (aprox. 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) hacia el occidente (zona de estudio). Este comportamiento de la CE es típico de zonas donde el agua de recarga va teniendo un enriquecimiento producto del intercambio catiónico, aunque los valores aún siguen siendo bajos.

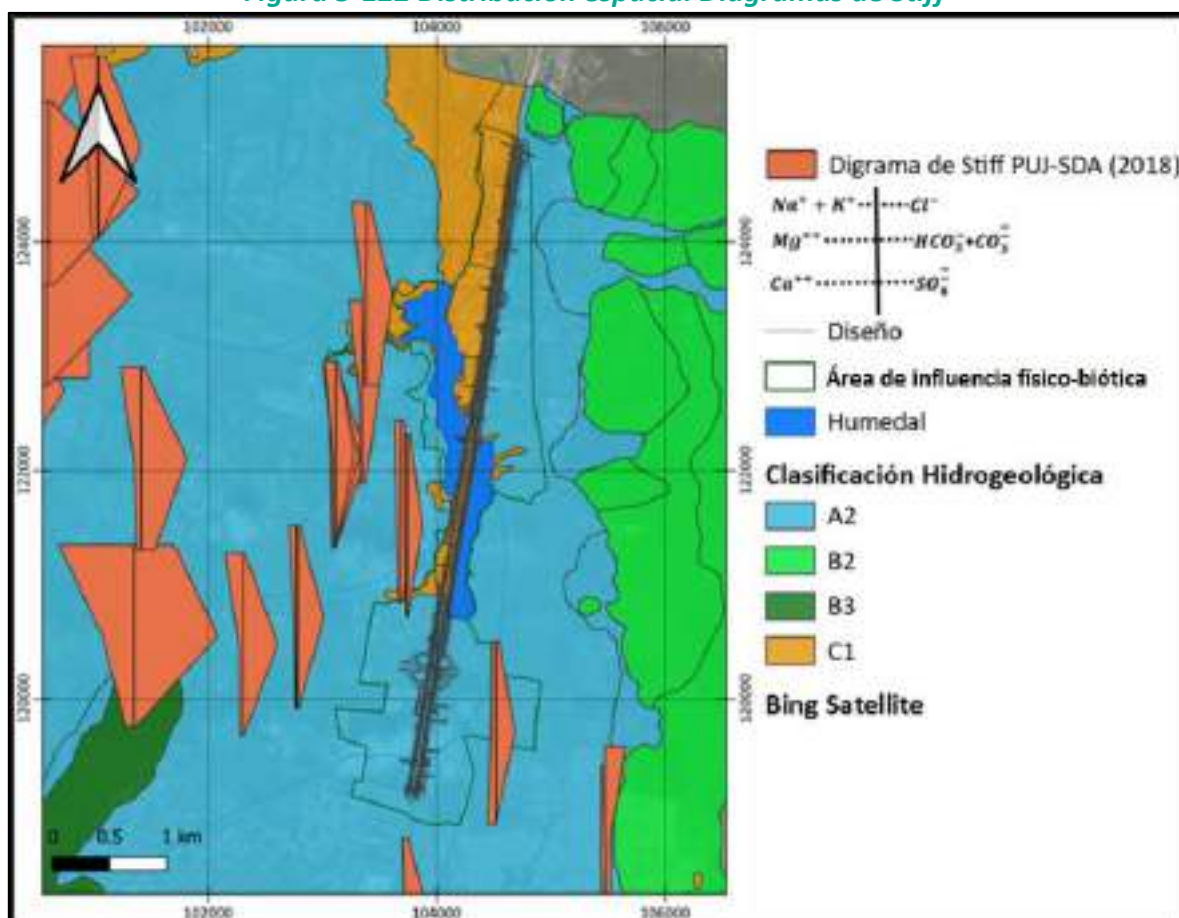
Figura 5-121 Distribución espacial conductividad eléctrica



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

También se tomaron los diagramas de Stiff (Figura 5-122) y nuevamente se evidencia un enriquecimiento desde las zonas de los cerros orientales hacia el occidente. Para la zona de estudio se observa que las aguas Bicarbonatadas-Sódicas. Según estos resultados debe existir un flujo de agua subterránea con dirección predominante Oriente-Occidente.

Figura 5-122 Distribución espacial Diagramas de Stiff



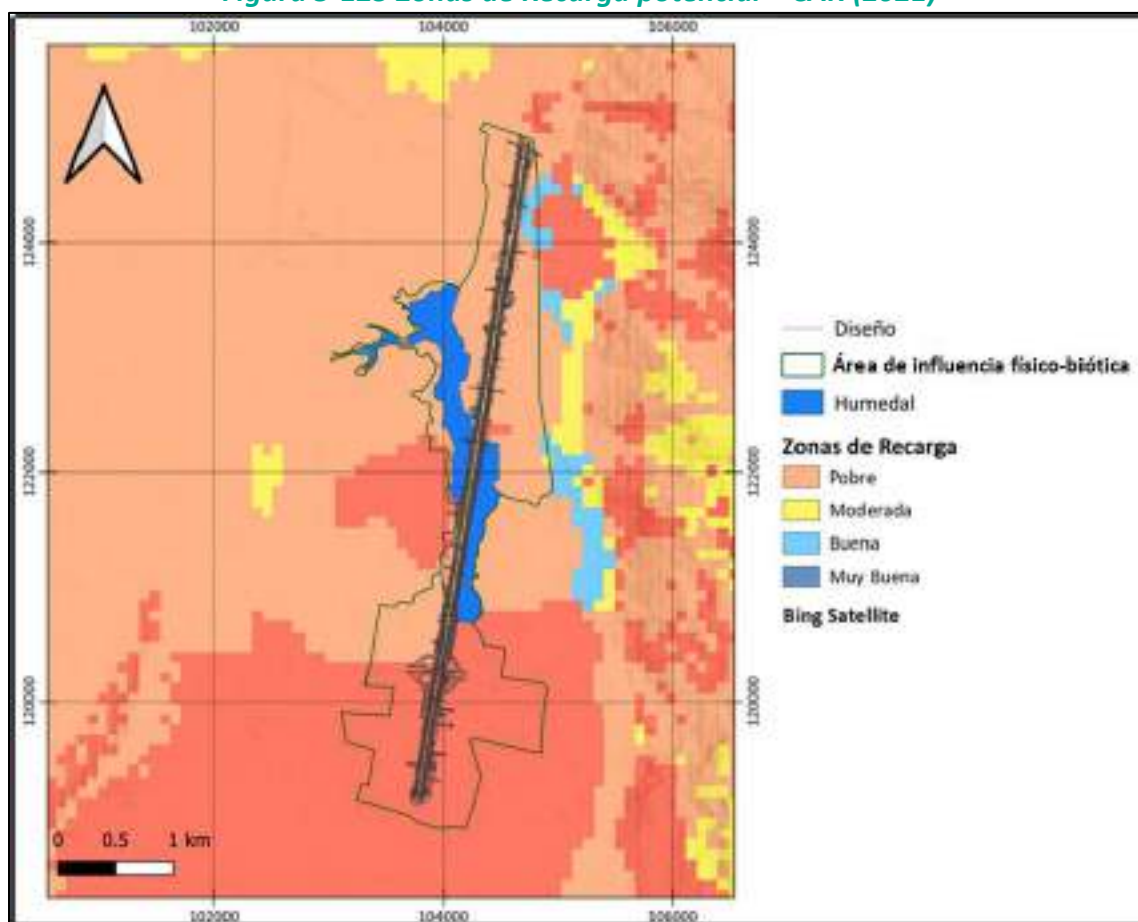
Fuente: Adaptado de SDA – Pontificia Universidad Javeriana (2018)

5.1.8.6 Zonas de Recarga

La definición de las zonas de recarga potencial se realizó a través del análisis de las diferentes evaluaciones expuestas en los diferentes estudios consultados. Entre ellos la delimitación de zonas de recarga realizada por (CAR, 2022) en el PORH del Río Bogotá que usa herramientas de Sistemas de Información Geográfica - SIG, mediante la superposición de las capas de información correspondientes a tipo y uso del suelo, cobertura vegetal, unidad geológica y pendiente del terreno siguiendo la metodología de (Dar et al., 2021).

En la Figura 5-123 se presentan los resultados de la calificación de las zonas de recarga potencial en la zona de estudio y en ella se evidencia que la recarga es calificada como pobre o muy pobre, esto debido al carácter arcilloso de las unidades geológicas que afloran.

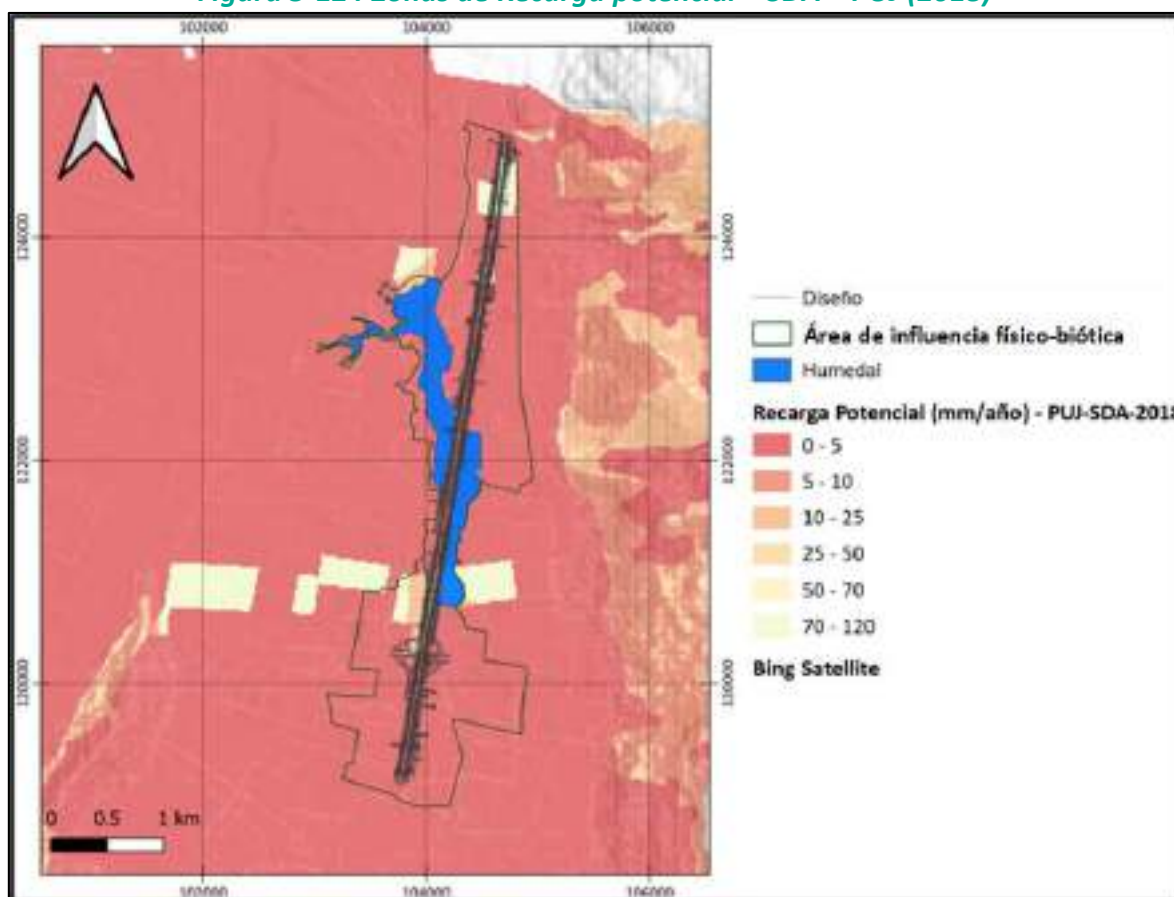
Figura 5-123 Zonas de Recarga potencial – CAR (2021)



Fuente: (CAR, 2022)

También se presentan los resultados de (SDA & Pontificia Universidad Javeriana, 2018) que realizó una estimación de la recarga usando el modelo de lluvia-escorrentía SWAT. En la Figura 5-124 se presentan los resultados para la zona de estudio presentando resultados de recarga potencial en la mayoría del área de entre 0 a 5 mm/año, confirmando la recarga es casi nula.

Figura 5-124 Zonas de Recarga potencial – SDA – PUJ (2018)



Fuente: Adaptado de SDA – Pontificia Universidad Javeriana (2018)

5.1.8.7 Vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad intrínseca se enfoca hacia los acuíferos más someros, en su parte más superficial, ya que se considera que las características de la zona no saturada, son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son los más susceptibles a ser afectados adversamente por una carga contaminante puesta en la superficie del terreno y una vez contaminados, este fenómeno se puede inducir fácilmente hacia los horizontes inferiores.

Es fundamental tener presentes las tres “leyes sobre la vulnerabilidad del agua subterránea”, expresadas como advertencias en revisiones realizadas en Estados Unidos (National Research Council, 1993), citado por el Banco Mundial, según las cuales: 1) todo acuífero tiene un grado de vulnerabilidad a la contaminación; 2) cualquier evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos tienen incertidumbres y 3) en los sistemas más complejos se corre el riesgo de que al evaluar la vulnerabilidad lo obvio sea velado y lo sutil no se distinga. Los modelos de índice y superposición llevan consigo un

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



grado de incertidumbre, sin embargo, la cantidad de información requerida los hacen de fácil aplicabilidad.

Para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos se utilizó la metodología GOD, y la metodología DRASTIC, las cuales son las más difundidas en Latinoamérica. Con la información secundaria validada y procesada se realizó la calificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación presentes en el área de estudio a través del método GOD y el método DRASTIC que consideran que la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación está en función de la naturaleza de los suelos suprayacentes, al nivel freático, la litología de la unidades acuífero y la profundidad de la zona No saturada o el espesor de los depósitos confinados (HISCOCK, 2005).

5.1.8.7.1 Método GOD

El método GOD se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables, que son las que nominan el acrónimo: G: groundwater occurrence. Tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea. O: over all aquifer class. Litología de la zona no saturada. Se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas y como consecuencia, de forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada. D: depth to groundwater. Profundidad del agua subterránea o del acuífero. Estos tres parámetros se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (Ninguna) a 1 (extrema), así pues, GOD: $G * O * D$: valor numérico entre 0 y 1.

La calificación a partir del tipo de confinamiento de acuífero se ha realizado por unidad geológica y sus características litológicas. Se presenta en la Tabla 5-110 se presentan los valores de los parámetros.

Tabla 5-110 Calificación parámetros (G) y (O), metodología GOD

Unidad Geológica	Simbología	DESCRIPCIÓN	Confinación Hidráulica (G)	(G)	Litología Zona No Saturada (O)
Formación Sabana	Qsa2	Acillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas arcillosas intercaladas	No confinado	0.7	0.4
Formación Sabana	Qsa1	Arcillas lacustres	No confinado	0.8	0.5
Formación Chía	Qch1	Arcillas de inundación en áreas pantanosas, arcillas (orgánicas/diatomíticas) de origen lacustre.	No confinado	0.7	0.4
Rellenos Antrópicos	Qra1	Compactación de escombros, desechos y basuras	No confinado	0.9	0.7

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Para la calificación profundidad del nivel freático (D) se tomaron los límites establecidos por el Banco Mundial por (Foster et al., 2002) y se presentan en la Tabla 5-111.

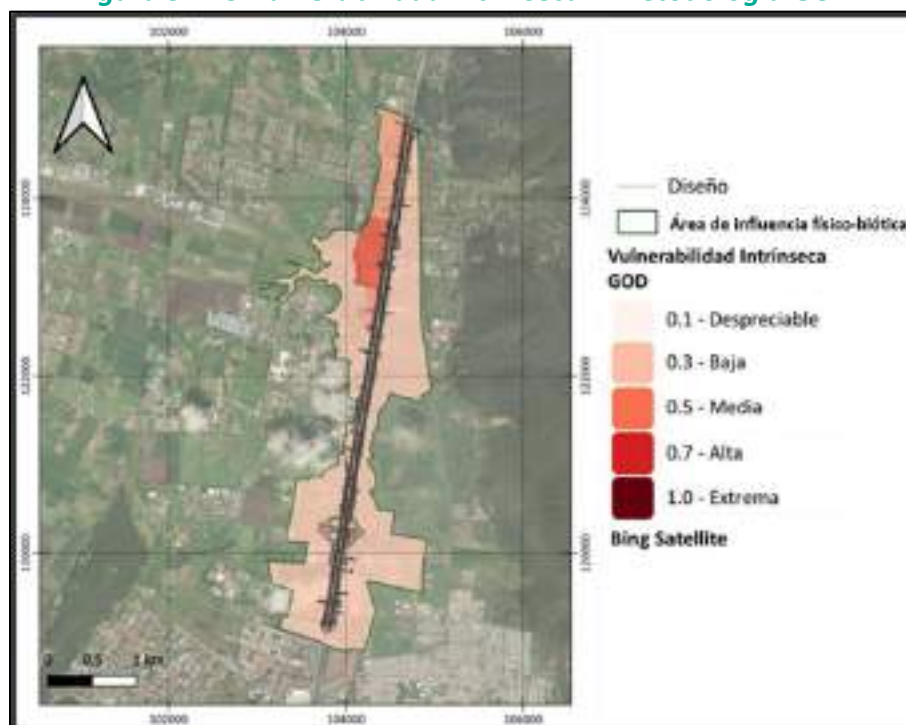
Tabla 5-111 Calificación parámetro (D), metodología GOD

profundidad Nivel freático (m)	D
>5	10
5 - 20	9
20 - 50	7
>5	5

Fuente: Banco Mundial (2002)

En la Figura 5-125 se presentan los resultados de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación estimada a partir de la metodología GOD. En ella se observa que en la mayoría del área de estudio es despreciable o baja, debido al carácter arcilloso de las unidades geológicas aflorantes, sin embargo, en los rellenos antrópicos si existe una vulnerabilidad media.

Figura 5-125 Vulnerabilidad Intrínseca – Metodología GOD



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.8.7.2 Método DRASTIC

El método DRASTIC que corresponde a un método de índice y superposición, que involucra varios parámetros de evaluación y fue desarrollado por Aller et al (1987)⁴¹ para la EPA; la

metodología se basa en la asignación de índices que varían entre 1 y 10, de acuerdo con las características y el comportamiento de las variables consideradas:

D: Profundidad del agua subterránea. Indica el espesor de la zona no saturada que es atravesado por las aguas de infiltración y que pueden traer consigo el contaminante, hasta alcanzar el acuífero.

R: Recarga neta. Es la cantidad de agua anual por unidad de superficie que contribuye a la alimentación del acuífero. La recarga resulta primariamente de la fracción de precipitación que no se involucró en la evapotranspiración o escorrentía superficial, es el principal vehículo transportador de los contaminantes.

- A: Litología y estructura del medio acuífero. Representa las características del acuífero, en particular la capacidad del medio poroso y/o fracturado para transmitir los contaminantes.
- S: Tipo de suelo. Representa la capacidad de los suelos para oponerse a la movilización de los contaminantes y corresponde a la parte de la zona vadosa o no saturada, que se caracteriza por la actividad biológica. En conjunto con el parámetro I, determinan la cantidad de agua de percolación que alcanza la superficie freática.
- T: Topografía. Representa la pendiente de la superficie topográfica e influye en la evacuación de aguas con contaminantes por escorrentía superficial y subsuperficial.
- I: Naturaleza de la zona no saturada. Representa la capacidad para obstaculizar el transporte vertical.
- C: Conductividad hidráulica del acuífero. Determina la cantidad de agua que atraviesa el acuífero por unidad de tiempo y por unidad de sección, es decir la velocidad.

Además de lo expresado, a cada variable se le asigna un peso o ponderación, de acuerdo con la influencia respecto a la vulnerabilidad. Para el peso ponderado se emplean índices entre 1 y 5, adoptando los autores el mayor (5) para la profundidad del agua (D) y la litología de la sección saturada (I) y el menor (1) para la topografía (T).

Ambos índices se multiplican y luego se suman los 7 resultados, para obtener un valor final o índice de vulnerabilidad, cuyos extremos son 23 (mínima) y 230 (máxima), aunque en la práctica el índice dominante varía entre 50 y 200.

$$ID=(D*5)+(R*4)+(A*3)+(S*2)+(T)+(I*5)+(C*3)$$

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Para la calificación profundidad del nivel freático (D), recarga (R), pendientes y conductividad Hidráulica (C) se tomaron los límites establecidos por el (MAVD, 2010) y se presentan en la Tabla 5-112.

Tabla 5-112 Calificación parámetro (D), metodología DRASTIC

profundidad Nivel freático (m)	D
0-1.5	10
1.5-4.6	9
4.6-9.1	7
9.1-15.2	5
15.2-22.9	3
22.9-30.5	2
>30.5	1

Fuente: MAVDT 2010

Tabla 5-113 Calificación parámetro (R), metodología DRASTIC

Recarga (mm)	R
0-50	1
50-103	3
103-178	6
178-254	8
>254	9

Fuente: MAVDT 2010

Tabla 5-114 Calificación parámetro (T), metodología DRASTIC

Pendiente (%)	T
0-2	10
2-6	9
6-12	5
12-18	3
>18	1

Fuente: MAVDT 2010

Tabla 5-115 Calificación parámetro (C), metodología DRASTIC

Conductividad Hidráulica (m/d)	C
0.04-4.08	1
4.08-12.22	2
12.22-28.55	3
28.55-40.75	6
40.75-81.49	8
>81.49	10

Fuente: MAVDT 2010

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

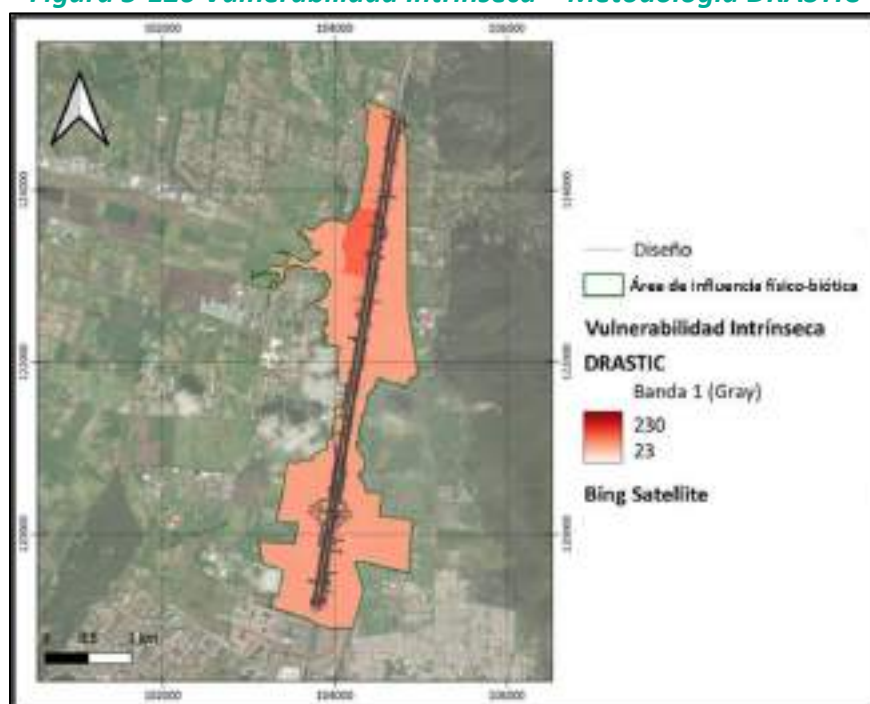
La calificación para los parámetros (A) Litología y estructura del medio acuífero, (S) Tipo de suelo y (I) Naturaleza de la zona no saturada se ha realizado por unidad geológica y sus características litológicas. En la siguiente tabla se presentan los valores de los parámetros.

Tabla 5-116 Calificación parámetro (A), (S) e (I), metodología DRASTIC

Unidad Geológica	Simbología	DESCRIPCIÓN	Litología Acuífero (A)	Tipo Suelo (S)	Impacto Zona no saturada (I)
Formación Sabana	Qsa2	Acillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas arcillosas intercaladas	3	2	3
Formación Sabana	Qsa1	Arcillas lacustres	5	3	3
Formación Chía	Qch1	Arcillas de inundación en áreas pantanosas, arcillas (orgánicas/diatomíticas) de origen lacustre.	3	2	3
Rellenos Antrópicos	Qra1	Compactación de escombros, desechos y basuras	7	6	5

Fuente: MAVDT 2010

Figura 5-126 Vulnerabilidad Intrínseca – Metodología DRASTIC



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-126 se presentan los resultados de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación estimada a partir de la metodología DRASTIC. En ella se observa que en la mayoría del área de estudio es moderada o baja con valores entre 90 y 130, esto debido al

carácter arcilloso de las unidades geológicas aflorantes, siendo consistente con los resultados de la metodología GOD y todo lo expresado en este estudio.

5.1.9 Geotecnia

La zonificación geotécnica a partir de la susceptibilidad y la amenaza se realiza con base en el Decreto 523 del 2010 (diciembre 16) "Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C." (Secretaría de Planeación Alcaldía de Bogotá D.C., 2010), el volumen III: Geología para ingeniería y el Volumen IV: Estudio de suelos, el Producto 3 Estudio de Suelos, geológico y geomorfológico en el marco de la actualización de estudio conceptuales del contrato EAB – ESP 1-02-25500-0626-2009 realizado por Concol Consultores S.A.S – WSP Ingeniería Colombia S.A.S. 2020 (P3 WSP, 2020) e información de referencia del servicio geológico colombiano disponibles en la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa de la Plancha 228 del Servicio Geológico Colombiano (SGC - Memoria Geológica Plancha 228) y las guías metodológicas para la zonificación de susceptibilidad y amenazas del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013).

En particular la metodología desarrollada evalúa de forma semicuantitativa y por peso los factores: geológico, pendiente topográfica del terreno, el uso y cobertura del suelo, hidrogeología y morfodinámica en la siguiente ecuación y Tabla 5-117.

Ecuación Cálculo de la susceptibilidad total del terreno

Susceptibilidad total (ST) = $PT * P + U_{\text{Geol.}} * P + U_{\text{Geom.}} * P + \text{Morfd} * P + US * P + H * P$

Fuente: (SGC, 2016)

En donde:

- ST = Susceptibilidad total del terreno;
- PT = Pendiente Topográfica;
- U_{Geol} = Unidad geológica;
- H = Hidrogeología;
- U_{Geom} = Unidad geomorfológica;
- Morfd = Procesos Morfodinámicos;
- US = Uso del suelo y cobertura;
- P = Peso del Factor en cuestión;

Tabla 5-117 Pesos asignados para los factores analizados según la influencia evidenciada

Factores Por Valorar	Peso
Pendiente Topográfica (PT)	0.20
Unidad Geológica (U Geol)	0.25

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Factores Por Valorar	Peso
Hidrogeología (H)	0.15
Unidad Geomorfológica (U Geom)	0.20
Procesos morfodinámicos (Morfd)	0.05
Uso del suelo (US)	0.15

Fuente: (SGC, 2013)

Posteriormente realizando algebra de mapas se obtiene la zonificación de la susceptibilidad en un rango de 1 a 5 según su intensidad la Tabla 5-118.

Tabla 5-118 Valoración de la susceptibilidad total

Valor	Valoración Susceptibilidad
1	Muy baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy alta

Fuente: (SGC, 2016)

5.1.9.1 Componente Geológico

El componente de susceptibilidad geológica considera principalmente el origen, la composición litológica y la estructura de las rocas en la categorización de 1 a 5 según sea estable o inestable como se presenta en la Tabla 5-119. La información base para la determinación de la susceptibilidad geotécnica debido al factor geológico como: la geología local Figura 5-2, la descripción litoestratigráfica Tabla 5-1, el perfil esquemático de los estratos Figura 5-6 y la distribución panorámica de las unidades Figura 5-3 se presentan y discuten en el título 5.1.1. Se aclara que no se considera dentro de los factores de análisis la presencia de fallas geológicas debido a que la zona de interés no presenta fallas visibles en los depósitos no consolidados y no es afectada por ninguna estructura de falla.

A su vez, el peso asociado al componente geológico incluye el análisis de la naturaleza mineral de las formaciones, valorando la estabilidad física (dureza y resistencia a la compresión) y química (composición y meteorización) del mineral o minerales principales.

Tabla 5-119 Clasificación Litológica – Geotécnica

Unidad	Símbolo	Clasificación Litológica Geotécnica	Factor
Rellenos Antrópicos	Q1an	Coluviales, Rellenos	5
Depósitos de pendiente	Q1pe		
Deposito Fluvioglacial	Q2fl	Cantos de areniscas. En matriz arena-arcilla	4
Fm Sabana (arcillas)	Qsa1	Material aluvial y fluviolacustres	2

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

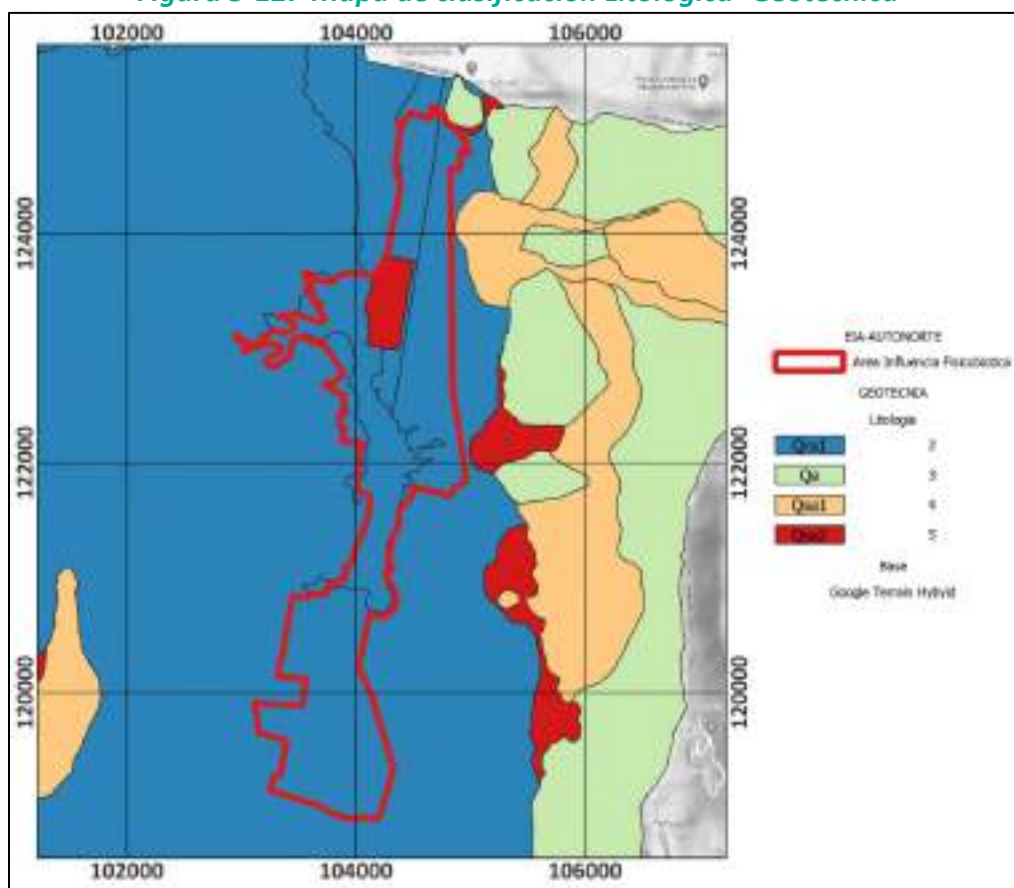


Unidad	Símbolo	Clasificación Litológica Geotécnica	Factor
Fm Sabana (arcillas arenosas)	Qsa2		
Fm Chía	Qch1		
Fm Guaduas	K2E1g	Arcillolitas y lodolitas	4
Fm Arenisca Labor Tierna	K2t	Arenitas y lodolitas	3
Fm Plaeners	K2p	Arcillolitas y lodolitas	4

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Desde la perspectiva local, el área de influencia se caracteriza el predominio de unidades recientes y no consolidadas correspondientes a los depósitos de la Fm Sabana y Fm Chía. Litológicamente estas formaciones se componen de material aluvial y fluvioacustres: arcillas, arcillas arenosas, arcillas orgánicas y arenas arcillosas principalmente. En el estudio de Geología para Ingeniería realizado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2023) se realizaron sondeos específicos a lo largo de la calzada que permiten constar a detalle, por medio de columnas litológicas, la presencia, composición y estructura de las formaciones a escala local. Estas formaciones caracterizan la mayor porción de la zona influencia y presentan un criterio de estabilidad por su aspecto estructural y litológico. Los principales aspectos condicionantes se relacionan a la erosión y a la intervención humana correspondiendo con los depósitos de pendiente y los rellenos antropogénicos respectivamente. El mapa de clasificación del componente geológico frente a la susceptibilidad geotécnica se presenta en la Figura 5-127.

Figura 5-127 Mapa de clasificación Litológica- Geotécnica



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.9.2 Componente Geomorfológico

A partir de la información recopilada y analizada en el componente geomorfológico de la zona de influencia hay cuatro unidades morfológicas: valle aluvial, planicie de inundación, lagos-lagunas y unidades antropogénicas. En la zona de influencia no hay presencia de morfoestructuras ni de eventos morfodinámicos como erosión o remoción en masa principalmente por la baja pendiente en la zona y el encauce de los principales drenajes. La caracterización geomorfológica se presenta en detalle en el subcapítulo 5.1.2 el mapa geomorfológico se presenta la Figura 5-12 las unidades presentes en la zona de influencia y su factor de susceptibilidad se presentan en la Tabla 5-120. Para establecer la calificación de susceptibilidad para las unidades geomorfológicas que se encuentran en el área de influencia abiótica (AIA) establecida se toma como referencia el Anexo B Geomorfología de la memoria explicativa de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa de la Plancha 228 del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2016).

Tabla 5-120 Categorías y valores de susceptibilidad del componente geomorfológico.

Parámetro	Unidad Geomorfológica	Valor
Geomorfología	Valle aluvial	1
	Plano de inundación	1
	Lagos y Lagunas	1
	Unidades antropogénicas	1

Fuente: (SGC, 2016)

5.1.9.3 Pendiente Topográfica

A partir del Modelo digital de terreno para Bogotá D.C. año 2014, se realizó una reclasificación de las pendientes según la guía metodológica para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa del servicio geológico colombiano (SGC, 2013). Se observa que en la mayor parte del área de influencia física, se clasifica como plana y suavemente inclinada. Mientras que en los cauces de algunas corrientes se encuentran pendientes de inclinadas a abruptas. En la Tabla 5-121 se presenta la categorización de la susceptibilidad según pendiente.

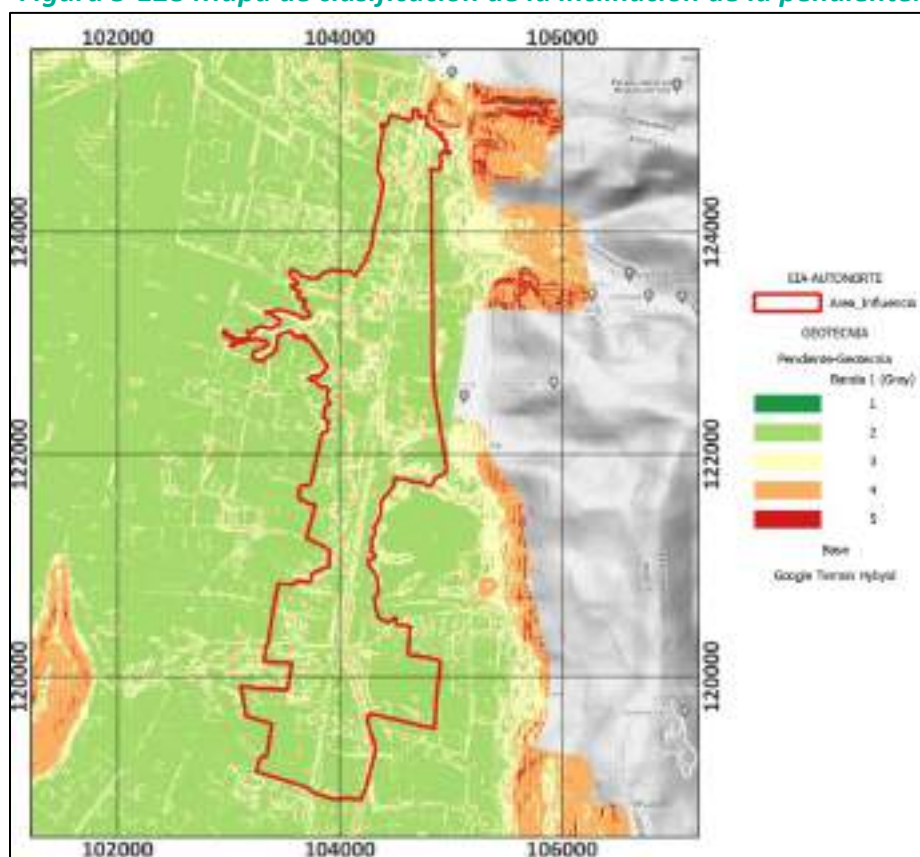
La pendiente natural del terreno se relaciona con los materiales que constituyen una zona determinada y con los procesos morfodinámicos pasados. Es así como depósitos de origen fluvial lagunar al estar constituidos por depósitos recientes ocupan zonas extensas que generan una morfología plana que no dinamiza procesos de remoción en masa o proceso erosivos. Sectores en donde se presentan pendientes topográficas muy inclinadas a muy abruptas indican la presencia de rocas blandas que se meteorizan con facilidad generando procesos erosivos o de remoción en masa con mayor facilidad. Por otra parte, en sectores donde se presentan pendientes topográficas escarpadas a muy escarpadas se puede asociar la presencia de rocas resistentes en donde igualmente se pueden presentar procesos de remoción en masa que se dinamizan aún más debido a su inclinación.

Tabla 5-121 Categorías y valores de susceptibilidad del parámetro inclinación de la pendiente.

Clasificación de Pendientes	Descripción de Pendientes	Calificación Susceptibilidad
0-2°	Plana a casi plana	1
2-4°	Suavemente inclinada	2
4-8°	Inclinado	
8-16°	Moderadamente abrupto	3
16-35°	Abrupto	
35-55°	Escarpada	4
>55°	Extremadamente Escarpada	5

Fuente: (SGC, 2016)

Figura 5-128 Mapa de clasificación de la inclinación de la pendiente.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.9.4 Hidrogeología

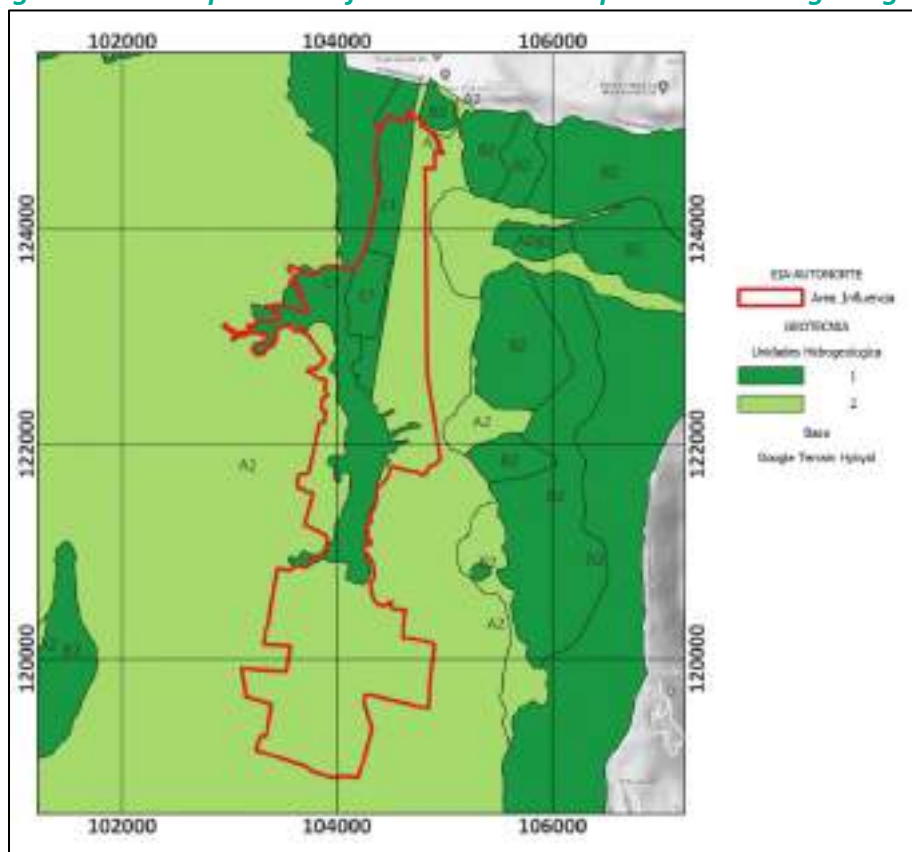
En el área de estudio, se han identificado unidades hidrogeológicas con diferentes propiedades de permeabilidad y porosidad debido a su composición litológica. Los acuíferos, compuestos por material granular, permiten el paso de agua y pueden experimentar cambios notorios en el nivel freático durante períodos secos o la extracción de agua subterránea, lo que puede causar deformaciones del terreno. Los acuíardos, formados por partículas finas, retienen agua, pero no la transmiten fácilmente, lo que los hace menos propensos a cambios drásticos en su volumen debido a la extracción de agua. Se ha asignado una calificación de susceptibilidad más alta a los acuíferos que a los acuíardos en el área de influencia del proyecto, considerando la posible inestabilidad del terreno debido a la explotación de aguas subterráneas. Esto se hace en cumplimiento de los términos de referencia del componente de geotecnia, a pesar de que las guías metodológicas del SGC no incluyen la hidrogeología como variable de análisis para determinar la susceptibilidad del terreno a procesos de inestabilidad.

Tabla 5-122 Categorías y valores de susceptibilidad del parámetro Unidad hidrogeológica.

Unidad hidrogeológica	Calificación de susceptibilidad
A2- Sedimentos con flujos esencialmente intergranular	2
B2 & B3 Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas	1
C1 Sedimentos y rocas con recursos limitados de agua subterránea	1

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-129 Mapa de clasificación de la susceptibilidad Hidrogeológica.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

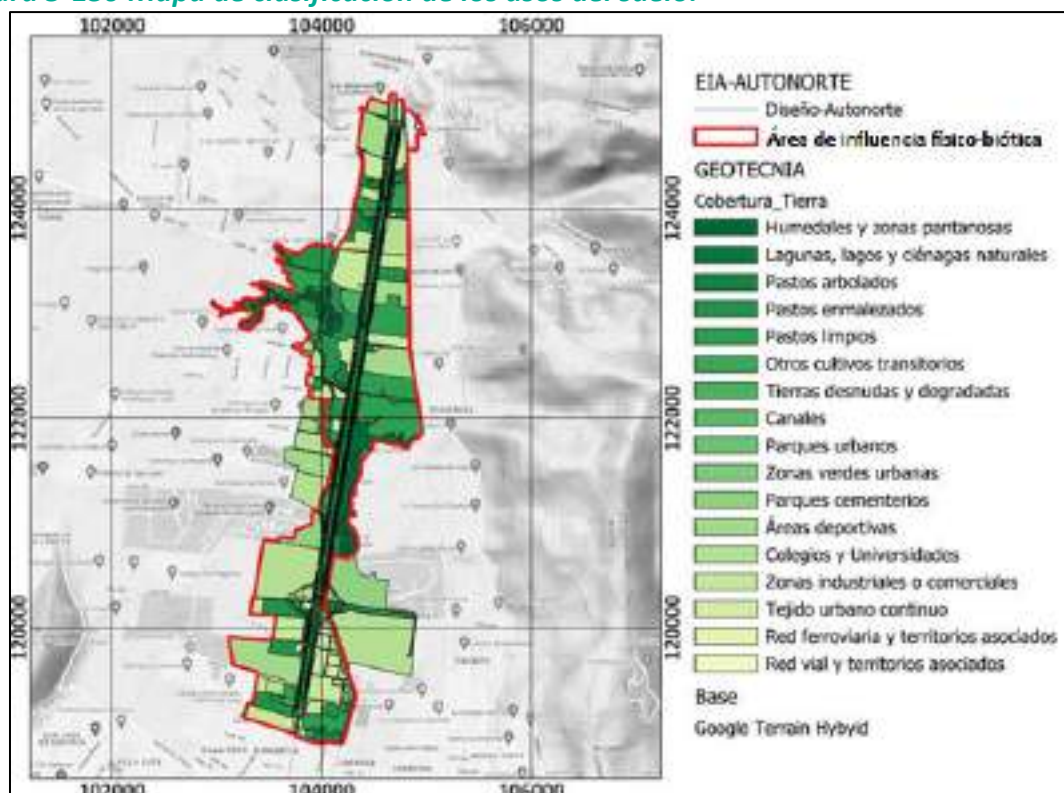
5.1.9.5 Uso y cobertura del suelo

La cobertura del suelo es una indicación indirecta de la estabilidad de las laderas y colinas. Las áreas áridas o con escasa vegetación presentan una erosión más rápida y mayor inestabilidad en comparación con reservas o bosques que son densamente vegetados y generalmente menos propensos a procesos de desgaste masivo. En general la cobertura vegetal sofoca la acción de los agentes climáticos sobre las laderas y las protege de los efectos de desgaste y erosión. Por otra parte, la agricultura suele desarrollarse en territorios planos de pendientes bajas y moderadas que pueden considerarse en general como suelos estables. El uso y la cobertura del suelo es central como factor condicionante en la susceptibilidad y en definición del riesgo, en la Tabla 5-123 se presenta la clasificación de la

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”

susceptibilidad según el uso del suelo. En la zona de influencia la cobertura del suelo está caracterizada como se presenta en la Figura 5-130 Mapa de clasificación de los usos del suelo.

Figura 5-130 Mapa de clasificación de los usos del suelo.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-123 Categorías y valores de susceptibilidad del uso y cobertura del suelo

Parámetro	Unidad Cartográfica	Valor
Uso y cobertura del suelo	Red ferroviaria y territorios asociados	1
	Zonas industriales o comerciales	1
	Tejido urbano continuo	1
	Red vial y territorios asociados	1
	Parques urbanos	2
	Áreas deportivas	2
	Zonas verdes urbanas	2
	Parques cementerios	2
	Canales	2
	Colegios y Universidades	2
	Pastos limpios	2
	Pastos enmalezados	3
	Otros cultivos transitorios	3
	Humedales y zonas pantanosas	3

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Parámetro	Unidad Cartográfica	Valor
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3
	Pastos arbolados	3
	Tierras desnudas y degradadas	4

Fuente: (German Vargas Cuervo, 1999)

5.1.9.6 La Procesos morfodinámicos

En la zona de estudio no se evidencian procesos morfodinámicos cartografiables, salvo a algunos procesos de erosión laminar puntuales en algunos sectores que se alzan sobre la rasante sin involucran grandes masas de material inestable, debido a que la topografía es plana y con pendientes de muy baja inclinación. Para establecer la calificación de susceptibilidad para las unidades geomorfológicas que se encuentran en el área de influencia abiótica (AIA) establecida para este proyecto se toma como referencia el Anexo B Geomorfología de la memoria explicativa de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa de la Plancha 228 del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2016), que se presenta en la Tabla 5-124.

Tabla 5-124 Calificación de la susceptibilidad por procesos Morfodinámicos.

Procesos Morfodinámicos	Calificación Susceptibilidad
Procesos de remoción en masa Latentes	5
Lóbulos coluviales antiguos	4
Proceso de erosión laminar	3

Fuente: (SGC, 2016)

5.1.9.7 Detonantes

Una vez se obtuvo la susceptibilidad total (ST) del área de influencia abiótica del proyecto, se procedió a calcular la amenaza considerando los factores detonantes de precipitación y sismicidad, la suma posterior de amenaza por factor climático precipitación (Ac) y la amenaza por sismo (As) permitió establecer la amenaza total (AT) por procesos de inestabilidad, es de aclarar que estas zonas de amenaza dan implícitamente categorías de estabilidad, es así como zonas de muy alta a alta amenaza se correlacionan con zonas de estabilidad muy baja y baja y zonas de amenaza baja y muy baja se correlacionan con zonas de estabilidad muy alta y alta, el mapa final de la zonificación geotécnica se presentara en términos de estabilidad, en este orden de ideas el cálculo de amenazas se establecer así:

Amenaza por factor climático Precipitación: $Ac = ST + Fc$

- Ac: Amenaza por factor detonante clima (Precipitación)
- ST: Susceptibilidad Total
- FC: Factor detonante Precipitación

Amenaza por factor sismo: $As = ST + Fs$

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

- As: Amenaza por factor detonante sismo
- ST: Susceptibilidad Total
- Fs: Factor detonante Sismo

5.1.9.7.1 Precipitación

La inclusión de la precipitación como factor detonante se realiza definiendo la precipitación para un evento con tiempo de retorno definido. En la zona de estudios se cuenta con registros de la precipitación en variadas fuentes que abarcan información desde el año 1965 hasta el año 2022 (IDEA, 2012). Por lo anterior se asume un periodo de muestreo mayor a 10 años y el periodo de retorno mayor a 100 años. La precipitación para un evento con tiempo de retorno de 100 años en el área de estudio corresponde a 52 mm según la distribución de gumbell (IDEA, 2012). Así pues, el volumen de precipitación se categoriza según el inventario de eventos disponible con un valor de 1 a 5, correspondiendo a una capacidad detonante muy baja contribuyendo a la amenaza geotécnica con un valor de 1. (German Vargas Cuervo, 1999)

Tabla 5-125 Calificación del factor detonante lluvias

Lluvias máximas n>10 años y Tr=100 años	Lluvias máximas n<10 años promedio (mm)	Calificativo	Valor
<100	<50	Muy Baja	1
100-200	50-90	Baja	2
201-300	91-130	Moderada	3
301-400	131-175	Alta	4
>400	>175	Mut Alta	5

Fuente: (German Vargas Cuervo, 1999)

5.1.9.7.2 Sismicidad

La sismicidad se evalúa tomando la escala de Mercalli modificada y los índices de influencia de sismicidad. Con esta escala la categorización considera los efectos del terremoto en un lugar determinado y un periodo de retorno. Tras la evaluación y clasificación de cada componente se realiza el mapeo de cada variable obtenido mapas cuyos valores por celda varían de 1 a 5 por método, la susceptibilidad total se calcula de acuerdo con la Tabla 5-126 Calificación del factor Sismicidad

Para la evaluación y clasificación del componente se realiza un inventario histórico obtenido de los datos del catálogo sísmico del Servicio Geológico Colombiano (1993 - 2023), de sismos en un rango de 30 km. Los eventos registrados tienen una magnitud de 3 o inferior Figura 5-131. Por tanto, el calificativo es leve con un valor de 1 y la susceptibilidad geotécnica detonada por eventos sísmicos es baja.

Tabla 5-126 Calificación del factor Sismicidad

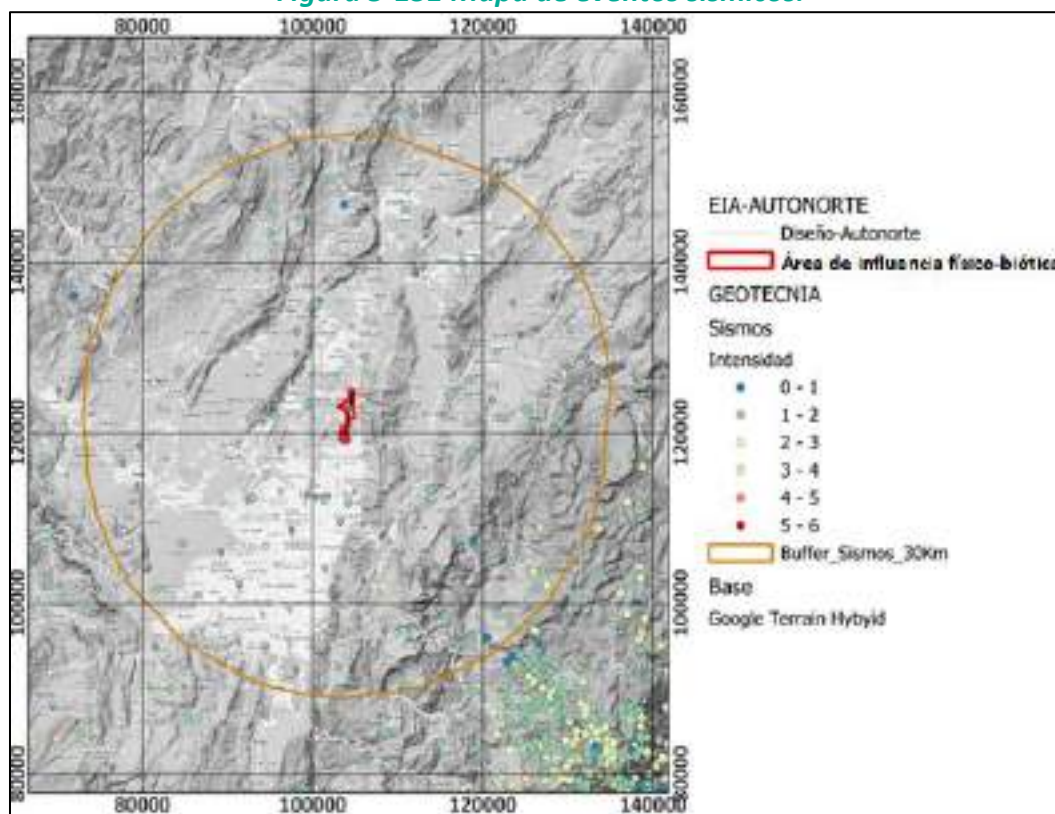
Intensidades	Calificativo	Factor
III	Leve	1

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Intensidades	Calificativo	Factor
IV	Muy bajo	2
V	Bajo	3
VI	Moderado	4
VII	Medio	5
VIII	Elevado	6
IX	Fuerte	7
X	Bastante fuerte	8
XI	Muy fuerte	9
XII	Extremadamente fuerte	10

Fuente: (German Vargas Cuervo, 1999)

Figura 5-131 Mapa de eventos sísmicos.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Adicionalmente al evaluar la estabilidad sísmica de la zona de estudio considerando los potenciales procesos de licuación, expansión del suelo, dispersión/erodabilidad, y colapsabilidad del suelo según el Decreto 523 del 2010 de la Microzonificación sísmica de Bogotá (Volumen III y IV) se encontró que:

- En el proyecto no se identifican efectos de sitio asociados con procesos de licuación y no se cumplen las condiciones mínimas de estado y naturaleza de los suelos para presentar potencial de licuación.

- En el caso del límite de contracción se tiene un grado de expansión bajo-medio y en el caso del índice de expansión libre se tiene un grado de expansión bajo
- Se concluye con que los suelos del proyecto no son suelos colapsables.

Lo anterior define la estabilidad sísmica de la zona de estudio y se puede encontrar en detalle en el Volumen IV: Estudio de Suelos de la (ANI, 2023) para el área de estudio.

5.1.9.8 Zonificación Geotécnica

La zonificación geotécnica integra los factores descritos previamente para clasificar el área de influencia en zonas según la susceptibilidad calculada por medio de la ecuación presentada en el inicio de la sección "5.1.9 Geotecnia". La susceptibilidad geotécnica varía entre moderada y muy baja en el área de influencia, pero se caracteriza por ser predominantemente baja, es decir que presenta una alta estabilidad geotécnica. Los principales factores que contribuyen a la susceptibilidad son la geología, la hidrogeología y el uso del suelo. En detalle, la susceptibilidad moderada se centra sobre el plano de inundación, los terrenos intervenidos por el hombre, las tierras desnudas y los pastos. Por otra parte, la susceptibilidad baja se presenta en los contornos de la zona de influencia donde no hay proximidad al humedal y/o a las estructuras de drenaje. Así pues, factores como inclinación de la pendiente o los procesos morfodinámicos no tienen mayor influencia sobre la susceptibilidad tanto por la homogeneidad de las variables sobre la zona de estudio como su baja contribución individual.

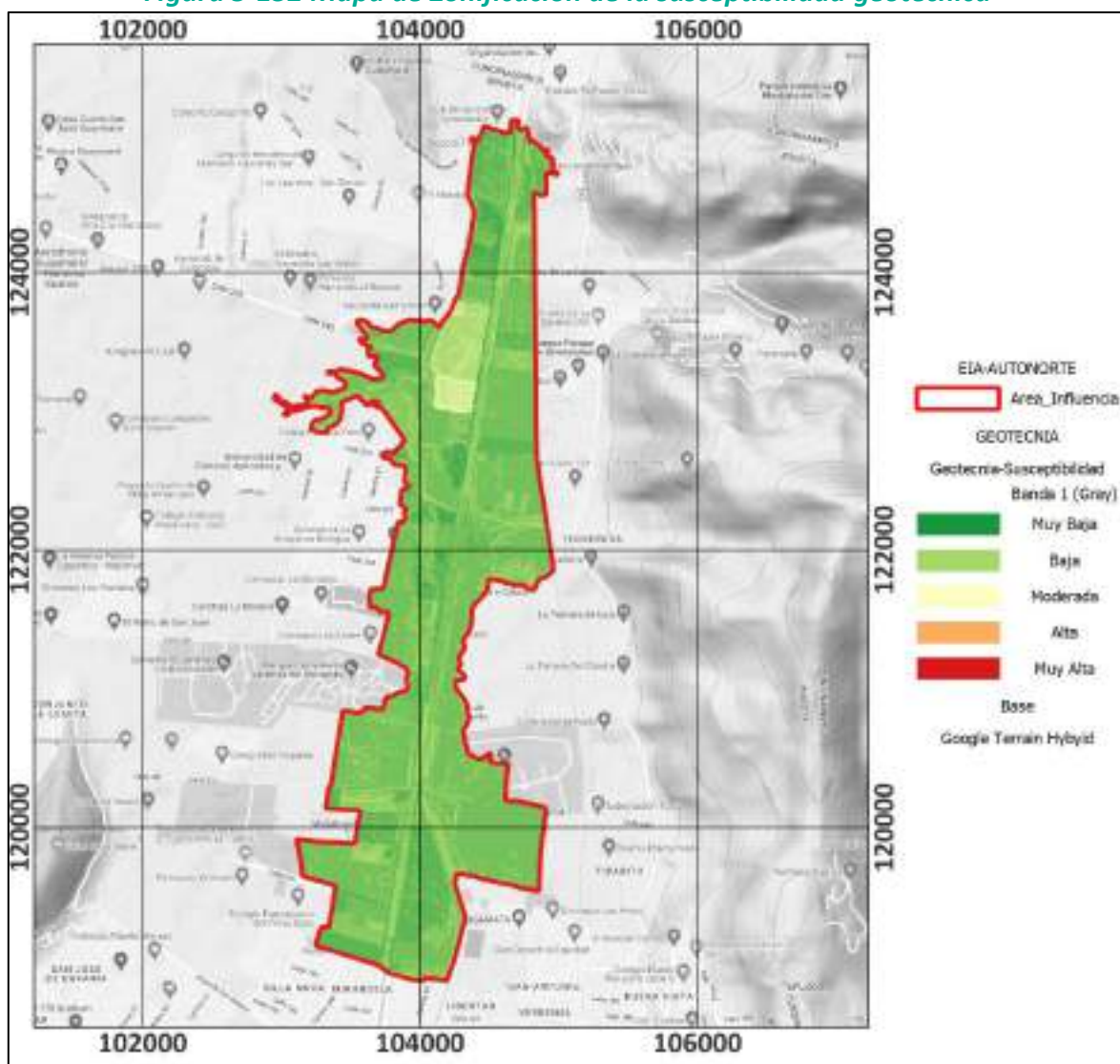
Una vez se calificaron todos los factores considerados para realizar la zonificación se obtuvo un mapa en términos de estabilidad el cual se muestra en la Figura 5-132, Igualmente en la Tabla 5-127 se muestra el porcentaje de área que se encuentra en cada rango de estabilidad establecido según la metodología aplicada.

Tabla 5-127 Determinación de la susceptibilidad geotécnica total sobre el terreno

Susceptibilidad	Categoría	Área(ha)	Proporción (%)
Muy Alta	Estabilidad Muy Baja - Amenaza muy alta	0,00	0%
Alta	Estabilidad Baja - Amenaza alta	0,00	0%
Moderada	Estabilidad Media - Amenaza media	6,92	1%
Baja	Estabilidad Alta - Amenaza baja	539,92	97%
Muy Baja	Estabilidad Muy Alta - Amenaza muy baja	12,55	2%
Total		559.39	100%

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-132 Mapa de Zonificación de la susceptibilidad geotécnica



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.9.9 Descripción geotécnica del corredor vial

Una vez definida la caracterización geotécnica, los materiales y espesores de suelo que conforman el perfil estratigráfico se establece la siguiente zonificación geotécnica del proyecto, la cual tiene como criterios el espesor de los estratos de suelo y las alturas de relleno en terraplén definidos para alcanzar la rasante final en el diseño geométrico definitivo. De esta manera se establecen cinco (5) zonas geotécnicas tal como se presenta en la Tabla 5-128.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-128 Descripción geotécnica del corredor vial

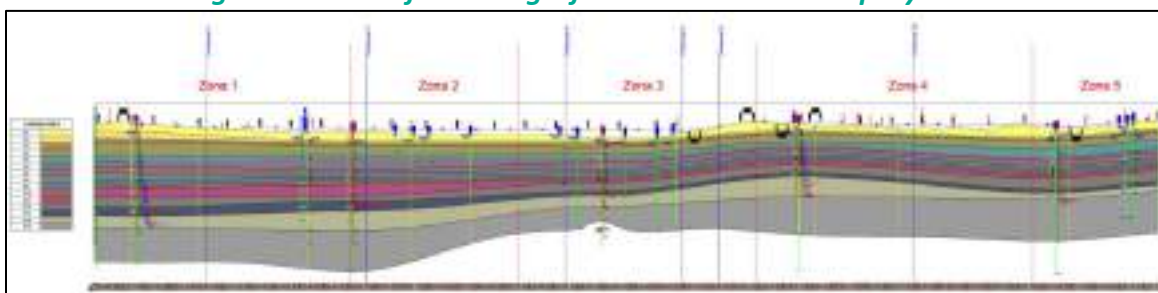
Zona	Abscisa Inicial	Abscisa final	Características	Sondeo representativo
1	k0+100	k1+390	Zona de mayor espesor de suelos muy blandos, del depósito lacustre 200. Tramo con corte y rellenos de menor altura, hasta 2.0 m, y zonas aisladas de relleno de mayor altura.	PE-01
2	k1+390	K2+300	Zona de transición de espesores de suelo blando con espesores de 25 a 30 m, lacustre 200, a zonas de suelo blando de menor espesor. Zona con relleno en terraplén entre 3.0 y 4.0m	PE-02
3	k2+300	k3+600	Zona de menor espesor de suelos blando, transición entre Lacustre 200 y Lacustre 100. Evidencia de la presencia de saprolito a 45 m de profundidad. Zona de humedal con rellenos de alturas máximas de 4.0 m, y 5.0 m, ocasionalmente.	PE-03
4	k3+600	k5+100	Zona de menor espesor blando, Lacustre 100. Zona de rellenos con alturas por debajo de 4.0 m, con casos puntuales de altura entre 4.0 a 5.0 m.	PE-04
5	k5+100	k5+770	Zona de menor espesor de suelos muy blandos del depósito Lacustre 100. Tramo de corte de baja altura y rellenos de menor altura, hasta 2.0 m, y zonas aisladas de relleno de mayor altura.	PE-05

Fuente: (ANI, 2023)

En la Figura 5-133 se muestra de manera general la interpretación final del perfil estratigráfico característico del tramo de análisis en la Autopista Norte. Vale recordar que el plan de exploración incluye cinco (5) perforaciones especiales de 60 m con muestreo y ensayos continuos cada 0.30 m y la ejecución de cinco (5) ensayos de Piezoconos con mediciones cada 2 cm, contiguos a cada perforación especial, complementadas por sondeos entre 15 y 50 m para las estructuras, sobre los cuales también se ejecutaron ensayos de laboratorio para alimentar el modelo de caracterización. Así las cosas, para el caso del proyecto se cuenta con un número importante de perforaciones y de resultados de ensayos de campo y laboratorio, razón por la cual, se puede establecer con claridad la tendencia del comportamiento de cada propiedad y parámetro para la definición de los espesores de material y los parámetros geotécnicos, reduciendo así en gran medida la incertidumbre que pudiera existir.

En conclusión, se considera que el volumen de información con el que cuenta el proyecto reduce al máximo la incertidumbre sobre la selección final de los parámetros geotécnicos, es decir, se ha evaluado en detalle la naturaleza de la variación tanto inherente de los materiales y la estratigrafía como de las evaluaciones mediante pruebas que son complementarias y se verifican de forma cruzada en el momento de la selección de los parámetros, cumpliendo de forma muy completa, muy por encima de la práctica normal, el espíritu y la letra de la norma. Dicho lo anterior, se definieron los niveles de material (estratos) con propiedades similares con un alto nivel de certidumbre. Si bien es cierto que en los registros de perforación se describen intercalaciones de arena o turba de bajo espesor dentro del suelo arcilloso o arcillo-limoso, el comportamiento de los materiales está gobernado por los tipos de suelo de mayor espesor.

Figura 5-133 Perfil estratigráfico característico del proyecto.



Fuente: (ANI, 2023)

En el “Anexo 2_3 volúmenes de diseño” se presenta el “VOLUMEN III – GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA” se presenta la caracterización geotécnica a partir de los sondeos y exploración del subsuelo, junto con los resultados del laboratorio de los parámetros geotécnicos evaluados para el corredor vial, por unidad funcional.

5.1.10Atmósfera

5.1.10.1 Meteorología

Para el análisis climatológico se realizó la búsqueda de estaciones de monitoreo para diferentes parámetros hidrometeorológicos dentro y próximas del área de influencia, para ello se tuvieron en cuenta entidades gubernamentales que disponen con redes de estaciones a lo largo del país. Una vez realizada la consulta se obtuvieron registros de las siguientes entidades:

- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- CAR, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

A partir de las entidades seleccionadas se descarga el catálogo de estaciones para conocer el estado y los datos disponibles. En la Tabla 5-129 se presenta el listado de estaciones seleccionadas para cada entidad y en la Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-129 Estaciones hidrometeorológicas

Estación	Tipo	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Entidad
21200770	PM	TORCA	4.885.453	2.086.638	2579	CAR
21201340	PG	PARQUE SOPO	4.887.296	2.082.952	2540	CAR
21205590	SS	APTO GUAYMARAL	4.879.916	2.090.331	2560	CAR
21200310	PM	CERRO DE SUBA	4.881.752	2.082.960	2691	IDEAM
21202020	PG	SERREZUELA	4.887.298	2.084.794	2800	IDEAM
21202080	PG	CONEJERA LA	4.881.755	2.084.802	2500	IDEAM
21206050	CP	ESC COL INGENIERIA	4.884.099	2.087.193	2650	IDEAM

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estación	Tipo	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Entidad
21206260	CO	C.UNIV.AGROP-UDCA	4.883.639	2.088.333	2570	IDEAM
21206500	CO	COL ABRAHAM LINCOL	4.882.317	2.083.693	2570	IDEAM
21206600	CO	NVA GENERACION-AUT	4.878.690	2.086.526	2590	IDEAM
21206690	CO	COL MIGUEL A. CARO	4.885.705	2.089.935	2700	IDEAM
21205310	CO	CARO LA	4.885.467	2.095.848	2560	IDEAM

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-134 Ubicación espacial de las estaciones hidrometeorológicas

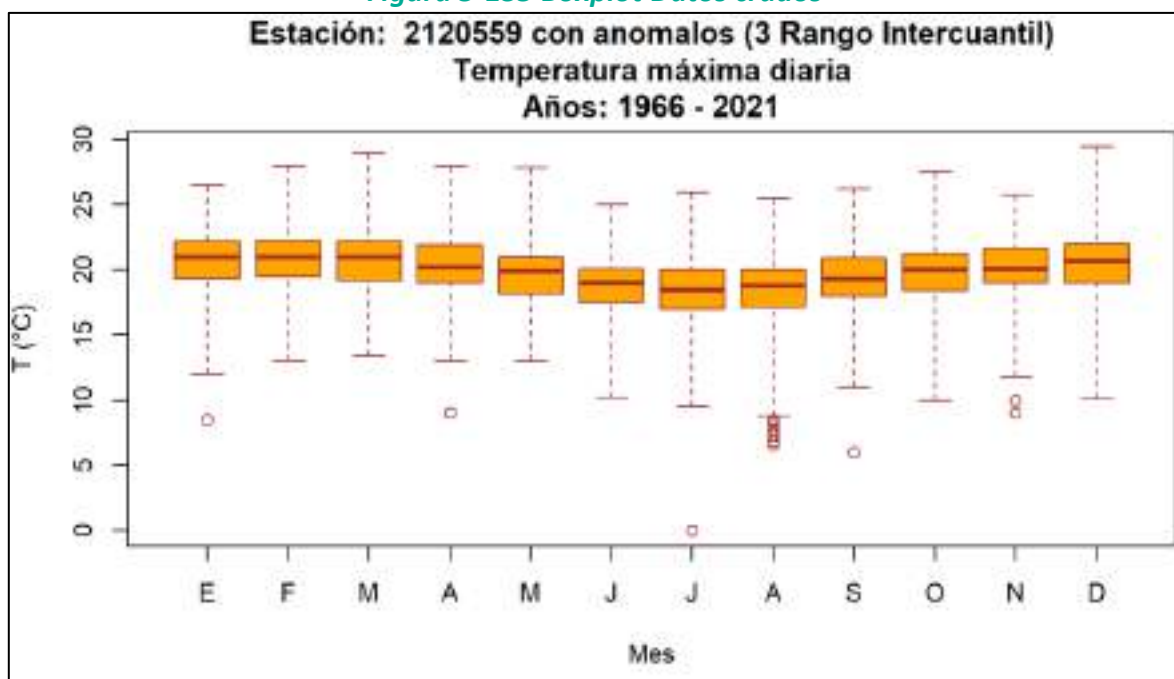


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.1 Procesamiento de datos

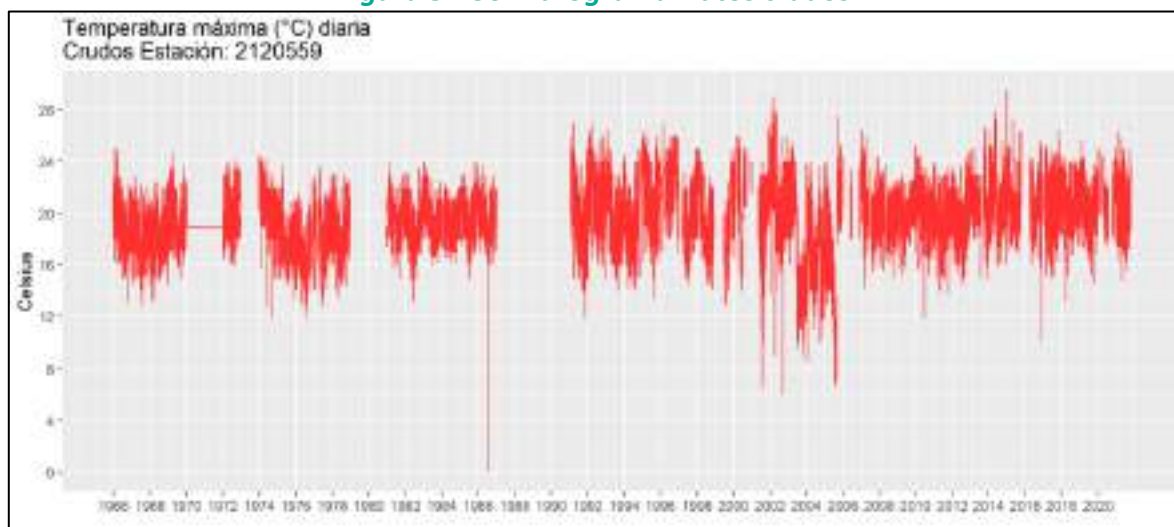
Inicialmente se realizaron gráficos como hidrogramas y boxplot para observar el comportamiento de los datos crudos, para realizar un sondeo de la información recopilada de cada estación. En el anexo 5_3 Clima.

Figura 5-135 Boxplot Datos crudos



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

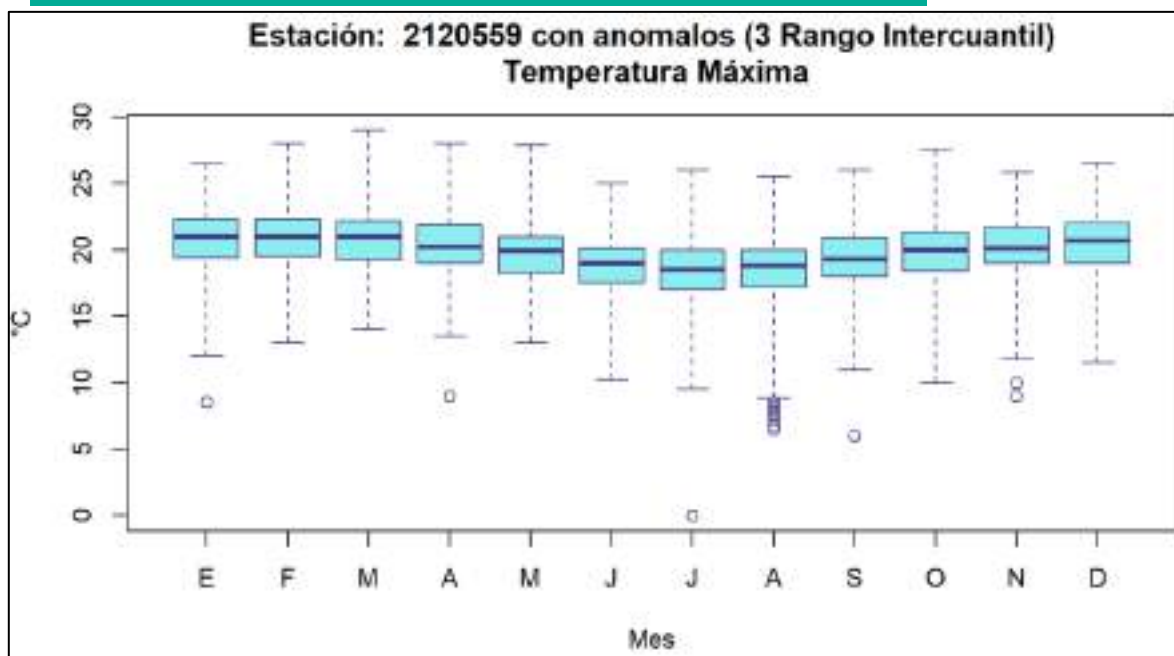
Figura 5-136 Hidrograma Datos crudos



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

A partir del sondeo realizado para los datos crudos, por medio del software rstudio se eliminaron los datos anómalos y nuevamente se realizaron gráficos de boxplot para observar los datos anómalos que aún podrían seguir en las series de datos. En el anexo 5_3 Clima se encuentran los datos y los gráficos correspondientes a cada variable.

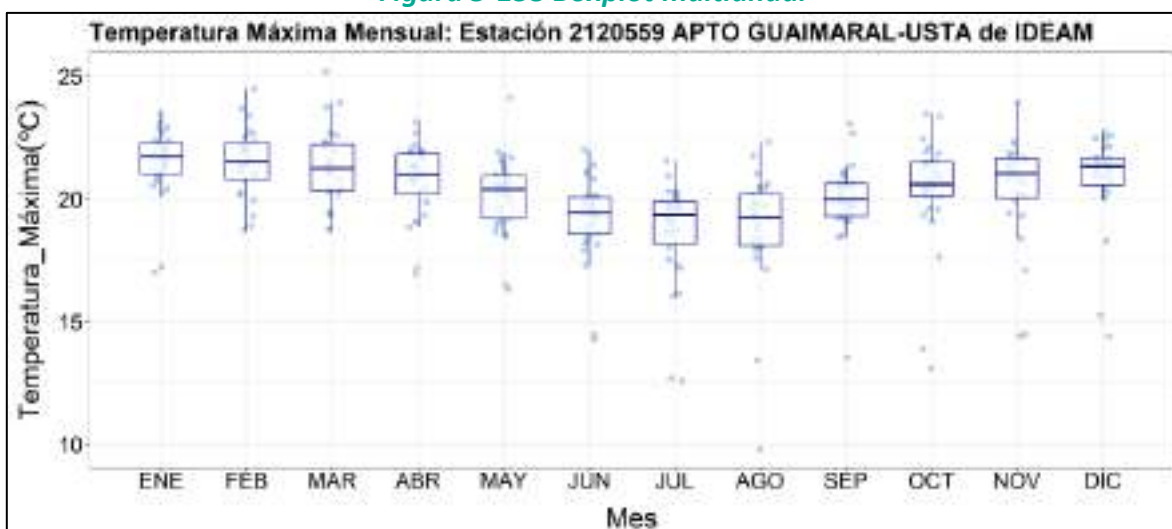
Figura 5-137 Boxplot procesamiento de datos



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

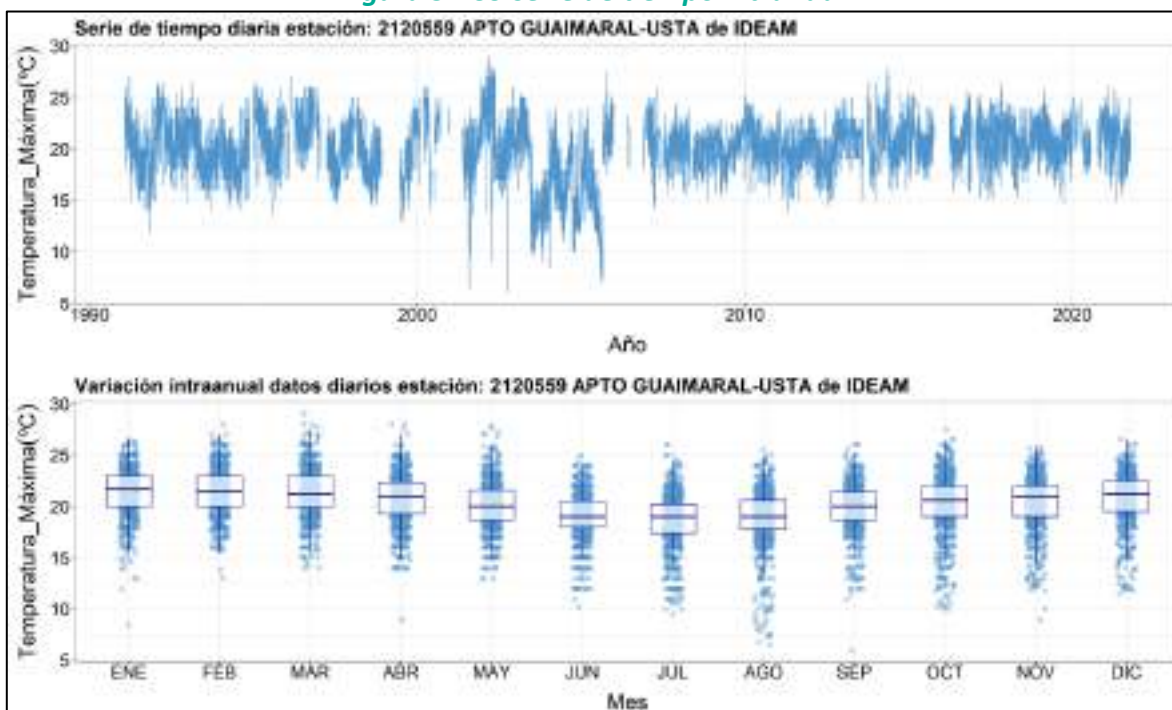
Como aún se presentaban datos anómalos, se realizó una depuración manual ya que como el software no eliminó algunos datos debido a que al momento de ejecutar el código se detectan estaciones vecinas con valores iguales o similares, por lo tanto, no se eliminan y se conservan esos datos, lo que causa eventos extremos y hace que sea necesario realizar una revisión a cada una de las estaciones con el fin de eliminar aquellos datos extraños que se puedan presentar y de igual manera, se realizaron gráficos como boxplot, climogramas e histogramas para los datos ya depurados y sin anómalos. En el anexo 5_3 Clima se encuentran los datos y los gráficos correspondientes a cada variable.

Figura 5-138 Boxplot multianual



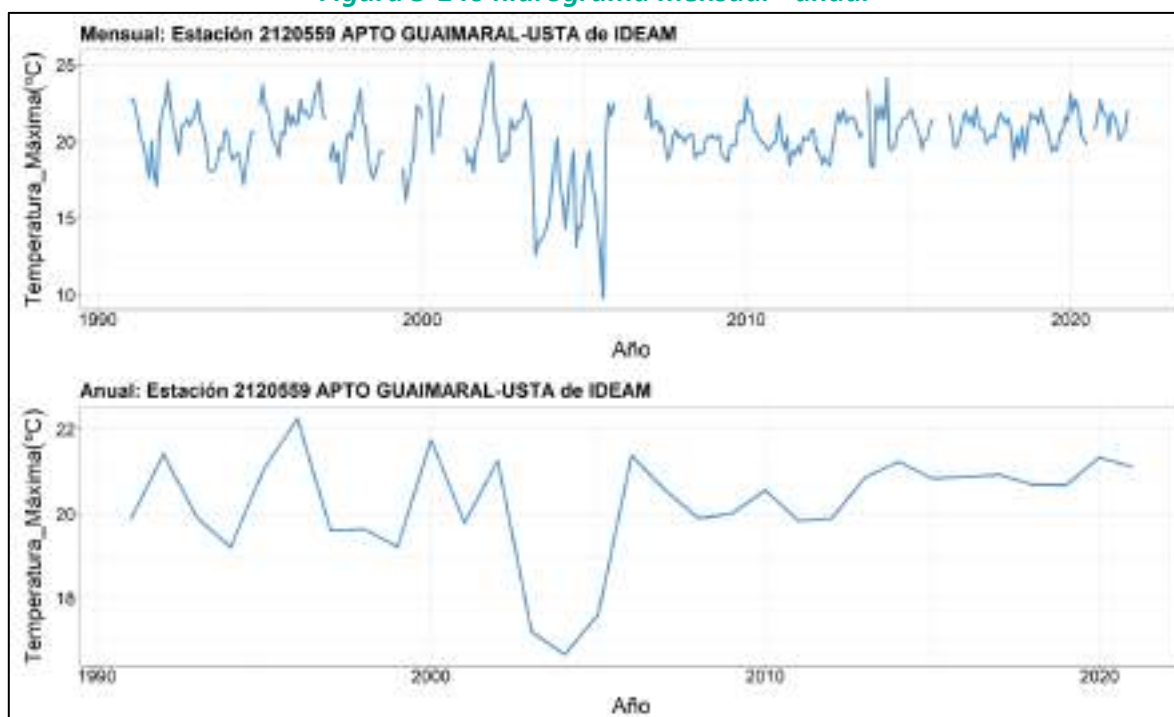
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-139 serie de tiempo intranual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-140 hidrograma mensual - anual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.2 Pruebas estadísticas

A partir de los datos ya establecidos como sin anómalos, se realizaron pruebas estadísticas con el fin de analizar su homogeneidad, su tendencia e independencia, por lo que se realizaron las siguientes pruebas:

- Tendencia

Son pruebas que permiten ver el comportamiento de los datos de las series de tiempo, determina si los valores aumentan o disminuyen en un periodo de tiempo. La prueba de tendencia que se realizó fue la prueba de Mann Kendall.

- Homogeneidad

Estas pruebas determinan si existe algún cambio en la distribución de los datos o si se observan dos tendencias a lo largo de la serie. Esta prueba es aplicada cuando se tiene varias muestras independientes de datos evaluando el comportamiento de la varianza si es constante o no. Las pruebas de homogeneidad que se realizaron fueron la de Pettitt y la de Von Neuman

- Independencia

Las pruebas de independencia son aquellas implementadas para establecer si dos variables categóricas o nominales pueden estar o no relacionadas. Las pruebas de independencia realizadas fueron chi cuadrado, t student y Mann Whitney.

Las pruebas estadísticas fueron realizadas por medio de del software r studio. En el anexo 5_3 Clima se encuentra el script y el resumen del resultado de las pruebas estadísticas para cada variable. En general, se concluye que las series de tiempo no son homogéneas, pero ya que presentan tendencia y son independientes, hacen que sean potencialmente estacionarias, es decir que sus valores estadísticos (media, tendencia, varianza y covarianza) no varían en el tiempo. Esto es importante, ya que si las series de datos no son estacionarias es difícil generar series en escenarios pasados y realizar proyecciones futuras, pues no son series estables a lo largo del periodo en estudio, lo que indica que la media, varianza y tendencia no son constantes en el tiempo y tienen gran variabilidad. Pero si las series de tiempo son estacionarias, es posible realizar predicciones futuras o pasadas conservando las mismas características estadísticas. De acuerdo a lo anterior, se indica que las series de tiempo son aptas para realizar los procesos hidrológicos correspondientes. A continuación, se presenta la descripción correspondiente de cada una de las variables hidrometeorológicas.

5.1.10.1.3 Temperatura

La temperatura es una variable climática, que se encuentra influenciada por la altitud, latitud, nubosidad y radiación solar, y puede representarse espacialmente por medio de mapas de isotermas.

La temperatura se distribuye a lo largo de toda Bogotá de diferente forma, dependiendo de la altitud, es decir, son inversamente proporcionales, a mayor altura, la temperatura será menor y a menor altura, la temperatura será mayor. Las temperaturas máxima, media y mínima se presentan en un rango de elevaciones en la zona de estudio alrededor de los 2563 msnm, y para el análisis de esta variable se utilizaron 6 estaciones presentadas en la Tabla 5-130.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

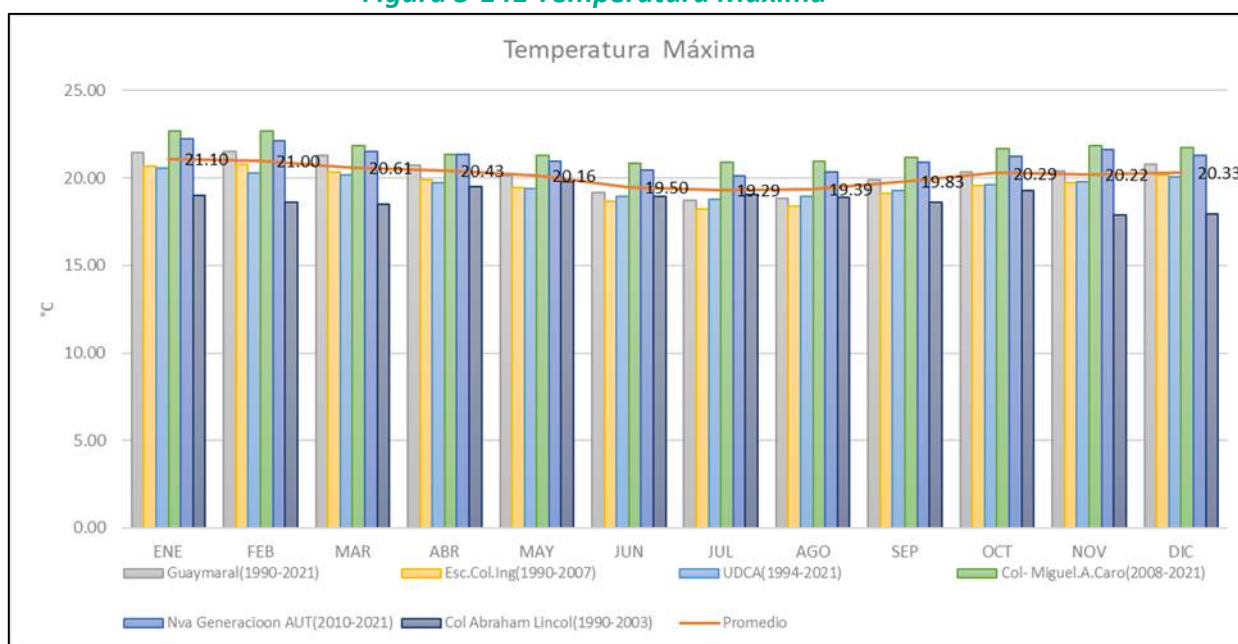
Tabla 5-130 Estaciones de Temperatura

Temperatura Máxima y Media			
Estación	Nombre Est.	Periodo	Entidad
21206260	UDCA	1994-2021	IDEAM
2120559	Apto Guaymaral	1990-2021	CAR
21206050	Esc.Col. Ing	1990-2006	IDEAM
21206690	Col- Miguel.A. Caro	2008-2021	IDEAM
21206600	Nva Generación AUT	2010-2021	IDEAM
21206500	Col Abraham Lincol	1990-2003	IDEAM

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En el Figura 5-141 se puede observar el comportamiento de la temperatura máxima, que registra un valor promedio de 20,18 °C, siendo el mes de enero que registra la mayor temperatura (21,10 °C) y el mes de julio el de menor temperatura máxima (19,29°C). A lo largo de todo el año se evidencia que para los meses de junio, julio, agosto y septiembre se registran los valores más bajos de temperatura máxima y en los meses de diciembre, enero y febrero se presenta la temperatura máxima más alta.

Figura 5-141 Temperatura Máxima



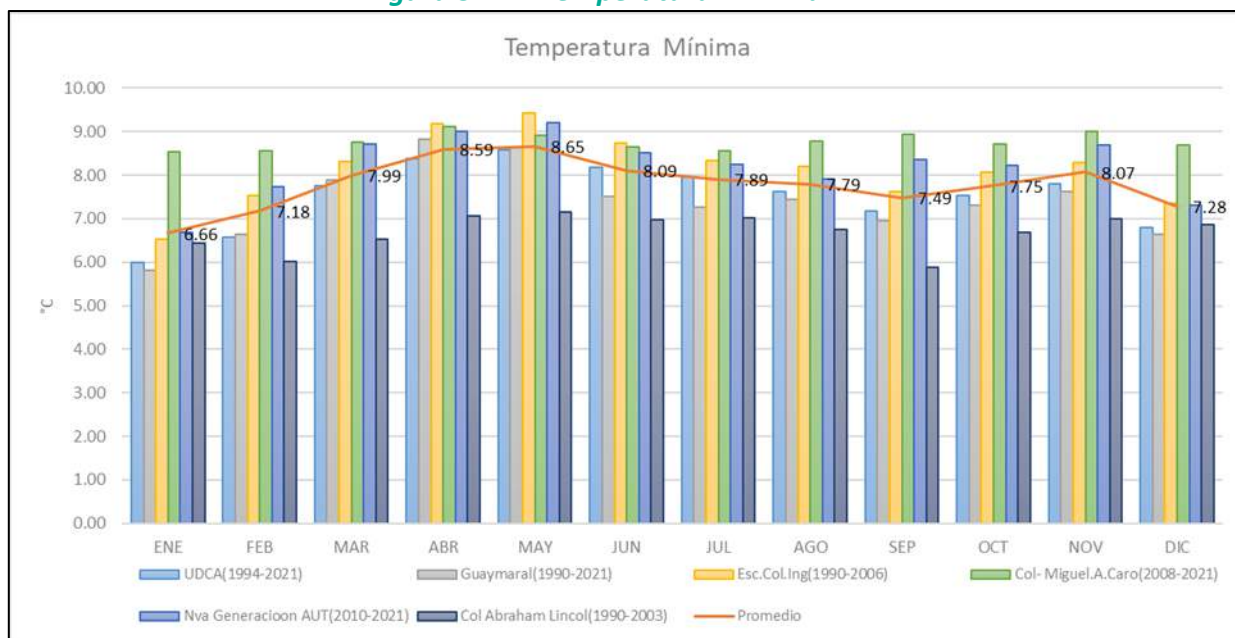
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-142 se puede observar el comportamiento de la temperatura mínima, que registra un valor promedio de 7,79 °C, siendo el mes de enero el que registra la menor temperatura (6,66°C) y el mes de mayo (8,65 °C) el de mayor temperatura mínima. A lo largo del año, los meses que registran las temperaturas mínimas más bajas son diciembre

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

enero y febrero y las temperaturas más altas se registran para los meses de abril, mayo, junio y noviembre.

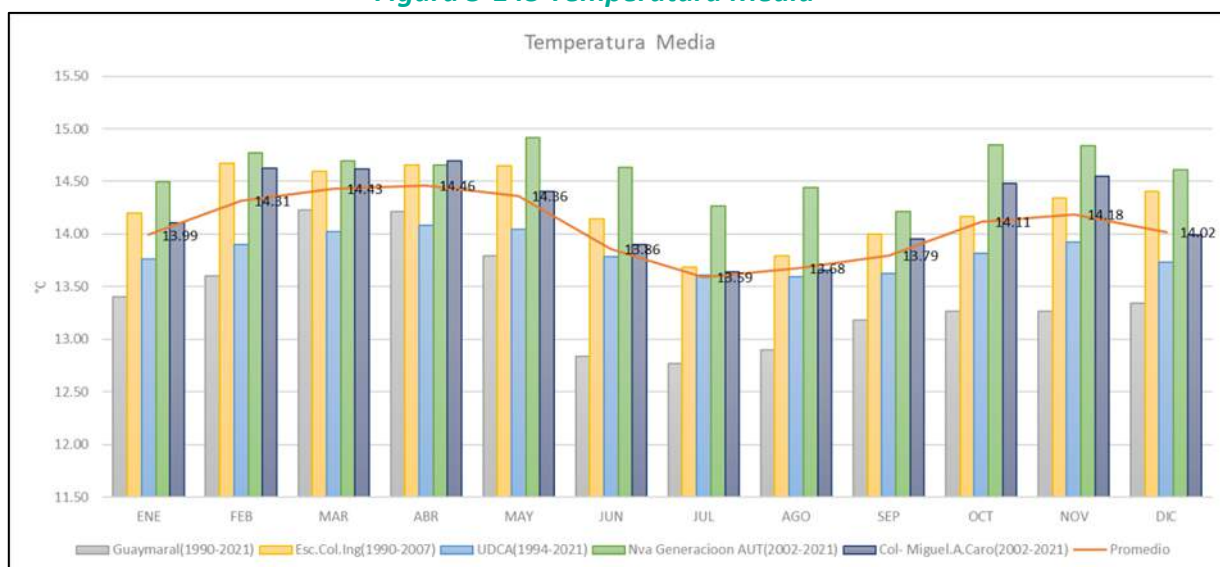
Figura 5-142 Temperatura Mínima



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-143 se puede observar el comportamiento de la temperatura media, la cual registra un valor promedio de 14,07 °C presentando una tendencia bimodal a lo largo de todos los meses, siendo el mes de julio el que presenta la menor temperatura media (13,59°C), y el mes de abril la mayor temperatura (14,46°C). A lo largo del año, los meses que registran la temperatura media más baja son desde junio hasta septiembre y el mes de enero, y los meses que registran las temperaturas más altas son desde febrero hasta mayo.

Figura 5-143 Temperatura Media

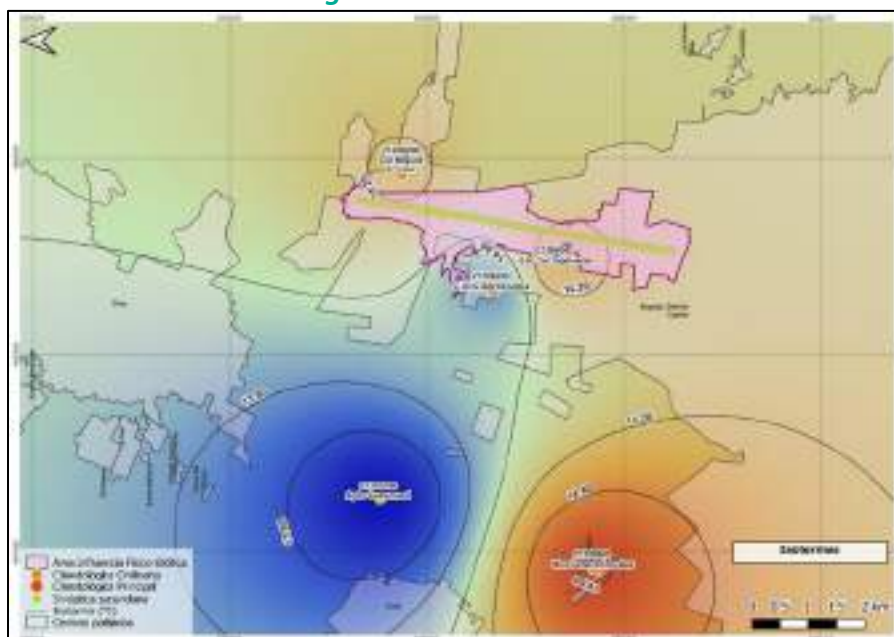


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

La distribución espacial de la temperatura se generó a partir del mapa de isotermas, para ello se utilizó la temperatura media anual obtenida de los datos registrados por las estaciones hidrometeorológicas y a partir de ellos, se realizó una interpolación con el método IDW, este método se explica en el capítulo de generalidades Figura 5-144

Se evidencia que en la zona que se presentan las menores temperaturas es hacia el occidente del área de influencia, registrando valores de 13,6 °C. En la zona sur occidente se presentan las mayores temperaturas, con 14,6 °C y en el área de influencia se registran valores medios de 14,2 °C.

Figura 5-144 Isotermas



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.4 Precipitación

La precipitación es el agua que cae a la superficie de la tierra en forma de lluvia, se denota en milímetros y es el principal controlador del ciclo hidrológico. Para el análisis de esta variable se utilizaron 11 estaciones (Tabla 5-131) y según la información registrada, en el área de influencia se registran valores promedios de precipitación mensual multianual de 68,40 mm y en el Figura 5-145 se puede observar el promedio en cada una de las estaciones.

Tabla 5-131 Estaciones de precipitación

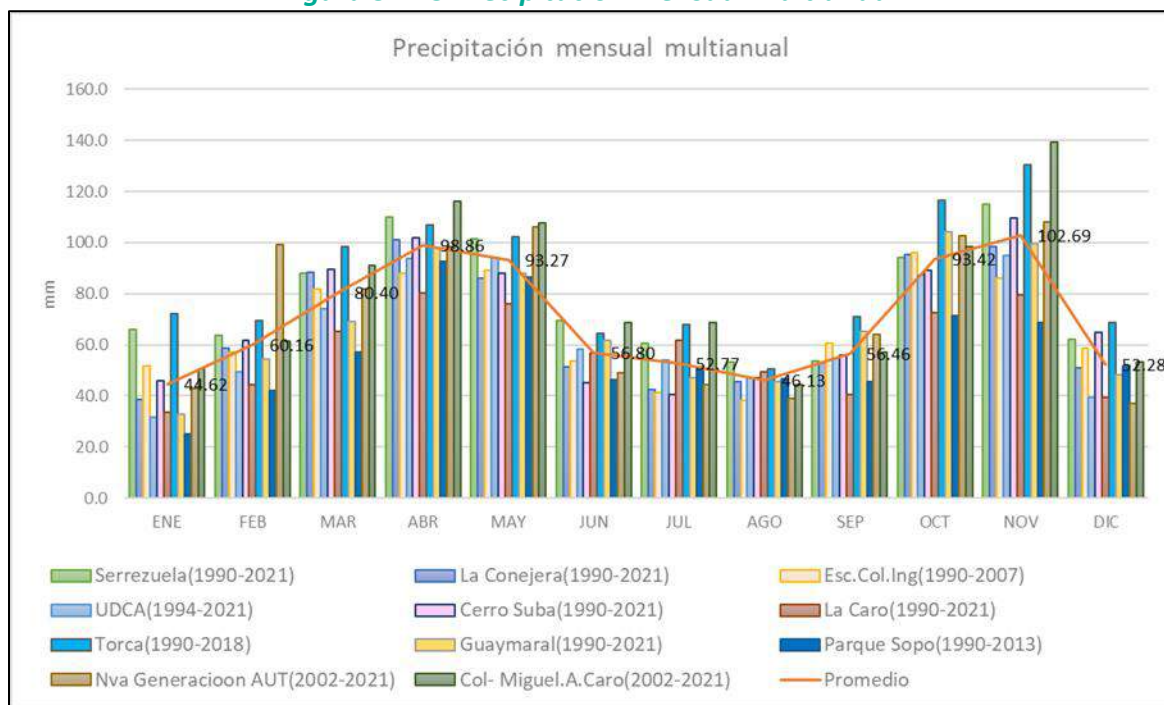
Estación	Nombre Est.	Periodo	Entidad
21202020	Serrezuela	1990-2021	EEAB
21202080	La Conejera	1990-2021	EEAB
2120031	Cerro Suba	1990-2021	EEAB
21205310	La Caro	1990-2021	Min. Agricultura
2120077	Torca	1990-2018	CAR
2120134	Parque Sopo	1990-2013	CAR
21206260	UDCA	1994-2021	IDEAM
2120559	Apto Guaymaral	1990-2021	CAR
21206050	Esc.Col. Ing	1990-2006	IDEAM
21206690	Col- Miguel.A. Caro	2008-2021	IDEAM
21206600	Nva Generación AUT	2010-2021	IDEAM

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023 modificado IDEAM

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Por otro lado, con base en los datos registrados, en el área de influencia se presenta un régimen bimodal con dos épocas secas (diciembre – febrero y junio - septiembre) y dos húmedas (marzo – mayo y octubre - noviembre). Durante los periodos húmedos se registran valores promedio de 91,23 mm y en los periodos secos valores promedio de 52,09 mm encontrándose que el mes más húmedo es noviembre y el más seco es enero.

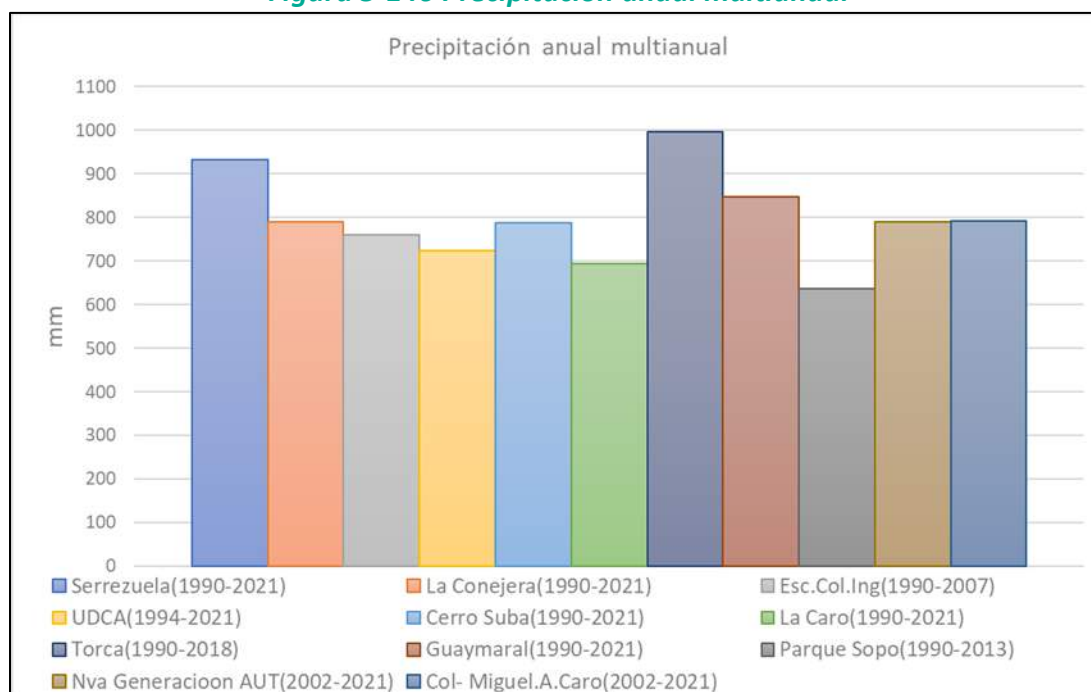
Figura 5-145 Precipitación mensual multianual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para un periodo de 1990 – 2021 aproximadamente, se observa en la Figura 5-146 que la estación que más precipitación registró fue Torca, ya que su precipitación acumulada es de 1000 mm y la que menos registró fue Parque Sopó con 760 mm a lo largo de todo el periodo.

Figura 5-146 Precipitación anual multianual

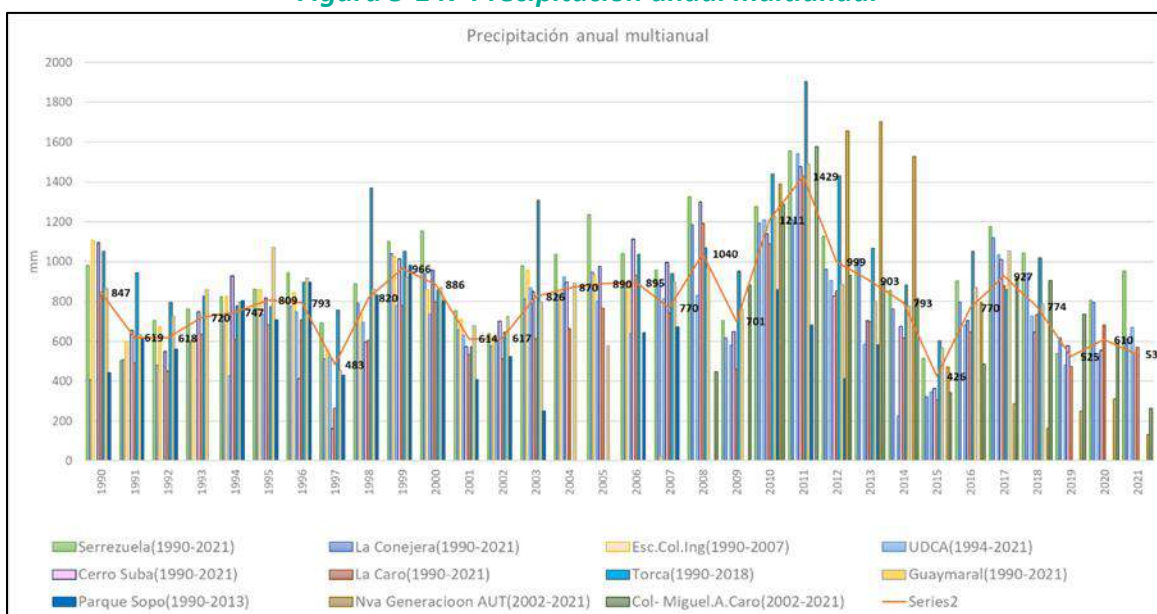


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para un periodo desde 1990 hasta 2021, los años en los que más se presentaron lluvias fue para el año 2011 con registros de hasta 1410 mm de precipitación acumulada, seguido del año 2008 con 1124 mm y finalmente en el año 2017 con 1019 mm, esto puede asociarse en los años que se presentó el fenómeno de la niña. Los años más secos fueron 1997 registrando datos de 485 mm y el año 2015 con 451 mm, correspondientes al fenómeno del niño ocurrido en esos años. A lo largo de todo el periodo, la precipitación ha variado gradualmente con tendencia de crecer hacia el año 2010 con un pico en el año 2011 y a partir de ahí, disminuir hacia el año 2021 con un valle en el año 2015.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-147 Precipitación anual multianual



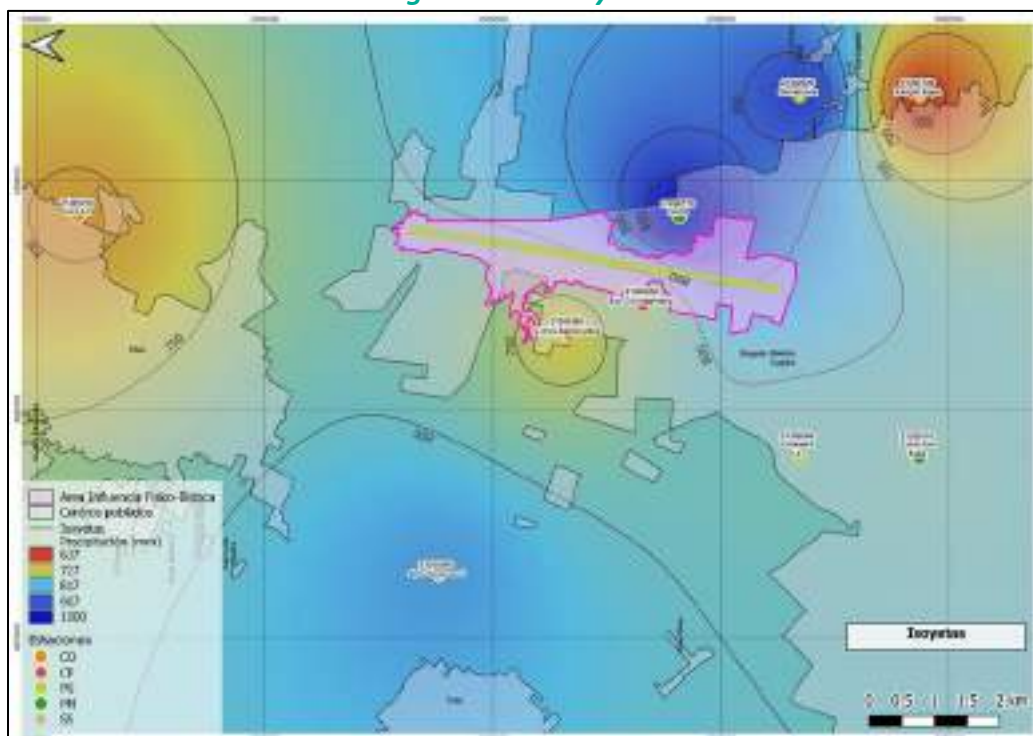
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.4.1 Distribución espacial de la precipitación total anual

La precipitación presenta una gran variabilidad espacial y temporal y puede representarse por medio de mapas de isoyetas (IDEAM (2007); Chow, V. et al. (1994)). Con base en los datos registrados se puede establecer el comportamiento de la precipitación en el área de influencia, para ello, se toman los valores medios multianuales de cada estación hidrometeorológica y se generan modelos espaciales a partir de métodos de interpolación, para esto, el método utilizado fue IDW y los resultados se observan en la Figura 5-148.

Se evidencia que la zona que más lluvias registra es al costado oriental del área de influencia, registrando valores de 1000 mm, los valores mínimos se presentan en dos zonas alejadas del área de influencia, una es hacia el norte y la otra es hacia el sur occidente, registrando valores de 650 mm. El área de influencia registra valores de precipitación media de 850 mm.

Figura 5-148 Isoyetas



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.4.2 Número de días de lluvia

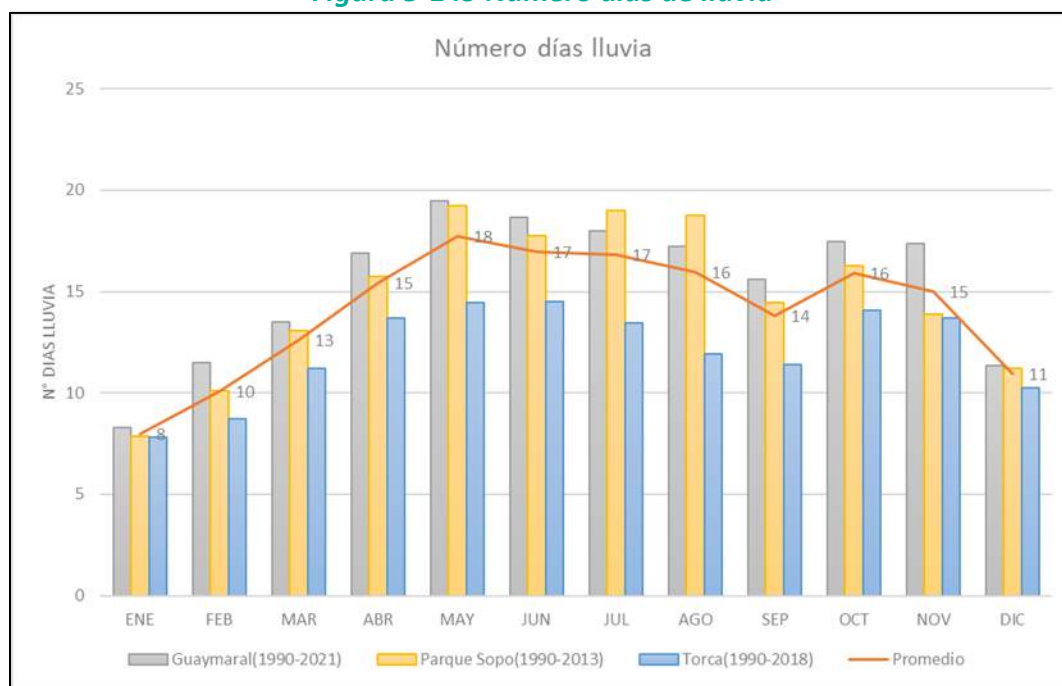
Se determinó el número de días de lluvia promedio multianual, este número representa la cantidad de días en los que se registró un evento de precipitación, y corresponde a los meses con mayores precipitaciones. Con base en los registros, en el área de influencia se tiene un promedio multianual de 14 días siendo la estación Guaymaral con más días registrados. En el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-132 Estaciones de número de días de lluvia

Estación	Nombre Est.	Periodo	Entidad
2120077	Torca	1990-2018	CAR
2120134	Parque Sopo	1990-2013	CAR
2120559	Apto Guaymaral	1990-2021	CAR

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-149 Número días de lluvia



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.4.3 Valores máximos de lluvia en 24 horas

En la Tabla 5-133 se presentan las estaciones que registran los valores máximos de lluvia en 24 horas, es decir, la cantidad de horas que llueve en un día. Esta información es importante para conocer los caudales máximos de una zona determinada y entender los procesos erosivos.

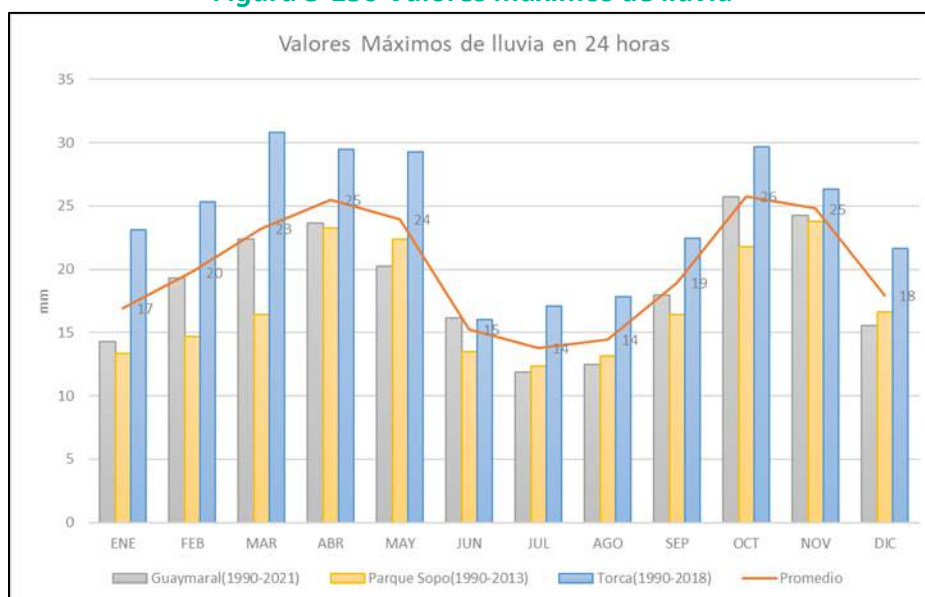
Tabla 5-133 Estaciones de valores máximos de lluvia

Estación	Nombre Est.	Periodo	Entidad
2120077	Torca	1990-2018	CAR
2120134	Parque Sopo	1990-2013	CAR
2120559	Apto Guaymaral	1990-2021	CAR

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-150 se presentan los valores máximos registrado de precipitación en 24 horas de cada mes, siendo el valor máximo registrado de 32 mm para el mes de marzo, seguido por octubre, abril y mayo en la estación de Torca. Los valores mínimos se registran julio y agosto con aproximadamente 12 mm de la estación Guaymaral.

Figura 5-150 Valores máximos de lluvia



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.5 Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce la atmósfera sobre cualquier superficie y se encuentra relacionada con la altitud, se calcula con base en 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.)

Para el análisis de esta variable en el área de influencia, se tomaron las altitudes de cada una de las estaciones y se calculó su valor respectivo. Los resultados se muestran en la Tabla 5-134, en la cual se registra un promedio de 75,95 kPa para el área y presentando una relación inversa a la altitud.

Tabla 5-134 Presión atmosférica

Estación	Nombre Estación	Elevación	Presión atm (kPa)
21200770	Torca	2579	76,15
21201130	Almaviva	2595	76,01
21201340	Parque Sopo	2540	76,49

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estación	Nombre Estación	Elevación	Presión atm (kPa)
21205590	Apto Guaymaral	2560	76,31
21207420	Balsa La	2542	76,47
21207760	Noviciado	2649	75,54
21209600	Pte Cacique	2560	76,31
21200170	Aldea La	2600	75,97
21200310	Cerro De Suba	2691	75,18
21202020	Serrezuela	2800	74,25
21202080	Conejera La	2500	76,84
21208110	Pte La Virgen	2571	76,22
21208340	Rio Bogotá-Frio	2555	76,36
21201570	Esc Col Ingeniería	2650	75,54
21205013	Unisalle - Norte	2595	76,01
21205930	Villa Rosa	2570	76,23
21206050	Esc Col Ingeniería	2650	75,54
21206260	C.Univ.Agrop-Udca	2570	76,23
21206500	Col Abraham Lincol	2570	76,23
21206600	Nva Generación -Aut	2590	76,05
21206670	Col Buckingham	2574	76,19
21206690	Col Miguel A. Caro	2700	75,11
21200070	Chía	2655	75,49
21205310	Caro La	2560	76,31
21201480	Suba Alcantarillad	2680	75,28
21209760	Canal Torca	2582	76,12
21209770	Pte La Virgen	2576	76,17
		Promedio	75,95

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.6 Humedad relativa

La humedad se define como la cantidad de vapor de agua (agua en forma gaseosa) contenida en el aire. Este vapor de agua hace parte de los componentes de la atmosfera y su condensación depende de la temperatura. Así la humedad relativa es la relación entre el contenido de vapor de agua y la cantidad de vapor de aire que el aire retiene a cierta temperatura (Gliessman, S., 2002).

Se tomó información de 6 estaciones (Ver Tabla 5-135) y se obtuvo un valor promedio de 88,94% en toda la zona. Para el mes de junio con 87,39% se registra el valor más bajo de humedad relativa, y para el mes de noviembre con 89,35% se presenta el valor más alto. A lo largo del año, los meses que registran la menos humedad relativa son enero y desde junio hasta septiembre y los meses con mayor humedad son abril y noviembre.

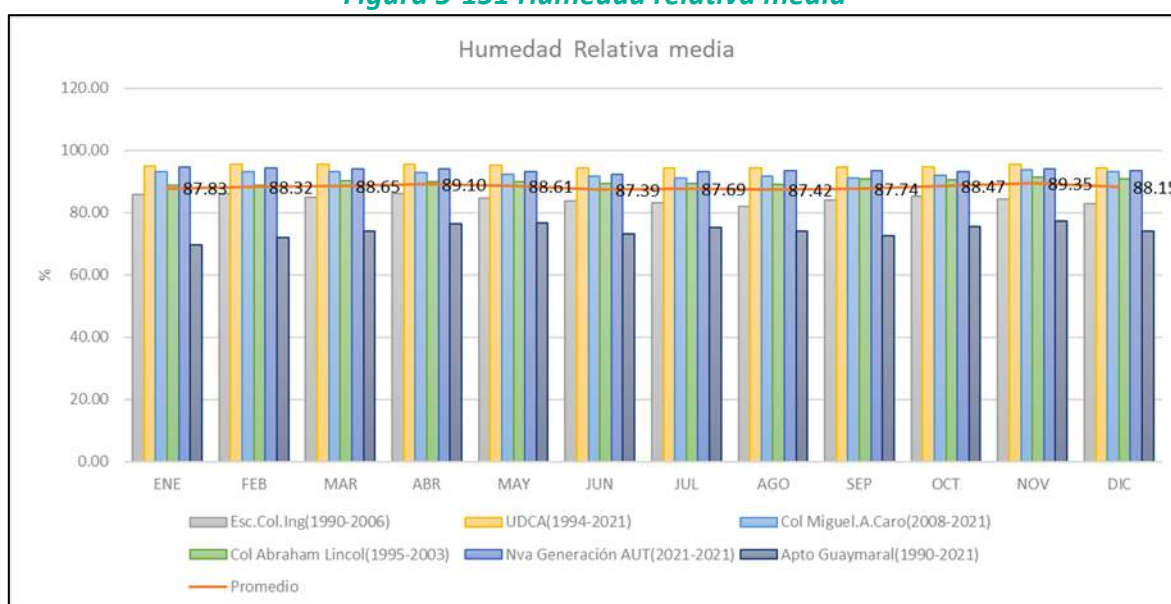
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Tabla 5-135 Estaciones Humedad Relativa

Estación	Nombre Est.	Periodo	Entidad
21206600	Nva Generación AUT	2010-2021	IDEAM
21206500	Col Abraham Lincol	1990-2003	IDEAM
21206690	Col Miguel. A. Caro	2008-2021	IDEAM
21206260	UDCA	1994-2021	IDEAM
2120559	Apto Guaymaral	1990-2021	CAR
21206050	Esc.Col. Ing	1990-2006	IDEAM

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-151 Humedad relativa media



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

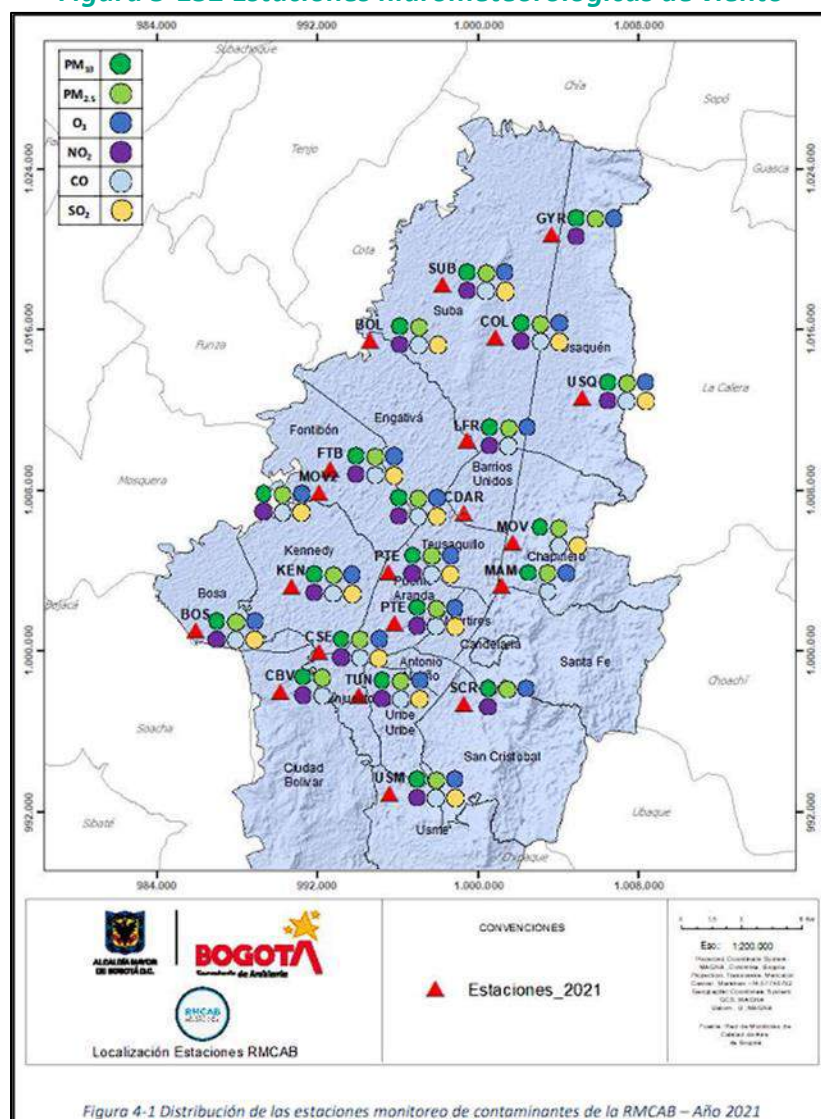
5.1.10.1.7 Viento

El viento es el aire en movimiento sobre la tierra y se debe principalmente al calentamiento de la superficie de la tierra por medio de la radiación solar y diferencias de presión, estas diferencias generan el movimiento de masas de aire generando los vientos. El viento se caracteriza por tener velocidad y dirección. La velocidad se mide por el desplazamiento del aire sobre un obstáculo y la dirección mide la componente horizontal donde fluye la corriente del viento.

Para el análisis de esta variable se tomó como base el informe anual de calidad del aire de Bogotá para el año 2021, de este informe se tomó información las estaciones que eran más representativas para el área de influencia, siendo el caso Guaymaral (GYR) y Suba (SUB) (Ver Figura 5-152 y los datos reportados se presentan en la Fuente: RMCAB. Informe Anual de Calidad del Aire, 2021

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-152 Estaciones hidrometeorológicas de viento



Fuente: RMCAB. Informe Anual de Calidad del Aire, 2021

Tabla 5-136 Datos de velocidad del viento

Estación	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Guaymaral	1,1	1,2	1,3	1,8	0,9	1	1	1,1	1,1	0,9	0,9	1	1,4	1,5	1,5
Suba	1,5	0,5	0,9	1	1,8	2	2	1,9	1,9	1,4	1,3	1,4	1,2	1,1	1,3

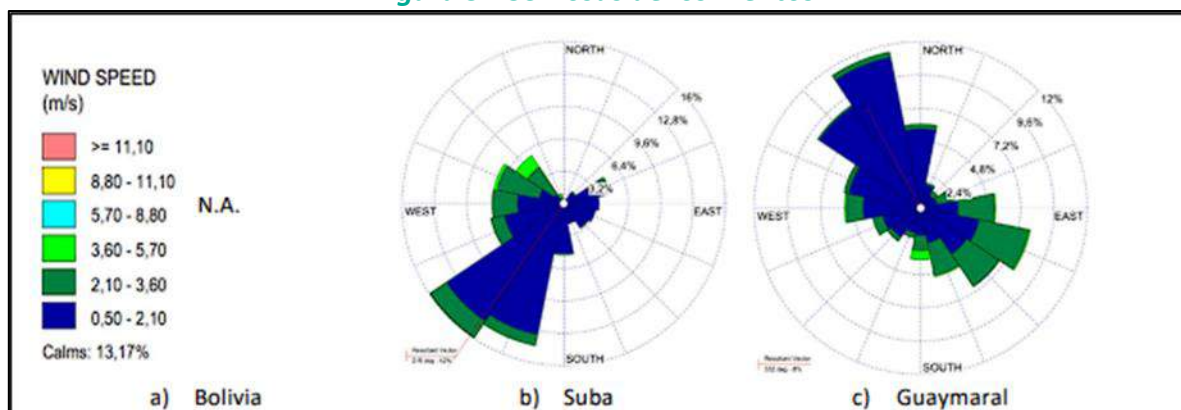
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Además se reporta en el informe anual las rosas de los vientos, estos gráficos representan el comportamiento de la dirección predominante del viento , incluyendo su frecuencia y magnitud, en la Figura 5-153 se presenta el resumen para las estaciones de Guaymaral y suba, según esta imagen se presentaron vientos con velocidades entre 0,5 y 5,7 m/s , con

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

predomina para la estación suba hacia el suroccidente y para Guaymaral (próximo al área de influencia) hacia el noroccidente y en ambas predominan las velocidades bajas.

Figura 5-153 Rosas de los Vientos



Fuente: RMCAB. Informe Anual de Calidad del Aire, 2021

Debido a que el viento se ve influenciado por el ciclo del sol, es de gran importancia conocer el comportamiento a lo largo del día, en la Tabla 5-137 se presenta un resumen de la velocidad y dirección promedio del viento por fracciones del día para el año 2021, cabe aclarar, que la dirección reportada corresponde al promedio vectorial, encontrándose que los valores de velocidad más bajos ocurren en la madrugada y en la noche, y los más altos en la mañana y en la tarde.

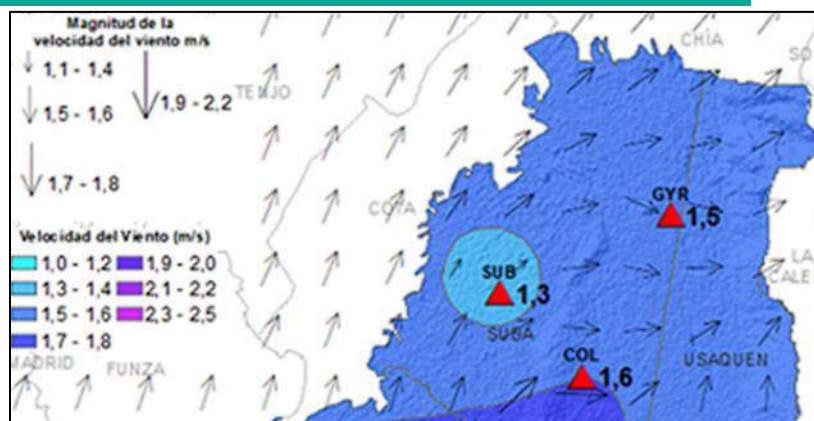
Tabla 5-137 Comportamiento de la velocidad y dirección del viento por fracciones de día

Estación	Velocidad Promedio del Viento (m/s)				Dirección Promedio del Viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
Guaymaral	0,9	1,6	2,3	1,1	326	2	164	292
Suba	0,8	1,5	2	0,9	2006	221	324	190

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Finalmente como información complementaria, en la Figura 5-154 se resume el comportamiento de los vientos durante el 2021 que influyen en el área de influencia, observando que los vientos presentan una velocidad promedio entre 1 y 1,4 m/S además que existe una predominancia de los vientos del suroccidente penetrando la ciudad hasta los cerros orientales del sector del norte y el informe anual de calidad del aire de Bogotá para el año 2021 concluye que se presentó un debilitamiento de los vientos alisios del suroccidente explicando si la mayor influencia de los vientos provenientes del suroccidente.

Figura 5-154 Comportamiento de los vientos en la zona norte de Bogotá



Fuente: RMCAB. Informe Anual de Calidad del Aire, 2021

5.1.10.1.8 Radiación

La radiación solar es la energía emitida por el sol, esta energía es propagada a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas, y es la fuente principal de energía para los procesos atmosféricos y del clima que ocurren en la tierra.

Con base en los datos reportados por la RMCAB (2021) se presenta en la Tabla 5-138 el resumen de los datos multianuales de los totales acumulados entre 2009 y 2020 para la estación Guaymaral en GW-año/m², evidenciándose que el año más caliente reportado ha sido el 2020.

Tabla 5-138 Datos multianuales acumulado desde 2009 hasta 2020

Estación	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Guaymaral	1,634	N. A	1,364	1,582	1,552	1,506	1,487	1,682	1,642	1,41	1,34	1,71

Fuente: RMCAB. Informe Anual de Calidad del Aire, 2021

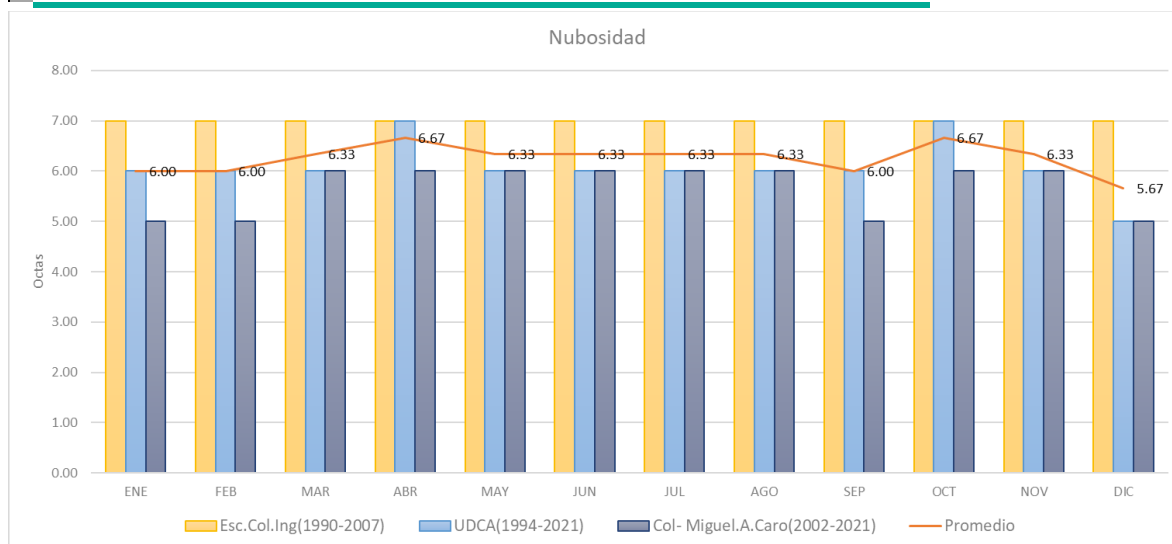
5.1.10.1.9 Nubosidad

Las nubes son un conjunto de partículas de agua en estado líquido y sólido, suspendidas en el aire y su aspecto está condicionado al número y repartición de las partículas que la condicionan. Las nubes cumplen una función importante en la naturaleza, ya que modifican la distribución del calor y la incidencia de la radiación solar sobre la superficie terrestre.

La nubosidad es la estimación de la cantidad de cielo cubierto observado en un momento dado y esta se mide en octas. Una octa corresponde a una octava parte del cielo. Esta estimación se realiza contando las octavas partes del cielo que esta ocupadas por las nubes.

Para el análisis de esta variable las estaciones de la Escuela Colombiana de ingenieros, UDCA y Col. Miguel. A. Caro. Encontrándose que la cobertura de nubes promedio es de 6 octas a lo largo del año, esto corresponde a un cielo cubierto mayormente nublado.

Figura 5-155 Nubosidad



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

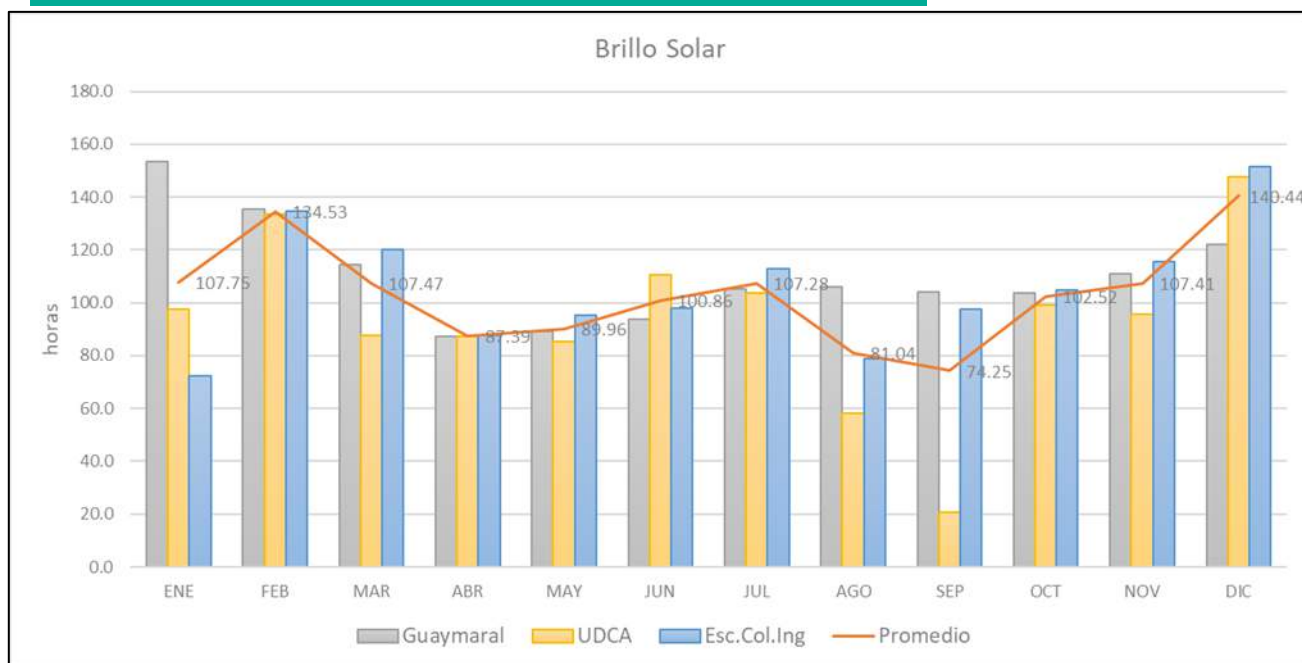
5.1.10.10 Brillo Solar

El brillo solar es la medición de horas de sol efectivo en un día y su unidad de medida es en horas (Cenicafé, 2012), esta variable representa la duración total durante la cual incide la luz solar en un área CATIE, 1982). Este factor es asociado al tiempo durante el cual la superficie del suelo es irradiada por la radiación solar directa y es de gran importancia para la determinación de la caracterización climática (IDEAM 2007).

Para el análisis de brillo solar, se emplearon los datos de 4 estaciones meteorológicas y según la información registrada, en el área de influencia se registran valores promedios de brillo solar de 103,4 horas. En la Figura 5-156 se puede observar el promedio en cada una de las estaciones.

Con base en los datos registrados, en el área de influencia se presenta que el mes en el que más se registran horas de sol es el mes de diciembre con 140,44 horas, y el mes que registra las menores horas es el mes de septiembre, con 74,25 horas. A lo largo del año se observa que de febrero a mayo las horas de sol disminuyen, de abril a julio aumentan gradualmente y de septiembre a febrero aumentan considerablemente en aproximadamente 70 horas.

Figura 5-156 Brillo Solar mensual multianual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.11 Evaporación

La evaporación es un proceso mediante el cual, el agua líquida se convierte en vapor de agua, este proceso se denomina vaporización y esta se retira de la superficie evaporante a una temperatura inferior al punto de ebullición.

Con base en las estaciones que registraron evaporación, (Ver Tabla 5-139) cuyos registros se muestran en el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023.

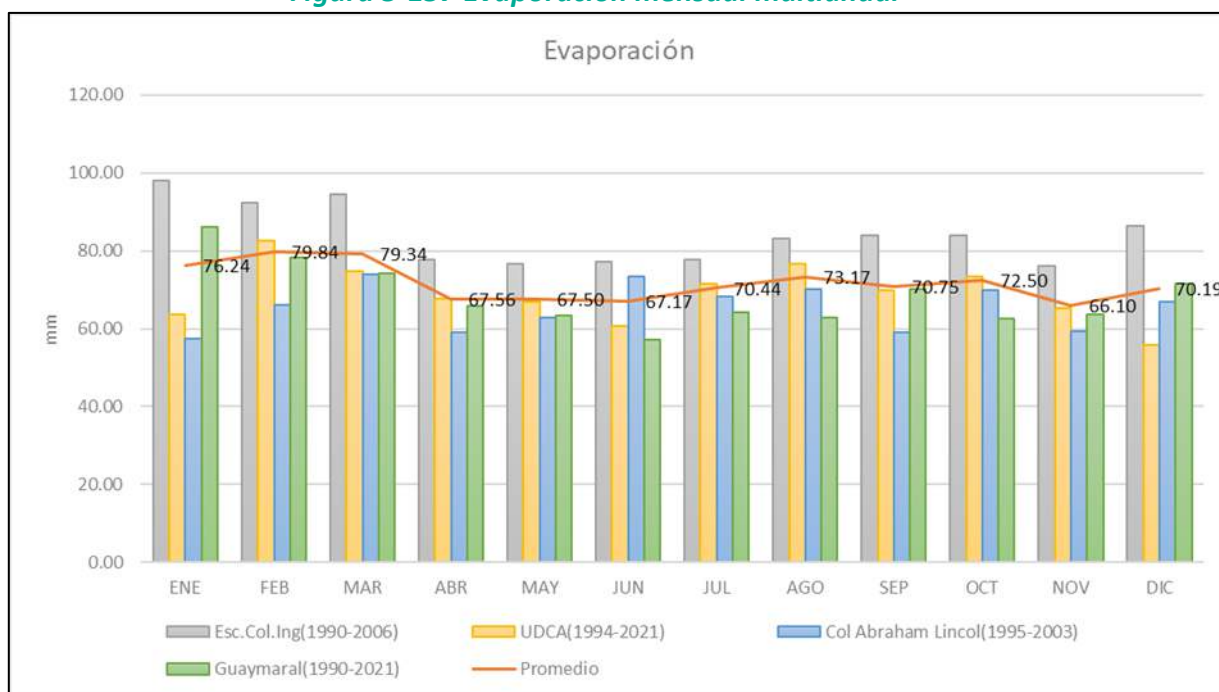
La Figura 5-157 se observa que el mes en el que se registró la mayor evaporación fue en febrero con 79,84 mm y el mes que registró la menor evaporación fue junio con 67,17 mm. A lo largo de todo el año, se presenta muy poca variabilidad, ya que la evaporación oscila en un rango de 67 mm y 79 mm, con una tendencia a aumentar desde noviembre hasta marzo, disminuyendo hasta abril y desde ahí hasta octubre presentando un comportamiento casi constante, ya que la variabilidad de aumentar o disminuir la evaporación es muy poca.

Tabla 5-139 Estaciones de Evaporación

Estación	Nombre Est.	Periodo	Entidad
21206500	Col Abraham Lincol	1990-2003	IDEAM
21206260	UDCA	1994-2021	IDEAM
2120559	Apto Guaymaral	1990-2021	CAR
21206050	Esc.Col. Ing	1990-2006	IDEAM

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-157 Evaporación mensual multianual



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.12 Evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de los procesos de evaporación y transpiración del cultivo, expresando la cantidad de agua perdida de una superficie que ha sido cultivada, su unidad de media es en milímetros por unidad de tiempo.

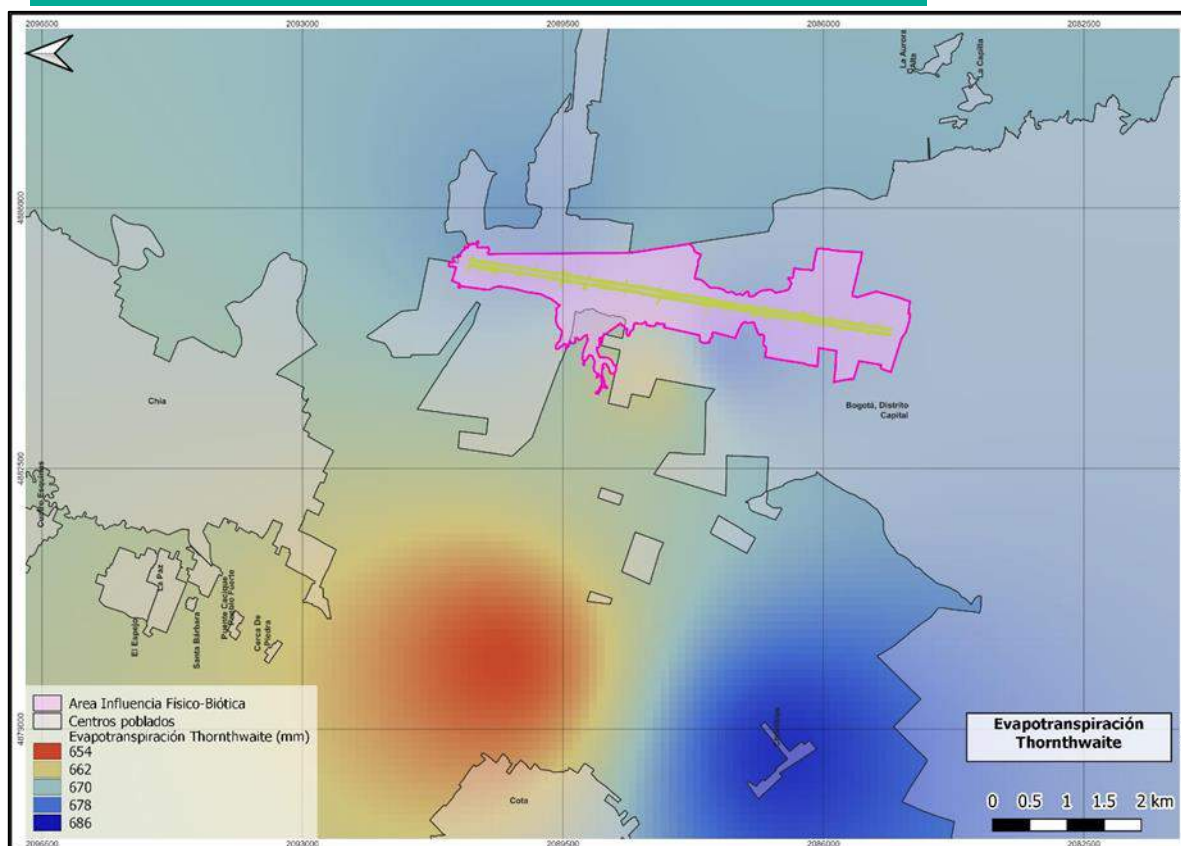
Se realizó el cálculo de la evapotranspiración potencial y real utilizando la información disponible de las estaciones de precipitación y temperatura distribuidas a lo largo del área de influencia.

5.1.10.1.12.1 Evapotranspiración potencial

Se estimó la evapotranspiración potencial con dos métodos basados en las ecuaciones de Hargreaves. (Hargreaves, 1983) y Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), ver capítulo Generalidades para conocer los detalles de la estimación. Los resultados de los valores se presentan en la Figura 5-158.

Figura 5-158 Evapotranspiración Potencial

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

A lo largo del área de influencia la evapotranspiración potencial es similar con valores medios multianuales alrededor de 670 mm. Según la interpolación el punto de menor valor se debe a la estación Aeropuerto Guaymaral y la de mayor valor a la estación Nueva Generación siendo en términos generales muy similares respecto a niveles del país que ronda entre 400 mm y 1800 mm.

5.1.10.1.13 Índice de aridez

El índice de aridez indica cualitativamente lugares que presentan excesos o déficit de agua para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Para calcular el índice de aridez se relaciona el evapotranspiración real y potencial representando la dinámica superficial del suelo según la siguiente ecuación:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

- IA = Índice de aridez

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



- ETP = Evapotranspiración potencial anual multianual (mm)
- ETR = Evapotranspiración real potencial anual multianual (mm)

La evapotranspiración real y potencial se estiman a partir de las ecuaciones de Hargreaves (1994), y con los resultados obtenidos, se realiza la clasificación según las categorías del índice de aridez propuestas por el IDEAM (IDEAM 2020). Ver Tabla 5-140.

Tabla 5-140 Rango indicador IA

RANGO DE VALORES INDICE DE ARIDEZ	CATEGORIA	CARACTERISTICAS
<0,15		Altos excesos de agua
0,15-0,19		Excedentes de agua
0,20-0,29		Entre moderado y excedentes de agua
0,30-0,39		Moderado
0,40-0,49		Entre moderado y deficitario de agua
0,50-0,59		Deficitario de agua
>60		Altamente deficitario de agua

Fuente: Ideam, 2013

Se realizó el cálculo del índice de aridez con las estaciones que se tenía información de temperatura y precipitación obteniéndose así la clasificación según el dato estimado, con esto se puede decir que en el área de influencia en su mayoría un estado entre moderado y deficitario de agua (Tabla 5-141).

Tabla 5-141 Índice de Aridez

Estación	IA	Categoría
Esc.Col. Ing	0,45	Entre moderado y deficitario de agua
UDCA	0,54	Deficitario de agua
Guaymaral	0,46	Entre moderado y deficitario de agua
Nva Generación AUT	0,46	Entre moderado y deficitario de agua
Col Miguel. A. Caro	0,41	Entre moderado y deficitario de agua

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Tabla 5-142 se presentan los resultados del índice de aridez mensual calculado para las estaciones seleccionadas, de acuerdo con estos resultados se observa que el índice de aridez varía mensualmente y en los meses de diciembre, enero, julio y agosto se presenta déficit de agua coincidiendo con los periodos secos de la zona.

Tabla 5-142 Índice de Aridez mensual

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Guaymaral	0,70	0,52	0,48	0,32	0,34	0,44	0,55	0,57	0,47	0,30	0,29	0,57
Esc.Col. Ing	0,56	0,50	0,40	0,34	0,32	0,48	0,58	0,62	0,48	0,32	0,33	0,49
UDCA	0,76	0,62	0,51	0,40	0,38	0,52	0,55	0,62	0,59	0,43	0,37	0,69

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Nva Generación AUT	0,64	0,32	0,41	0,33	0,29	0,55	0,59	0,65	0,48	0,33	0,28	0,66
Col- Miguel.A. Caro	0,55	0,47	0,36	0,27	0,30	0,42	0,43	0,60	0,52	0,33	0,18	0,50

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.1.14 Balance Hídrico

El balance hídrico se fundamenta en la ley de la conservación de la materia y permite el análisis de periodos de reserva y sequía. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$P - Et_R = Esc$$

Donde:

- P: precipitación [mm]
- EtR: evapotranspiración real [mm] (evaporación + transpiración)
- Esc: escorrentía promedio a partir del caudal medido en la estación hidrométrica

Para el cálculo del balance hídrico se utilizaron estaciones climatológicas que registran información de precipitación y temperatura y con estos datos se realizó el cálculo de la evapotranspiración potencial por medio del método de Thornthwaite y como capacidad máxima de almacenamiento del suelo se tomaron 100 mm.

A continuación, se presentan los valores de evapotranspiración real y potencial de cada estación hidrometeorológica, así como las condiciones deficitarias y exentes de humedad.

Para la estación de Apto Guaymaral se obtuvieron los datos de evapotranspiración potencial, real, el déficit la reserva y los excedentes de humedad de cada mes, así como su valor anual registrados en la Tabla 5-143.

En el Gráfico 11 se presenta el comportamiento de la precipitación la evapotranspiración real y potencial, donde se observa que tanto la evapotranspiración real y potencial presentan el mismo comportamiento desde marzo hasta noviembre y en el mes de diciembre, enero y febrero la evapotranspiración real es mayor que la real aproximadamente 20 mm. La precipitación presenta dos picos de 110 mm, uno para el mes de abril, y el otro para el mes de octubre y un valle de junio a septiembre en promedio con 50 mm.

En el Gráfico 11 se puede también evidenciar que no existe déficit, es decir, no hace falta agua para cubrir las necesidades y que no hay deterioro de la cobertura vegetal. Como la precipitación se encuentra por encima de la evapotranspiración real significa que han existidos periodos húmedos que han permitido que el agua se acumule en el suelo sirviendo como reserva y como supera la reserva máxima (100 mm) presenta excesos de agua. Como la evapotranspiración real es igual a la potencial, la precipitación es suficiente para

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



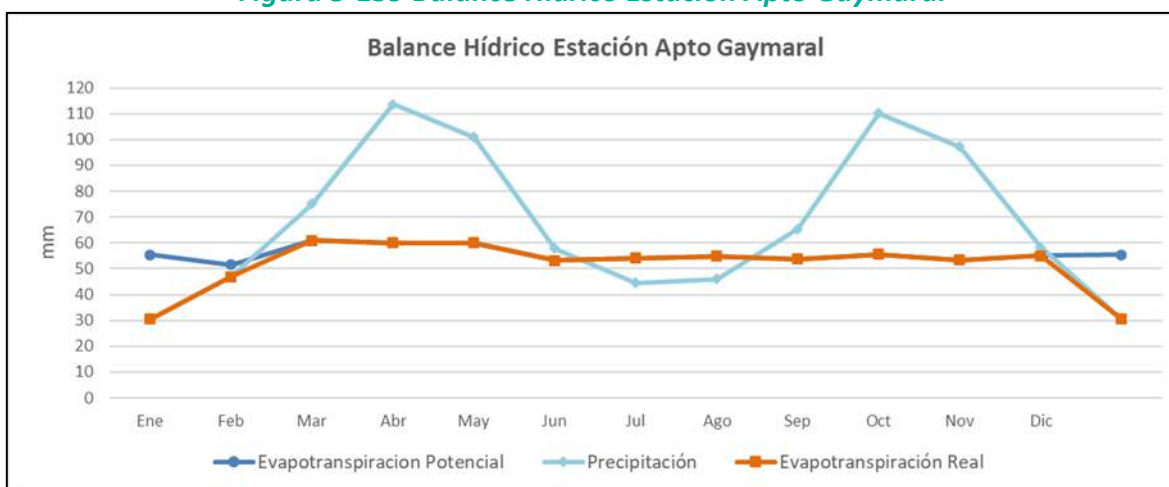
abastecer la demanda potencial de agua. Lo que indica que las condiciones de humedad del suelo y de la cobertura vegetal son ideales para la transferencia del agua.

Tabla 5-143 Balance Hídrico estación Apto Guaymaral

Evapotranspiración Estación Apto Guaymaral														
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Total
ETP	55,38	51,45	61,00	59,92	60,00	53,21	54,13	54,87	53,77	55,58	53,34	55,06	55,38	667,71
P	30,50	46,90	75,10	113,60	101,00	57,80	44,50	46,00	65,40	110,20	97,20	58,40	30,50	846,60
ETR	30,50	46,90	61,00	59,92	60,00	53,21	54,13	54,87	53,77	55,58	53,34	55,06	30,50	638,28
Déficit	24,88	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,88	29,43
Reserva	0,00	0,00	14,10	67,78	100,00	100,00	90,37	81,50	93,13	100,00	100,00	100,00	0,00	846,87
Excedentes	0,00	0,00	0,00	0,00	8,77	4,59	0,00	0,00	0,00	47,75	43,86	3,34	0,00	108,32

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-159 Balance Hídrico Estación Apto Gaymaral



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para la estación de UDCA se obtuvieron los datos de evapotranspiración potencial, real, el déficit la reserva y los excedentes de humedad de cada mes, así como su valor anual registrados en la Tabla 5-144

Figura 5-159 se presenta el comportamiento de la precipitación la evapotranspiración real y potencial, donde se observa que tanto la evapotranspiración real y potencial presentan el mismo comportamiento desde febrero hasta diciembre y para el mes de enero, la evapotranspiración potencial es mayor que la real aproximadamente 30 mm. La precipitación presenta dos picos de 95 mm, uno para el mes de abril y mayo, y el otro en el mes de noviembre, en el mes de agosto se presenta un valle de 45 mm.

Figura 5-160 se puede también evidenciar que no existe déficit, es decir, no hace falta agua para cubrir las necesidades y que no hay deterioro de la cobertura vegetal. Como la precipitación se encuentra por encima de la evapotranspiración real significa que han existidos periodos húmedos que han permitido que el agua se acumule en el suelo sirviendo como reserva y como supera la reserva máxima (100 mm) presenta excesos de agua. Como la evapotranspiración real es igual a la potencial, la precipitación es suficiente para abastecer la demanda potencial de agua. Lo que indica, que las condiciones de humedad del suelo y de la cobertura vegetal son ideales para la transferencia del agua.

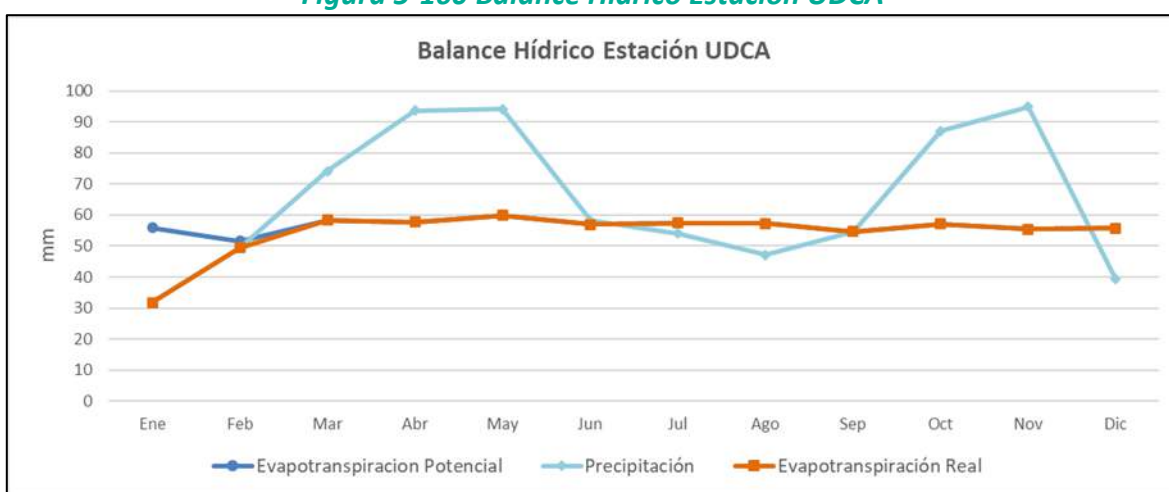
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Tabla 5-144 Balance Hídrico estación UDCA

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ETP	55,87	51,58	58,32	57,71	59,90	56,95	57,36	57,28	54,71	57,11	55,40	55,71	677,89
P	31,78	49,50	74,09	93,72	94,20	58,14	54,11	47,18	54,74	87,09	94,82	39,34	778,69
ETR	31,78	49,50	58,32	57,71	59,90	56,95	57,36	57,28	54,71	57,11	55,40	55,71	651,71
Déficit	24,09	2,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,18
Reserva	0,00	0,00	15,77	51,78	86,07	87,27	84,02	73,92	73,95	100,00	100,00	83,64	756,43
Excedentes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,93	39,42	0,00	43,35

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-160 Balance Hídrico Estación UDCA



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para la estación de Escuela de Ingenieros se obtuvieron los datos de evapotranspiración potencial, real, el déficit la reserva y los excedentes de humedad de cada mes, así como su valor anual registrados en la Tabla 5-145.

En el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Figura 5-160 se presenta el comportamiento de la precipitación la evapotranspiración real y potencial, donde se observa que tanto la evapotranspiración real y potencial presentan el mismo comportamiento a lo largo del año, con una pequeña variación en el mes de enero. La precipitación presenta dos picos de 90 mm, uno para el mes de abril y mayo, y el otro para el mes de octubre, en el mes de agosto se presenta un valle de 40 mm.

En el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-161 se puede también evidenciar que no existe déficit, es decir, no hace falta agua para cubrir las necesidades y que no hay deterioro de la cobertura vegetal. Como la precipitación se encuentra por encima de la evapotranspiración real significa que han

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

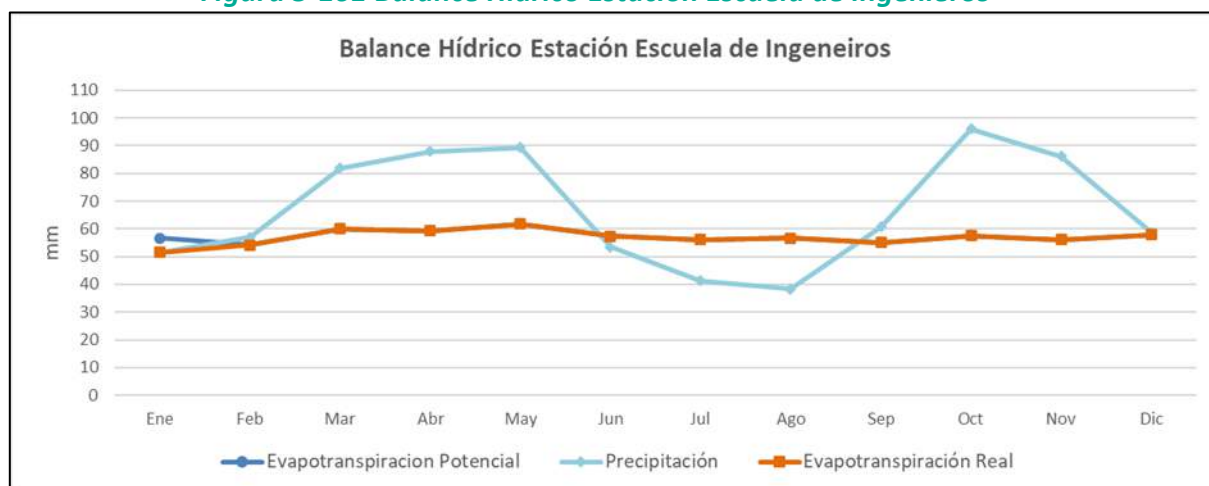
existidos periodos húmedos que han permitido que el agua se acumule en el suelo sirviendo como reserva, y como supera la reserva máxima (100 mm) presenta excesos de agua. Como la evapotranspiración real es igual a la potencial, la precipitación es suficiente para abastecer la demanda potencial de agua. Lo que indica, que las condiciones de humedad del suelo y de la cobertura vegetal son ideales para la transferencia del agua.

Tabla 5-145 Balance Hídrico estación Escuela de Ingenieros

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ETP	56,71	54,12	59,98	59,34	61,80	57,34	56,11	56,72	55,15	57,48	56,16	57,89	688,79
P	51,54	57,04	81,92	87,96	89,27	53,52	41,23	38,24	60,71	95,97	86,22	58,83	802,45
ETR	51,54	54,12	59,98	59,34	61,80	57,34	56,11	56,72	55,15	57,48	56,16	57,89	683,62
Déficit	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,17
Reserva	0,00	2,92	24,86	53,48	80,95	77,14	62,26	43,78	49,34	87,83	100,00	100,00	682,55
Excedentes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,89	0,94	18,83

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-161 Balance Hídrico Estación Escuela de Ingenieros



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para la estación de Nueva Generación se obtuvieron los datos de evapotranspiración potencial, real, el déficit la reserva y los excedentes de humedad de cada mes, así como su valor anual registrados en la Tabla 5-146.

En el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-161 se presenta el comportamiento de la precipitación la evapotranspiración real y potencial, donde se observa que tanto la evapotranspiración real y potencial presentan el mismo comportamiento a lo largo del año, con una pequeña variación en el mes de enero. La precipitación presenta dos picos de 105 mm, uno para el mes de febrero, otro para el

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

mes de mayo y el otro para el mes de noviembre, en el mes de agosto se presenta un valle de 40 mm.

En el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

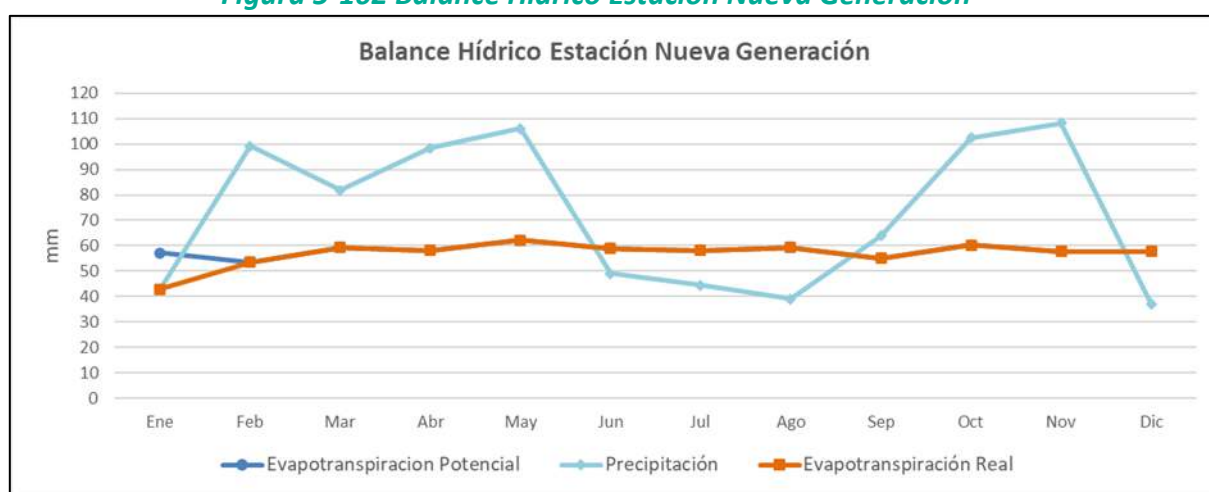
Figura 5-162 se puede también evidenciar que no existe déficit, es decir, no hace falta agua para cubrir las necesidades y que no hay deterioro de la cobertura vegetal. Como la precipitación se encuentra por encima de la evapotranspiración real significa que han existido periodos húmedos que han permitido que el agua se acumule en el suelo sirviendo como reserva, y como supera la reserva máxima (100 mm) presenta excesos de agua. Como la evapotranspiración real es igual a la potencial, la precipitación es suficiente para abastecer la demanda potencial de agua. Lo que indica, que las condiciones de humedad del suelo y de la cobertura vegetal son ideales para la transferencia del agua.

Tabla 5-146 Balance Hídrico estación Nueva Generación

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ETP	57,20	53,52	59,33	58,16	62,11	58,97	58,25	59,30	55,15	60,21	57,72	57,85	697,77
P	42,96	99,09	81,83	98,44	106,13	49,17	44,44	39,13	64,00	102,50	108,24	37,17	873,10
ETR	42,96	53,52	59,33	58,16	62,11	58,97	58,25	59,30	55,15	60,21	57,72	57,85	683,53
Déficit	14,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,24
Reserva	0,00	45,58	68,07	100,00	100,00	90,20	76,40	56,23	65,07	100,00	100,00	79,32	880,87
Excedentes	0,00	0,00	0,00	8,36	44,02	0,00	0,00	0,00	0,00	7,37	50,51	0,00	110,26

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-162 Balance Hídrico Estación Nueva Generación



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para la estación de Col Miguel A. Caro se obtuvieron los datos de evapotranspiración potencial, real, el déficit la reserva y los excedentes de humedad de cada mes, así como su valor anual registrados en la Tabla 5-147.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



En la Figura 5-162 se presenta el comportamiento de la precipitación la evapotranspiración real y potencial, donde se observa que tanto la evapotranspiración real y potencial presentan el mismo comportamiento a lo largo del año, con una pequeña variación en el mes de enero. La precipitación presenta dos picos de 120 mm para el mes de abril y de 110 mm para el mes de noviembre, en el mes de agosto se presenta un valle de 40 mm.

En el Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

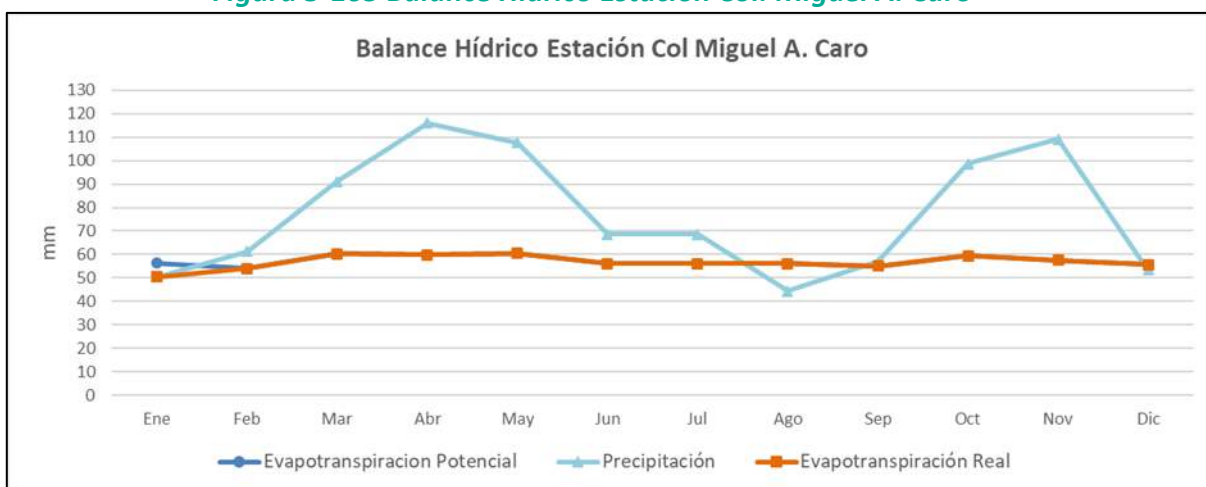
Figura 5-163 se puede también evidenciar que no existe déficit, es decir, no hace falta agua para cubrir las necesidades y que no hay deterioro de la cobertura vegetal. Como la precipitación se encuentra por encima de la evapotranspiración real significa que han existido periodos húmedos que han permitido que el agua se acumule en el suelo sirviendo como reserva, y como supera la reserva máxima (100 mm) presenta excesos de agua. Como la evapotranspiración real es igual a la potencial, la precipitación es suficiente para abastecer la demanda potencial de agua. Lo que indica, que las condiciones de humedad del suelo y de la cobertura vegetal son ideales para la transferencia del agua.

Tabla 5-147 Balance Hídrico Estación Col. Miguel A. Caro

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ETP	56,38	54,08	60,29	59,79	60,52	56,15	56,04	56,15	55,11	59,52	57,48	55,74	687,26
P	50,38	61,42	91,10	116,06	107,69	68,56	68,56	44,52	56,94	98,58	109,14	53,37	926,31
ETR	50,38	54,08	60,29	59,79	60,52	56,15	56,04	56,15	55,11	59,52	57,48	55,74	681,25
Déficit	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00
Reserva	0,00	7,34	38,15	94,43	100,00	100,00	100,00	88,36	90,19	100,00	100,00	97,63	916,10
Excedentes	0,00	0,00	0,00	0,00	41,59	12,41	12,52	0,00	0,00	29,25	51,66	0,00	147,43

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-163 Balance Hídrico Estación Col. Miguel A. Caro



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.2 Identificación de fuentes de emisiones

5.1.10.2.1 Fuentes fijas dispersas de área y puntuales

La zona de estudio se caracteriza por tener uso de suelo para actividades comerciales, de recreación, centros de educación, áreas de esparcimiento y espacios naturales. En este sentido, la presencia de fuentes de emisiones declaradas se asocia a dicha operación. Teniendo en cuenta la significancia de las fuentes de emisión determinadas en la zona de estudio, a través de fotointerpretación se determina la ubicación de los hornos crematorios de los cementerios Jardines de Paz y Jardines del Recuerdo, los cuales se consideran como potenciales de generar emisiones de importancia ambiental por el tipo de actividad asociada.

Figura 5-164 Identificación y georreferenciación de fuentes dispersas de área y puntuales



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En el caso de centros de comercio por venta de comidas, se presume la ubicación de fuentes de emisiones asociadas a combustión externa de gas natural. Dadas las condiciones de localización dentro de las edificaciones de comercio, no es posible presentar una localización exacta de dichas fuentes de emisión.

5.1.10.2.2 Fuentes móviles

Se toma como referencia los elementos identificados en los aforos vehiculares indicados en el documento "Estudio de Tránsito y Movilidad CCSN-ET-0001" desarrollado en el mes de septiembre de 2022 por el Consorcio Constructor Sabana Norte para la zona de estudio. De acuerdo con la referencia en mención, se contabilizan los aforos asociados en la Tabla 5-148.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-148. Localización puntos de aforo vehicular en la zona de estudio

Código de estación	Tipo	Volúmenes	Dirección
EM1	Maestra	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x Calle 195 Calzada oeste
EM2	Maestra	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x Calle 195 Calzada este
EE1	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x Calle 200 Calzada oeste
EE2	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x Calle 200 Calzada este
EE3	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x Calle 209 Calzada oeste
EE4	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x calle 209 Calzada este
EE5	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista Norte x Calle 222 Calzada oeste
EE6	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista norte x calle 222 calzada este
EE7	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista norte x calle 235 calzada oeste
EE8	Específica	Peatonales y vehiculares	Autopista norte x calle 235 calzada este
EE9	Específica	Vehiculares	Carrera 7 x Calle 235
EE10	Específica	Vehiculares	Carrera 7 x Calle 200

Fuente: Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

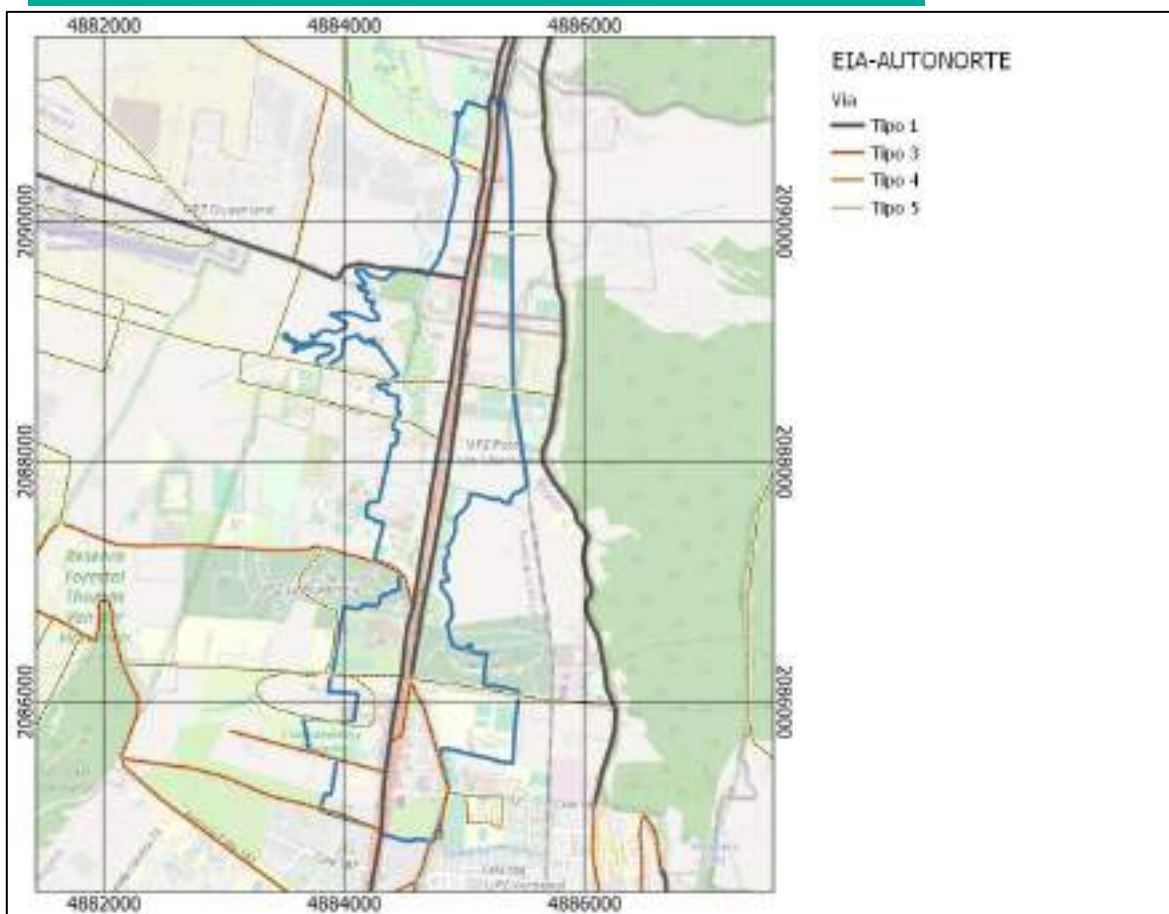
Figura 5-165 Identificación y georreferenciación de puntos de aforo vehicular



Fuente: Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

De acuerdo con las fuentes de información oficiales, las vías presentes en la zona de estudio se caracterizan de tipo primaria pavimentada Tipo 1 y Tipo 3, y vías en afirmado con categoría vial Tipo 4 y Tipo 5. Así mismo, se identifica vía férrea en el costado oriental del proyecto.

Figura 5-166 Identificación de vías como fuentes móviles.



Fuente: Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

5.1.10.3 Calidad del aire

La evaluación de calidad de aire se realizó en época seca mediante tres (3) estaciones indicativas por dieciocho (18) días continuos en la zona de estudio durante el periodo comprendido entre el 21 de enero y 7 de febrero de 2023, según los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Resolución 2154/2010 del MADS) y para análisis normativo de inmisión la Resolución 2254/2017 del MADS. Los contaminantes evaluados fueron: material particulado menor a 10 micras (PM10), material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO) y Ozono (O₃). El monitoreo de calidad de aire fue realizado por el laboratorio Corola Ambiental S.A.S., acreditado por el IDEAM en la matriz aire, según Resolución No. 0458 del 9 de junio de 2020.

5.1.10.3.1 Descripción estaciones de monitoreo de calidad de aire

En la Figura 5-167 se muestra la ubicación de las estaciones del monitoreo de calidad de aire y en la Tabla 5-149 a la Tabla 5-151 se presentan las fichas técnicas de cada estación.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-167 Ubicación estaciones de monitoreo de Calidad de aire



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-149 Ficha técnica Estación 1 – Finca Auto 222

ESTACIÓN 1: Finca Auto 222						
OBJETIVO: Determinar las concentraciones de contaminantes criterio en área de influencia de proyecto Vial Auto Norte						
Descripción de la Estación: Indicativa - Industrial – De Fondo						
Coordenadas CTM 12 Origen Único Nacional Magna – Origen Nacional						
N	2.088.204.185		W	4.885.163.788		
Altitud	2256 msnm	Parámetro	Marca	Modelo	Código Interno	SN
Ancho de Vía	15 metros	PM10	Grimm	EDM 180C	EO-39	18A20038
Dirección Predominante del Viento	Hacia el Sureste	PM2.5				
Tiempo	Seco	NO2	Horiba	APNA-370	EO-47	KUS03MMP
Presión Barométrica	680 mmHg	SO2		APSA-370	EO-02	C6NH8XPB
		CO		APMA-370	EO-06	YEB0N2Y
		O3		APOA-370	EO-07	WKKT596N

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fecha de inicio	21/01/2023	Calibrador Multigas	Sabio	2010D	EC-67	29500419
Fecha Finalización	07/02/2023	Generador Aire Cero		2020D	EC-68	O8700419

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-150 Ficha técnica Estación 2 – Of Concesión Accenorte

ESTACIÓN 2: Of Concesión Accenorte						
OBJETIVO: Determinar las concentraciones de contaminantes criterio en área de influencia de proyecto Vial Auto Norte.						
Descripción de la Estación: Indicativa - Industrial – De Fondo						
Coordenadas CTM 12 Origen Único Nacional Magna – Origen Nacional						
N	2.090.117.699		W	4.885.081.386		
Altitud	2256 msnm	parámetro	Marca	Modelo	Código Interno	SN
Ancho de Vía	15 metros	PM10	Grimm	EDM 180C	EO-36	18A20020
Dirección Predominante del Viento	Hacia el Sureste	PM2.5				
Tiempo	Seco	NO2	Horiba	APNA-370	EO-27	PK4S6MRC
Presión Barométrica	680 mmHg	SO2		APSA-370	EO-17	GH54H0TR
		CO		APMA-370	EO-22	PDYFHJ23
		O3		APOA-370	EO-32	G22KUL6S
Fecha de inicio	21/01/2023	Calibrador Multigas	Sabio	2010D	EC-67	29500419
Fecha Finalización	07/02/2023	Generador Aire Cero		2020D	EC-68	O8700419

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-151 Ficha técnica Estación 3 – Verbenal

ESTACIÓN 3: Verbenal						
OBJETIVO: Determinar las concentraciones de contaminantes criterio en área de influencia de proyecto Vial Auto Norte.						
Descripción de la Estación: Indicativa - Industrial – De Fondo						
Coordenadas CTM 12 Origen Único Nacional Magna – Origen Nacional						
N	2.088.204.185		W	4.884.851.080		
Altitud	2.084.648.327	Parámetro	Marca	Modelo	Código Interno	SN
Ancho de Vía	15 metros	PM10	Grimm	EDM 180C	EO-40	18A20052
Dirección Predominante del Viento	Hacia el Sureste	PM2.5				
Tiempo	Seco	NO2	Horiba	APNA-370	EO-50	9156R938
Presión Barométrica	680 mmHg	SO2		APSA-370	EO-45	YSRDCW3M
		CO		APMA-370	EO-49	WFW81XS2
		O3		APOA-370	EO-48	1T71YRV7
Fecha de inicio	21/01/2023	Calibrador Multigas	Sabio	2010D	EC-67	29500419
Fecha Finalización	07/02/2023	Generador Aire Cero		2020D	EC-68	O8700419

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.3.2 Análisis de los resultados del monitoreo de calidad de aire

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las estaciones, en donde se determinó las concentraciones presentes de material particulado menor a 10 micras (PM10), material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O3) en la zona de estudio. Estos resultados se complementan con el anexo 5_1 Monitoreo de calidad de aire donde se presenta el reporte de resultados, el certificado de acreditación de Corola Ambiental S.A.S. por parte del IDEAM., las calibraciones y certificaciones de los analizadores empleados, video corporativo estaciones de monitoreo, resultados de velocidad y dirección de vientos y Geo-data-base, fundada bajo los requisitos de la resolución 2182 de 2016.

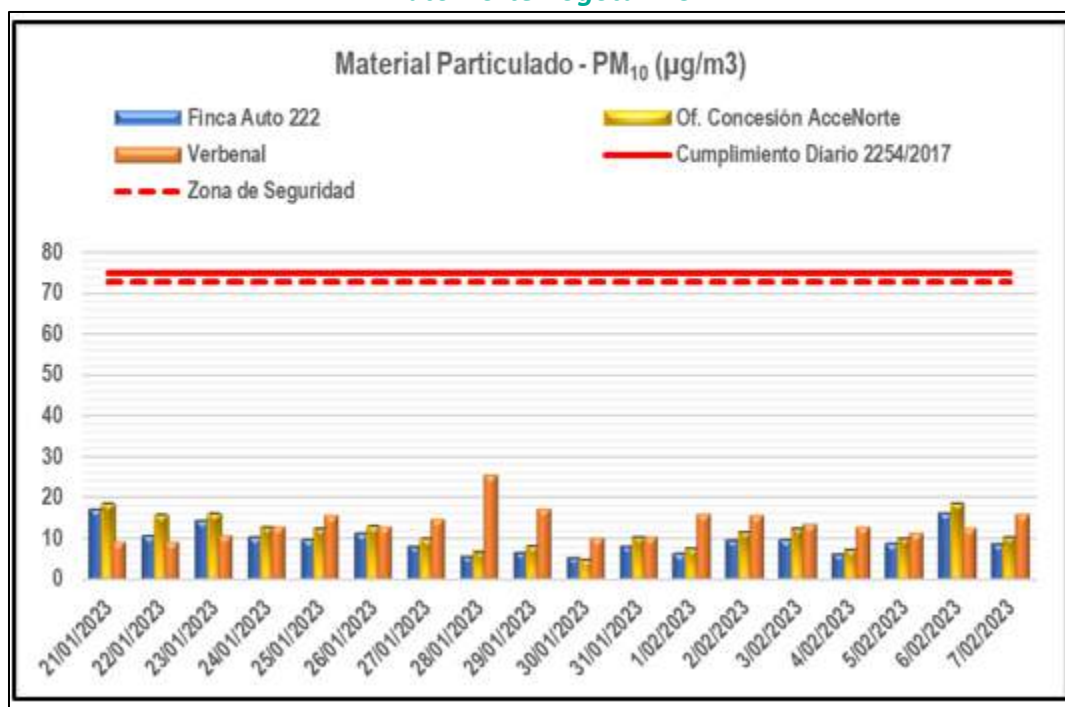
Se presentan los resultados obtenidos de cada contaminante en cada estación, así mismo, algunos datos estadísticos. Los intervalos de confianza presentados se calcularon a partir de la distribución t-student (97,5%). Dicha distribución resulta ser trascendental para aplicaciones inferenciales, en especial para aquellas en las que se desconoce la varianza; dado que no depende de las varianzas de las variables que la integran. Los valores de esta distribución están dados por: En función de los grados de libertad, se determina el cuartil en la tabla para el cálculo del intervalo de confianza; el cuartil en este caso es de 97,5%.

5.1.10.3.2.1 Material Particulado (PM10)

En la Figura 5-168, se encuentran los resultados obtenidos para el contaminante Material Particulado PM10, en las estaciones de monitoreo, se puede observar que las concentraciones más altas se presentaron en la estación Verbenal, esto se debe a que se encuentra en una zona con flujo vehicular, pero con menor cantidad de cerca viva que permite absorber mayor cantidad de material particulado; cabe resaltar que las concentraciones estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles, tanto a nivel diario ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como de forma indicativa en su límite máximo permisible anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La concentración más alta presentada en la campaña de monitoreo fue de $25,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el día 28 de enero de 2023 en la estación Verbenal.

Figura 5-168 Resultados Material Particulado (PM₁₀) tiempo de exposición 24 horas – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-152 Resumen Estadístico Material Particulado (PM₁₀) – Auto Norte Bogotá D.C.

Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Material Particulado - PM₁₀			
Finca Auto 222	18/18	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	18/18	0	100%
Verbenal	18/18	0	100%

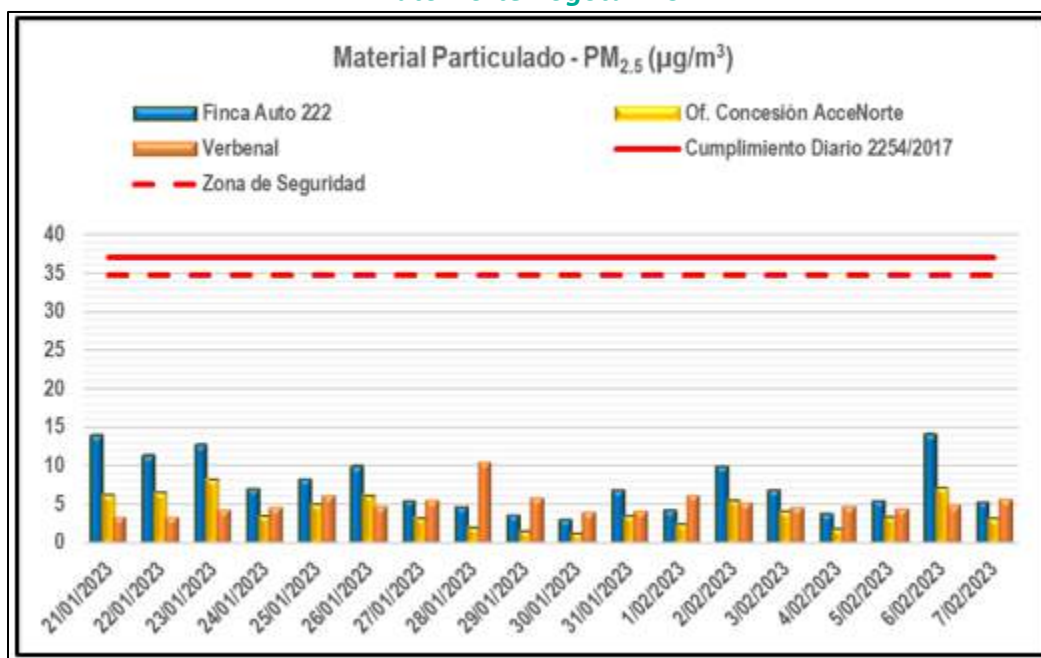
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.3.2 Material Particulado (PM_{2.5})

En la Figura 5-169, se encuentran los resultados obtenidos para el contaminante Material Particulado PM_{2.5}, en las estaciones de monitoreo; se puede observar que las concentraciones más altas se presentaron en la estación Finca Auto 222, dicho comportamiento se debe a fuentes difusas cercanas a la autopista Norte, así mismo, en la carrera 7; cabe resaltar que las concentraciones estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles, tanto a nivel diario (37 µg/m³) como de forma indicativa en su límite máximo permisible anual (25 µg/m³).

La concentración más alta presentada en la campaña de monitoreo fue de 13,92 µg/m³, el día 6 de febrero de 2023, en la estación Finca Auto 222.

Figura 5-169 Resultados Material Particulado (PM_{2.5}) tiempo de exposición 24 horas – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-153 Resumen Estadístico Material Particulado (PM_{2.5}) – Auto Norte Bogotá D.C.

Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Material Particulado – PM_{2.5}			
Finca Auto 222	18/18	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	18/18	0	100%
Verbenal	18/18	0	100%

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

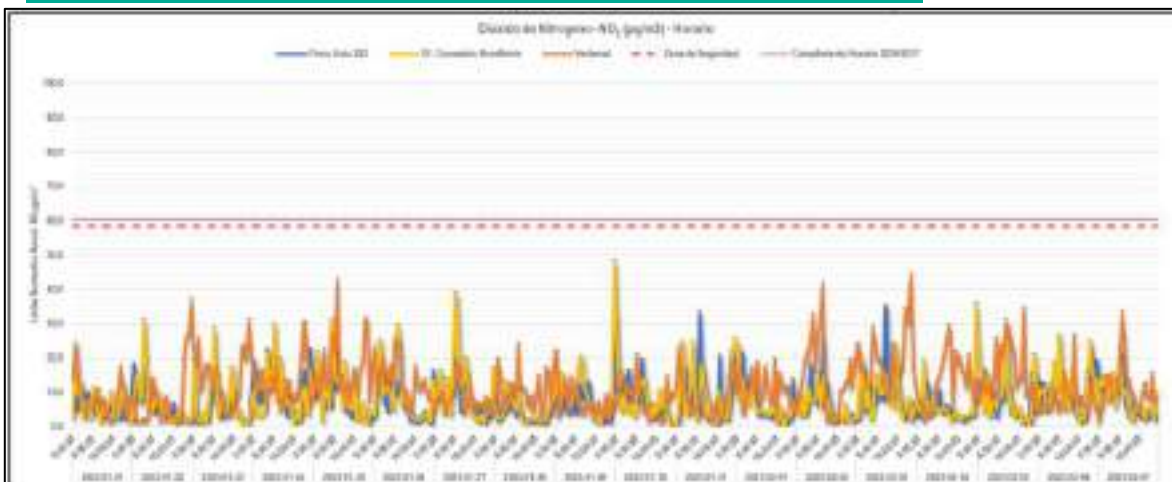
5.1.10.3.2.3 Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

En la Figura 5-170, se encuentran los resultados obtenidos para el contaminante Dióxido de Nitrógeno NO₂, en las estaciones de monitoreo, se puede observar que las concentraciones más altas se presentaron en la estación Of Concesión Accenorte, cabe resaltar que las concentraciones estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles, tanto a nivel horario (200 µg/m³) como de forma indicativa en su límite máximo permisible anual (60 µg/m³).

La concentración más alta presentada en la campaña de monitoreo fue de 47,55 µg/m³, el día 29 de enero a las 23:00 horas.

Figura 5-170 Resultados Dióxido de Nitrógeno (NO₂) tiempo de exposición 1 hora – Auto Norte Bogotá D.C.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-154 Resumen Estadístico Dióxido de Nitrógeno (NO₂) – Auto Norte Bogotá D.C.

Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Dióxido de Nitrógeno – NO₂			
Finca Auto 222	432/432	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	432/432	0	100%
Verbenal	432/432	0	100%

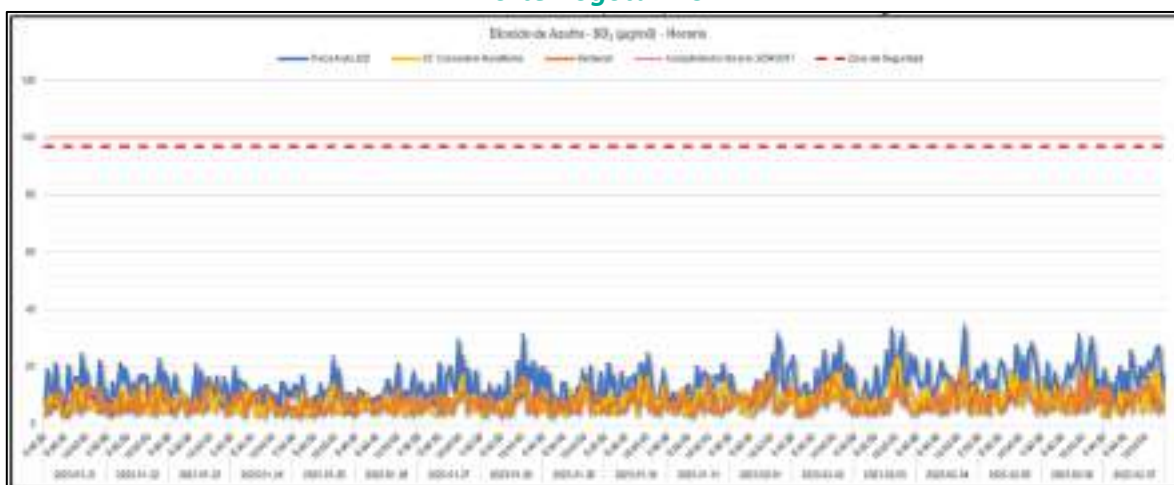
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.3.2.4 Dióxido de azufre (SO₂)

En la Figura 5-171 y Figura 5-172, se encuentran los resultados obtenidos para el contaminante Dióxido de Azufre (SO₂), se puede observar que las concentraciones más altas se presentan en la estación Finca Auto 222, donde la concentración más alta fue el día 5 de febrero, con un valor de 17,30 µg/m³, en la estación Finca Auto 222. Cabe resaltar que las concentraciones estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles, tanto a nivel horario (100 µg/m³) como a nivel diario (50 µg/m³).

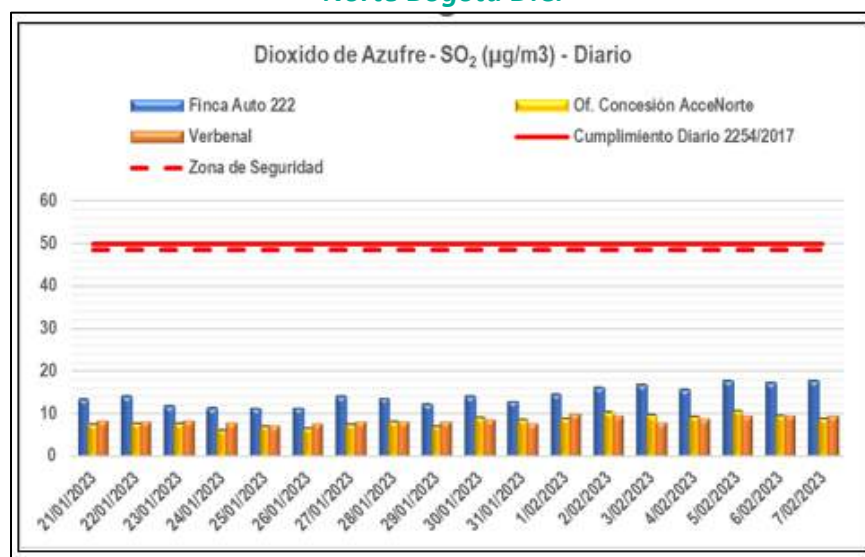
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-171 Resultados Dióxido de Azufre (SO₂) tiempo de exposición 1 hora – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-172 Resultados Dióxido de Azufre (SO₂) tiempo de exposición 24 horas – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-155 Resumen Estadístico Dióxido de Azufre (SO₂) – Auto Norte Bogotá D.C.

Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Dióxido de Azufre (SO₂) - Diario			
Finca Auto 222	18/18	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	18/18	0	100%
Verbenal	18/18	0	100%
Dióxido de Azufre (SO₂) - Horario			
Finca Auto 222	432/432	0	100%

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



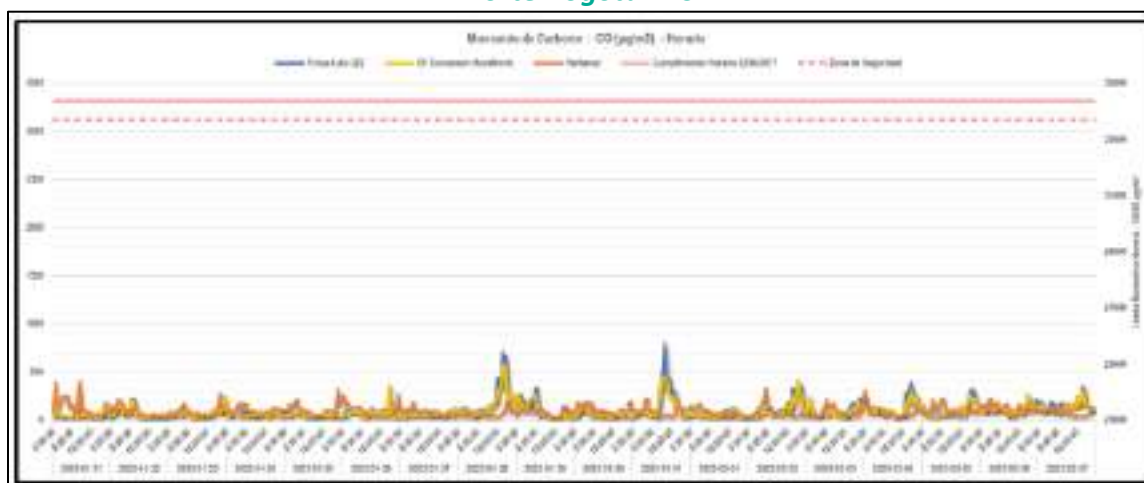
Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Dióxido de Azufre (SO₂) - Diario			
Oficina Concesión Accenorte	432/432	0	100%
Verbenal	432/432	0	100%

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Monóxido de Carbono (CO)

En la Figura 5-173 y Figura 5-174 se encuentran los resultados obtenidos para el contaminante Monóxido de Carbono - CO, en las estaciones de monitoreo, se puede observar que las concentraciones más altas se presentaron en la estación Finca Auto 222, cable aclarar que todas las concentraciones de CO estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles, tanto a nivel horario (35.000 µg/m³) como octohorario (5.000 µg/m³). La concentración más alta presentada durante la campaña de monitoreo fue 778,50 µg/m³, en la estación Finca Auto 222 el día 31 de enero a las 13:00 horas.

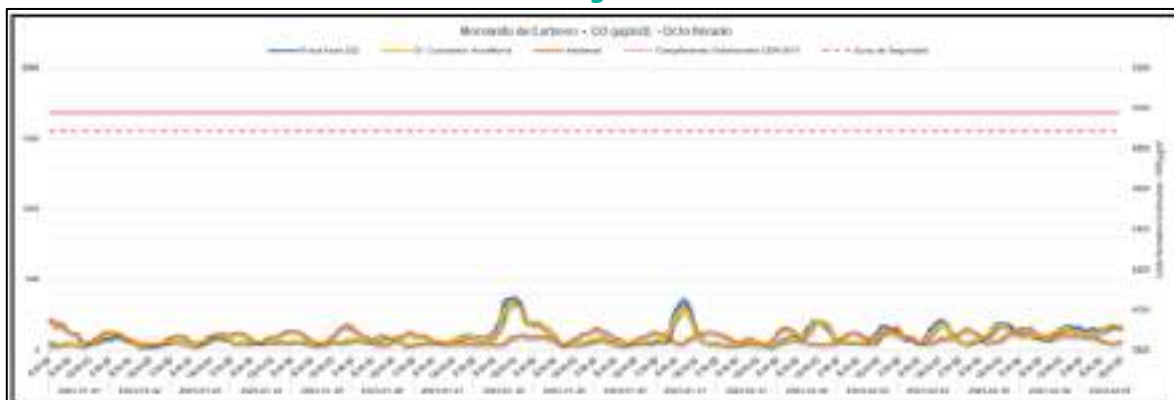
Figura 5-173 Resultados Monóxido de Carbono (CO) tiempo de exposición 1 hora – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-174 Resultados Monóxido de Carbono (CO) tiempo de exposición 8 horas – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-156 Resumen Estadístico Monóxido de Carbono (CO) – Auto Norte Bogotá D.C.

Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Monóxido de Carbono (CO)			
Finca Auto 222	432/432	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	432/432	0	100%
Verbenal	432/432	0	100%
Monóxido de Carbono (CO)			
Finca Auto 222	425/425	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	425/425	0	100%
Verbenal	425/425	0	100%

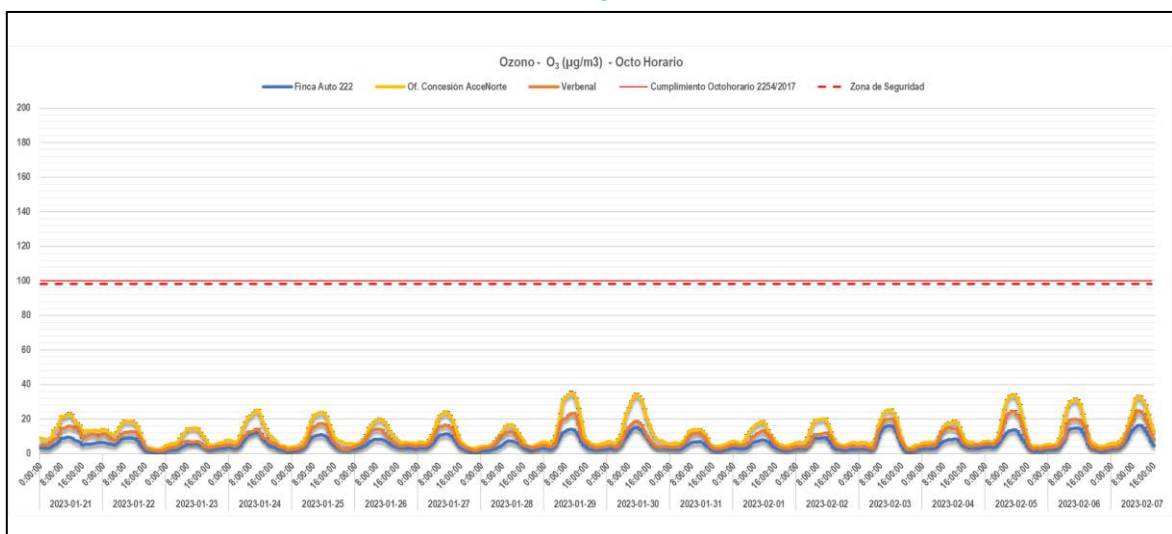
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.3.2.5 Ozono (O3)

En la Figura 5-175 se encuentran los resultados obtenidos para el contaminante Ozono – O₃. La concentración más alta presentada en la campaña de monitoreo fue de 35,41 µg/m³, el día 29 de enero a las 17:00 horas, en la estación Of Concesión Accenorte. Las concentraciones en las 3 estaciones de monitoreo cumplieron con el límite máximo permisible para un tiempo de exposición de 8 horas (100 µg/m³).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-175 Resultados Ozono (O₃) tiempo de exposición 8 horas – Auto Norte Bogotá D.C.



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

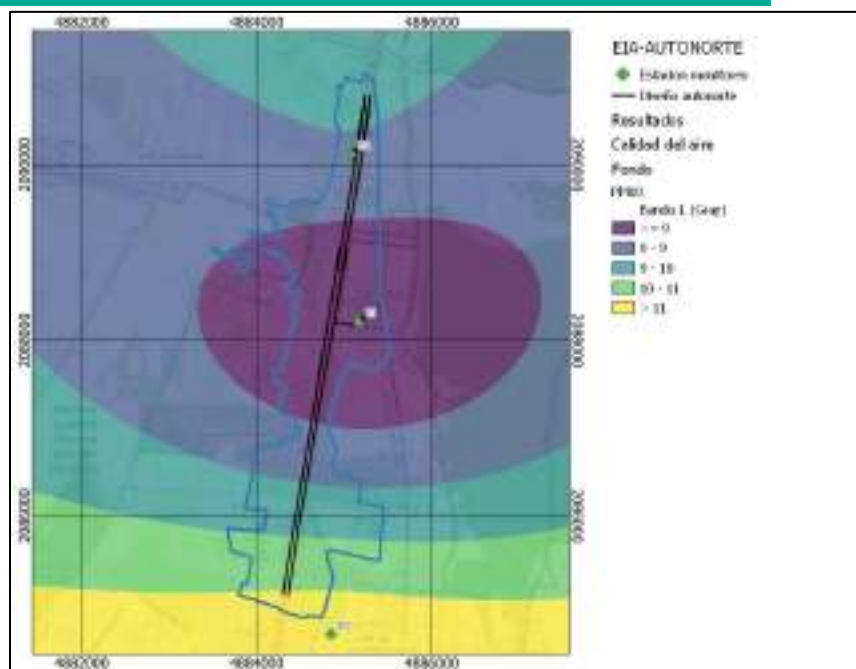
Tabla 5-157 Resumen Estadístico Ozono (O₃) – Auto Norte Bogotá D.C.

Estación	Muestras validas	# Excedencias	Cumplimiento Normativo
Finca Auto 222	425/425	0	100%
Oficina Concesión Accenorte	425/425	0	100%
Verbenal	425/425	0	100%

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

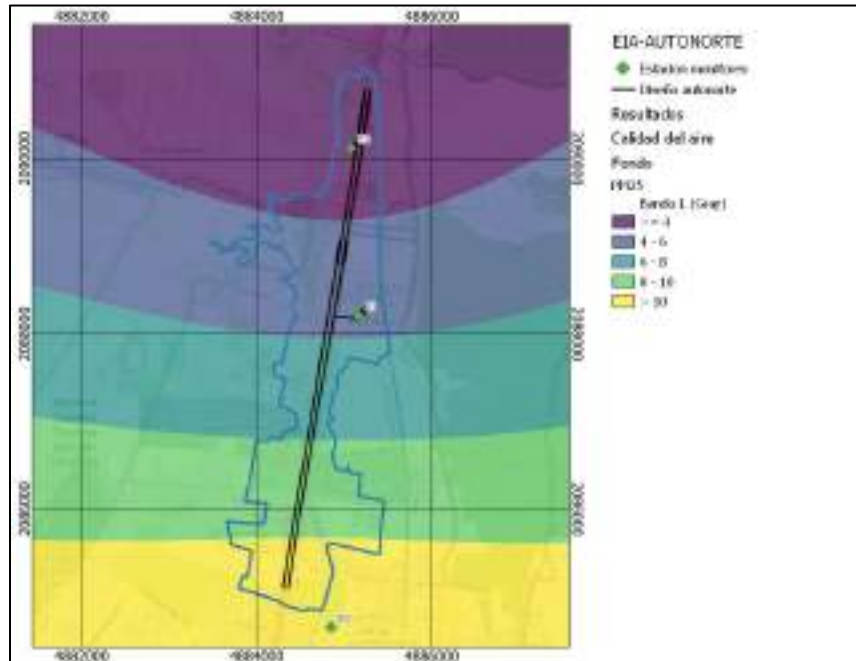
A continuación, se presentan los mapas de isoconcentración en la zona de estudio para cada uno de los parámetros evaluados. Los resultados de la campaña de monitoreo tienen en cuenta el alcance y las características indicativas del tipo de monitoreo desarrollado; en este sentido, los resultados estimados cartográficamente mediante la interpolación de datos como se presenta en la Figura 5-176 para PM₁₀, en la Figura 5-177 para PM_{2,5}, Figura 5-178 para SO₂, en la Figura 5-179 para NO₂ y Figura 5-180 para CO, respectivamente, no representan el comportamiento de transporte y difusión de contaminantes y su lectura solo valida la necesidad de complementar el análisis mediante modelos de dispersión como se presenta en el Capítulo Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales. Los estadísticos de concentración determinados de la campaña de monitoreo suministran la información requerida para determinar las condiciones de concentración típicas de la zona de estudio, y su inclusión como concentración de fondo en el desarrollo de dichos modelos de dispersión.

Figura 5-176. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – PM₁₀ (en mg/m³)



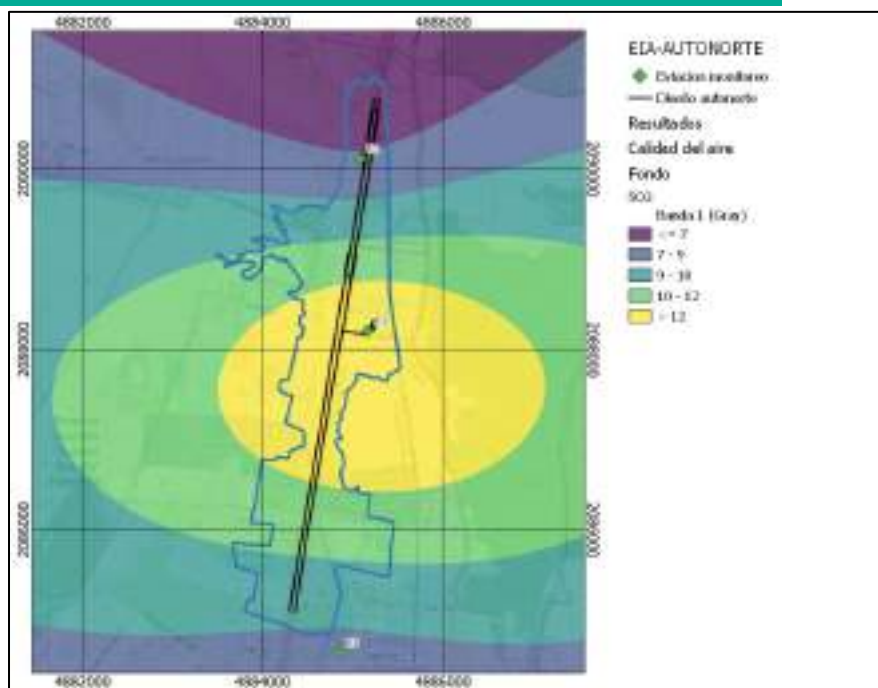
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-177. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – PM_{2,5} (en mg/m³)



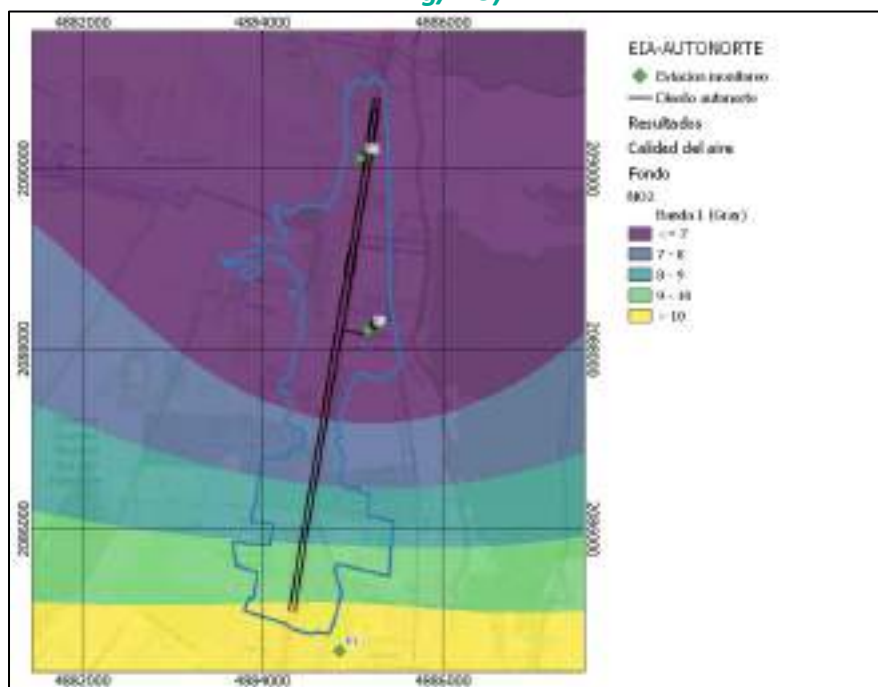
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-178. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – SO₂ (en mg/m³)



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

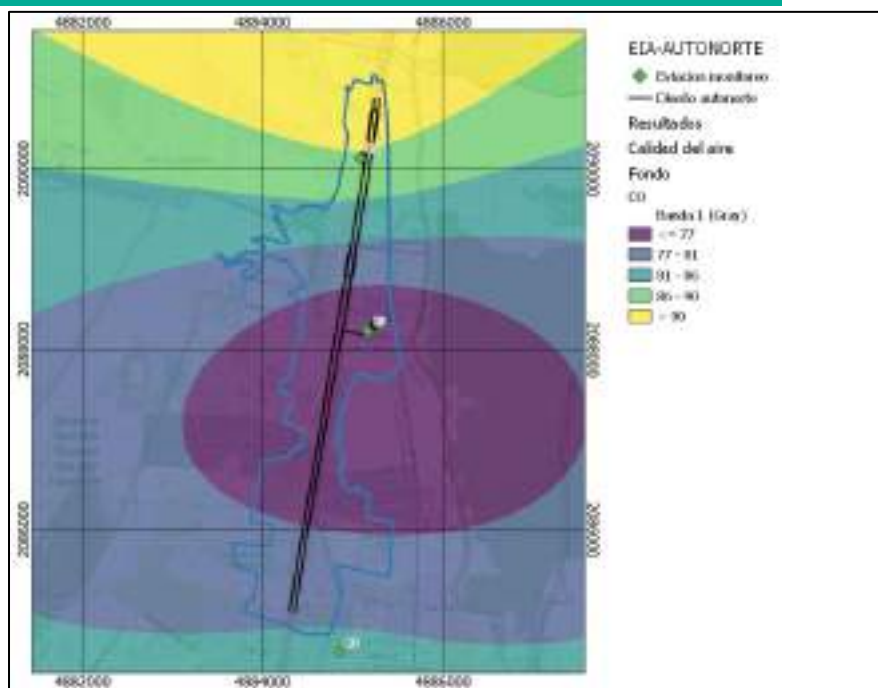
Figura 5-179. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – NO2 (en mg/m3)



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-180. Mapa de isoconcentración medida en la zona de estudio – CO (en mg/m3)

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.3.3 Índice de calidad de aire (ICA)

Teniendo en cuenta las Resoluciones 2254 de 2017 y 2154 de 2010 del MAVDT, los índices de calidad de aire se contemplan como una herramienta de evaluación ambiental que permite tener una correlación de las concentraciones de algunos contaminantes atmosféricos con los efectos en la salud.

El ICA se calculó de acuerdo con lo establecido en el Artículo 21 de la Resolución 2254 de 2017 del MADS, mediante la siguiente ecuación:

$$ICA_P = \frac{I_{Alto} - I_{Bajo}}{PC_{Alto} - PC_{Bajo}} (C_P - PC_{Bajo}) + I_{bajo}$$

Donde:

IP = Índice para el contaminante P

CP = Concentración medida para el contaminante P

PCAlto = Punto de corte mayor o igual a CP

PCBajo = Punto de corte menor o igual a CP

IAAlto = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al PCAlto

IBajo = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al PCBajo

En la Tabla 5-158 se presenta la descripción general del ICA establecido en la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-158 Descripción general índice de calidad de aire

Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
0-50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51-100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.
101-150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblaciones sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material particulado: Las Personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles por lo tanto en mayor riesgo.
151-200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos más sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201-300	Púrpura	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud
301-500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

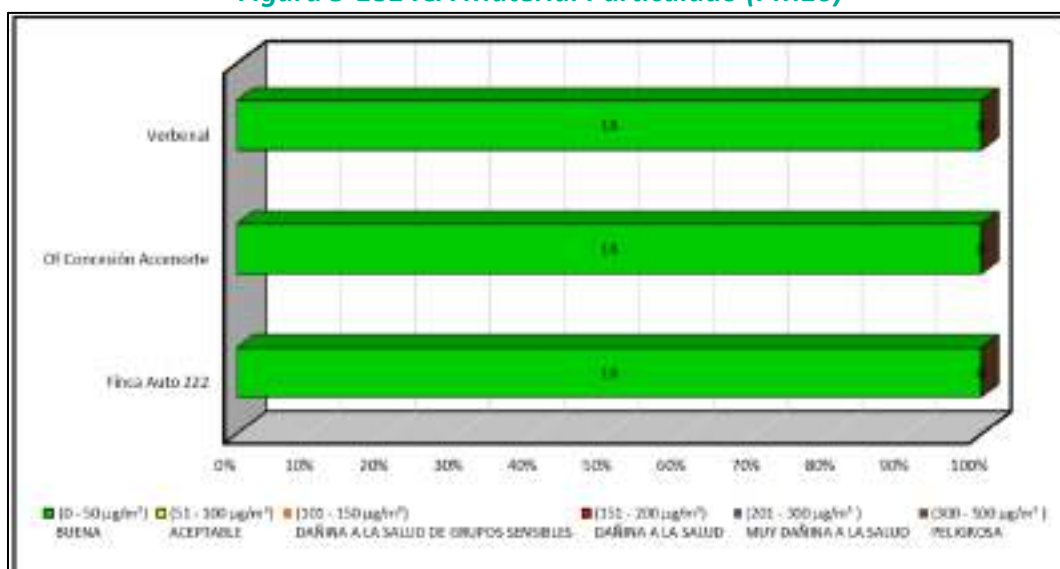
Fuente: Resolución 2254/2017 del MADS.

En general se requiere que en todas las zonas de monitoreo se reporte el ICA de zona de 8 horas. Sin embargo, hay un pequeño número de áreas donde un ICA basado en valores de ozono 1 hora y reportar el más alto de los dos.

El ICA de ozono de 8 horas no será calculado para concentraciones superiores a 394 µg/m³. Para valores superiores se realizará únicamente el cálculo de ICA de ozono para 1 hora.

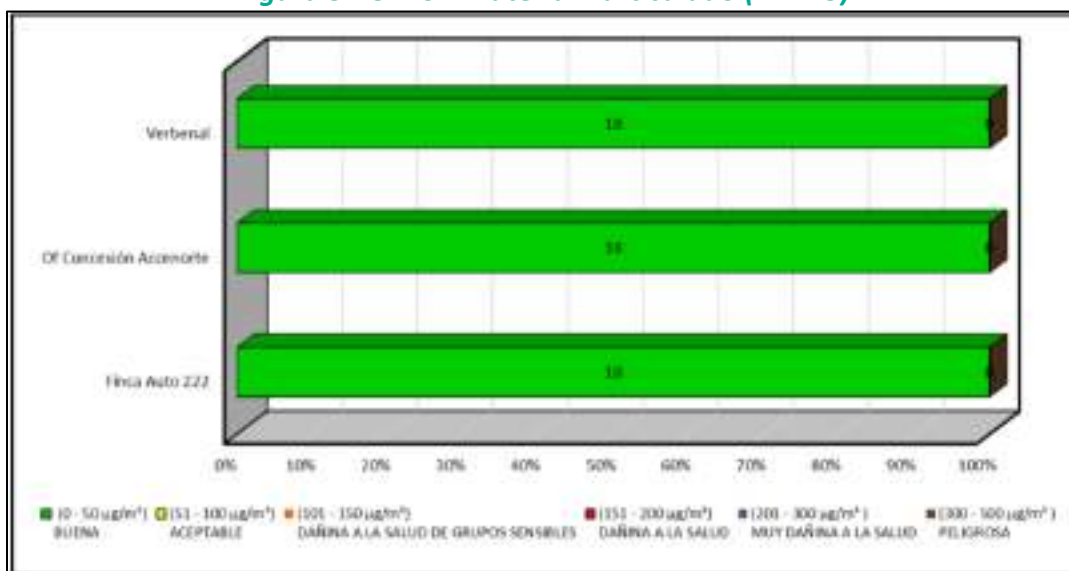
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-181 ICA Material Particulado (PM10)



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

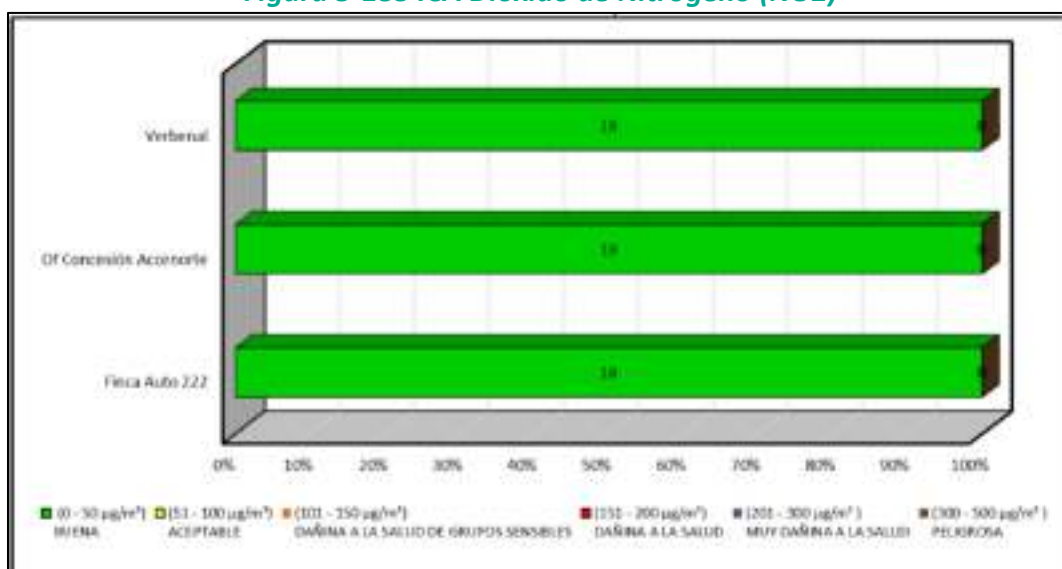
Figura 5-182 ICA Material Particulado (PM2.5)



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

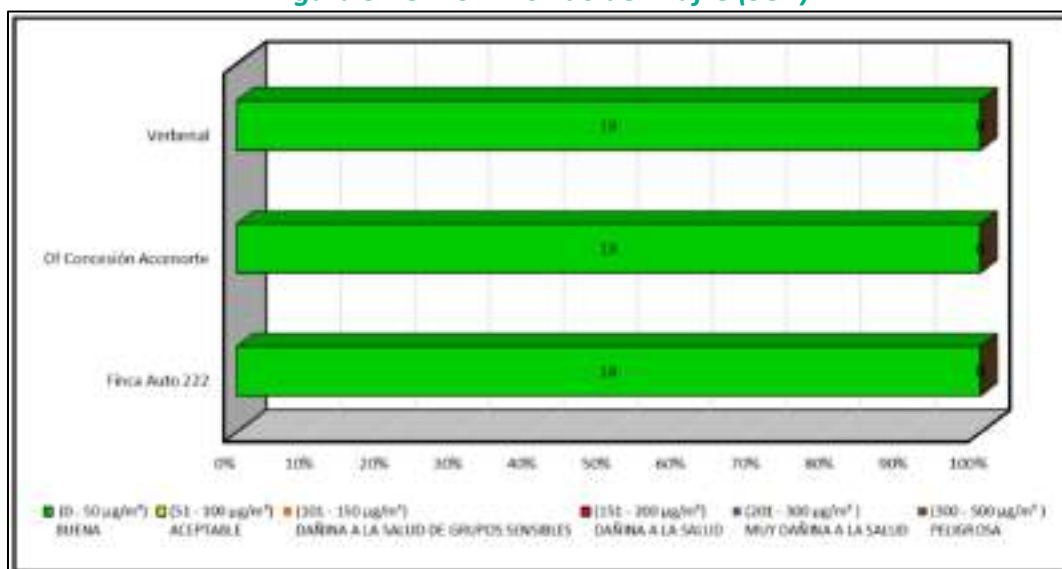
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Figura 5-183 ICA Dióxido de Nitrógeno (NO₂)



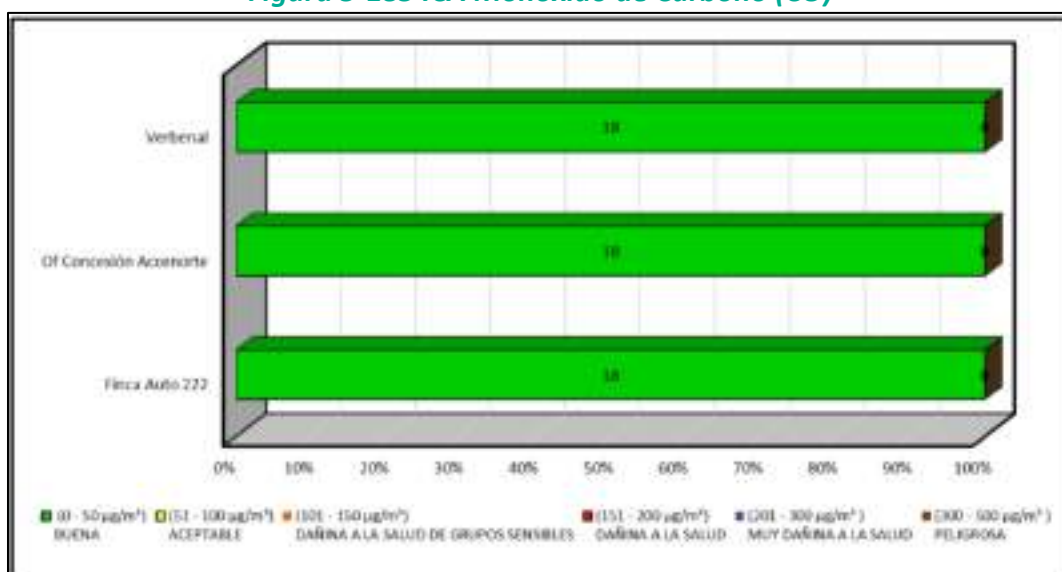
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-184 ICA Dióxido de Azufre (SO₂)



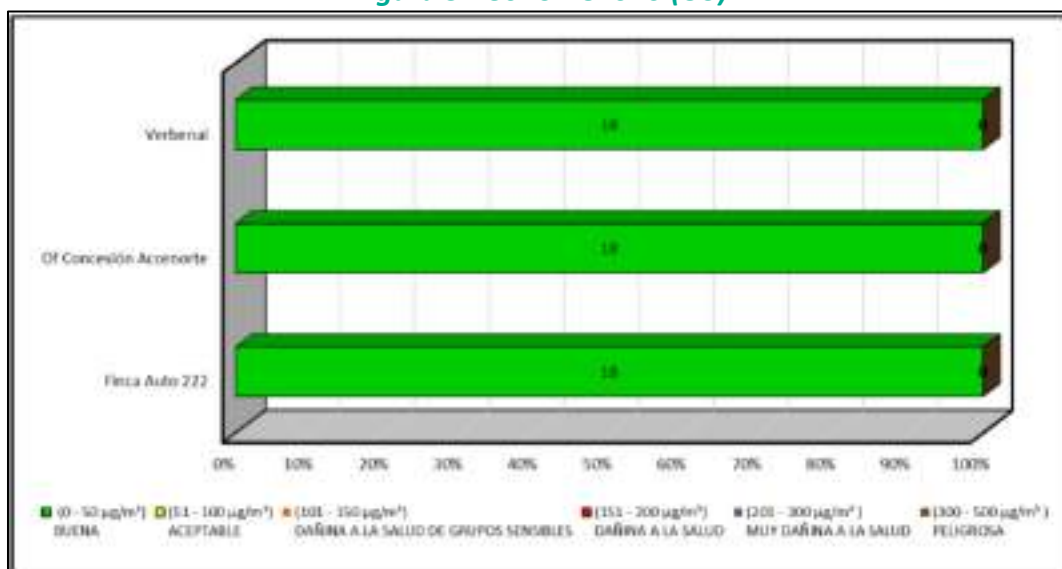
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-185 ICA Monóxido de Carbono (CO)



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 5-186 ICA Ozono (O3)



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

De acuerdo con la evaluación de calidad de aire realizada en el área de estudio durante el periodo comprendido entre el 21 de enero y el 07 de febrero de 2023 (durante 18 días/432 muestras) se presentan las siguientes conclusiones:

Los contaminantes Material Particulado PM10 y PM2.5, presentaron cumplimiento en relación con los límites normativos en sus tiempos de exposición de 24 horas (75 µg/m3 para PM10 y 37 µg/m3 para PM2.5) y para el límite indicativo anual (50 µg/m3 para PM10 y 25 µg/m3 para PM2.5) en todas las estaciones de monitoreo.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Para el contaminante Dióxido de Azufre (SO_2) las concentraciones presentaron cumplimiento en las 3 estaciones de monitoreo, respecto a los límites máximos permisibles en su tiempo de exposición horario ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como diario ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), estos límites están dados por la resolución 2254 de 2017 del MADS.

Para Dióxido de Nitrógeno (NO_2), las concentraciones en las 3 estaciones de monitoreo tuvieron un pleno cumplimiento de la normatividad vigente, esto en el tiempo de exposición horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), así mismo, como el límite máximo permisible anual ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Las concentraciones del parámetro Monóxido de Carbono (CO) obtenidas en las 3 estaciones de monitoreo, cumplieron los límites máximos permisibles, tanto a un tiempo de exposición horario ($35.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), como el tiempo de exposición de 8 horas ($5.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Para el contaminante Ozono (O_3), las concentraciones en las 3 estaciones de monitoreo cumplieron con el límite máximo permisible para un tiempo de exposición de 8 horas ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Con base a los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo y respecto al artículo 19 de la resolución 2254 de 2017, se realiza el cálculo del índice de Calidad del Aire. El resultado obtenido para todos los contaminantes criterio y en las estaciones fue entre un rango menor de 50, con esto se infiere que el estado de la calidad del aire en la zona de estudio es Bueno.

5.1.10.4 *Ruido ambiental*

La evaluación de las condiciones a nivel de ruido ambiental en la zona de estudio se desarrolló de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Resolución 627 de 2006 del MAVDT (actual MADS). El monitoreo de ruido fue desarrollado por la empresa MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., acreditado por el IDEAM en la matriz aire, según Resolución No. 1849 del 26 de agosto de 2022.

5.1.10.4.1 Localización de los puntos de medición

Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos del MAVDT hoy MADS, establecidos en la Resolución N° 627 de 2006 artículo 17, se efectuaron en el área del proyecto, mediciones de ruido ambiental tanto en el horario diurno, como en el horario nocturno. A continuación, se indican las condiciones generales bajo las cuales se realizaron dichas mediciones:

Se midió ruido ambiental en ocho (8) puntos localizados en el área de la autopista norte teniendo en cuenta la ubicación de los asentamientos humanos más cercanos, así como las fuentes de ruido principales, cubriendo de esta manera el área de estudio.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

El monitoreo fue ejecutado durante el horario diurno y nocturno tomando mediciones en día hábil y en día no hábil, según lo recomendado en los Anexos II y III de la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 emitida por MAVDT hoy MADS.

Se realizó el monitoreo los días 16, 17, 19 y 20 de marzo de 2023, teniendo en cuenta las actividades cotidianas de la población.

Las mediciones se realizaron para el horario diurno entre las 07:01 y las 21:00 horas y para el periodo nocturno entre las 21:01 y las 07:00 horas, según lo dispuesto en el Artículo 2 del capítulo 1 de la norma nacional de ruido ambiental.

La localización de los puntos de muestreo se describe en la Figura 5-187.

Figura 5-187 Localización puntos de muestreo para ruido ambiental



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Tabla 5-159 Localización de los puntos de medición de ruido en el área de estudio.

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo Diurno	Imagen Monitoreo Nocturno	Coordenadas Datum Magnas Sirgas		Coordenad as Geográficas	Sector según Resolución 627/2006
			Origen Bogotá	Origen Nacional		
Ruido ambiental						

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo Diurno	Imagen Monitoreo Nocturno	Coordenadas Datum Magnas Sirgas		Coordenadas Geográficas	Sector según Resolución 627/2006
			Origen Bogotá	Origen Nacional		
RA # 1			1019552,123 N 1003895,657 E	2085499 N 4884447 E	4°46'22,84" N 74° 2'32,61" W	C
RA # 1: Punto de monitoreo localizado en terreno plano contiguo a San Andresito Norte, se ubica sobre el costado Sur-Norte de la Autopista Norte, con flujo vehicular constante.						
RA # 2			1022229,149 N 1004241,567 E	2088174 N 4884797 E	4°47'49,99" N 74° 2'21,38" W	C
RA # 2: Punto de monitoreo localizado en terreno plano, sobre el costado Norte-Sur de la Autopista Norte, frente a un vivero, con flujo vehicular constante.						
RA # 3			1020810,306 N 1004005,295 E	2086756 N 4884558 E	4°47'3,80" N 74° 2'29,05" W	C
RA # 3: Punto de monitoreo localizado en terreno plano pavimentado, sobre el costado Norte-Sur de la Autopista Norte, frente al cementerio Jardines del recuerdo, con flujo vehicular constante.						

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo Diurno	Imagen Monitoreo Nocturno	Coordenadas Datum Magnas Sirgas		Coordenadas Geográficas	Sector según Resolución 627/2006
			Origen Bogotá	Origen Nacional		
RA # 4			1021357,693 N 1004101,408 E	2087303 N 4884655 E	4°47'21,62" N 74° 2'25,93" E	C
RA # 4: Punto de monitoreo localizado en terreno plano pavimentado y de pastos bajos, sobre el costado Norte-Sur de la Autopista Norte, frente al colegio San Viator, con flujo vehicular constante.						
RA # 5			1023521,134 N 1004555,798 E	2089464 N 4885113E	4°48'32,05" N 74° 2'11,18" W	C
RA # 5: Punto de monitoreo localizado en terreno plano pavimentado, sobre el costado Sur-Norte de la Autopista Norte, frente a Muebles Guaymaral, con flujo vehicular constante.						
RA # 6			1024729,562 N 1004746,46 E	2090672 N 4885305 E	4°49'11,39" N 74° 2'4,99" W	C
RA # 6: Punto de monitoreo localizado en terreno plano pavimentado, sobre el costado Sur-Norte de la Autopista Norte, frente a Moto Mart S.A., cerca de una estación de servicio y del peaje, con flujo vehicular constante.						

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo Diurno	Imagen Monitoreo Nocturno	Coordenadas Datum Magnas Sirgas		Coordenadas Geográficas	Sector según Resolución 627/2006
			Origen Bogotá	Origen Nacional		
RA # 7			1022399,994 N 1005165,066 E	2088343 N 4885720 W	4°47'55,55" N 74° 1'51,41" W	C
RA # 7: Punto de monitoreo localizado en terreno plano de pastos bajos, sobre el costado Norte-Sur de la vía Bogotá -La Caro o Carrera 7ma frente al club compensar de la 220, con flujo vehicular constante.						
RA # 8			1023585,069 N 1005221,683 E	2089527 N 4885778 W	4°48'34,13" N 74° 1'49,57" W	C
RA # 8: Punto de monitoreo localizado en terreno plano de pastos bajos, sobre el costado Sur-Norte de la vía Bogotá -La Caro o Carrera 7ma frente al restaurante Juan Carnes Parrilla, con flujo vehicular constante.						

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Las condiciones específicas de las mediciones de ruido ambiental se describen en la Tabla 5-160

Tabla 5-160 Técnica de medición utilizada.

Aspecto	Características	
Configuración del sonómetro	MEDIDOR 1: Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial lenta (Slow). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.	MEDIDOR 2: Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial (Impulse). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.
	Configurado para registrar en memoria los niveles integrados en cada medición.	
Ubicación del sonómetro	Mediciones de ruido ambiental: Ubicado sobre trípode a cuatro (4) metros de altura con respecto al piso.	
Verificación	Se realizó verificación acústica a una frecuencia de 1 kHz y a un nivel de presión sonora de 94,0 dB antes y después de las mediciones.	
Distribución temporal de las mediciones	Mediciones durante la jornada diurna y nocturna.	

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Aspecto	Características
Intervalo unitario de tiempo de medida	Mediciones de ruido ambiental: Se realizaron mediciones en cada punto de monitoreo durante una hora en periodo diurno y nocturno, cada medición tuvo una duración de 8 minutos en cada una de las cuatro (4) direcciones (Norte, Este, Sur, Oeste) y en posición vertical, completando una captura de datos de 40 minutos por punto de muestreo (distribuidos en la hora).
Posicionamiento	Se registraron las coordenadas con ayuda de un GPS (Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá y Nacional).
Condiciones generales	Uso de pantalla antiviento.

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.4.2 Condiciones meteorológicas

En la Tabla 5-161 se presentan las condiciones meteorológicas en los días de monitoreo en la zona de estudio.

Tabla 5-161 Condiciones meteorológicas

Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad Viento (m/s)	Dirección Viento	Precipitación (mm)	Presión Barométrica (mmHg)
16/03/2023	01:00 pm	19,9	61	1,9	NW	0	563,7
	03:00 pm	18,3	69	2	NW	0	563
	04:00 pm.	16,8	71	2,1	NNW	0	563,2
	05:00 pm.	16,7	73	1,7	NW	0	563,2
	09:00 pm.	12,9	89	0,5	SW	0	564,9
	10:00 pm.	12,7	90	0,7	W	0	565,1
	11:00 pm	11,9	92	0,5	SSW	0	565
17/03/2023	12:00 am	12,5	92	0,6	WNW	0	563,8
	01:00 am	12,3	95	0,6	W	0	563,3
	02:00 am	12,2	96	0,4	WSW	0	563
	11:00 am	14,4	90	0,7	W	0	565,1
	12:00 pm	14	92	0,6	S	0	564,8
	01:00 pm	13,3	89	0,9	SSW	0	564,3
19/03/2023	07:00 am	11,7	99	0,5	NE	0	565,7
	08:00 am	12,3	99	0,5	ENE	0	566
	09:00 am	13,5	98	0,7	NNW	0	566,4
	11:00 am	13,8	85	0,9	NE	0	566
	12:00 pm	14,5	89	0,9	W	0	565,4
	09:00 pm	11,8	97	0,3	S	0	565,5
	11:00 pm	11,7	98	0,3	N	0	566
20/03/2023	12:00 am	11,9	98	0,4	S	0	565,7
	01:00 am	11,5	98	0,3	S	0	565,1
	02:00 am	11,8	98	0,4	SW	0	564,7
	03:00 am	11,6	98	0,4	WSW	0	564,5
	08:00 am	13,8	100	0,8	E	0	565,6
	03:00 pm	18,9	67	1	W	0	563,5
	04:00 pm	16,9	77	1,3	WNW	0	563,1
	05:00 pm	15,8	79	0,9	WSW	0	563,1
	06:00 pm	14,6	88	1	WNW	0	563,6

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad Viento (m/s)	Dirección Viento	Precipitación (mm)	Presión Barométrica (mmHg)
	09:00 pm	13,4	93	0,4	SW	0	564,8
	10:00 pm	12,1	94	0,4	SSW	0	564,9
	11:00 pm	11,9	94	0,4	SE	0	565

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.4.3 Resultados monitoreo de ruido ambiental

El monitoreo de ruido ambiental se realizó en horario diurno y nocturno, en día hábil y no hábil. Los valores obtenidos se compararon con los límites máximos establecidos en la Resolución 627 de 2006 del MAVDT, teniendo en cuenta el uso del suelo de la zona de estudio (Tabla 5-162).

Tabla 5-162 Clasificación sectores – Ruido ambiental

Puntos	Sector	Subsector	Límite Máximo (7:01- 21:00)	Límite Máximo (21:01- 7:00)
RA-1 a RA-8	Sector C. Ruido Intermedio Restringido	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	75

Fuente: Resolución 627/2007 del MAVDT, 2023.

A continuación, se realiza una valoración de los niveles de ruido ambiental durante los horarios diurno y nocturno en los puntos ubicados en el área del proyecto, teniendo en cuenta los usos del suelo. Esta valoración toma las mediciones en campo (Leq) hechas en ponderación A y tiempo de respuesta S y las compara con la normatividad ambiental vigente.

5.1.10.4.3.1 Monitoreo de ruido ambiental en horario diurno

En la Tabla 5-163 se presentan los resultados para los puntos monitoreados y localizados en el sector de restricción C "Ruido Intermedio Restringido".

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 5-163 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible durante el horario diurno (Sector C).

PUNTO DE MONITOREO	DIRECCIÓN					LAEQ DB	VALOR MÁXIMO PERMITIDO dB	¿CUMPLE?	ESTADÍSTICA			FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
RA # 1	79,6	75,4	80,7	80,8	79,1	79,5	80	SI	2,2	2,80 %	2,8	16/03/2023	12:58:29	13:58:29
	74	74,2	74,9	79,1	79,4	77	80	SI	2,7	3,50 %	3,5	19/03/2023	7:32:35	8:32:35
RA # 2	81,3	78,3	80	76	78	79,1	80	SI	2	2,60 %	2,6	17/03/2023	11:50:17	12:50:17
	73,6	73,2	77,9	73,5	76,3	75,3	80	SI	2,1	2,80 %	2,7	19/03/2023	11:25:49	12:25:48
RA # 3	73,5	77,9	76,9	77,5	74,5	76,4	80	SI	1,9	2,50 %	2,5	17/03/2023	13:05:01	14:05:01
	75,2	71,9	71,2	70,8	71,3	72,4	80	SI	1,8	2,50 %	2,3	19/03/2023	12:38:43	13:38:44
RA # 4	73,6	76,3	76,7	73,9	74,8	75,2	80	SI	1,4	1,90 %	1,8	17/03/2023	13:03:22	14:03:22
	80,1	72,6	71,8	73	76,8	76,1	80	SI	3,5	4,60 %	4,5	20/03/2023	15:31:56	16:31:56
RA # 5	75,4	75,3	74,6	75,2	77,8	75,8	80	SI	1,2	1,60 %	1,6	16/03/2023	15:08:51	16:08:51
	74	77,2	74,6	73,7	75	75,1	80	SI	1,4	1,80 %	1,8	20/03/2023	15:22:46	16:22:46
RA # 6	72,7	80	79,7	78,2	75,1	77,9	80	SI	3,2	4,00 %	4	16/03/2023	16:34:25	17:34:24
	73,8	74,5	83	76	74,7	78,1	80	SI	3,8	4,80 %	4,8	19/03/2023	8:58:11	9:58:11
RA # 7	72,3	76,5	75,3	68,6	70	73,5	80	SI	3,4	4,60 %	4,3	16/03/2023	16:28:57	17:28:56
	66,8	67,9	67,4	67,1	66,3	67,1	80	SI	0,6	0,90 %	0,8	20/03/2023	8:15:16	9:15:16
RA # 8	70,8	75,4	70,8	75,1	70,1	73,1	80	SI	2,6	3,50 %	3,3	16/03/2023	15:12:02	16:12:02
	70,6	72,3	64	69	70,8	70,1	80	SI	3,2	4,57 %	4,1	20/03/2023	17:17:55	18:17:55

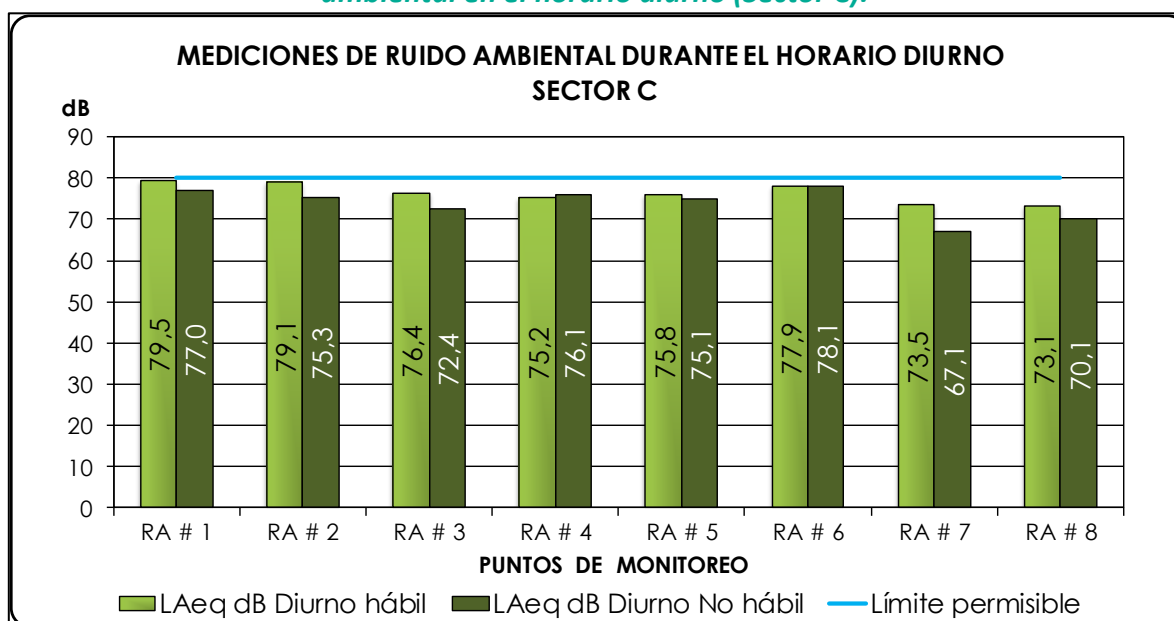
LAeq dB Diurno: Lectura equivalente en dB horario diurno

SD: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación. IC: Intervalo de confianza

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Los niveles de presión sonora registrados se alojaron en un rango de 73,1 dB (RA # 8) a 79,5 dB (RA # 1) en día hábil, en tanto que, en día no hábil los resultados oscilaron entre 67,1 dB (RA # 7) y 78,1 dB (RA # 6). De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia cumplimiento del límite permisible de la Resolución 627 de 2006 (80 dB) en el día hábil y no hábil en jornada diurna para todos los puntos de monitoreo.

Figura 5-188 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno (Sector C).



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Este comportamiento se relaciona con las fuentes de ruido identificadas durante el monitoreo, por lo que los resultados se atribuyen a las condiciones normales naturales del medio y a las actividades cotidianas desarrolladas en la zona, teniendo en cuenta que los puntos se ubican junto a una vía principal con alto flujo vehicular (Autopista Norte para RA # 1, RA # 2, RA # 3, RA # 4, RA # 5 y RA # 6 y carrera 7ma para RA # 7 y RA # 8) se percibió el sonido de automóviles, motocicletas, camiones, tractocamiones, buses, flotas intermunicipales, entre otros, además de los sonidos producidos por la fauna local compuesta por aves silvestres, insectos, y caninos.

5.1.10.4.3.2 Monitoreo de ruido ambiental en horario nocturno

En la Tabla 5-164 se presentan los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción C "Ruido Intermedio Restringido", de la zona de estudio.

Se registraron niveles de presión sonora que se encontraron en un rango de 60,5 dB (RA # 8) y 77,1 dB (RA # 1) en día hábil, por su parte, en día no hábil los resultados variaron entre

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



61,8 dB (RA # 8) y 81,2 dB (RA # 4); exhibiendo sobrepasos de entre 0,5 dB a 11,2 dB; en los puntos RA # 1, RA# 2, RA # 3, RA # 5 y RA # 6 en día hábil y en los puntos RA # 1, RA # 3 y RA# 4 en el día no hábil, respecto al límite establecido por la Resolución 627 de 2006 (70 dB), se indica cumplimiento en el resto de las mediciones.

Tabla 5-164 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible durante el horario nocturno (Sector C).

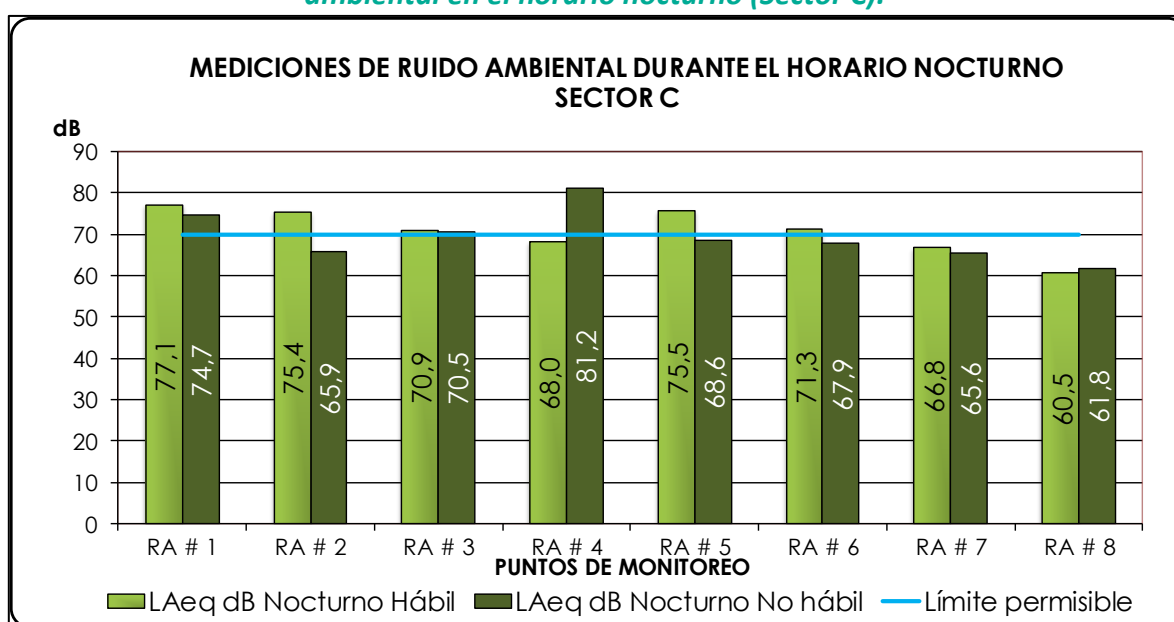
Punto de Monitoreo	Dirección					Lae q dB	Valor Máximo o Permitido dB	¿Cumple?	Estadística			Fecha	Hora Inicial	Hora Final
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
RA # 1	73,2	81,3	77,4	73,2	73,5	77,1	70	NO	3,6	4,70 %	4,6	16/03/2023	21:04:11	22:04:16
	79	72,7	72	72,6	71,4	74,7	70	NO	3,1	4,10 %	4	19/03/2023	21:02:11	22:02:11
RA # 2	75,2	79,3	70,8	74,9	71,4	75,4	70	NO	3,4	4,50 %	4,4	17/03/2023	0:12:04	1:12:04
	52,1	58,4	67,9	68,5	67,2	65,9	70	SI	7,3		9,3	20/03/2023	0:54:14	1:54:14
RA # 3	70	70,8	71,7	70,8	71,1	70,9	70	NO	0,6	0,90 %	0,8	17/03/2023	0:47:29	1:47:29
	71,5	68,4	69,6	70,6	71,7	70,5	70	NO	1,4	2,00 %	1,8	20/03/2023	2:25:34	3:25:34
RA # 4	70,6	70,4	67,8	63,9	59,5	68	70	SI	4,7	7,00 %	6,1	17/03/2023	1:25:38	2:25:38
	79,3	81,6	82,3	81	81,5	81,2	70	NO	1,1	1,40 %	1,4	20/03/2023	21:40:48	22:40:46
RA # 5	73,2	75,4	74,5	78,2	74,6	75,5	70	NO	1,9	2,50 %	2,4	16/03/2023	22:21:56	23:21:56
	51	61,5	49,4	51,6	75,4	68,6	70	SI	11		14	19/03/2023	23:41:49	0:41:49
RA # 6	70,1	70,4	70,5	71,1	73,4	71,3	70	NO	1,3	1,90 %	1,7	16/03/2023	23:25:01	0:25:01
	64,7	64,5	67,4	69,4	70,3	67,9	70	SI	2,6	3,90 %	3,4	20/03/2023	0:55:29	1:55:29
RA # 7	68	69,5	64,9	64,7	64,5	66,8	70	SI	2,3	3,40 %	2,9	16/03/2023	21:01:01	22:01:57
	66,3	60,8	61,9	62,4	69,7	65,6	70	SI	3,7	5,60 %	4,7	20/03/2023	23:29:41	0:29:03
RA # 8	64,4	60,6	56,1	59,3	56,6	60,5	70	SI	3,4	5,60 %	4,3	16/03/2023	22:13:05	23:13:05
	66,3	58,6	61,2	60,6	52,5	61,8	70	SI	5	8,10 %	6,4	19/03/2023	23:38:49	0:38:49

Laeq dB Diurno: Lectura equivalente en dB horario nocturno

SD: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación. IC: Intervalo de confianza

Los resultados se relacionan con las fuentes de ruido identificadas durante el monitoreo, por lo que los resultados se atribuyen a las condiciones normales naturales del medio y a las actividades cotidianas desarrolladas en la zona, teniendo en cuenta que los puntos se ubican sobre una vía principal se percibió el sonido de automóviles, motocicletas, camiones, tractocamiones, flotas intermunicipales, entre otros, además de los sonidos producidos por la fauna local compuesta por aves silvestres, insectos, anfibios y perros.

Figura 5-189 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno (Sector C).



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En relación con los niveles registrados en horario diurno, se evidencia que los niveles de presión sonora se presentan una disminución de 2,4 dB en el punto de monitoreo (RA # 1) en día hábil y una disminución de 2,3 dB para el día no hábil; para (RA # 2) en día hábil se observa una disminución de 3,7 dB en el horario nocturno, para la jornada no hábil se evidencia una disminución de 9,4 dB; el punto de monitoreo (RA # 3) presenta una disminución de 5,5 dB para la jornada hábil y una disminución de 1,9 dB en la jornada no hábil, asimismo, para el punto de monitoreo (RA # 4) en la jornada hábil y no hábil se presenta una disminución de 7,2 dB y un aumento de 5,1 dB. El punto de monitoreo (RA # 5) reportó una disminución de 0,3 dB en el horario nocturno hábil y en las mediciones realizadas para el día no hábil de 6,5 dB; para (RA # 6) se presentó una disminución de 6,6 dB y para el día no hábil de 10,2 dB; finalmente, para RA # 7 se obtuvieron disminuciones de 6,7 dB y 1,5 dB y para el punto de monitoreo (RA # 8) se obtuvo una disminución de 12,6 dB en la jornada nocturna de día hábil y en el día no hábil de 8,3 dB en la jornada nocturna.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



5.1.10.4.3 Correcciones por tonalidad e impulsividad

Respecto a las correcciones por tonalidad e impulsividad observadas en la Tabla 5-165, para el horario diurno el 15,0% de las mediciones por dirección presentó componente tonal neto, el 6,0% de las mediciones hacen referencia al componente tonal fuerte y el 62,0% no presentó componente tonal. En relación con el componente impulsivo, el 41,3% de las direcciones registró componente impulsivo neto, no se presentó componente tonal fuerte y el 58,7% restante no se evidenció componente impulsivo.

Tabla 5-165: Correcciones por tonalidad e impulsividad en horario diurno.

Punto de Monitoreo	Tonalidad					Impulsividad					Corrección final				
	N	E	S	O	V	N	E	S	O	V	N	E	S	O	V
RA1	0	0	3	0	0	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3
RA2	6	3	0	0	0	3	0	3	0	3	6	3	3	0	3
RA3	0	3	0	0	0	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3
RA4	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3	0	3	3	0	3
RA5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
RA6	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	3	3	3	0
RA7	0	6	6	0	0	3	3	3	0	0	3	6	6	0	0
RA8	0	3	0	6	0	0	3	0	0	0	0	3	0	6	0
RA1	0	0	0	0	6	0	0	0	3	3	0	0	0	3	6
RA2	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	3
RA3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
RA4	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0	3
RA5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
RA6	0	0	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	0	0
RA7	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
RA8	3	3	0	0	3	0	0	0	3	0	3	3	0	3	3

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para el horario nocturno (Tabla 5-166), el 23,8% de las mediciones por dirección presentó componente tonal neto, el 10,0% de las mediciones hacen referencia al componente tonal fuerte y el 66,2% restante no presentó componente tonal. En relación con el componente impulsivo, el 40,0% de las direcciones presentó componente impulsivo neto, el 5,0% registró componente impulsivo fuerte y el 55,0% no evidenció componente impulsivo.

Tabla 5-166: Correcciones por tonalidad e impulsividad en horario nocturno.

Punto de Monitoreo	Tonalidad					Impulsividad					Corrección final				
	N	E	S	O	V	N	E	S	O	V	N	E	S	O	V
RA1	0	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	3	0	0

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Punto de Monitoreo	Tonalidad					Impulsividad					Corrección final				
	N	E	S	O	V	N	E	S	O	V	N	E	S	O	V
RA2	0	6	0	0	0	3	0	0	3	0	3	6	0	3	0
RA3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RA4	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
RA5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0
RA6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
RA7	0	3	0	0	0	3	6	3	3	3	3	6	3	3	3
RA8	6	3	0	0	0	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3
RA1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
RA2	3	3	3	6	3	0	0	0	0	3	3	3	3	6	3
RA3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
RA4	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
RA5	0	6	6	3	3	3	3	0	3	6	3	6	6	3	6
RA6	0	0	3	6	3	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3
RA7	0	3	0	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
RA8	0	0	0	3	3	6	3	6	3	3	6	3	6	3	3

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.4.3.4 Incertidumbre de la medición

Los resultados obtenidos tienen un grado de error inherente que depende entre otros de los siguientes factores:

La precisión del instrumento utilizado: Se utilizó un sonómetro tipo I, para el cual está definido un error máximo de $\pm 0,5$ dB.

La dispersión de los datos: Que se cuantifica mediante la desviación estándar, el coeficiente de variación y los límites de confianza inferior y superior. Estos valores han sido calculados y se presentan en las tablas para los horarios diurno y nocturno.

La propagación del error en los cálculos: Cuando se realizan operaciones con datos que tiene un error, el resultado presenta también un error distinto que se puede calcular. Sin embargo, en estos casos su magnitud es por lo general menor que los 2 errores considerados anteriormente y no se justifica su determinación.

Tabla 5-167 Incertidumbre de la medición.

Incertidumbre típica dB				Incertidumbre típica combinada dB	Incertidumbre de medición expandida dB
Instrumentación	Condiciones de funcionamiento	Condiciones meteorológicas y del terreno	Sonido residual		
0,5	0	0,5	0	1,12	2,24

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

5.1.10.4.3.5 Intervalos de confianza

Debido a que la medición tiene implícito un error relacionado con la variación de los niveles de ruido de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas y al error propio del instrumento de medición, los niveles de ruido obtenidos deben interpretarse más como un intervalo dentro del cual puede estar el nivel real, que como un resultado puntual indiscutible. A dicho intervalo se le conoce como intervalo de confianza. Estos intervalos se muestran en las tablas de resultados, asociados a cada dato, representa el intervalo de confianza para el ruido ambiental, mientras que el punto (para cada medición) corresponden al nivel de ruido equivalente, el cual es comparado con la norma. Para el horario diurno se presentaron intervalos de confianza de 0,8 dB a 4,8 dB. En horario nocturno los intervalos oscilaron entre 0,9 dB y 15,9 dB.

5.1.10.4.3.6 Variabilidad de fuentes

La variabilidad de las fuentes está determinada por la amplitud de los intervalos de confianza graficados en las figuras y los coeficientes de variación se presentan en las tablas de resultados. Durante el horario diurno el coeficiente de variación osciló entre 0,9% y 15,9% y para el monitoreo desarrollado durante el horario nocturno el coeficiente presentó un valor entre 0,8% y 14,0%.