

A2	25/08/2017	E.D. Matallana J.E. Ángel	E.D. Matallana J.E Angel	H. Tamayo	Comentarios Atendidos	
A1	10/08/2017	E.D. Matallana J.E. Ángel	E.D. Matallana J.E Angel	H. Tamayo	Comentarios EEB	
A0	25/06/2017	E.D. Matallana J.E. Ángel	E.D. Matallana J.E Angel	H. Tamayo	Emisión Original	
Versión previa						
REV.	(dd/mm/aaaa) Fecha	Elaborado por nombre/firma	Revisado por nombre/firma	Aprobado por nombre/firma	Descripción	Estado
 <p><b>UPME 04-2014</b></p> <p><b>REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 kV</b></p> <p><b>PROYECTO MEDELLÍN - LA VIRGINIA</b></p>						
<p><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p><b>CAPITULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO</b></p> 						
<p>REFERENCIA</p> <p>EEB-U414-CT100606-L140-HSE-2003-03-2</p>						

## TABLA DE CONTENIDO

3. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....	26
3.2 MEDIO ABIÓTICO.....	27
3.2.1 GEOLOGÍA .....	27
3.2.1.1 UNIDADES LITOLÓGICAS Y FORMACIONES SUPERFICIALES .....	27
3.2.1.1.1 Área de Influencia Indirecta (AII) .....	31
3.2.1.1.2 Área de Influencia Directa (AID) .....	60
3.2.1.1.3 Síntesis y Comparación áreas unidades geológicas del AII y AID .....	102
3.2.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	104
3.2.1.2.1 Área de Influencia Indirecta (AII). .....	105
3.2.1.2.2 Área de Influencia Directa (AID) .....	114
3.2.1.2.3 Síntesis estructuras geológicas (fallas) que atraviesan el AII y AID .....	123
3.2.1.3 AMENAZAS NATURALES .....	125
3.2.1.3.1 Amenaza por remoción en masa .....	125
3.2.1.3.2 Amenaza sísmica .....	125
3.2.2 GEOMORFOLOGÍA .....	125
3.2.2.1 Área de Influencia Indirecta (AII) .....	128
3.2.2.1.1 Unidades de Origen Erosional .....	128
3.2.2.1.2 Unidades de origen Estructural-Erosional.....	132
3.2.2.1.3 Unidades de Origen Estructural.....	138
3.2.2.1.4 Valles Aluviales (VA) .....	150
3.2.2.2 Área de Influencia Directa (AID) .....	151
3.2.2.2.1 Unidades de Origen Erosional .....	151
3.2.2.2.2 Unidades de Origen Estructural-Erosional .....	155
3.2.2.2.3 Unidades de Origen Estructural.....	160
3.2.2.3 Síntesis y Comparación áreas de unidades geomorfológicas del AII y AID .. .....	171
3.2.2.4 Procesos denudativos del AID.....	174
3.2.3 SUELOS.....	182
3.2.3.1 Unidades cartográficas de suelos en el área de Influencia Indirecta (AII) 184	

3.2.3.1.1	Suelos de lomeríos erosionales en ceniza y flujos y filos subagudos en roca volcánica.....	184
3.2.3.1.2	Suelos de lomerío erosional en cenizas y flujos .....	185
3.2.3.1.3	Suelos de lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y volcánica y cresta abrupta en roca volcánica .....	186
3.2.3.1.4	Suelos de filos paralelos de laderas medias en rocas igneas y neises sintéctonicos y filos de laderas cortas en roca ignea y sedimentaria.....	187
3.2.3.1.5	Suelos de lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y subvolcánica.....	187
3.2.3.1.6	Suelos de valle aluvial de y lomerío erosional en roca conglomerática	187
3.2.3.1.7	Suelos de las colinas de clima cálido húmedo transicional a cálido seco ..	188
3.2.3.1.8	Suelos lomerío erosional en roca sedimentaria y metasedimentaria y filos de laderas medias en roca ignea y metamórfica.....	189
3.2.3.1.9	Suelos de montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria .....	189
3.2.3.1.10	Suelos de filos paralelos de laderas medias en rocas igneas y neises sintéctonicos.....	192
3.2.3.1.11	Montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria .	193
3.2.3.1.12	Suelos de filos de laderas cortas en roca ignea y sedimentaria.....	194
3.2.3.1.13	Suelos de filos de laderas medias en roca ignea y metamórfica y filos de laderas largas en roca ignea y metamórfica.....	195
3.2.3.1.14	Suelos de filos subagudos en roca volcánica .....	195
3.2.3.1.15	Suelos de las vertientes de montaña de clima cálido y medio, húmedo transicionales a cálido y medio secos.....	196
3.2.3.1.16	Suelos de filos de laderas largas en roca volcano sedimentaria .....	196
3.2.3.1.17	Suelos de filos subagudos en roca volcánica .....	198
3.2.3.1.18	Suelos de Filos de cimas agudas .....	198
3.2.3.1.19	Cuerpos de Agua (CA) .....	199
3.2.3.1.20	Zonas Urbanas (Zu) .....	199
3.2.3.2	Uso actual. ....	201
3.2.3.2.1	Conservación .....	202
3.2.3.2.2	Forestal .....	203
3.2.3.2.3	Agricultura .....	204
3.2.3.2.4	Agroforestería.....	204

3.2.3.2.5	Ganadería .....	205
3.2.3.2.6	Minero .....	205
3.2.3.2.7	Infraestructura/Asentamientos .....	205
3.2.3.3	Uso potencial.....	208
3.2.3.3.1	Tierra Clase III.....	208
3.2.3.3.2	Tierra Clase IV .....	209
3.2.3.3.3	Tierra Clase VI .....	211
3.2.3.3.4	Tierra Clase VII .....	213
3.2.3.4	Conflictos de uso.....	215
3.2.3.5	Área de Influencia Directa (AID) .....	217
3.2.3.5.1	Unidades Cartográficas de suelos .....	217
3.2.3.6	Análisis físico – químico de suelos para el área de influencia directa .....	220
3.2.3.6.1	Suelo Typic Hapludands (S1) .....	220
3.2.3.6.2	Suelo Typic Udorthents (S2).....	221
3.2.3.6.3	Suelo Psammentic Humudepts (S3).....	221
3.2.3.6.4	Suelo Typic Humudepts (S4).....	222
3.2.3.6.5	Suelo Aeríc Paleaquults (S5).....	222
3.2.3.6.6	Suelo Typic Melanudands (S6).....	223
3.2.3.6.7	Suelo Typic Melanudands (S7).....	223
3.2.3.6.8	Suelo Typic Udorthents (S8).....	225
3.2.3.6.9	Suelo Typic Hapludults (S9).....	225
3.2.3.6.10	Suelo Typic Ustorthents (S10).....	225
3.2.3.6.11	Suelo Lithic Haplustepts (S11).....	226
3.2.3.6.12	Suelo Typic Haplustolls (S13).....	227
3.2.3.6.13	Suelo Typic Haplustolls (S14).....	227
3.2.3.6.14	Suelo Typic Humustepts (S15).....	228
3.2.3.6.15	Suelo Typic Ustorthents (S16).....	229
3.2.3.6.16	Suelo Typic Hapludolls (S17) .....	229
3.2.3.6.17	Suelo Typic Hapludolls (S18) .....	230
3.2.3.6.18	Suelo Typic Hapludolls (S19) .....	230
3.2.3.6.19	Suelo Typic Hapludolls (S20) .....	231
3.2.3.7	Uso actual del suelo .....	232

3.2.3.8	Uso potencial.....	233
3.2.3.9	Conflictos de uso.....	234
3.2.4	HIDROLOGÍA.....	235
3.2.4.1	Área de Influencia Indirecta (AII) .....	235
3.2.4.1.1	Identificación de sistemas lénticos y lóticos.....	235
3.2.4.1.2	Patrones de drenaje .....	256
3.2.4.2	Área de Influencia Directa (AID) .....	257
3.2.4.2.1	Caudales por subcuenca.....	259
3.2.5	CALIDAD DEL AGUA .....	261
3.2.5.1	Calidad de Agua en el AID del departamento de Caldas .....	263
3.2.5.1.1	Aferentes directos al Cauca Oriente .....	266
3.2.5.1.2	Cuenca aferentes directos al Cauca Occidente .....	271
3.2.5.2	Calidad de Agua en el AID del departamento de Risaralda .....	272
3.2.5.2.1	Monitoreo de bocatoma municipal y PMN del AID.....	273
3.2.5.2.2	Monitoreo de las unidades hidrográficas del AID.....	274
3.2.6	USOS DEL AGUA .....	280
3.2.6.1	Normatividad asociada al uso del recurso hídrico.....	280
3.2.6.2	Caracterización de las fuentes hídricas .....	281
3.2.6.3	Análisis de las Concesiones dentro de las áreas de Influencia del Proyecto Medellín – La Virginia. ....	285
3.2.6.3.1	Inventario de los usos y usuarios actuales y potenciales de las fuentes intervenidas por el proyecto dentro del Área de influencia Indirecta (AII).....	285
3.2.6.3.2	Inventario de los usos y usuarios actuales y potenciales de las fuentes intervenidas por el proyecto dentro del AID .....	291
3.2.6.3.3	Consumo de agua proyectado por el Proyecto y fuentes de abastecimiento .....	296
3.2.6.4	Anexos relacionados .....	297
3.2.7	HIDROGEOLOGÍA.....	297
3.2.7.1	Aptitud Hidrogeológica según litología.....	299
3.2.7.2	Unidades hidrogeológicas y acuíferos .....	305
3.2.7.2.1	Potencial hidrogeológico para las unidades geológicas del Proyecto identificadas en Antioquia.....	306

3.2.7.2.2	Potencial hidrogeológico para las unidades geológicas del Proyecto identificadas en Caldas.....	309
3.2.7.2.3	Potencial hidrogeológico para las unidades geológicas del Proyecto identificadas en Risaralda.....	314
3.2.7.3	Zonas potenciales de Recarga .....	316
3.2.7.4	Inventarios de Puntos de Agua.....	318
3.2.7.5	Red de Flujo.....	321
3.2.7.6	Mapa hidrogeológico y puntos de agua identificados.....	323
3.2.7.7	Distribución Unidades Hidrogeológicas para el AID.....	330
3.2.8	ATMÓSFERA.....	330
3.2.8.1	Clima.....	331
3.2.8.1.1	Temperatura.....	333
3.2.8.1.2	Presión Atmosférica .....	344
3.2.8.1.3	Precipitación.....	346
3.2.8.1.4	Humedad Relativa .....	352
3.2.8.1.5	Viento.....	357
3.2.8.1.6	Radiación Solar .....	370
3.2.8.1.7	Nubosidad .....	379
3.2.8.1.8	Altura de mezcla.....	382
3.2.8.1.9	Estabilidad atmosférica .....	384
3.2.8.1.10	Evaporación .....	387
3.2.8.1.11	Zonificación Climática.....	393
3.2.8.2	Calidad del aire .....	397
3.2.8.2.1	Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas existentes en la zona, teniendo en cuenta fuentes fijas, móviles, lineales y de área y aquellas que generará el proyecto, especialmente durante las etapas de adecuación y construcción de accesos a sitios de torre .....	397
3.2.8.2.2	Ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales y de las zonas críticas de contaminación. ....	403
3.2.8.2.3	Índice de Calidad del Aire (ICA).....	408
3.2.8.3	Ruido.....	421
3.2.8.3.1	Fuentes de generación de ruido ajenas al proceso constructivo y las que generará el proyecto.....	421

3.2.8.3.2	Receptores que pueden ser afectados por ruido durante la construcción del proyecto.....	423
3.2.9	GEOTECNIA .....	431
3.2.9.1	Variables analizadas .....	431
3.2.9.1.1	Pendiente .....	431
3.2.9.1.2	Unidades litológicas y formaciones superficiales .....	434
3.2.9.1.3	Resistencia del suelo o macizo rocoso .....	438
3.2.9.1.4	Densidad de drenaje .....	445
3.2.9.1.5	Distancia a trazas de fallas activas o inactivas .....	448
3.2.9.1.6	Amenaza sísmica .....	451
3.2.9.1.7	Usos del suelo.....	454
3.2.9.1.8	Precipitación media anual.....	456
3.2.9.2	Zonificación geotécnica .....	458
3.2.10	PAISAJE .....	461
3.2.10.1	Unidades de paisaje.....	461
3.2.10.2	Calidad visual.....	465
3.2.10.2.1	Morfología .....	466
3.2.10.2.2	Coberturas terrestres.....	472
3.2.10.2.3	Cuerpos de agua.....	479
3.2.10.2.4	Rareza.....	484
3.2.10.2.5	Fondo escénico .....	491
3.2.10.2.6	Calidad visual total del paisaje .....	497
3.2.10.2.7	Incidencia del Proyecto en las costumbres del lugar .....	503
3.2.10.3	Fragilidad visual .....	506
3.2.10.3.1	Pendiente (P) .....	507
3.2.10.3.2	Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E) .....	511
3.2.10.3.3	Capacidad de regeneración (R).....	515
3.2.10.3.4	Heterogeneidad y diversidad (V) .....	520
3.2.10.3.5	Fragilidad visual del territorio.....	524
3.2.10.4	Visibilidad .....	527

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3.2.1 Resumen y áreas de las unidades geológicas que afloran en el AID y All del Proyecto Medellín-La Virginia .....	103
Tabla 3.2.2 Estructuras identificadas en el AID del Proyecto Medellín- La Virginia .....	115
Tabla 3.2.3 Estructuras geológicas dentro del All y AID del Proyecto.....	123
Tabla 3.2.4 Áreas de las unidades geomorfológicas en el All y AID del Proyecto. .	172
Tabla 3.2.5 Unidades de suelo que cruzan el All y AID del Proyecto Medellín – La Virginia .....	199
Tabla 3.2.6 Grupos de uso de la tierra.....	201
Tabla 3.2.7 Subgrupos de uso de la tierra .....	202
Tabla 3.2.8 Usos actuales de las coberturas terrestres identificadas dentro del área de estudio.....	207
Tabla 3.2.9 Usos actuales que cruzan el All .....	207
Tabla 3.2.10 Usos potenciales que cruzan el All del Proyecto Medellín – La Virginia .....	215
Tabla 3.2.11 Conflictos de usos del suelo en el All del Proyecto Medellín – La Virginia .....	217
Tabla 3.2.12 Unidades cartográficas de suelos para el área de influencia directa del proyecto.....	217
Tabla 3.2.13 Clasificación a nivel de subgrupo de los suelos muestreados para el área de influencia indirecta del proyecto.....	219
Tabla 3.2.14 Uso actual del suelo en el área de influencia directa.....	232
Tabla 3.2.15 Usos potenciales que cruzan el All del Proyecto Medellín – La Virginia .....	234
Tabla 3.2.16 Conflictos de usos del suelo en el AID del Proyecto Medellín – La Virginia .....	234
Tabla 3.2.17 Zonificación Hidrográfica del Área de Estudio .....	237
Tabla 3.2.18. Sistemas lénticos dentro del Área de Influencia Indirecta.....	241
Tabla 3.2.19 Parámetros morfométricos por subcuenca .....	258
Tabla 3.2.20 Caudal medio por subcuenca.....	260
Tabla 3.2.21 Aporte de carga contaminante de DBO5, DQO, NT Y PT por subzona hidrográfica.....	262
Tabla 3.2.22 Corrientes con objetivos de calidad en Caldas y sectorización hidrográfica para el AID .....	264

Tabla 3.2.23 Tramos del río Maibá, Filadelfia .....	266
Tabla 3.2.24 Tramos río Tapias, Neira.....	267
Tabla 3.2.25 Tramos de las quebradas Malvinas, Amazonas y Doctrinas .....	268
Tabla 3.2.26 Parámetros fisicoquímicos de interés evaluados en el año 2013 para la Cuenca Aferentes directos al Cauca Oriente .....	269
Tabla 3.2.27 Tramos de la Quebrada Montevideo .....	271
Tabla 3.2.28 Parámetros fisicoquímicos de interés evaluados en el año 2013 para la Cuenca aferentes directos al Cauca Occidente .....	272
Tabla 3.2.29 Rangos del IFSN utilizados para la determinación de la calidad del agua .....	272
Tabla 3.2.30 Comportamiento de calidad IFSN .....	274
Tabla 3.2.31 Tabla consolidada del IFSN para el río San Francisco.....	275
Tabla 3.2.32 Tabla consolidada del IFSN para el río Otún.....	276
Tabla 3.2.33 Tabla consolidada de I IFSN para el río Cauca .....	277
Tabla 3.2.34 Tabla consolidada del IFSN para la Quebrada Grande .....	278
Tabla 3.2.35 Relación de departamentos y municipios que cruzan las AII y AID del proyecto Medellín – La Virginia.....	281
Tabla 3.2.36 Tipos de Usos de Agua para concesión de fuentes superficial.....	281
Tabla 3.2.37 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII del proyecto.....	285
Tabla 3.2.38 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII para Antioquia .....	287
Tabla 3.2.39 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII para Caldas.....	289
Tabla 3.2.40 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII para Risaralda .....	290
Tabla 3.2.41 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID del proyecto .....	292
Tabla 3.2.42 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID de Antioquia.....	293
Tabla 3.2.43 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID de Caldas .....	295
Tabla 3.2.44. Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID de Risaralda .....	295
Tabla 3.2.45. Criterios técnicos para identificar zonas potenciales de ocurrencia de aguas subterráneas .....	298
Tabla 3.2.46 Posibles Condiciones hidrogeológicas de las unidades geológicas que interceptan el Área de Influencia Directa del proyecto .....	300
Tabla 3.2.47 Nomenclatura de las unidades hidrogeológicas .....	304
Tabla 3.2.48 Ubicación geográfica de los manantiales y cauces secos .....	324
Tabla 3.2.49 Distancia de infraestructura del proyecto a nacimientos de agua .....	327

Tabla 3.2.50. Distribución de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia directa (AID) .....	330
Tabla 3.2.51 Listado de las Estaciones consideradas en el análisis de la Temperatura 1981-2010 .....	336
Tabla 3.2.52 Temperatura Media registrada .....	337
Tabla 3.2.53 Temperaturas Máximas registradas .....	339
Tabla 3.2.54 Temperaturas Mínimas registradas .....	341
Tabla 3.2.55. Precipitación mensual multianual para el Proyecto Medellín – La Virginia .....	347
Tabla 3.2.56. Humedad relativa mensual multianual.....	354
Tabla 3.2.57. Estaciones de medición de brillo solar (horas/día) .....	372
Tabla 3.2.58. Radiación solar promedio mensual multianual expresada en kWh/m <sup>2</sup> .....	376
Tabla 3.2.59 Rangos de nubosidad expresada en Octas.....	379
Tabla 3.2.60. Promedio mensual multianual de la nubosidad .....	380
Tabla 3.2.61. Radiación solar expresada en cal/cm <sup>2</sup> h.....	386
Tabla 3.2.62 Estaciones del IDEAM que miden la evaporación en mm .....	389
Tabla 3.2.63 Denominación termal para los rangos de temperatura establecidos en la metodología del IDEAM. ....	394
Tabla 3.2.64 Denominación de la precipitación para los rangos establecidos en la metodología del IDEAM. ....	394
Tabla 3.2.65. Zonificación climática dentro del AII .....	397
Tabla 3.2.66. Fuentes lineales .....	398
Tabla 3.2.67 Clasificación vial IGAC .....	398
Tabla 3.2.68 Canteras y materiales de arrastre .....	400
Tabla 3.2.69. Fuentes de olores ofensivos.....	400
Tabla 3.2.70. Central Hidroeléctrica San Francisco .....	401
Tabla 3.2.71. Títulos Mineros.....	401
Tabla 3.2.72 Centros poblados .....	403
Tabla 3.2.73. Puntos de monitoreo de calidad de aire .....	407
Tabla 3.2.74 Rangos cualitativos para el Índice de Calidad del Aire –ICA .....	408
Tabla 3.2.75 Índices de Calidad del Aire Estación 1: Granja La Pradera .....	408
Tabla 3.2.76 Índices de Calidad del Aire Estación 2: Vereda La Pradera .....	409

Tabla 3.2.77 . Índices de Calidad del Aire Estación 3: Sector Capilla - Llano de San José.....	410
Tabla 3.2.78 Índices de Calidad del Aire Estación 4: Centro poblado - Llano de San José.....	412
Tabla 3.2.79. Índices de Calidad del Aire Estación 5: Vereda San Isidro – Relleno Sanitario .....	413
Tabla 3.2.80 . Índices de Calidad del Aire Estación 6: Vereda La Miranda – Finca El Picacho.....	414
Tabla 3.2.81 Índices de Calidad del Aire Estación 7: Centro Poblado – Vereda La Estación.....	415
Tabla 3.2.82 Índices de Calidad del Aire Estación 8: Vereda Monte chelo.....	417
Tabla 3.2.83 Índices de Calidad del Aire Estación 9: Sector Labrador – Trapiche	418
Tabla 3.2.84 Índices de Calidad del Aire Estación 10: Hacienda Punta Arenas ....	419
Tabla 3.2.85 Fuentes de ruido existentes .....	422
Tabla 3.2.86 Ubicación de patios de acopio.....	422
Tabla 3.2.87 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo. ....	423
Tabla 3.2.88 Puntos de muestreo clasificados como Sectores, subsectores inmersos y límites máximos permisibles. ....	425
Tabla 3.2.89 Comparación de niveles de ruido ambiental en cada uno de los puntos de monitoreo en día Ordinario vs Norma actual vigente.....	427
Tabla 3.2.90 Comparación de niveles de ruido ambiental en cada uno de los puntos de monitoreo en día Dominical vs Norma actual vigente.....	429
Tabla 3.2.91 Sensibilidad para los rangos del proyecto .....	431
Tabla 3.2.92 Áreas por AII y AID de las sensibilidades de los rangos de pendiente del Proyecto.....	432
Tabla 3.2.93 Sensibilidad de las unidades geológicas .....	435
Tabla 3.2.94 Áreas por AII y AID de las sensibilidades por unidades geológicas..	436
Tabla 3.2.95 Resistencia del suelo de acuerdo con el tipo de roca o formación superficial .....	438
Tabla 3.2.96 Sensibilidad de por resistencia del suelo o macizo rocoso .....	441
Tabla 3.2.97 Áreas por AII y AID de las sensibilidades por resistencia del suelo o macizo rocoso .....	443
Tabla 3.2.98 Densidad de drenaje y calificación de sensibilidad.....	445
Tabla 3.2.99 Área de sensibilidad por densidad de drenaje.....	446
Tabla 3.2.100 Calificación de sensibilidad según distancia y actividad de fallas ...	448

Tabla 3.2.101 Áreas de sensibilidad por distancia a fallas .....	448
Tabla 3.2.102 Calificación de sensibilidad según amenaza sísmica .....	451
Tabla 3.2.103 Calificación de sensibilidad según amenaza sísmica por municipio	451
Tabla 3.2.104 Área de sensibilidad por amenaza sísmica .....	452
Tabla 3.2.105 Calificación de sensibilidad para uso de suelo .....	454
Tabla 3.2.106 Sensibilidad para los Intervalos de precipitación del proyecto .....	456
Tabla 3.2.107 Áreas de sensibilidad por precipitación .....	456
Tabla 3.2.108 Pesos designados a variables ambientales.....	458
Tabla 3.2.109 Categorías de susceptibilidad .....	459
Tabla 3.2.110 Áreas de la Zonificación Geotécnica del Proyecto.....	459
Tabla 3.2.111 Unidades de Paisaje .....	462
Tabla 3.2.112 Calidad visual asociada a la morfología del área del Proyecto .....	468
Tabla 3.2.113 Calidad asociada a las coberturas terrestres del Proyecto .....	474
Tabla 3.2.114 Calidad visual asociada a la presencia de cuerpos de agua (hidrografía).....	480
Tabla 3.2.115 Calidad visual asociada a la Rareza en el área del Proyecto .....	487
Tabla 3.2.116 Calidad visual asociada al Fondo escénico del Proyecto .....	493
Tabla 3.2.117 Calidad visual total del área del Proyecto Proyecto.....	498
Tabla 3.2.118 Satisfacción de las comunidades con el Paisaje en un escenario sin Proyecto. ....	503
Tabla 3.2.119 Capacidad de absorción visual asociado a la Pendiente (P) .....	507
Tabla 3.2.120 Capacidad de absorción visual asociado a la Estabilidad del suelo y erosonabilidad (E).....	511
Tabla 3.2.121 Capacidad de absorción visual asociado a la capacidad de regeneración (R).....	515
Tabla 3.2.122 Capacidad de absorción visual asociado a la heterogeneidad y diversidad (V) .....	520
Tabla 3.2.123 Capacidad de amortiguación visual del área de análisis .....	524
Tabla 3.2.124 Puntos de visibilidad .....	527
Tabla 3.2.125 Áreas visibles.....	530

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.2.1 Mapa geológico área de influencia Proyecto Medellín La Virginia.....	29
Figura 3.2.2 Cortes geológicos AID Proyecto Medellín - La Virginia .....	30
Figura 3.2.3 Aluviones Recientes a lo largo del cauce, municipios de La Pintada y Aguadas .....	58
Figura 3.2.4 Columna estratigráfica generalizada del área de estudio, tramo Medellín - La Pintada.....	59
Figura 3.2.5 Columna estratigráfica generalizada del área de estudio, tramo La Pintada - La Virginia .....	60
Figura 3.2.6 Mapa de estructuras regionales de los alrededores del área de estudio, la cual se encuentra al costado derecho de la imagen .....	112
Figura 3.2.7. Mapa de Geomorfología .....	127
Figura 3.2.8 LER-er. Municipio de Belalcázar, Caldas .....	129
Figura 3.2.9 LER-rsms, municipio de Amagá (Antioquia) .....	130
Figura 3.2.10 LER-cf, municipio de Marsella (Risaralda).....	131
Figura 3.2.11 LER-rc, municipio de Neira (Caldas) .....	132
Figura 3.2.12 LE-Er, Filadelfia (Caldas).....	133
Figura 3.2.13 LE-Er-rssv, Aguadas (Caldas).....	134
Figura 3.2.14 SME-Er-flm-rim, Amagá (Antioquia) .....	135
Figura 3.2.15 SME-Er-fll-rim, Caldas (Antioquia) .....	136
Figura 3.2.16 SME-Er-rims, Armenia (Antioquia) .....	137
Figura 3.2.17 SME-Er-flc-ris, Santa Bárbara (al oeste) y Abejorral (al oriente), Antioquia .....	138
Figura 3.2.18 SME-fplm-rins, Santa Bárbara (Antioquia) .....	139
Figura 3.2.19 SME-fll-rvs, Caldas al oriente y Fredonia al occidente .....	140
Figura 3.2.20 SME-fsr-rv, municipio de Risaralda (Caldas).....	141
Figura 3.2.21 SME-fsa-rv, Marsella (Risaralda) .....	142
Figura 3.2.22 SME-cp, Municipio de Aguadas (Caldas).....	143
Figura 3.2.23 SME-cpa, Filadelfia (Caldas).....	144
Figura 3.2.24 SME-cvsva, Filadelfia (Caldas) .....	145
Figura 3.2.25 SME-cd, Aguadas (Caldas).....	146
Figura 3.2.26 SME-carv, Santa Bárbara (Antioquia) .....	147
Figura 3.2.27 SME-e, La Merced (Caldas).....	148

Figura 3.2.28 SME-facs. Filadelfia (Caldas).....	149
Figura 3.2.29 SME-fca. Pácora, Caldas.....	150
Figura 3.2.30 VA, Chinchiná (Caldas).....	151
Figura 3.2.31 Procesos morfodinámicos identificados en el área del Proyecto ....	175
Figura 3.2.32 Interpretación del conflicto de uso del suelo.....	216
Figura 3.2.33. Cuerpos lentos y loticos en el AII.....	239
Figura 3.2.34 Patrones de drenaje.....	257
Figura 3.2.35 Ciclo Hidrológico Global.....	259
Figura 3.2.36 Cargas contaminantes potencialmente vertidas a los sistemas hídricos en el Área hidrográfica Magdalena – Cauca (t/año) .....	262
Figura 3.2.37 Sectorización hidrográfica de Caldas .....	265
Figura 3.2.38 Cuenca aferentes directos al Cauca oriente.....	270
Figura 3.2.39 Comportamiento de calidad IFSN para la bocatoma de La Virginia. ....	273
Figura 3.2.40 Comportamiento de calidad IFSN para la quebrada La Nona .....	274
Figura 3.2.41 Comportamiento de calidad IFSN Río San Francisco .....	275
Figura 3.2.42 Comportamiento de calidad IFSN Río Otún .....	277
Figura 3.2.43 Comportamiento de calidad IFSN Río Cauca.....	278
Figura 3.2.44 Comportamiento de calidad IFSN Quebrada Grande .....	279
Figura 3.2.45 Distribución de oferta hídrica y caudal en la cuenca Magdalena-Cauca .....	283
Figura 3.2.46 Distribución de las cabeceras municipales identificadas con condiciones de desabastecimiento, por área hidrográfica.....	283
Figura 3.2.47 Localización del Proyecto dentro de las Cuencas y Subcuencas Hidrográficas definidas por el IDEAM. ....	284
Figura 3.2.48 Consolidación fuentes, usos y usuarios en el AII.....	286
Figura 3.2.49 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas (AII) CORANTIOQUIA-CORNARE. ....	288
Figura 3.2.50 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas en AII CORPOCALDAS - CARDER. ....	291
Figura 3.2.51 Consolidación fuentes, usos y usuarios en AID .....	292
Figura 3.2.52 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas AID de CORANTIOQUIA - CORNARE .....	294
Figura 3.2.53 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas AID de CORPOCALDAS- CARDER .....	296

Figura 3.2.54. Identificación de nacimientos .....	320
Figura 3.2.55. Potencial hidrogeológico AID .....	323
Figura 3.2.56. Manantiales y cauces secos identificados en el AID .....	324
Figura 3.2.57 Ubicación Geográfica de las estaciones de Temperatura .....	335
Figura 3.2.58 Temperatura media anual multianual Proyecto Medellín- La Virginia. .....	338
Figura 3.2.59 Temperatura Máxima anual multianual. ....	340
Figura 3.2.60. Temperatura mínima anual multianual .....	342
Figura 3.2.61 Variación espacial de la temperatura .....	344
Figura 3.2.62 Variación espacial de la presión atmosférica. ....	346
Figura 3.2.63. Precipitación mensual multianual para el Proyecto Medellín – La Virginia .....	351
Figura 3.2.64. Precipitación mensual multianual interpolación espacial. ....	352
Figura 3.2.65. Variación mensual multianual registrada en las estaciones del IDEAM para el Proyecto Medellín – La Virginia.....	356
Figura 3.2.66. Viento Anabático.....	358
Figura 3.2.67. Viento Catabático.....	359
Figura 3.2.68. Flujo de viento sobre una cordillera en presencia del efecto Fohen. .....	360
Figura 3.2.69. Rosa de Vientos para la estación Aeropuerto José María Córdoba- Rionegro Antioquia .....	362
Figura 3.2.70 Datos de análisis del Viento de la Estación Aeropuerto José María Córdoba, Rionegro – Antioquia .....	363
Figura 3.2.71 Rosa de Vientos para la estación La Selva- Rionegro Antioquia.....	364
Figura 3.2.72 Datos de análisis del Viento de la Estación La Selva .....	365
Figura 3.2.73 Rosa de Vientos para la estación Matecaña .....	366
Figura 3.2.74 Datos de análisis del Viento de la Estación Matecaña .....	367
Figura 3.2.75 Rosa de vientos Aeropuerto Olaya Herrera.....	368
Figura 3.2.76. Dirección de procedencia del viento, anual.....	369
Figura 3.2.77. Velocidad multianual promedio del viento a 10 m de altura en m/s	370
Figura 3.2.78. Variación temporal de la radiación solar .....	377
Figura 3.2.79 Radiación global media anual multianual (kWh/m <sup>2</sup> ).....	378
Figura 3.2.80 Nubosidad media mensual multianual.....	381

Figura 3.2.81 Perfil Térmico de la Atmósfera .....	382
Figura 3.2.82 Conceptualización teórica de la Altura de mezcla atmosférica. ....	384
Figura 3.2.83 Categorías de Estabilidad atmosférica de Pasquill.....	385
Figura 3.2.84. Grados de turbulencia atmosférica.....	385
Figura 3.2.85 Clasificación de los valores atmosféricos en el All para determinación del grado de estabilidad.....	387
Figura 3.2.86 Variación mensual multianual de la Evaporación. ....	391
Figura 3.2.87 Evapotranspiración real (mm/año) .....	393
Figura 3.2.88 Leyenda para el mapa de zonificación climática. ....	395
Figura 3.2.89. Zonificación Climática en el All del Proyecto Medellín – La Virginia	396
Figura 3.2.90 Distribución Planchas 1:25.000 en el All del Proyecto. ....	399
Figura 3.2.91. Centros Poblados .....	405
Figura 3.2.92. Índices de Calidad del Aire en Estación 1 .....	409
Figura 3.2.93 Índices de Calidad del Aire en Estación 2 .....	410
Figura 3.2.94 Índices de Calidad del Aire en Estación 3 .....	411
Figura 3.2.95 Índices de Calidad del Aire en Estación 4 .....	413
Figura 3.2.96 ndices de Calidad del Aire en Estación 5 .....	414
Figura 3.2.97 . Índices de Calidad del Aire en Estación 6 .....	415
Figura 3.2.98 . Índices de Calidad del Aire en Estación 7 .....	416
Figura 3.2.99 Índices de Calidad del Aire en Estación 8 .....	418
Figura 3.2.100 Índices de Calidad del Aire en Estación 9 .....	419
Figura 3.2.101 . Índices de Calidad del Aire en Estación 10 .....	420
Figura 3.2.102 Ubicación Geográfica de los patios de acopio.....	423
Figura 3.2.103 Sensibilidad geotécnica derivada de la pendiente en el área del Proyecto .....	433
Figura 3.2.104 Sensibilidad geotécnica derivada de las unidades geológicas del Proyecto .....	437
Figura 3.2.105 Sensibilidad geotécnica derivada de la resistencia de las rocas y suelos del área del Proyecto.....	444
Figura 3.2.106 Sensibilidad geotécnica derivada de la densidad de drenaje del área del Proyecto.....	447
Figura 3.2.107 Sensibilidad geotécnica asociada a la distancia a fallas activas o inactivas en el área del Proyecto .....	450

Figura 3.2.108 Sensibilidad por amenaza sísmica .....	453
Figura 3.2.109 Sensibilidad por uso actual del suelo .....	455
Figura 3.2.110 Sensibilidad geotécnica derivada de la precipitación media anual del área del Proyecto.....	457
Figura 3.2.111 Zonificación geotécnica del área del Proyecto .....	460
Figura 3.2.112 Unidades de paisaje.....	464
Figura 3.2.113 Calidad visual asociada a la morfología del área del Proyecto .....	471
Figura 3.2.114 Calidad asociada a las Coberturas terrestres del Proyecto .....	478
Figura 3.2.115 Calidad visual asociada a la Presencia de Cuerpos de Agua (Hidrografía) .....	483
Figura 3.2.116 Calidad visual asociada a la Rareza en el área del Proyecto .....	490
Figura 3.2.117 Calidad visual asociada al fondo escénico del área del Proyecto..	496
Figura 3.2.118 Mapa Calidad visual total del Proyecto .....	502
Figura 3.2.119. Nivel de satisfacción de las comunidades con el paisaje en un escenario sin Proyecto.....	505
Figura 3.2.120 Nivel de satisfacción de los líderes institucionales con el paisaje en un escenario sin Proyecto.....	506
Figura 3.2.121 Capacidad de amortiguación visual asociada a la Pendiente .....	510
Figura 3.2.122 Capacidad de absorción visual asociado a la Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E).....	514
Figura 3.2.123 Capacidad de absorción visual asociado a la capacidad de regeneración (R).....	519
Figura 3.2.124 Capacidad de absorción visual asociado a la heterogeneidad y diversidad (V) .....	523
Figura 3.2.125 Capacidad de amortiguación visual del área de análisis .....	527
Figura 3.2.126 Puntos de visibilidad .....	529

## LISTA DE FOTOS

Foto 3.2.1 Bloques con intercalación de esquistos negros y esquistos verdes, AID en la vereda La Pradera (Heliconia, Ant.). Puntos de control GEO 003 y GEO 002, respectivamente .....	61
Foto 3.2.2 Imagen izquierda: Roca polimetamórfica: esquistos verdes y negros intercalados; imagen derecha, esquistos verdes meteorizados. Municipio de Heliconia (Antioquia) .....	62
Foto 3.2.3 Perfil de meteorización de unidad de Esquistos Verdes. AID, vereda La Pradera (Heliconia, Antioquia). Punto de control GEO 001 .....	62
Foto 3.2.4 Afloramientos de metalodolita. AID, vereda La Maní del Cardal (Caldas, Ant.). Punto de control GEO 026 .....	63
Foto 3.2.5 Bloques de metalodolita, vereda Sinifaná (Caldas, Antioquia). Punto de control GEO 029 .....	63
Foto 3.2.6 Perfil de meteorización de Metaarenitas y Metalodolitas, vereda La Maní del Cardal (Caldas, Antioquia). Punto de control GEO 026 .....	64
Foto 3.2.7 Roca néisica, imagen izquierda, vereda Palo Coposo, esquistos moscovíticos, imagen derecha (Santa Bárbara, Antioquia). Punto de control GEO-037 .....	65
Foto 3.2.8 Diaclasamiento en Intrusivos Néisicos Sintectónicos (Santa Bárbara, Antioquia) .....	65
Foto 3.2.9 Perfil de meteorización típico Intrusivos Néisicos Sintectónicos Vereda San Isidro Parte Baja (Santa Bárbara, Antioquia) .....	66
Foto 3.2.10 Esquistos grafitosos con segregaciones de cuarzo, vereda El Rodeo, Pácora (Caldas). Punto de control GEO 055 .....	67
Foto 3.2.11 Esquistos Cuarzosericíticos, vereda La India, Filadelfia (Caldas) .....	67
Foto 3.2.12 Perfil de meteorización de los esquistos cuarzosericíticos, vereda La India, Filadelfia (Caldas) .....	68
Foto 3.2.13 Variación composicional del Stock Diorítico de Cambumbia, Vereda Bocas, Aguadas (Caldas). Punto de control 042 .....	69
Foto 3.2.14 Perfil de meteorización del Stock Diorítico de Cambumbia, vereda Arma, Aguadas (Caldas) .....	70
Foto 3.2.15 Roca con textura pegmatítica de Stock Adamelíticos y Monzoníticos. Imagen izquierda, vereda Minas (Amagá); imagen derecha, vereda Salinas (Caldas), Antioquia. Puntos de control GEO 019 GEO 024, respectivamente .....	71
Foto 3.2.16 T59 Perfil de meteorización de roca derivada de los Stocks Adamelíticos y Monzoníticos. Vereda Salinas, Caldas (Antioquia). Punto de control GEO-004 .....	71

Foto 3.2.17 Afloramiento Diorita de Pueblito. Vereda Palo Blanco, Armenia Mantequilla (Antioquia) .....	72
Foto 3.2.18 Perfil meteorización de la Diorita de Pueblito, vereda Palo Blanco, Armenia (Antioquia). Punto de control GEO- 005.....	73
Foto 3.2.19 Fragmentos de Gabro de Romeral en depósito de vertiente, límite entre veredas San Isidro y Cienaguita, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-008 .....	74
Foto 3.2.20 Suelo residual del Gabro de Romeral, Vereda Cienaguita, Angelópolis (Antioquia) .....	74
Foto 3.2.21 Perfil de meteorización de Gabro de Romeral, vereda Cienaguita, Angelópolis (Antioquia) .....	75
Foto 3.2.22 Ultramafitas de Romeral. Afloramiento de roca, vereda Santa Rita, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-011 .....	75
Foto 3.2.23 Roca fracturada, Ultramafitas de Romeral, vereda Santa Bárbara, Angelópolis (Antioquia).....	76
Foto 3.2.24 Perfil de meteorización Ultramafitas de Romeral, vereda San Isidro, Angelópolis, Antioquia. Punto de control GEO-010.....	77
Foto 3.2.25 Basalto de la Formación Quebradagrande, afectado por deslizamiento, vereda La Arcadia, municipio de Santa Bárbara. Punto de control GEO-032.....	78
Foto 3.2.26 Basalto de Grupo Quebradagrande Miembro Volcánico. Vereda Palo Coposo, Santa Bárbara (Antioquia). Punto de control GEO-040.....	78
Foto 3.2.27 Perfil de meteorización de Basalto del Grupo Quebradagrande miembro Volcánico, vereda Pitayo, Santa Bárbara (Antioquia). Punto de control GEO-033 .	79
Foto 3.2.28 Afloramiento de Chert Miembro Sedimentario del Grupo Quebrada Grande, vereda Pitayo, vía Santa Bárbara – Fredonia. Punto control GEO-036 ....	80
Foto 3.2.29 Litología Miembro Sedimentario del Grupo Quebradagrande, vereda Pitayo – Santa Bárbara (Antioquia).....	80
Foto 3.2.30 Perfil de meteorización Miembro Sedimentario- Grupo Quebradagrande, vereda Pitayo, Santa Bárbara (Antioquia) .....	81
Foto 3.2.31 Detalle de Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, afloramiento de talud de carretera, vía Santa Bárbara – La Pintada, vereda Loma de Don Santos, Santa Bárbara (Antioquia). Punto de control GEO-041 .....	82
Foto 3.2.32. Afloramiento de Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, fracturado y diaclasado. Punto de control GEO-041 .....	83
Foto 3.2.33 Afloramientos de basalto de la Formación Barroso, vereda La Paloma, Belalcázar.....	84
Foto 3.2.34 Perfil de meteorización de la Formación Barroso, vereda La Paloma Belalcázar (Caldas). Punto de control GEO-093 .....	85

Foto 3.2.35 Estrato de arenisca conglomerática con lentes de conglomerado Formación Amagá, Miembro Inferior. Vereda Nicanor Restrepo, Amagá (Antioquia) .....	86
Foto 3.2.36 Perfil de meteorización de E3N1ai. Vereda Nicanor Restrepo, Amagá (Antioquia) .....	86
Foto 3.2.37 Minas artesanales de carbón, Formación Amagá Miembro Medio, vereda La Clara, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-015 .....	87
Foto 3.2.38 Minas artesanales de carbón y arcillolita, Formación Amagá Miembro Medio. Vereda La Clara, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-015 .....	88
Foto 3.2.39 Areniscas de la Formación Amagá Miembro Superior en la vereda El Tambor, La Merced (Caldas). .....	89
Foto 3.2.40 Perfil de meteorización de areniscas de la Formación Amagá Miembro Superior. Vereda El Tambor, La Merced (Caldas). .....	90
Foto 3.2.41 Tobas de la Formación Combia, vereda La Palma (Filadelfia, Caldas). Punto de control GEO-068.....	91
Foto 3.2.42 Afloramiento de la Formación Combia, vía Filadelfia – La Felisa .....	91
Foto 3.2.43 Perfil de meteorización de la Formación Combia en la Vereda La Palma, Filadelfia .....	92
Foto 3.2.44 Afloramiento de Pórfido sobre la vía La Felisa - Filadelfia.....	93
Foto 3.2.45 Perfil de meteorización del Pórfido Andesítico, vereda La Soledad, Filadelfia (Caldas).....	94
Foto 3.2.46 Afloramiento de rocas hipoabisales, vereda El Tambor, La Merced (Caldas). Punto de control GEO 058.....	95
Foto 3.2.47 Perfil de meteorización de rocas Hipoabisales, vereda El Tambor, La Merced (Caldas). Alrededores del punto de control GEO 058 .....	96
Foto 3.2.48 Miembro Volcano-sedimentario de la Formación Irra. Vereda San José, Neira (Caldas). Punto de control GEO-078 .....	97
Foto 3.2.49 Miembro Conglomerático de la Formación Irra. Vereda San José, Neira (Caldas). Punto de control GEO-078 .....	97
Foto 3.2.50 Afloramiento de Formación La Paila, vereda El Aguacate, La Virginia (Risaralda).....	98
Foto 3.2.51 Perfil de meteorización de conglomerados, vereda El Bosque, Belalcázar (Caldas). Punto de control GEO-101 .....	99
Foto 3.2.52: Flujo de escombros en el municipio de Palestina, Caldas.....	100
Foto 3.2.53: Bloques de flujo en la vereda La Paz en el municipio de Pereira (Risaralda).....	100
Foto 3.2.54: Depósitos aluviales asociados al río Cauca, municipio de Marsella ..	101

Foto 3.2.55 Aluviones recientes río Arma, alrededores vereda Bocas, municipio de Aguadas (Caldas).....	102
Foto 3.2.56 Diaclasamiento en roca volcánica. Vereda Palo Blanco (Armenia, Antioquia). Punto de control GEO-004.....	117
Foto 3.2.57 Esquistosidad en metalodolita en estado de saprolito. Vereda Piedra Verde (Caldas, Antioquia). Punto de control GEO-026 .....	117
Foto 3.2.58 Fracturamiento intenso en roca volcánica. Vereda La Arcadia (Santa Bárbara, Antioquia). Punto de control GEO-032. ....	118
Foto 3.2.59 Estrías y lisos de falla en Ultramafita de Romeral. Vía Vereda Cienaguia Angelópolis- Antioquia) .....	118
Foto 3.2.60 Estrías y lisos de falla y fracturamiento intenso en roca Ultramafita de Romeral. Vereda Cienaguita, Angelópolis (Ant.).....	119
Foto 3.2.61 Diaclasamiento, fracturamiento y poliedros de cizalladura que afectan la unidad de Gabros Asociados a Quebradagrande, municipio de Santa Bárbara, Antioquia .....	119
Foto 3.2.62 Silletas asociadas a la Falla de Amagá. Vía Angelópolis – Vereda La Quiebra (Angelópolis- Antioquia) .....	120
Foto 3.2.63 Silletas y facetas triangulares en Falla de Minas. Vía Santa Bárbara – Fredonia (Santa Bárbara - Antioquia) .....	121
Foto 3.2.64 Silletas y facetas triangulares en Falla de Quirimará. Vía Heliconia – Vereda Tamargal (Heliconia - Antioquia) .....	122
Foto 3.2.65. Manifestaciones Falla Tapias: facetas triangulares y traza de falla por cañón.....	122
Foto 3.2.66: Vista panorámica a LER-cf hacia el Municipio de Marsella-Risaralda.	152
Foto 3.2.67 LER-cf, municipio de Marsella, vereda Beltrán. Puntos de control GEO-087 y GEO 089, respectivamente .....	152
Foto 3.2.68 LER-rc, municipio de Neira, vereda El Rio .....	153
Foto 3.2.69 LER-rsms, municipio de Angelópolis, vereda Santa Rita. Punto de control GEO-013.....	154
Foto 3.2.70 LER-rs, vía que conduce a Belalcázar (Caldas) .....	154
Foto 3.2.71 LE-Er-rsv, municipio de Filadelfia, vereda La India .....	155
Foto 3.2.72 LE-Er-rssv en el municipio de Aguadas, vereda Estación Aguadas ...	156
Foto 3.2.73 SME-Er-flm-rim en el municipio de Angelópolis (vereda La Florida) y Amagá (vereda Minas), respectivamente.....	157
Foto 3.2.74 SME-Er-fll-rim, municipio Caldas, vereda Sinifaná. Punto de control GEO-028 .....	158

Foto 3.2.75 SME-Er-rims, municipio de Armenia, vereda Palo Blanco. Punto de control GEO-005.....	159
Foto 3.2.76 SME-Er-flc-ris, panorámica desde la vereda La Umbria (Santa Bárbara) hacia la vereda Morrogordo (Abejorral) en Antioquia .....	160
Foto 3.2.77 SME.-fplm-rins, municipio Santa Bárbara, vereda Quebra del Barro. Punto de control GEO-035.....	161
Foto 3.2.78 SME-fll-rvs, municipio de Santa Bárbara, vereda Las Mercedes.....	162
Foto 3.2.79 SME-fsr-rve, municipio de Risaralda, vereda Alto de Arauca .....	163
Foto 3.2.80 Contraste entre las unidades de LEr-cf en el municipio de Marsella (Risaralda) y SME-fsa-rv, al fondo, en el municipio de Belalcázar (Caldas).....	163
Foto 3.2.81 SME-fsa-rv, municipio de Belalcázar, vereda La Paloma. Punto de control GEO-032.....	164
Foto 3.2.82 SME-cp, municipio de Aguadas, vereda Alto Espinal.....	165
Foto 3.2.83 SME-cpa, municipio de Filadelfia, vereda La Palma. Punto de control GEO-068 .....	165
Foto 3.2.84 SME- cvsva, municipio de Filadelfia, vereda La Palma .....	166
Foto 3.2.85 SME-cd en el municipio de Aguadas, vereda Bocas .....	167
Foto 3.2.86 SME-carv en el municipio de Santa Bárbara, vereda El Buey.....	168
Foto 3.2.87 SME-facs en el municipio de Filadelfia, vereda La Palma .....	169
Foto 3.2.88 Deslizamiento en la vía Filadelfia- La Felisa en el municipio de Filadelfia, vereda La Palma .....	169
Foto 3.2.89 SME-fca en el municipio La Merced, vereda El Tambor (Caldas) .....	170
Foto 3.2.90 SME-fca en el municipio de Pácora, vereda El Rodeo (Caldas).....	170
Foto 3.2.91 VA asociado al río Chinchiná, municipio de Manizales, vereda Colombia (Caldas).....	171
Foto 3.2.92 VA asociada al río Arma, vereda Bocas, municipio de Aguadas (Caldas) .....	171
Foto 3.2.93 Deslizamiento. Vereda Cieguita, municipio de Angelópolis .....	176
Foto 3.2.94 Cicatriz de antiguo deslizamiento. Vereda Pitayo, municipio de Santa Bárbara (Antioquia).....	177
Foto 3.2.95 Deslizamiento en estado latente. Vereda Santaguada, municipio Palestina (Caldas) .....	178
Foto 3.2.96 Deslizamiento rotacional en suelo residual de gabro. Vereda Cienaguita, municipio de Angelópolis (Antioquia), sobre la vía de acceso .....	178
Foto 3.2.97 Deslizamiento planar activo, favorecido por planos de diaclasa. Vereda Palo Blanco, Armenia (Antioquia) .....	179

Foto 3.2.98 Erosion hídrica, vereda Santa Rita, Mejisulfatos, Angelópolis (Antioquia)	180
Foto 3.2.99 Erosión laminar (terracetas y pisadas patas de vaca). Vereda Estación, municipio de Aguadas (Caldas). Punto de control GEO-049.....	181
Foto 3.2.100 Erosión laminar y concentrada. Vereda La María, municipio de Aguadas (Caldas). Punto de control GEO-052. ....	181
Foto 3.2.101 Socavación de orillas quebrada La Clarita, vereda La Estación, Amagá	182
Foto 3.2.102 Asociación Amagá (ANf2) .....	190
Foto 3.2.103 Asociación Peñitas (PSd1).....	192
Foto 3.2.104 Perfil Asociación Horizonte (HBf1) .....	198
Foto 3.2.105 Tierras en descanso (Bosque Ripario) .....	203
Foto 3.2.106 Plantación forestal (Protección/Producción).....	203
Foto 3.2.107 Cultivos perennes (Cultivos permanentes arbóreos).....	204
Foto 3.2.108 Silvicultura (Pasto arbolado) .....	204
Foto 3.2.109 Ganadería (Pasto limpio) .....	205
Foto 3.2.110 Asentamiento humano .....	206
Foto 3.2.111 Infraestructura vial .....	206
Foto 3.2.112 Typic Melanudands (S7) .....	224
Foto 3.2.113 Typic Ustorthents (S10) .....	226
Foto 3.2.114 Typic Haplustolls (S14) .....	228
Foto 3.2.115 Typic Humustepts (S15).....	229
Foto 3.2.116 Suelo Typic Hapludolls (S20) .....	231
Foto 3.2.117 Calidad visual Alta asociada a la morfología, relieve con pendientes mayores al 25%. Vereda Cienagueta, Angelópolis (Antioquia) .....	467
Foto 3.2.118 Calidad visual Baja asociada a la morfología (Llanura aluvial), Vereda Bocas, Aguadas (Caldas) .....	467
Foto 3.2.119 Calidad visual Baja asociada a las coberturas de pastos y cultivos. Vereda Colombia, Manizales (Caldas).....	473
Foto 3.2.120 Calidad visual Alta asociada a las coberturas boscosas. Vereda Loma de Don Santo, Santa Bárbara (Antioquia) .....	474
Foto 3.2.121 Calidad visual alta asociada al drenaje del río Arma. Vereda Bocas, Aguadas (Antioquia) .....	479
Foto 3.2.122 Calidad visual Alta asociada a la rareza. Cobertura de bosque ripario que hace parte del bioma bosque seco tropical, Marsella (Risaralda).....	486

Foto 3.2.123 Calidad visual Alta asociada al fondo escénico. Vereda Palo Blanco, Armenia Mantequilla (Antioquia) .....	492
Foto 3.2.124. Calidad visual Baja asociada al fondo escénico. Vereda Estación Pereira, Marsella (Risaralda) .....	493
Foto 3.2.125 Calidad visual total Media .....	498
Foto 3.2.126 Registro fotográfico de los puntos de visibilidad.....	534

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 3.2.1 Almacenamiento de agua en el volumen de control .....	259
Ecuación 3.2.2 Escorrentía .....	260
Ecuación 3.2.3 Temperatura media .....	343
Ecuación 3.2.4 Presión atmosférica.....	345
Ecuación 3.2.5 Radiación solar.....	374
Ecuación 3.2.6.....	374
Ecuación 3.2.7.....	374
Ecuación 3.2.8.....	374
Ecuación 3.2.9.....	374
Ecuación 3.2.10 Evapotranspiración potencial.....	392
Ecuación 3.2.11 Evapotranspiración real.....	392
Ecuación 3.2.12 Densidad de drenaje .....	445

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

En este numeral se presentan los aspectos físicobióticos y socioeconómicos y culturales tanto regionales como locales que constituyen la línea base del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Línea de Transmisión 500 kV asociada a la existente S/E Medellín (denominada Katios) – S/E La Virginia existente”, denominado en adelante Proyecto Medellín - La Virginia.

La información presentada para el área de influencia del Proyecto se discrimina en área de influencia indirecta y directa (AII y AID, respectivamente). La primera se obtuvo a partir de información secundaria y la segunda a partir de trabajo de campo, pruebas de laboratorio y socializaciones y concertaciones con las comunidades.

El Proyecto parte de la subestación Medellín, localizada en la vereda La Pradera del municipio de Heliconia (Antioquia) y finaliza en la subestación existente La Virginia en la vereda La Paz del municipio de Pereira, en jurisdicción de los departamentos de Antioquia, Caldas y Risaralda, y de las autoridades ambientales regionales CORANTIOQUIA, CORNARE, CORPOCALDAS y CARDER.

La caracterización física del estudio de impacto ambiental incluye los aspectos geológicos (unidades geológicas y formaciones superficiales, perfiles de suelo, estructuras regionales y locales), geomorfológicos y morfodinámicos, de estabilidad, hidrológicos e hidrogeológicos, atmosféricos y paisajísticos del área de influencia del Proyecto.

Desde el punto de vista biótico se incluye flora y fauna. La caracterización contiene la identificación y análisis de los ecosistemas terrestres (flora y fauna) del área de influencia, zonas de vida, biomas, coberturas, áreas protegidas, fragmentación de ecosistemas, especies de fauna (aves, anfibios, reptiles, etc.), especies sensibles (endémicas y amenazadas) de fauna, relaciones del hábitat con las coberturas de la tierra, entre otras.

La caracterización socioeconómica y cultural de los municipios del área de influencia incluye aspectos sobre lineamientos de participación; demográficos como dinámicas históricas de poblamiento, comportamiento demográfico, estructura de la población; espaciales como análisis de los servicios públicos y sociales en términos de calidad y cobertura; económicos como sistemas productivos, estructura de la propiedad, mercado laboral; culturales como caracterización cultural de las comunidades étnicas y no étnicas, patrones de asentamiento, idiosincrasia; político organizativos como actores sociales y políticos, estructuras de poder, dinámica electoral y participación política; también organización y presencia institucional (gestión de instituciones y organizaciones públicas y privadas, organizaciones cívicas y comunitarias), etc.

Los aspectos antes mencionados permiten determinar las condiciones ambientales iniciales del área donde se desarrollará el Proyecto, y aportan información sobre las potencialidades y limitaciones físicas, bióticas o sociales para el desarrollo del mismo, igualmente las probables variaciones del medio ambiente por debido a la ejecución del mismo.

## 3.2 MEDIO ABIÓTICO

En los numerales siguientes se presenta la caracterización física del área de Influencia Directa e Indirecta del Proyecto Medellín La Virginia. Para una mayor comprensión de los diferentes aspectos tratados ver anexos cartográficos mapa N° 5, 10, 17 y 27 con la ubicación de los puntos de control de campo de los componentes geosférico, suelos, hidrología y paisaje (Ver Anexo 3.2.1).

### 3.2.1 GEOLOGÍA

#### 3.2.1.1 UNIDADES LITOLÓGICAS Y FORMACIONES SUPERFICIALES

En este numeral se presentan las unidades litológicas y formaciones superficiales identificadas en el área del Proyecto Medellín-La Virginia. La información primaria se obtuvo de las visitas realizadas a los diferentes sitios del Proyecto; la secundaria, fue retomada de las planchas geológicas a escala 1: 100.000 146-Medellín Occidental (1983)<sup>1</sup>, 166-Jericó (1980)<sup>2</sup>, 186-Riosucio (1980)<sup>3</sup>, 205-Chinchiná (1998)<sup>4</sup>, 224-Pereira (1983)<sup>5</sup> y 166, 167, 186,187- Zona de Influencia Cauca Romeral (2005)<sup>6</sup>, elaboradas por Ingeominas, con sus respectivas memorias explicativas e igualmente de la revisión de otros artículos encontrados en otros medio académicos y científicos, referenciados más adelante. Se resalta que la nomenclatura de las unidades litológicas fue ajustada de acuerdo con la metodología del Código Estratigráfico Internacional.

Como se puede observar, para el tratamiento de los diferentes aspectos geológicos (unidades geológicas, geomorfología y estructuras geológicas) inicialmente se presenta el marco regional de la zona del Proyecto y en los numerales siguientes se realiza la descripción de las áreas de influencia indirecta y directa del mismo.

En el área de influencia afloran unidades litológicas de diferente naturaleza y edad, las cuales se encuentran enmarcadas dentro de un complejo modelo geoestructural regional a partir del cual se originaron o sufrieron modificaciones en la estructura litológica o tectónica inicial.

---

<sup>1</sup> MEJÍA, M. Geología de la Plancha 146- Medellín Occidental, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín, 1983.

<sup>2</sup> CALLE, B. y otros. Geología de la Plancha 166- Jericó, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín, 1980.

<sup>3</sup> CALLE, B. y otros. Geología de la Plancha 186- Riosucio. Ingeominas, Medellín, 1980

<sup>4</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. Geología de la Plancha 205 - Chinchiná, Ingeominas, Manizales, 1998.

<sup>5</sup> CABALLERO, H., ZAPATA, G. y otros. Geología de la Plancha 224 - Pereira, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín, 1984.

<sup>6</sup> INGEOMINAS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de las Planchas 166, 167, 186 y 187. Mapa Geológico y Secciones Estructurales. Contrato N° PL-009-2004 Unión Temporal DUNIA – ATG Bogotá, Colombia, 2005.

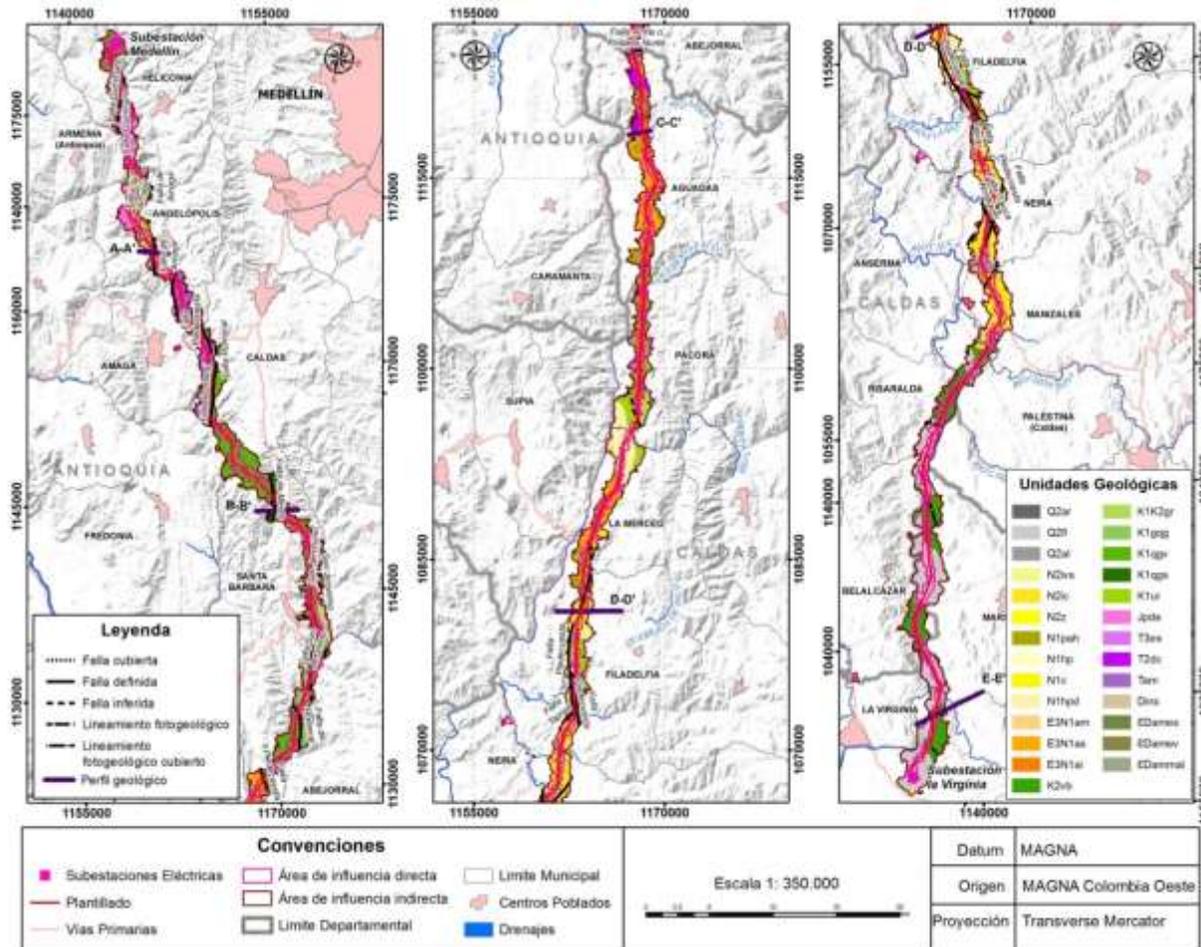
Entre las unidades litológicas que afloran en el área de influencia se encuentran las rocas polimetamórficas que constituyen el basamento de la Cordillera Central, rocas ígneas básicas y ultrabásicas tanto de origen intrusivo como volcánico, relacionados con la zona de sutura de Romeral donde confluyen rocas de origen oceánico y continental; igualmente algunos cuerpos graníticos de composición tonalítica y pórfidos que intruyen las unidades más antiguas y recientes y han sido emplazados de forma paralela a las cordilleras. Se identificaron también rocas sedimentarias formadas a partir de sedimentos continentales, de origen volcánico o químicas de origen marino.

Estas unidades se encuentran localmente cubiertas por depósitos de origen aluvial, coluvial, volcánico, o combinados. Además se encuentran afectadas por la tectónica regional, evidenciada en el desarrollo de estructuras como plegamiento, fallamiento, diaclasamiento o fracturamiento, procesos que pueden generar problemas de estabilidad con manifestaciones como fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, caídas de rocas, reptación, entre otros), los cuales son a la vez favorecidas por condiciones climáticas (precipitación) y eventos sísmicos.

Para la verificación y complementación de la información secundaria obtenida sobre las unidades geológicas, los rasgos estructurales y las condiciones morfodinámicas y de estabilidad, se realizaron las respectivas visitas de campo a los diferentes sitios del Proyecto, con énfasis en los sitios de torre y/o sus alrededores.

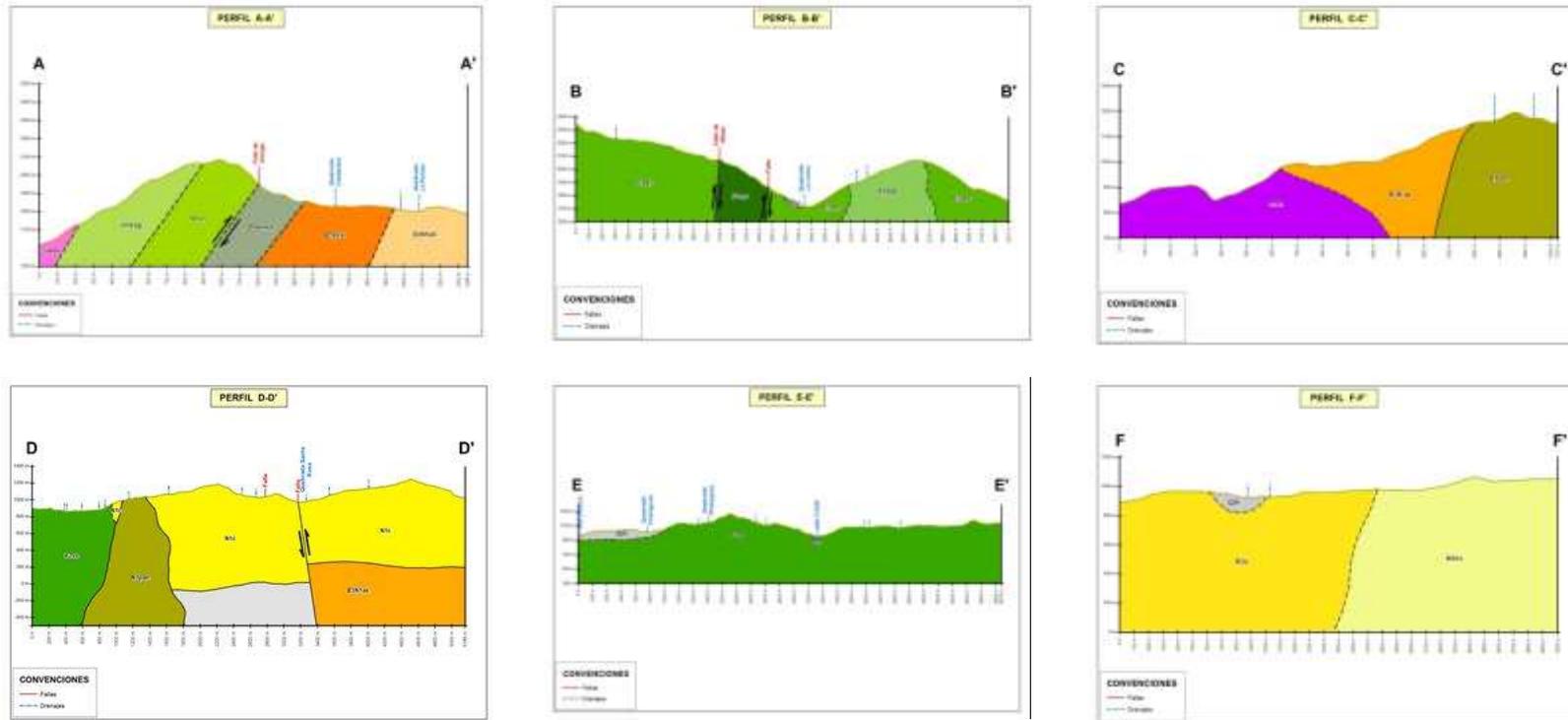
En la Figura 3.2.1 se presenta el Mapa Geológico que sintetiza la configuración geológica del área de influencia del Proyecto y en la Figura 3.2.2 varios cortes geológicos representativos de la disposición espacial de las unidades geológicas del área del Proyecto.

Adicionalmente al final del presente numeral en las Figura 3.2.4 y Figura 3.2.5, se presentan las columnas estratigráficas de la misma, diferenciadas para los tramos Medellín-La Pintada y La Pintada-La Virginia



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Figura 3.2.1 Mapa geológico área de influencia Proyecto Medellín La Virginia



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.2 Cortes geológicos AID Proyecto Medellín - La Virginia**

### 3.2.1.1.1 Área de Influencia Indirecta (AII)

- Unidades Paleozoicas
  - Grupo Ayurá-Montebello (EDam).

La Cordillera Central de Colombia como dominio geológico, está constituido principalmente por un conjunto de rocas polimetamórficas de edades muy variables, que se extiende desde El Banco (Magdalena), al norte y el Ecuador, al sur<sup>7</sup>.

Este complejo metamórfico fue estudiado Nelson (1957), Botero (1963) y Hall et al (1972), en diferentes lugares del país<sup>8</sup>:

Nelson (1957)<sup>9</sup>, basado en el estudio de la sección entre Ibagué y Armenia, define esta unidad como Grupo Cajamarca y la describe como: "...esquistos, originados por metamorfismo de bajo grado y baja presión sobre tobas básicas; anfíbolitas originadas por metamorfismo de grado medio y alto y quizás con efectos térmicos por intrusivos cercanos; filitas, esquistos y neises cuarzosos, esquistos grafiticos y calizas cristalinas, además algunas intercalaciones de derrames diabásicos".

Botero (1963)<sup>10</sup>, en la región Sur-Central de Antioquia en cercanías a Medellín definió el Grupo Ayurá Montebello, formado por metamorfismo a partir de sedimentos marinos conformados por neises lenticulares micáceos, micacitas, filitas a veces grafitosas, esquistos cloríticos, delgadas capas de lidita, cuarcitas micáceas y diques de anfíbolita.

Hall y otros (1972)<sup>11</sup>, definen en el sector central y norte de Antioquia, el Grupo Valdivia con rocas similares a las del Grupo Cajamarca y Grupo Ayurá Montebello.

De acuerdo con las planchas 146<sup>12</sup> y 166<sup>13</sup> del Ingeominas, estas rocas afloran como franjas elongadas a lo largo del área de influencia, y en especial hacia el norte

---

<sup>7</sup> MEJÍA, M., 1984. Geología y Geoquímica de las Planchas 130 (Santafe de Antioquia) y 146 (Medellín Occidental). Memoria Explicativa, Ingeominas, Medellín, p.43.

<sup>8</sup> *Ibíd.* p.43

<sup>9</sup> NELSON, H. W. Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the section between Ibagué and Cali: *Leidse Geologische Mededlingen*, Bogotá. Vol. 22. p. 1-76, 1957.

<sup>10</sup> BOTERO, G., Contribución al Conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia. *Anales de la Facultad de Minas*, vol. 57, Medellín, Antioquia, 1963.

<sup>11</sup> HALL, R. y otros. Geología de parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas. *Ingeominas. Bol. Geol.*, Vol. XX, 1.85 p, 1972.

<sup>12</sup> MEJÍA, M, 1983. *Op.Cit.* p.1

<sup>13</sup> CALLE, B, y otros, 1980. *Op.Cit.*p.1.

y parte central de la misma. Nelson (1962)<sup>14</sup> le asignó a esta unidad una edad de Paleozoico Inferior.

De este cuerpo rocoso afloran en la zona del Proyecto Medellín - La Virginia esquistos verdes, esquistos cuarzosericíticos y metaareniscas y metalodolitas.

#### Unidad de Esquistos Verdes (E Damev)

En la Plancha 146 Medellín Occidental<sup>15</sup> esta unidad se encuentra referenciada con la sigla Pev. En este trabajo, siguiendo la nomenclatura del Código estratigráfico Internacional se relaciona como E Damev.

Aflora en el costado norte del área de estudio en los municipios de Heliconia y Armenia

Son rocas polimetamórficas conformadas por clorita, actinolita, epidota y albita<sup>16</sup>. Por lo general se encuentran plegadas y microplegadas y presentan foliación bien definida. Son de color verde claro, de grano fino a medio, con bandeo composicional marcado por capas ricas en plagioclasa y otras en ferromagnesianos. El aumento relativo de calcita, sericita o moscovita marca el paso gradual a esquistos verdes calcáreos, negros (con sericita, y a veces grafito) o moscovíticos.

En general, el grado de meteorización varía entre moderado y alto, desarrollan suelos residuales pardos con tonalidades rojizas, de textura limosa a limo arenosa.

#### Metaareniscas y metalodolitas (E Dammal)

En la Plancha 146 Medellín Occidental<sup>17</sup> esta unidad se encuentra referenciada con la sigla Psbd. En este trabajo, siguiendo la nomenclatura del Código estratigráfico Internacional se relaciona como E Damev.

Esta unidad aflora como franjas elongadas en dirección NNW desde la parte norte del área de estudio, por ejemplo en los municipios de Angelópolis y Amagá en la subregión del Suroeste Antioqueño.

Son rocas muy bajo grado de metamorfismo que conservan la textura clástica del sedimento original<sup>18</sup>. Son de estructura pizarrosa, color gris verdoso a gris oscuro y negro dependiendo del contenido de materia carbonosa; finamente laminar y replegada cerca de las zonas de falla. La foliación, cuando existe, es débil y en muchas zonas puede confundirse con la estratificación del protolito (roca original).

La textura, en la mayor parte de estas rocas, es metaclástica con porfiroclastos de cuarzo elongado y feldespato. Ocasionalmente se observa recristalización débil con

---

<sup>14</sup> NELSON, H. W. Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia sección entre Ibagué y Armenia: Boletín Geológico Nacional, vol. 10, Bogotá, Colombia, 1962.

<sup>15</sup> MEJÍA, M, 1983. Op.Cit. p.1

<sup>16</sup> Ibíd. p.1

<sup>17</sup> Ibíd. p.1

<sup>18</sup> Ibíd. p.1

aumento en el tamaño de los granos de cuarzo y formación de mica blanca a partir del material arcilloso del protolito.

Algunas muestras contienen láminas finas de biotita color pardo rojizo, posiblemente por efectos térmicos asociados al emplazamiento del Stock de Heliconia. La textura metaclástica y la composición mineralógica indican un metamorfismo de muy bajo grado donde la foliación puede ser debida a efectos dinámicos.

#### Esquistos cuarzosericíticos (εDames)

En la Plancha 146 Medellín Occidental<sup>19</sup> esta unidad se encuentra referenciada con la sigla Pes. En este trabajo, siguiendo la nomenclatura del Código estratigráfico Internacional se relaciona como εDamev.

En general, esta unidad aflora en el flanco oriental de la Cordillera Central, intercalada con cuarcitas. En el área de estudio se encuentra en la parte norte en jurisdicción del municipio de Caldas y Abejorral.

Está conformada por filitas y esquistos cuarzo-sericíticos y alumínicos, niveles de mármol y esquistos calcáreos. “La foliación predominante es N-NW buzando generalmente al oeste con ángulos fuertes; los replegamientos son frecuentes, al igual que las intercalaciones de venas de cuarzo lechoso”<sup>20</sup>.

En orden de abundancia están compuestos por cuarzo, moscovita, clorita, biotita, grafito pirita, y leucoxeno. El conjunto mineralógico pertenece a la facies esquistos verde, siendo el protolito más probable una lutita carbonosa<sup>21</sup>.

- Intrusivos Néisicos Sintectónicos (Dins).

Esta unidad aflora hacia el oriente del costado norte del área de estudio como una franja en dirección NNW, en jurisdicción de los municipios de Santa Bárbara (alrededores de Buenavista, Paso de la Palma, Primavera, etc.) en el departamento de Antioquia.

En la Plancha Geológica del departamento de Antioquia<sup>22</sup> esta unidad agrupa una serie de cuerpos intrusivos afectados por metamorfismo, bajo la denominación de Neises Intrusivos Sintectónicos y se encuentra referenciada con la sigla Pzin. En este trabajo, siguiendo la nomenclatura del Código estratigráfico Internacional se relaciona como Dins.

---

<sup>19</sup> Ibíd. p.1

<sup>20</sup> CALLE, B. y otros. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar Plancha 166- Jericó, Ingeominas, Bogotá, Colombia, 1983

<sup>21</sup> CALLE, B. y otros. Op.Cit. p.8

<sup>22</sup> GONZÁLEZ, H. Geología del Departamento de Antioquia. Escala 1:400000. Ingeominas, Bogotá, 1999.

Son cuerpos de composición granitoide y estructura néisica que intruyen las rocas metamórficas de la Cordillera Central<sup>23</sup>. Incluyen en su nombre la localidad geográfica donde se encuentran. En la región del Suroeste Antioqueño por ejemplo, sobresalen el Ortoneis de La Miel en el municipio de Caldas, el Neis Intrusivo del Alto de Minas, el Neis Intrusivo de Abejorral, el Neis Intrusivo de Pantanillo, etc.

Aunque en algunos cuerpos se ha perdido la textura original, en la mayoría las evidencias de un origen ígneo son notables; son intrusivos que en las rocas metamórficas producen efectos de contacto, con formación de paragénesis metamórficas en equilibrio con las formadas por metamorfismo regional<sup>24</sup>.

*Las texturas protoclásticas que se observan en algunos de estos cuerpos fueron adquiridas probablemente durante la intrusión, cuando el magma estaba parcialmente cristalizado y podía comportarse plásticamente, por lo tanto pueden considerarse con intrusivos sintectónicos con las estructuras de las rocas metamórficas. Algunos de los cuerpos localizados en la margen occidental de la Cordillera Central, están limitados tectónicamente<sup>25</sup>.*

Las texturas predominantes son heredadas del protolito ígneo y varían de idioblásticas a lepidoblásticas, granulares, con efectos dinámicos de intensidad variable, marcados por fracturamiento. La composición mineralógica corresponde a granitoides, variando de granitos a tonalitas, con predominio de granodioritas y adamelitas.

Los minerales esenciales son cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa en distintas proporciones, están acompañados de biotita y/o moscovita que definen la estructura néisica, aunque en algunos cuerpos predominan estructuras augen donde la dimensión mayor de éstos define la foliación.

En los alrededores del área de estudio, el Neis Intrusivo de Abejorral es de grano grueso y composición cuarzodiorita a granodiorita, localmente se mezcla con una granodiorita néisica con moscovita, localmente biotita, el Neis de Pantanillo es de composición cuarzodiorítica, el Neis Intrusivo Alto de Minas, es una granodiorita con moscovita y localmente biotita y el Neis Intrusivo de Río Verde es una cuarzodiorita félsica con dos micas.

Los neises intrusivos sintectónicos han sido relacionados con la Orogenia Acadiana del Devónico alrededor de 350 m.a<sup>26</sup>. Además, dataciones radiométricas Rb/Sr en el

---

<sup>23</sup> GONZÁLEZ, H. Mapa Geológico del departamento de Antioquia. Escala 1:400000. Memoria Explicativa. Ingeominas, Bogotá, 2001.

<sup>24</sup> Ibíd. p.68.

<sup>25</sup> Ibíd. p.69.

<sup>26</sup> Ibíd. p.70.

Neis del Alto de Minas arrojó una edad de 392+/- 3 m.a indicando una edad Devónico-Silúrico<sup>27</sup>.

- Unidades Mesozoicas
  - Complejo Arquía. Esquistos de Lisboa-Palestina (T3es y T3ea)

La unidad de Esquistos de Lisboa-Palestina hace parte del Complejo Arquía, el cual consiste en una secuencia de rocas metamórficas de media presión, asociadas con peridotitas serpentinizadas<sup>28</sup>. Según la Plancha 205 Chinchiná y 206, esta unidad aflora al este del río Cauca y al oeste de Manizales, donde son descritos por Mosquera (1978)<sup>29</sup> como Esquistos de Lisboa –Palestina.

De este complejo de rocas se diferencian dos unidades: La primera, compuesta por esquistos cuarzosericíticos con grafito (T3es) y la segunda, compuesta esquistos anfibólicos, anfibolitas y esquistos cloríticos (T3ea). En la Plancha 205 estas unidades se encuentran referenciadas con las siglas Kies y Kiea, respectivamente. La primera aflora en la zona de estudio y la segunda no aflora dentro de ella, por lo que no se incluye dentro de la descripción.

Se resalta que en el presente informe las siglas de estas unidades (T3es y T3ea) se determinaron de acuerdo con la metodología del Código Estratigráfico Internacional.

#### Esquistos Cuarzosericíticos y Grafitosos (T3es)

En los alrededores del área de estudio esta unidad se presenta como franjas alargadas en jurisdicción de los municipios de Aguadas y Pácora en el departamento de Antioquia.

Son rocas metasedimentarias de muy bajo grado, compuestas por esquistos cuarzosericíticos a esquistos negros, los cuales están conformados por cuarzo, mica blanca, clorita-cloritoide y grafito con segregaciones de cuarzo lechoso.

*Son rocas de estructura esquistosa, de color gris oscuro a negro, untuosas al tacto por la presencia de grafito, con abundantes lentes y venas discontinuas de cuarzo lechoso concordantes con la foliación y por lo general intensamente plegado... La textura predominante es heteroblástica a lepidoblástica, a veces bandeada por segregación metamórfica, con capas ricas en cuarzo separadas por láminas finas de mica blanca y grafito.<sup>30</sup>*

---

<sup>27</sup> RESTREPO y TOUSSAINT. Metamorfismos superpuestos en la Cordillera Central de Colombia. V Congreso Latinoamericano de Geología – Buenos Aires (Argentina), 1982.

<sup>28</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. Geología de la Plancha 205 – Chinchiná. Memoria Explicativa. Ingeominas, Manizales, 2001.

<sup>29</sup> MOSQUERA, D. Geología del cuadrángulo K-8. Informe interno. INGEOMINAS. Bogotá, 1978.

<sup>30</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R, 2001. Op. Cit. p 25.

Las edades del Complejo Arquía se agrupan en dos intervalos: 110 a 113 m.a (Cretáceo Inferior) y 203 a 229 m.a (Triásico Tardío). Las edades entre 100 y 113 m.a corresponden a datos radiométricos obtenidos mediante el método K/Ar, que coinciden con el inicio del Arco Barroso-Sabanalarga que afectó la zona de sutura y las dos cortezas, siendo interpretadas como posibles edades de calentamiento. Las edades entre 203 y 229 m.a se obtuvieron por el método K/Ar y se interpretan como la posible edad de metamorfismo, concordantes con la edad del metamorfismo del Complejo Cajamarca que es el basamento de la Cordillera Central de Colombia.<sup>31</sup>

- Stock Diorítico de Cambumbia (T2dc)

Este cuerpo ha sido cartografiado en la Plancha 166 Jericó<sup>32</sup> como Stock de Cambumbia y referenciado con la sigla Tdc; siguiendo los lineamientos del Código Estratigráfico Internacional, en el presente trabajo se le asigna la sigla T2dc. En el área de estudio, se encuentra en los alrededores de Aguadas (Caldas) a 2km al sureste de La Pintada (Antioquia).

Es un cuerpo intrusivo compuesto principalmente por diorita piroxénica con variaciones locales a cuarzodiorita y granodiorita en los sitios donde la intruyen diques pegmatíticos.

La roca es de textura hipidiomórfica granular desde equigranular a inequigranular dando origen a texturas porfiríticas. Está compuesta principalmente por plagioclasa intermedia y augita; el cuarzo puede constituir el 20% de la roca; los accesorios son biotita, esfena, magnetita, etc. Como productos de alteración se encuentran clorita, sericita, anfíbol fibroso, calcita y epidota.<sup>33</sup>

Este cuerpo se agrupa dentro de una serie de stocks que afloran en el borde oriental de la Cordillera Central de composición cuarzodiorítica. Algunos de éstos son los stocks de La Miel, Norcasia, Hatillo, Florencia, Batolito del Bosque.

Es probable que La Diorita de Cambumbia, de forma similar al Gabro y la Diorita de Pueblito, represente fragmentos de corteza oceánica emplazada tectónicamente durante el Cretácico Tardío a lo largo del Sistema de Fallas de Romeral (González, 2001). Vinasco (2001)<sup>34</sup> obtuvo una edad (plateau) 40Ar-39Ar en biotita para la Diorita de Cambumbia de  $236,6 \pm 0,7$  m.a, correspondiente al Triásico Medio.

- Stocks Adamelíticos y Monzoníticos (Tam)

Bajo esta denominación se agrupan varios cuerpos plutónicos de composición ácida (adamelitas y monzonitas) localizados en la Cordillera Central, a lo largo de la falla

---

<sup>31</sup> RODRÍGUEZ, G. y ARANGO M.I. Reinterpretación Geoquímica y Radiométrica de las Metabasitas del Complejo Arquía. Medellín. Universidad Nacional, 2013

<sup>32</sup> CALLE, B. y otros, 1980. Geología de la Plancha 166 Jericó. Op. Cit. p.1.

<sup>33</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.148.

<sup>34</sup> VINASCO, C. A Utilização da Metodologia 40Ar – 39Ar para o Estudo de Reativaçõestectônicas em Zonas de cisalhamento. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo. 85 p. São Paulo, 2001

de Romeral en Antioquia y Caldas. Incluye un rango de rocas entre granodioritas y cuarzomonzonitas adamelíticas con facies porfíricas.

Hacen parte del conjunto de stocks monzodioríticos a granodioríticos (adamelíticos) que se presentan en el flanco occidental de la Cordillera Central, tectónicamente localizados al oeste del Sistema de Fallas de Romeral, los stocks de Amagá, La Honda, El Buey, La Laborina y Pácora<sup>35</sup>.

En la Plancha 146 Medellín Occidental, el Stock de Amagá fue referenciado como TRada, en la Plancha 166 Jericó, el Stock de La Honda, como Tradh y en la Plancha 166-167-186-186 Zona de Influencia Cauca Romeral, el Monzogranito de Pácora como Tmpg. En el presente estudio agrupados y referenciados siguiendo la metodología del Código Estratigráfico Internacional como Tam.

La roca característica del Stock de Amagá, varía entre granodiorita a cuarzomonzonita, localmente biotítica. Es de grano grueso, textura hipidiomórfica, localmente porfírica con fenocristales de feldespato. Aflora en el área de estudio; en los alrededores en los municipios de Caldas, Amagá, Angelópolis.

De acuerdo con análisis radiométricos K/Ar, este cuerpo es del Triásico medio, con 215 +/- 7m.a (Pérez, A., 1967)<sup>36</sup>.

El Stock de La Honda presenta varias facies: granito, granodiorita, cuarzomonzonita, pegmatita<sup>37</sup>. La roca típica es de grano medio equigranular, gris claro, moteada de negro por láminas de biotita, macizo, localmente foliada por efectos dinámicos o protoclasticos; está compuesta por feldespato (ortoclasa), plagioclasa sódica, y en menor porcentaje, biotita, moscovita, etc. Por la composición mineralógica, textura y relaciones con las unidades metamórficas en contacto, se considera correlacionable con el Stock de Amagá<sup>38</sup>, de edad Triásica. En el área de estudio aflora en los municipios de Fredonia y Santa Bárbara.

El Monzogranito de Pácora aflora entre las localidades de Arma y Pácora en el departamento de Caldas; tiene forma elongada y cubre de un área de 6,5 km<sup>2</sup>, aflora en dirección N(30-40)°E siguiendo el rumbo regional de las estructuras. Dentro del AII del Proyecto aflora en los alrededores del sector de Miraflores en el municipio de Pácora.

Las rocas son de composición ácida, predominando los monzogranitos y granodioritas; son de textura fanerítica equigranular e hipidiomórfica, de grano medio a grueso, color moteado de gris claro a negro, masivas a ligeramente néisicas en el borde oeste.

---

<sup>35</sup> INGEOMINAS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica (Magnetométrica) de las Planchas 166, 167, 186 y 187. Contrato N° PL-009-2004. Unión Temporal DUNIA – ATG, Bogotá, Colombia, 2005.

<sup>36</sup> PÉREZ, A. Determinación de la Edad Absoluta de Algunas Rocas de Antioquia por Métodos Radioactivos. Dyna, Universidad Nacional, Medellín, 1967

<sup>37</sup> CALLE, B. y otros, 1983. Op.Cit. p.9.

<sup>38</sup> Ibíd. p.9.

Esta unidad se encuentra en contacto, al parecer intrusivo, con rocas del Grupo Arquía, es intruido al sur por Pórfidos Andesíticos de edad Neógena.

Correlacionado con los stocks del Buey y Amagá se le asigna una edad Triásica o más antigua.

- Diorita de Pueblito (Jpda)

Esta unidad aflora al norte de la zona de estudio en jurisdicción de los municipios de Heliconia, Armenia, Angelópolis y Amagá en el departamento de Antioquia.

En la Plancha 146 Medellín Occidental<sup>39</sup> se encuentra referenciada con la sigla Jdp y con Kidp en la Plancha 166-Jericó<sup>40</sup>. En este trabajo, siguiendo la nomenclatura del Código estratigráfico Internacional, se relaciona como Jpda.

Es un cuerpo intrusivo de forma tabular en dirección N10°W a NS, paralelo a las estructuras regionales; tiene una longitud de 57km y una amplitud máxima de 5km. Los contactos con las unidades adyacentes son fallados, por el este con las rocas sedimentarias de la Formación Amagá y por el oeste, con las rocas del Grupo Ayurá- Montebello.

Más del 90% del macizo rocoso corresponde a una diorita anfibólica, el 10% restante son gabros y pequeñas facies cuarzosas. Esta unidad es equivalente a la Diorita Anfibólica de Grosse (1926)<sup>41</sup>. La expresión geomorfológica general es la de un relieve montañoso de pendiente fuerte.

Asociados al cuerpo de diorita anfibólica se encuentran gabros anfibólicos y rocas ultramáficas, que posiblemente han cristalizado con la diorita a partir de un mismo magma dentro de un proceso completo de diferenciación magmática.

La roca predominantemente es de grano medio a grueso, de textura hipidiomórfica granular y esporádica deformación de sus minerales conformando zonas néisicas por efectos protoclasticos hacia el contacto fallado. Está compuesta por plagioclasa, hornblenda y piroxeno; en estado fresco, la roca es de color gris claro moteado de negro a gris oscuro, en estado alterado, las plagioclasas presentan sausrización fuerte y los piroxenos uralitización.

Hacia el norte, la roca es más oscura por un incremento en el contenido de hornblenda, siendo difícil diferenciarla del gabro; en algunas zonas donde presenta fuerte bandeamiento es similar a una anfibolita.

“Estas rocas han sido datadas radiométricamente por Toussaint y Restrepo (1978 a) en 166 m.a por el método K/Ar, que corresponde al Jurásico, siendo ésta la

---

<sup>39</sup> MEJÍA, M.,1983. Op.Cit. p.1

<sup>40</sup> CALLE, B, y otros, 1980. Op.Cit.p.1

<sup>41</sup> GROSSE, E. El Terciario Carbonífero de Antioquia, en la Parte Occidental de la Cordillera Central de Colombia entre el Río Arma y Sacaoyal: Berlin, 1926, 361p

indicadora del periodo de su formación en un rift medio oceánico (Restrepo y Toussaint, 1974)<sup>42</sup>.

- Gabros de Romeral. (K1K2gr)

Son cuerpos intrusivos que regionalmente se distribuyen de norte a sur, adyacentes a la falla de Romeral, desde los municipios de Angelópolis y Heliconia en Antioquia hasta Barragán (Valle) al sur.

En el área de estudio aflora hacia la parte norte, en los municipios de Armenia, Heliconia, Angelópolis y Amagá en Antioquia conformando una franja dirección N15°W, igualmente en el municipio de Pácora en Caldas. La unidad se distribuye como un cuerpo principal de forma tabloide y otros cuerpos menores alineados en la misma dirección.

En la Plancha 166, 167, 186, 187 Zona de Influencia Cauca-Romeral esta unidad aparece referenciada como K1gr; en el presente estudio como K1K2gr, siguiendo la metodología del Código Estratigráfico Internacional.

Estos gabros fueron reportados por Grosse (1926) con el nombre de Gabro de Palmitas, por Mejía (1984) como Gabros de La Estrella y San Sebastián. Posteriormente por González (1976, 1978) como Gabros de Romeral, considerando que pueden corresponder a complejos ofiolíticos desmembrados, emplazados tectónicamente a lo largo del Sistema de Fallas de Romeral.<sup>43</sup>

Este nombre general describe los cuerpos pequeños de gabro, relacionados con el sistema tectónico de Romeral y que en parte muestran una distribución espacial íntima con ultramafitas en proceso de serpentinización.

Los gabros son de grano fino a grueso, con facies pegmatíticas. Algunos cuerpos presentan hacia las bordes estructuras de flujo, foliación protoclastica y la mayoría de las veces néisica por efectos dinámicos derivados Sistema de Romeral.

La composición mineralógica general de estas rocas es plagioclasa, generalmente sausuritizada, piroxeno, olivino y hornblenda en las zonas de borde. Como minerales secundarios ocasionalmente aparecen cuarzo y calcita.

El Gabro de Romeral se encuentra en contacto fallado con las rocas del Complejo Quebradagrande en el sector oriental, intrusivo y fallado al oeste con un pórfido dacítico, y al sur en contacto discordante con las ultramafitas de Romeral, es probable que en este caso represente parte de la corteza oceánica emplazada tectónicamente hasta su ubicación actual<sup>44</sup>.

---

<sup>42</sup> MEJÍA, M., 1984. Op. Cit. p.201.

<sup>43</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit p.161

<sup>44</sup> Ibíd. p.163.

Mediante una datación radiométrica de una muestra de roca se obtuvo una edad de 102+/- 28 m.a (Toussaïant, 1996)<sup>45</sup> en la zona de Pueblito a 20km de la ciudad de Medellín, correspondiente al Cretáceo Superior- Cretáceo Inferior.

- Ultramafitas de Romeral (K1ur)

En el Suroeste Antioqueño, uno de los cuerpos más importantes de esta unidad aflora desde el oeste de Angelópolis hasta la población de Heliconia, aparece nuevamente 2km al NW de Heliconia y continúa hacia el norte por 5km entre la quebrada La Guaca y el arroyo Las Quebradas. En la misma dirección 500m arriba aflora un cuerpo de peridotita en dirección N15°W, entre el Gabro de Pueblito y los esquistos de muy bajo grado del Grupo Ayurá Montebello<sup>46</sup>.

Hacia el sur del área de estudio, en el departamento de Caldas, específicamente en el municipio de Filadelfia, también se encuentra otro cuerpo importante limitado por el Melange de Arquía.

Con el nombre de Ultramafitas de Romeral se agrupan varios cuerpos de rocas ultramáficas como harzburgitas, dunitas y peridotitas en masas alargadas de poco espesor, alineados y localizados en la zona de “melange” de Romeral<sup>47</sup>. Están asociados a rocas básicas localmente estratificadas, y se encuentran emplazados en la unidad de metasedimentos con bajo grado de metamorfismo.

Hacen parte de esta unidad rocas ultramáficas compuestas por dunitas y peridotitas localmente serpentinizadas, gabros piroxénicos uralitizados de textura fanerítica pegmatítica a fina, en general, exhiben una textura alotriomórfica y contienen principalmente antigorita, clorita, carbonatos, magnetita y cromita.

En la literatura geológica estas unidades han sido referenciadas de la siguiente manera:

Serpentinitas, localmente con estructura esquistosa producida por efectos dinámicos, con contactos por lo general fallados (Kus). Plancha 186-Riosucio<sup>48</sup> y 187 Salamina<sup>49</sup>.

Peridotitas parcialmente serpentinizadas (Kup). Plancha 186 Riosucio y 187 Salamina<sup>50</sup>.

Harzburgita (Kuh). Plancha 166-Jericó<sup>51</sup>.

---

<sup>45</sup> Ibíd. p.164.

<sup>46</sup> MEJÍA, M., 1984. Op. Cit. p.180.

<sup>47</sup> Ibíd. p.180.

<sup>48</sup> CALLE, B. y otros, 1980. Op. Cit. p.1

<sup>49</sup> GONZÁLEZ, H. y otros. Geología de la Plancha 187- Salamina, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín, 1980

<sup>50</sup> Ibíd. p.1.

<sup>51</sup> CALLE, B. y otros, 1980. Op. Cit.p.1

Roca Ultramáficas de Filadelfia<sup>52</sup>. Harzburgitas y Iherzolitas serpentinizadas (Kusf).

Algunos autores han postulado la presencia de un complejo ofiolítico o al menos, parte de él, con base en la asociación de rocas volcánicas, gabros y rocas ultramáficas aflorando a lo largo de una zona tectónica muy perturbada, del cual harían parte estos cuerpos. Este cinturón ha sido denominado por Álvarez (1983) Cinturón Ofiolítico de Romeral que “en conjunto haría parte del Complejo Ofiolítico del Cauca”<sup>53</sup>.

Una datación realizada por Restrepo y Toussaint (1975) indica una edad de 126 +/- 12 m.a que corresponde al Cretáceo Temprano.<sup>54</sup>

- Grupo Quebradagrande. (K1qg)

Esta unidad fue descrita por Grosse (1926) con el nombre de Formación Porfirítica, Botero (1963) la denominó Formación Quebradagrande, y Maya y González (1995) proponen el nombre de Complejo Quebradagrande<sup>55</sup>. Adicionalmente, Álvarez (1987) la denominó Grupo Quebradagrande.

Las categorías “formación”, “grupo y subgrupo” y “complejo” están definidos en la literatura geológica considerando asociaciones litológicas, criterios genéticos y estratigráficos, naturaleza de las rocas, contactos, emplazamiento, etc. De acuerdo con los alcances del presente trabajo, tales categorías no son relevantes y por lo tanto, las unidades serán descritas con la denominación utilizada en las planchas geológicas y las correspondientes memorias explicativas elaboradas por Ingeominas para la región que cubre el área de estudio.

En esencia, esta unidad corresponde a una secuencia volcano sedimentaria de origen marino. En las planchas 146 Medellín Occidental<sup>56</sup>, 166 Jericó<sup>57</sup> y 224 Pereira<sup>58</sup> ha sido dividida de acuerdo con el origen y tipo de rocas en dos miembros, uno volcánico y otro sedimentario, los cuales se describen en los numerales siguientes.

En las Plancha 146 Medellín Occidental los miembros volcánico y sedimentario son referenciados con las siglas Kivq y Kisq, respectivamente, y Kvc y Ksc en la Planchas 166 Jericó y 224 Pereira.

---

<sup>52</sup> ESTRADA, J. y VIANA, 1998. Op. Cit.p.1

<sup>53</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.167.

<sup>54</sup> CALLE, B. y GONZÁLEZ, H. Geología y Geoquímica de la Plancha 166-Jericó. Informe 1822 Ingeominas. Medellín, 1980. P. 105.

<sup>55</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit p.91.

<sup>56</sup> MEJÍA, M., 1983. Op. Cit. p.1.

<sup>57</sup> CALLE, B. y otros, 1980. Op. Cit. p.1

<sup>58</sup> CABALLERO, H., ZAPATA, G., 1984. Op. Cit. p.1

Esta unidad constituye una franja alargada y discontinua que se extiende a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central, desde Pasto al sur hasta Santa Fe de Antioquia al norte, donde se acuña con rocas metamórficas del Grupo Ayurá-Montebello. Estructuralmente estas rocas desarrollan una tendencia general definida por una foliación milonítica con rumbo NNW a NNE y buzamientos que varían entre 37° y 83° predominantemente al sureste.<sup>59</sup>

Regionalmente el cuerpo se encuentra limitado en la parte oriental y occidental por las fallas de San Jerónimo y Silvia-Pijao las cuales lo separan del Grupo Ayurá-Montebello y Arquía, respectivamente. Al occidente se encuentra en contacto fallado con las Ultramafitas de Romeral y el Gabro de Romeral y al norte con las Metasedimentitas de Sinifaná.<sup>60</sup>

En el área de estudio esta unidad aflora como franjas elongadas en dirección general N10°W, al oriente del costado norte en los alrededores del municipio de Caldas, Fredonia y Santa Bárbara.

La presencia de sedimentos pelágicos intercalados en las rocas volcánicas, de estructuras almohadilladas y el alto porcentaje de material piroclástico inducen a postular un origen íntimamente ligado a la evolución de arcos volcánicos.<sup>61</sup>

Según Maya y González (1995), los sedimentos intercalados en el conjunto volcánico contienen fósiles cuya edad varía entre el Aptiano y el Albiano<sup>62</sup>, los cuales corresponden al Cretáceo temprano o inferior.

#### Grupo Quebradagrande. Miembro Volcánico (K1qgv)

Esta unidad aflora al oriente del costado norte del área de estudio, entre los municipios de Caldas y Santa Bárbara.

Está constituida por rocas “verdes” o basaltos espilitizados y derrames lávicos con sedimentos intercalados en la base del conjunto volcánico. Litológicamente está compuesta por espilitas, basaltos y rocas piroclásticas, tobas, aglomerados y brechas, con intercalaciones de rocas sedimentarias tipo chert, grauvacas, areniscas fel despáticas y limolitas.

Las espilitas, diabasas y basaltos son de color verde claro a oscuro en estado fresco, macizos y de textura afanítica, con amígdalas rellenas por ceolitas, calcita y plagioclasa y venas de cuarzo y calcita; son comunes las estructuras esquistas generadas por efectos tectónicos, las texturas predominantes son porfídicas, piroclástica bandeada y brechosa.

En general, el saprolito derivado de estas rocas es limoso a limoarcilloso, de color café amarillado a rojizo, con fracturas rellenas de óxidos de manganeso o hierro.

---

<sup>59</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.92.

<sup>60</sup> Ibid. p.98.

<sup>61</sup> CALLE, B. y otros, 1983. Op. Cit. p.10.

<sup>62</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.99.

Se sugiere un origen para esta unidad en un arco oceánico inmaduro que durante su levantamiento y emplazamiento experimentó un metamorfismo de muy bajo grado<sup>63</sup>.

Alvárez y González<sup>64</sup>, han designado como Formación Barroso una secuencia volcánica muy similar pero que aflora localmente al oeste del río Cauca.

#### Grupo Quebradagrande. Miembro Sedimentario (K1qgs)

Esta unidad consiste en una secuencia de sedimentos tipo flysh de forma alargada y contactos laterales tectónicos, que aflora conformando parte de la Cordillera Central<sup>65</sup>. En el área de estudio, de esta unidad aflora como dos cuerpos alargados, uno en jurisdicción de los municipios de Caldas y Santa Bárbara y otro en el municipio de Santa Bárbara y Abejorral.

A nivel regional, son importantes dos secuencias flysh localizadas en las cordilleras Central y Occidental y dos unidades continentales conformadas por sedimentos fluviolacustres y volcanoclásticos.

Litológicamente la unidad está compuesta por lutitas carbonosas, limolitas y cherts de color oscuro con abundantes interestratificaciones de material piroclástico<sup>66</sup>. También arcosas con características de turbiditas y localmente bancos de caliza negra, liditas, a veces gradadas a argilitas lidíticas finoarenosas, lodolitas laminadas, conglomerados intraformacionales, tobas formadas por material criptocristalino, etc.

La composición, abundancia de materia orgánica, pirita y estratificación definen estos sedimentos como de origen marino depositados en un medio nerítico y euxínico por corrientes de turbidez. La existencia de bancos de limolitas con foraminíferos y radiolarios, arcillolitas con gasterópodos y lamelibranquios que permiten ubicarlas en el Cretáceo.

- Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande (K1gqg)

Hacia el costado norte del área de estudio en jurisdicción del municipio de Santa Bárbara, afloran una serie de cuerpos gabroides, cataclásticos, de grano grueso a fino con facies pegmatíticas. Algunos presentan orientación protoplástica hacia los bordes y la mayoría neísica por efectos dinámicos. Las rocas están compuestas por plagioclasa intermedia, piroxeno y comúnmente hornblenda hacia los bordes; ocasionalmente aparecen cuarzo y calcita secundarios<sup>67</sup>.

---

<sup>63</sup> *Ibíd.* p.99.

<sup>64</sup> ÁLVAREZ, E y GONZÁLEZ, H., 1978. Geología y Geoquímica del Cuadrángulo I-7 (Urrao). Informe 1761. Ingeominas, 347 p., Medellín

<sup>65</sup> CALLE, B. y otros, 1983. *Op. Cit.* p.13

<sup>66</sup> *Ibíd.* p.13.

<sup>67</sup> *Ibíd.* p.10.

González y Londoño (2002f)<sup>68</sup> indican la presencia de cuerpos de rocas plutónicas en el flanco occidental de la Cordillera Central cuya relación espacial, composición y edad asignada es similar a la de la Tonalita de Úrsula.

Estos plutones harían parte de un cinturón magmático del Cretáceo Tardío-Paleógeno en Colombia, de los cuales hacen parte el Batolito Antioqueño. “Esta unidad intruye las rocas del Grupo Quebradagrande. Sin embargo no se excluye la posibilidad de una relación comagmática entre ambas unidades”<sup>69</sup>.

- Formación Barroso del Grupo Cañasgordas (K2vb)

El Grupo Cañasgordas fue descrito por González (1971) y por Álvarez y González (1978)<sup>70</sup>. Aflora como una franja de dirección NS en el flanco oriental de la Cordillera Occidental, al occidente del río Cauca.

Está conformado por dos unidades, una secuencia volcánica denominada Formación Barroso, compuesta por diabasas y basaltos principalmente, y una secuencia netamente sedimentaria constituida por sedimentos arcillosos, arenáceos y silíceos, denominada Formación Penderisco<sup>71</sup>. La primera unidad infrayace rocas de la Formación Penderisco.

En las planchas 166 Jericó<sup>72</sup>, 186 Riosucio<sup>73</sup> y 205 Chinchiná<sup>74</sup> esta unidad aparece referenciada como Kvb, y como K2vb en el presente trabajo, siguiendo los lineamientos de Código Estratigráfico Internacional.

El miembro volcánico del Grupo Cañasgordas (Formación Barroso) aflora al sur del área de estudio, desde Palestina (Caldas) hasta Pereira (Risaralda), pasando por jurisdicción de los municipios de Anserma, Marsella y La Virginia en el departamento de Risaralda y los municipios de Belalcázar y Risaralda en el departamento de Caldas.

Esta unidad está conformada por diabasas y basaltos, y en menor proporción por espilitas con intercalaciones de lavas almohadilladas, tobas, brechas volcánicas, aglomerados e inter estratificaciones de chert oscuro de poco espesor.

Presenta una variación litológica de Este a Oeste que inicia con una secuencia volcánica de rocas verdes afaníticas con diaclasamiento constante y desarrollo de

---

<sup>68</sup> GONZÁLEZ, H. y LONDOÑO, A. Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia (Cretácico): Tonalita de La Ursula. Informe 2480.49. Ingeominas, 8 p. Medellín, 2002f

<sup>69</sup> CALLE, B. y otros, 1983. Op. Cit. p.10.

<sup>70</sup> ÁLVAREZ, E y GONZÁLEZ, H. Geología y Geoquímica del Cuadrángulo I-7 (Urrao). Informe 1761. Ingeominas, 347 p., Medellín, 1978.

<sup>71</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.100.

<sup>72</sup> CALLE, B. y otros, Plancha 166 Jericó, 1980. Op. Cit. p.1

<sup>73</sup> CALLE, B. y otros, Plancha 166 Riosucio, 1980. Op. Cit. p.1

<sup>74</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. y GONZÁLEZ, 1998. Op. Cit. p.1

estructuras almohadilladas, pasando a basaltos oscuros de pasta densa, localmente amigdalares y terminando con intercalaciones de Chert y tobas.

Hacia el sur (Plancha 205 Chinchiná), la Formación Barroso constituye dos franjas con características litológicas diferentes: una occidental, donde predominan tobas y aglomerados sobre los basaltos y diabasas, con intercalaciones de sedimentos silíceos, y una franja oriental donde no se encuentran rocas piroclásticas y sedimentitas.

Los basaltos y diabasas son masivos, de color gris oscuro a gris verdoso, a veces con venas delgadas de epidota y amígdalas rellenas de ceolitas; las diabasas son de textura ofítica con plagioclasa y clinopiroxeno como constituyentes esenciales y han sido sometidas a procesos de espilitización.

Los basaltos están subordinados a las diabasas y se presentan tanto en derrames con diaclasamiento columnar como en lavas almohadilladas; son masivos o amigdaloides y están constituidos por plagioclasa y clinopiroxeno con epidota y sausruta como minerales de alteración.

“Los basaltos y diabasas de la Formación Barroso están afectados por metamorfismo muy bajo grado a bajo grado, no penetrativo, pre-orogénico, del tipo piso oceánico”<sup>75</sup>.

“Álvarez (1983) propone un origen de arco volcánico basáltico predominantemente submarino para estos depósitos volcánicos”<sup>76</sup>. “Las características litológicas de la Formación Barroso indican que la franja oriental es más afín con un vulcanismo generado en una dorsal meso-oceánica mientras que la occidental es más con un ambiente de arco de isla”<sup>77</sup>.

Dataciones radiométricas y argumentos paleontológicos sugieren que la edad del conjunto es Cretácico Temprano que se extiende hasta el Cretácico Tardío.<sup>78</sup>

- Unidades Cenozoicas
  - Formación Amagá (E3N1a)

Regionalmente esta unidad atraviesa el departamento de Antioquia de norte a sur por su parte media, prolongándose hacia el sur hasta los municipios de Filadelfia y alrededores del casco municipal de Quinchía, circunscrita al Valle del Río Cauca. En el área de estudio aflora distribuida desde Caldas (Antioquia) al norte hasta los alrededores de Filadelfia (Caldas), específicamente en los municipios de Caldas, Amagá, Fredonia, Abejorral, Santa Bárbara y La Pintada en el departamento de Antioquia y los municipios de Aguadas, La Merced y Filadelfia en el departamento de Caldas.

---

<sup>75</sup> GONZÁLEZ, 2001. Op. Cit. p.106.

<sup>76</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p106.

<sup>77</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. y GONZÁLEZ, H., 2001. Op. Cit. p.42.

<sup>78</sup> Ibíd. p.42.

Esta formación fue inicialmente descrita por Ospina (1911), sin asignarle un nombre específico, posteriormente fue denominada Terciario Carbonífero de Antioquia por Grosse (1926), Formación Carbonífera de Antioquia por Scheibe (1934) y Formación Antioquia por Van der Hammen (1960, en: Calle y González, 1980). Luego González utiliza por primera vez el nombre Formación Amagá para designar este conjunto de rocas, considerando que las secciones tipo y las explotaciones de carbón, que caracterizan a cada uno de los miembros, se encuentran en las cercanías de Amagá y que el nombre Antioquia es un nombre muy general y no describe una sección tipo<sup>79</sup>.

La Formación Amagá es una unidad de rocas sedimentarias de origen continental y espesor variable, conformada por estratos de conglomerados, areniscas y arcillolitas con mantos de carbón e intrusiones andesíticas y basálticas. Van der Hammen (1960) le asigna una edad Oligoceno Superior – Mioceno Inferior<sup>80</sup>.

Grosse<sup>81</sup> divide el carbonífero de Antioquia en tres pisos: Inferior, Medio y Superior, división facilitada por la distribución de los mantos de carbón, siendo el piso medio el esencialmente productivo, el inferior sólo de importancia local y el superior probablemente estéril.

En la Plancha 146-Medellín Occidental<sup>82</sup> los miembros Superior, Medio e Inferior de la Formación Amagá se encuentran referenciados como Tos, Tom y Toi, respectivamente, y en el presente trabajo, como E3N1as, E3N1am y E3N1ai, siguiendo la metodología del Código Estratigráfico Internacional.

González (1976) basado en el concepto original de Grosse (1926), ha dividido esta formación también en tres miembros, caracterizados principalmente por la presencia o ausencia de mantos de carbón y el espesor de los mismos, como se describe en los numerales siguientes:

#### Formación Amagá Inferior (E3N1ai)

*Consiste de una sucesión de conglomerados polimícticos con cantos de rocas metamórficas, dioritas y chert de tamaño variable, distribuidos principalmente en la base e intercalados de forma esporádica en el resto de la sucesión; areniscas conglomeráticas de color crema a blanco las cuales experimentan una disminución del tamaño de grano ascendiendo estratigráficamente y algunas capas de arcillolita arenosa o arenisca arcillosa intercaladas con las capas de arenisca<sup>83</sup>.*

---

<sup>79</sup> INGEOMINAS, 2005. Op.Cit. p.p113 -114.

<sup>80</sup> Ibíd. p. 114.

<sup>81</sup> GROSSE, E., 1926. El Terciario Carbonífero de Antioquia, en la Parte Occidental de la Cordillera Central de Colombia entre el Río Arma y Sacaojal: Berlin, 361p.

<sup>82</sup> MEJÍA, M., 1983. Op. Cit. p.1.

<sup>83</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit.p.114.

“Las areniscas son de color crema a gris, por lo general de grano grueso compuesto en su mayor parte de cuarzo en matriz silíceo-arcillosa con algunas láminas de mica blanca detrítica. En las areniscas de color gris predomina el material arcilloso sobre el silíceo en la matriz”<sup>84</sup>.

“Las areniscas arcillosas y arcillolitas arenosas son de color gris a verdoso, presentan estructura laminada, se encuentran principalmente en la parte superior del miembro y ocasionalmente presentan concreciones calcáreas”<sup>85</sup>.

Aunque originalmente Grosse (1926) reporta un espesor promedio de 200 m, González (1978) reporta para esta unidad un espesor de 65,5 m en la quebrada Sinifaná<sup>86</sup>.

En el área de estudio aflora como una franja elongada en dirección NW a NS, en los municipios de Angelópolis y Amagá en contacto con el miembro medio de la misma formación.

#### Formación Amagá Medio (E3N1am)

Se caracteriza por la presencia de mantos de carbón de espesor variable y la ausencia de conglomerados, en gran parte está compuesta de areniscas y arcillolitas finamente estratificadas.

*Las areniscas presentan tamaño de grano variable de fino a grueso con cemento silíceo arcilloso, éstas van pasando a areniscas arcillosas y arcillolitas a medida que el material silíceo es reemplazado por material arcilloso. Las arcillolitas son de color gris a gris verdoso, presentan estructura laminada, concreciones de siderita y restos de plantas fósiles, se encuentran arcillolitas de coloración negra cerca de los mantos de carbón y como delgadas intercalaciones dentro de éstos*<sup>87</sup>.

Según González (1978) en la Cuenca de Amagá se conoce seis mantos de carbón explotables en este miembro. El espesor es variable, debido a complicaciones tectónicas se adelgazan y en algunos lugares se interrumpen bruscamente. González (1978) considera que el espesor del Miembro Medio y el de los mantos explotables de carbón es variable, pero parece no ser mayor de 200m para el miembro en total y de 5 a 7 m para los mantos de carbón en el área de Antioquia<sup>88</sup>.

Este miembro aflora al norte del área de estudio en los municipios de Angelópolis y Amagá.

---

<sup>84</sup> Ibíd. p.114

<sup>85</sup> Ibíd. p.114

<sup>86</sup> Ibíd. p.115

<sup>87</sup> Ibíd. p. 117

<sup>88</sup> Ibíd. p. 117

### Formación Amagá Superior (E3N1as)

Este miembro es el que presenta mayor distribución espacial en la zona de Antioquia y en el área de estudio. Se caracteriza por la ausencia de mantos de carbón y de conglomerados y por el predominio de areniscas deleznales y arcillolitas<sup>89</sup>.

*El Miembro Superior está compuesto por un conjunto de litoarenitas volcánicas, localmente feldespáticas, de color gris medio verdoso a verde oliva, de grano fino, angular a subangular, bien seleccionado, compuestas en su mayor parte de fragmentos de basaltos y andesitas de color verde oscuro. Presentan abundantes láminas (40-50%) de materia orgánica carbonosa y carbón subparalelas delgadas, lenticulares y continuas, grises oscuras, localmente cruzadas<sup>90</sup>.*

“Las areniscas son de color gris oscuro a gris verdoso, blandas, de grano fino a medio, compuesto de fragmentos redondeados de cuarzo en matriz arcillosa, ocasionalmente con cemento ferruginoso y con concreciones calcáreas esferoidales. Cerca al contacto con el Miembro Medio, algunas capas de arenisca son finamente conglomeráticas y contienen fragmentos de carbón<sup>91</sup>”.

Aunque se encuentran por lo general estratificadas en capas muy gruesas tabulares a subtabulares las arenitas se presentan en capas medias a gruesas con laminación cruzada y contactos irregulares, intercaladas con niveles de conglomerados de guijos clastosoportados, de 0,3 a 1 m de espesor y geometría en forma de huso.

Contiene de forma esporádica algunos diques y silos de andesitas y dacitas con texturas porfídicas, tanto concordantes como cortando los estratos de esta unidad. Se presenta una tendencia andesítica y textura porfirítica de estos cuerpos al norte (Venecia-Fredonia), mientras que en el sector sur (Supía, Riosucio y Quinchía) estos intrusivos son de composición dacítica y textura porfídica.<sup>92</sup>

“Localmente el Miembro Superior está intruido por cuerpos de pórfidos andesíticos y dacíticos que producen débiles efectos de contacto en las arcillolitas y areniscas<sup>93</sup>”.

“El contacto con el Miembro Medio es normal y está marcado por capas de areniscas grises, localmente conglomeráticas (González, 1978). El espesor de las capas en la sección Fredonia – El Plan es de 360m<sup>94</sup>”.

---

<sup>89</sup> Ibid. p. 117

<sup>90</sup> Ibid. p. 118

<sup>91</sup> Ibid. p. 117

<sup>92</sup> Ibid. p.118

<sup>93</sup> Ibid. p. 118

<sup>94</sup> Ibid. p.118

En el área de estudio esta unidad aflora en los alrededores de La Pintada en Antioquia, y Aguadas y La Merced en Caldas.

- Formación Combia (N1c)

Grosse (1926) delimita esta unidad en cuatro regiones: la primera al oeste de Fredonia, la segunda se extiende desde este municipio hacia el norte por la cuenca del río Cauca hasta un poco al norte de la quebrada Cauca; la tercera, al norte del río Arma y al oeste de Damasco, y finalmente la cuarta, al norte de la primera región.<sup>95</sup>

En el área de estudio esta unidad aflora en los alrededores de los municipios de Santa Bárbara y La Pintada en Antioquia, así como en La Merced y Filadelfia en el departamento de Caldas.

Los estratos de la Formación Combia fueron descritos también bajo la denominación de Neoterciario Volcánico (Grosse 1926). Constan de: "conglomerados, areniscas, arcillas pizarrosas, conglomerados túficos, areniscas tufíticas, tufitas, tobas duras, tobas de cristales, de cenizas y aglomeráticas y derrames de basalto y andesita"<sup>96</sup>.

La Formación Combia se encuentra afectada por diques de composición andesítica emplazados siguiendo zonas de fractura con espesores menores de 150 m y longitudes superiores a los 10 Km, como en el río Piedras al este de Jericó. Estos diques han sido emplazados siguiendo en la zona, patrones N-S, E-W y N30°W y N (55-60) °E.

Esta secuencia ha sido dividida en dos miembros con base en la composición: el inferior, esencialmente volcánico y el superior, sedimentario, referenciados en la Plancha 146 Medellín Occidental<sup>97</sup> como Tvc y Tsc, respectivamente y como N1cv y N1cs en la Plancha 166, 167, 186, 187-Zona de Influencia Cauca-Romeral<sup>98</sup>. En el presente trabajo la Formación Combia se referenció con la sigla N1c, de manera general.

El Miembro sedimentario está constituido principalmente por rocas sedimentarias mal consolidadas y capas de cenizas volcánicas recientes. Consiste en una sucesión de conglomerados con interposiciones de arenitas desde conglomeráticas hasta de grano fino y ocasionalmente con algunas capas de ceniza o lapilli retrabajadas, bien seleccionadas y granos de líticos subredondeados. Se encuentran en capas muy gruesas y presentan algunas veces lentes de litoarenitas de grano medio y grueso.<sup>99</sup>

---

<sup>95</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p. 123.

<sup>96</sup> *Ibíd.* p.123.

<sup>97</sup> MEJÍA, 1983. Op. Cit. p.1.

<sup>98</sup> INGEOMINAS, 2005. Op.Cit. p.1.

<sup>99</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.136.

El Miembro volcánico, “aflora por encima de la cota 1200 msnm y está compuesto por derrames de lava de composición andesítica a basáltica de color negro y gris oscuro, en roca fresca, en una matriz negra (afanítica) con una relativa alta cantidad de magnetita, son comunes niveles de aglomerados y asociados o independientes a estos se encuentra tobas líticas y de cristales, así como algunas brechas volcánicas”<sup>100</sup>.

Los basaltos de esta unidad por el contenido de plagioclasa se enmarcan dentro del grupo de los basaltos feldespáticos. Igualmente se pueden diferenciar de acuerdo a sus variaciones texturales, basaltos porfídicos, basaltos augíticos, basaltos amigdalares, etc.

Desarrollan suelos residuales color pardo rojizo, de textura limoarcilloso y limosa, masivos, solamente conservando las estructuras relictas del diaclasamiento. El miembro sedimentario se caracteriza por el alto grado de meteorización, textura arenosa y alta capacidad de infiltración, que lo hace sensible al desarrollo de fenómenos de remoción en masa.

Restrepo y otros (1981), definen un episodio magmático, principalmente andesítico asociado a la formación Combia durante el Mioceno Tardío...en un latibasalto de 9 +/- 1 m.a para esta unidad<sup>101</sup>. Este período hace parte de la parte inferior del Neógeno.

- Cuerpos hipoabisales de diferente nomenclatura local. (N1qhp, N1pah, N1hpd)

“Estos cuerpos afloran a lo largo del valle actual de los ríos Cauca y Patía y localmente en el flanco oriental de la Cordillera Central (Álvarez, 1983)”<sup>102</sup>. Algunos fueron cartografiados por Grosse (1926) en el departamento de Antioquia a lo largo de la depresión del Cauca; Radelli (1965) considera estas rocas como microdioritas de origen subvolcánico<sup>103</sup>.

Están constituidos por rocas porfídicas de composición variable entre andesita y dacita, constituyen cuerpos sobresalientes entre Titiribí y Angelópolis, al norte y La Pintada-Valparaíso-Caramanta al sur. Con ellos están relacionadas mineralizaciones de oro-plata de gran importancia económica como las de Marmato, Supía y Riosucio en Caldas.<sup>104</sup>

En la zona de estudio (parte norte y central) la unidad aflora como cuerpos aislados recorriendo parte de los municipios de Aguadas, Pácora, La Merced y Filadelfia en el departamento de Caldas.

---

<sup>100</sup> Ibíd. p.123.

<sup>101</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.140

<sup>102</sup> Ibíd. p 223.

<sup>103</sup> GONZÁLEZ, 2001. Op. Cit. p.150.

<sup>104</sup> Ibíd. p.150.

Los cuerpos aparecen referenciados de la siguiente manera en la cartografía geológica del Ingeominas como:

Pórfidos Andesíticos Hornbléndicos. Predominantemente andesita hornbléndica porfídica. Plancha 146 Medellín Occidental<sup>105</sup>.

Pórfido Andesítico. Andesitas porfíricas a microporfíricas, hornbléndicas, piroxénicas a localmente micáceas. Plancha 166 Jericó<sup>106</sup>.

Pórfido Dacítico. Plancha 186 Riosucio<sup>107</sup>

Pórfidos Andesíticos y Dacíticos de Irra. Plancha 205 Chinchiná<sup>108</sup>.

Existen básicamente dos facies en estos cuerpos, una andesítica predominante y una dacítica que a veces presentan entre sí contacto gradacionales. Algunas mineralizaciones en Antioquia están genéticamente relacionadas con estas rocas y se caracterizan por una intensa alteración hidrotermal<sup>109</sup>.

Los pórfidos dacíticos son de color gris medio a claro, poseen textura porfírica y se componen de fenocristales de plagioclasa, cuarzo bipiramidal y hornblenda, inmersos en una matriz microcristalina compuesta esencialmente de plagioclasa intermedia, con cuarzo, clorita, opacos y calcita como accesorios.<sup>110</sup>

Los pórfidos andesíticos, a diferencia de los dacíticos, muestran una gran variedad tanto en la composición como en la textura. El contacto entre los pórfidos dacíticos es gradacional (Calle y González, 1980).<sup>111</sup>

En la cartografía presentada en el presente documento y siguiendo los lineamientos del Código Estratigráfico Internacional, todos estos cuerpos fueron agrupados en:

- Rocas Hipoabisales Porfíricas (N1hp). Cartografiadas en el área de estudio en el municipio de Filadelfia.
- Pórfido Andesítico Hornbléndico (N1pah). Cartografiadas en el área de estudio en los municipios de Aguadas, Pácora y Filadelfia.
- Rocas Hipoabisales Porfíricas de Composición Dacítica (N1hpd). Cartografiadas en el área de estudio en los municipios de La Merced y Pácora, al frente del sector de La Garrucha.

Las dataciones radiométricas obtenidas para cuerpos de la zona indican una edad de Mioceno Superior tanto para los pórfidos andesíticos como dacíticos.

<sup>105</sup> MEJÍA, M., 1983. Op. Cit. p.1.

<sup>106</sup> CALLE, B. y otros, 1980. Geología de la Plancha 146 Medellín Occidental. Op. Cit. p.1.

<sup>107</sup> CALLE, B. y otros. 1980. Geología de la Plancha 186 Riosucio, 1980. Op. Cit. p.1

<sup>108</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R., 2001. Op. Cit. p.1.

<sup>109</sup> GONZÁLEZ, 2001. Op. Cit. p.150.

<sup>110</sup> INGEOMINAS, 2005. Op Cit. p.205.

<sup>111</sup> Ibíd. p.205.

- Formación Irra (N2i)

Aflora desde 1,5km al sur de Irra sobre el río Cauca y se prolonga continuamente hasta el río Guacaica, también al sur de Tres Puertas sobre la quebrada La Habana donde están cubiertos por flujos de escombros<sup>112</sup>.

Es una unidad sedimentaria conformada por un conjunto de conglomerados ricos en rocas verdes, arenas, limos, arcillas y delgadas capas de carbón; conglomerados ricos en cuarzo lechoso y chert negro, estratos de arenas cuarzosas abundantes en pómez, y conglomerados ricos en pórfidos andesíticos. De la base hacia el techo la secuencia está conformada como se describe a continuación<sup>113</sup>:

- Conglomerados ricos en rocas verdes, areniscas, limolitas y arcillolitas con láminas de carbón.
- Conglomerados ricos en cuarzo lechoso y chert negro, intercalados con areniscas conglomeráticas, areniscas y arcillolitas de color crema a ocre. Los estratos individuales alcanzan hasta 6m de espesor.
- Volcano-sedimentitas de composición andesítica.

En la Plancha 205 Chinchina<sup>114</sup> el miembro volcano-sedimentario de esta formación aparece referenciado con la sigla Tsivs y el conglomerático como Tsic, y en el presente trabajo como N2ivs y N2ic, respectivamente.

Estos sedimentos son de origen continental. Se forman de las unidades de roca expuestas en el flanco occidental de la Cordillera Central y con aporte de material piroclástico de caída derivado de la actividad explosiva de los volcanes localizados en la zona axial de esta cordillera<sup>115</sup>.

Este material se depositó en una cuenca de tracción que se desarrolló al occidente de la Cordillera Central durante el Eoceno-Oligoceno como consecuencia del movimiento a lo largo del Sistema de Fallas de Romeral. Estas cuencas están limitadas por el oeste por las fallas del Sistema Cauca y al este por las del Sistema Romeral.

Aunque no existen evidencias paleontológicas, radiográficas y estratigráficas claras para determinar la edad de estas rocas, "... al menos la unidad volcano-sedimentaria debe ser posterior a los pórfidos andesíticos, ya que contiene fragmentos de estas rocas y por lo tanto, sería post Mioceno tardío – Plioceno temprano"<sup>116</sup>. Los niveles de pómez podrían correlacionarse con los encontrados en

---

<sup>112</sup> ESTRADA, J., VIANA, R. y GONZÁLEZ, H., 2001. Op. Cit. p.58.

<sup>113</sup> Ibíd. p.58.

<sup>114</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R., 1998. Opc. Cit. p.1

<sup>115</sup> ESTRADA, J., VIANA, R. y GONZÁLEZ, H., 2001. Op. Cit. p.62.

<sup>116</sup> DUEÑAS, H. y CASTRO, G. Asociación Palinológica de la Formación Mesa en la Región de Falán, Tolima Colombia. Geología Norandina (3), Bogotá. 1981

la Formación Mesa, en el flanco oriental de la Cordillera Central, datado en 3,5 m.a<sup>117</sup>.

“Vander Hammen (1958) con base en análisis palinológico y relaciones lito estratigráficas en el Valle del Cauca, asignó una edad Pliocena a esta formación”<sup>118</sup>.

#### Formación Irrá-Tres Puertas. Miembro Volcano-Sedimentario (N2ivs)

Corresponde a una serie de sedimentos de origen volcánico, de color crema a blanco, laminares, ricos en cuarzo, feldespato y fragmentos de pómez que se intercalan con niveles conglomeráticos con abundantes fragmentos de pórfidos andesíticos y en menor proporción de rocas verdes, también tobas de cristales y láminas delgadas de sedimentos ricos en materia orgánica (turba).

Los estratos epiclásticos son de grano fino, con laminación fina, color crema a blanco con abundantes fragmentos de material pumítico, cuarzo y feldespatos, en paquetes hasta 2m de espesor, con delgadas intercalaciones de material conglomerático.

Las tobas son pardas, contienen fragmentos de pómez y pequeños cristales de hornblenda. Son de composición andesítica, tamaño de grano que varía de lapilli a ceniza.

Se presentan intercalaciones de conglomerados ricos en fragmentos de pórfidos andesíticos y algunos de rocas básicas.

Las capas que contienen turba se encuentran hacia la parte superior de la unidad, son delgadas, con excepción del nivel superior que alcanza 60cm. En el área de estudio esta unidad aflora en los municipios de Filadelfia, Anserma y Neira hacia la zona central del área de estudio.

#### Formación Irrá - Tres Puertas. Miembro Conglomerático (N2ic).

En el área de estudio, esta unidad geológica aflora en jurisdicción de los municipios de Filadelfia, Neira y Manzales en el departamento de Caldas.

De manera general, está conformada por conglomerados ricos en rocas verdes, areniscas, limolitas y arcillolitas con láminas de carbón. Consiste en un depósito fluvio-torrencial en el que se interdigitan todo tipo de sedimentos clásticos como conglomerados, arenas, arcillas, limos, cenizas. Los estratos individualmente tienen hasta 2m de espesor, pero se presume un espesor mínimo de 53m para esta unidad. La columna estratigráfica está conformada de la siguiente manera:

En la base. Conglomerados ricos en cantos de rocas verdes, intercalados con delgados niveles de areniscas gruesas color pardo.

En la parte media y superior. Estratos de conglomerados ricos en rocas verdes, capas de areniscas a veces con estratificación cruzada, areniscas conglomeráticas,

---

<sup>117</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. y GONZÁLEZ, H., 2001. Op. Cit. p.62.

<sup>118</sup> Ibíd. p.62.

limolitas, arcillolitas azulosas y arcillolitas de color crema rellenas por óxidos de hierro. En el tope de la unidad se encuentran láminas finas de color negro, ricas en materia orgánica y que llegan a formar carbones.

- Formación Zarzal (N2z)

De esta unidad litológica aflora un pequeño cuerpo (18 ha) al sur del All, en la ciudad de Pereira.

En la plancha 205 Chinchiná, esta unidad aparece referenciada con la sigla Tplz. En el presente trabajo se referencia como N2z siguiendo los lineamientos del Código Estratigráfico Internacional.

La Memoria Explicativa de la Plancha 205<sup>119</sup>, describe esta unidad litológica como una secuencia de origen sedimentario poco consolidada, compuesta capas gruesas de areniscas, areniscas tobáceas blancas a cremas; estas rocas se encuentran intercaladas con capas muy gruesas de arcillolitas tobáceas de color blanco con intercalaciones de capas delgadas de diatomitas.

Las areniscas son localmente conglomeráticas con fragmentos finos de chert; la estratificación es horizontal a levemente inclinada, localmente cruzada.

Esta secuencia hace parte de un medio sedimentario mixto: fluvial y lacustre. “El material arenoso y conglomerático indica condiciones de sedimentación fluvial, los niveles arcillosos con diatomita muestran condiciones de sedimentación en un medio lacustre”<sup>120</sup>.

“Van der Hammen (1958) con base en análisis palinológicos y relaciones litoestratigráficas en el Valle del Cauca, le asignó una edad pliocena a esta formación”<sup>121</sup>.

- Formación La Paila (N1p)

En las planchas 205<sup>122</sup> Chinchiná y 224 Pereira<sup>123</sup> esta unidad es referenciada con la sigla Tmp, en el presente trabajo se le asigna la sigla N1p siguiendo los lineamientos del Código Estratigráfico Internacional.

“El nombre de Formación La Paila fue dado por Kaiser, Nelson y Van der Hammen (1955 inédito) a una serie de sedimentos terciarios descritos en la localidad del mismo nombre al Oeste de Sevilla”<sup>124</sup>. Esta unidad también aflora en la Serranía de Santa Bárbara, al oeste de la Falla de Quebradanueva, al noreste de La Virginia.

---

<sup>119</sup> Ibíd. p.62

<sup>120</sup> Ibíd. p. 62

<sup>121</sup> Ibíd. p.62

<sup>122</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R., 1998. Op. Cit. p.1

<sup>123</sup> CABALLERO, H., ZAPATA, G., 1984. Geología de la Plancha 224 – Pereira. Op.Cit. p.1.

<sup>124</sup> CABALLERO, H., ZAPATA, G., 1984. Memoria Explicativa Plancha 224 – Pereira. Op. Cit. p.93.

Los afloramientos son escasos y presentan meteorización intensa, generalmente están localizados en los cortes de las vías.

*“Sobre la carretera Cartago-Hacienda-La Herradura se levantó una columna estratigráfica donde aparecen intercalaciones de conglomerados gruesos, areniscas conglomeráticas, areniscas de grano medio con matriz areno-arcillosa y con lentejones arcillosos. Los estratos se encuentran replegados, el espesor de la formación es de unos 270m.*

*...Se encuentran en la base de la columna conglomerados color pardo rojizo con guijarros mal seleccionados de tamaño grueso a fino, en una matriz arenosa abundante arenisca conglomerática, hacia el techo se va haciendo más arenoso con algunos lentejones de arcillolita<sup>125</sup>.*

Los conglomerados están compuestos principalmente por cantos subredondeados y heterométricos de cuarzo lechoso, chert negro y gris, diabasa, andesita y algunos cantos de jaspe rojo en una matriz areno-arcillosa; las areniscas forman estratos lenticulares de diferente espesor, son cuarzosas, de textura finogranular a gruesogranular y presentan estratificación cruzada a gran escala; las arcillolitas son de color varía gris verdoso a parduzco y forman pequeños lentes y nódulos en los conglomerados y las areniscas.<sup>126</sup>

Esta unidad forma una estructura anticlinal en el SW de la Plancha 205 Chinchiná, que al parecer es continuación del denominado Anticlinal de Holguín.<sup>127</sup>

Por correlación con la Formación Buga, se le ha asignado a esta unidad una edad probable de Mioceno Medio.<sup>128</sup>

- Depósitos Cuaternarios (Q2al, Q2fl, Q2ar, Q2d)

En general, los depósitos cuaternarios se distribuyen a lo largo de los principales ríos y quebradas, pueden conformar terrazas elevadas con respecto al nivel actual de las corrientes, reposar en la base de las laderas con pendientes fuertes o conformar valles en las principales fuentes superficiales de agua<sup>129</sup>.

En el área de estudio sobresalen depósitos aluviales recientes y depósitos de cenizas y flujos de escombros.

Depósitos aluviales (Q2al).

---

<sup>125</sup> Ibíd. p.93.

<sup>126</sup> Ibíd. p.95.

<sup>127</sup> Ibíd.p.95.

<sup>128</sup> Ibíd. p. 97

<sup>129</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.223.

Están conformados por bloques, gravas, arenas y limos en diversas proporciones, embebidos en una matriz areno-arcillosa. Generalmente presentan mala selección y no muestran estratificación, aunque se encuentran horizontes bien seleccionados en algunos aluviones elevados con respecto al nivel actual de los ríos (González, 2001)<sup>130</sup>.

“González (2001) afirma que la mayor parte de los depósitos aluviales-coluviales son del Holoceno y su espesor puede estar en aumento debido a la depositación actual, acelerada, en algunos casos por el intenso proceso de degradación a la cual ha estado sometida la región, en tiempos recientes”<sup>131</sup>.

Estas acumulaciones de sedimentos “invaden los cursos de los ríos principales y los obliga a socavar la orilla contraria como ocurre con el río Cauca entre la Virginia y la desembocadura del río Arquía (González, 1993)”<sup>132</sup>.

Regionalmente hacia el costado norte de la zona de estudio sobresalen algunos depósitos aluviales como los generados por los ríos La Chaparrala y Supía, y los del curso inferior de los ríos San Juan, Poblano y río Cauca entre La Pintada y Bolombolo, también, los de la quebrada Sinifaná.

“Igualmente en la parte sur, bajo esta denominación se agrupan los sedimentos de relleno de los ríos Cauca, Risaralda, Chinchiná, Guacaica y de algunos de los tributarios; además, incluyen algunos depósitos coluviales”<sup>133</sup>.

Las terrazas y aluviones se caracterizan por su topografía plana; los depósitos asociados con el río Cauca, en la desembocadura del río Chinchiná y quebrada Llano Grande, son de grande extensión y están constituidos por gravas, arenas y limo.

Son cartografiados dentro de la zona de estudio hacia el costado sur en los alrededores de los municipios de Neira, Palestina, Anserma y Manizales (Caldas), y Marsella y Pereira en Risaralda. Conforman llanuras de inundación constituidas por materiales como arenas, limos y arcillas no consolidadas, a lo largo de los ríos menores.

#### Cenizas y Flujos de Escombros (Q2f)

Esta formación superficial se encuentra como una unidad discontinua en la parte sur del área de estudio, en jurisdicción de los municipios de Palestina, Risaralda y Belalcázar en el departamento de Caldas, así como en los municipios de Marsella y Pereira en el departamento de Risaralda.

---

<sup>130</sup> Ibíd. p.224

<sup>131</sup> Ibíd.p. 225.

<sup>132</sup> Ibíd. p. 225.

<sup>133</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. Op. Cit. p.67

La Formación Irra – Tres Puertas se encuentra cubierta localmente por arenas tobáceas, flujos aluviales con niveles arenosos y conglomeráticos y por flujos de escombros, probablemente lahares depositados discordantemente<sup>134</sup>.

Las arenas y flujos son de color pardo – amarillo, presentan poca consolidación por lo que favorece el desarrollo de canales verticales. Contienen niveles conglomeráticos ricos en fragmentos de rocas volcánicas de composición andesítica. Cuando se depositan sobre el miembro volcano-sedimentario, lo hacen rellenando los ejes de los sinclinales y en este caso la estratificación está inclinada hacia el contacto<sup>135</sup>.

Los flujos de escombros contienen bloques de composición andesítica, hasta de 1m de diámetro, mal seleccionados y con un espesor de hasta 20m. Lateralmente, las cenizas y flujos de escombros muestran contactos erosionales con los sedimentos del miembro volcano-sedimentario y con la cubierta cuaternaria. Muchos de ellos por su extensión no son cartografiables<sup>136</sup>.

Por sus relaciones estratigráficas con la Formación Irra – Tres Puertas y su bajo grado de consolidación, estas unidades han sido asignadas al Cuaternario.

#### Aluviones recientes (Q2ar)

Son depósitos aluviales que se forman a lo largo de los cauces de los ríos y quebradas principales. En el área de estudio esta unidad superficial fue cartografiada hacia el costado norte a lo largo de los ríos Cauca y Arma, en los alrededores del municipio de La Pintada (Ver Figura 3.2.3)

---

<sup>134</sup> *Ibíd.* p.67.

<sup>135</sup> *Ibíd.* p. 67.

<sup>136</sup> *Ibíd.* p.67.



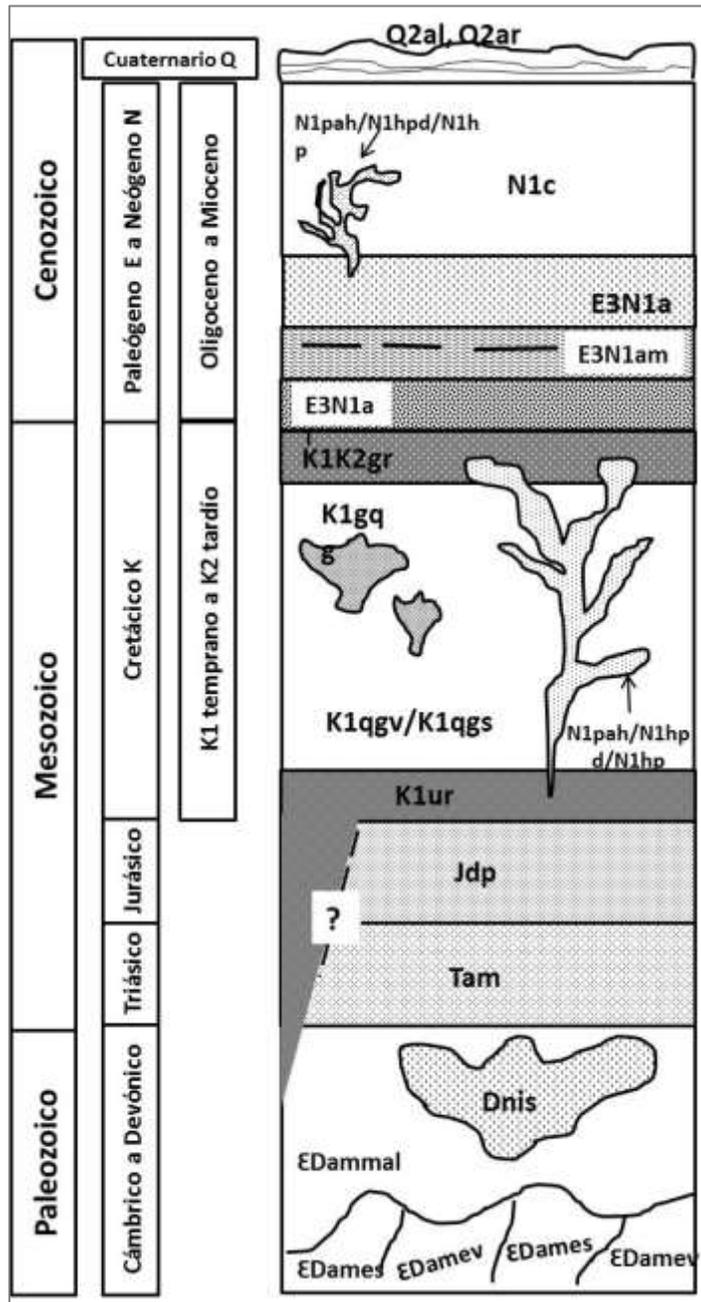
Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.3 Aluviones Recientes a lo largo del cauce, municipios de La Pintada y Aguadas**

#### Derrubios (Q2d)

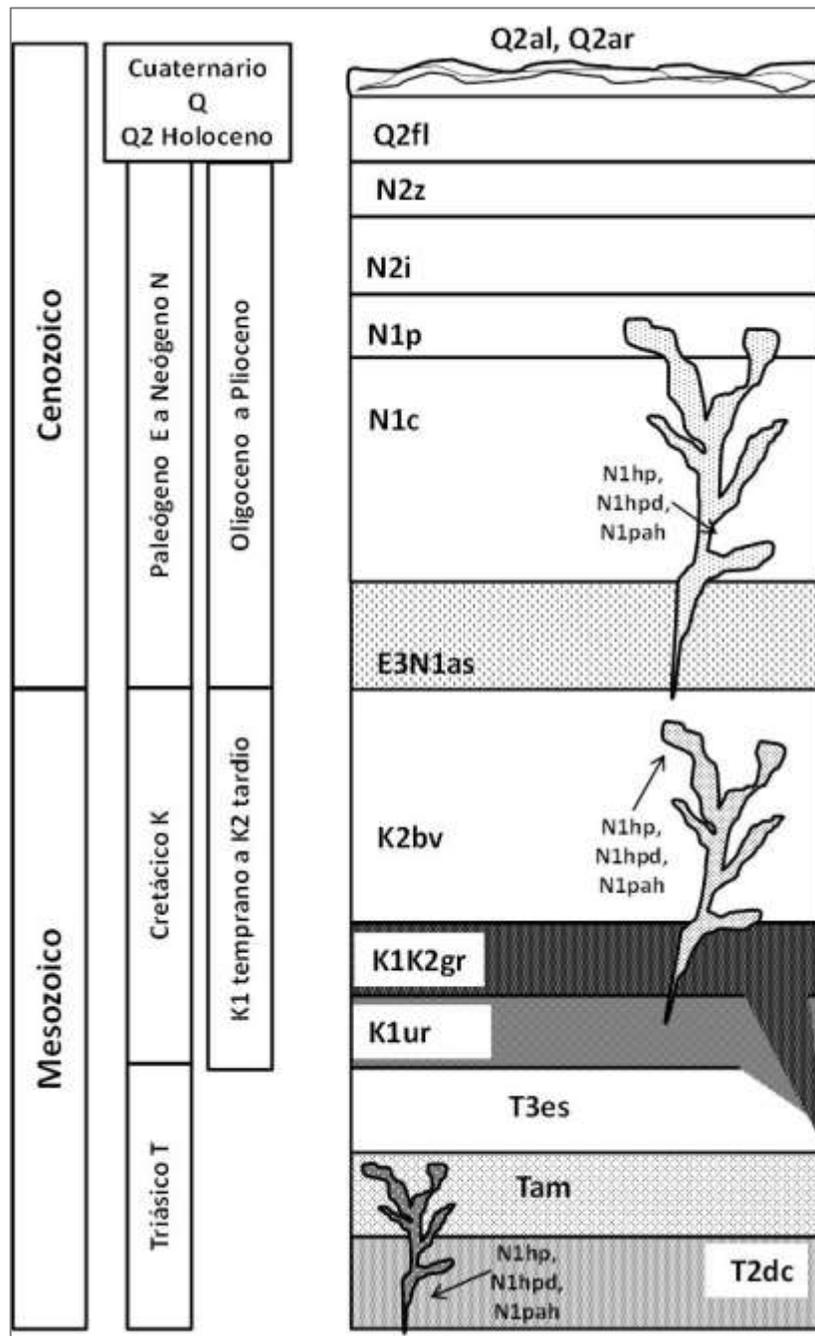
Son depósitos formados en las laderas a expensas de los materiales arrancados por la acción de los agentes atmosféricos y transportados hasta alguna pequeña depresión o rellano. La ocurrencia en el área es local y de extensión reducida.

En el área de estudio son de ocurrencia local y de extensión reducida, por lo que no aparecen cartografiados, aunque se reportan dos cuerpos pequeños, uno al costado oriental, en alrededores de municipio de Amagá, y otro en el costado occidental, a 3km al este de la cabecera del municipio de Armenia.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.4** Columna estratigráfica generalizada del área de estudio, tramo Medellín - La Pintada



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.5 Columna estratigráfica generalizada del área de estudio, tramo La Pintada - La Virginia**

### 3.2.1.1.2 Área de Influencia Directa (AID)

En este numeral se describen las unidades litológicas y formaciones superficiales que afloran en el AID del Proyecto incluyendo las características composicionales,

las estructuras litológicas (esquistosidad, estratificación, etc.) y tectónicas (diaclasamiento, fracturamiento, etc.), el grado de alteración de los cuerpos de roca y en general, las limitaciones o potencialidades que presentan para este tipo de proyecto.

Igualmente se describen los perfiles de meteorización identificados en campo siguiendo al clasificación de Deere and Patton (1971)<sup>137</sup>.

- Unidades Paleozoicas
  - Grupo Ayurá Montebello (εDam)

De esta unidad se identificaron en el AID las unidades de Metaarenitas y Metalodolitas, y esquistos verdes intercalados con esquistos negros, de las cuales las características se presentan a continuación:

#### Unidad de Esquistos Verdes (εDamev).

Esta unidad aflora en el municipio de Heliconia, intercalados con esquistos negros (sericíticos), o con transiciones composicionales entre esquistos verde a esquistos negro de acuerdo con el contenido de minerales de clorita, actinolita y sericita. Algunas veces estas rocas contienen cuarzo en venas o a manera de intercalaciones. Foto 3.2.1

Estas rocas muestran microplegamiento con varias direcciones de foliación, indicando polimetamorfismo. La roca en estado fresco presenta un color verde claro, cuando está meteorizada adquiere un color pardo amarillento por oxidación de los ferromagnesianos. Foto 3.2.2



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.1 Bloques con intercalación de esquistos negros y esquistos verdes, AID en la vereda La Pradera (Heliconia, Ant.). Puntos de control GEO 003 y GEO 002, respectivamente**

<sup>137</sup> GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis y otros. Capítulo 2. Mecánica de Suelos en Ingeniería Geológica. Madrid. Parson Educación, 2002, p.19.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

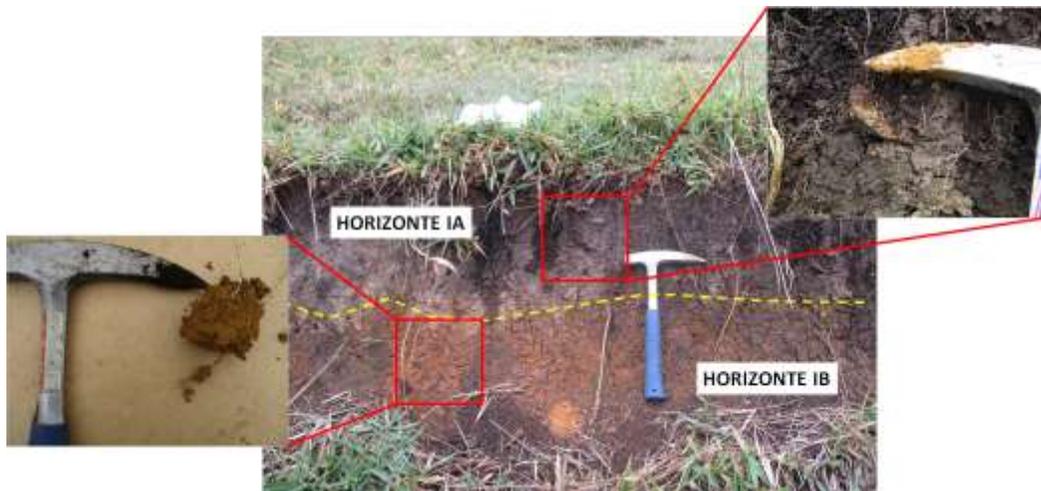
**Foto 3.2.2 Imagen izquierda: Roca polimetamórfica: esquistos verdes y negros intercalados; imagen derecha, esquisto verde meteorizado. Municipio de Heliconia (Antioquia)**

Estas rocas desarrollan suelos residuales con buen desarrollo del suelo, con presencia del horizonte B.

En la Foto 3.2.3 se muestra el perfil de meteorización típico de esta unidad, el cual está conformado de la siguiente manera:

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro, con abundantes raíces, estructura granular, textura limo-arenosa, bioturbación, humedad media, ocasionalmente contiene fragmento de roca. Espesor 0.4m

Horizonte IB. Suelo: Color pardo rojizo con tonalidades oscuras, contiene raicillas, estructura granular, textura arcillosa, consistencia alta, humedad baja. Espesor visible 1.0m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.3 Perfil de meteorización de unidad de Esquistos Verdes. AID, vereda La Pradera (Heliconia, Antioquia). Punto de control GEO 001**

### Metaarenitas y Metalodolitas. (E Dammal)

Esta unidad aflora como franjas elongadas en dirección aproximada norte sur, en las veredas Piedra Verde en el municipio de Caldas, Santa Rita en Angelópolis y Tamargal en Heliconia, todas ellas localizadas en el departamento de Antioquia.

Está constituida por rocas de textura esquistosa con microplegamientos, con meteorización variable entre media y alta y comúnmente en estado de saprolito; algunas veces se encuentra afectada por fracturamiento intenso.

En el AID se observan algunos fragmentos en estado fresco que hacen parte de un depósito de flujo de escombros. En estos bloques, la esquistosidad es pobre a buena y se observan algunas discontinuidades irregulares (Ver Foto 3.2.4 y Foto 3.2.5).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.4 Afloramientos de metalodolita. AID, vereda La Maní del Cardal (Caldas, Ant.). Punto de control GEO 026**



Fuente: CONSORCIO MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.5 Bloques de metalodolita, vereda Sinifaná (Caldas, Antioquia). Punto de control GEO 029**

Para las metaarenitas y metalodolitas, la roca desarrolla suelos de textura arenarcillosa a limoarcillosa, color gris claro y pardo claro, con estructura granular (Ver Foto 3.2.6).

En la vereda Piedra Verde, se identificó un perfil de meteorización, conformado de la siguiente manera:

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro, con abundantes raíces, estructura granular, textura limo-arenosa, bioturbación, cubierto por líquenes y musgo. Espesor 0.5m.

Horizonte IC. Saprolito: Color café oscuro cubierto en parte por musgo en capas muy delgadas, se identificaron estructuras del material parental, textura arcillosa, consistencia media y es húmedo al tacto. Espesor 2.0m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.6 Perfil de meteorización de Metaarenitas y Metalodolitas, vereda La Maní del Cardal (Caldas, Antioquia). Punto de control GEO 026.**

- Intrusivos Néisicos Sintectónicos (Dins).

Esta unidad se identificó en el departamento de Antioquia, en la vereda Palo Coposo perteneciente al municipio de Santa Bárbara.

Son rocas de textura bandeada, tamaño de grano fino, color oscuro con delgadas bandas blancas; con abundante oxidación sobre las caras expuestas. Mineralógicamente la roca se compone de cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita. Localmente se observa pirita en cristales finos y dentro del afloramiento se observan algunos lentes de cuarzo de tamaño centimétrico. Igualmente en el sector, los neises parecen estar aflorando cerca de una zona de esquistos moscovíticos perteneciente al Grupo Ayurá –Montebello.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.7 Roca néisica, imagen izquierda, vereda Palo Coposo, esquistos moscovíticos, imagen derecha (Santa Bárbara, Antioquia). Punto de control GEO-037**

En el afloramiento localizado dentro del AID se distinguen por lo menos dos familias de diaclasas con disposiciones estructurales expresadas en azimut/buzamiento de  $90^{\circ}/50N$  (dirección/buzamiento: E-W/50N) y  $20^{\circ}/56SE$  (o dirección/buzamiento: N20E/56SE). Foto 3.2.8.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.8 Diaclasamiento en Intrusivos Néisicos Sintectónicos (Santa Bárbara, Antioquia).**

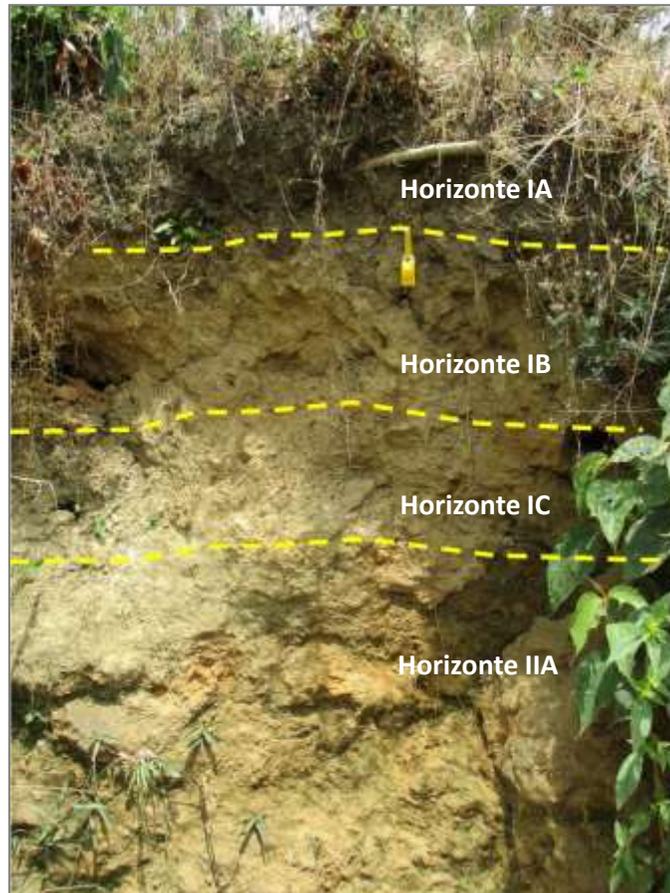
Esta unidad desarrolla suelos de color ocre, textura limosa y estructura granular. En la vereda San Isidro Parte Baja (Santa Bárbara, Antioquia), se identificó un perfil de meteorización, conformado de la siguiente manera (Ver Foto 3.2.9):

IA. Suelo: Color café grisáceo, con abundante raíces y bioturbación, textura limo-arenosa y estructura granular Espesor 0.30m.

IB. Suelo: Color crema a café claro, textura limosa, estructura granular, consistencia media y moderado contenido de raíces. Espesor 0.40m.

IC. Saprolito: Color crema, textura limosa, estructura granular a masiva, consistencia media a alta. Espesor 0.40m.

IIA. Transición saprolito – roca meteorizada: Color ocre, textura arcillosa, estructura granular a masiva, consistencia media. Espesor 1.00m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.9 Perfil de meteorización típico Intrusivos Néisicos Sintectónicos Vereda San Isidro Parte Baja (Santa Bárbara, Antioquia)**

- Unidades Mesozoicas
  - Complejo Arquía. Esquistos de Lisboa-Palestina (T3es y T3ea)  
Esquistos Cuarzosericíticos y Grafitosos (T3es)

Esta unidad se identificó en la vereda El Rodeo del municipio de Pácora y la vereda La India en el municipio de Filadelfia en el departamento de Caldas.

Los esquistos grafitosos son de color negro y untuoso al tacto debido al contenido de grafito, presenta segregaciones de cuarzo en venas hasta de 0,15m de longitud;

exhiben esquistosidad pobre, ocasionalmente microplegamiento, y se encuentran ligeramente fracturados (Foto 3.2.10).

El grado de meteorización es bajo, el desarrollo de suelo es incipiente; en estado de saprolito es de color gris claro y textura arenosa; en el recorrido de campo no se encontró el perfil de meteorización de este cuerpo.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.10 Esquisto grafitoso con segregaciones de cuarzo, vereda El Rodeo, Pácora (Caldas). Punto de control GEO 055**

Los esquistos cuarzo sericíticos se encuentran aflorando con una coloración gris oscuro, identificando cristales de hornblenda y micas con tamaño de grano medio y contenido de cuarzo variable, encontrándolo ocasionalmente como segregaciones; la roca se encuentra parcialmente meteorizada y altamente oxidada dando una coloración vinotinto. La foliación es ligeramente a débilmente marcada. (Ver Foto 3.2.11)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.11 Esquisto Cuarzosericítico, vereda La India, Filadelfia (Caldas).**

En la vereda La India del municipio de Filadelfia en la vía que conduce a Filadelfia, por fuera del área de influencia, se identificó un perfil de meteorización de dicha unidad (Ver Foto 3.2.12), conformado de la siguiente manera:

-Horizonte IA. Suelo: Color café crema con tamaño de grano arenas medias, se encuentra seco. Espesor 0.5m.

-Horizonte IIA. Transición Saprolito-Roca Meteorizada: Este horizonte presenta una relación suelo-roca de 90%-10%, la roca corresponde a una roca metamórfica débilmente foliada de color gris oscuro, con cristales de hornblenda y micas, presenta oxidación dando coloraciones vinotinto. El suelo corresponde a arenas medias de color gris. Espesor 3.5m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.12 Perfil de meteorización de los esquistos cuarzosericíticos, vereda La India, Filadelfia (Caldas)**

- Stock Diorítico de Cambumbia (T2dc)

La unidad se encuentra aflorando en la vereda Arma del municipio de Aguadas en el departamento de Caldas, principalmente en la vía que comunica La Pintada con Arma.

El cuerpo corresponde predominantemente a una diorita de textura fanerítica fino granular de color gris moteado; se identifican minerales de hornblenda, feldespato y

cuarzo. Se observan diques de cuarzo de orden centimétrico y localmente zonas con variaciones composicionales hasta gabroides y graníticas (Ver Foto 3.2.13).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.13 Variación composicional del Stock Diorítico de Cambumbia, Vereda Bocas, Aguadas (Caldas). Punto de control 042**

En la vereda Arma en Aguadas (Caldas), se identificó un perfil de meteorización, conformado de la siguiente manera:

IA. Suelo: Color café oscuro, con abundante raíces, tamaño de grano areno arcilloso. Espesor 0.50m.

IIA. Transición Saprolito – Roca Meteorizada: La relación suelo-roca es de 20%-80%, siendo el suelo areno arcilloso de color pardo crema y la roca color gris con minerales de hornblenda, feldespato y cuarzo, el grado de meteorización oscila entre moderado y alto. Espesor 3m



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.14 Perfil de meteorización del Stock Diorítico de Cambumbia, vereda Arma, Aguadas (Caldas)**

- Stocks Adamelíticos y Monzoníticos (Tam)

Esta unidad se identificó en el departamento de Antioquia, por ejemplo en las veredas La Florida Parte Alta en el municipio de Angelópolis, Minas y Nicamor Restrepo en el municipio de Amagá y Salinas en el municipio de Caldas-Antioquia.

Son rocas de textura pegmatítica, de color crema con tonalidades amarillas y oxidación en algunas partes, comúnmente con meteorización hasta alcanzar el estado de saprolito. Están conformados por cuarzo, moscovita, biotita y feldespatos.

En el AID se observan algunos fragmentos en estado frescos y otros como parte de depósitos de vertiente y depósitos aluviotorrenciales. Se identificó una familia de diaclasa con azimuth/buzamiento de 40/85NW en un afloramiento localizado en la vereda Salinas- Caldas (Foto 3.2.15).

Derivado de la textura pegmatítica y la composición de la roca, en estado de saprolito esta unidad presenta alta susceptibilidad a la erosión hídrica con desarrollo de surcos y en ocasiones cárcavas profundas, y movimientos en masa que involucran importantes volúmenes de material y serios problemas de estabilidad.

Esta unidad es aprovechada en la zona para la extracción de materiales de construcción (arenas)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.15 Roca con textura pegmatítica de Stock Adamelíticos y Monzoníticos. Imagen izquierda, vereda Minas (Amagá); imagen derecha, vereda Salinas (Caldas), Antioquia. Puntos de control GEO 019 GEO 024, respectivamente.**

Esta unidad desarrolla suelos de color pardo rojizo con tonalidades amarillentas a pardas, textura arenosa-arcillosa y estructura granular. (Foto 3.2.16)

En la vereda Salinas en Caldas (Antioquia), se identificó un perfil de meteorización, conformado de la siguiente manera:

IA. Suelo: Color café oscuro, con abundante raíces y bioturbación, textura arenosa y estructura granular Espesor 0.30m.

IB. Suelo. Color pardo rojizo, textura areno-arcillosa, sin estructura, consistencia alta, contiene raíces y es húmeda al tacto. Espesor 0.70m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.16 T59 Perfil de meteorización de roca derivada de los Stocks Adamelíticos y Monzoníticos. Vereda Salinas, Caldas (Antioquia). Punto de control GEO-004.**

- Diorita de Pueblito (Jpda)

Esta unidad fue identificada en la vereda Palo Blanco del municipio de Armenia Mantequilla-Antioquia. También aflora en los municipios de Heliconia, Amagá y Angelópolis

Es una roca masiva de textura fanerítica finogranular de composición intermedia a básica; en estado fresco es de color verde con tonalidades grisáceas, y meteorizada de color pardo amarillento y pardo rojizo. Se encuentra afectada por diaclasamiento y fracturamiento intenso por efectos tectónicos (Ver Foto 3.2.17).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.17 Afloramiento Diorita de Pueblito. Vereda Palo Blanco, Armenia Mantequilla (Antioquia)**

En la finca El Guaico, el perfil de meteorización de la Diorita de Pueblito presenta poco desarrollo (Foto 3.2.18). Está conformado de la siguiente manera:

Horizonte A. Capa orgánica delgada (0,30 m) color pardo oscuro, textura areno limosa, estructura granular, bioturbación, abundantes raíces.

Horizonte IC. Color pardo amarillento a pardo rojizo, textura limoarenosa, estructura masiva a granular, con pátinas de oxidación café oscuras con tonalidades grisáceas.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.18 Perfil meteorización de la Diorita de Pueblito, vereda Palo Blanco, Armenia (Antioquia). Punto de control GEO- 005.**

- Gabros de Romeral. (K1K2gr).

En el AID esta unidad se identificó en las veredas Cienaguita y San Isidro del municipio de Angelópolis y en la vereda El Tablazo del municipio de Heliconia en el departamento de Antioquia.

Este gabro se caracteriza por su textura fanerítica grueso granular a pegmatítica; es una roca masiva, de color gris en estado fresco, se torna de color amarillo y amarillo rojizo cuando se encuentra alterada.

Desarrolla suelos residuales color pardo claro a amarillo rojizo y textura limo arenosa a limo arcillosa, de acuerdo con el contenido de feldespato, cuarzo y ferromagnesianos de la roca madre (Foto 3.2.19 y Foto 3.2.20).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.19 Fragmentos de Gabro de Romeral en depósito de vertiente, límite entre veredas San Isidro y Cienaguita, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-008**



Fuente: Consorcio MARTE – HMV, 2016

**Foto 3.2.20 Suelo residual del Gabro de Romeral, Vereda Cienaguita, Angelópolis (Antioquia)**

En la vereda Cienaguita del municipio de Angelópolis-Antioquia, se identificó un perfil de meteorización (Ver Foto 3.2.21), conformado de la siguiente manera:

IA. Suelo: Color café oscuro, textura areno-arcillosa, húmedo al tacto, bioturbación, abundante raíces y plantas. Espesor 0.50m.

IC. Saprolito: Color pardo oscuro a claro, con raíces y algunas plantas, textura arcillosa, consistencia alta, estructura no definida. Espesor 2.0m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.21 Perfil de meteorización de Gabro de Romeral, vereda Cienaguita, Angelópolis (Antioquia)**

- Ultramafitas de Romeral (K1ur).

Esta unidad litológica se identificó en las veredas La Piedra, Santa Rita y Santa Bárbara en el municipio de Angelópolis.

Haciendo parte de esta unidad afloran en el AID cuerpos de dunita serpentinizada de textura afanítica, masivas y color verde oscuro y verde oliva. En algunos sitios presenta fracturamiento intenso; algunas rocas presentan estrías de falla indicando esfuerzos tectónicos. Foto 3.2.22 y Foto 3.2.23).

En la vereda La Piedra esta unidad es explotada por una empresa llamada Mejisulfatos para la extracción de minerales como magnesio y calcio usados para la producción de fertilizantes.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.22 Ultramafitas de Romeral. Afloramiento de roca, vereda Santa Rita, Angelópolis (Antioquia). Punto de contrl GEO-011**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.23 Roca fracturada, Ultramafitas de Romeral, vereda Santa Bárbara, Angelópolis (Antioquia).**

En la vereda San Isidro en el municipio de Angelópolis-Antioquia se identificó un perfil de meteorización (Ver Foto 3.2.24) conformado de la siguiente manera:

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro a negro, textura arcillo-limosa, estructura granular, abundantes raíces y bioturbación, húmedo al tacto. Espesor: 0.5m.

Horizonte IC. Saprolito: Color amarillo, textura arenosa y limo-arcillosa, estructura masiva a levemente columnar, húmeda al tacto, presenta bloques de ultramafita meteorizados y frescos y heterométricos con tamaños entre 0.5- 90cm y tiene una relación matriz/fragmentos de 60/40. Espesor: 2.6m.



Fuente: Consorcio MARTE – HMV, 2016

**Foto 3.2.24 Perfil de meteorización Ultramafitas de Romeral, vereda San Isidro, Angelópolis, Antioquia. Punto de control GEO-010**

- Grupo Quebradagrande. (K1qg)

Del Grupo Quebradagrande predomina en el área de estudio, las rocas volcánicas, el miembro sedimentario aflora solo de manera puntual.

Grupo Quebradagrande. Miembro Volcánico (K1qgv)

Esta unidad litológica se identificó en las veredas Liborina, La Arcadia, Pitayo y Palo Coposo en el municipio de Santa Bárbara-Antioquia. También aflora en los municipios de Fredonia.

La roca es un basalto de textura afanítica, color verde claro en estado fresco por la espilitización de los ferromagnesianos, y amarillo rojizo cuando se encuentra meteorizado. Desarrollan suelos color pardo amarillentos con tonalidades rojizas y textura arcillosa (Foto 3.2.25 y Foto 3.2.26). En el AID se observan fragmentos frescos de basalto haciendo parte de algunos depósitos de vertiente. Igualmente afloran in situ con meteorización variable entre media y alta y fracturamiento irregular o diaclasamiento, por ejemplo, se identificó la roca afectada por una familia de diaclasas con azimuth/buzamiento de 248/40NW en el afloramiento ubicado en la vereda La Arcadia en el predio de la empresa INTEGRAL.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.25 Basalto de la Formación Quebradagrande, afectado por deslizamiento, vereda La Arcadia, municipio de Santa Bárbara. Punto de control GEO-032**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.26 Basalto de Grupo Quebradagrande Miembro Volcánico. Vereda Palo Coposo, Santa Bárbara (Antioquia). Punto de control GEO-040.**

En la vereda Pitayo del municipio de Santa Bárbara, se identificó un perfil de meteorización conformado de la siguiente manera (Ver Foto 3.2.27):

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro, textura areno-arcilloso, húmedo al tacto y con abundantes raíces y bioturbación. Espesor 0.15m.

Horizonte IC. Saprolito: Color pardo a tonos rojizos, textura arcillosa, compacto y masivo. Espesor 0.30m.

Horizonte IIA. Transición Saprolito-Roca Meteorizada: Color rojizo, con fragmentos de gabro meteorizado y oxidado en partes. Espesor 0.60m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.27 Perfil de meteorización de Basalto del Grupo Quebradagrande miembro Volcánico, vereda Pitayo, Santa Bárbara (Antioquia). Punto de control GEO-033**

Grupo Quebradagrande. Miembro Sedimentario (K1qgs).

Esta unidad litológica se identificó en la vía que de Santa Bárbara conduce a Fredonia, sobre En la vereda Pitayo del municipio de Santa Bárbara, se identificó un perfil de meteorización conformado de la siguiente manera (Ver Foto 3.2.27):

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro, textura areno-arcilloso, húmedo al tacto y con abundantes raíces y bioturbación. Espesor 0.15m.

Horizonte IC. Saprolito color pardo, textura limo-arcilloso, masivo, humedad media al tacto. Espesor 50 cm.

Horizonte IIA. Transición saprolito, color rojizo, textura limo-arcillosa, humedad media. Espesor 1 m.

La roca en el afloramiento visitado, corresponde a un chert estratificado, cuya disposición espacial en término de azimuth/buzamiento es 345/35NE (o dirección/buzamiento: N15W/35NE) con bandas centimétricas de color verde oscuro y blanco a nivel de macro-muestra, aunque es común observar fuerte oxidación de estas bandas sobre el afloramiento.

Las bandas verdes son finogranulares de apariencia silícea y en las blancas hay sectores donde se distingue cristales milimétricos de cuarzo mezclados con minerales arcillosos. En algunos sectores es común encontrar óxidos de manganeso en agregados dendríticos al igual que alteración clorítica y epidotización. Desarrollan suelos color pardo amarillentos con tonalidades rojizas y textura arcillosa (Foto 3.2.28 y Foto 3.2.29).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.28 Afloramiento de Chert Miembro Sedimentario del Grupo Quebrada Grande, vereda Pitayo, vía Santa Bárbara – Fredonia. Punto control GEO-036**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.29 Litología Miembro Sedimentario del Grupo Quebradagrande, vereda Pitayo – Santa Bárbara (Antioquia)**

En la vereda Pitayo del municipio de Santa Bárbara, sobre la vía Santa Bárbara – Fredonia se identificó el siguiente perfil de meteorización (Foto 3.2.30):

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro, con alto contenido de raíces y vegetación, textura arenosa y estructura granular. Espesor 0.10m.

Horizonte IB. Suelo: Color café a crema (según estratificación remanente), textura limosa, estructura granular y en bloques. Se observan algunos fragmentos de roca centimétricos (relación matriz-fragmentos 80/20) Espesor 0.70m.

Horizonte IIA. Transición Saprolito-Roca Meteorizada: Color rojizo claro, textura limosa, estructura granular, presenta fragmentos de roca meteorizada y oxidada de mayor tamaño que en IB. Espesor 0.90m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.30 Perfil de meteorización Miembro Sedimentario- Grupo Quebradagrande, vereda Pitayo, Santa Bárbara (Antioquia)**

- Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande (K1gqg).

Esta unidad se identificó en cercanías al All en la vereda Loma de Don Santos del municipio de Santa Bárbara en el departamento de Antioquia.

Este gabro es una roca masiva, de textura fanerítica mediogranula y localmente porfírica, color moteado blanco y negro en estado fresco, y se torna de color verde oscuro con pátinas rojizas cuando se encuentra alterada, compuesta principalmente

por plagioclasa, hornblenda y biotita y en menor proporción de piroxeno. Es común observar epidotización y venillas de calcita (Foto 3.2.31).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.31 Detalle de Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, afloramiento de talud de carretera, vía Santa Bárbara – La Pintada, vereda Loma de Don Santos, Santa Bárbara (Antioquia). Punto de control GEO-041**

Esta unidad presenta efectos tectónicos como fracturamiento irregular, diaclasamiento y poliedros de cizalladura. Foto 3.2.32



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.32. Afloramiento de Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, fracturado y diaclasado. Punto de control GEO-041**

- Formación Barroso del Grupo Cañasgordas (K2vb)

La unidad se identificó en la vereda La Paloma en el municipio de Belalcázar (Caldas). También aflora en los municipios de Palestina y Risaralda en el departamento de Caldas.

La roca es un basalto de color verde de textura afanítica; presenta coloraciones naranjas por oxidación de los ferromagnesianos cuando está meteorizado, llegando a ser deleznable en estado de saprolito (Foto 3.2.33); la unidad desarrolla suelos arcillo arenosos de color pardo naranja.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.33 Afloramientos de basalto de la Formación Barroso, vereda La Paloma, Belalcázar.**

En la vereda La Paloma en el municipio de Belalcázar, se encuentra el perfil de meteorización conformado como se muestra a continuación (Ver Foto 3.2.34):

Horizonte IA. Suelo: Color café oscuro, textura arcillo-arenosa, humedad baja al tacto; con abundantes raíces. Espesor 0.2m.

Horizonte IB. Suelo: Color pardo naranja, textura arcillo-arenosa, ligeramente húmedo al tacto y de plasticidad baja. Espesor 0.30.

Horizonte IIA. Transición Saprolito-Roca Meteorizada: Color verde con tonalidades pardas y pátina de oxidación; contiene un 60% fragmentos de roca altamente meteorizada y 40% saprolito de textura areno-arcillosa. Los bloques se encuentran altamente oxidados. Espesor 1.0m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.34 Perfil de meteorización de la Formación Barroso, vereda La Paloma Belalcázar (Caldas). Punto de control GEO-093**

- Unidades Cenozoicas
  - Formación Amagá (E3N1a)

De esta unidad litológica afloran en el AID los tres miembros que la conforman pero con mayor predominio del Miembro Superior, caracterizado por el predominio de areniscas deleznales y arcillolitas, así como por la ausencia de mantos de carbón y conglomerados.

Formación Amagá Inferior (E3N1ai).

Esta unidad litológica se identificó en el departamento de Antioquia, en la vereda Santa Bárbara en el municipio de Angelópolis, y en las veredas Minas y Nicanor Restrepo en el municipio de Amagá.

Aflora en el AID como areniscas conglomeráticas con estratificación inclinada aproximadamente con disposición 320/25SW (Inclinación tomada en afloramiento de la vereda Nicanor Restrepo-Amagá), se evidencian lentes de conglomerados intercalados con arcillolitas y erosión diferencial, es de color crema con tonalidades amarillas y rosa pálido, se encuentra parcialmente oxidada, las areniscas contienen cristales de cuarzo en una matriz arenosa mediogranular (Ver Foto 3.2.35)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.35 Estrato de arenisca conglomerática con lentes de conglomerado Formación Amagá, Miembro Inferior. Vereda Nicanor Restrepo, Amagá (Antioquia)**

6



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.36 Perfil de meteorización de E3N1ai. Vereda Nicanor Restrepo, Amagá (Antioquia)**

### Formación Amagá Medio (E3N1am)

Esta unidad litológica se identificó en las veredas La Estación y La Clara en el municipio de Angelópolis en el departamento de Antioquia.

En el AID afloran areniscas y arcillolitas en estado fresco y en estado de saprolito. Las arcillolitas son de color café a pardo con tonalidades grisáceas, de textura arcillosa, finamente estratificadas, estructura laminar y contenido de carbón, el cual es explotado de manera artesanal en la zona (Foto 3.2.37).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.37 Minas artesanales de carbón, Formación Amagá Miembro Medio, vereda La Clara, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-015**

En la vereda La Estación en el municipio de Angelópolis en el departamento de Antioquia se identificó un perfil de meteorización, conformado de la siguiente manera (Foto 3.2.38)

Horizonte IA. Suelo: Color pardo, textura areno-arcillosa, húmeda al tacto, contiene raíces de plantas. Espesor 0.10m

Horizonte IC. Saprolito: Color café con tonalidades pardas y grises, textura arcillosa, sin estructura, consistencia media, húmeda al tacto. Espesor 2.0m



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.38 Minas artesanales de carbón y arcillolita, Formación Amagá Miembro Medio. Vereda La Clara, Angelópolis (Antioquia). Punto de control GEO-015**

Formación Amagá Superior (E3N1as).

Esta unidad litológica se identificó en las veredas El Tambor en el municipio La Merced y la Estación Aguadas en el municipio de Aguadas, ambos en el departamento de Caldas.

En la vereda El Tambor afloran areniscas color crema con tonalidades naranjas por de la oxidación de ferromagnesianos; son de textura arenosa medio granular, con alto contenido de cristales de cuarzo y fragmentos de chert; el grado de meteorización es bajo; la estratificación en la vereda presenta una actitud (azimut/buzamiento) de 118/42SE (Foto 3.2.39).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.39 Areniscas de la Formación Amagá Miembro Superior en la vereda El Tambor, La Merced (Caldas).**

En la vereda El Tambor se identificó un perfil de meteorización conformado de la siguiente manera (Foto 3.2.40)

Horizonte IA. Suelo: Color pardo, textura areno-arcilloso, con alto contenido de raíces y bioturbación. Espesor 0.60m.

Horizonte IIB. Roca parcialmente meteorizada: arenisca color crema a ocre con tonalidades naranjas por oxidación superficial, grano medio.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.40 Perfil de meteorización de areniscas de la Formación Amagá Miembro Superior. Vereda El Tambor, La Merced (Caldas).**

- Formación Combia (N1c).

Esta formación se identificó en la vereda La Palma del municipio de Filadelfia en el departamento de Caldas. También aflora en los municipios de La Merced (Caldas) y Santa Bárbara y La Pintada en Antioquia.

En la vereda La Palma, esta unidad está conformada principalmente por tobas piroclásticas de color gris claro con matriz tamaño lapilli en la cual se identificaron cristales de hornblenda y biotita y fragmentos de roca volcánica; la roca se encuentra con un grado de meteorización moderado, ocasionalmente en estado de saprolito, siendo deleznable con la mano (Foto 3.2.41 y Foto 3.2.42).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.41 Tobas de la Formación Combia, vereda La Palma (Filadelfia, Caldas). Punto de control GEO-068**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.42 Afloramiento de la Formación Combia, vía Filadelfia – La Felisa**

En la vereda La Palma del municipio de Filadelfia, sobre la vía Filadelfia – La Felisa se identificó un perfil de meteorización conformado como se describe a continuación (Foto 3.2.43):

Horizonte IA. Suelo: Color pardo, con alto contenido de raíces y vegetación. Espesor 0.30m.

Horizonte IIB. Roca parcialmente meteorizada: Toba color gris claro, con piroclastos moderadamente meteorizados en una matriz con tamaño de grano lapilli ligeramente meteorizada; ocasionalmente se presenta oxidación por algunos planos de debilidad. Espesor 4.30m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.43 Perfil de meteorización de la Formación Combia en la Vereda La Palma, Filadelfia**

- Cuerpos hipoabisales de diferente nomenclatura local. (N1qhp, N1pah, N1hpd).

Pórfido Andesítico hornbléndico (N1pah).

Esta unidad se identificó en la vereda La Soledad en el municipio de Filadelfia en el departamento de Caldas, sobre la vía Filadelfia – La Felisa. También aflora hacia el norte, en los municipios de Pácora y Aguadas (Caldas).

Corresponde a una roca masiva de textura porfírica y composición intermedia, la textura porfírica, está definida por fenocristales de feldespato con tamaños hasta de 1 cm en una matriz afanítica; la roca en estado fresco es color gris claro con motas color crema, presenta oxidación ocasionando una coloración pardo amarillento. La roca se encuentra muy fracturada (Foto 3.2.44)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.44 Afloramiento de Pórfido sobre la vía La Felisa - Filadelfia**

En la vereda La Soledad del municipio de Filadelfia se identificó un perfil de meteorización de dicha unidad (Foto 3.2.45), conformado de la siguiente manera:

Horizonte IA. Suelo: Suelo tamaño arena media color café, con bajo contenido de materia orgánica. Espesor 0.10m

Horizonte IB. Suelo: Suelo tamaño arena color café claro, se encuentra seco. Espesor 0.5m

Horizonte IIA. Transición Saprolito-Roca Meteorizada: Horizonte con relación suelo-roca del 30%-70%, el suelo es color café claro con tamaño de grano areno arcilloso; la roca corresponde a una dacita profídica, altamente meteorizada llegando a ser deslenable con la mano en ocasiones. Espesor 4.0m



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.45 Perfil de meteorización del Pórfido Andesítico, vereda La Soledad, Filadelfia (Caldas)**

Rocas hipoabisales porfíricas de composición dacítica (N1hpd).

Esta unidad se identificó en la vereda El Tambor en el municipio de La Merced (Caldas). También aflora en el municipio de Pácora (Caldas), hacia el sector de La Garrucha sobre la margen derecha del río Cauca.

En la vereda El Tambor se encuentra aflorando en estado de saprolito (horizonte IC del perfil de meteorización), color crema a ocre, textura gravosa-arenosa y estructura granular; se diferencian cristales de cuarzo con tamaños de hasta 1cm, ocasionalmente presenta cristales de moscovita.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

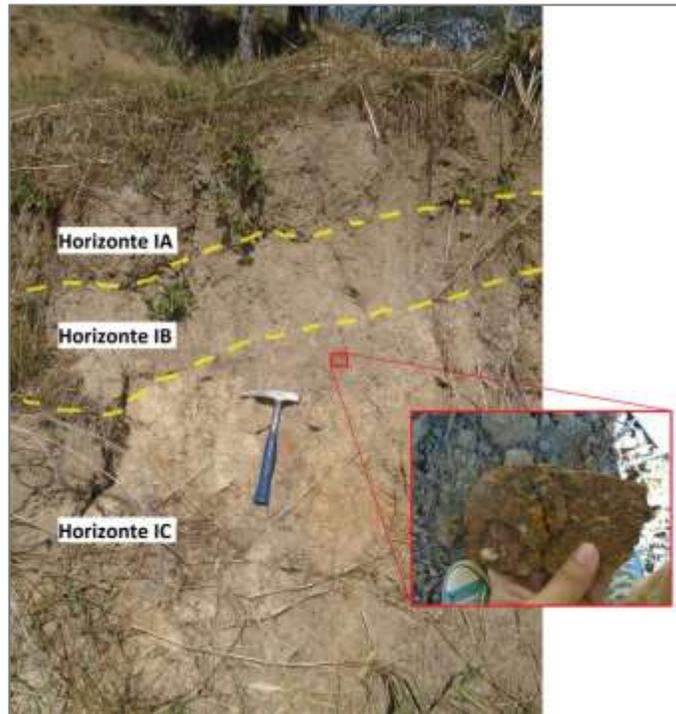
**Foto 3.2.46 Afloramiento de rocas hipoabisales, vereda El Tambor, La Merced (Caldas). Punto de control GEO 058**

En la vereda El Tambor del municipio de La Merced se identificó un perfil de meteorización de dicha unidad (Foto 3.2.47), conformado de la siguiente manera:

Horizonte IA. Suelo: Suelo tamaño arena media color café claro, con bajo contenido de materia orgánica. Espesor 0.30m.

Horizonte IB. Suelo: Suelo tamaño arena color café claro, se encuentra seco y conserva aún los cristales de cuarzo. Espesor 0.30m.

Horizonte IC. Saprolito: El suelo es color café claro con tamaño de grano arenoso; ocasionalmente se presentan fragmentos de roca los cuales se encuentran altamente meteorizados siendo deslenables con la mano; adicional a esto se identifica la textura porfídica de la roca original dada la presencia de abundantes cristales de cuarzo. Espesor 0.90m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.47 Perfil de meteorización de rocas hipoabisales, vereda El Tambor, La Merced (Caldas). Alrededores del punto de control GEO 058**

- Formación Irra (N2i)

Formación Irra-Tres Puertas. Miembro volcano-sedimentario (N2ivs)

El miembro volcano-sedimentario de la Formación Irra-Tres Puertas se identificó en la vereda San José del municipio de Neira (Caldas). La mayor parte del cuerpo aflora en el municipio de Filadelfia, aunque solamente en una restringida zona del AID, por ejemplo, en los alrededores de las veredas La Palma y sobre la margen derecha de la quebrada La Honda.

La unidad corresponde a tobas de color gris claro con tamaño de grano lapilli, presenta algunos fragmentos porfiríticos de composición dacítica y cristales de cuarzo; la roca se encuentra ligeramente meteorizada presentando oxidación y coloración amarillo crema (Foto 3.2.48). Los afloramientos encontrados en la zona no son representativos para describir el perfil de meteorización que desarrolla esta formación.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.48 Miembro Volcano-sedimentario de la Formación Irra. Vereda San José, Neira (Caldas). Punto de control GEO-078**

#### Formación Irra - Tres Puertas. Miembro Conglomerático (N2ic)

Esta unidad litológica se encuentra aflorando en las veredas Colombia en el municipio de Manizales, El Río en el municipio de Neira y La India en el municipio de Filadelfia en el departamento de Caldas.

La roca es de apariencia conglomerática, color crema con tonalidades rojizas por la oxidación de materiales con minerales ferromagnesianos. Corresponde a una roca clasto soportada con una relación clastos-matriz de 80%-20%; los clastos son principalmente de cuarzo, chert y líticos altamente meteorizados, son de forma subredondeada a subangular con tamaños de hasta 10cm, embebidos en una matriz areno – arcillosa. La roca se encuentra fuertemente meteorizada alcanzando a veces el estado de saprolito (Foto 3.2.49).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.49 Miembro Conglomerático de la Formación Irra. Vereda San José, Neira (Caldas). Punto de control GEO-078**

- Formación La Paila (N1p)

Esta unidad se identificó en la vereda El Bosque en el municipio de Belalcázar (Caldas) y la vereda El aguacate en el municipio de La Virginia (Risaralda).

La roca corresponde a un conglomerado, siendo este clastosoportado con clastos principalmente de rocas volcánicas, de carácter subredondeado a subangular y tamaños inferiores a los 0,10m, la matriz es de color pardo, con tamaño de grano arenoso. La roca se encuentra aflorando fuera del área de influencia en la vereda El Aguacate moderadamente meteorizada y consolidada (Ver Foto 3.2.50).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.50 Afloramiento de Formación La Paila, vereda El Aguacate, La Virginia (Risaralda)**

En la vereda El Bosque del municipio de La Virginia se identificó un perfil de meteorización de dicha unidad (Foto 3.2.47), conformado de la siguiente manera:

Horizonte IA. Suelo: Suelo tamaño arena media color café claro, con alto contenido de materia orgánica. Espesor 0.30m.

Horizonte IB. Suelo: Suelo tamaño limo arenoso color café crema, se encuentra seco. Espesor 1.50m.

Horizonte IC. Saprolito: el material es de color rojizo con motedo color crema con tamaño de grano arcillo – arenoso; se conserva la textura de la roca parental siendo esta clastosoportado. No se identifica la composición de los clastos ni minerales dado el alto grado de meteorización. Las zonas de color crema son de tamaño de grano arcilloso. Espesor 2.50m.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.51 Perfil de meteorización de conglomerados, vereda El Bosque, Belalcázar (Caldas). Punto de control GEO-101**

- Depósitos Cuaternarios (Q2al, Q2fl, Q2ar)

En el AID se identificaron depósitos de origen aluvial y de vertiente; sobresale por su extensión la unidad cartografiada como Cenizas y Flujos de Escombros (Q2fl) sobre los aluviales (Depósitos Aluviales y Aluviones Recientes).

#### Cenizas y Flujos de Escombros (Q2fl)

Esta unidad se identificó en las veredas Santaguada en el municipio de Palestina (Caldas) y La Paz en el municipio de Pereira (Risaralda). También aflora en los municipios de Manizales, Risaralda y Belalcázar en el departamento de Caldas, y en Marsella (Risaralda).

Agrupar diferentes eventos de flujos, los cuales varían en su composición y características de acuerdo con la zona en la cual se localicen. En el municipio de Palestina afloran depósitos de vertiente altamente meteorizados constituidos por una matriz arcillosa que contiene clastos subangulares hasta de 0,50m de diámetro, cuya composición no fue identificada debido al grado de alteración de los mismos (Foto 3.2.52).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.52: Flujo de escombros en el municipio de Palestina, Caldas**

En el municipio de Pereira (Risaralda) no se encontraron afloramientos de los flujos, sin embargo se identificaron bloques de origen volcánico, subangulares a subredondeados, de orden métrico y composición intermedia a ácida, con textura fanerítica (Ver Foto 3.2.53).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.53: Bloques de flujo en la vereda La Paz en el municipio de Pereira (Risaralda)**

### Depósitos aluviales (Q2a)

Algunos de estos depósitos se identificaron en las veredas Estación Pereira, La Miranda y Beltrán en el municipio de Marsella (Risaralda) asociados a la dinámica del río Cauca, igualmente en Anserma y Filadelfia (Caldas) a los ríos Guaicaca, Chinchiná y Cauca.

Aunque las características de los depósitos aluviales varían de acuerdo con la dinámica de las corrientes, presentan por lo general, una mejor consolidación y por lo tanto una mejor estabilidad que la unidad de Aluviones Recientes. En general conforman superficies planas y levemente inclinadas en dirección a la corriente con geformas como terrazas y abanicos aluviales.

Los depósitos encontrados en el municipio de Marsella, asociados al río Cauca presentan variaciones en cuanto al tamaño, esfericidad y redondez de los fragmentos y en el porcentaje de matriz que los envuelven (Foto 3.2.54).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.54: Depósitos aluviales asociados al río Cauca, municipio de Marsella**

### Aluviones recientes (Q2ar)

Esta unidad está asociada a la dinámica diaria de las corrientes de la zona por lo que está conformada por sedimentos poco consolidados o con una movilidad relativamente alta que depende de la capacidad de arrastre del agua, la cual puede estar condicionada a la vez por el caudal o por las condiciones climáticas del área. Conforman llanuras de inundación y barras laterales y centrales. Esos depósitos serán a atravesados por la línea pero no serán cimiento de ninguna estructura que dé soporte del sistema de transmisión (torres) u otras obras complementarias.

En el área de estudio fueron cartografiados como una franja a los largo de Cauca o río Arma en los alrededores del municipio La Pintada en Antioquia y en Aguadas y Belalcázar en el departamento de Caldas (Foto 3.2.55)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.55 Aluviones recientes río Arma, alrededores vereda Bocas, municipio de Aguadas (Caldas)**

3.2.1.1.3 Síntesis y Comparación áreas unidades geológicas del All y AID

Después de estimar las áreas de las unidades litológicas y formaciones superficiales identificadas en el área del Proyecto Medellín – La Virginia, se determinó que las unidades geológicas con mayor extensión tanto del All como AID, en orden de abundancia, corresponden a la unidad de Cenizas y Flujos de Escombros, seguida de las del Miembro Conglomerático de la Formación Irra-Tres Puertas, del Miembro Volcánico de la Formación Quebradagrande, de las rocas volcánicas de la Formación Barroso del Grupo Cañasgordas, del Miembro Superior de la Formación Amagá y del Pórfido Andesítico Hornbléndico. Estas unidades constituyen 61,13% del All y el 68,31% del AID.

Considerando el tipo de unidad geológica las unidades mencionadas se dividen en tres tipos: el primero, conformado por la unidad de Cenizas de Escombros, el cual es un depósito del Cuaternario; el segundo, lo constituyen el Miembro Superior de la Formación Amagá que es una unidad de tipo sedimentario compuesta de arcillolitas y areniscas, el Miembro Conglomerático de la Formación Irra Tres Puertas que es una unidad de rocas sedimentarias compuesta por conglomerados y de estratificación de bajo ángulo; el tercer tipo lo conforman las formaciones Quebradagrande y Barroso y los Pórfidos Andesíticos Hornbléndicos, que son unidades volcánicas y subvolcánicas constituidas por rocas basálticas o andesíticas con comportamientos similares.

Las unidades del primer tipo presentan restricciones asociadas a la baja resistencia (suelos blandos), alto contenido de material orgánica, composición arcillosa o heterogeneidad granulométrica y composicional; el segundo, presenta limitaciones por resistencia pero con mejores condiciones geotécnicas que el primer tipo, y el tercero, presenta pocas restricciones por resistencia aunque con posibles limitaciones locales asociadas al fracturamiento de las rocas.

En la Tabla 3.2.1 se muestran las áreas y porcentaje de ocupación de las diferentes unidades geológicas del Área de Influencia del Proyecto.

**Tabla 3.2.1 Resumen y áreas de las unidades geológicas que afloran en el AID y AII del Proyecto Medellín-La Virginia**

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	AID		AII	
		ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
εDames	Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Cuarzo-sericítico	0,00	0,00	70,23	0,39
εDamev	Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Verdes	234,65	2,95	504,18	2,78
εDammal	Grupo Ayurá Montebello. Metaareniscas y Metalodolitas	198,90	2,50	171,86	0,95
Dins	Intrusivos Néisicos Sintectónicos	25,97	0,33	461,92	2,54
E3N1ai	Formación Amagá Miembro Inferior	84,13	1,06	164,41	0,91
E3N1am	Formación Amagá Miembro Medio	17,88	0,23	84,36	0,46
E3N1as	Formación Amagá Miembro Superior	805,43	10,14	1546,74	8,52
Jpda	Diorita de Pueblito	287,55	3,62	473,66	2,61
K1gqg	Gabros asociados al Grupo Quebradagrande	124,37	1,57	482,42	2,66
K1K2gr	Gabros de Romeral	342,41	4,31	602,76	3,32
K1qgs	Grupo Quebradagrande Miembro sedimentario	38,45	0,48	165,54	0,91
K1qgv	Grupo Quebradagrande Miembro volcánico	1315,07	16,55	2160,05	11,90
K1ur	Rocas Ultramafitas de Romeral	222,95	2,81	975,42	5,37
K2vb	Formación Barroso del Grupo Cañasgordas	789,02	9,93	1647,58	9,08
N1c	Formación Combia	221,11	2,78	454,90	2,51
N1hp	Rocas Hipoabisales Porfiriticas	0,00	0,00	0,41	0,00
N1hpd	Rocas Hipoabisales de composición Dacítica	142,21	1,79	717,83	3,95
N1p	Formación La Paila	0,10	0,00	8,68	0,05
N1pah	Pórfido Andesítico Hornbléndico	667,61	8,40	1308,84	7,21
N2ic	Formación Irra-Tres Puertas. Miembro Conglomerático	742,23	9,34	1831,76	10,09
N2ivs	Formación Irra-Tres Puertas. Miembro volcano-sedimentario	73,07	0,92	404,38	2,23

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	AID		AII	
		ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
N2z	Formación Zarzal	0,00	0,00	18,00	0,10
Q2al	Depósitos aluviales	120,73	1,52	368,25	2,03
Q2ar	Aluviones recientes	13,87	0,17	92,68	0,51
Q2fl	Cenizas y flujos de escombros	1005,70	12,66	2354,98	12,97
T2dc	Stock Diorítico de Cambumbia	50,21	0,63	210,55	1,16
T3es	Complejo Arquía. Esquistos de Lisboa Palestina	101,89	1,28	140,84	0,78
Tam	Stock Adamelíticos y Monzoníticos	319,40	4,02	731,36	4,03
<b>Total general</b>		<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

### 3.2.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El marco tectónico regional del área de estudio, localizada en el área comprendida por el valle del río Cauca y los piedemontes y flancos oriental de la Cordillera Occidental y occidental de la Cordillera Central, se encuentra enmarcada por el choque entre la placa oceánica del Pacífico y el borde la placa Suramericana; allí, la placa Pacífica empieza a penetrar debajo de ella en un evento denominado subducción, igualmente, la placa Caribe se mueve contra la placa Suramericana en otra zona de subducción.

Este juego de movimiento de placas produjo una serie de fallas de sentido SE-NW, como las fallas de Romeral y Cauca-Patía. Adicionalmente, como consecuencia del choque de las placas emergió la cordillera Central, primera cadena montañosa que se elevó en Colombia. Su formación creó una cuenca interna constituida por un mar interno y variada fauna marina, la cual se rellenó con sedimentos; la cordillera Occidental emergió como consecuencia de un salto de subducción. Posteriormente, mediante un proceso de empuje desde la zona de subducción hacia el cratón suramericano, los sedimentos emergieron y formaron la cordillera Oriental<sup>138</sup>.

La Placa de Nazca converge hacia el este con respecto a la placa Suramericana; el movimiento relativo entre estas dos placas se absorbe entre la zona de subducción del Pacífico y a lo largo de los sistemas de fallas y pliegues activos que se observan en las cordilleras y valles de la cadena Andina Colombiana. Asociado con

<sup>138</sup> NAVAS C. Orlando. Anatomía Geológica Colombiana. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, Volumen 46, N° 135, Bogotá, 2002.

la subducción del Pacífico, Colombia presenta un arco volcánico activo segmentados en varios sectores a lo largo de la Cordillera Central.

Con respecto al modelo estructural regional, en los alrededores del área de estudio se identificaron tres provincias con características estructurales y litológicas similares separadas por las fallas mayores de los sistemas Silvia – Pijao y Cauca – Almaguer<sup>139</sup>.

- La zona oriental localizada entre las fallas de Piedecuesta y San Jerónimo.
- La zona central, entre las fallas de Piedecuesta y Cauca - Almaguer.
- La zona occidental localizada al occidente de la Falla Cauca - Almaguer.

Las unidades litológicas están afectadas por fallas menores que modifican las características estructurales de las mismas. Las fallas subparalelas con dirección N-S a NE-SW pertenecen, en conjunto a los sistemas de fallas Cauca y Romeral.

Además de las fallas de los sistemas Cauca y Romeral, hay estructuras con dirección NW-SE posteriores al sistema de fallas del Cauca, pues desplazan fallas de este sistema con un movimiento aparente lateral izquierdo.

#### 3.2.1.2.1 Área de Influencia Indirecta (All).

Considerando el marco regional representado por los sistemas de falla Cauca y Romeral, se presentan en este numeral, los principales rasgos estructurales que afectan las unidades litológicas del área de estudio, las cuales pueden incidir en las condiciones de estabilidad derivadas de la susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa, e igualmente, favorecer condiciones específicas de importancia socioeconómica como la formación de acuíferos, de zonas para la extracción de materiales de construcción, etc. La configuración estructural regional puede además tener una relación directa con la amenaza sísmica regional ya que algunas de las estructuras regionales son sismofuentes.

##### ➤ Fallas

En los numerales siguientes se describen las fallas regionales con trazas cercanas al área de estudio, varias de estas se muestran en Figura 3.2.6, concentradas hacia el costado derecho de la misma.

- Sistema de fallas de Romeral

Está compuesto por un conjunto de fallas paralelas a subparalelas que en algunos casos se entrecruzan y tienen una dirección generalizada N-S a NNW-SSE. El Sistema de Fallas de Romeral se extiende desde Ecuador y se prolonga al norte de Colombia hasta el departamento de Córdoba.

Corresponde a un sistema de fracturas que se encuentra entre las fallas de San Jerónimo y Sabanalarga e incluye las fallas de San Jerónimo, Minas, Romeral, Piedecuesta, Amagá, La Cascajosa, una serie de fallas ind denominadas que afectan

---

<sup>139</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.226.

al Complejo Arquía e incluye la Falla Cauca – Almaguer y la Falla de Sabanalarga en el sector norte y las fallas de Salamina y la Merced al sur<sup>140</sup>.

Por la complejidad litológica y estructural este sistema se interpreta como un Melange, caracterizado por la presencia de unidades de roca deformadas y fracturadas de distinto origen y edad, que se encuentran mezcladas<sup>141</sup>. Este sistema marca el límite entre las cortezas oceánica y continental, acrecionada por varios eventos de subducción y obducción relacionados con la interacción de las placas de Nazca, Cocos, Suramericana y Caribe, que controlan las relaciones tectónico – estratigráficas regionales<sup>142</sup>.

El límite oriental del Sistema de Fallas Cauca – Romeral está marcado por la Falla de San Jerónimo que separa las rocas metamórficas precámbricas y paleozoicas del Grupo Ayurá - Montebello de las unidades mesozoicas representadas por el Complejo Arquía y el Grupo Quebradagrande en el bloque W de la falla. El límite occidental del Grupo Quebradagrande lo constituye la Falla Silvia-Pijao; el Sistema Cauca-Almaguer marca el límite entre rocas de afinidad oceánica al W (Formación Amaime) y continental al E (Complejo Arquía)<sup>143</sup>.

En algunos sitios, este sistema de fallas se encuentra cubierto por las rocas de las formaciones Amagá y Combia por grandes extensiones. A continuación se describen las principales estructuras que lo conforman:

#### Falla de San Jerónimo.

Es una falla inversa (Grosse, 1926) de dirección aproximada N20°W con buzamiento hacia el Este y con grandes desplazamientos verticales. González (1978) por su longitud y por su continuidad la define como una falla de rumbo.

En la literatura geológica se reconoce su trazo continuo con dirección N-S a N20°W al norte del lineamiento de Arma. Pone en contacto rocas del Grupo Ayurá-Montebello con rocas del Grupo Quebradagrande y presenta buzamiento hacia el Este; por su trazo recto y continuo se considera que es una falla de alto ángulo.

Esta estructura es reportada como activa en el Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia<sup>144</sup>.

#### Falla Minas.

Es una inversa de ángulo alto con una componente de rumbo, de dirección aproximada N(0-15)°W y trazo continuo que alcanza 30m de longitud, cuya traza

---

<sup>140</sup> Ibíd. p.227.

<sup>141</sup> Ibíd. p.227

<sup>142</sup> Ibíd. p.227.

<sup>143</sup> Ibíd. p.228.

<sup>144</sup> INGEOMINAS. Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia. Mapa de Fallas Activas de Colombia. Departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Casanare, Cundinamarca, Meta, Quindío, Risaralda, Santander y Tolima. Bogotá, 1999.

pasa por los alrededores del municipio de Santa Bárbara. Esta estructura pone en contacto las rocas de los miembros volcánico y sedimentario del Grupo Quebradagrande. Hacia el sur parece imbricarse con la falla de Romeral. Se caracteriza por la presencia de rocas milonitizadas y zonas muy deformadas en rocas del Grupo Quebradagrande.

#### Falla de Romeral.

Esta estructura se extiende en el área con trazo continuo con dirección N20°W en la parte norte y hasta la Falla Arma donde cambia su dirección a N-S. En el segmento norte pone en contacto rocas del Complejo Quebradagrande con los esquistos del Grupo Ayurá-Montebello y con rocas de la Formación Amagá. En algunas zonas su trazo es inferido o incierto poniendo “en contacto rocas sedimentarias con volcánicas del Grupo Quebradagrande”<sup>145</sup>.

En el segmento al sur de la Falla Arma pone en contacto rocas del Grupo Quebradagrande con la Formación Amagá y rocas del Grupo Quebradagrande entre sí.

Con referencia a la actividad de esta falla, en la correspondiente memoria explicativa de la Plancha 166<sup>146</sup>, se considera activa:

“Grosse (1926) denominó Romeral a un sobrecurrimiento que pasa por la cuchilla de Romeral...a unos 15km al suroeste de Medellín. Las relaciones de campo indican que afecta los sedimentos de la Formación Amagá del Oligoceno Medio y según Woodward-Clyde (mencionado por Álvarez, J. 1979), hay evidencias morfológicas que indica esta falla es activa”<sup>147</sup>.

#### Falla de Piedecuesta.

Es una falla normal con dirección aproximada N30°W. Separa rocas sedimentarias del Eoceno y rocas volcánicas del Cretáceo. Además marca el límite oriental del Complejo Arquía y el límite occidental del Grupo Quebradagrande, corresponde a la continuación hacia el norte de la Falla de La Merced. Localmente es cubierta por rocas de la Formación Amagá. También, pone en contacto rocas de la Formación Amagá con rocas del Grupo Quebradagrande.

Hacia el costado sur del área de estudio, la traza de esta estructura es continua desde el sur de Chinchiná hasta el río Arma, donde se une a la Falla Cauca – Almaguer. En la región pone en contacto las rocas ultramáficas de Filadelfia con los Esquistos de Lisboa – Palestina (Grupo Arquía) y con los sedimentos cenozoicos de la Formación Irra – Tres Puertas.

---

<sup>145</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p. 231.

<sup>146</sup> CALLE, B. y otros. Geología de la Plancha 166- Jericó, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín, 1980

<sup>147</sup> CALLE, B. y GONZÁLEZ, H. Geología y Geoquímica de la Plancha 166 Jericó. Memoria Explicativa. Informe 1822. Ingeominas, Medellín, 1980; pp 161-162.

A lo largo de la traza de esta falla se encuentran serpentinitas que cabalgan sobre las rocas de la Formación Combia; igualmente, en el Alto de Lisboa se observan metamorfitas del Grupo Arquía que cabalgan sobre rocas del Eoceno.

“Debido a que esta falla pone en contacto rocas de la Formación Amagá con rocas del Complejo Quebradagrande, se puede afirmar que presentó actividad posterior a la deposición de la Formación Amagá”<sup>148</sup>. Por lo tanto, se cataloga como una falla activa.

#### Falla Amagá.

Es una falla inversa de ángulo alto hacia el occidente, de dirección aproximada N10°W, cuya traza pasa en la zona de estudio por los municipios de Heliconia, Angelópolis y Amagá. Esta estructura pone en contacto las rocas de la Formación Amagá con la Diorita de Pueblito.

“Los sectores intensamente fracturados en rocas de la Diorita de Pueblito con patrones sistemáticos y no sistemáticos y superficies de cizalla, podrían estar relacionados con esta estructura”<sup>149</sup>.

#### Falla Cauca –Almaguer.

Estructura de dirección aproximada N30°W que define el límite occidental de las rocas del Complejo Arquía y ha sido interpretado como una sutura del Cretácico Inferior.

Esta falla no presenta una expresión morfológica clara en los alrededores del área de estudio y sólo en unos pocos afloramientos se observan efectos claros de metamorfismo dinámico. En las rocas volcánicas de la Formación Barroso se ha desarrollado una foliación dinámica con disposición NS/W.

Presenta un trazo inferido a lo largo de 3km y pone en contacto rocas Paleozoicas del Complejo Arquía con rocas de Cretáceo Inferior de la Formación Amaime. En la zona de estudio la falla puede estar cubierta por rocas de la Formación Amagá<sup>150</sup>.

Hacia el sur del área de estudio, las relaciones con las unidades litológicas se encuentran enmascaradas por los flujos de escombros.

#### Falla Silvia-Pijao.

Es una estructura de tipo compresional o inversa, que pone en contacto los Esquistos de Lisboa - Palestina (Complejo Arquía) y el Grupo Quebradagrande; también, las rocas volcánicas y sedimentarias del Grupo Quebradagrande con el Neis de Chinchiná y transforma los basaltos en milonitas con dirección de foliación dinámica N10°W/(44 – 55)°E.

---

<sup>148</sup> Ibíd. p. 231.

<sup>149</sup> Ibíd. p. 231.

<sup>150</sup> Ibíd. p. 232.

Es la falla del Sistema de Romeral que presenta una mejor expresión morfológica con una serie de quiebres que se alinean con las quebradas y valles angostos.

En Taboada y otros (1998)<sup>151</sup>, se cataloga la Falla Silvia-Pijao como activa, con actividad reciente moderada a baja. También es reportada como activa en el Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia del Ingeominas (1998).

#### Falla La Merced.

Es una estructura de dirección N-S que se desprende de la Falla Silvia – Pijao en el borde occidental de la Plancha 187 – Salamina. Pone en contacto rocas metamórficas del Complejo Arquía con cuerpos de rocas máficas y ultramáficas. Presenta a lo largo de su traza, silletas alineadas y una alta inestabilidad. Hacia el norte es una falla vertical, mientras que al sur buza entre 55° y 70° al W.

#### Falla de Arma.

Esta estructura además de controlar los cauces de los ríos Cauca y Arma, provoca un desplazamiento sinistral en el Sistema de Fallas de Cauca – Romeral y genera una desviación en el trazo de las estructuras de N-S al sur del mismo a N30°W en el sector norte.

En el sector norte se presentan unidades que no se prolongan probablemente al sur como la Diorita de Pueblito, el Monzogranito de Amagá y los metasedimentos del Grupo Ayurá Montebello, mientras que el sector al sur de esta estructura, los cuerpos de pórfidos con amplias dimensiones y la cobertura del Cenozoico la enmascaran esta falla.

Según el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia (Plano 8)<sup>152</sup>, la falla Arma corresponde a la Falla Pintada Norte y es catalogada como activa.

#### Falla La Cascajosa o Quirimara

En el área de estudio, esta estructura pone en contacto parte de los Esquistos Cuarzosericíticos del Grupo Ayurá-Montebello con la Diorita de Pueblito, igualmente, las rocas de esta última unidad con el Gabro de Romeral. Hacia el occidente y norte, por fuera del área de estudio, se reporta el contacto a lo largo de esta estructura entre la Diorita de Pueblito y las rocas de la Formación Amagá<sup>153</sup>.

Esta discontinuidad se considera de bajo ángulo con buzamiento hacia el occidente. El fracturamiento sistemático y no sistemático de la Diorita de Pueblito es atribuido a los efectos de la misma, con desarrollo espejos de falla y estrías.

---

<sup>151</sup> TABOADA, A. y otros. Sismotectónica de Colombia: Deformación Continental Activa y Subducción. Revista Física de la Tierra N° 10: 111-147. Universidad de Los Andes, Ingeominas, Santafé de Bogotá, 1998

<sup>152</sup> INGEOMINAS, 1999. Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia. Mapa de Fallas Activas de Colombia. Plano 8-Departamentos de Antioquia, Chocó, Quindío, Risaralda y Valle del cauca. Bogotá, 1999.

<sup>153</sup> *Ibíd.* p. 231.

Esta estructura “es la expresión más occidental de la falla Romeral, la cual se considera activa”<sup>154</sup>

- Sistema de Fallas de Cauca

Este sistema marca el límite occidental de las rocas metamórficas y parece representar una zona de sutura en el Cretácico Inferior. Está conformado por un conjunto de fallas que se encuentran entre las cordilleras Central y Occidental y sobre el flanco oriental de la Cordillera Occidental hacia el Graben del Cauca.

#### Falla Quebrada Nueva.

Es una falla de cabalgamiento de dirección NE que afecta las rocas volcánicas de la Formación Barroso hacia el sur en la Plancha 224 Pereira pone en contacto la Formación La Paila y el Miembro Cinta de Piedra de la Formación Cauca Superior. En la Plancha 205 Chinchiná está marcada por el alineamiento de quebradas y silletas y produce en las rocas volcánicas un intenso cizallamiento en dirección N15°E/30°E.

Taboada y otros<sup>155</sup>, cataloga es falla como activa, con actividad moderada a baja, con una componente de rumbo en el movimiento reciente que no está bien definida.

#### Falla Tapias.

Es una estructura de cabalgamiento de dirección NE y buzamiento de (45-55)° NW que corta la secuencia Formación Irra – Tres Puertas, con deformación notoria en algunos afloramientos.

La traza de esta falla coincide con el límite entre dos áreas que presentan un estilo estructural diferente: al norte, las rocas presentan un plegamiento estrecho, mientras que al sur, los pliegues son más amplios y suaves.

Dado que afecta la Formación Irra-Tres Puertas del Plioceno, se deduce una actividad posterior a la formación de la misma, es decir, post-Pliocena, correspondiente al Cuaternario, por lo que se considera una falla activa.

#### Falla Apía.

Corresponde a una estructura de dirección N-S, localizada al occidente de la Plancha 205 Chinchiná y que pone en contacto limolitas del Miembro Urrao con vulcanitas de la Formación Barroso.

La traza de esta falla está desplazada por una serie de estructuras NW y es la más clara la que cruza la población de Apía con un movimiento aparente lateral izquierdo.

Taborda y otros (1998) cataloga la Falla de Apía y su prologación la Falla de Toro como activas: “...se observan otros segmentos tales como las fallas de Toro, Mistrató y Apía, cuya cinemática es inminentemente inversa con vergencia al oriente

---

<sup>154</sup> CALLE, B. y GONZÁLEZ, H, 1980. Op. Cit. p. 161.

<sup>155</sup> TABOADA, A. y otros. Op. Cit.p.130.

(hacia el Valle del Cauca), y cuyas tasas de actividad oscilan entre moderada y baja (Carder, 1998)<sup>156</sup>. También es reportada como activa en el Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia<sup>157</sup>.

#### Fallamiento en la Formación Irra – Tres Puertas.

Los sedimentos neógenos de la cuenca Irra están afectados por fallas cuyas trazas no tienen expresión superficial, pero cuyos efectos se observan en los afloramientos donde una serie de pequeñas fallas de cabalgamiento, con dirección NE y buzamiento al NW se observan particularmente en los niveles carbonosos. Hacia la parte superior, esta secuencia está afectada por un fallamiento normal.

#### ➤ Lineamientos

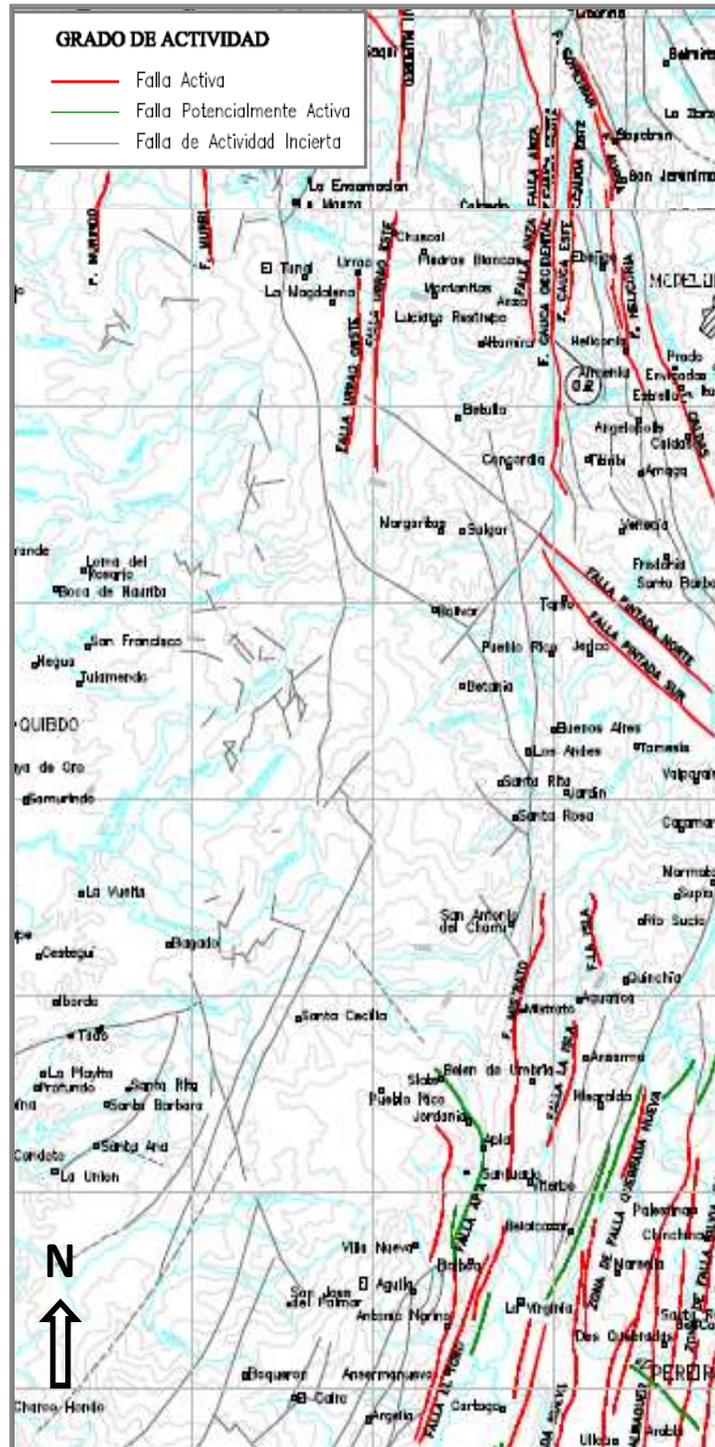
Ingeominas<sup>158</sup> reporta en la parte norte de la zona de estudio, es decir, en la que cubre las planchas 166, 167, 186 y 187, dos direcciones preferenciales de lineamientos. La primera con dirección N-S, subparalela al rumbo del Sistema de Fallas de Romeral y a la Falla de Mistrató (del Sistema Cauca). La segunda tendencia se orienta N(50-60)°W y se extiende desde el sur de Salamina (Caldas) hasta los alrededores de los municipios de Salgar y Concordia (Antioquia), esta tendencia es subparalela a un rasgo estructural que coincide con el cambio en la dirección del río Cauca hacia la Pintada, donde cambia de N-S a NW y que se conoce como lineamiento o falla(?) de Arma; como ya se mencionó, en el Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia esta última estructura es denominada falla Pintada Norte y por lo tanto se trata bajo la modalidad falla en el presente documento.

---

<sup>156</sup> TABOADA, A. y otros. Sismotectónica de Colombia: Deformación Continental Activa y Subducción. En: Revista Física de la Tierra N° 10: 111-147. Santafé de Bogotá. Universidad de Los Andes, Ingeominas. 1998. p.132.

<sup>157</sup> INGEOMINAS, 1998. Op. Cit. p.1.

<sup>158</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.238.



Fuente: Planchas 5 y 8 Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia. Mapa de Fallas Activas de Colombia  
**Figura 3.2.6** Mapa de estructuras regionales de los alrededores del área de estudio, la cual se encuentra al costado derecho de la imagen

➤ Plegamientos

- Sinclinal de Amagá.

En el costado norte del área de estudio se reconocen muy pocas estructuras asociadas con deformación dúctil. “El Sinclinal de Amagá es quizás la estructura más importante de este tipo. Se puede observar por la carretera Amagá – Fredonia, es una estructura asimétrica con el flanco oriental más inclinado y núcleo en rocas de la Formación Amagá”<sup>159</sup>.

- Plegamientos en la Formación Irra-tres Puertas.

Esta Formación Irra – Tres Puertas “presenta un plegamiento regional, con ejes paralelos orientados NE – SW; al norte de la Falla Tapias, los pliegues tienen un ángulo entre flancos de aproximadamente 50° (pliegues cerrados) con una amplitud de 100 – 250 m. Los planos axiales de estos pliegues tienen una disposición de N30°E/90°”<sup>160</sup>.

- Plegamientos menores

*“Estas estructuras se presentan en general, en las rocas polimetamórficas foliadas y en las rocas sedimentarias de la Formación Amagá. Son plegamientos cuya amplitud varía de centímetros a milímetros, parados y recumbentes, de ocurrencia local, generalmente asociados a la esquistosidad de serpentinitas de la unidad Ultramafitas de Romeral... Así mismo a estos pliegues se encuentran asociados pliegues de origen menor (crenulaciones) observados también en foliaciones bien marcadas en rocas ultramáficas con diferentes grados de serpentización”<sup>161</sup>.*

Los basaltos de la Formación Barroso presentan intercalaciones de chert. En los horizontes de cherts es donde mejor se evidencia el plegamiento tumbado, a diferentes escalas, asociado con fallas de bajo ángulo que suelen mostrar cabalgamientos.

“Las Rocas Ultramáficas de Filadelfia están afectadas intensamente por fallas del Sistema Romeral y general estructuras esquistosas donde es posible observar pliegues cuya orientación es irregular debido a efectos tectónicos sobreimpuestos. Los pliegues son elípticos y excepcionalmente chevron”<sup>162</sup>.

➤ Diaclasas

Las unidades litológicas en el área de estudio se encuentran ampliamente fracturadas como respuesta a los esfuerzos ejercidos sobre éstas. Por lo general, el

---

<sup>159</sup> Ibíd. p.238.

<sup>160</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. Op. Cit. p.75.

<sup>161</sup> INGEOMINAS, 2005. Op. Cit. p.247.

<sup>162</sup> ESTRADA, J. y VIANA, R. Op. Cit. p.75.

diaclasamiento no es sistemático, aunque dependiendo de la unidad y su posición respecto a las estructuras de orden mayor, se pueden diferenciar ciertos patrones.

Ingeominas, 2005<sup>163</sup> reporta datos de orientación de fracturas en cuatro unidades ampliamente distribuidas en el área: Complejo Quebradagrande, Formación Combia, Formación Barroso y cuerpos de pórfidos andesíticos y dacítico:

- Formación Combia: patrón de fracturamiento similar al apreciado en las unidades de pórfidos con dos tendencias aproximadamente perpendiculares entre sí de N30°W y N50°E.
- Formación Barroso: dos sistemas de fracturas, uno N20°E y otro aproximadamente E- W, probablemente la primera, sea el resultado de esfuerzos ligados a eventos asociados a la zona de Falla de Cauca – Almaguer y Mistrató.
- Unidades de pórfidos: dos orientaciones dominantes de N20°W y N80°E, con disposición aproximadamente perpendicular. Este patrón podría estar ligado directamente a los procesos de contracción por enfriamiento.
- Complejo Quebradagrande: En contraste, se identificó una amplia dispersión de las orientaciones, de las cuales sobresale una con orientación N10°W, tendencia mostrada por otras unidades al norte del área de estudio, sector septentrional del lineamiento de Arma.

➤ Foliación y estructuras cataclásticas

Las estructuras cataclásticas son comunes en diferentes tipos de roca localizadas en zonas adyacentes a grandes estructuras del área, particularmente en las unidades asociadas al Sistema de Fallas de Romeral, por ejemplo en las rocas del Gabro de Romeral, Ultramafitas de Romeral, basaltos del Complejo Quebradagrande y en el Gabro de Hispania.

La esquistosidad se observa principalmente en metamorfitas de bajo grado del Complejo Arquía; también en los esquistos de serpentina, frecuentes en las Ultramafitas de Romeral y rocas ultramáficas relacionadas a la unidad Gabros asociados al Complejo Quebradagrande.

En el Complejo Arquía, hay desarrollo de esquistosidad bien marcada en los paquetes de esquistos, con dos tendencias bien marcadas N20°E y N15°W. A continuación se presenta el mapa de fallas y geología para el área de estudio (Ver Figura 3.2.1).

### 3.2.1.2.2 Área de Influencia Directa (AID)

Durante los recorridos de campo se identificaron algunos rasgos estructurales como diaclasas, estrías de falla, fracturamientos irregulares, esquistosidad, micropleamientos, poliedros de cizalladura, silletas y facetas triangulares, etc.

---

<sup>163</sup> Ibíd. p. 243.

seguramente relacionados con la complejidad tectónica de la zona, la cual se encuentra enmarcada por los sistemas de falla Cauca y Romeral.

En este contexto por ejemplo, se identificaron familias de diaclasas en afloramientos de roca pertenecientes a la Diorita de Pueblito, a los Stocks Adamelíticos y Monzonitos, al Miembro Volcánico del Grupo Quebradagrande, a los Intrusivos Néisicos Sintectónicos y al Miembro Conglomerático de la Formación Irratres Puertas; estrías y lisos de falla en la Ultramafitas de Romeral, fracturamiento intenso e irregular en algunos afloramientos de roca volcánica del Grupo Quebradagrande, planos de esquistosidad y microplegamientos en algunos afloramientos de las Metaarenitas y Metalodolitas del Grupo Ayura- Montebello, planos de estratificación de los sedimentos marinos de Grupo Quebradagrande; poliedros de cizalladura, diaclasas y fracturamiento irregular en los Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande.

Igualmente expresiones geomorfológicas de algunas estructuras regionales, como silletas y facetas triangulares asociados a las trazas de las fallas Quirimara, Amagá y Minas.

Se resalta que la mayor concentración de estructuras geológicas se presenta hacia el sector norte del área de estudio, donde la zona es más montañosa y escarpada.

La presencia de estructuras regionales y locales es relevante desde el punto de vista geotécnico e hidrológico. Como son planos de discontinuidad, a través de ellas se pueden desarrollar condiciones de permeabilidad secundaria especialmente cuando existe fracturamiento intenso, esto aumenta la capacidad de infiltración y favorece la formación de acuíferos; igualmente son planos de debilidad a través de los cuales se forman deslizamientos planares, desprendimientos de roca u otras manifestaciones de inestabilidad de acuerdo con el tipo y disposición espacial de las estructuras presentes (actitud, es decir, azimut/buzamiento).

En la Tabla 3.2.2 se presentan algunas estructuras identificadas durante el trabajo de campo y la unidad litológica afectada.

**Tabla 3.2.2 Estructuras identificadas en el AID del Proyecto Medellín- La Virginia**

CODIGO DE CAMPO	UBICACIÓN	ESTRUCTURAS IDENTIFICADAS (AZIMUT/BUZAMIENTO)	UNIDAD LITOLÓGICA AFECTADA	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
GEO-004	Vereda Palo Blanco, Armenia-Antioquia	Familia de diaclasas con actitud Azimut/buzamiento de 183°/58°NW y fracturamiento intenso	Diorita de Pueblito	Suelos de Montaña Estructural-Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria
GEO-011	Santa Rita, Angelópolis-Antioquia	Fracturamiento irregular, lisos y estrías de falla. Nota: en deslizamiento rotacional	Ultramafita de Romeral	
GEO-024	Salinas, Caldas-Antioquia	Familia de diaclasas con Azimut/buzamiento de: 40°/85° NW	Stocks Adamelíticos y Monzonitos	Suelos de Montaña Estructural-Erosional con Filos de Laderas

CODIGO DE CAMPO	UBICACIÓN	ESTRUCTURAS IDENTIFICADAS (AZIMUT/BUZAMIENTO)	UNIDAD LITOLÓGICA AFECTADA	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
				Medias en Roca Ígnea y Metamórfica
GEO -026	Límites entre veredas La Maní del Cardal y Piedra Verde en Caldas-Antioquia	Esquistosidad con actitud Azimut/buzamiento de 215°/35° NW y micropliegues	Metaarenitas y Metalodolitas	Suelos de Montaña Estructural-Erosional con Filos de Laderas Largas en Roca Ígnea y Metamórfica
GEO-032	La Arcadia, Santa Bárbara-Antioquia	Familia de diaclasas con Azimut/buzamiento de 248°/40° SW y fracturamiento irregular de las rocas	Grupo Quebradagrande-Miembro Volcánico	Suelos de Montaña Estructural son Filos de Laderas Largas en Roca Volcanosedimentaria
GEO-034	Vereda Pitayo, Santa Bárbara-Antioquia	Fracturamiento irregular		Suelos de Montaña Estructural con Filos Paralelos de Laderas Medias en Roca Ígnea y Neises Sintectónicos
GEO-035	Quebrada el Barro, Santa Bárbara-Antioquia	Cauces aparentemente con control estructural en dirección NW		
(62) GEO-037	Vereda Palo Coposo, Santa Bárbara-Antioquia	Familia de diaclasas con Azimut/buzamiento de 90°/50° N y 20°/56° SE	Intrusivos Néisicos Sintectónicos	Filos Paralelos de Laderas Medias en Rocas Igneas y Neises Sintectónicos
GEO-041	Vereda Loma de Don Santos. Santa Bárbara (Ant.)	Plano de falla con Azimut/buzamiento 280°/80°SW	Gabros Asociados a Queradagrande	
GEO-036	Vereda Pitayo. Santa Bárbara (Ant.)	Estratificación con Azimut/buzamiento de 345°/35°NE	Grupo Quebradagrande-Miembro Sedimentario	Filos de Laderas Largas en roca Volcano Sedimentaria
GEO-009	Vereda Cienaguita, Angelópolis (Ant)	Plano de falla con Azimut/buzamiento de 20°/90°	Ultramafitas de Romeral	Montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

A continuación se presentan algunas imágenes con algunas estructuras geológicas representativas en el AID del Proyecto.

- Afloramiento de roca volcánica con diaclasamiento. Ver Foto 3.2.56



Fuente: CONSORCIO MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.56 Diaclasamiento en roca volcánica. Vereda Palo Blanco (Armenia, Antioquia). Punto de control GEO-004.**

- Esquistosidad en afloramiento de metalodolita. Ver Foto 3.2.57



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.57 Esquistosidad en metalodolita en estado de saprolito. Vereda Piedra Verde (Caldas, Antioquia). Punto de control GEO-026**

- Fracturamiento intenso e irregular. Foto 3.2.58



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.58 Fracturamiento intenso en roca volcánica. Vereda La Arcadia (Santa Bárbara, Antioquia). Punto de control GEO-032.**

- Estrías y lisos de falla en roca volcánica. Ver Foto 3.2.59



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.59 Estrías y lisos de falla en Ultramafita de Romeral. Vía Vereda Cienagua Angelópolis- Antioquia)**

- Estrías de falla y fracturamiento en roca volcánica. Ver Foto 3.2.60



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.60** Estrías y lisos de falla y fracturamiento intenso en roca Ultramafita de Romeral. Vereda Cienagueta, Angelópolis (Ant.)

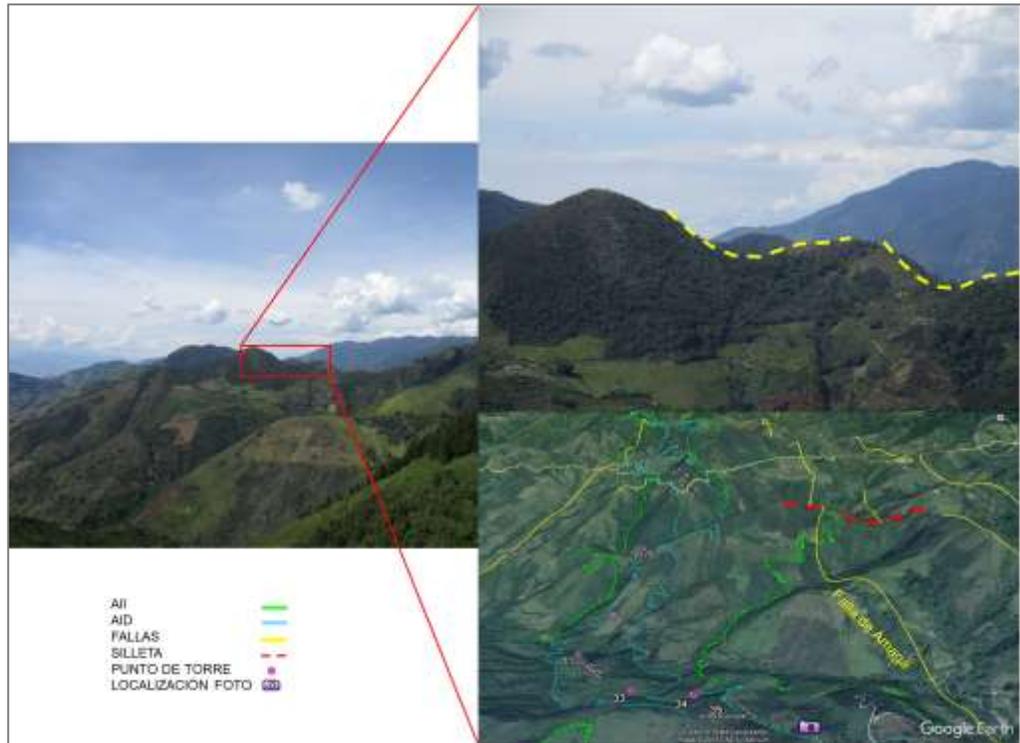
- Poliedros de cizalladura, diclasas y fracturamiento en roca intrusiva. Ver Foto 3.2.61



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.61** Diaclasamiento, fracturamiento y poliedros de cizalladura que afectan la unidad de Gabros Asociados a Quebradagrande, municipio de Santa Bárbara, Antioquia

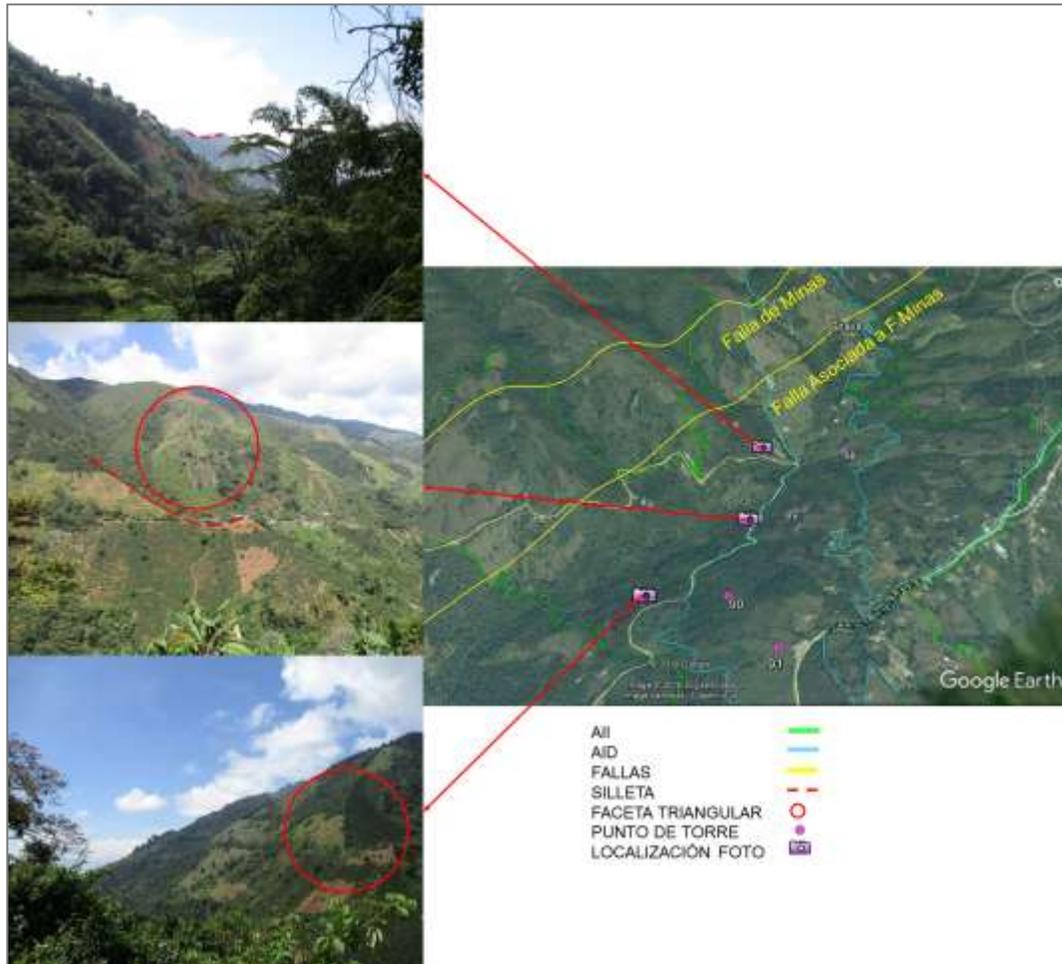
➤ Silletas de falla. Ver Foto 3.2.62



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.62 Silletas asociadas a la Falla de Amagá. Vía Angelópolis – Verada La Quebra (Angelópolis- Antioquia)**

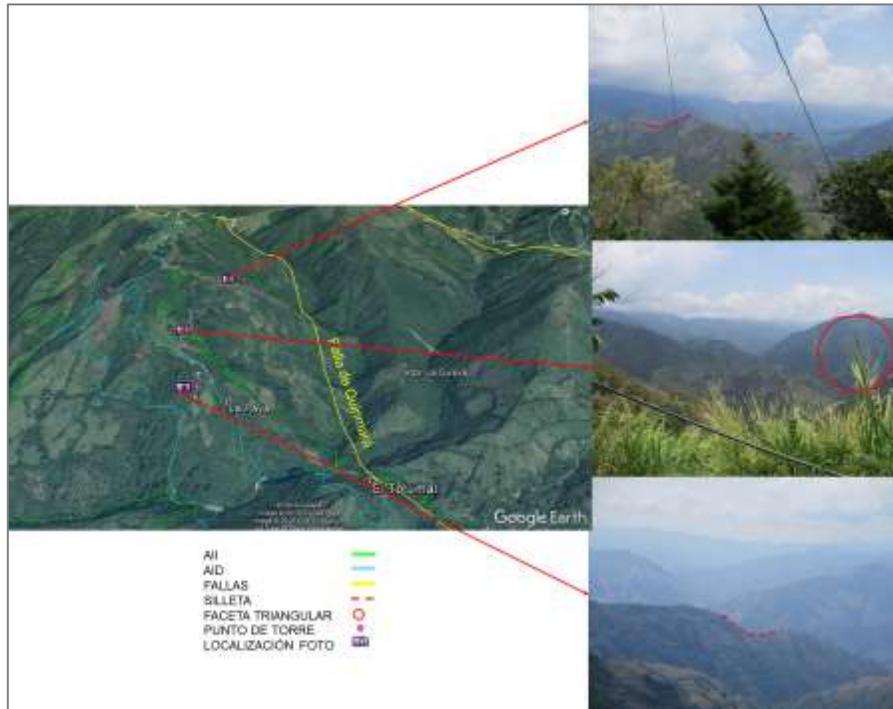
- Silletas y facetas triangulares asociadas a la Falla Minas. Ver Foto 3.2.63



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.63 Silletas y facetas triangulares en Falla de Minas. Vía Santa Bárbara – Fredonia (Santa Bárbara - Antioquia)**

- Silletas y facetas triangulares asociadas a la Falla Quirimara. Foto 3.2.64



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.64 Silletas y facetas triangulares en Falla de Quirimará. Vía Heliconia – Vereda Tamargal (Heliconia - Antioquia)**

- Facetas triangulares asociadas a la Falla Tapias



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.65. Manifestaciones Falla Tapias: facetas triangulares y traza de falla por cañón**

### 3.2.1.2.3 Síntesis estructuras geológicas (fallas) que atraviesan el AII y AID

Como se puede observar en la Figura 3.2.1 y Tabla 3.2.3 el área de influencia del Proyecto es atravesada por fallas regionales y locales (algunas sin nombre en la cartografía geológica) que explican el grado de fracturamiento de los macizos rocosos en algunas zonas y las condiciones de estabilidad en algunos taludes o laderas.

Entre las estructuras que atraviesan el Área de Influencia del Proyecto, sobresalen por la longitud dentro de ella, las fallas Quirimara en los alrededores de Armenia y Heliconia (Antioquia); Amagá en los municipios de Amagá y Angelópolis (Antioquia); Minas en Santa Bárbara (Antioquia); Romeral en los municipios de Caldas y Santa Bárbara (Antioquia); San Jerónimo en los alrededores de Santa Bárbara y Caldas (Antioquia); Piedecuesta en los alrededores de Santa Bárbara (Antioquia) y Filadelfia y Neira (Caldas); Arma o Pintada Norte en La Pintada y Santa Bárbara (Antioquia) y Aguadas (Caldas); Tapias en Filadelfia (Caldas) y Cauca Almaguer en los alrededores del municipios de Neira.

Como se muestra en la tabla, del AID aproximadamente 21Km, con una gran concentración en la parte norte de la franja de la línea, se puede encontrar bajo la influencia de fallas activas o inactivas que podrían representar aunque sea de manera puntual una limitación desde el punto de vista de la estabilidad y que por lo tanto deberían ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar o construir algunas obras del Proyecto.

**Tabla 3.2.3 Estructuras geológicas dentro del AII y AID del Proyecto**

NOMBRE	TIPO	ESTADO	LONGITUD (KM)	
			AID	AII
No registra	Falla definida	Inactiva	0,415	1,627
Falla de Amaga	Falla definida	Inactiva	1,448	2,240
Falla Romeral	Falla definida	Inactiva	2,033	3,726
No registra	Falla inferida	Inactiva	0,000	0,365
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,136
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,143
Falla de Minas	Falla definida	Inactiva	0,714	2,394
No registra	Lineamiento fotogeológico	Inactiva	0,000	1,149
No registra	Lineamiento fotogeológico	Inactiva	0,000	0,064
No registra	Falla definida	Activa	2,010	1,377
Falla Tapias	Falla definida	Activa	0,344	1,089
No registra	Lineamiento fotogeológico	Inactiva	0,000	0,723
No registra	Lineamiento fotogeológico	Inactiva	0,000	0,079
Falla Quirimara	Falla inferida	Activa	0,729	3,456

NOMBRE	TIPO	ESTADO	LONGITUD (KM)	
			AID	AII
Falla Piedecuesta	Falla definida	Activa	0,467	3,625
Falla Piedecuesta	Falla definida	Activa	0,695	0,636
Falla Piedecuesta	Falla inferida	Activa	0,382	0,562
Falla de Romeral	Falla definida	Inactiva	1,357	2,398
No registra	Falla definida	Inactiva	0,630	1,667
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	1,024
Falla San Jeronimo	Falla definida	Activa	0,000	0,806
Falla Arma o Pintada Norte	Falla definida	Activa	0,136	0,373
Falla Arma o Pintada Norte	Falla inferida	Activa	0,343	0,000
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,003
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,103
No registra	Falla inferida	Inactiva	0,428	2,519
No registra	Falla definida	Inactiva	1,970	1,041
Falla Piedecuesta	Falla definida	Activa	1,054	7,299
No registra	Falla definida	Inactiva	0,335	1,060
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,669
No registra	Falla definida	Inactiva	0,036	3,024
Falla Cauca Almaguer	Falla definida	Inactiva	0,980	1,794
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,181
No registra	Falla cubierta	Inactiva	0,246	0,760
No registra	Falla definida	Inactiva	0,729	0,429
No registra	Lineamiento fotogeológico	Inactiva	0,000	0,371
No registra	Lineamiento fotogeológico cubierto	Inactiva	0,302	0,483
No registra	Lineamiento fotogeológico	Inactiva	0,402	1,479
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,106
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,343
San Jeronimo	Falla inferida	Activa	0,000	3,056
No registra	Falla inferida	Inactiva	1,106	3,481
No registra	Falla definida	Inactiva	0,000	0,711
No registra	Falla definida	Inactiva	1,811	0,838
<b>Total general</b>			<b>21,10</b>	<b>59,41</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

### 3.2.1.3 AMENAZAS NATURALES

#### 3.2.1.3.1 Amenaza por remoción en masa

Para determinar la amenaza por remoción en masa se realizó la zonificación geotécnica, la cual se determinó a partir de las variables construidas con información secundaria y primaria de la zona del Proyecto como litología, pendientes, densidad de drenaje, distancia a fallas activas e inactivas, uso del suelo, amenaza sísmica y precipitación.

Para más detalle, referirse al numeral 3.2.9 Geotecnia donde se presenta la metodología, descripción de las variables y resultado de la zonificación geotécnica

#### 3.2.1.3.2 Amenaza sísmica

Según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia<sup>164</sup>, en el cual se basa el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente 2010 (NSR-10)<sup>165</sup>, en el área atravesada por el Proyecto se presenta un fenómeno de convergencia de las placas las presentes en la zona del Pacífico; dicha actividad corresponde a un proceso de colisión entre partes de la corteza terrestre seguidas por la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Suramericana. Debido a esto la energía acumulada y liberada en esta actividad es la principal causa de los sismos en la zona, lo que explica que la amenaza sísmica en la región varíe entre Media y Alta.

### 3.2.2 GEOMORFOLOGÍA

El Área de Influencia del Proyecto hace parte una geoestructura de orógeno en la provincia geomorfológica denominada Valle Intramontano del Río Cauca, con paisajes de montaña, lomeríos, planicies y valles. Dentro de estos paisajes, se diferencian unidades geomorfológicas como suelos de montaña y lomeríos erosionales, estructurales- erosionales y estructurales, y planicies de valle aluvial.

Las unidades de relieve se definieron a partir de criterios geomorfológicos como morfogénesis (origen y ambiente, etc.), morfografía (parámetros físicos de la unidad geomorfológica: pendientes, altura relativa, longitud y forma de las ladera y cimas, etc.), morfodinámica (procesos agradacionales y denudativos característicos) y morfoestructuras (estructuras tectónicas y litológicas regionales y locales asociadas al paisaje).

La información base de este numeral se tomó de la cartografía geomorfológica de la CVC (en línea), la cual se editó a partir de las imágenes de Google Earth 7.1.5.1557 (Fecha de compilación: 5/20/2015) disponibles y según los criterios establecidos por el equipo de trabajo para la definición de unidades geomorfológicas: pendientes (a partir de los rangos del ANLA), patrón de drenaje, longitud, forma de las laderas y procesos denudativos dominantes. La definición y denominación de las unidades

---

<sup>164</sup> ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. 2009. Estudio general de Amenaza sísmica en Colombia. Bogotá.

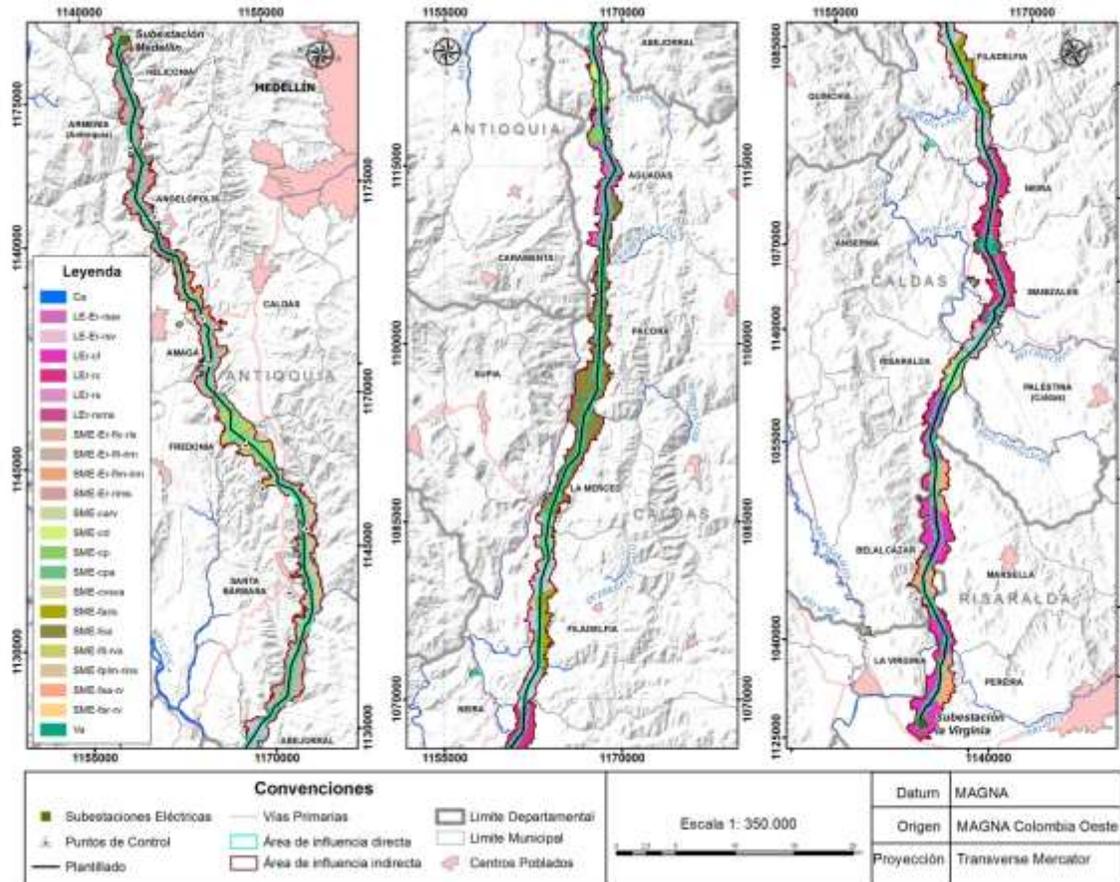
<sup>165</sup> ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2010. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010. Bogotá.

siguió la nomenclatura utilizada en la cartografía base de la CVC, pero con algunas modificaciones basadas en los criterios de Villota (1991)<sup>166</sup>.

Las unidades geomorfológicas fueron ajustadas a una escala 1:50.000 para el AII de la zona de estudio y 1:25000 para el AID. La identificación y descripción de las mismas se realizó a partir del DEM de 12 x 12 m y las imágenes satelitales adquiridas para el Proyecto (Tipo Pleiades 4 bandas y resolución espacial de 0.5 m/pixel) con temporalidad entre los años 2013-2016. A continuación se describen las unidades geomorfológicas del área de estudio.

---

<sup>166</sup> VILLOTA, H. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de La Tierra. Primera Parte: Geomorfología de Zonas Montañosas, Colinadas y Onduladas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Santafé de Bogotá, 1991



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017  
**Figura 3.2.7. Mapa de Geomorfología**

### 3.2.2.1 Área de Influencia Indirecta (AI)

En este numeral se diferencian y las unidades geomorfológicas de origen erosional, erosional-estructura y estructural. La caracterización de las mismas se presenta a continuación.

#### 3.2.2.1.1 Unidades de Origen Erosional

Las unidades erosionales son modeladas por la erosión hídrica fluvial y pluvial, en combinación con diferentes fenómenos de remoción en masa; las diferencias en el modelado dependen de la naturaleza del material parental y de las propiedades de las alteritas derivadas de cada roca<sup>167</sup>.

En el área de estudio las unidades de origen erosional agrupan una serie de relieves de lomerío, los cuales hacen parte de sistemas de montaña y consisten en superficies quebradas que se caracterizan por la repetición de colinas redondas o lomas alargadas de alturas relativas variadas, separadas por redes de drenaje moderadamente densas.

##### ➤ Lomeríos Erosionales (LEr)

Esta unidad de relieve se subdividió en el área de estudio en las siguientes subunidades y que presentan las características que se enuncian a continuación: Lomerío Erosional en Roca Sedimentaria, Lomerío Erosional en Roca Sedimentaria y Metasedimentaria, Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos, Lomerío Erosional en Roca Conglomerática.

Estas unidades se identificaron en municipios como Amagá y Angelópolis en Antioquia, Neira y Manizales en Caldas, y Marsella y Pereira en Risaralda, entre otros.

##### • Lomerío Erosional en Rocas Sedimentarias (Ler-rs)

Esta unidad se encuentra localizada al sur del área de estudio, en los municipios de Neira en el departamento de Caldas y en La Virginia y Pereira en el de Risaralda, entre los 900 y 1050msnm, al sur del área de influencia.

Geológicamente esta unidad se ha desarrollado en conglomerados, areniscas, areniscas conglomeráticas, arcillolitas, lentejones de arcillas, etc. de las formaciones La Paila y Zarzal.

Presenta un relieve ondulado (pendiente media del 8%), con laderas suavemente inclinadas, con una pendiente suave a moderada y mediana longitud (menores de 300m), de formas cóncavo-convexas, y cimas subredondeadas a redondeadas y amplias. Figura 3.2.8

Red de drenaje dendrítica y de baja densidad, con cauces de sección transversal en U e incisión moderada.

---

<sup>167</sup> Ibid. p.96

El grado de erosión es bajo. Los procesos denudativos son erosión laminar (pisadas patas de vaca y terracetos), erosión hídrica (surcos) y deslizamientos rotacionales, predominantemente inactivos.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.8 LEr-er. Municipio de Belalcázar, Caldas**

- Lomerío Erosional en Roca Sedimentaria y Metasedimentaria (LEr-rsms).

Esta unidad se encuentra localizada al norte del área de estudio, en los municipios de Angelópolis y Amagá en el departamento de Antioquia, entre los 1350 y 1900 msnm.

Esta unidad hace parte de un relieve montañoso. Se caracteriza por un relieve de fuertes ondulaciones a superficies colinadas con pendientes moderadas entre el 12% y el 25% y contrapendientes escarpadas (hasta del 100%). Los valles son estrechos de fondo plano- cóncavo; las laderas son cortas, rectas a convexas en la pendiente y rectas y cóncavas en la contrapendiente; las cimas son subangulares y relativamente amplias. Este relieve contrasta con otras unidades geomorfológicas adyacentes de mayor pendiente (Figura 3.2.9).

La red de drenaje es subparalela a subdendrítica de densidad alta con cauces rectos con sección transversal en V.

Geológicamente esta unidad está conformada por las rocas sedimentarias de la Formación Amagá (miembros medio y superior) que agrupa arcillolitas, lodolitas, areniscas y mantos de carbón explotables, además y en menor proporción por rocas metasedimentarias del Grupo Ayurá-Montebello del tipo esquistos verdes y metaarenitas y metalodolitas. Estos cuerpos se encuentran en algunas zonas, afectados por fallas regionales del Sistema Cauca-Romeral.

Desde el punto de vista morfodinámico, el grado de erosión es moderado. Es susceptible al desarrollo de procesos de solifluxión para el caso de saprolitos arcillosos en condiciones de alta humedad, a los deslizamientos planares o rotacionales dependiendo de disposición estructural de los estratos y del espesor de los mismos. Igualmente desarrollan procesos de erosión laminar (pisadas patas de vaca y terracetos) en zonas de pastoreo; en áreas de explotación minera pueden generarse problemas de subsidencia.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.9 LER-rsms, municipio de Amagá (Antioquia)**

- Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos (LEr-cf).

Esta unidad se encuentra localizada al sur del área de estudio, en los municipios de Belalcázar (Caldas) y Marsella y Pereira en el departamento (Risaralda), con alturas que oscilan entre 900 y 1450 msnm.

Conforma un relieve montañoso de laderas de pendiente moderado a fuerte (15%-30%), rectas y cóncavas, a veces escalonadas, cimas subredondeadas a planas y amplias, drenaje dendrítico de densidad media e incisión fuerte. Geológicamente se desarrolla en Cenizas y Flujos de Escombros (Figura 3.2.10).

Esta unidad presenta susceptibilidad a la erosión hídrica y a los deslizamientos rotacionales; se observan cicatrices de antiguos movimientos en masa y algunos deslizamientos activos de tipo rotacional.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.10 LER-cf, municipio de Marsella (Risaralda)**

- Lomerío Erosional en Roca Conglomerática (LER-rc).

Esta unidad se encuentra en los municipios de Manizales y Neira y localmente en Palestina, en el departamento de Caldas, sobre la margen derecha del río Cauca, entre los 890 y 960msnm.

Geológicamente se desarrolla en el Miembro Conglomerático de la Formación Irra-Tres Puertas y en pequeños y aislados cuerpos del Miembro Volcano-sedimentario de la misma unidad.

Esta unidad de lomeríos conforma un relieve bajo de laderas largas y pendiente moderada (10%-20%), predominantemente cóncavas, cimas subangulares; la red de drenaje es subdendrítica y de baja densidad, con cauces de sección transversa en U abierta (Figura 3.2.11).

Desde el punto de vista morfológico, es susceptible a los desgarrres de suelo y localmente a fenómenos de remoción en masa, dependiendo de la topografía y humedad; los procesos predominantes son cicatrices de antiguos deslizamientos y erosión laminar del tipo pisadas patas de vaca.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.11 LEr-rc, municipio de Neira (Caldas)**

#### 3.2.2.1.2 Unidades de origen Estructural-Erosional

El modelado de los Suelos de Montaña Estructural-Erosional obedece a la acción combinada de procesos tectónicos o de levantamiento de cordillera y denudativos (erosión hídrica fluvial y pluvial y fenómenos de remoción en masa), por lo que en los rasgos geomorfológicos estarán presentes no solo las estructuras tectónicas y litológicas sino también las huellas que le imprimen al paisaje los procesos denudativos

En el área de estudio, las unidades de origen estructural- erosional agrupan suelos de montaña y lomeríos, las cuales distribuyen a lo largo de la misma.

➤ Lomerío Estructural-Erosional (LE-Er)

Los relieves de lomerío se identificaron en el área de estudio, en los municipios de Santa Bárbara y La Pintada en el departamento de Antioquia, así como en Aguadas, Caldas, entre otros. Estos lomeríos se subdividieron de acuerdo con criterios geomorfológicos en Lomerío Estructural-Erosional en Roca Sedimentaria y Volcánica y en Lomerío Estructural-Erosional en Roca Sedimentaria y Subvolcánica, como se describe en los numerales siguientes.

- Lomerío Estructural-Erosional en Roca Sedimentaria y Volcánica (LE-Er-rsv).

Esta unidad se encuentra en los municipios de Santa Bárbara y La Pintada en el departamento de Antioquia) y Filadelfia y Palestina en el departamento de Caldas, entre los 650 y 1250 msnm aproximadamente.

Geológicamente se desarrolla en las rocas sedimentarias del Miembro Superior de La Formación Amagá, el Miembro Conglomerático de la Formación Irra-Tres Puertas, Miembro Volcanosedimentario de la Formación Irra-Tres Puerta, rocas verdes del Miembro Volcánico de la Formación Quebradagrande, basaltos de la Formación Barroso, y en los sedimentos de la unidad Cenizas y Flujos de Escombros.

Esta unidad hace parte de un relieve montañoso y escalonado con lomas alargadas con laderas largas, de pendiente media moderada a fuertemente quebrada (35%), rectas a cóncavas, cimas angulares a subangulares y estrechas. La red de drenaje es subparalela dendrítica o subdendrítica y de densidad media y alta, con cauces rectos a ondulados con secciones transversales en V o en U abierta.

Se identificaron en la zona cicatrices de deslizamientos antiguos, erosión laminar del tipo pisadas patas de vaca y algunos movimientos en masa activos (Figura 3.2.12).



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.12 LE-Er, Filadelfia (Caldas)**

- Lomerío estructural-Erosional en roca sedimentaria y sub volcánica (LE-Er-rssv).

Esta unidad se encuentra localizada en el municipio de Aguadas en el departamento de Caldas, entre los 650 y 1200msnm.

Desde el punto de vista geológico se desarrolló sobre rocas y suelos residuales de rocas sedimentarias de origen continental (Formación Amagá Miembro Superior) y subvolcánicas o porfíricas (Pórfido Andesítico Hornbléndico).

Esta unidad hace parte de un relieve de montaña de altura relativa baja con desarrollo de lomeríos de laderas cortas (menos de 100m) de forma recta a convexa y cimas subangulares; la red de drenaje es dendrítica de densidad media, con cauces rectos de sección transversal en V abierta (Figura 3.2.13).

El grado de erosión es moderado. Esta unidad presenta susceptibilidad a la procesos de erosión laminar como pisadas patas de vaca y terracetos y a los deslizamientos rotacionales cuando la roca se encuentra en estado de suelo residual, también a procesos de solifluxión cuando la fracción del suelo es arcillosa y húmeda.; en estado fresco, son susceptibles a los deslizamiento planares y a las caídas de roca.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.13 LE-Er-rssv, Aguadas (Caldas)**

➤ Suelos de Montaña Estructural-Erosional (SME-Er)

Esta unidad comprende un relieve quebrado, en general de pendiente fuerte a escarpada e incluye las siguientes subunidades: Filos de Laderas Medias en Roca Ígnea y Metamórfica, Filos de Laderas Largas en Roca Ígnea y Metamórfica, Filos de Laderas Cortas en Roca Ígnea y Sedimentaria y Montaña Estructural Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria.

- Suelos de Montaña-Estructural Erosional con Filos de Laderas Medias en Roca Ígnea y metamórfica. (SME-Er-flm-rim).

Esta unidad geomorfológica se encuentra en los municipios de Caldas y Amagá en Antioquia hacia el costado norte del área de estudio, entre los 1500 y 2100 msnm.

Se caracteriza por un relieve fuertemente quebrado con pendientes entre el 25% y el 50% con filos de laderas medias (entre 150 y 200m de longitud) de formas rectas a convexas, localmente cóncavas; la red de drenaje es drenaje es subdendrítico angular, de densidad media e incisión moderada y las secciones transversales conforman cañones en forma de V (Figura 3.2.14).

Geológicamente, esta unidad se desarrolla en rocas ígneas de la unidad denominada Stock Adamelíticos y Monzoníticos, de la cual hace parte la unidad denominada Stock de Amagá, el cual es un intrusivo de composición ácida y textura pegmatítica. Igualmente esta unidad se encuentra en rocas metamórficas del Grupo Ayurá Montebello (esquistos verdes).

Esta unidad presenta gran susceptibilidad a la erosión hídrica como surcos y cárcavas; también son comunes a los deslizamientos rotacionales activos, y localmente planares a lo largo de planos de diaclasamiento.

Asociada a la intervención antrópica para la explotación de arenas para la construcción, en algunas áreas la geomorfología característica de esta unidad se encuentra muy alterada.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.14 SME-Er-flm-rim, Amagá (Antioquia)**

- Suelos de Montaña Estructural-Erosional con filos de Laderas Largas en Roca Ígnea y Metamórfica (SME-Er-fll-rim).

Esta unidad geomorfológica al norte de la zona de estudio en jurisdicción de los municipios de Amagá y Caldas, entre los 1550 y 2100msnm.

Hace parte de un relieve de montaña. Se caracteriza por sus laderas largas y rectas, localmente cóncavas y pendientes que varían entre fuertemente quebradas (35%) hasta escarpadas (60%); las cimas son subangulares y angostas. Desarrolla una red de drenaje de tipo subdendrítico angular, con cauces principales largos y secundarios largos o cortos, de incisión profunda y sección transversal en V, estos cauces a veces se encuentran controlados por direcciones de diaclasamiento (Figura 3.2.15).

Geológicamente se encuentra en rocas y suelos residuales derivados de las rocas volcánicas de la Formación Quebradagrande, las rocas intrusivas de los Stock Adamelíticos y Monzoníticos (Stock de Amagá) y de las rocas metamórficas (metaarenitas y metalodolitas del Grupo Ayurá Montebello, algunas unidades (las más antiguas) presentan desarrollo de zonas de deformación (zonas fracturadas) posiblemente asociadas a las fallas regionales Silvia Pijao y Piedecuesta.

Esta unidad es susceptible a la erosión hídrica, a los deslizamientos rotacionales y a los procesos e erosión laminar derivados del pastoreo.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.15 SME-Er-fil-rim, Caldas (Antioquia)**

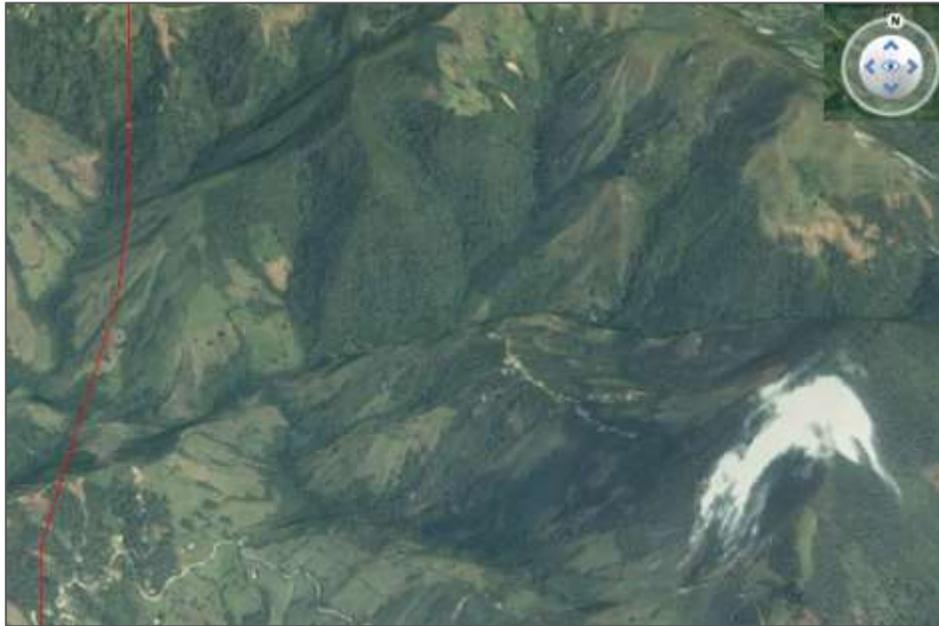
- Montaña Estructural-Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria (SME-Er-rims).

Esta unidad se encuentra localizada al norte del área de estudio en los municipios de Armenia, Heliconia y Angelópolis en el departamento de Antioquia, a una altura que oscila entre los 1050 y 2100 msnm.

Conforma un relieve montañoso y quebrado de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (35% a 70%), desarrollado sobre rocas intrusivas del Ultramafitas de Romeral, Gabros de Romeral, Diorita de Pueblito y metasedimentarias del Grupo Ayurá-Montebello (esquistos verdes y metaarenitas y metalodolitas).

Las laderas son largas y rectas y las cimas angulares y estrechas; la red de drenaje es subdendrítica y angular, densa y de incisión fuerte; los cauces principales son rectos y de sección transversal en V cerrada (Figura 3.2.16).

Esta unidad es susceptible al desarrollo de deslizamientos planares a lo largo de plano de esquistosidad y diaclasamiento de las unidades geológicas, igualmente a los deslizamientos rotacionales y a la erosión hídrica cuando la roca se encuentra en estado de saprolito o suelo residual.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.16 SME-Er-rims, Armenia (Antioquia)**

- Montaña Estructural-Erosional con Filos de Laderas Cortas en Roca Ígnea y Sedimentaria (SME-Er-flc-ris).

Esta unidad geomorfológica se encuentra en los municipios de Santa Bárbara y Abejorral, entre los 800 y 1500 msnm.

Se caracteriza por un relieve montañoso de pendiente fuerte a escarpada (25% al 60%), con filos de laderas cortas y rectas y cimas angulares y estrechas. La red de drenaje es subparalela dendrítica, con cauces principales largos y rectos de sección transversal en V de incisión profunda (Figura 3.2.17).

Geológicamente se encuentra en rocas del Miembro Superior de la Formación Amagá y los miembros volcánico y sedimentario del Grupo Quebradagrande, aunque también incluyen algunos cuerpos de los Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande.

Esta unidad presenta un grado de erosión bajo a moderado, se observa erosión hídrica (surcos), pisadas patas de vaca y terracetos, cicatrices de deslizamientos inactivos y algunos deslizamientos activos.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.17 SME-Er-flc-ris, Santa Bárbara (al oeste) y Abejorral (al oriente), Antioquia**

### 3.2.2.1.3 Unidades de Origen Estructural

Los relieves estructurales incluyen las montañas y colinas, cuya altura y formas se debe al levantamiento de las partes superiores de la corteza, cuyas rocas aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de los procesos de erosión que hayan actuado sobre ellas. En este tipo de relieves se identificaron las estructuras tectónicas que han dado origen a las diferentes geoformas, entre ellas, el plegamiento, diaclasamiento y fallamiento con sus respectivas manifestaciones.

En el área de estudio los relieves estructurales se clasificaron de acuerdo con aspectos morfométricos en Suelos de Montaña, Cerros, Escarpes y Crestas y Filos; las características de los mismos se presentan en los numerales siguientes.

#### ➤ Suelos de Montaña Estructural (SME)

En el área de estudio, dentro de los Suelos de Montaña Estructural se identificaron las siguientes unidades geomorfológicas: Suelos de Montaña Estructural con Filos Paralelos de Laderas Medias en Roca Ígnea y Neises Sintectónicos, Suelos de Montaña Estructural con Filos de Laderas Largas en Roca Volcanosedimentaria, Suelos de Montaña Estructural en Roca Volcánica con Filos Subredondeados y Suelos de Montaña Estructural en Roca Volcánica con Filos Subagudos. La descripción de las mismas se presenta en los numerales siguientes.

- Suelos de Montaña Estructural con Filos Paralelos de Laderas Medias en Roca Ígnea y Neises Sintectónicos (SME-fplm-rins).

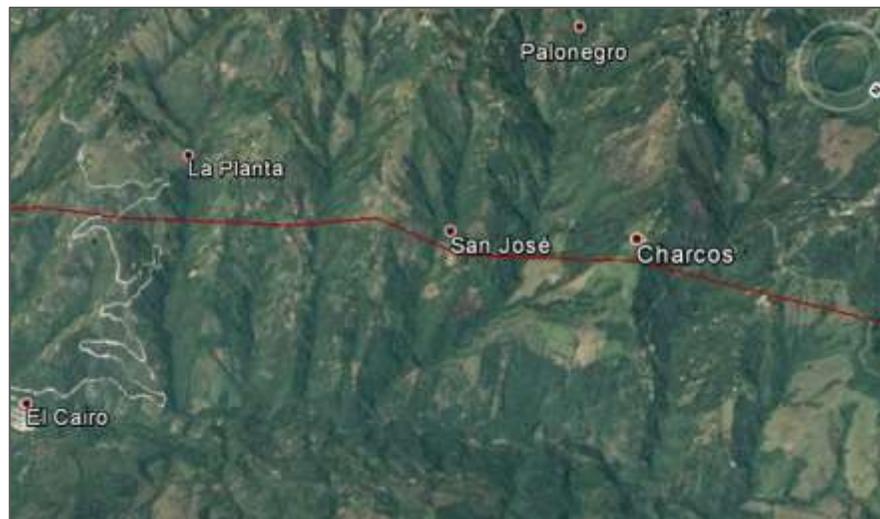
Esta unidad se encuentra en los municipios de Santa Bárbara y Abejorral en el departamento de Antioquia, entre los 800 msnm y 2500 msnm.

Se caracteriza por un relieve montañoso y quebrado, de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (25% a 60%), con filos dispuestos en general de manera paralela, con laderas largas y rectas y cimas agudas y estrechas (Figura 3.2.18).

La red de drenaje es subdendrítica angular y medianamente densa, conformada por cauces rectos, algunos controlados por estructuras de fallas regionales o locales, y de sección transversal en V.

Geológicamente esta unidad se desarrolla sobre unidades ígneas y ortoneises que agrupan las unidades de Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, Miembro Volcánico de Grupo Quebradagrande, Stock Adamelíticos y Monzoníticos e Intrusivos Neísicos Sintectónicos.

Los procesos morfodinámicos sobresalientes son erosión laminar derivada del uso del suelo, los movimientos en masa del tipo deslizamientos planares y rotacionales dependiendo, en parte, del grado de alteración del macizo rocoso y del diaclasamiento de las rocas. Igualmente es susceptible a la erosión hídrica cuando el agua actúa sobre las rocas del Stock de Amagá.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.18 SME-fplm-rins, Santa Bárbara (Antioquia)**

- Suelos de Montaña Estructural con Filos de Laderas Largas en Roca Volcanosedimentaria (SME-fll-rvs).

Esta unidad se encuentra hacia la parte norte de la zona de estudio en los municipios de Caldas, Fredonia y Santa Bárbara, entre los 1650 msnm y 2400msnm.

Se caracteriza por un relieve montañoso masivo y fuertemente quebrado (45%) a escarpado (70%) con filos de largos de laderas largas, rectas a cóncavas y cimas

subangulares y estrechas. La red de drenaje es dendrítica con cañones profundos de sección transversal en V (Figura 3.2.19)

Geológicamente se desarrolla en las rocas volcánicas como basaltos y aglomerados pertenecientes a la Formación Quebradagrande.

Es susceptible fenómenos de remoción en masa del tipo del tipo deslizamientos rotacionales y al desarrollo de erosión laminar asociada al uso del suelo en pastos.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.19 SME-fil-rvs, Caldas al oriente y Fredonia al occidente**

- Suelos de Montaña Estructural en Roca Volcánica con Filos Subredondeados (SME-fsr-rv).

Esta unidad se encuentra localizada hacia el costado sur del área de estudio en el municipio de Pereira, entre los 1000 y 1300msnm.

Presenta un relieve masivo fuertemente quebrada (25-50%) de laderas largas, rectas a cóncavas y cimas subredondeadas y relativamente amplia. La red de drenaje es de tipo dendrítico, densa y con cauces largos de sección transversal en V e incisión profunda (Figura 3.2.20).

Se desarrolla en rocas y suelos derivados de la Formación Barroso (basaltos, aglomerados, etc.)

Esta unidad presenta erosión laminar como pisadas patas de vaca y terracetas y localmente erosión concentrada; además deslizamientos rotacionales activos e inactivos.



Fuente: Google Earth, 2017

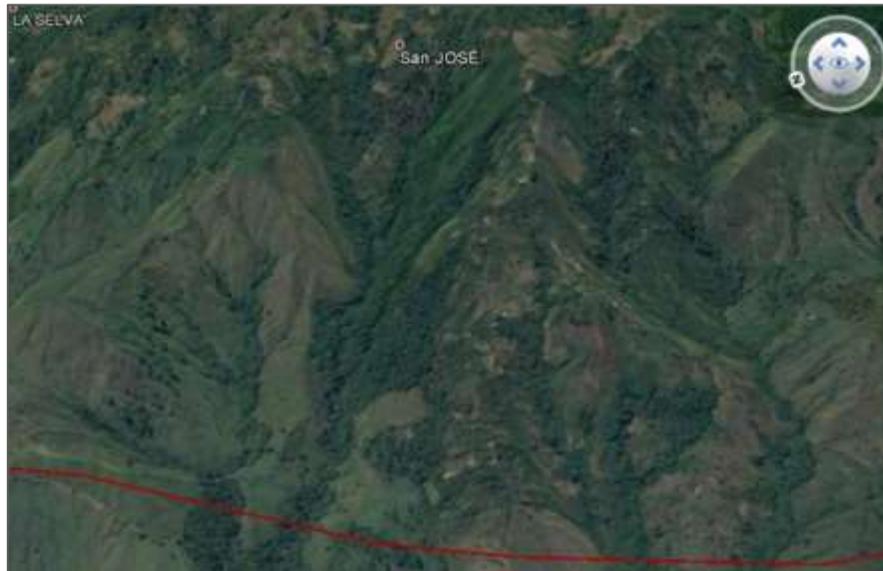
**Figura 3.2.20 SME-fsr-rv, municipio de Risaralda (Caldas)**

- Suelos de Montaña Estructural en Roca Volcánica con Filos Subagudos (SME-fsa-rv).

Esta unidad se encuentra localizada hacia el costado sur del área de estudio en los municipios de Marsella y Pereira en Risaralda y Belalcázar en Caldas, entre los 900 y 1650 msnm.

Se caracteriza por un relieve montañoso masivo y fuertemente quebrado a escarpado con filos de pendientes entre 30% y 60%, laderas largas, rectas a convexas y cimas subangulares y estrechas. La red de drenaje es de tipo dendrítico, densa y con cauces largos de sección transversal en V e incisión profunda (Figura 3.2.21).

Desde el punto de vista geológico se desarrolla en las rocas basálticas y suelos derivados de la Formación Barroso. Presenta erosión moderada del tipo pisadas patas de vaca y terracetos, igualmente deslizamientos activos e inactivos de tipo rotacional.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.21 SME-fsa-rv, Marsella (Risaralda)**

➤ Cerros

Los cerros son prominencias topográficas aisladas de morfología alomada, colinada o montañosa que sobresalen en el paisaje.

En el área de estudio, por lo general están conformados por rocas ígneas intrusivas, volcánicas o subvolcánicas. De acuerdo con la composición y morfografía incluyen las siguientes subunidades: Cerros Porfiríticos, Cerros Alargados Porfiríticos, Cerros Alargados en Roca Volcánica y Subvolcánica y Cerros Doríticos, los cuales se caracterizan en los numerales siguientes

- Cerros Porfiríticos (SME-cp).

Los Cerros Porfiríticos son sistemas aislados que se encuentran localizados en los municipios de Aguadas y Filadelfia en el departamento de Caldas, entre los 750 y 1400 msnm, aproximadamente.

Se caracterizan por un relieve montañoso de pendientes largas y escarpadas (25%-75%), rectas y cóncavas, cimas agudas y estrechas; la red de drenaje tiene una configuración radial hacia afuera; los cauces son largos y rectos, con cañones de sección transversal en V con incisión profunda (Figura 3.2.22).

Geológicamente esta unidad está configurada en pórfidos andesíticos hornbléndicos. Es susceptible a los movimientos en masa del tipo desprendimiento de rocas.



Fuente: Google earth, 2017

**Figura 3.2.22 SME-cp, Municipio de Aguadas (Caldas)**

- Cerros Alargados Porfiríticos (SME-cpa).

Son cerros alargados que se encuentran en el municipio de Filadelfia (Caldas), aproximadamente entre los 900 y 1300msnm, sobre la margen derecha del río Cauca.

Son cerros de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (40%-75%), laderas largas de superficies rectas y cóncavas, cimas agudas y estrechas; la red de drenaje es subdendrítica de densidad media, con cauces de incisión poco profunda y sección transversal en V abierta (Figura 3.2.23).

Esta unidad está configurada en pórfidos andesíticos hornbléndicos. Los procesos morfodinámicos predominantes son los desprendimientos de roca y erosión laminar; se observan cicatrices de antiguos movimientos en masa.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.23 SME-cpa, Filadelfia (Caldas)**

- Cerros Alargados en Roca Volcánica y Subvolcánica (SME-cvsva).

Esta unidad se encuentra ubicada en el municipio de Filadelfia (Caldas), entre los 800 y 1220msnm.

Geológicamente se desarrolla principalmente en las rocas volcánicas de la Formación Combia.

Estos cerros alargados hacen parte de un relieve de montaña y se caracterizan por las laderas rectas a cóncavas y largas con pendientes quebradas a fuertemente quebradas (20%-40%), y las cimas agudas y estrechas. Desarrolla una red de drenaje del tipo dendrítico de densidad media con cauces principales largos y rectos de incisión profunda y sección transversal en V abierta (Figura 3.2.24).

El grado de erosión es moderado, los procesos erosivos son erosión laminar del tipo pisadas pata de vaca y terracetos y los fenómenos de remoción en masa son deslizamientos rotacionales y en las zonas escarpadas, desprendimientos de roca.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.24 SME-cvsva, Filadelfia (Caldas)**

- Cerros Dioríticos (SME-cd)

Son cerros de composición diorítica que se encuentra en jurisdicción del municipio de Aguadas, sobre la margen derecha del río Cauca, entre los 600 y 1530msnm.

Se caracteriza por un relieve montañoso y quebrado, de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (25%-70%), con laderas largas y rectas y cimas agudas y estrechas. La red de drenaje es subdendrítica angular y densa, conformada con cauces con sección transversal en V (Figura 3.2.25).

Geológicamente esta unidad está configurada sobre las rocas intrusivas del Stock Diorítico de Cambumbia, y localmente Pórfido Andesítico Hornbléndico. Los procesos morfodinámicos predominantes son erosión laminar y los movimientos en masa activos e inactivos.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.25 SME-cd, Aguadas (Caldas)**

➤ Crestas y escarpes

Las crestas son geformas que consisten en salientes pronunciadas, generalmente rocosas, estrechas e irregulares, sobre las cimas de relieves montañosos y que están conformadas por la intersección de dos planos de ángulo bastante agudo que se intersectan en una línea

Los escarpes son superficies de ángulo alto, con gradientes más pronunciados que las zonas circundantes, de modo que constituye un talud muy empinado.

En general, estas geformas presentan gran susceptibilidad a las caídas de roca, condicionada por la presencia de estructuras tectónicas como diaclasas o fallas, igualmente por la disposición de las estructuras litológicas de los macizos de roca como la estratificación y la esquistosidad

En el área de estudio se identificaron las subunidades que se presentan y describen a continuación:

- Cresta Abrupta en Rocas Volcánicas (SME-carv)

Esta unidad geomorfológica se encuentra en los municipios de Santa Bárbara y La Pintada en el departamento de Antioquia, entre los 750 y 1450 msnm.

Presenta un relieve montañoso de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (20%-70%), con laderas largas y rectas, y cimas angulares y estrechas. La red de drenaje es subdendrítica a subparalela de densidad media (Figura 3.2.26).

Está configurada sobre las rocas volcánicas de la Formación Combia y sedimentarias del Miembro Superior de la Formación Amagá.

Los procesos denudacionales predominantes son los deslizamientos planares y desprendimientos roca cuando la roca se encuentra en estado fresco a estado de saprolito y a los deslizamientos rotacionales cuando se trata de suelo residual.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.26 SME-carv, Santa Bárbara (Antioquia)**

- Escarpe (SME-e)

Esta unidad se encuentra localizada en el municipio La Merced en el departamento de Caldas, entre los 980 y 1180 msnm.

Es una unidad alargada que hace parte de un relieve montañoso de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (28%-60%), con laderas rectas de longitud media, y cimas angulares y estrechas (Figura 3.2.27).

Esta unidad está limitado en la parte inferior por un drenaje recto y profundo con sección transversal V cerrada. La red de drenaje que discurre por la ladera es dendrítica, con cauces rectos e incisión poco profunda.

Geológicamente esta unidad se encuentra en materiales volcánicos de la Formación Combia. La susceptibilidad a los procesos denudativos está relacionada con procesos de erosión laminar como pisadas patas de vaca y terracetos, erosión hídrica como surcos y cárcavas y deslizamientos rotacionales bajo condiciones de escasa cobertura vegetal o alto grado de meteorización del macizo rocoso. En términos generales el grado de erosión varía entre medio y alto.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.27 SME-e, La Merced (Caldas)**

➤ Filos

Los filos son unidades alargadas de relieve de montaña, que se caracterizan por cimas agudas y relativamente angostas. En el área de estudio se identificaron pertenecientes a esta categoría las siguientes subunidades: Filos Alargados de Cimas Subangulares, Filos de Cimas Amplias y Subangulares y Filos de Cimas Agudas, las cuales se describen a continuación:

- Filos Alargados de Cimas Subangulares (SME-facs).

Esta unidad se encuentra en los municipios de Filadelfia en el departamento de Caldas entre los 1050 y 1400 msnm.

Se caracteriza por un relieve montañoso y quebrado de pendiente quebrada a fuertemente quebrada (15%-40%), con laderas largas, planas y convexas, cimas subangulares y moderadamente amplias (Figura 3.2.28).

La red de drenaje es de tipo dendrítico con alta densidad, con cauces rectos y largos de sección transversal en V cerrada e incisión profunda. Geológicamente está en rocas y suelos derivados de las Ultramafitas de Romeral, y en menor proporción en Esquistos de Lisboa Palestina del Complejo Aquía y en rocas de rocas volcanosedimentarias de la Formación Irra-tres Puertas.

Los procesos morfodinámicos sobresalientes son erosión laminar (pisadas patas de vaca y terracetos), erosión concentrada y deslizamientos activos e inactivos.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.28 SME-facs. Filadelfia (Caldas)**

- Filos de Cimas Agudas (SME-fca).

Esta unidad se encuentra en los municipios de Aguadas, Pácora y La Merced en el departamento de Caldas, entre los 700m y 1600msnm sobre la margen derecha del río Cauca.

Se caracteriza por un relieve montañoso de pendiente fuertemente quebrada a escarpada (30%-65%), con laderas largas, rectas y cóncavas, cimas agudas a subagudas y estrechas; aparentemente esta unidad presenta control estructural por planos de estratificación o diaclasamiento (Figura 3.2.29).

Geológicamente encuentra en rocas y suelos variados, derivados de rocas subvolcánicas (Pórfido Andesítico Hornbléndico y Rocas Hipoabisales de Composición Dacítica), rocas sedimentarias de la Formación Amagá Miembro Superior y rocas de origen volcánico de la Formación Combia; rocas intrusivas de los Gabros de Romeral y los Stocks Adamelíticos y Monzoníticos; las Ultramafitas de Romeral y las rocas metamórficas del Grupo Arquía.

Los cauces conforman una red de drenaje de tipo subdendritico a veces angular, de densidad alta con cauces de incisión profunda y cañones de sección transversal en V abierta.

Los procesos morfodinámicos son erosión laminar como pisadas patas de vaca y terracetos, también movimientos en masa activos del tipo deslizamientos y desprendimientos de roca.



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.29 SME-fca. Pácora, Caldas**

#### 3.2.2.1.4 Valles Aluviales (VA)

Son depósitos derivados de la dinámica hidrológica de las corrientes que irrigan el área de estudio como los ríos Buey, Cauca, Arma, Chinchiná, Maiba, Tapas, Guacaica, San Francisco, Otún, etc. con algunos de sus afluentes. Dentro de esta unidad sobresalen las Superficies Planas y Onduladas, las cuales se describen a continuación.

➤ Superficies aluviales planas y onduladas (VA)

Esta unidad se encuentra a lo largo de los cauces principales del área de estudio, conformando terrazas, llanuras de inundación o abanicos aluviales. Por ejemplo, en el río Otún en Manizales y Palestina, el río Arma en La Pintada, etc. conforman superficie planas a onduladas levemente inclinadas en sentido de la corriente (Figura 3.2.30).



Fuente: Google Earth, 2017

**Figura 3.2.30 VA, Chinchiná (Caldas)**

➤ Cuerpos de Agua (Ca)

Esta unidad enmarca los principales cuerpos de agua de la zona de estudio como drenajes principales y lagos y lagunas permanentes.

### 3.2.2.2 Área de Influencia Directa (AID)

En el AID del Proyecto se diferenciaron las unidades geomorfológicas de origen erosional, erosional-estructural y estructural; los rasgos de la mismas se obtuvieron por interpretación de sensores remotos (Imágenes Tipo Pleiades 4 bandas y resolución espacial de 0.5 m/pixel), DEM de 12x12 m, imágenes de Google Earth y de las observaciones de campo.

#### 3.2.2.2.1 Unidades de Origen Erosional

➤ Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos (LEr-cf)

Esta unidad se identificó en los alrededores de las veredas La Paz en el municipio de Pereira (Risaralda), Estación Pereira, Beltrán, La Miranda en el municipio de Marsella (Risaralda), La Romelia en el municipio de Belalcázar (Caldas) y Montecristo en el municipio de Risaralda (Caldas).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.66: Vista panorámica a LER-cf hacia el Municipio de Marsella-Risaralda**

Se caracteriza por un relieve colinado, con laderas de pendiente moderada entre el 7% y 25% y de poca altura relativa, cortas y convexas muy homogéneas y cimas subredondeadas a planas y amplias, que se desarrollan en sedimentos cuaternarios con cierto grado de consolidación, los cuales conforman la unidad de Cenizas y Flujos de Escombros (Foto 3.2.66 y Foto 3.2.67).

En términos generales, el grado de erosión de esta unidad es bajo. De acuerdo con las características geológicas locales presenta una susceptibilidad variable a los procesos denudativos, con desarrollo de cárcavas por erosión y canales por el flujo de agua; los procesos sobresalientes son erosión hídrica (surcos y cárcavas) y laminar (pisadas patas de vaca y terracetos).

En el área de estudio, sobresalen los pastos, pastos enmalezados y rastrojos bajos y algunas especies arbóreas, los cuales en general, constituyen una cobertura protectora para el suelo; los procesos denudativos mencionados son más notorios en pastos limpios.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.67 LER-cf, municipio de Marsella, vereda Beltrán. Puntos de control GEO-087 y GEO 089, respectivamente**

➤ Lomerío Erosional en Roca Conglomerática (LEr-rc)

En el AID esta unidad fue identificada en las veredas Colombia en el municipio de Manizales (Caldas), y El Rio y San José en el Municipio de Neira (Caldas).

Se caracteriza por un relieve colinado relativamente bajo, las pendientes son moderadas entre el 7% y el 25%, sus laderas de longitud media con forma cóncava y homogénea, las cimas subangulares a subredondeadas y estrechas (Ver Foto 3.2.68); en los sitios visitados se identificó sobre rocas sedimentarias de la Formación Irra – Tres Puertas en estado saprolítico.

La unidad presenta un grado de erosión moderado, con desarrollo de procesos de erosión laminar tipo pisadas patas de vaca y terracetos y fenómenos de remoción como desgarres

En el área de estudio, sobresalen los pastos limpios y enmalezados, cultivos permanentes de cítricos principalmente y algunas especies arbóreas, los cuales en general, constituyen una cobertura protectora para el suelo.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.68 LEr-rc, municipio de Neira, vereda El Rio**

➤ Lomerío Erosional en Roca Sedimentaria y Metasedimentaria (LEr-rsms).

En el AID esta unidad fue identificada en el municipio de Angelópolis en los alrededores de las veredas Santa Bárbara, Santa Rita, La Clara y La Estación.

Se caracteriza por un relieve montañoso relativamente bajo con lomas y colinas de pendiente moderadamente inclinadas entre el 12% y el 25%, laderas escalonadas de longitudes cortas a medias (100m a 500m de longitud) de formas cóncavo-convexas, y cimas redondeadas a subangulares (Foto 3.2.69). En los sitios visitados se identificó sobre rocas sedimentarias y suelos residuales de los miembros medio e Inferior de la Formación Amagá.

Desde el punto de vista morfodinámico presenta un grado de erosión moderado, los procesos dominantes son erosión laminar del tipo pisadas patas de vaca y terracetos, erosión hídrica y movimientos en masa rotacionales; igualmente subsidencia del terreno asociada a las explotaciones de minería de socavón de

carbón. Sobresalen coberturas de suelo como rastrojo, pastos arbolados, pastos limpios, pastos enmalezados, cultivos transitorios, tierras desnudas y degradadas.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.69 LER-rsms, municipio de Angelópolis, vereda Santa Rita. Punto de control GEO-013**

- Lomerío Erosional en Rocas Sedimentarias (Ler-rs)

Esta unidad se identificó en los recorridos de campo desde la vía Belalcázar-La Virginia-Pereira

Geológicamente se encuentra en rocas y suelos residuales derivados de las formaciones La Paila y Zarzal, do origen sedimentario continental (fluvial y lacustre).

Presenta un relieve ondulado, con laderas de pendiente suave a moderado, de cimas amplias y subredondeadas y laderas medias de formas convexas.

El grado de erosión es bajo a moderado; se identificaron procesos de erosión laminar como pisadas patas de vaca, terracetas y surcos y ocasionales deslizamientos rotacionales desarrollados en saprolitos y suelos residuales. Foto 3.2.70

Las coberturas vegetales son pastos y bosque ripario a lo largo de los cauces y algo de vegetación secundaria alta hacia las zonas de menos accesibilidad.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.70 LER-rs, vía que conduce a Belalcázar (Caldas)**

### 3.2.2.2.2 Unidades de Origen Estructural-Erosional

- Lomerío Estructural Erosional (LE-Er)
  - Lomerío Estructural-erosional en Roca Sedimentaria y Volcánica (LE-Er-rsv)

Esta unidad fue identificada en los alrededores de las veredas Santaguada en el municipio de Palestina y La India y La Palma en el municipio de Filadelfia, en el Departamento de Caldas

Se caracteriza por un relieve colinado de pendiente moderada a alta entre el 25% y el 75%, las laderas son de longitud media con formas cóncavo-convexas y ocasionalmente escalonadas a manera de peldaños; las cimas son redondeadas y relativamente amplias (Foto 3.2.71); en los sitios visitados se identificó sobre saprolito de rocas sedimentarias de la Formación Irra – Tres Puertas y roca fresca de la Formación Combia.

El grado de erosión es moderado, los procesos dominantes son erosión laminar del tipo pisadas patas de vaca y terracetas y erosión hídrica (surcos); también se identificaron movimientos en masa del tipo deslizamiento rotacional

En esta unidad sobresalen los pastos limpios y algunas especies arbóreas, los cuales en general, constituyen una cobertura protectora para el suelo; los procesos denudativos mencionados se desarrollan principalmente en los pastos limpios.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.71 LE-Er-rsv, municipio de Filadelfia, vereda La India**

- Lomerío Estructural-erosional en Roca Sedimentaria y Subvolcánica (LE-Er-rssv)

En el AID esta unidad fue identificada en las veredas Estación, La María y Alto Espinal en el municipio de Aguadas.

Se caracteriza por un relieve colinado relativamente bajo con lomas y colinas de pendiente moderada baja entre el 7% y el 25%, las laderas son cortas a medias con formas convexas onduladas y cimas redondeadas y estrechas (Foto 3.2.72); en los sitios visitados se desarrolló sobre suelos residuales del Miembro Superior de la Formación Amagá.

El grado de erosión es bajo con procesos de erosión laminar del tipo pisadas patas de vaca y terracetas.

En esta unidad sobresalen los pastos limpios, pastos enmalezados y algunas especies arbóreas, los cuales en general, constituyen una cobertura protectora para el suelo; los procesos denudativos mencionados se desarrollan principalmente en los pastos limpios.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.72 LE-Er-rsv en el municipio de Aguadas, vereda Estación Aguadas**

➤ Suelos de Montaña Estructural –Erosional

En el AID se diferenciaron diferentes tipos de relieve de origen estructural-erosional mediante criterios geométricos (morfografía), composicionales (morfogénesis) o morfodinámicos o con la combinación de los anteriores.

En este orden de ideas se presentan Suelos de Montaña Estructural –Erosional con Filos de Laderas Medias en Roca Ígnea y Metamórfica, Suelos de Montaña Estructural –Erosional con Filos de Laderas Largas en Roca Ígnea y Metamórfica, Suelos Montaña Estructural –Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria, etc., las cuales se describen a continuación.

- Montaña Estructural –Erosional con Filos de Laderas Cortas en Roca Ígnea y Sedimentaria (SME-Er-flc-ris).

Esta unidad fue identificada en los alrededores de las veredas La Estación y La Florida Parte Alta del municipio de Angelópolis; Minas y Nicanor Restrepo del municipio de Amagá y Salinas del municipio de Caldas, todos en el departamento de Antioquia.

Se caracteriza por presentar un relieve montañoso aunque en parte de la vereda Nicanor Restrepo, el relieve tiende a ser más colinado; la pendiente es fuertemente inclinada a fuertemente escarpada entre 50% y 100%, las laderas son de longitud media (150m a 200m de longitud), localmente escalonadas; de forma cóncavo-convexas; las cimas son subredondeadas (Foto 3.2.73). Se desarrolla en rocas y suelos derivados de la unidad de Stocks Adamelíticos y Monzoníticos

Desde el punto de vista morfodinámico presenta un grado de erosión de bajo a moderado; presenta alta susceptibilidad a los procesos de erosión hídrica con desarrollo de canales difusos, surquillos y cárcavas a veces de difícil manejo;

también se observa erosión laminar como terracetas y patas de vacas; los fenómenos de remoción en masa son comunes, especialmente deslizamientos rotacionales.

Sobresalen en esta unidad, coberturas de suelo como rastrojos, pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados y cultivos permanentes como café.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.73 SME-Er-flm-rim en el municipio de Angelópolis (vereda La Florida) y Amagá (vereda Minas), respectivamente**

- Suelos de Montaña Estructural –Erosional con Filos de Laderas Largas en Roca Ígnea y Metamórfica (SME-Er-ffl-rim).

Esta unidad fue identificada en las veredas Piedra Verde en el municipio de Fredonia y Sinifaná y La Maní en el municipio de Caldas (Antioquia).

Conforma un relieve montañoso y masivo de pendiente fuertemente inclinada a moderadamente escarpada de 25% a 75%, con laderas largas (>500m de longitud), a veces escalonadas, rectas y levemente cóncavas o convexas; cimas alargadas a manera de filos, planas a subredondeadas (Ver Foto 3-45). Se desarrolla en rocas y suelos derivados de las Metaarenitas y Metalodolitas del Grupo Ayurá Montebello y de las rocas volcánicas del Grupo Quebradagrande.

Desde el punto de vista morfodinámico presenta un grado de erosión que oscila entre bajo a moderado, con procesos erosivos como pisadas de patas de vaca y terracetas por pastoreo.

En esta unidad sobresalen coberturas vegetales de suelo como rastrojo, cultivos permanentes como eucalipto y pino para uso industrial, pastos arbolados y pastos limpios.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.74 SME-Er-fil-rim, municipio Caldas, vereda Sinifaná. Punto de control GEO-028**

- Montaña Estructural –Erosional en roca Intrusiva y Metasedimentaria (SME-Er-rims).

Esta unidad fue identificada en las veredas Palo Blanco en Armenia, Guamal en Heliconia, y Cienaguita, Santa Rita y San Isidro en el municipio de Angelópolis.

Las zonas visitadas se caracterizan por un relieve montañoso de pendientes fuertemente inclinada a moderadamente escarpada de 25% a 75%, laderas medias a largas (100m a >500m de longitud) de formas variables (rectas, cóncavas o convexas) y cimas subredondeadas (Ver Foto 3-46). Se desarrolló en rocas y suelos residuales derivados de la Diorita de Pueblito y del Gabro de Romeral, igualmente en depósitos de vertiente que reposan sobre las unidades anteriores

Desde el punto de vista morfodinámico presenta un grado de erosión que varía entre bajo y moderado, aunque en algunos sitios se catalogó como severa. Los procesos dominantes son erosión hídrica (surcos, cárcavas), erosión laminar del tipo pisadas patas de vaca y algunos deslizamientos rotacionales o planares activos, las rocas en los sitios visitados presentan un fuerte fracturamiento y diaclasamiento.

Sobresalen coberturas vegetales de suelo como rastrojos, bosque ripario, cultivos permanentes como mandarina y café, pastos enmalezados, pastos limpios y tierras desnudas.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.75 SME-Er-rims, municipio de Armenia, vereda Palo Blanco. Punto de control GEO-005**

- Montaña Estructural –Erosional con Filos de Laderas Cortas en Roca Ígnea y Sedimentaria (SME-Er-flc-ris).

En el AID esta unidad fue identificada en las veredas La Umbría en el municipio de Santa Bárbara, Antioquia.

Se caracteriza por un relieve montañoso de pendiente moderada a escarpada, las laderas son largas con formas rectas a cóncavas y cimas angulares y estrechas, se identificaron filos ramificados y paralelos y valles en V fuertemente incisados (Foto 3.2.76).

El grado de erosión es bajo, predomina la erosión laminar del tipo pisadas de patas de vaca y terracetos por pastoreo.

En esta unidad sobresalen los pastos limpios, arbolados y bosque, los cuales constituyen una cobertura protectora para el suelo; los procesos denudativos mencionados se desarrollan en los pastos limpios y arbolados.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.76 SME-Er-flc-ris, panorámica desde la vereda La Umbria (Santa Bárbara) hacia la vereda Morrogordo (Abejorral) en Antioquia**

#### 3.2.2.2.3 Unidades de Origen Estructural

- Suelos de Montaña
  - Montaña Estructural con Filos Paralelos de Laderas Medias en Roca Ígnea y Neises Sintectónicos (SME-fplm-rins)

Esta unidad se identificó en los alrededores de las veredas La Liboriana, Quebrada del Barro, Tablazo y Palo Coposo en el municipio de Santa Bárbara-Antioquia.

Se caracteriza por presentar un relieve montañoso a colinado, con una pendiente que varía de fuertemente inclinada a moderadamente escarpada (12% a 75%), las laderas son escalonadas y de longitudes medias a largas (100m a >500m de longitud), de formas rectas y cóncavo-convexas y cimas subagudas (Foto 3.2.77).

Se desarrolla en rocas y suelos derivados del Miembro Volcánico del Grupo Quebradagrande y de los Gabros Asociados a Quebradagrande.

Desde el punto de vista morfodinámico, esta unidad presenta un grado de erosión bajo a moderado, con desarrollo de procesos de erosión laminar como terracetas y patas de vaca; aparentemente algunos cauces se encuentran alineados posiblemente por control estructural.

Sobresalen coberturas vegetales de suelo como rastrojo, pasto enmalezado y pasto arbolado como guadua.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.77 SME.-fplm-rins, municipio Santa Bárbara, vereda Quiebra del Barro. Punto de control GEO-035**

- Montaña Estructural con Filos de Laderas Largas en Roca Volcanosedimentaria (SME-fll-rvs).

Esta unidad geomorfológica fue identificada en las veredas La Arcadia y Las Mercedes en el municipio de Santa Bárbara.

Se caracteriza por un relieve montañoso y masivo, de pendiente fuertemente inclinada a moderadamente escarpada (40% a 75%), con filos dispuestos en dirección aproximada N15W. Las laderas son largas (>500m de longitud) y rectas a cóncavas y las cimas subredondeadas (Foto 3.2.78); esta unidad se encuentra esculpida en rocas y suelo derivados de las rocas volcánicas del Grupo Quebradagrande.

Desde el punto de vista morfodinámico presenta un grado de erosión moderado con desarrollo de erosión laminar y deslizamientos asociados a los cortes de las vías, a la pendiente y al fracturamiento. Los drenajes son de incisión profunda y cañones en V cerrada, los cauces son rectos y de pendiente fuerte y la dinámica fluvial erosiva.

Sobresalen coberturas vegetales de suelo como rastrojo y cultivos permanentes como café.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.78 SME-fil-rvs, municipio de Santa Bárbara, vereda Las Mercedes**

- Montaña Estructural en Roca Volcánica con Filos Subredondeados (SME-fsr-rv)

En el AID esta unidad se identificó en la vereda Alto de Arauca en el municipio de Risaralda (Caldas).

Se caracteriza por un relieve montañoso de pendientes moderadas entre el 12% y el 50%, las laderas son largas y localmente escalonadas, de formas rectas a cóncavas, y las cimas subredondeadas y amplias (Foto 3.2.79); esta unidad se desarrolla en suelos derivados de las rocas volcánicas de la Formación Barroso en los sitios visitados.

El grado de erosión es bajo, con desarrollo de erosión laminar, específicamente pisadas de patas de vaca y terracetos.

En esta unidad sobresalen los pastos limpios, pastos enmalezados, algunas especies arbóreas y cultivos transitorios, los cuales constituyen una cobertura protectora para el suelo; los procesos denudativos mencionados se desarrollan en los pastos limpios principalmente.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.79 SME-fsr-rve, municipio de Risaralda, vereda Alto de Arauca**

- Montaña Estructural Roca volcánica con Filos Subagudos (SME-fsa-rv)

Esta unidad geomorfológica se observó en tres tramos localizados al sur del AID: en los alrededores de las veredas La Paloma en el municipio de Belalcázar (Caldas), La Mirada en el municipio de Marsella (Risaralda) y en el municipio de Pereira (Risaralda)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.80 Contraste entre las unidades de LEr-cf en el municipio de Marsella (Risaralda) y SME-fsa-rv, al fondo, en el municipio de Belalcázar (Caldas)**

Se caracteriza por un relieve montañoso y masivo que sobresale con respecto a la unidad adyacente (Foto 3.2.80). Conformar un conjunto de filos desarrollados en cuerpos volcánicos de la Formación Barroso. Se caracteriza por las laderas largas a veces escalonadas y de pendiente fuerte entre el 25% y 75%, y cimas subangulares

y relativamente amplias; en esta unidad se identificaron filos ramificados y valles en V fuertemente incisados (Foto 3.2.81).

En general, el grado de erosión que presenta esta unidad en el AID es moderado, siendo susceptible a los deslizamientos rotacionales superficiales y a la erosión laminar tipo pisada de patas de vaca y terracetos.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.81 SME-fsa-rv, municipio de Belalcázar, vereda La Paloma. Punto de control GEO-032**

#### ➤ Cerros

Los cerros son prominencias topográficas aisladas de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresale de la topografía circundante; pueden tener laderas y cimas variadas en cuanto a longitud, forma y pendiente. Su origen se puede asociar a procesos de erosión y meteorización diferencial acentuados e intensos que han actuado, para la región que nos ocupa, en climas tropicales húmedos.

En el AID se diferenciaron las unidades de Cerros Porfíricos, Cerros Alargados Porfíricos, Cerros Alargados en Roca Volcánica y Subvolcánica y Cerros Dioríticos, los cuales se describen a continuación

- Cerros Porfíricos (SME-cp)

Esta unidad geomorfológica se observó en la vereda Alto Espinal en el municipio de Aguadas (Caldas).

Presenta un relieve montañoso que sobresale con respecto a las unidades aledañas; las pendientes son fuertes a escarpadas, las laderas largas, con formas cóncavo-convexas y homogéneas y cimas subagudas y estrechas (Foto 3.2.82).

Geológicamente esta unidad se desarrolla sobre las unidades de Pórfidos Andesíticos Hornbléndicos y Rocas Hipoabisales Porfíricas.

Con respecto a las coberturas, sobresalen los bosques, los cuales protegen el suelo de los procesos denudativos



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.82 SME-cp, municipio de Aguadas, vereda Alto Espinal.**

- Cerros Alargados Porfíricos (SME-cpa)

Esta unidad fue identificada en la vereda La Soledad en el municipio de Filadelfia (Caldas). A pesar de que no se realizaron puntos de control en la unidad geomorfológica, fue posible identificarla desde la vereda La Palma en el municipio de Filadelfia (Caldas).

Se caracteriza por un relieve montañoso de pendientes moderadas a fuertes, con laderas largas, de forma cóncava y recta y cimas alargadas, agudas y estrechas (Foto 3.2.83).

El grado de erosión es bajo, con procesos de erosión laminar y desgarres de suelo, desarrollados principalmente en las zonas cuya cobertura vegetal son pastos.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.83 SME-cpa, municipio de Filadelfia, vereda La Palma. Punto de control GEO-068**

- Cerros Alargados en Roca Volcánica y Subvolcánica (SME-cvsva)

En el AID esta unidad se identificó en la vereda La Palma en el municipio de Filadelfia-Caldas.

Se caracteriza por un relieve montañoso y masivo, con laderas largas de pendientes moderadas a fuertes entre el 25 y el 75%, de forma recta a cóncava y cimas subredondeadas y estrechas (Foto 3.2.84); Esta unidad se encuentra sobre rocas y suelos derivados de la Formación Combia.

Presenta un grado de erosión bajo, con desarrollo de erosión laminar siendo las pisadas de patas de vaca y terracetos los procesos dominantes.

Con respecto a las coberturas, sobresalen los pastos limpios y algunas especies arbóreas; el desarrollo de los procesos denudativos se observó en pastos limpios principalmente.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.84 SME- cvsva, municipio de Filadelfia, vereda La Palma**

- Cerros Dioríticos (SME-cd)

Esta unidad geomorfológica fue identificada en la vereda Bocas del municipio de Aguadas (Caldas).

Se caracteriza por un relieve montañoso, con pendientes escarpadas entre el 50% y 100%, las laderas son largas, de forma cóncavo-convexa, irregulares, con cimas subangulares y estrechas. Geológicamente esta unidad se desarrolló en rocas y suelos derivados del Stock Diorítico de Cambumbia.

En los alrededores del sitio visitado, el grado general de erosión es bajo y superficial, con desarrollo de pisadas patas de vaca y terracetas, y ocasionalmente desgarres superficiales. (Foto 3.2.85).



Fuente Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.85 SME-cd en el municipio de Aguadas, vereda Bocas**

- Crestas y Escarpes
  - Cresta Abrupta en Roca Volcánica (SME-carv)

Esta unidad se identificó en la vereda El Buey en el municipio de Santa Bárbara, en la vía Arma – La Pintada en zonas aledañas a la desembocadura del río Buey al río Arma.

Se caracteriza por un relieve montañoso que sobresale con respecto a la unidad aledaña (Foto 3.2.86); las pendientes son escarpadas, las laderas largas, de forma cóncava a recta, y las cimas subangulares y estrechas. Esta unidad se desarrolló en las rocas volcánicas de la Formación Combia.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.86 SME-carv en el municipio de Santa Bárbara, vereda El Buey**

➤ Filos

Los filos son geformas de forma alargada, estrechas y sobresalientes que conforman las crestas de las montañas, tienen flancos abruptos y excavados por valles estrechos, a veces controlados por estratos duros o fallas.

En el AID se diferenciaron las unidades de Filos Alargados de Cimas Subangulares, Filos de Cimas Amplias y Subangulares y Filos de Cimas Agudas, las cuales se describen a continuación:

- Filos Alargados de Cimas Subangulares (SME-facs).

Se identifica en la vereda La Palma, Mediacion y La India en el Municipio de Filadelfia en el departamento de Caldas.

Se caracteriza por un relieve montañoso de pendientes moderadas a fuertes >25%, con laderas medias a largas, de forma recta a cóncava, las cimas son subangulares a subredondeadas, estrechas y alargadas (Foto 3.2.87).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.87 SME-facs en el municipio de Filadelfia, vereda La Palma**

En los sitios visitados la unidad se desarrolla en rocas ultramáficas, encontrándose estas muy fracturadas. La erosión presentada en dicha unidad corresponde a erosión laminar de tipo pisadas de vaca y terracetos, ocasionalmente presenta procesos de remoción en masa, en especial en los cortes de las vías (Ver Foto 3.2.88). La cobertura vegetal predominante son los pastos limpios y algunas especies arbóreas



Fuente: CONSORCIO MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.88 Deslizamiento en la vía Filadelfia- La Felisa en el municipio de Filadelfia, vereda La Palma**

- Filos de Cimas Agudas (SME-fca)

Esta unidad fue identificada en las veredas La María en el municipio de Aguadas, El Rodeo en el municipio de Pácora y La Merced en el municipio de La Merced, localizadas en el departamento de Caldas.

Se caracteriza por un relieve montañoso y masivo de pendientes moderadas a fuertes >50%, con laderas medias a largas, de forma recta a cóncava, y cimas agudas y estrechas (Foto 3.2.89).

En los sitios visitados, esta unidad se desarrolla en rocas esquistas del Complejo Arquía, saprolito de rocas hipoabisales de composición dacítica y rocas sedimentarias del Miembro Superior de la Formación Amagá.

El grado de erosión es grado bajo, con desarrollo de erosión laminar del tipo pisadas de pata de vaca y terracetos; ocasionalmente presenta erosión concentrada.

La cobertura vegetal predominante son los pastos limpios y enmalezados y algunas especies arbóreas.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.89 SME-fca en el municipio La Merced, vereda El Tambor (Caldas)**

**Foto 3.2.90 SME-fca en el municipio de Pácora, vereda El Rodeo (Caldas)**

- Valles Aluviales (VA)

En el área de estudio se identificaron algunos valles aluviales asociados a algunas corrientes principales como los ríos Arma en Antioquia y Chinchiná en Caldas y Otún en Risaralda, conformando zonas planas a onduladas, levemente inclinadas en dirección de las corrientes.

En general, son zonas con cobertura de pastos para la ganadería, bosque ripario y rastrojos y vegetación secundaria baja. Especialmente en la zona sur estos drenajes tienen una estructura meándrica.



Fuente: Consorcio MARTE – HMV, 2016

**Foto 3.2.91 VA asociado al río Chinchiná, municipio de Manizales, vereda Colombia (Caldas)**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.92 VA asociada al río Arma, vereda Bocas, municipio de Aguadas (Caldas)**

### **3.2.2.3 Síntesis y Comparación áreas de unidades geomorfológicas del AII y AID**

En el Área de Influencia del Proyecto, las unidades geomorfológicas que ocupan una mayor extensión son las unidades de Filos de Cimas Agudas, Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos, Lomerío Erosional en Roca Conglomerática, Montaña Estructural Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria, Filos Paralelos de Laderas Medias en Rocas Ígneas y Neises Sintectónicos, Lomerío Estructural-

erosional en Roca Sedimentaria y Volcánica y Filos subagudos en Roca Volcánica, y se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

En el AII estas unidades conforman el 72,85%, predominando unidad de Filos Agudos (15,36%), seguida de la unidad de Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos (12,58%), de Lomerío Erosional en cenizas y flujos (12,60%), Montaña Estructural Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria (8,94%), Lomerío Estructural Erosional en Roca Sedimentaria y Subvolcánica (7,95%) y Filos Paralelos de laderas Medias en Rocas Ígneas y Neises Sintectónicos (7,63%) y Filos Subagudos en Roca Volcánica (6,15%).

En el AID estas unidades conforman el 71,07% predominando el Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos (12,07%), seguida de Montaña Estructural Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria (11,03%), Filos de Cimas Agudas (10,95%), Lomerío Erosional en Roca Conglomerática (7,85%), Filos Paralelos de laderas Medias en Rocas Ígneas y Neises Sintectónicos (7,53%), Lomerío Estructural-Erosional en roca sedimentaria y Subvolcánica (6,23%) y Filos Subagudos en Roca Volcánica (5,84%).

Como se observa, los lomeríos estructurales o estructurales erosionales junto con los relieves estructurales tienen una importante representación en el área de influencia del Proyecto. En general, los primeros están asociados a las unidades geológicas sedimentarias incluidos algunos depósitos cuaternarios, con grandes extensiones hacia la parte media y sur de estudio, y los segundos relacionados especialmente con los macizos de roca ígnea del área, en general caracterizados por relieves montañosos de pendientes fuertes a abruptos.

Con respecto a la implementación del Proyecto, se resalta la importancia de considerar las características geomorfológicas especialmente de los sitios de torre ya que pueden limitar o favorecer las condiciones para la implementación del Proyecto. La Tabla 3.2.4 muestra las áreas que ocupan las diferentes unidades identificadas en el área de estudio.

**Tabla 3.2.4 Áreas de las unidades geomorfológicas en el AII y AID del Proyecto**

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	AID		AII	
		ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Ca	Cauce aluvial	34,06	0,43	121,66	0,67
LE-Er-rssv	Lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y subvolcánica	494,63	6,23	966,11	5,32
LE-Er-rsv	Lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y volcánica	612,12	7,70	1442,61	7,95
LEr-cf	Lomerío erosional en cenizas y flujos	959,27	12,07	2286,96	12,60
LEr-rc	Lomerío Erosional en roca conglomerática	623,92	7,85	1638,91	9,03

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	AID		AII	
		ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
LEr-rs	Lomerío erosional en rocas sedimentarias	0,10	0,00	8,68	0,05
LEr-rsms	Lomerío erosional en roca sedimentaria y metasedimentaria	72,74	0,92	174,14	0,96
SME-carv	Cresta abrupta en roca volcánica	61,16	0,77	40,76	0,22
SME-cd	Cerro diorítico	145,29	1,83	263,30	1,45
SME-cp	Cerros porfiríticos	36,79	0,46	160,86	0,89
SME-cpa	Cerros alargados porfiríticos	82,78	1,04	134,47	0,74
SME-cvsva	Cerros alargados en roca volcánica y subvolcánica	98,93	1,25	131,19	0,72
SME-Er-flc-ris	Flios de laderas cortas en roca ignea y sedimentaria	354,02	4,46	692,35	3,81
SME-Er-fill-rim	Filos de laderas largas en roca ignea y metamórfica	323,89	4,08	728,69	4,01
SME-Er-flm-rim	Filos de laderas medias en roca ignea y metamórfica	269,47	3,39	518,81	2,86
SME-Er-rims	Montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria	875,94	11,03	1623,50	8,94
SME-facs	Filos alargados con cimas subangulares	203,77	2,56	451,89	2,49
SME-fca	Filos de cimas agudas	868,43	10,93	2788,96	15,36
SME-fill-rvs	Filos de laderas largas en roca volcano sedimentaria	449,62	5,66	887,54	4,89
SME-fplm-rins	Filos paralelos de laderas medias en rocas igneas y neises sintéctonicos	598,58	7,53	1385,50	7,63
SME-fsa-rv	Filos subagudos en roca volcánica	464,19	5,84	1116,64	6,15
SME-fsr-rv	Filos subredondeados en roca volcánica	210,05	2,64	288,51	1,59
Va	Valle aluvial	105,16	1,32	302,60	1,67
<b>Total general</b>		<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

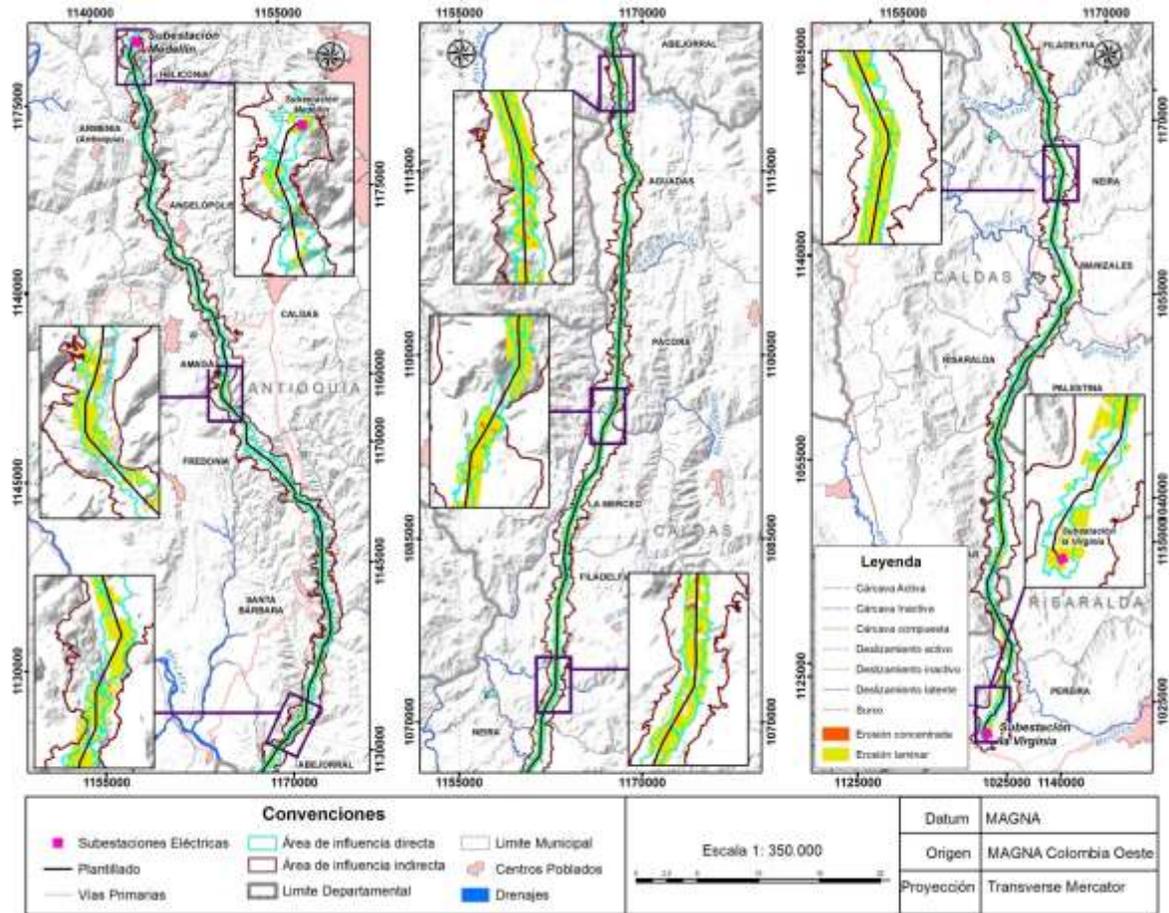
Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

### 3.2.2.4 Procesos denudativos del AID

La identificación de los procesos denudativos del Área de Influencia Directa se realizó a partir de la ortofoto LIDAR y las imágenes Google Earth, apoyándose en el modelo de superficie digital de 1x1 m con el programa ArcScene para tener una mejor percepción de la forma del relieve y su inclinación. Los procesos se trazaron con las herramientas del programa ArcGIS 10.2.

En este numeral se incluyen los fenómenos de remoción en masa y los procesos erosivos. Los primeros se clasifican, de acuerdo con la velocidad del movimiento y la cantidad de agua involucrada, en flujos (de escombros y de lodos), deslizamientos, desprendimientos de roca y desplomes de suelo, reptación y solifluxión. Considerando el ambiente y los factores que generan los procesos erosivos, se incluyen para el caso que nos ocupa, la erosión hídrica (pluvial, surcos, cárcavas y tierras malas), y la erosión de tipo superficial que se relaciona directamente con el uso del suelo e incluye los procesos de erosión laminar y concentrada dependiendo del nivel de profundidad alcanzado.

En la Figura 3.2.31 y Anexo Cartográfico Mapa N° 7 se presentan los procesos denudativos identificados en la ortofoto LIDAR y durante los recorridos de campo.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.31 Procesos morfodinámicos identificados en el área del Proyecto**

➤ Procesos de remoción en masa

A continuación se definen los movimientos en masa identificados en campo

- Deslizamientos

Los deslizamientos son procesos de remoción en masa que se producen, por lo general, de forma rápida y bajo condiciones húmedas; son favorecidos por la pendiente, las precipitaciones, las discontinuidades estructurales y la textura de los suelos o macizos de roca.

De acuerdo con el grado de actividad en el AID se identificaron deslizamientos activos, inactivos y en estado latente.

Los deslizamientos activos son procesos que involucran la remoción de grandes volúmenes de material meteorizado y/o bloques y masas de roca fresca que se desprenden de su lecho y se desplazan ladera abajo sobre una superficie inclinada o cóncava. Las zonas de ruptura suelen coincidir con las superficies naturales preexistentes o generarse en el movimiento<sup>168</sup> (Foto 3.2.93).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.93 Deslizamiento. Vereda Cieguita, municipio de Angelópolis**

Los deslizamientos inactivos son la evidencia de la ocurrencia de un evento correspondiente a un antiguo deslizamiento, el cual llegó a una fase de estabilización (o inactividad), lo cual pudo haber ocurrido por medio naturales o con obras de mitigación.

---

<sup>168</sup> VILLOTA, H. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. p 41-42. 2005.

La presencia de cicatrices de antiguos deslizamientos indica que hay una susceptibilidad natural a la ocurrencia de este tipo de procesos. Por lo general, el grado de inactividad se identifica por la revegetalización del área afectada (Ver Foto 3.2.94).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.94 Cicatriz de antiguo deslizamiento. Vereda Pitayo, municipio de Santa Bárbara (Antioquia)**

Los deslizamientos en estado latente son aquellos que se encuentran en estado metaestable y que por su condición de susceptibilidad se pueden desatar, especialmente durante eventos de precipitación o con algunas intervenciones sobre el suelo (Foto 3.2.95).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.95 Deslizamiento en estado latente. Vereda Santaguada, municipio Palestina (Caldas)**

Considerando las condiciones geológico-estructurales por las cuales se desarrolla el movimiento, se reconocen en el área de estudio, deslizamientos rotaciones (Ver Foto 3.2.96) y planares (Foto 3.2.97), los primeros se desarrollan a lo largo de discontinuidades estructurales y los segundos, son característicos en saprolitos y suelos residuales derivados de rocas masivas.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.96 Deslizamiento rotacional en suelo residual de gabro. Vereda Cienaguita, municipio de Angelópolis (Antioquia), sobre la vía de acceso**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.97 Deslizamiento planar activo, favorecido por planos de diaclasa. Vereda Palo Blanco, Armenia (Antioquia)**

- Desplomes de suelo y caídas o desprendimientos de roca

Los desplomes de suelo consisten en el desplazamiento de una masa de material a lo largo del plano de falla en sentido vertical, generalmente se presentan si la pendiente del terreno es vertical a subvertical.

Los desprendimientos de roca son procesos donde la remoción de los materiales es en caída libre, es decir, sin contacto con la superficie de la ladera; al chocar los elementos pétreos contra un terreno menos empinado, pueden fragmentarse aún más, rebotar, rodar o deslizarse hasta que su energía cinética sea desgastada<sup>169</sup>.

De acuerdo con la velocidad y la humedad, estos procesos son movimientos rápidos, en general bajo condiciones húmedas.

➤ Procesos Erosivos

En el AID del Proyecto se identificaron procesos de erosión superficial (laminar y concentrada), erosión hídrica (surcos y cárcavas) y ocasionalmente erosión fluvial (socavación lateral o de orillas), entre otros

- Erosión hídrica

Es un proceso denudativo que consiste en la excavación del suelo por acción de la escorrentía superficial, lo genera la formación de canales por donde fluye el agua. De acuerdo con la profundidad de los mismos, se reconocen los surcos, las cárcavas y las tierras malas (bad lands).

---

<sup>169</sup> Ibíd., p 41-42.

Los surcos consisten en el desplazamiento de materiales a lo largo de los canales excavados por efecto de la energía cinética de las aguas escorrentía. Por lo general estos canales son poco profundos, alcanzando hasta 33 cm de profundidad<sup>170</sup>. Se considera el inicio de un proceso de erosión concentrada (Foto 3.2.98).

Las cárcavas, se generan cuando la erosión en surcos está muy avanzada, las agua de escorrentía excavan el suelo hasta niveles profundos, mayores de 33 cm, llegando alcanzar profundidades del orden métrico; cuando las dimensiones en profundidad, ancho y longitud son muy significativas se generan las “tierra malas” o bad lands, en los cuales el suelo queda inhabilitado para cualquier aprovechamiento agropecuario y la recuperación implica complejas y costosas obras de ingeniería.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.98 Erosión hídrica, vereda Santa Rita, Mejisulfatos, Angelópolis (Antioquia)**

- Erosión superficial (pisadas patas de vaca y terracetos)

Son procesos de origen antrópico generados por la presión del pisoteo del ganado y están relacionadas además con la capacidad portante del suelo. Las pisadas patas de vaca afectan la capa superficial del suelo y son poco marcadas por lo que hacen parte un proceso de erosión laminar; se manifiestan por una microtopografía de rellanos transversales a la pendiente del terreno, sin que haya ruptura entre los peldaños (Foto 3.2.99).

A medida que avanza el proceso erosivo, se generan rupturas entre los peldaños y los rellanos aparecen entonces separados por microescarpes que llegan a alcanzar

---

<sup>170</sup> VILLOTA, H. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Primera parte: Geomorfología de zonas de montañas, colinadas y onduladas. IGAC.1991

1 m de altura<sup>171</sup>, se genera entonces un micro relieve de terracetos, iniciándose un proceso de erosión concentrada (Foto 3.2.100)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.99 Erosión laminar (terracetos y pisadas patas de vaca). Vereda Estación, municipio de Aguadas (Caldas). Punto de control GEO-049**

Cuando el proceso está muy avanzado, afecta las capas más profundas del suelo y se alteran las propiedades del mismo en cuanto a compactación, porosidad, permeabilidad y aireación, drenaje interno, fertilidad (en el caso del suelo orgánico) etc.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.100 Erosión laminar y concentrada. Vereda La María, municipio de Aguadas (Caldas). Punto de control GEO-052.**

---

<sup>171</sup> Ibíd, p 42.

- Socavación de orillas

Este proceso consiste en la erosión lateral del lecho, la cual se produce cuando las paredes del canal se desgastan con el flujo de agua o con la fricción de los bloques de roca transportados por la corriente; característico de las avenidas aluviotorrenciales comunes en eventos de alta precipitación; generan deslizamientos y caídas de paneles de las paredes por la pérdida en la pata de taludes y laderas (Foto 3.2.101).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.101 Socavación de orillas quebrada La Clarita, vereda La Estación, Amagá**

### 3.2.3 SUELOS

Los suelos constituyen un componente primordial en la sostenibilidad de los ecosistemas, por lo cual, valorarlos es de vital importancia para el desarrollo de cualquier proyecto donde se tenga que intervenir este recurso natural no renovable.

A partir de esta premisa, se realizó la caracterización de este recurso en el área de interés, con base en la interpretación de información primaria y secundaria, identificando para el área de influencia directa e indirecta 21 asociaciones y 2 complejo, dentro de estas unidades cartográficas se encuentran suelos de los ordenes Ultisoles, Entisoles, Alfisoles, Mollisoles, Inceptisoles y Andisoles, estos suelos según Jaramillo (2014)<sup>172</sup>, presentan las siguientes características:

- Ultisoles: Suelos muy evolucionados que presentan un horizonte que ha acumulado arcilla que se han movilizad o desde las partes más superficiales del suelo. Las arcillas acumuladas son de baja calidad por lo que el suelo es ácido y poco fértil.
- Alfisoles: Suelos que forman un horizonte de acumulación de arcilla que se ha movido desde la parte superior del suelo pero, a diferencia del Ultisol, en este orden las arcillas acumuladas son de mejor calidad por lo que se presenta una saturación de bases alta.

---

<sup>172</sup> Jaramillo, J. D. 2014. El suelo: origen, propiedades, espacialidad. 553 p

- Entisoles: Son los suelos que presentan menor grado de evolución. Por lo general sólo se observa organización de suelo en la parte superior del mismo, por efecto de la materia orgánica y de la actividad biológica presentes en ella. Este orden, junto con el de los Inceptisoles, presenta la mayor variabilidad en sus propiedades.
- Mollisoles: Son suelos que presentan adecuadas propiedades físico-químicas en la zona de raíces.
- Inceptisoles: Son suelos que no cumplen los requisitos para ubicarse en alguno de los órdenes anteriores pero que presentan evidencias de evolución incipiente que los ha llevado a desarrollar varios horizontes con estructura de suelo.
- Andisoles: Suelos con alta fijación de fosfatos y baja densidad, derivados de materiales volcánicos; normalmente son ácidos.

Según el Soil Management Support Services (SMSS, 1985)<sup>173</sup>, los mapas de suelos presentan un conjunto de áreas completamente delimitadas por líneas, cada una de las cuales se llaman delineación de suelos; todas las delineaciones de suelos que se encuentran identificadas con un mismo símbolo en el mapa conforman una unidad cartográfica.

Las unidades cartográficas que se utilizan actualmente para los levantamientos de suelos son: consociación, asociación, complejo, grupo no diferenciado o disociación y grupo no asociado o inasociación; Jaramillo (2014)<sup>174</sup> discuten ampliamente las unidades de mapeo mencionadas y de él se extrae el resumen que se presenta a continuación:

- Consociación: Es la unidad en la cual domina una clase de suelo que representa más del 50% de los suelos encontrados en ella. Además, del resto de taxa solo puede haber un 25%, como máximo, de suelos disímiles (diferentes) al que caracteriza la unidad.
- Asociación: Son unidades que contienen dos o más suelos disímiles dominantes que se presentan relacionados geográficamente. Cada uno de los componentes principales de la unidad se puede representar por separado a escala 1:24000.
- Complejo: Es la unidad que presenta dos o más suelos dominantes y disímiles, asociados geográficamente, pero que no pueden separarse en estudios a escala de 1:24000 debido a lo intrincado de su patrón de distribución.

---

<sup>173</sup> Soil Management Support Services (SMSS). 1985. Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. Monografía técnica SMSS No. 15. Editores A. van Wambeke y T. R. Forbes. Universidad de Cornell. 67 p.

<sup>174</sup> Jaramillo, J. D. 2014. El suelo: origen, propiedades, espacialidad. 553 p.

A continuación se describen las unidades cartográficas de suelos identificadas para el área de influencia indirecta del proyecto.

### 3.2.3.1 Unidades cartográficas de suelos en el área de Influencia Indirecta (All)

La información recolectada en este componente, se obtuvo del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia – TOMO II<sup>175</sup>, Estudio General de Suelos Departamento de Caldas<sup>176</sup> y Estudio General de Suelos del Departamento de Risaralda<sup>177</sup>, y se elaboró de acuerdo a la metodología expuesta en el Capítulo 1 Generalidades.

A continuación se describen las unidades de suelo presentes en el área de Influencia Indirecta del proyecto Medellín – La Virginia.

#### 3.2.3.1.1 Suelos de lomeríos erosionales en ceniza y flujos y filos subagudos en roca volcánica

##### ➤ Asociación La Vieja – La Perla (VP)

Esta unidad pertenece a los suelos de lomeríos erosionales en ceniza y flujos y filos subagudos en roca volcánica y terrazas disectadas del departamento de Risaralda abarcando los municipios Belalcázar, Marsella y Pereira. Representa una pequeña extensión del paisaje del valle aluvial del río Cauca en su margen derecha, localizado entre la quebrada Los Tarros y el río La Vieja. Se encuentra por debajo de los 1000 m.s.n.m el clima es cálido y seco.

El paisaje corresponde a lomeríos y zonas de valle aluvial, con pendientes 3 – 7 – 25 – 50%. Estos suelos son bien drenados y moderadamente profundos o superficiales, debido a la presencia de capas de piedras a escasa profundidad.

Los suelos de esta unidad presentan las siguientes fases:

- VPb2: relieve ligeramente ondulado pendiente 3-7% y erosión moderada
- VPd2: relieve quebrado pendiente 12-25% y erosión moderada
- VPe2: relieve fuertemente quebrado pendiente 25-50% y erosión moderada

La asociación La Vieja – La Perla se compone de los suelos Ultic Haplustalf (50%), Vertic Argiustoll (30%) y Typic Ustorthent (20%).

Químicamente estos suelos presentan capacidad de cambio media, fertilidad moderada y reacción ligeramente ácida.

<sup>175</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Antioquia. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2007.

<sup>176</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos departamento de Caldas. 2 ed. Bogotá, D.C.: IGAC, 2004.

<sup>177</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos departamento de Risaralda. 2 ed. Bogotá, D.C.: IGAC, 2004

### 3.2.3.1.2 Suelos de lomerío erosional en cenizas y flujos

#### ➤ Asociación Cerritos - Pereira (CP)

Suelos de lomerío erosional en cenizas y flujos y colinas de piedemonte del departamento de Risaralda. Estos suelos se presentan en un relieve colinado, alrededor de las poblaciones de Marsella y Pereira, en altitudes entre 1000 y 1800 metros, en clima húmedo y medio.

El relieve en general es ondulado a fuertemente quebrado, asociado a lomeríos con pendientes 12 – 25 – 50%, y está formado por colinas bajas de cimas o lomas más o menos amplios, ligeramente inclinados (pendiente 3 – 7%) y de laderas convexas, cortas, fuertemente inclinadas hasta escarpadas.

En esta zona los materiales están constituidos por cenizas volcánicas en mantos más o menos espesos, de consistencia friable y fácil de modelar.

- CPd2: relieve quebrado, pendiente 12-25% y erosión moderada.

Esta asociación está formada por los suelos Typic Tropohumult (60%), Andic Humitropept (30%) y Typic Dystrandept (10%).

Los suelos químicamente, presentan reacción moderadamente ácida (pH entre 5.5 - 6.3), capacidad de intercambio catiónica variable (media a alta), fertilidad natural alta y saturación de bases y contenidos de potasio, calcio y magnesio de medio a bajo.

#### ➤ Asociación San Marcos (SM)

Esta asociación se encuentra en los municipios de Anserma, Chinchiná, Neira, Palestina y Risaralda. Las formas aluviales de clima cálido están ubicadas en los valles de los principales, en una formación vegetal de bosque húmedo tropical transicional a bosque seco tropical. Presenta un paisaje de lomeríos y zonas de valle aluvial, con un relieve plano a ligeramente ondulado, con materiales parentales de diferentes texturas. Estos suelos son evolucionados en las vegas y se derivan de materiales aluviales gruesos.

Estos suelos son formados en las terrazas y se derivan principalmente de sedimentos que varían de texturas finas a moderadamente gruesas, cubiertos en algunos lugares por capas de cenizas volcánicas.

Se presentó la fase ligeramente inclinada (SMB).

Esta asociación está compuesta por los suelos Ustic Dystropepts (50%), Typic Argiustolls (40%) y Typic Dystrandeps (10%).

Algunos de los limitantes de estos suelos está ligado al déficit de precipitaciones, por lo menos en un semestre del año; son frecuentes los fenómenos de erosión en escurrimientos difusos y en pata de vaca.

#### ➤ Asociación Campo Alegre - San Juan (CB)

Esta asociación se encuentra en los municipios Marsella y Pereira; geomorfológicamente, corresponden a un paisaje de lomeríos y zonas de valle

aluvial. En general estas vertientes están afectadas por movimientos en masa, como la reptación que se manifiesta por la presencia de terracetas o patas de vaca a través de la pendiente, este fenómeno determina en estas vertientes la apariencia de superficies fruncidas o rizadas. También son comunes los derrumbes y los golpes de cuchara en forma localizada.

El material geológico que conforma este tipo de relieve está constituido principalmente por esquistos, diabasas, andesitas y areniscas, en su mayoría recubiertos por espesos mantos de cenizas volcánicas.

Se presentó la fase moderadamente escarpada, erosión moderada (CBf2)

Conforman esta asociación los suelos Lithic Dystrandept (50%), Typic Dystropept (30%) e inclusiones de Typic Troporthent (20%).

Los limitantes de uso del suelo son: profundidad efectiva superficial, drenaje interno muy lento, drenaje externo muy rápido, reacciones moderadamente a fuertemente ácida y baja saturación de bases.

#### 3.2.3.1.3 Suelos de lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y volcánica y cresta abrupta en roca volcánica

##### ➤ Asociación Gemelos (GA)

Se encuentra en los municipios Caramanta, Fredonia, La Pintada, Santa Bárbara, Támesis, Valparaíso, Aguadas y Marmato, en clima cálido seco y corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T).

Geomorfológicamente, la unidad corresponde al paisaje de montaña y lomeríos. Las pendientes varían de 12 a 75%, con relieve fuertemente inclinado a moderadamente escarpado. Se presenta erosión laminar ligera a severa, movimientos en masa tipo terracetas y cárcavas; en algunos sectores hay pedregosidad superficial.

Los suelos se derivan de rocas sedimentarias (areniscas, arcillolitas y conglomerados). Son bien a excesivamente drenados, superficiales limitados por pedregosidad o directamente por la roca a profundos; texturas moderadamente finas y finas; la fertilidad es alta a moderada.

La asociación está formada por los suelos Typic Haplustepts 30%, Lithic Haplustepts 25%, Lithic Ustorthents 25% y Typic Ustorthents 20%.

Se presentaron las siguientes fases:

- GAd1: Fase fuertemente ondulada, fuertemente inclinada, ligeramente erosionada.
- GAd2: Fase fuertemente ondulada, fuertemente inclinada, moderadamente erosionada.

Los suelos de esta asociación se encuentran limitados por pedregosidad o por la presencia de roca directamente

#### 3.2.3.1.4 Suelos de fillos paralelos de laderas medias en rocas igneas y neises sintéctonicos y fillos de laderas cortas en roca ignea y sedimentaria

##### ➤ Complejo Tarazá (TR)

Estos suelos se encuentran en los municipios Abejorral, La Pintada, Santa Bárbara, Valparaíso, Aguadas, en clima cálido seco y algunos enclaves de clima cálido húmedo, en alturas inferiores a 800 metros sobre el nivel del mar, y las zonas de vida bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo tropical (bh-T).

Geomorfológicamente, la unidad se encuentra en el paisaje de montaña y fillos, con pendientes de hasta 12%.

Los suelos son derivados de depósitos coluvioaluviales con materiales mixtos; son superficiales a moderadamente profundos, limitados por gravilla, cascajo o por el nivel freático; generalmente se presentan inundaciones o encharcamientos en épocas de lluvias.

El Complejo Tarazá está conformado por suelos Typic Ustorthents, 30%; Typic Udorthents, 25%; Entic Hapludolls, 25%, e inclusiones de Fluventic Hapludolls, 10%; Typic Ustipsamments 5% y misceláneos de playa, 5%.

La fase que se presentó, fue la fase plana (TRa).

Como principales limitaciones para el uso de estos suelos se encuentran la poca profundidad efectiva, las inundaciones ocasionales y los altos contenidos de aluminio.

#### 3.2.3.1.5 Suelos de lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y subvolcánica

##### ➤ Asociación Guarinó (GR)

Esta asociación se presenta en los municipios La Pintada, Santa Barbara, Aguadas, Anserma y Risaralda. Las formas aluviales de clima cálido están ubicada en los valles de los principales ríos, en una formación vegetal de bosque húmedo tropical transicional a bosque seco tropical. Presenta un paisaje de lomeríos, montañas y algunas zonas planas de valle aluvial. Estos suelos son evolucionados en las vegas y derivan de materiales aluviales gruesos.

Los suelos de las vegas son imperfectamente drenados y sujetos a inundaciones; son de colores claros y texturas variables.

Se presentó la fase ligeramente plana (GRa).

Esta asociación está compuesta por los suelos Typic Tropofluvents (40%) y Mollic Hapludolls (40%).

#### 3.2.3.1.6 Suelos de valle aluvial de y lomerío erosional en roca conglomerática

##### ➤ Asociación Bamba (MA)

Esta unidad se encuentra en los municipios Anserma, Belalcázar, Filadelfia, Manizales, Neira, Palestina, Risaralda y Marsella. Las formas aluviales de clima cálido están ubicadas en los valles de los principales, en una formación vegetal de

bosque húmedo tropical transicional a bosque seco tropical. Presenta un paisaje de montañas, lomeríos y zonas de valle aluvial, con materiales parentales de diferentes texturas. Estos suelos son evolucionados en las vegas y derivan de materiales aluviales gruesos.

Estos suelos son formados en las terrazas y se derivan principalmente de sedimentos que varían de texturas finas a moderadamente gruesas, cubiertos en algunos lugares por capas de cenizas volcánicas.

Se presentó la fase ligeramente plana (MAa).

Los suelos de esta asociación son Fluventic Haplustolls y Typic Haplustolls. Estos suelos presentan un pH entre 5,9 a 7,2, siendo esta propiedad uno de los limitantes del recurso.

### 3.2.3.1.7 Suelos de las colinas de clima cálido húmedo transicional a cálido seco

#### ➤ Asociación Lutaina (LU)

Esta unidad se ubica en los municipios de Valparaiso, Aguadas, Anserma, Belalcázar, Filadelfia, La Merced, Manizales, Marmato, Neira, Palestina y Risaralda, y comprende alturas inferiores a 1200 m.s.n.m., en la formación vegetal de bosque húmedo tropical, transicional a bosque seco. Estas zonas están constituidas por montañas, paisaje y zonas de valle aluvial, sobre materiales sedimentarios en un relieve ondulado a escarpado.

El material parental de estos suelos está constituido por arcillolitas y areniscas, por lo que presenta una textura arcillosa y franco arcillosa.

Los suelos son profundos y poco erosionados en algunas áreas de pendientes suaves y superficiales a muy superficiales en las regiones muy disectadas, con graves problemas de erosión y afloramientos de materiales parentales. Son bien drenados, bien aireados y de colores claros debido a los bajos contenidos orgánicos.

Se presentaron las siguientes fases:

- LUC1: Fase ligeramente inclinada, ligeramente erosionada
- LUD1: Fase fuertemente inclinada, ligeramente erosionada

Esta asociación está compuesta por los suelos Typic Haplustolls (50%), Typic Ustropepts (40%). Presenta inclusiones de suelos superficiales en donde se observa afloramientos del material parental. Los limitantes de uso de este suelo son: baja disponibilidad de fósforo asimilable por las plantas, relación calcio – magnesio invertida, afectando la producción de cultivo, y además contenidos bajos de materia orgánica.

### 3.2.3.1.8 Suelos lomerío erosional en roca sedimentaria y metasedimentaria y filos de laderas medias en roca ignea y metamórfica

#### ➤ Asociación Angelópolis (AE)

Se encuentra en los municipios de Abejorral, Angelópolis, Armenia, Fredonia y Santa Bárbara, en clima templado húmedo a muy húmedo y corresponde a las zonas de vida bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) y bosque húmedo premontano (bh-PM).

Geomorfológicamente la unidad corresponde al paisaje de montaña y lomeríos, con un relieve moderadamente ondulado a moderadamente escarpado con pendientes mayores del 7%.

Los suelos son desarrollados a partir de rocas sedimentarias del terciario (areniscas, arcillolitas, filitas y conglomerados), son profundos, bien drenados, de texturas moderadamente gruesas a finas; presentan erosión hasta grado moderado, por escurrimiento difuso, surcos, pequeñas cárcavas y movimientos en masa, especialmente terracetas. En la superficie pueden encontrarse en forma localizada cascajos, piedras de diferente tamaño y algunos afloramientos rocosos. La fertilidad es baja a moderada.

Se presentaron las siguientes fases:

- AEe1: Fase fuertemente quebrada, ligeramente escarpada, ligeramente erosionada.
- AEf1: Fase moderadamente escarpada, ligeramente erosionada.
- AEf2: Fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada.

Forman la asociación en un 50% los suelos Typic Dystrudepts, 35% por suelos Humic Dystrudepts e inclusiones del 15% por suelos Oxic Dystrudepts.

Los principales limitantes para el uso de estos suelos son: alta susceptibilidad a la erosión, en algunos casos poca profundidad efectiva, limitada por altos contenidos de gravilla y piedra y, el contenido de aluminio con niveles tóxicos para las plantas.

### 3.2.3.1.9 Suelos de montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria

#### ➤ Asociación Amagá (AN)

Se presenta en los municipios de Abejorral, Angelópolis, Armenia, Fredonia y Heliconia, en clima templado húmedo a muy húmedo, en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano (bmh-P).

Geomorfológicamente la unidad corresponde al paisaje de montaña. El relieve varía de moderadamente ondulado a moderadamente escarpado; las laderas son rectilíneas y largas, con pendientes entre 12 y 75%. La disección es fuerte y se presenta erosión laminar ligera a severa y movimientos en masa tipo terracetas.

Los suelos son desarrollados a partir de rocas ígneas plutónicas máficas del tipo garbos; son bien drenados, profundos a moderadamente profundos; texturas moderadamente gruesas a finas y fertilidad baja a moderada.

Forman la asociación los suelos Typic Udorthents (50%), Typic Dystrudepts (40%) e inclusiones de Entic Hapludolls (5%) y Acrudoxic Kanhapludults (5%).

Se presentó la fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada (ANf2).

Los principales limitantes para el uso de estos suelos son: poca profundidad efectiva, bajo contenido de bases totales y susceptibilidad a la erosión por pendientes elevadas. La Foto 3.2.102 corresponde al perfil del suelo en corte de carretera, realizada en trabajo de campo del proyecto, con coordenadas origen Bogotá Este 1145943,121X - 1177280,08Y.



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.102 Asociación Amagá (ANf2)**

➤ Asociación Peñitas (PS)

Está localizada en los municipios de Armenia y Heliconia, en clima templado húmedo que corresponde a las zonas de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM).

La geomorfología de la unidad corresponde a paisaje de montaña y un relieve fuertemente ondulado a moderadamente escarpado, con pendientes entre 12 y 75%. La disección es moderada a fuerte, se encuentra erosión laminar ligera a moderada y movimientos en masa tipo terracetas.

Los suelos son desarrollados a partir de rocas metamórficas (esquistos) con recubrimientos discontinuos de cenizas volcánicas, especialmente en las partes más elevadas. Son bien drenados, profundos y de fertilidad baja a moderada.

Se presentaron las siguientes fases:

- PSd1: Fase fuertemente ondulada, fuertemente inclinada, ligeramente erosionada.
- PSf1: Fase moderadamente escarpada, ligeramente erosionada.

La asociación está compuesta por suelos Typic Hapludands (50%); Humic Dystrudepts (20%), Typic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Hydric Hapludands (10%). Las principales limitaciones para el uso de estos suelos son: fragilidad de los suelos, que junto a las pendientes altas genera procesos erosivos y movimientos en masa; baja disponibilidad de fósforo, por retención en la solución del suelo.

La Foto 3.2.103 corresponde al perfil del suelo en corte de carretera, realizada en trabajo de campo del proyecto, con coordenadas origen Bogotá Este 1144144,439X - 1181851,65Y.



Fuente: Consorcio MARTE - HVM, 2017

**Foto 3.2.103 Asociación Peñitas (PSd1)**

3.2.3.1.10 Suelos de filos paralelos de laderas medias en rocas igneas y neises sintéctonicos

➤ Complejo Girardota (GS)

Los suelos de este complejo están localizados en los vallecitos coluvio aluviales entre 1.000 y 2.000 msnm, distribuidos en todo el departamento, en la subregión del oriente, en jurisdicción de los municipios de Concepción, Alejandría, San Luis, Granada, Sonsón y Nariño en el Oriente Antioqueño; el clima es templado húmedo y muy húmedo, corresponde a las zonas de vida bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

Geomorfológicamente, se encuentran en el paisaje de montaña y un relieve plano a fuertemente ondulado con pendientes hasta del 12%.

Los suelos se han desarrollado de sedimentos heterogéneos mixtos coluvio aluviales recientes de diferentes tamaños, son superficiales a moderadamente profundos limitados por factores físicos y químicos (nivel freático, fragmentos de roca en el perfil y toxicidad por aluminio). El drenaje natural es pobre a bueno; la mayoría son suelos de muy baja a moderada evolución pedogenética, presentan desarrollo estructural en los horizontes superiores, las texturas son moderadamente finas a gruesas y de fertilidad baja a alta.

Se presentaron las siguientes fases:

- GSa: Complejo Girardota, fase plana a ligeramente plana
- GSb: Complejo Girardota, fase ligeramente inclinado

Forman este complejo los suelos Typic Udifluvents con el 30%, el Typic Endoaquepts y el Typic Fluvaquepts con el 25% cada uno, y como inclusiones Fluventic Dystrudepts, con el 10%, el Hydric Melanudands y el Aquic Eutrudepts con el 5% cada uno.

Los principales limitantes para el uso de estos suelos son la presencia en algunos sectores de fragmentos de roca en el perfil o en superficie (gravilla, cascajo, piedra) y la alta saturación de aluminio, además la susceptibilidad al encharcamiento en épocas de invierno.

➤ Asociación Ituango (IT)

Está localizada en los municipios de Abejorral, Fredonia y Santa Bárbara. El clima es templado muy húmedo y húmedo, corresponde a las zonas de vida bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM) y bosque húmedo premontano (bh-PM).

Geomorfológicamente comprende un paisaje de montaña, en el cual se encuentran pequeños coluvios y afloramientos rocosos. El relieve varía de moderadamente inclinado a moderadamente escarpado, las cimas o crestas son agudas, algunas redondeadas; las pendientes que oscilan de 7 a 75%.

Los suelos, desarrollados a partir de rocas metamórficas (varias clases de esquistos con intercalaciones de neiss, anfibolitas, cuarcitas y materiales calcáreos), son de texturas finas a medias, bien drenados, profundos, limitados en algunas ocasiones por factores físicos o químicos; gravillas, piedras en el perfil, roca cerca de la superficie o toxicidad por aluminio; presentan erosión por escurrimiento difuso, surcos, terracetas y movimientos en masa localizados; el grado de erosión llega a ser muy severo en algunos sectores.

Se presentó la fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada (ITf2)

Forman la asociación los suelos Typic Eutrudepts (35%), Typic Dystrudepts (30%), Oxic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Acrudoxic Kandiodults (5%), Humic Eutrudepts (5%) y Humic Dystrudepts (5%).

### 3.2.3.1.11 Montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria

➤ Asociación Poblano (PO)

Los suelos de esta asociación se presentan en los municipios de Angelópolis, Heliconia, Fredonia y Valparaíso. Presentan un clima templado húmedo a muy húmedo, corresponde a la zona de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM), en alturas entre 1.000 y 2.000 msnm.

Geomorfológicamente, la unidad se encuentra en el paisaje de montaña y lomeríos, y en un relieve ligera a fuertemente ondulado con pendientes hasta del 25%; en algunos sectores hay erosión o movimientos en masa, además, piedras de diferentes tamaños en superficie.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos heterométricos con materiales mixtos coluviales y coluvioaluviales; son profundos a moderadamente profundos limitados por presencia de fragmentos de roca como gravillas, cascajos y piedras en el perfil; con drenaje natural bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, algunos suelos presentan alta saturación de aluminio que producen toxicidad a la mayoría de las plantas.

Los suelos de esta unidad presentan desde muy baja hasta muy alta evolución pedogenética, con estructura especialmente en los horizontes superiores y de fertilidad muy baja a alta.

Se presentó la fase ligeramente inclinada (POb)

La asociación Poblano está conformada por los suelos Humic Dystrudepts (35%), Oxic Dystrudepts (20%), Fluventic Dystrudepts (20%) y como inclusiones los suelos Inceptic Hapludox, Typic Hapludolls, Typic Eutrudepts, Typic Udorthents y Andic Dystrudepts con el 5% cada uno.

La principal limitante para el uso de estos suelos es la presencia de fragmentos de roca en el perfil y en algunos sectores en la superficie; la baja fertilidad, altos contenidos de aluminio con niveles que producen toxicidad a las plantas, y a veces la alta saturación de aluminio.

#### 3.2.3.1.12 Suelos de filos de laderas cortas en roca ígnea y sedimentaria

##### ➤ Asociación Santa Bárbara (SB)

Está ubicada en los municipios de Abejorral y Santa Bárbara, en clima templado húmedo a muy húmedo con un período seco prolongado y corresponde a las zonas de vida bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

Morfológicamente corresponde al paisaje de montaña. Las pendientes varían de 12 a 75%, con relieve fuertemente ondulado a moderadamente escarpado. La disección es moderada a fuerte y se presenta erosión laminar ligera a moderada y movimientos en masa tipo terracetos y reptación.

Los suelos se han desarrollado a partir de rocas ígneas plutónicas y volcánicas (diabasas, basaltos, tobas y dioritas), con algunas inclusiones de sedimentarias; con influencia de cenizas volcánicas en las áreas más elevadas. Son bien drenados y profundos, con texturas finas y moderadamente finas y de fertilidad alta a moderada.

Se presentaron las siguientes fases:

- SBe1: Fase ligeramente escarpada, ligeramente erosionada.
- SBf2: Fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada

La asociación está conformada los suelos Andic Dystrudepts (50%); Typic Dystrudepts (30%), e inclusiones en un 10% de los suelos Oxic Dystrudepts y Humic Eutrudepts.

Las principales limitaciones para el uso de estos suelos son: pedregosidad superficial localizada; alta saturación de aluminio, baja disponibilidad de bases

totales y susceptibilidad a la erosión y movimientos en masa, generados por las altas pendientes.

#### 3.2.3.1.13 Suelos de filos de laderas medias en roca ígnea y metamórfica y filos de laderas largas en roca ígnea y metamórfica

##### ➤ Asociación Yarumal (YA)

Se encuentra en los municipios de Abejorral, Angelópolis, Armenia, Fredonia y Santa Bárbara, con clima templado húmedo y corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM). Geomorfológicamente comprende las montañas y a un relieve moderadamente inclinado a fuertemente escarpado, las pendientes en su gran mayoría entre 50 y 75%.

Los suelos se han formado principalmente de rocas ígneas, cuarzodioritas y granitos con depósitos de cenizas volcánicas, especialmente en las zonas de menor pendiente y más elevado, sobre todo en las áreas más al Sur de la asociación. Son de texturas medias y finas, bien drenados, profundos, limitados en algunas inclusiones por factores físicos (piedras o gravillas en el perfil); presentan erosión por escurrimiento difuso, terracetas, patas de vaca, movimientos en masa y pequeños deslizamientos; el grado de la erosión puede ser hasta moderado en algunas fases. En la superficie del suelo pueden presentarse piedras, rocas y afloramientos rocosos, a veces de gran tamaño; en las épocas secas aparecen grietas de poca amplitud y profundidad.

Se presentaron las siguientes fases:

- YAe1: Fase ligeramente escarpada, ligeramente erosionada.
- YAf1: Fase moderadamente escarpada, ligeramente erosionada.
- YAf2: Fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada.

La asociación está conformada por los suelos Typic Hapludands en un 35%, Humic Dystrudepts en un 25%, Typic Dystrudepts (25%), e inclusiones de Hidric Hapludands (5%), Oxic Dystrudepts (5%) y Typic Kandudults (5%). Las principales limitaciones para el uso son las altas pendientes y las altas saturaciones de aluminio.

#### 3.2.3.1.14 Suelos de filos subagudos en roca volcánica

##### ➤ Asociación Taudia - Chinchiná (TH)

Esta unidad se ubica en los municipios de Belalcázar, Risaralda y Marsella, en las vertientes de clima medio, húmedo y muy húmedo, en alturas entre 1000 y 2000 m.s.n.m., en una formación vegetal de bosque muy húmedo premontano, aunque algunas áreas pueden presentar una zona de vida de bosque pluvial premontano. El paisaje es de lomeríos. Esta asociación está formada por suelos originados a partir de depósitos espesos de cenizas volcánicas, asociados con suelos formados a partir de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias. Los suelos son bien drenados, bien aireados, de colores oscuros en superficie y claros en profundidad;

las texturas varían desde francas hasta arcillosas y las profundidades efectivas desde muy superficiales hasta profundas.

Se presentó la fase ligeramente escarpada, ligeramente erosionada (THe1)

La asociación Taudia – Chinchiná está compuesta por los suelos Typic Hapludolls (40%), Typic Dystrandeps (40%), y se encuentran inclusiones de afloramientos rocosos y de suelos superficiales del conjunto azufrado (Typic Troporthents).

En estos suelos los fenómenos de erosión tales como desprendimientos, deslizamientos, reptación y escurrimientos difusos, son los principales limitantes.

3.2.3.1.15 Suelos de las vertientes de montaña de clima cálido y medio, húmedo transicionales a cálido y medio secos

➤ Asociación Río Arma (RC)

Esta asociación se encuentra en los municipios de Caramanta, La Pintada, Valparaíso, Aguadas, Anserma, Belalcázar, Chinchiná, Filadelfia, La Merced, Manizales, Marmato, Neira, Pácora, Palestina, Risaralda, Marsella y Pereira. Las laderas de montaña de esta unidad tienen un relieve que varía de quebrado a escarpado, con pendientes 12 – 25 – 50% y mayores de 50%. Comprende alturas aproximadas entre 600 y 1400 m.s.n.m., en una formación vegetal de bosque húmedo tropical, transicional a bosque seco tropical. Los materiales litológicos están conformados en su gran mayoría por metamórficas. También se encuentran zonas de valle aluvial con pendientes menores de 7%.

Estos suelos son superficiales y muy superficiales, limitados por abundantes fragmentos gruesos y en algunas áreas por roca dura y coherente muy cerca de la superficie, bien a excesivamente drenados, de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y de colores claros.

Se presentaron las siguientes fases:

- RCd: Fase fuertemente inclinada
- RCe2: Fase ligeramente escarpada, moderadamente erosionada
- RCf: Fase moderadamente escarpada
- RCf2: Fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada

Los suelos de esta asociación son Typic Haplustolls (45%) y Typic Ustorthents (45%). Esta asociación está limitada en sus suelos en la profundidad efectiva por la presencia de materiales gruesos en el perfil, constituidos especialmente por fragmentos de rocas sedimentarias o ígneas.

3.2.3.1.16 Suelos de filos de laderas largas en roca volcánica sedimentaria

➤ Asociación Horizontes (HB)

Esta unidad está localizada en los municipios de Abejorral, Angelópolis, Armenia, Fredonia y Santa Bárbara, entre 2000 y 3000 metros de altitud aproximadamente; el

clima es frío muy húmedo, corresponde a las zonas de vida de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

Geomorfológicamente de un paisaje de montaña. El relieve es fuertemente ondulado a muy escarpado y las pendientes son mayores del 12%. Los suelos se han desarrollado a partir de rocas ígneas (diabasas, basaltos, dioritas) y en las áreas más al sur, de cenizas volcánicas; son profundos a superficiales, limitados por gravillas y piedras, de texturas al tacto moderadamente finas y medias con fragmentos de roca, reacción muy fuerte y fuertemente ácida y fertilidad baja; presentan erosión ligera, frecuentes a abundantes movimientos en masa y derrumbes localizados.

Se presentaron las siguientes fases:

- HBf: Fase moderada y fuertemente escarpada
- HBf1: Fase moderadamente escarpada, ligeramente erosionada.

La asociación la forman los suelos Typic Fulvudands (50%), Typic Udorthents (30%) y Humic Dystrudepts (20%).

Los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos son: pendientes inclinadas a escarpadas, alta susceptibilidad a la erosión y los movimientos en masa, alta acidez, alto contenido y saturación de aluminio, bajo contenido de bases y de fósforo, alta capacidad de retención de aniones (fosfatos) y fertilidad baja.

La Foto 3.2.104 corresponde al perfil del suelo en corte de carretera, realizada en trabajo de campo del proyecto, con coordenadas origen Bogotá Este 1158407,47X - 1153497,582Y.



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.104 Perfil Asociación Horizonte (HBf1)**

#### 3.2.3.1.17 Suelos de fillos subagudos en roca volcánica

➤ Asociación Chinchiná – Azufrado (CL)

Esta unidad se localiza en el municipio de Marsella. La franja de terreno de esta unidad, corresponde a un piso térmico de templado o medio, pues se extiende altitudinalmente de 1000 a 2000 metros. Geomorfológicamente, corresponde a un paisaje de lomeríos, cuyo material geológico es principalmente esquistos, diabasas, andesitas y areniscas, en su mayoría recubiertos por espesos mantos de ceniza volcánica.

Se presentó la fase moderadamente escarpada, moderadamente erosionada (CLf2)

Integran esta unidad los suelos Typic Dystrandept (50%), Typic Troorthent (40%) e inclusiones de Andic Humitropept (10%)

#### 3.2.3.1.18 Suelos de Fillos de cimas agudas

➤ Asociación El Cedral – Azufrado (CL)

Los suelos que integran esta unidad cartográfica están ubicados en los municipios de Salamina, Aranzazu, La Merced, Pácora y Aguadas, dentro del clima medio húmedo. Ocupa áreas de relieve quebrado a escarpado, con pendientes largas y empinadas, de grado 12-25-50% y mayores de 50%.

Las pendientes muy fuertes limitan estos suelos para la actividad agrícola, sin embargo se desarrolla alguna agricultura con cultivos de café, caña, plátano y frutales con regulares resultados. Son frecuentes los fenómenos erosivos tales como desprendimientos, deslizamientos, reptación y escurrimientos difusos.

La unidad está integrada por suelos Typic Hapludolls en un 45%, Typic Troorthents en un 45% e inclusiones de Typic Dystrandeps. Los dos primeros suelos se originaron a partir de rocas metamórficas, mientras que Typic Dystrandeps se originó a partir de cenizas volcánicas.

Se presentaron las siguientes fases:

- CZe1: Fase ligeramente escarpada, ligeramente erosionada.
- CZf1: Fase moderadamente escarpada, ligeramente erosionada

Los suelos de los conjuntos El Cedral y Azufrado, presentan reacción ligeramente ácida, contenido mediano de materia orgánica; capacidad de intercambio catiónico, mediano de materia orgánica; capacidad de intercambio catiónico, medianas saturación total de bases muy alta y disponibilidad de fósforo asimilable por los cultivos muy baja.

#### 3.2.3.1.19 Cuerpos de Agua (CA)

Corresponde a las superficies o depósitos de agua naturales presentes en el área de influencia directa e indirecta, de cada alternativa. Los cuerpos de agua se presentaron en los municipios de Abejorral, Caramanta, Fredonia, La Pintada, Santa Barbara, Tamesis, Valparaíso, Aguadas, Anserma, Belalcázar, Chinchiná, Filadelfia, La Merced, Manizales, Marmato, Neira, Pácora, Palestina, Risaralda, La Virginia, Marsella y Pereira.

#### 3.2.3.1.20 Zonas Urbanas (Zu)

Corresponde a los asentamientos humanos en el área de influencia directa e indirecta, de cada alternativa. Las zonas urbanas se presentaron en los municipios de Angelópolis, Caramanta, Fredonia, La Pintada, Santa Bárbara, Valparaíso, Anserma, Belalcázar, Marmato, Palestina y Risaralda.

Con respecto al trazado, en el área de influencia indirecta, las unidades cartográficas que ocupan mayor área son Asociación Río Arma (RC), Asociación Lutaina (LU), Asociación Horizonte (HB), Asociación La Vieja-La Perla y la Asociación Ituango (IT), las cuales tiene como limitantes alta susceptibilidad a la erosión, poca profundidad efectiva, fertilidad baja, entre otros (Ver Tabla 3.2.5).

**Tabla 3.2.5 Unidades de suelo que cruzan el AII y AID del Proyecto Medellín – La Virginia**

SÍMBOLO	NOMBRE	AII	
		ÁREA (HA)	%
AEe1	Asociación Angelópolis	139,42	0,77
AEf1		42,47	0,23

SÍMBOLO	NOMBRE	AII	
		ÁREA (HA)	%
AEf2		34,99	0,19
ANf2	Asociación Amagá	1070,03	5,89
CA	Cuerpos de agua	140,75	0,78
CBf2	Asociación Complejo Alegre San Juan	45,46	0,25
CLf2	Asociación Chinchiná	7,57	0,04
CPd2	Asociación Cerritos	58,82	0,32
CZe1	Asociación Cedral-Azufrado	73,71	0,41
CZf2		6,18	0,03
GAd1	Asociación Gemelos	162,05	0,89
GAe2		58,87	0,32
GRa	Asociación Guarinó	12,72	0,07
GSa	Asociación Girardota	14,99	0,08
HBf1	Asociación Horizontes	1076,37	5,93
ITf2	Asociación Ituango	1386,13	7,64
LUc1	Asociación Lutaina	129,59	0,71
LUD1		4611,73	25,40
MAa	Asociación Bamba	280,75	1,55
POb	Asociación Poblano	53,52	0,29
PSd1	Asociación Peñitas	146,53	0,81
PSf1		379,47	2,09
RCd	Asociación Rio Arma	69,39	0,38
RCe2		229,05	1,26
RCf		6,04	0,03
RCf2		4055,54	22,34
SBe2	Asociación Santa Bárbara	211,39	1,16
SBf2		382,26	2,11
SMB	Asociación San Marcos	44,30	0,24
THe1	Asociación Taudia-Chinchiná	302,55	1,67
TRa	Complejo Tarazá	182,68	1,01
VPb2	Asociación La Vieja-La Perla	106,30	0,59

SÍMBOLO	NOMBRE	AII	
		ÁREA (HA)	%
VPd2	Asociación Yarumal	22,80	0,13
VPe2		1645,64	9,06
YAe1		192,22	1,06
YAf1		735,63	4,05
YAf2		14,10	0,08
ZU		Zonas Urbanas	22,62
<b>Total general</b>		<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

### 3.2.3.2 Uso actual.

El uso actual del suelo corresponde a la forma de utilización del recurso en una zona determinada, dando indicios del grado de intervención antrópica en dicha área. De acuerdo con el mapa de coberturas del suelo de la línea, realizado en campo, se determinó el uso actual del suelo.

El sistema de clasificación del uso del suelo, corresponde a grupos (Tabla 3.2.6) y subgrupos (Tabla 3.2.7), conforme a la Guía de Levantamientos de suelos del 2010<sup>178</sup>, sin embargo, para la GDB se realizó homologación de unidades de acuerdo a lo establecido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

**Tabla 3.2.6 Grupos de uso de la tierra**

CÓDIGO	NOMBRE
A	Agricultura
G	Ganadería
F	Forestal
X	Agroforestería
P	Pesca
M	Minería/Cantería
Z	Zoocultura
C	Conservación

<sup>178</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Bogotá, 2010. 41p.

CÓDIGO	NOMBRE
I	Infraestructura / Asentamiento
S	Sin uso agropecuario

Fuente: IGAC, 2010

**Tabla 3.2.7 Subgrupos de uso de la tierra**

CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
A	Cultivos Anuales (A)	M	Minerales energéticos (M)
	Cultivos semiperennes/bienales (A)		Rocas y minerales no metálicos (M)
	Cultivos perennes (A)		Materiales para construcción (M)
G	Pastoreo semi-nómada (G)	Z	Acuática (Z)
	Pastoreo transhumante (G)		Terrestre (Z)
	Pastoreo extensivo (G)		Mixta (Z)
	Pastoreo semi-intensivo (G)	C	S Sistema de parque nacional ( C )
	Pastoreo intensivo (G)		Reservas forestales ( C )
F	Producción (F)	I	Control de degradación ( C )
	Protección / Producción (F)		Monumento nacional ( C )
X	Agrosilvicultural (X)		Tierras en descanso ( C )
	Agrosilvopastoril (X)		Residencial ( I )
	Silvopastoril (X)		Industrial ( I )
P	Producción (P)	Comercial ( I )	
	Extracción (P)	Recreacional / Deportiva ( I )	
M	Minerales preciosos (M)	Cultural ( I )	
	Piedras preciosas (M)	Transporte ( I )	
	Materiales radiactivos (M)	Institucional ( I )	
	Metales (M)	Ambiental ( I )	

Fuente: IGAC, 2010

A continuación se describen los usos actuales encontrados en el área de influencia indirecta del proyecto (SAG, 2017):

### 3.2.3.2.1 Conservación

Este uso corresponde a las zonas cubiertas de bosque, vegetación secundaria, cuerpos de agua, zonas arenosas y zonas de tierras desnudas donde se presentan

procesos de movimientos en masa por altas pendientes. De acuerdo a la descripción anterior, los tipos de usos encontrados en el AII son: Tierras en descanso que hace referencia a las zonas de protección y recursos hídricos; y control de degradación que se referencia a las áreas en recuperación y protección.



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.105 Tierras en descanso (Bosque Ripario)**

#### 3.2.3.2.2 Forestal

Este uso corresponde a zonas de plantaciones forestales protectoras-productoras de especies como eucalipto las cuales ocupan pequeñas áreas en la zona.



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.106 Plantación forestal (Protección/Producción)**

### 3.2.3.2.3 Agricultura

Estas áreas son utilizadas para cultivos anuales y cultivos perennes, que hacen referencia a los cultivos transitorios semi-intensivos, y cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivo.



Fuente: Consorcio MARTE - H MV, 2017

**Foto 3.2.107 Cultivos perennes (Cultivos permanentes arbóreos)**

### 3.2.3.2.4 Agroforestería

Este uso corresponde a suelos dedicados a agrosilvicultura, agrosilvopatoril y silvicultura, haciendo referencia a pastos arbolados principalmente.



Fuente: Consorcio MARTE - H MV, 2017

**Foto 3.2.108 Silvicultura (Pasto arbolado)**

#### 3.2.3.2.5 Ganadería

Este uso corresponde las zonas cubiertas por pastos ya sean limpios, enmalezados dedicados al pastoreo extensivo.



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.109 Ganadería (Pasto limpio)**

#### 3.2.3.2.6 Minero

Este uso corresponde a actividades de explotación y extracción de materiales y minerales metálicos y no metálicos.

#### 3.2.3.2.7 Infraestructura/Asentamientos

Este uso corresponde a zonas urbanas, zonas comerciales, vías, entretenimiento, educación, transporte, entre otros.



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.110 Asentamiento humano**



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Foto 3.2.111 Infraestructura vial**

En la Tabla 3.2.8 se presentan las coberturas vegetales identificadas y sus correspondientes usos actuales.

**Tabla 3.2.8 Usos actuales de las coberturas terrestres identificadas dentro del área de estudio**

USO	TIPO DE USO
Agricultura	Cultivos permanentes intensivos Cultivos transitorios semi-intensivos
Agroforestal	Sistemas silvopastoriles
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación Protección
Forestal	Producción-protección
Ganadería	Pastoreo extensivo
Asentamientos/Infraestructura	Residencial/ Comercial
Minería	Materiales de construcción

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

En la Tabla 3.2.9 se evidencia que para el AII el uso del suelo está destinado principalmente a actividades ganaderas (8568,84 ha), seguido de las tierras dedicadas a la protección (4840,06 ha), tierras de descanso (1410,90 ha), además se evidenciaron zonas dedicadas a actividades mineras (11,54ha).

**Tabla 3.2.9 Usos actuales que cruzan el AII**

GRUPO	USO DEL SUELO	AII	
		ÁREA (HA)	%
Agricultura	Cultivos permanentes intensivos (CPI)	1028,30	5,66
	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	1163,03	6,41
Agroforestal	Sistemas silvopastoriles (SPA)	566,96	3,12
Asentamiento	Residencial	134,77	0,74
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	1410,86	7,77
	Protección	4833,40	26,62
Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	140,75	0,78
Forestal	Producción-protección	289,05	1,59
Ganadería	Pastoreo extensivo (PEX)	8568,55	47,20
Infraestructura	Comercial	7,40	0,04
Minería	Materiales de construcción	11,54	0,06
<b>Total general</b>		<b>18154,61</b>	<b>100</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

En conclusión el uso actual predominante es la ganadería (pastoreo extensivo), contribuyendo a los procesos erosivos del recurso, considerando que de acuerdo a las unidades cartográficas del suelo, uno de las limitaciones es la susceptibilidad a la erosión; además al sustituir la cobertura vegetal del suelo por pastos, se generan cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las actividades de conservación como las tierras en descanso y suelos de control de degradación, también abarca un área significativa en el trazado de la línea.

### **3.2.3.3 Uso potencial.**

El uso potencial del suelo hace referencia a la capacidad de uso o aptitud del mismo, se determinó con base en la capacidad de uso que muestran las clases agrológicas para el área de influencia del proyecto. Esta información está basada en el estudio general de suelos de cada departamento.

#### **3.2.3.3.1 Tierra Clase III**

Presentan limitaciones moderadas y ligeras para el uso y el manejo, debido a una o más de las siguientes causas: pendientes moderadamente inclinadas, erosión actual ligera o moderada, movimientos en masa (pata de vaca y terracetos) pocos a frecuentes, profundidad efectiva moderada, presencia de fragmentos de roca, nivel freático moderadamente profundo, lluvias escasas e irregularmente distribuidas, drenaje moderado, inundaciones y encharcamientos ocasionales.

##### ➤ IIIhs-7 Subclase por exceso de humedad y limitantes en el suelo

Las tierras de esta subclase tienen una o más limitaciones moderadas por la moderada profundidad efectiva limitada por fragmentos de roca y por las inundaciones o encharcamientos de corta duración. En menor grado de intensidad se encuentran la alta acidez, la moderada saturación de aluminio, el bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), el bajo contenido de fósforo y la fertilidad baja.

Estas tierras son aptas para agricultura con cultivos adaptados a las condiciones ecológicas (caña, musáceas, frutales, cítricos), y para ganadería. Requieren de prácticas de manejo como construcción de acequias que controlen los encharcamientos, aplicación de fertilizantes de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el suelo y las necesidades de los cultivos, incorporación de materia orgánica, empleo de maquinaria e implementos agrícolas adecuados, evitar el sobrepastoreo y la sobrecarga de ganado.

##### ➤ IIIs-7 Subclase por limitantes en el suelo

Las tierras de esta subclase tienen una o más limitaciones causadas por la moderada profundidad efectiva limitada por fragmentos de roca; en menor grado de intensidad por la alta acidez, la moderada saturación de aluminio, el bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), el bajo contenido de fósforo y la fertilidad baja.

Estas tierras son aptas para agricultura con cultivos de raíces moderadamente profundas, adaptados a las condiciones climáticas, y para ganadería semintensiva o

intensiva (semi-estabulación); requieren aplicación de fertilizantes de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos de los cultivos, incorporación de materia orgánica, labores de preparación en contorno, empleo de maquinaria e implementos adecuados y construcción de acequias de ladera para disminuir la velocidad de las aguas de escorrentía y encausarlas a los drenajes naturales sin producir erosión. En cuanto al manejo de pastos y ganado se deben mantener los pastos libres de malezas, aplicar fertilizantes, sembrar árboles para el sombrío del ganado, evitar el sobrepastoreo, utilizar en lo posible el pastoreo mixto y establecer rotación de potreros.

➤ IIIc Subclase por limitantes de clima

Presenta suelos profundos a moderadamente profundos; bien drenados; de texturas franco arenosas, franco arcillosas y franco arcillosas – arenosas, ligeramente ácidos. El uso de estos suelos presenta limitaciones por el clima, debido a que las precipitaciones no son suficientes para la producción de cultivos al menos durante un semestre del año. Algunas áreas, especialmente donde las pendientes son más altas, los suelos pueden presentar una ligera susceptibilidad a la erosión.

El uso más recomendable es la ganadería intensiva, con explotación de pastos mejorados adaptables a las condiciones de bajas precipitaciones en la región. Bajo condición de riego, adición de fertilizantes y control de la erosión, otras áreas se pueden dedicar a la agricultura; se debe conservar la vegetación natural y reforestar a lo largo de las corrientes de agua.

### 3.2.3.3.2 Tierra Clase IV

Esta clase de tierras presenta limitaciones de uso moderadamente severas debido a una o más de las siguientes: profundidad efectiva superficial, escasa y mala distribución de las lluvias, erosión moderada, media a alta saturación de aluminio, pendientes fuertemente inclinadas, fertilidad baja, abundantes fragmentos superficiales de roca y nivel freático superficial.

➤ IVp-3 Subclase por pendiente del terreno

Los principales limitantes de los suelos de esta subclase de tierras se deben a las pendientes moderadamente inclinadas, a la susceptibilidad a la erosión, y a las lluvias escasas y mal distribuidas en algunos sectores; en adición, tienen bajo contenido de fósforo y de materia orgánica.

La capacidad de uso de estas tierras es para ganadería con pastos introducidos o nativos con buenas prácticas de manejo como evitar el sobrepastoreo y la sobrecarga de ganado. Para agricultura presenta limitaciones por las pendientes inclinadas que ameritan prácticas de conservación de suelos tales como localización de cultivos, siembras en contorno o a través de las pendientes, fertilización y adición de materia orgánica. Se pueden sembrar cultivos semilimpios, densos, de semibosque o sistemas agroforestales.

➤ IVp-7 Subclase por pendiente del terreno

Las principales limitaciones de estos suelos son pendientes fuertemente inclinadas, alta susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa (pata de vaca), fuerte acidez, alta saturación de aluminio; en menor grado de severidad los bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio, fósforo y materia orgánica.

Estas tierras tienen aptitud para cultivos semilimpios, densos, sistemas agroforestales y pastos introducidos. Requiere de algunas prácticas de conservación como rotación de cultivos, siembra de los cultivos en contorno o en fajas, aplicación de fertilizantes teniendo en cuenta la capacidad de fijación de fosfatos, aplicación de cal más como fertilizante que como enmienda, construcción de acequias de ladera, labranza mínima y adecuado manejo de pastos y ganado.

➤ IVe Subclase por limitante de erosión

La susceptibilidad a la erosión (fenómeno que se manifiesta como terraceo), la pendiente y la pobreza en fósforo son los factores de mayor incidencia negativa en el uso de estas tierras. De acuerdo a lo anterior, el uso de este suelo es para la agricultura con el fin de controlar los procesos erosivos, aunque se recalca que se deben hacer prácticas de fertilización que aporten principalmente fósforo.

➤ IVesc Subclase por erosión, zona radicular y clima

Presenta suelos profundos, bien drenados, de texturas franco arcillosas y franco arcillo arenosa, y ácidos a ligeramente ácidos.

La actividad agropecuaria está limitada debido a las deficientes precipitaciones, pendientes moderadas a fuertes, susceptibilidad a la erosión y restricción de la profundidad radicular en algunas áreas, por afloramientos de material parental. El uso más adecuado debe ser el de ganadería semi-intensiva con pastos mojados, evitando la sobrecarga de los ganados en los potreros; estos suelos también son aptos para una agricultura de subsistencia con aplicación de fertilizantes. Es necesario fomentar y/o conservar la vegetación natural con el fin de proteger las corrientes de agua y evitar la erosión en sectores susceptibles a esta.

➤ IVec-1 Subclase por erosión y clima

Los suelos son profundos a moderadamente profundos, bien drenados, de texturas franco arenosas a franco arcillosa, ácidos a ligeramente ácidos. Las limitaciones en las actividades agrícolas son debidas a las pendientes moderadas a fuertes, en algunos sectores ocurrencia de heladas, déficit de humedad y susceptibilidad a la erosión. Su aptitud más recomendable es la explotación ganadera semi intensiva con pastos mejorados, rotando los animales en diversos potreros para evitar el sobrepastoreo, también se puede dedicar a la actividad agrícola. Para mejorar el rendimiento de los pastos y los cultivos, se recomienda la aplicación de cal agrícola y fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio; se deben aplicar técnicas adecuadas de conservación y reforestación a lo largo de las corrientes de agua.

➤ IVsh Subclase por clima

Los suelos son profundos a moderadamente profundos, bien a imperfectamente drenados, de texturas variables y ligeramente ácidos. Estas tierras sufren inundaciones periódicas, principalmente durante los inviernos fuertes y además están limitadas en su profundidad efectiva por la fluctuación del nivel freático y en algunos casos por la presencia de materiales gruesos (arenas, gravilla, cascajo y piedra) cerca de la superficie. Están dedicadas a la ganadería y a la agricultura.

Su aptitud más apropiada, es la reforestación y la conservación de la vegetación natural en donde ésta aún existe, para mantener las corrientes de agua, prevenir las inundaciones y recuperar el equilibrio ecológico alterado por la actividad del hombre. Algunos sectores se pueden dedicar a la ganadería, utilizando pastos mejorados, y otros a la explotación de cultivos tales como maíz, sorgo y algodón.

3.2.3.3.3 Tierra Clase VI

Esta clase de tierras se encuentra en una amplia gama de climas, paisajes, tipos de relieve y materiales. Ocupa sectores de espinazos, filas-vigas, glacis del paisaje de montaña; lomas y colinas y vallecitos del paisaje de lomerío y de altiplanicie; planos de inundación, plataformas costeras y terrazas de las planicies aluviales, fluvioacústicas y marinas. Se presentan en los pisos térmicos cálido, templado, frío y muy frío, con condiciones de humedad muy húmeda, húmeda, seca y transiciones de seca a húmedo y de húmeda a muy húmeda.

Los materiales parentales son muy variados: rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas, aluviones, coluvios, materiales orgánicos y cenizas volcánicas que han originado suelos que difieren en sus características físicas, químicas, mineralógicas y biológicas, los hay superficiales hasta profundos, pobre a bien drenados, de texturas muy finas a gruesas, de reacción muy fuertemente ácida a ligeramente alcalina y fertilidad muy baja a alta. El relieve es plano a fuertemente escarpado. Las pendientes van de 1% hasta el 50%. Presentan diferentes grados de erosión desde ligero hasta muy severo. Los movimientos en masa (pata de vaca y terracetos) van de pocos a muchos. En algunos sectores presentan pedregosidad superficial.

Esta clase de tierras tiene limitaciones severas debido a una o más de las siguientes causas, solas o combinadas: pendientes ligeramente escarpadas, alta susceptibilidad a la erosión o erosión presente moderada, abundante pedregosidad superficial, drenaje pobre o muy pobre, inundaciones frecuentes de mediana duración, nivel freático alto, lluvias escasas mal distribuidas en los dos semestres del año o temperaturas bajas. Además presentan limitaciones severas de carácter químico como reacción muy fuertemente ácida, alta saturación de aluminio y fertilidad muy baja.

➤ VIhs-5 Subclase por exceso de humedad y suelo

Estos suelos para uso y manejo presentan limitaciones por inundaciones frecuentes de corta duración, drenaje deficiente y nivel freático superficial.

Estas tierras son aptas para ganadería tipo extensivas con algunas restricciones causadas por las inundaciones. También se las puede utilizar en agricultura con algunos cultivos específicos tolerantes al exceso de humedad; para incorporar plenamente estas tierras a las actividades agropecuarias es necesario realizar un conjunto de obras tendientes a controlar las inundaciones, eliminar el nivel freático y eliminar los anegamientos.

➤ Vlp-7 Subclase por pendiente del terreno

Las principales limitaciones de estos suelos son las pendientes ligeramente escarpadas, la alta susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa (pata de vaca), la fuerte acidez, la alta saturación de aluminio; en menor grado de severidad tiene bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio, fósforo y materia orgánica.

Estas tierras tienen aptitud para plantaciones forestales (bosque protector/productor), ganadería con pastos introducidos (imperial, brachiaria), cultivos densos (caña) o de semibosque (café y cacao con sombrío) o para frutales y cítricos. Cada uno de estos usos tiene sus prácticas de conservación y de manejo específicos.

➤ Vlpe-3 Subclase por pendiente y erosión

Los principales limitantes se deben a las pendientes ligeramente escarpadas, la susceptibilidad a la erosión, la erosión presente moderada y las lluvias escasas y mal distribuidas en algunos sectores; en adición tienen bajo contenido de fósforo y de materia orgánica.

La mejor aptitud de estas tierras es para bosques protectores productores o para revegetalización espontánea o dirigida; como desde el punto de vista económico y social es difícil de aplicar, se las puede dedicar a ganadería con pastos introducidos o nativos con buenas condiciones de manejo como evitar el sobrepastoreo y la sobrecarga con ganado, y sistemas silvopastoriles. Para agricultura presenta limitaciones severas por las pendientes escarpadas y por las lluvias escasas en algunos sectores, lo que amerita prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos tales como localización de cultivos, siembras en contorno o a través de las pendientes, fertilización y adición de materia orgánica, lo cual económicamente es poco factible.

➤ Vlpe-7 Subclase por pendiente y erosión

Las principales limitaciones de estos suelos son las pendientes ligeramente escarpadas, la alta susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa (pata de vaca), la erosión actual moderada, la fuerte acidez, la alta saturación de aluminio; en menor grado de severidad se tiene bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio, fósforo y materia orgánica.

Estas tierras tienen aptitud para plantaciones forestales (bosque protector-productor), ganadería con pastos introducidos (imperial, brachiaria), sistemas agroforestales, cultivos densos (caña) o de semibosque (café con sombrío) o para frutales y cítricos.

➤ Vle Subclase por limitante de erosión

Presentan suelos profundos a muy profundos, bien drenados, de texturas variables y ligeramente ácidos. El uso de estos suelos está limitado debido a las fuertes pendientes, alta susceptibilidad a la erosión y a la baja fertilidad, en algunos casos. Son suelos aptos para una explotación de cultivos de semibosques especialmente con café, caña panelera, plátano y frutales, con aplicación de fertilizantes. Los cultivos se deben realizar en el sentido transversal de la pendiente y las malezas se deben combatir con machete para no destruir la estructura y provocar la erosión de los suelos.

➤ Vlesc-1 Subclase por erosión, zona radicular y clima

Los suelos son superficiales a muy superficiales, bien drenados de texturas franco arenosas a franco arcillo arenosas y ligeramente ácidos a casi neutros. Están limitados para el desarrollo de la actividad agropecuaria debido a las pendientes moderadas a fuertes, susceptibilidad a la erosión, bajas precipitaciones, y alta evapotranspiración, además algunas áreas presentan capas cementadas o de materiales gruesos (gravas, piedras y cascajo) muy cerca de la superficie. Además, muestran una erosión ligera a moderada, caracterizada por pequeños surcos y cárcavas. Son suelos aptos preferiblemente para explotación de ganadería con pastos mejorados, resistentes a la sequía, se debe evitar el sobrepastoreo. La actividad ganadera se debe combinar con reforestación y prácticas que fomenten y protejan la vegetación natural para evitar el progresivo deterioro de los suelos.

➤ Vlec Subclase por erosión y clima

Ocupa áreas afectadas por erosión moderada, de relieve fuertemente ondulada, cuyas pendientes oscilan entre 12 y 25%, ubicadas en el piso térmico cálido y seco. Los suelos son excesivamente drenados, de buen desarrollo genético, tienen como características de importancia las texturas finas, profundidad, fertilidad y acidez moderada. Entre los limitantes de uso que afectan a estas tierras se encuentran pendientes fuertes, erosión, déficit de humedad y la pobreza en fósforo y nitrógeno. La incidencia de estos factores es tan severa que no permiten que estas tierras tengan una aptitud distinta a pastos, frutales perennes y bosques, sin embargo, se requiere que se implementen prácticas de manejo.

#### 3.2.3.3.4 Tierra Clase VII

Presentan limitaciones muy severas de uso por uno o más de los siguientes factores: temperaturas bajas, pendientes escarpadas, profundidad efectiva superficial, erosión severa, movimientos en masa frecuentes a muchos, abundantes afloramientos rocosos, abundante pedregosidad superficial, escasa y mala distribución de las lluvias; en menor grado de severidad tienen alta saturación de aluminio, acidez fuerte y fertilidad baja. Las tierras de esta clase no son aptas para actividades agropecuarias; tienen aptitud para bosque protector o protector-productor y para conservación.

➤ VIIp-7 Subclase por pendiente del terreno

Las principales limitaciones de estos suelos son las pendientes moderada a fuertemente escarpadas, la erosión moderada, la alta susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa (pata de vaca), la fuerte acidez, la alta saturación de aluminio; en menor grado de severidad tiene bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio, fósforo y materia orgánica. Estas tierras tienen aptitud para plantaciones forestales (bosque protector-productor), y cultivos de semibosque (café con sombrío) aplicando prácticas de conservación como sembrar en curvas de nivel o en sentido transversal a las pendientes, implementar programas de fertilización de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos de los cultivos.

➤ VIIp-8 Subclase por pendiente del terreno

Los principales limitantes para el uso y manejo de los suelos son: pendientes moderada a fuertemente escarpadas, alta susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa, alta acidez, alto contenido y saturación de aluminio, bajo contenido de bases y de fósforo, alta capacidad de retención de aniones (fosfatos) y fertilidad baja. Estas tierras tienen aptitud para conservación de los bosques, plantaciones forestales, reforestación, y vida silvestre.

- Valles Subclase por erosión y zona radicular

Suelos muy profundos a superficiales, bien excesivamente drenados, de texturas variables y ligeramente ácidos a muy ácidos. El uso de estas tierras está limitado por las fuertes pendientes, a la alta susceptibilidad a procesos erosivos, y en algunos casos a la poca profundidad radicular. En estos suelos se deben restablecer reforestaciones y cultivos bajo semi – bosques frutales, café y plátano. Se recomienda que las siembras deben realizarse en curvas de nivel y fertilizando. En los sectores de mayor pendiente, a lo largo de las corrientes de agua, es necesario mantener una cobertura vegetal permanente con especies nativas.

- VIIesc-1 Subclase por erosión, zona radicular y clima

Son suelos superficiales a muy superficiales, bien a excesivamente drenados, de texturas variables, y ácidos a muy ácidos. La actividad agropecuaria está limitada por las fuertes pendientes, erosión y alta susceptibilidad a la erosión, escasa profundidad efectiva y lluvias deficientes en unos casos y excesiva en otros. En estas áreas, se debe en lo posible a conservar la vegetación natural y reforestar aquellas donde esta vegetación ha sido destruida, para frenar el avance de la erosión y proteger las corrientes de agua.

- VIIes Subclase por pendiente

Los suelos son muy profundos a superficiales, bien a excesivamente drenados, de texturas variables y ligeramente ácidos a muy ácidos.

El uso de estas tierras está muy limitado debido a las fuertes pendientes, a la alta susceptibilidad a la erosión y en algunos casos a la poca profundidad radicular. En la actualidad están dedicadas a la agricultura, especialmente con cultivos de café,

caña para la producción de panela, yuca y frutales. Algunas áreas están dedicadas a la ganadería extensiva.

Es recomendable que en estas tierras se establezcan reforestaciones y cultivos bajo semi-bosque con frutales, café y plátano. Las siembras deben realizarse en curvas de nivel, fertilizando y tratando de mantener los bosques de sombrero, cuando se cultiva café, para evitar un mayor avance de la erosión. Se deben evitar las desyerbas con azadón y los cultivos semestrales o anuales, que pueden ocasionar graves pérdidas de los suelos. En los sectores de mayor pendiente, a lo largo de las corrientes de agua, es necesario mantener una cobertura vegetal permanente con especies nativas.

En la Tabla 3.2.10 se presenta para el All como potencial predominante las zonas de protección (4347,49 ha), sistemas forestales protectores (4829,16 ha) y pastoreo extensivo (3413,43 ha).

**Tabla 3.2.10 Usos potenciales que cruzan el All del Proyecto Medellín – La Virginia**

USO POTENCIAL	TIPO DE USO POTENCIAL	All	
		ha	%
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación	1278,42	7,04
	Cuerpos de Agua Naturales	140,75	0,78
	Protección	4347,49	23,95
Forestal	Sistemas forestales protectores	4829,16	26,60
	Producción-protección	519,31	2,86
	Sistemas silvopastoriles	2072,67	11,42
Agricultura	Cultivos permanentes intensivos	353,22	1,95
	Cultivos transitorios semi-intensivos	1058,00	5,83
Ganadería	Pastoreo extensivo	3413,43	18,80
Infraestructura	Comercial	7,40	0,04
	Residencial	134,77	0,74
<b>TOTAL</b>		<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE – HMV,2017

En el trazado de la línea se refleja una capacidad de uso del suelo está encaminada a la protección del recurso por medio de actividades rotativas como la agrosilvicultura y agrosilvopastoreo, entre otras, evitando el menor impacto posible sobre este, recalcando que los mayores limitantes de estas zonas son los procesos erosivos y la susceptibilidad a la pérdida de suelo.

### 3.2.3.4 Conflictos de uso.

El conflicto del uso del suelo se basó en el análisis espacial del uso actual de éste y su relación con la capacidad de uso del mismo, determinándose así, niveles de

sobreexplotación y subexplotación del recurso, susceptibles de ser espacializados en unidades cartográficas del suelo (Ver Mapa No 13 Conflictos uso del Suelo).

La interpretación del grado e intensidad del conflicto se basó en el sistema adoptado por el IGAC 2010<sup>179</sup> (Figura 3.2.32), que define tres (3) intensidades aplicables a (3) categorías, que varían desde ligero hasta severo, como se muestra a continuación:

- Adecuado (A): Zona sin conflicto de uso o uso adecuado
- Sobreexplotación (O): Zona con una utilización mayor del suelo en comparación con su capacidad de uso.
- Subexplotación (S): Zona con una baja utilización del suelo en comparación con su capacidad de uso.

VOCACIÓN	Tipo principal de uso	U S O A C T U A L												
		A G R I C O L A					A G R O F O R E S T A L		G A N A D E R A		F O R E S T A L		C O N S E R V A C I Ó N	
		CTI, CTB	CBI		CSE	SAG	SAP-SPA	PSI	PEX	FPR	FPP	OFF, CRH		
		Cu	Fr, Cl, Pa	Ac	Ca-CA	At	Pa	Pr	Ap, Ps	Ep	Bi, Ma			
A	Cultivos transitorios intensivos	CTI	A	A	S2	S2	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3
G	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTB	A	A	S1	S1	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3
C	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CBI	A	A	S1	S1	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3
L	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos	CBS	O1	O1	A	A	A	S2	O1	S2	S1	S3	S3	S3
AGROFO-RESTAL	Silvoagropecuaria	SAG	O2	O1	O2	O1	A	S2	O2	S1	A	S2	S3	S3
	Agrícola-agropecuaria	SAP	O3	O1	O2	O1	O1	A	O2	A	A	S2	S3	S3
	Silvoagropecuaria	SPA	O3	O1	O2	O2	O2	A	O2	A	A	S2	S3	S3
	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	PSI	O1	O1	O1	O1	O1	S1	A	S2	A	S3	S3	S3
PECUA-RIA	Pastoreo extensivo	PEX	O3	O3	O3	O2	O2	S1	O1	A	A	S2	S3	S3
FORESTAL	Producción	FPR	O3	O2	O3	O3	S1	O1	O3	S2	A	S2	S3	S3
	Protección producción	FPP	O3	O1	O3	O3	O2	O2	O3	O1	A	A	A	A
	Protección	FPP	O3	O3	O3	O2	O1	O3	O2	A	A	S1	A	A
CONSERVACIÓN	Recursos hídricos	CRH	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	O3	A	A
	Recuperación	CRE	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	O3	A	A

Fuente: IGAC 2010.

**Figura 3.2.32 Interpretación del conflicto de uso del suelo**

En general, los suelos del área de influencia indirecta, se encuentran subutilizados o sin conflicto, lo cual es de vital importancia, debido a que bajo estas condiciones se pueden mantener actividades productivas o desarrollar nuevas, sin deteriorar la base natural de este recurso natural no renovable. En la Tabla 3.2.11 se discrimina por grado e intensidad de conflicto el área respectiva y el equivalente en porcentaje.

<sup>179</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Metodología. Para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Bogotá, 2010. 41p

**Tabla 3.2.11 Conflictos de usos del suelo en el AII del Proyecto Medellín – La Virginia**

CONFLICTO USO DEL SUELO		AREAS	
SÍMBOLO	NOMBRE	(ha)	(%)
O2	Conflicto por sobreutilización moderada	1849,55	10,19
O3	Conflicto por sobreutilización severa	4663,99	25,69
S1	Conflicto por subutilización ligera	188,15	1,04
S2	Conflicto por subutilización moderada	512,19	2,82
A	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	10940,73	60,26
<b>TOTAL ÁREA DE ESTUDIO</b>		<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

### 3.2.3.5 Área de Influencia Directa (AID)

#### 3.2.3.5.1 Unidades Cartográficas de suelos

En esta área se encuentran las asociaciones 19 y un complejo, los cuales ya fueron descritas en el área de influencia indirecta. La distribución de estas unidades de suelo en esta área de influencia se presenta en la Tabla 3.2.12, donde se puede observar que la asociación son Asociación Río Arma (RC), Asociación Lutaina (LU), Asociación Horizonte (HB) y Asociación La Vieja-La Perla, las cuales tiene como limitantes alta susceptibilidad a la erosión, poca profundidad efectiva, fertilidad baja, entre otros.

**Tabla 3.2.12 Unidades cartográficas de suelos para el área de influencia directa del proyecto.**

SÍMBOLO	NOMBRE	AID	
		ÁREA (HA)	%
AEe1	Asociación Angelópolis	33,55	0,42
AEf1		10,35	0,13
AEf2		21,68	0,27
ANf2	Asociación Amagá	612,54	7,71
CA	Cuerpos de agua	40,32	0,51
CBf2	Asociación Complejo Alegre San Juan	23,45	0,30
CLf2	Asociación Chinchiná	0,00	0,00
CPd2	Asociación Cerritos	19,95	0,25
CZe1	Asociación Cedral-Azufrado	0,00	0,00
CZf2		0,00	0,00
GAd1	Asociación Gemelos	140,52	1,77

SÍMBOLO	NOMBRE	AID	
		ÁREA (HA)	%
GAe2		78,07	0,98
GRa	Asociación Guarinó	4,31	0,05
GSa	Asociación Girardota	0,00	0,00
HBf1	Asociación Horizontes	656,70	8,27
ITf2	Asociación Ituango	574,37	7,23
LUc1	Asociación Lutaina	37,00	0,47
LUd1		1996,42	25,13
MAa	Asociación Bamba	105,33	1,33
POb	Asociación Poblano	30,01	0,38
PSd1	Asociación Peñitas	18,99	0,24
PSf1		248,69	3,13
RCd	Asociación Rio Arma	30,92	0,39
RCe2		171,76	2,16
RCf		1,43	0,02
RCf2		1404,80	17,68
SBe2	Asociación Santa Bárbara	114,07	1,44
SBf2		220,51	2,78
SMB	Asociación San Marcos	83,92	1,06
THE1	Asociación Taudia-Chinchiná	119,83	1,51
TRa	Complejo Tarazá	45,12	0,57
VPb2	Asociación La Vieja-La Perla	27,98	0,35
VPd2		12,31	0,16
VPe2		682,56	8,59
YAe1	Asociación Yarumal	19,08	0,24
YAf1		349,35	4,40
YAf2		0,00	0,00
ZU	Zonas Urbanas	8,98	0,11
<b>Total general</b>		<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE – HMV., 2017

Tal como se indicó en el Capítulo 1\_ Generalidades, específicamente en el ítem 1.6.2.3 metodología suelos, una vez identificadas las unidades de suelos que

abarca el proyecto según la información secundaria, se procedió a realizar en campo la descripción de 19 perfiles de suelos para la unidad cartográfica de suelos en el área de influencia directa.

Estos perfiles de suelos se georreferenciaron estableciendo las coordenadas del punto experimental, con la ayuda de un GPS. Luego se procedió a describir fisiográficamente el área en la cual se encontraba el perfil de estudio y se estimó la pendiente del terreno.

En cada perfil seleccionado se estableció los espesores existentes para cada horizonte, una vez hecho el corte vertical. En cada uno de los horizontes se tomó una sub-muestra que posteriormente se mezclaron y homogeneizaron, y se tomó aproximadamente 1 kg de muestra que se trajeron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia para realizar los siguientes análisis químicos: pH (potenciométrico en agua 1:1), contenido de materia orgánica por el método de Walckley-Black (MO, %), contenido de bases intercambiables (Ca y Mg por complexometría, y K por absorción atómica, todas en extractos de AcNH<sub>4</sub> 1N, Al intercambiable por el método de Olsen-EDTA (mg kg<sup>-1</sup> de suelo) y contenido de P por el método de Bray II (mg kg<sup>-1</sup> de suelo) y capacidad de intercambio catiónico efectiva por el método de NH<sub>4</sub>OAc 1N al pH del suelo.

En el corte vertical denominado perfil de suelo se realizó la caracterización morfológica de cada uno de los horizontes presentes: espesor del horizonte, estructura (tipo, clase y grado de desarrollo), color (Tabla Munsell), porosidad, pedregosidad superficial e interna y contenido de raíces.

En total se describieron 19 perfiles (Anexo descripción de perfiles) los cuales permitieron clasificar los suelos como se muestra en la Tabla 3.2.13, donde se observa que suelos dentro del área de influencia directa encontrados corresponden al orden de los Andisoles, Entisoles, Inceptisoles, Ultisoles y Mollisoles.

**Tabla 3.2.13 Clasificación a nivel de subgrupo de los suelos muestreados para el área de influencia indirecta del proyecto.**

NÚMERO DEL PERFIL	CLASIFICACIÓN A NIVEL DE SUBGRUPO	ORDENES	UNIDAD CARTOGRAFICA	SÍMBOLO EN EL MAPA
S1	Typic Hapludands	Andisoles	Asociación Peñitas	PS
S2	Typic Udorthents	Entisoles	Asociación Amagá	AN
S3	Psammentic Humudepts	Inceptisoles	Asociación Angelópolis	AE
S4	Typic Humudepts	Inceptisoles	Asociación Poblano	PO
S5	Aeric Paleaquults	Ultisoles	Asociación Angelópolis	AE
S6	Typic Melanudands	Andisoles	Asociación Yarumal	YA
S7	Typic	Andisoles	Asociación Horizontes	HB

NÚMERO DEL PERFIL	CLASIFICACIÓN A NIVEL DE SUBGRUPO	ORDENES	UNIDAD CARTOGRAFICA	SÍMBOLO EN EL MAPA
	Melanudands			
S8	Typic Udorthents	Entisoles	Complejo Tarazá	TR
S9	Typic Hapludults	Ultisoles	Asociación Ituango	IT
S10	Typic Ustorthents	Entisoles	Asociación Guarino	GR
S11	Lithic Haplustepts	Inceptisoles	Asociación Lutaina	LU
S13	Typic Haplustolls	Mollisoles	Asociación Bamba	MA
S14	Typic Haplustolls	Mollisoles	Asociación San Marcos	SM
S15	Typic Humustepts	Inceptisoles	Asociación Río Arma	RC
S16	Typic Ustorthents	Entisoles	Asociación Río Arma	RC
S17	Typic Hapludolls	Mollisoles	Asociación Taudia	TH
S18	Typic Hapludolls	Mollisoles	La Vieja-La Perla	VP
S19	Typic Hapludolls	Mollisoles	Asociación Cerritos-Pereira	CP
S20	Typic Hapludolls	Mollisoles	Asociación Campoalegre San Juan	CB

Fuente: Consorcio MARTE – HMV., 2017

### 3.2.3.6 Análisis físico – químico de suelos para el área de influencia directa

#### 3.2.3.6.1 Suelo Typic Hapludands (S1)

Este suelo se encuentran en las áreas más elevadas de las laderas y donde el relieve es menos pendiente. Se deriva a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre esquistos actinolíticos y hornbléndicos, presenta una profundidad moderada, es bien drenado y de textura media.

Morfológicamente el perfil presenta horizontes Ap - Bw - C. El horizonte superficial es de color negro, textura media, tiene un espesor de 23 cm y estructura migajosa, muy finos, con débil desarrollo. El horizonte Bw, tiene espesor de 16 cm, color pardo, textura moderadamente gruesa y estructura en bloques angulares, medios y finos, débilmente desarrollados. El horizonte C tiene textura moderadamente gruesa, es mayor de 43 cm de espesor y no tiene estructura (masivo).

De acuerdo con los análisis químicos (SP30395, SP30396 y SP30397), la fertilidad es baja, reacción muy fuertemente ácida, baja capacidad de intercambio catiónico, bases totales muy bajas, saturación de bases baja; además el carbono orgánico es alto y los contenidos de fósforo son bajos.

En general, el suelo tienen mediana evolución genética, saturación de bases menor del 60%, propiedades ándicas; epipedón úmbrico y endopedón cámbico.

Las principales limitaciones para el uso del suelo son: fragilidad de los suelos, que junto a las pendientes altas genera procesos erosivos y movimientos en masa además tiene baja disponibilidad de fósforo.

#### 3.2.3.6.2 Suelo Typic Udorthents (S2)

Este suelo se encuentra en cualquier posición de la ladera, en especial en las zonas altas e intermedias. Se desarrollado a partir de rocas ígneas plutónicas máficas, es excesivamente drenado; moderadamente profundo y de textura franca.

La morfología del perfil está conformada por la secuencia de horizontes Ap - C. El horizonte Ap, tiene un espesor de 31 cm, es de color pardo amarillento oscuro, de textura fina; estructura en bloques subangulares, muy finos, con débil desarrollo. El horizonte C, tienen un espesor mayor a 69 cm, tienen color pardo amarillento claro, texturas fina y sin estructura (masivo).

Según los análisis químicos (SP30398 y SP30399), la fertilidad es baja, la reacción es fuertemente ácida, capacidad de intercambio catiónico baja; contenido de bases bajas a excepción de magnesio, saturación de bases baja; carbono orgánico muy bajo y contenido de fósforo bajo.

En general, el suelo tienen muy baja evolución genética, presentan epipedón ócrico, no posee endopedón, régimen de humedad údico y saturación de bases menor del 60%.

Los principales limitantes para el uso de estos suelos son: bajo contenido de bases totales y susceptibilidad a la erosión por pendientes elevadas.

#### 3.2.3.6.3 Suelo Psammentic Humudepts (S3)

Este suelo se encuentra en relieve de montaña con variación de elevación moderada y pendiente moderadamente escarpada entre 16 % y el 30 %. Se derivado a partir de calizas arenosas semiesquistosas, areniscas tobáceas y arcillas algo calcáreas, presenta una profundidad moderada, son bien drenado y de textura gruesa.

Morfológicamente el perfil presenta horizontes Ap- C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>. El horizonte superficial es de color pardo amarillento, textura gruesa, tiene espesor de 39 cm y estructura suelta, muy finos, débil desarrollo. El horizonte C<sub>1</sub> tiene textura gruesa, espesor de 25 cm y no tiene estructura (suelto). El horizonte C<sub>2</sub> tiene textura gruesa, espesor de 28 cm y no tiene estructura (suelto) y el horizonte C<sub>3</sub> tiene textura gruesa, espesor de 25 cm y no tiene estructura (suelto).

De acuerdo con los análisis químicos (SP30400, SP30401, SP30402 y SP30403), la fertilidad es muy baja, reacción fuertemente ácida, baja capacidad de intercambio catiónico, bases totales muy bajas; además, saturación de bases, contenido de carbono orgánico y contenido de fósforo muy bajos.

En general, el suelo tienen mediana evolución genética, saturación de bases menor al 60%; epipedón úmbrico y endopedón cámbico.

El limitante principal para el uso del suelo son las altas pendientes que pueden generar procesos erosivos y movimientos en masa.

#### 3.2.3.6.4 Suelo Typic Humudepts (S4)

El suelo se ubica en relieve de montaña con pendiente fuertemente inclinada (25 %); el suelos es moderadamente profundo; bien drenados, de textura gruesa; con desarrollo de estructura en bloques subangulares medios, moderados. Presentan una secuencia de horizontes Ap - Bk, el horizonte superior Ap, tiene un espesor de 32 cm, color pardo. Luego, aparece un horizonte Bk, con espesor de 40 cm; estructura en bloques subangulares, medios, muy finos y finos, débilmente desarrollados.

De acuerdo con los análisis químicos (SP30404 y SP30405), la reacción es fuertemente ácida, la capacidad de intercambio catiónico muy baja, las bases totales muy bajas, la saturación de bases es muy baja; el carbono orgánico alto en la parte superior y medio en el horizonte Bk; bajos contenidos de fósforo en todo el perfil y la fertilidad es baja.

Este suelo presentan moderada evolución genética, epipedón úmbrico, saturación de bases baja, regímenes de humedad údico y temperatura del suelo isotérmico; características tenidas en cuenta para su clasificación taxonómica.

Los limitantes del suelo es la presencia de fragmentos de roca (gravilla, cascajo, piedra) en el perfil.

#### 3.2.3.6.5 Suelo Aeríc Paleaquults (S5)

Este suelo se desarrolló en lomerío erosional en roca sedimentaria y metasedimentaria y filos de laderas medias en roca ígnea y metamórfica. Se deriva de rocas sedimentarias pizarras arcillosas, son pobremente drenados, superficiales, de texturas moderadamente fina en superficie a finas en profundidad.

La morfología del perfil presenta una secuencia de horizontes Ap - Bt - Bk. El horizonte Ap, tiene un espesor de 8 cm, color pardo, textura moderadamente fina, estructura en bloques subangulares, gruesos, medios, con desarrollo débil. El horizonte Bt, posee 29 cm de espesor, es de color gris rosado, textura fina, estructura en bloques subangulares, gruesos, medios, débil desarrollo. El horizonte Bk, tiene un espesor de 113 cm, es de color pardo claro, textura fina.

De acuerdo con los análisis químicos (SP30406, SP30407 y SP30408), el suelo tienen fertilidad moderada, reacción muy fuertemente ácida en superficie a moderadamente ácida en profundidad, capacidad de intercambio catiónico media y baja en el primer horizonte; saturación de bases media en superficie y alta en profundidad, carbono orgánico muy bajo; bajo el contenido de fósforo y saturación de aluminio del 40% en superficie.

Este suelo en general, tiene baja evolución genética, presentan epipedón ócrico y endopedón argílico, régimen de humedad del suelo údico, saturación de bases menor del 60% en superficie y mayor al 60% en profundidad.

Los principales limitantes para el uso del suelo en algunos casos es la poca profundidad efectiva.

#### 3.2.3.6.6 Suelo Typic Melanudands (S6)

Suelo derivan de cenizas volcánicas sobre rocas ígneas plutónicas; superficial, bien drenado.

Morfológicamente presentan, en los 75cm de profundidad, una secuencia de horizontes Ap - Bw. El horizonte Ap tiene 37cm de espesor, color negro, textura moderadamente gruesa, estructura migajosa, muy finos y débiles. El horizonte Bw tiene un espesor de 38 cm, color pardo, textura moderadamente gruesa, estructura en bloques subangulares, muy finos y finos, moderados.

De acuerdo con los análisis químicos (SP30409 y SP30410), el suelos es de fertilidad muy baja, muy fuertemente ácidos, con alta saturaciones de aluminio en el perfil, capacidad de intercambio catiónico baja, bases totales bajas, saturación de bases baja, el carbono orgánico aparece en forma irregular dentro del perfil; los contenidos de fósforo son bajos.

En general, el suelo tiene una moderada evolución pedogenética, presenta epipedón ócrico, endopedón cámbico, régimen de humedad údico, saturación de bases menor del 35%, altos contenidos de cenizas

#### 3.2.3.6.7 Suelo Typic Melanudands (S7)

Este suelo está localizado en los filos de laderas largas en roca volcano sedimentarias; el material parental del suelo es cenizas volcánicas, se caracteriza por ser moderadamente profundo y bien drenado.

La morfología del suelo se caracteriza por la presencia de horizontes Ap - Bw. El horizonte Ap, tiene de 33 cm de espesor, colores negros, textura moderadamente gruesa y estructura migajosa, muy finos, débiles. El horizonte Bw, tiene 30 cm, color pardo amarillento; textura moderadamente gruesa y estructura migajosa, muy finos, débiles (ver Foto 3.2.112).



Fuente: Consorcio MARTE – HMV. 2017

**Foto 3.2.112 Typic Melanudands (S7)**

Las características químicas de este suelo (SP30411 y SP30412) son las siguientes: reacción muy fuertemente ácida, capacidad de intercambio catiónico muy baja, bases totales y saturación de bases muy baja; carbono orgánico muy alto, fósforo bajo y fertilidad baja; además, tiene alto contenido de aluminio en el horizonte superficial.

Este suelo tiene una moderada evolución pedogenética, presenta epipedón melánico, endopedón cámbico, propiedades ándicas (densidad aparente muy baja, alta retención de fosfatos, alto contenido de hierro y aluminio) y régimen de humedad edáfica údico, lo que permitió incluirlos en el subgrupo de los Typic Melanudands.

Los principales limitantes para el uso y manejo del suelo son: pendientes inclinadas a escarpadas, alta susceptibilidad a la erosión y los movimientos en masa, alta

acidez, alto contenido y saturación de aluminio, bajo contenido de bases y de fósforo, alta capacidad de retención de aniones (fosfatos) y fertilidad baja.

#### 3.2.3.6.8 Suelo Typic Udorthents (S8)

Este suelo se ubica geomorfológicamente en filos paralelos de laderas medias en rocas ígneas y neises sintéctonicos y filos de laderas cortas en roca ígnea y sedimentaria; es moderadamente profundos, bien drenado, de textura moderadamente fina y estructural débil.

La morfología del perfil consiste en un horizonte Ap, que se encuentra sobre un Bw. El horizonte superficial tiene un espesor de 24 cm, color pardo gris oscuro, de textura moderadamente fina y con estructura en bloques subangulares, muy finos y finos, débilmente desarrollados. El horizonte Bw tiene un espesor desde 40 cm, color gris muy oscuro, textura moderadamente fina, estructura en bloques subangulares, medios, muy finos y finos, débiles.

Como principales limitaciones para el uso del suelo se encuentra la alta erosión hídrica.

#### 3.2.3.6.9 Suelo Typic Hapludults (S9).

Este suelo se localiza en filos paralelos de laderas medias en rocas ígneas y neises sintéctonicos. Se ha derivado de rocas metamórficas y esquistos; es pobremente drenado, profundo, de textura fina y muy fina.

Morfológicamente presentan una secuencia de horizonte Ap - Bt. El horizonte A presenta color gris oscuro, textura moderadamente fina y estructura en bloques subangulares, medios y finos, débiles. El horizonte Bt es de color pardo fuerte, con textura moderadamente fina y estructura en bloques subangulares, gruesos, medios y finos, débiles.

El suelo químicamente según los análisis del laboratorio (SP30415 y SP30416) es de muy alta fertilidad, reacción neutra, actividad del complejo de cambio muy alta, bases totales muy altas, saturación de bases alta y bajos en fósforo.

Para la clasificación en el subgrupo Typic Hapludults se tuvo en cuenta los siguientes criterios diagnósticos: presencia de horizonte ócrico, endopedón argílico y régimen de humedad údico.

#### 3.2.3.6.10 Suelo Typic Ustorthents (S10)

Suelos de lomerío estructural - erosional en roca sedimentaria y subvolcánica, en relieve ligeramente plano, derivado de depósitos mixtos aluviales, moderadamente profundo, pobremente drenado y de textura moderadamente fina.

Morfológicamente presentan horizontes O - C. El horizonte O tiene de pocos centímetros de espesor. El horizonte C tiene 90 cm de espesor, color pardo oliva, textura moderadamente fina, sin estructura (masiva) (ver Foto 3.2.113).



Fuente: Consorcio MARTE – HMV. 2017

**Foto 3.2.113 Typic Ustorthents (S10)**

El análisis químico (SP30417) muestra que el suelo tiene una fertilidad moderada, reacción moderadamente ácida, la capacidad de intercambio catiónico es media, bases totales media, carbono orgánico bajo así como bajo contenido de fósforo.

#### 3.2.3.6.11 Suelo Lithic Haplustepts (S11)

Se localiza en valles aluviales y lomeríos erosional en roca conglomerática, este suelo se desarrolla en sedimentos aluviales, es superficiales, limitados por sedimentos compactados, es bien drenados y de textura mediana.

Morfológicamente presentan horizontes Ap - C. El horizonte Ap tiene 26 cm de espesor, color pardo oscuro, textura mediana, estructura en bloques subangulares, medios, moderadamente desarrollados. El horizonte C tiene 33 cm de espesor sin estructura.

### 3.2.3.6.12 Suelo Typic Haplustolls (S13)

Se localiza en la parte media de pendiente convexa, se ha desarrollado a partir de materiales aluviales, en relieve ondulado con pendiente ligeramente inclinada, es superficial, bien drenado; de textura moderadamente gruesa y fina.

Morfológicamente presentan horizontes Oi - Ap – Bw1 – Bw2. El horizonte Ap tiene de 20 cm de espesor, color negro, textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares, finos, débilmente desarrollados. El horizonte B se divide en: Horizonte Bw1, tiene 21 cm de espesor, color oliva grisáceo muy oscuro con 30 % de manchas color gris muy oscuro, textura franca, estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderado desarrollo. El horizonte Bw2 tiene 55 cm de espesor, color oliva grisáceo muy oscuro con 15 % de manchas color gris muy oscuro, textura franco arcillo arenoso y estructura en bloques angulares, medios, moderado desarrollados.

Los análisis químicos (SP30419, SP30420 y SP30421) muestran que el suelo tiene una fertilidad baja, reacción muy fuertemente ácida a moderadamente ácida, la capacidad de intercambio catiónico muy baja, bases totales bajas, saturación de bases bajas, carbono orgánico medio en el primer horizonte y bajo a profundidad; bajo contenido de fósforo.

En general este suelo se caracteriza por ser de moderada evolución genética, presentan epipedón mólico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico y régimen de temperatura Isohipertérmico.

### 3.2.3.6.13 Suelo Typic Haplustolls (S14)

Se localiza en lomerío erosional en cenizas y flujos, se ha desarrollado a partir de sedimentos, en relieve ondulado con pendiente ligeramente inclinada, son superficiales, bien drenado; de textura media gruesa y fina.

Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw1 – Bw2 (ver Foto 3.2.114). El horizonte Ap tiene de 67 cm de espesor, color negro, textura franca, estructura en bloques subangulares, finos y medios, débilmente desarrollados. El horizonte B se divide en: Horizonte Bw1, tiene 21 cm de espesor, color negro con un 25 % de manchas de color gris oscuro, textura franco arcillo arenoso, estructura en bloques subangulares, medios y gruesos, moderado desarrollo. El horizonte Bw2 tiene 22 cm de espesor, color gris verdoso con un 10 % de manchas de color pardo oliva claro; estructura en bloques subangulares, gruesos, moderados y textura franco arcillo arenoso.



Fuente: Consorcio MARTE – HMV. 2017

**Foto 3.2.114 Typic Haplustolls (S14)**

Los análisis químicos (SP30419, SP30420 y SP30421) muestran que el suelo tiene una fertilidad baja, reacción muy fuertemente ácida a moderadamente ácida, la capacidad de intercambio catiónico muy baja, bases totales bajas, saturación de bases bajas, carbono orgánico medio en el primer horizonte y bajo a profundidad; bajo contenido de fósforo.

En general este suelo se caracteriza por ser de moderada evolución genética, presentan epipedón mólico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico y régimen de temperatura Isohipertérmico.

#### 3.2.3.6.14 Suelo Typic Humustepts (S15)

Este suelo se localiza en las vertientes de montaña de clima cálido y medio, húmedo transicionales a cálido y medio secos. En general, el suelo son es profundo, bien a excesivamente drenados, de textura moderadamente fina a media.

Los análisis químicos de los suelos representativos (SP30425, SP30426 y SP30427) muestran que son moderadamente ácidos, pobres a medio en contenidos de materia orgánica, capacidad catiónica de cambio media a alta, contenidos altos a muy altos de calcio y magnesio en el horizonte superficial y bajos de potasio. La disponibilidad de fósforo asimilable por las plantas es muy baja. Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw1 – Bw2 (ver Foto 3.2.115).



Fuente: Consorcio MARTE – HMV. 2017

**Foto 3.2.115 Typic Humustepts (S15)**

#### 3.2.3.6.15 Suelo Typic Ustorthents (S16)

Se localiza en las vertientes de montaña de clima cálido y medio, húmedo transicionales a cálido y medio secos, se deriva de esquistos y diabasas, superficiales, excesivamente drenado, textura media a fina.

Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw1 – Bw2. El horizonte Ap tiene de 50 cm de espesor, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcilloso, estructura en bloques subangulares, finos, débilmente desarrollados. El horizonte B se divide en: Horizonte Bw1, tiene 16 cm de espesor, color pardo amarillento oscuro con un 20 % de manchas de color pardo fuerte, textura arcillosa, estructura en bloques subangulares, finos, moderadamente desarrollo. El horizonte Bw2 tiene 21 cm de espesor, color pardo fuerte; estructura en bloques subangulares, finos, moderados y textura arcillosa.

Los análisis químicos de los suelos representativos (SP30428, SP30429 y SP30430) muestran que son moderadamente ácidos a ligeramente ácidos, medio a pobres en contenidos de materia orgánica, capacidad catiónica de cambio media, contenidos medios de calcio y de magnesio y potasio bajos. La disponibilidad de fósforo asimilable por las plantas es muy baja.

#### 3.2.3.6.16 Suelo Typic Hapludolls (S17)

Se localiza en la parte media de pendiente convexa, se ha desarrollado a partir de Tobas volcánicas, en relieve ondulado con pendiente ligeramente inclinada, es moderadamente profundo superficiales, bien drenado; de textura media.

Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw1 – Bw2 – Bw3 – Bw4. El horizonte Ap tiene de 18 cm de espesor, color gris muy oscuro, textura franco arcillo arenoso,

estructura en bloques subangulares, medios, débilmente desarrollados. El horizonte B se divide en: Horizonte Bw1, tiene 20 cm de espesor, color pardo oscuro, textura arcillosa, estructura en bloques angulares, finos y medios, débilmente desarrollo. El horizonte Bw2 tiene 21 cm de espesor, color pardo oscuro, textura franco arcilloso y estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderadamente desarrollados. El horizonte Bw3 tiene 29 cm de espesor, color pardo amarillento oscuro, textura franco arcilloso y estructura en bloques angulares, finos y medios, débilmente desarrollados. El horizonte Bw4 tiene 6 cm de espesor, color pardo fuerte, textura franco arcilloso y estructura en bloques angulares, finos, débilmente desarrollados.

Los análisis químicos (SP30431, SP30432, SP30433 y SP30434) muestran que el suelo tiene una fertilidad alta, reacción ligeramente ácida, la capacidad de intercambio catiónico media, bases totales altas, saturación de bases altas, carbono orgánico bajo y bajo contenido de fósforo.

En general este suelo se caracteriza por ser de moderada evolución genética, presentan epipedón mólico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico y régimen de temperatura Isohipertérmico.

#### 3.2.3.6.17 Suelo Typic Hapludolls (S18)

Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw. El horizonte Ap tiene de 46 cm de espesor, color negro, textura franca, estructura en bloques subangulares, finos y medios, débilmente desarrollados. El horizonte Bw, tiene 34 cm de espesor, color pardo, textura franco arcillo, estructura en bloques angulares, medios, moderadamente desarrollados.

Los análisis químicos (SP30436 y SP30437) muestran que el suelo tiene una fertilidad media, reacción moderadamente ácida, la capacidad de intercambio catiónico media, bases totales medias, saturación de bases alta, carbono orgánico bajo y bajo contenido de fósforo.

En general este suelo se caracteriza por ser de moderada evolución genética, presentan epipedón mólico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico y régimen de temperatura Isohipertérmico.

#### 3.2.3.6.18 Suelo Typic Hapludolls (S19)

Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw. El horizonte Ap tiene de 52 cm de espesor, color negro, textura franca, estructura en bloques subangulares, finos y medios, débilmente desarrollados. El horizonte Bw, tiene 26 cm de espesor, color pardo, textura franco arcillo, estructura en bloques angulares, medios, moderadamente desarrollados.

Los análisis químicos (SP30438 y SP30439) muestran que el suelo tiene una fertilidad media, reacción ligeramente ácida, la capacidad de intercambio catiónico media, bases totales medias, saturación de bases alta, carbono orgánico bajo y bajo contenido de fósforo.

En general este suelo se caracteriza por ser de moderada evolución genética, presentan epipedón mólico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico y régimen de temperatura Isohipertérmico.

### 3.2.3.6.19 Suelo Typic Hapludolls (S20)

Se localiza en la parte media de pendiente convexa, se ha desarrollado a partir de Tobas volcánicas, en relieve ondulado con pendiente ligeramente inclinada, es moderadamente profundo superficiales, bien drenado; de textura media.

Morfológicamente presentan horizontes Ap – Bw1 – Bw2 (ver Foto 3.2.116). El horizonte Ap tiene de 49 cm de espesor, color negro, textura franco arcillo arenoso, estructura en bloques subangulares, medios, débilmente desarrollados. El horizonte B se divide en: Horizonte Bw1, tiene 13 cm de espesor, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillo arenoso, estructura en bloques subangulares, finos, débilmente desarrollo. El horizonte Bw2 tiene 26 cm de espesor, color oliva grisáceo muy oscuro con 15 % de manchas color gris muy oscuro, textura franco arcillo arenoso y estructura en bloques angulares, medios, moderadamente desarrollados.

Los análisis químicos (SP30440, SP30441 y SP30442) muestran que el suelo tiene una fertilidad media, reacción fuertemente ácida a moderadamente ácida, la capacidad de intercambio catiónico media, bases totales bajas, saturación de bases altas, carbono orgánico bajo y bajo contenido de fósforo.

En general este suelo se caracteriza por ser de moderada evolución genética, presentan epipedón mólico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico y régimen de temperatura Isohipertérmico.



Fuente: Consorcio MARTE – HMV. 2017

**Foto 3.2.116 Suelo Typic Hapludolls (S20)**

### 3.2.3.7 Uso actual del suelo

El uso del suelo en el área de influencia directa está dedicado principalmente a la ganadería, como se muestra en la Tabla 3.2.14, donde se registran el uso encontrado y su correspondiente tipo de uso, al igual que el área que cubren y su respectiva proporción frente al área total. Ver Anexo Cartográfico \_ Abiótico \_ Uso Actual Suelo N.11.

**Tabla 3.2.14 Uso actual del suelo en el área de influencia directa**

GRUPO	USO DEL SUELO	AID	
		ÁREA (HA)	%
Agricultura	Cultivos permanentes intensivos (CPI)	602,90	7,59
	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	505,83	6,37
Agroforestal	Sistemas silvopastoriles (SPA)	228,92	2,88
Asentamiento	Residencial	11,30	0,14
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	817,24	10,29
	Protección	1738,92	21,89
Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	40,32	0,51
Forestal	Producción-protección	206,55	2,60
Ganadería	Pastoreo extensivo (PEX)	3780,63	47,59
Infraestructura	Comercial	6,58	0,08
Minería	Materiales de construcción	5,74	0,07
<b>Total general</b>		<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CONSORCIO MARTE-HMV, 2017

En conclusión el uso actual del suelo en el área directa del proyecto como ya se había dicho es la ganadería (47,65%), teniendo en cuenta este tipo de uso, es de esperar que los impactos generados con el desarrollo de la línea de transmisión de energía al suelo sean muy bajo, debido a que por lo general la ganadería que se desarrolla es forma tradicional (90%). Cabe resaltar que este tipo de ganadería según Siavosh *et al* (1999)<sup>180</sup> genera diferentes problemas, estos varían de una región a otra y de un país a otro. Sin embargo, existen consensos importantes sobre los impactos más preocupantes, entre los que se destacan la deforestación de los

<sup>180</sup> Sadeghian Siavosh, Rivera Juan Manuel y Gómez María Elena. 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.

bosques tropicales, la erosión y compactación de los suelos frágiles, las emisiones de gases nocivos para la atmósfera (efectos de invernadero y daño en la capa de ozono), cambios en la cobertura vegetal, disminución de la biodiversidad (plantas y animales), y el uso de recursos no renovables, tales como la energía fósil y fertilizantes.

### 3.2.3.8 Uso potencial

La evaluación de los suelos desde el punto de vista de su capacidad de uso y manejo señaló que en el área de influencia directa los sistemas forestales en especial los forestales de protectores ocupan la mayor área seguido de la ganadería (Tabla 3.2.15).

En Colombia las diferentes clases de capacidad de uso de la tierra, de acuerdo con datos de Malagón (1986)<sup>181</sup>. Obsérvese que más del 70% del área del país se ubica en las clases VI, VII y VIII, con severas restricciones para su uso agropecuario. Lo que coincide con el área de influencia directa del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior la aptitud dominante de los suelos de Colombia es forestal. El IGAC (1988)<sup>182</sup> estimó en 78 301 484 ha (68.5% del área total del país) debe ser destinada a este uso, para el área de influencia directa este uso representa el 27,68%, lo cual es de resaltar, debido a que el desarrollo del proyecto ayudaría a conservar estas áreas y por ende reducir actividades que pueda deteriorar el suelo.

Se debe tener especial cuidado con la conversión de suelos forestales en el área de influencia directa en suelos para la ganadería puesto que es el segundo uso que se presenta en esta zona, dicho cambio genera pérdidas de la biodiversidad, degradación del suelo, por el cambio de uso.

Los suelos en general 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 (IGAC, 2014<sup>183</sup>) Ver Anexo Cartográfico \_ Abiótico \_ Uso Potencial N.10.

---

181 Malagón, D. 1986. Levantamientos de suelos en Colombia: Importancia, realizaciones y proyectos. Suelos Ecuatoriales 16(1): 41-51.

182 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1988. Suelos y bosques de Colombia. IGAC. Bogotá. 135 p.

183 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2014. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso grupo interno de trabajo levantamiento de suelos.

**Tabla 3.2.15 Usos potenciales que cruzan el AII del Proyecto Medellín – La Virginia**

USO POTENCIAL	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	
	Área (ha)	%
Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	768,63	9,67
Comercial	6,58	0,08
Cuerpos de Agua Naturales	40,32	0,51
Cultivos permanentes intensivos (CPI)	219,57	2,76
Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	382,52	4,81
Pastoreo extensivo (PEX)	1565,20	19,70
Producción-protección	287,34	3,62
Protección	1553,66	19,56
Residencial	11,30	0,14
Sistemas forestales protectores (FPR)	2209,98	27,82
Sistemas silvopastoriles (SPA)	899,81	11,33
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CONSORCIO MARTE-HMV, 2017

### 3.2.3.9 Conflictos de uso

El conflicto de uso, se presenta cuando se está utilizando el recurso suelo en discordancia con su vocación natural o por el uso sobre intensivo que pone en riesgo su capacidad de regenerarse o recuperarse.

La determinación de los conflictos de uso de la zona de estudio se hizo mediante la elaboración del mapa de conflictos, el cual es el resultado de cruzar la información existente en el mapa uso actual y uso potencial del suelo. Ver Anexo Cartográfico \_ Abiótico \_ Conflicto Uso Suelo N.13.

A partir del cruce de la información de uso actual y potencial, se encontró que el mayor porcentaje del suelo está sin conflicto seguido de los suelos que presentan conflicto por sobreutilización severa (ver Tabla 3.2.16) este conflicto corresponde a las tierras donde la explotación del recurso está por encima del recomendado, lo que genera un deterioro progresivo debido al incremento de procesos erosivos, la disminución de la fertilidad natural y/o el deterioro de la flora y la fauna asociada; aspectos que de no ser atendidos promoverán alteraciones mayores en el largo plazo a este recurso natural.

**Tabla 3.2.16 Conflictos de usos del suelo en el AID del Proyecto Medellín – La Virginia**

CONFLICTO DE USO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	
	Área (ha)	%
Por sobreutilización moderada	791,91	9,97

CONFLICTO DE USO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	
	Área (ha)	%
Por sobreutilización severa	2128,27	26,79
Por subutilización ligera	84,56	1,06
Por subutilización moderada	171,79	2,16
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	4768,38	60,02
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CONSORCIO MARTE-HMV, 2017

La sobreutilización severa que se presenta del suelo se refleja principalmente en la degradación de los recursos naturales, cuya expresión más evidente es la erosión que se presenta en área de influencia, tanto directa como indirecta. Otra consecuencia de igual importancia, está representada en la disminución de la cantidad y calidad del recurso hídrico, pérdida o disminución de la productividad del suelo y de su biodiversidad. Lo anterior debido a que el suelo cumple múltiples funciones ecosistémicas.

Cabe resaltar que los suelos del área de influencia directa e indirecta se encuentran sin conflicto, lo cual es de vital importancia, debido a que bajo estas condiciones se pueden mantener actividades relacionadas con este recurso, sin generar deterioro en este recurso natural no renovable.

### 3.2.4 HIDROLOGÍA

El conocimiento de la red hidrográfica juega un papel importante en el desarrollo de actividades y toma de decisiones de carácter espacial y ambiental. En el Proyecto Medellín - La Virginia 500kV este temático se desarrolló con base en los criterios establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA en los temáticos de referencia para proyectos Lineales LI-TER-1-01.

#### 3.2.4.1 Área de Influencia Indirecta (AII)

Para el Área de Influencia Indirecta (AII) se realizó la identificación de los sistemas lénticos y lótics y se establecieron los patrones de drenaje y usos por parte de los habitantes a nivel regional

##### 3.2.4.1.1 Identificación de sistemas lénticos y lótics

La identificación de los sistemas lénticos y lótics se realizó tomando en cuenta la cartográfica temática disponible para el área de influencia del proyecto Medellín La Virginia 500kV, con el apoyo de la interpretación de las imágenes satelitales adquiridas y el mapa base La zonificación y Codificación de las Unidades

Hidrográficas se basó en la guía elaborada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM<sup>184</sup>.

De acuerdo a la zonificación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales (IDEAM)<sup>185</sup>, el AII, se encuentra localizada en el área hidrográfica del Magdalena Cauca (Código IDEAM 2), en la zona hidrográfica del Cauca (Código IDEAM 26), en las subzonas hidrográficas y/o niveles subsiguientes: río Amaga quebrada Sinifana NSS (Código IDEAM 2620-01), río Arma SZH (Código IDEAM 2618), río Frío y otros directos al Cauca – NSS (Código IDEAM 2617-02), río Tapias y otros directos al Cauca SZH (Código IDEAM 2616), río Chinchiná SZH (Código IDEAM 2615), río Campoalegre y otros directos Cauca NSS (Código IDEAM 2613-02), río Risaralda (Código IDEAM 2614) y río Otún NSS (Código IDEAM 2613 -01).

Para una zonificación a mayor detalle las subzonas hidrológicas y/o niveles subsiguientes se subdividieron en subcuencas.

En la Tabla 3.2.17 se muestra la zonificación hidrográfica hasta el nivel de subcuenca y además se incluye el porcentaje del AID y el AII que se intersecta con las áreas de estudio

En la Figura 3.2.33 se muestra la ubicación espacial de los sistemas lenticos y loticos ubicados dentro del AII

---

<sup>184</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. Bogotá, D.C. 2013. 46p.

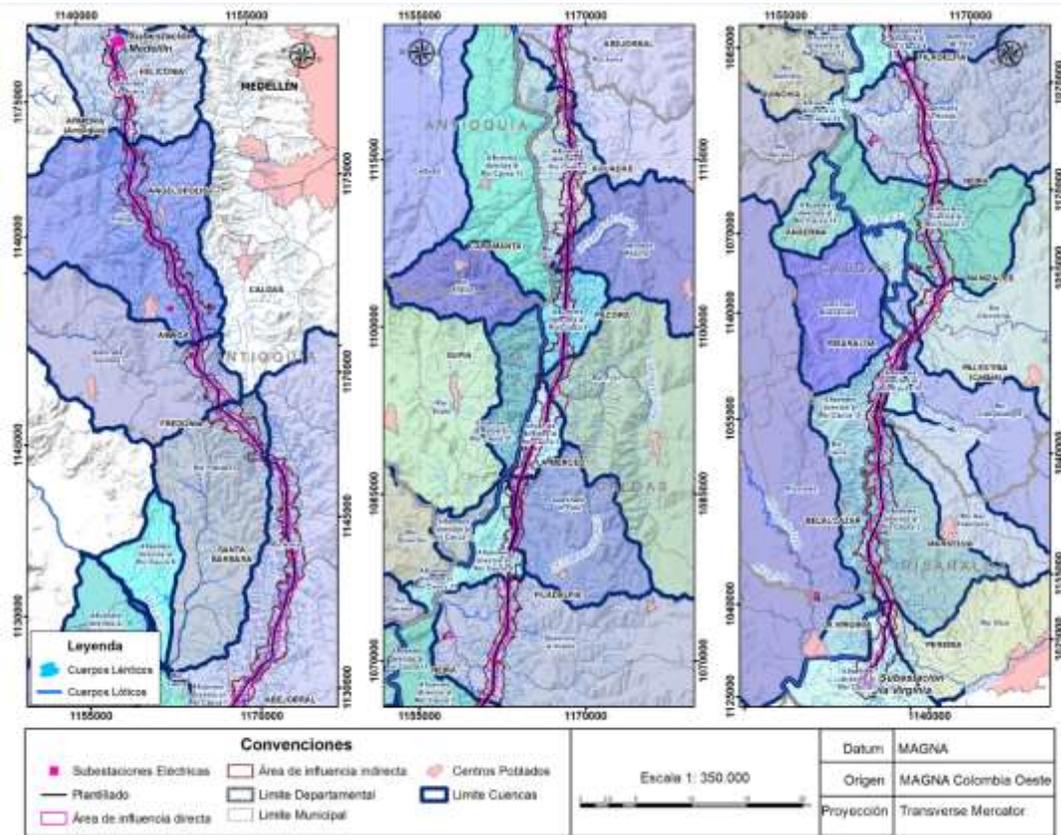
<sup>185</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. Bogotá, D.C. 2013. 46p.

**Tabla 3.2.17 Zonificación Hidrográfica del Área de Estudio**

ÁREA HIDROGRÁFICA 2 MAGDALENA	ZONA HIDROGRÁFICA 26 CAUCA	SUB ZONA HIDROGRÁFICA SZH	NIVEL SUBSIGUIENTE NSS	SUBCUENCA	ÁREA DE LA SUBCUENCA	% ÁREA DE ESTUDIO			
						ÁREA DE LA SUBCUENCA DENTRO DEL AID		ÁREA DE LA SUBCUENCA DENTRO DEL AII	
						(Km <sup>2</sup> )	(ha)	(%)	(ha)
		2613 Río Otún y otros directos al Cauca	2613-02 Río Campoalegre y otros directos Cauca - NSS	Afluentes directos al Río Cauca 1	85,36	309,61	3,90%	1088,11	5,98%
				Afluentes directos al Río Cauca 2	107,48	665,50	8,39%	1445,65	7,95%
				Río Campoalegre	441,69	33,61	0,42%	79,76	0,44%
			2613 -01 Río Otún - NSS	Río Otún	484,94	63,11	0,80%	175,10	0,96%
		2614 Río Risaralda		Risaralda	1309,63	6,33	0,08%	19,37	0,11%
		2615 Río Chinchiná		Río Chinchiná	1051,97	216,71	2,73%	516,71	2,84%
		2616 Río Tapias y otros directos al Cauca		Afluentes directos al Río Cauca 3	127,78	455,55	5,74%	1207,54	6,64%
				Afluentes directos al Río Cauca 4	31,09	172,65	2,18%	601,01	3,31%
				Afluentes directos al Río Cauca 5	23,28	285,61	3,60%	883,69	4,86%
				Afluentes directos al Río Cauca 6	38,06	275,04	3,47%	951,66	5,23%
				Afluentes directos al Río Cauca 7	72,41	625,00	7,88%	1287,00	7,08%

ÁREA HIDROGRÁFICA 2 MAGDALENA	ZONA HIDROGRÁFICA 26 CAUCA	SUB ZONA HIDROGRÁFICA SZH	NIVEL SUBSIGUIENTE NSS	SUBCUENCA	ÁREA DE LA SUBCUENCA  (Km <sup>2</sup> )	% ÁREA DE ESTUDIO				
						ÁREA DE LA SUBCUENCA DENTRO DEL AID		ÁREA DE LA SUBCUENCA DENTRO DEL AII		
						(ha)	(%)	(ha)	(%)	
				Quebrada de Palo	117,56	212,48	2,68%	311,93	1,72%	
				Quebrada la Honda	336,67	474,91	5,99%	1185,47	6,52%	
				Quebrada Pácora	149,71	101,36	1,28%	175,92	0,97%	
				Río Pozo	502,98	134,52	1,70%	501,56	2,76%	
		2617 Río Frío y Otros Directos al Cauca		Afluentes directos al Río Cauca 15	122,53	604,04	7,61%	1052,28	5,79%	
				Quebrada Buenavista	94,04	0,00	0,00%	0,97	0,01%	
		2618 Río Arma		Río Arma	1932,71	1224,87	15,44%	2586,95	14,23%	
		2620 Directos río Cauca entre río San Juan y Pto Valdivia	2620-01 Amaga quebrada Sinifana	Río -	Quebrada La Guaca	131,32	472,02	5,95%	843,41	4,64%
					Quebrada Sinifaná	202,39	327,36	4,13%	624,56	3,44%
					Río Amagá	257,61	873,97	11,02%	1843,17	10,14%
					Río Poblano	180,07	379,05	4,78%	743,25	4,09%
		Río Cauca			16,8	19,84	0,25%	56,71	0,31%	
<b>Total general</b>						<b>7933,14</b>	<b>100,00</b>	<b>18181,79</b>	<b>100,00</b>	

Fuente: Marte – HMV



Fuente: Marte – HMV

**Figura 3.2.33. Cuerpos lenticos y loticos en el All.**

➤ Sistemas lóticos

El principal cuerpo de agua en el All es el río Cauca el cual se localiza entre las cordilleras Occidental y Central, recibiendo los aportes líquidos y sólidos de varios afluentes localizados sobre ambas márgenes.

Otros cuerpos de agua relevantes dentro del All que desembocan el río Cauca son los ríos, Otún, San Francisco, Campoalegre, Chinchina, Tareas, Pozo, Arma y el Río Buey.

Las subcuencas principales se queque interfieren con el All se listaron en la Tabla 3.2.17

➤ Sistemas lénticos

En el All se identificaron 38 lagunas, 266 Jagüey, 2 pantanos y un humedal. En la Tabla 3.2.18 se presenta el área, el perímetro y las coordenadas de ubicación referenciadas en el sistema Magna Sirgas origen Oeste, de estos cuerpos lénticos.

Los Jagüey a pesar de que son cuerpos artificiales, se consideran parte de la estructura ecológica, ya que una vez establecidos, comienzan a desarrollarse dinámicas muy similares a un cuerpo de agua natural donde interactúan diferentes especies de fauna y flora.

**Tabla 3.2.18. Sistemas lénticos dentro del Área de Influencia Indirecta**

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
Humedal	Caldas	NEIRA	San José	1519	1158822	1064163	0.388	330
Jaguey	Antioquia	ABEJORRAL	Morrogordo	1104	1169707	1134851	0.003	19
		ANGELÓPOLIS	Santa Rita	1105	1151299	1166049	0.077	141
				1122	1150847	1166815	0.006	28
		ARMENIA (Antioquia)	Palo Blanco	1123	1146426	1175134	0.016	51
				1124	1146833	1174066	0.004	22
		CALDAS (Antioquia)	La Maní del Cardal	1111	1157104	1157414	0.098	130
			Sinifaná	1113	1157731	1154683	0.006	28
				1114	1157701	1154605	0.003	22
		HELICONIA	La Pradera	1107	1143710	1180156	0.006	31
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	Los Charcos	1118	1168020	1143574	0.051	106
	1119			1168037	1143560	0.010	47	
	Pitayo		1130	1164201	1150362	0.029	66	
			1131	1163872	1148391	0.003	21	
	Caldas	AGUADAS	Alto Espinal	1091	1168698	1116635	0.021	53
				1095	1169088	1116864	0.067	103
1097				1168492	1117779	0.008	35	
1098				1168666	1118280	0.033	73	
1099				1168117	1121424	0.003	19	
Estación Aguadas			1060	1169209	1111510	0.195	189	

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1065	1168154	1113413	0.044	78
				1068	1168637	1113991	0.041	76
				1072	1168616	1114489	0.039	73
				1074	1168673	1114561	0.034	67
				1078	1168548	1114712	0.041	76
				1135	1169317	1113911	0.036	71
				1136	1168371	1113855	0.031	66
				1137	1168977	1113693	0.022	53
			La Maria	1051	1168562	1108040	0.004	22
			La Maria	1052	1168712	1108166	0.009	35
			La Maria	1053	1168602	1108380	0.350	264
			La Maria	1056	1168086	1110308	0.029	66
			La Maria	1058	1168590	1110936	0.228	230
			La Maria	1138	1168118	1111018	0.029	68
			La Maria	1139	1168349	1111000	0.049	95
			La Paloma	1344	1140837	1039519	0.005	25
			La Romelia	966	1146568	1050355	0.126	178
			La Romelia	1325	1147374	1050883	0.048	83
			La Romelia	1327	1146624	1050112	0.008	35
			San Narciso	1338	1142139	1040120	0.019	55
			San Narciso	1339	1142154	1040175	0.016	51
		FILADELFIA	La India	994	1162129	1070103	0.031	63

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				997	1162094	1070377	0.027	63
				998	1162287	1070371	0.093	116
				999	1162173	1070616	0.035	71
				1000	1162495	1070793	0.014	43
				1001	1161966	1070797	0.020	54
				1002	1162121	1070831	0.034	70
				1003	1162526	1071778	0.014	44
				1004	1162105	1071815	0.125	137
				1005	1162623	1071847	0.035	68
				1006	1162816	1072090	0.036	70
				1007	1163157	1072191	0.017	48
				1008	1162506	1072189	0.063	90
				1009	1162212	1072275	0.071	111
				1013	1163022	1072556	0.011	39
				1014	1162441	1072689	0.204	174
				1456	1162356	1071669	0.031	66
			La Palma	1020	1163352	1077346	0.008	42
			La Palma	1021	1163239	1077999	0.024	58
			La Palma	1022	1163507	1078247	0.075	117
			La Palma	1023	1163382	1078317	0.073	115
			La Palma	1026	1163428	1080217	0.032	65
			La Palma	1028	1163168	1081008	0.026	69

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1029	1164288	1081462	0.082	105
				1030	1163890	1081516	0.123	146
				1148	1163199	1077726	0.041	72
		LA MERCED	El Tambor	1031	1163852	1086006	0.005	26
				1033	1163656	1086529	0.037	70
				1034	1164565	1086723	0.007	29
				1035	1163865	1086756	0.017	46
				1036	1163644	1086913	0.007	31
				1037	1165398	1087147	0.017	48
				1038	1165173	1087159	0.040	77
				1039	1165067	1087252	0.039	73
				1040	1164160	1087461	0.071	117
				1041	1165464	1088509	0.052	83
				1042	1165719	1088656	0.016	45
				1044	1165603	1089376	0.015	47
				1046	1166200	1091265	0.010	37
				1047	1167416	1093176	0.042	75
				1048	1167633	1093684	0.024	55
				1141	1166428	1092548	0.039	74
				1142	1166461	1092592	0.052	84
		1143	1164610	1086768	0.012	40		
		1145	1163263	1086394	0.018	48		

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1455	1165495	1089732	0.064	137
		MANIZALES	Colombia	923	1158100	1062523	0.077	140
				924	1158157	1062427	0.128	130
				925	1158159	1062236	0.120	153
				926	1157937	1062356	0.101	119
				927	1157773	1062234	0.019	56
				937	1159233	1061141	0.069	111
				938	1158655	1060592	0.067	98
				939	1158299	1060524	0.094	115
				940	1158098	1060566	0.065	97
				941	1158367	1059969	0.066	96
				942	1157955	1060082	0.074	103
				943	1158078	1060135	0.047	81
				944	1157794	1060286	0.056	91
				945	1157815	1060810	0.074	103
				950	1158064	1059438	0.110	147
				951	1157792	1059534	0.152	149
				953	1157727	1059042	0.067	114
				955	1156039	1057793	0.044	78
				956	1155844	1057248	0.043	79
				957	1155675	1057121	0.037	84
		958	1156388	1057322	0.038	81		

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1229	1158057	1061966	0.027	61
				1230	1157842	1061885	0.061	91
				1232	1158167	1061630	0.017	49
				1237	1157876	1061339	0.013	45
				1250	1155800	1060416	0.087	109
				1256	1159039	1060220	0.065	96
				1259	1159000	1059676	0.034	66
				1260	1158917	1059559	0.091	118
				1261	1158724	1059638	0.018	50
				1262	1157921	1059796	0.060	107
				1269	1159229	1059239	0.090	116
				1272	1158175	1059103	0.037	70
				1277	1158891	1058900	0.039	77
				1279	1158788	1058628	0.026	59
				1280	1158304	1058678	0.025	61
				1287	1158047	1058418	0.058	88
				1293	1158460	1058059	0.158	167
				1294	1158430	1057910	0.118	129
				1296	1158745	1057904	0.026	59
				1300	1158009	1057641	0.022	54
				1301	1158153	1057515	0.034	66
				1302	1158283	1057606	0.026	66

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1406	1156200	1057103	0.047	78
				1407	1155909	1057110	0.025	57
				1409	1157576	1057292	0.036	70
				1412	1158568	1057969	0.026	58
				1413	1158667	1057977	0.032	65
				1414	1158117	1058006	0.072	98
				1415	1156957	1057911	0.081	171
				1416	1156655	1057926	0.045	81
				1425	1158842	1059877	0.067	94
				1431	1159088	1061334	0.026	64
				1433	1157401	1062269	0.011	38
				1434	1157691	1062337	0.014	45
				1453	1158520	1058090	0.011	40
				1457	1158109	1058322	0.053	91
		NEIRA	El Cholo	852	1162219	1068909	0.039	75
				853	1162038	1068702	0.030	63
				864	1162174	1068227	0.109	162
			El Rio	849	1161098	1069182	0.015	44
				850	1160895	1069112	0.024	56
				851	1161134	1068971	0.045	78
				855	1161285	1068648	0.042	75
				856	1161327	1068428	0.019	50

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				857	1161128	1068505	0.034	69
				858	1161067	1068515	0.067	111
				865	1161258	1067720	0.016	46
				866	1161429	1067631	0.089	110
				867	1161597	1067788	0.027	60
				868	1161386	1067802	0.024	56
				869	1161373	1067892	0.050	88
				870	1161205	1067999	0.053	97
				879	1160538	1066763	0.072	98
				880	1160745	1066614	0.037	69
				881	1161307	1066547	0.047	84
				882	1161537	1066523	0.040	73
				883	1161433	1066420	0.037	71
				884	1160568	1066359	0.167	166
				885	1161127	1066041	0.048	87
				888	1161332	1065744	0.029	63
				890	1160191	1065715	0.029	79
				904	1160814	1066090	0.030	70
				905	1161279	1066275	0.074	114
				989	1161418	1067551	0.017	47
				1158	1161025	1067495	0.029	66
				1159	1161220	1067563	0.042	73

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1160	1161532	1067627	0.024	62
				1165	1161650	1065938	0.026	58
				1444	1161010	1066685	0.025	58
				1447	1161202	1067860	0.014	45
			San José	895	1160611	1064613	0.035	68
				899	1160092	1063725	0.038	95
				900	1159811	1063668	0.070	103
				901	1159688	1063469	0.098	118
				902	1159064	1064114	0.038	69
				903	1159081	1064340	0.041	74
				908	1160259	1064055	0.037	71
				910	1160470	1064274	0.086	109
				911	1160123	1063895	0.048	79
				912	1158455	1063454	0.069	100
				913	1158395	1063327	0.024	58
				914	1158694	1062739	0.049	80
				915	1158729	1062623	0.022	54
				916	1158993	1062769	0.047	81
				917	1159303	1062837	0.186	201
				918	1159180	1063219	0.108	142
				919	1159275	1063088	0.167	233
			920	1159519	1063060	0.030	66	

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				921	1159629	1063198	0.033	66
				931	1159112	1062084	0.044	77
				932	1159348	1062045	0.063	95
				933	1159008	1062273	0.060	97
				1182	1160459	1064627	0.027	59
				1183	1158242	1064484	0.032	64
				1202	1158914	1063245	0.019	51
				1210	1159682	1063133	0.028	62
				1211	1158502	1063038	0.043	76
				1213	1159612	1062960	0.015	47
				1221	1159135	1062708	0.075	101
				1222	1159183	1062412	0.029	70
				1226	1159271	1062317	0.073	115
		PÁCORA	El Rodeo	1049	1167823	1098923	0.018	53
			La Loma	1140	1167824	1102072	0.012	41
		PALESTINA (Caldas)	Santagueda	959	1155807	1056756	0.032	74
				960	1156137	1056738	0.016	48
				1313	1154097	1054865	0.048	106
		RISARALDA	Alto de Arauca	961	1150331	1053970	0.322	211
			Montecristo	963	1149253	1052663	0.399	361
				1319	1148992	1051855	0.076	101
	Risaralda	MARSELLA	Beltrán	817	1144233	1042504	0.277	267

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				818	1143598	1042198	0.346	294
				819	1143673	1041899	0.098	150
				820	1143587	1041935	0.231	230
				821	1143957	1042714	0.065	102
				822	1143618	1042909	0.101	176
				831	1143474	1040704	0.652	418
				1331	1144034	1044941	0.060	89
				1332	1143608	1044668	0.066	96
				1334	1144195	1041592	0.034	66
				1335	1143922	1041032	0.155	188
				1336	1143219	1040965	0.060	89
				1337	1142511	1040793	0.033	72
			Estación Pereira	803	1140777	1034739	0.369	386
				804	1140776	1034596	0.037	82
				834	1141317	1037553	0.052	90
				835	1141297	1037541	0.020	51
				973	1141233	1035949	0.071	102
				974	1141233	1036301	0.105	146
				975	1141325	1036552	0.059	107
				1356	1141296	1036064	0.040	72
				1357	1141199	1035688	0.039	73
				1454	1141177	1035244	0.004	27

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)	
					Este	Norte			
				1458	1140939	1035251	0.024	58	
			La Miranda	1330	1145958	1046516	0.008	34	
				1395	1145241	1046294	0.046	84	
		PEREIRA	La Paz	599	1134939	1028315	0.043	91	
					600	1136294	1028794	0.010	37
					802	1136264	1029554	0.021	65
					805	1138783	1031790	0.244	271
					806	1138973	1031671	0.167	170
					807	1138233	1031019	0.232	197
					808	1137925	1031137	0.088	161
					809	1138117	1031115	0.164	170
					811	1137259	1028859	0.185	177
					824	1135218	1028811	0.059	92
					826	1136383	1029284	0.040	82
					827	1136380	1029316	0.021	63
					828	1136658	1029149	0.059	90
					968	1137413	1029541	0.049	89
					969	1137284	1029264	0.053	99
					970	1137888	1031981	0.053	105
					976	1139904	1033672	0.070	103
			1358	1140053	1033473	0.074	121		
			1360	1139269	1032464	0.105	137		

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1361	1139613	1031210	0.115	166
				1362	1138454	1030897	0.044	90
				1365	1138727	1029540	0.060	107
				1371	1135470	1027952	0.020	52
				1385	1135146	1027338	0.044	84
Laguna	Caldas	BELALCÁZAR	La Paloma	11	1141267	1040476	0.022	79
		FILADEFIA	La Palma	48	1162706	1075442	0.104	152
				49	1162721	1075334	0.118	177
		LA MERCED	El Tambor	45	1166029	1094731	0.022	56
				46	1164300	1086074	0.106	232
				184	1164303	1086534	0.056	87
		MANIZALES	Colombia	38	1158551	1061080	0.878	504
				207	1157974	1061085	0.030	84
	208			1158560	1061405	0.058	98	
	201			1143102	1040936	0.044	78	
	Risaralda	MARSELLA	Beltrán	202	1142915	1040989	0.046	80
				1	1136102	1028987	0.665	621
		PEREIRA	La Paz	2	1135942	1028806	0.240	252
				3	1135342	1028811	1.030	859
				4	1136606	1028956	1.918	1287
5				1135870	1029218	0.073	152	
6				1139231	1033114	1.550	630	

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				7	1139331	1032757	0.408	335
				8	1138546	1031332	1.023	547
				9	1138611	1031185	0.363	328
				15	1135374	1028662	0.045	149
				16	1135422	1028622	0.045	111
				57	1136143	1030243	0.064	115
				147	1136180	1027636	0.068	126
				151	1135233	1027705	0.519	529
				154	1135310	1027593	0.068	123
				178	1135232	1028173	0.147	211
				179	1136071	1028672	0.062	144
				180	1136363	1028961	0.024	76
				181	1136382	1028876	0.012	43
				193	1135256	1028022	0.202	180
				194	1136223	1028664	0.109	133
				196	1138945	1031171	0.030	70
				197	1138869	1031945	0.516	480
				198	1139162	1031994	0.015	48
				199	1139713	1032738	0.069	111
				213	1135802	1028722	0.053	129
				214	1135736	1028740	0.013	43
Pantano	Risaralda	PEREIRA	La Paz	1524	1135748	1028104	0.243	345

CUERPO LENTICO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	ID	CORDENADAS PLANAS MAGNA ORIGEN OESTE		ÁREA (ha)	PERÍMETRO (m)
					Este	Norte		
				1525	1135478	1028537	0.328	530

Fuente: MARTE – HMV

#### 3.2.4.1.2 Patrones de drenaje

Los efectos combinados del clima y la geología sobre la topografía de la cuenca producen un modelo de erosión que está caracterizado por una red de canales y corrientes (patrones de drenaje). Los geomorfolólogos han intentado clasificar estos modelos de corrientes dándoles diferentes nombres: Dendrítico, Paralelo, Radial, Anular, Rectangular, Pinado, Subparalelo, etc. (Eagleson, 1970)<sup>186</sup>

El patrón de drenaje de una cuenca puede definirse como el arreglo que presentan las vías de drenaje permanente o intermitente, que constituyen a evacuar las aguas superficiales de la cuenca.

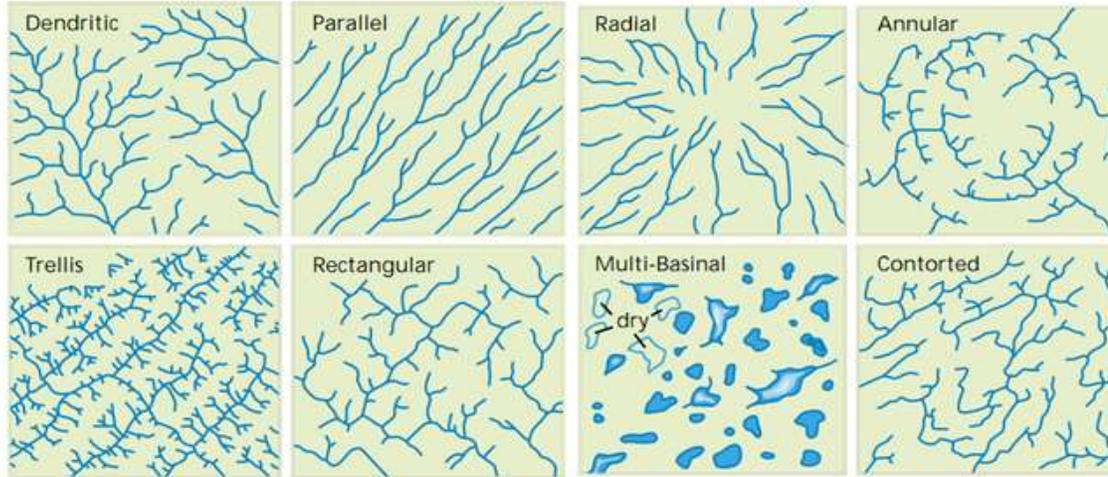
Durante el proceso de análisis de patrones de drenaje es necesario definir si este tiene o no, algún control de orientación, sobre el particular Botero<sup>187</sup> destaca que para los patrones de drenaje pueden presentarse dos tipos de control: uno litológico, debido a las condiciones estructurales de los materiales sobre los cuales se desarrolla el patrón; y otro topográfico, en el que la pendiente del terreno obliga a las corrientes a tomar una determinada dirección.

Para el All del Proyecto Medellín – La Virginia se presenta en mayor medida una red de drenaje dendrítico (ver Figura 3.2.33 y la Figura 3.2.34) el cual se compara con pequeñas hebras o hilos. Son cursos pequeños, cortos e irregulares, que andan en todas las direcciones, cubren áreas amplias y llegan al río principal formando cualquier ángulo

---

<sup>186</sup> Citado por: POSADA Lilian. Transporte de sedimentos, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Agosto 1994.

<sup>187</sup> BOTERO, P.J. Fisiografía y estudio de suelos. CIAF (Centro Interamericano de Fotointerpretación), Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, D.C. 1978.



Fuente: Eagleson, 1970<sup>188</sup>  
**Figura 3.2.34 Patrones de drenaje**

### 3.2.4.2 Área de Influencia Directa (AID)

El Proyecto Refuerzo Suroccidental 500kV Medellín – La Virginia no tiene contemplado alterar el régimen natural de las fuentes de agua, ya que no contempla hacer captaciones, vertimientos ni obras de infraestructura que impliquen ocupación de cauce.

La información que se presenta a continuación tiene como objeto describir o caracterizar hidrológicamente a un mayor nivel de detalle el AID.

#### ➤ Morfometría de las subcuencas

Las subcuencas hidrográficas fueron caracterizadas morfométricamente. Los parámetros tenidos en cuenta son los siguientes:

- Área de la cuenca: Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas; cuyos drenajes confluyen en una corriente o cauce principal de la subcuenca, este parámetro se expresa normalmente en ha o km<sup>2</sup>.
- Perímetro de la cuenca: Se puede considerar como la línea formada por la divisoria de la cuenca de estudio; este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.
- Altura máxima y mínima: Corresponde a la elevación (m.s.n.m) de los puntos más altos y más bajos de cada cuenca.
- Longitud de las corrientes: Corresponde a la sumatoria de la longitud de los cuerpos de agua que le da nombre a la cuenca de estudio; en este

<sup>188</sup> Eagleson, P. S., 1970, Dynamic Hydrology, McGraw Hill Books Co. New York.

parámetro se tienen en cuenta las irregularidades y curvas de los cauces y se expresa normalmente en kilómetros.

- Longitud de la cuenca: Corresponde a la medida geométrica más larga o de mayor dimensión de la cuenca

A continuación en la Tabla 3.2.19 se muestran los parámetros morfométricos de las subcuencas que intersectan el All del Proyecto.

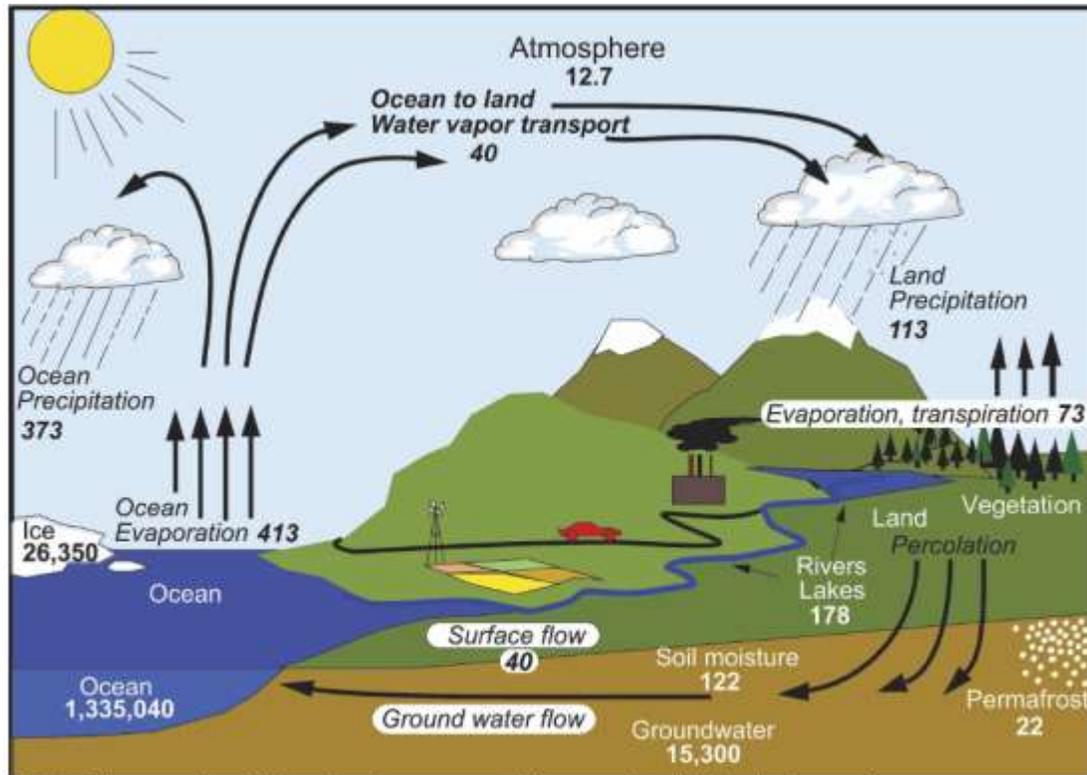
**Tabla 3.2.19 Parámetros morfométricos por subcuenca**

SUBCUENCA	AREA (km <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (km)	LONGITUD DE LA CUENCA (km)	LONGITUD DE LOS DRENAJES (km)	ALTURA MÁXIMA (m.s.n.m)	ALTURA MÍNIMA (m.s.n.m)
Quebrada Sinifaná	202.39	78.76	21	196	538	2737
Río Amagá	257.61	83.83	22	296	539	2971
Quebrada Pácora	149.71	64.88	16	218	678	3111
Río Pozo	502.98	118.40	22	842	694	3836
Afluentes directos al Río Cauca 15	122.53	114.50	6	81	790	1842
Quebrada la Honda	336.67	100.00	29	420	754	3846
Río Chinchiná	1051.97	191.08	42	1368	819	5311
Río Campoalegre	441.69	155.45	45	550	829	4379
Quebrada La Guaca	131.32	60.73	16	132	525	2826
Río Otún	484.94	166.89	51	610	997	4954
Afluentes directos al Río Cauca 1	85.36	60.47	9	115	892	1251
Río Arma	1932.71	262.99	56	2288	589	3775
Río Poblano	180.07	68.78	25	183	597	2737
Afluentes directos al Río Cauca 2	107.48	62.57	12	131	857	1708
Afluentes directos al Río Cauca 3	127.78	69.94	12	94	762	1803
Afluentes directos al Río Cauca 4	31.90	34.26	6	29	734	1404
Quebrada de Palo	117.56	52.96	10	157	727	2366
Afluentes directos al Río Cauca 5	23.28	23.88	5	27	707	1843
Afluentes directos al Río Cauca 6	38.06	29.29	6	48	674	1962
Afluentes directos al Río Cauca 7	72.41	57.26	7	82	602	1791
Risaralda	1309.63	244.41	67	1639	900	3895

Fuente: Marte – HMV, 2017

### 3.2.4.2.1 Caudales por subcuenca

Teniendo el ciclo hidrológico global presentado en la Figura 3.2.35 muestra los diferentes flujos de agua en la atmósfera.



Units: Thousand cubic km for storage, and thousand cubic km/yr for exchanges

Fuente: Trenberth et al., 2007 journal of hydrometeorology vol., 8, 758-769.

**Figura 3.2.35 Ciclo Hidrológico Global**

Estableciendo un volumen de control (V.C) como el área de cada una de las subcuencas, se puede realizar un balance de agua donde lo que se almacena es igual a lo que entra menos lo que sale de dicho volumen de control.

$$S = P - ETR - Q$$

#### **Ecuación 3.2.1 Almacenamiento de agua en el volumen de control**

Donde,

S, Almacenamiento en el suelo y aguas subterráneas en el (V.C)

P, Precipitación que entra al V.C

ETR, Evapotranspiración real integrada al V.C

Q, escorrentía total del V.C

En el largo plazo el almacenamiento, S, se hace cero y la escorrentía, Q, se hace igual a la precipitación menos la evotraspiración ETR

$$Q = P - ETR$$

### Ecuación 3.2.2 Escorrentía

La ETR incluye la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera y la transpiración de las plantas, la explicación de su cálculo para obtener un archivo tipo raster se da más adelante en la sección de clima, en la misma sección se describe el cálculo espacializado de la variable precipitación, P, por medio de la interpolación de los valores promedios multianuales mediante el método geoestadístico Kriging.

Así, el caudal medio por subcuenca se obtiene de hacer la resta de los archivos tipo raster P – ETR multiplicado por el área, haciendo la respectiva convergencia de unidades se presentan los caudales por subcuenca en metros cúbicos por segundo. Los resultados se presentan en la Tabla 3.2.20

**Tabla 3.2.20 Caudal medio por subcuenca**

SUBCUENCA	AREA (km <sup>2</sup> )	ESCORRENTIA (mm/año)	CAUDAL MEDIO (m <sup>3</sup> /s)
Quebrada Sinifaná	202,39	2004,22	12,86
Río Amagá	257,61	1847,68	15,09
Quebrada Pácora	149,71	1985,16	9,42
Río Pozo	502,98	1408,86	22,47
Afluentes directos al Río Cauca 15	122,53	1539,24	5,98
Risaralda	1309,63	1513,88	62,87
Quebrada la Honda	336,67	1241,43	13,25
Río Chinchiná	1051,97	1385,10	46,20
Río Campoalegre	441,69	1829,36	25,62
Quebrada La Guaca	131,32	1572,46	6,55
Río Otún	484,94	1960,28	30,14
Afluentes directos al Río Cauca 1	85,36	1239,61	3,36
Río Arma	1932,71	1706,31	104,57
Río Poblano	180,07	1549,28	8,85
Afluentes directos al Río Cauca 2	107,48	1733,07	5,91
Afluentes directos al Río Cauca 3	127,78	1285,77	5,21
Afluentes directos al Río	31,90	1253,05	1,27

SUBCUENCA	AREA (km <sup>2</sup> )	ESCORRENTIA (mm/año)	CAUDAL MEDIO (m <sup>3</sup> /s)
Cauca 4			
Quebrada de Palo	117,56	1291,33	4,81
Afluentes directos al Río Cauca 5	23,28	1510,52	1,12
Afluentes directos al Río Cauca 6	38,06	1873,53	2,26
Afluentes directos al Río Cauca 7	72,41	1739,18	3,99

Fuente: Marte – HMV, 2017

### 3.2.5 CALIDAD DEL AGUA

Tomando en cuenta las características técnicas del proyecto y la baja probabilidad de afectación a los cuerpos de agua durante la ejecución de las obras, no se considera necesario realizar una caracterización físico-química e hidrobiológica de los cuerpos de agua presentes en el AID, pues la distancia de los mismo a los sitios de torre es lo suficientemente representativa para evitar alternaciones a su régimen natural o características físico-químicas e hidrobiológicas. Además, como se explica en el capítulo de Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o afectación de Recursos Naturales, para la ejecución del proyecto no será necesaria la solicitud del permiso de vertimientos y ocupación de cauce. Sin embargo, se presenta a continuación, a partir de información secundaria los resultados de calidad de agua para los principales cuerpos de agua que están siendo interceptados parcialmente por el área de influencia directa-AID del proyecto. Los estudios de los cuales se obtuvo la información, se mencionan a continuación: Estudio Nacional del Agua 2014<sup>189</sup>, el informe del Estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos, diferentes al río Chinchiná” 2014 de CORPOCALDAS<sup>190</sup> y el Informe de monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda 2012<sup>191</sup>.

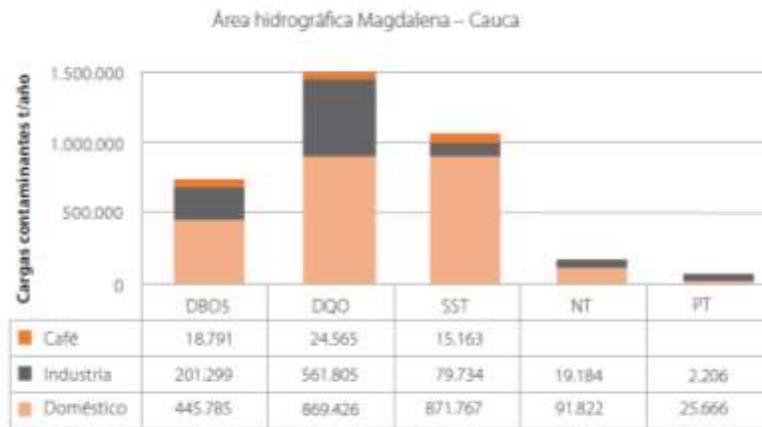
El proyecto Medellín – La Virginia se localizará en el área Hidrográfica Magdalena-Cauca, específicamente en la zona del Río Cauca, caracterizada por un régimen hidrológico en gran medida determinado por la diversidad del sistema orográfico y por su alta intervención antrópica ya que en esta área se observa la mayor influencia sobre el régimen de estructuras hidráulicas y las actividades humanas de los principales centros poblados de Colombia.

<sup>189</sup> IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá D.C, 2015.

<sup>190</sup> CORPOCALDAS. Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos

<sup>191</sup> FLORÉZ, Y. Informe de monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda 2012. Pereira, 2013.

Los resultados del Estudio Nacional de Aguas muestran que la carga neta de contaminantes por vertimientos puntuales que potencialmente llegan a los sistemas hídricos del país proviene del sector doméstico, industrial y cafetero. En la Figura 3.2.36 se muestra la carga contaminante de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes que potencialmente alcanzan las corrientes hídricas en el Área Hidrográfica Magdalena - Cauca.



Fuente: Estudio Nacional del Agua, ENA – 2014, IDEAM

**Figura 3.2.36 Cargas contaminantes potencialmente vertidas a los sistemas hídricos en el Área hidrográfica Magdalena – Cauca (t/año)**

Del total de la carga orgánica biodegradable (DBO5) vertida a las fuentes hídricas, la industria aporta el 28%, el sector doméstico el 69% y el sector cafetero 3%. Con respecto a la demanda química de oxígeno (DQO) la industria aporta el 37%, el sector doméstico 61 % y el cafetero un 2%<sup>192</sup>.

En el ENA también se presentaron los resultados de la carga contaminante de DBO5, DQO, Nitrógeno Total y Fósforo Total de la subzona hidrográfica donde se localiza el Proyecto (Ver Tabla 3.2.21).

**Tabla 3.2.21 Aporte de carga contaminante de DBO5, DQO, NT Y PT por subzona hidrográfica**

SUBZONA HIDROGRÁFICA	DBO	DQO	NITRÓGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL	SST
	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(t/año)
2613 Río Otún y otros directos al Cauca	6.226	12.359	-	-	12.069

<sup>192</sup> IDEAM, 2015. Op.Cit. p.251.

SUBZONA HIDROGRÁFICA	DBO	DQO	NITRÓGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL	SST
	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(t/año)
2615 Río Chinchiná	12.569	22.121	1.524	441	18.312
2616 Río Tapias y otros directos al Cauca	1.347	2.324	-	-	2.430
2618 Río Arma	953	1.651	-	-	1.722

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2016 (modificado del Estudio Nacional del Agua, ENA - 2014)

En lo que se refiere a la demanda potencial de agroquímicos el ENA 2014, infiere que en Antioquia y Caldas se utilizaron en el 2012 aproximadamente 5000 y 50 toneladas respectivamente, entre solventes orgánicos, bases, ácidos, y oxidantes fuertes. Uno de los mayores impactos que genera la demanda de fertilizantes sin control cuando llegan a los cuerpos de agua por escorrentía, es la eutrofización de las corrientes de agua superficial, provocando disminución en el oxígeno disuelto y el deterioro en la fauna acuática<sup>193</sup>.

En cuanto a los vertimientos al agua y suelo por uso de mercurio en la minería el estudio infiere que Antioquia es uno de los departamentos con mayor producción de oro y plata con un representación nacional del 42% y 53% respectivamente. Por lo que el uso de mercurio es significativo con un valor para el 2012 de 170 toneladas. Así mismo la producción de estos metales en el departamento de Caldas representa el 3 % en oro y 13% en plata<sup>194</sup>.

### 3.2.5.1 Calidad de Agua en el AID del departamento de Caldas

Para el departamento de Caldas como se mencionó anteriormente, la información de calidad de agua se obtuvo del informe “Estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos, diferentes al río Chinchiná” publicado en el 2014, en éste la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS con el Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento – GIAS de la Universidad Tecnológica de Pereira – UTP, trabajaron en juntos para documentar el estado de la calidad del agua de las corrientes receptoras de vertimientos puntuales en su jurisdicción.

A continuación se presentan los resultados obtenidos sobre la calidad del agua de las corrientes hídricas receptoras de vertimientos puntuales durante el estudio, en el sector hidrográfico que es de nuestro interés para el Proyecto Medellín – La Virginia. Los resultados corresponden a los Índices de Calidad del Agua e Índices de Contaminación tales como el ICA (Índice de Calidad del Agua), ICOMO (Índice de

<sup>193</sup> Ibid. p.259

<sup>194</sup> Ibid. p.259

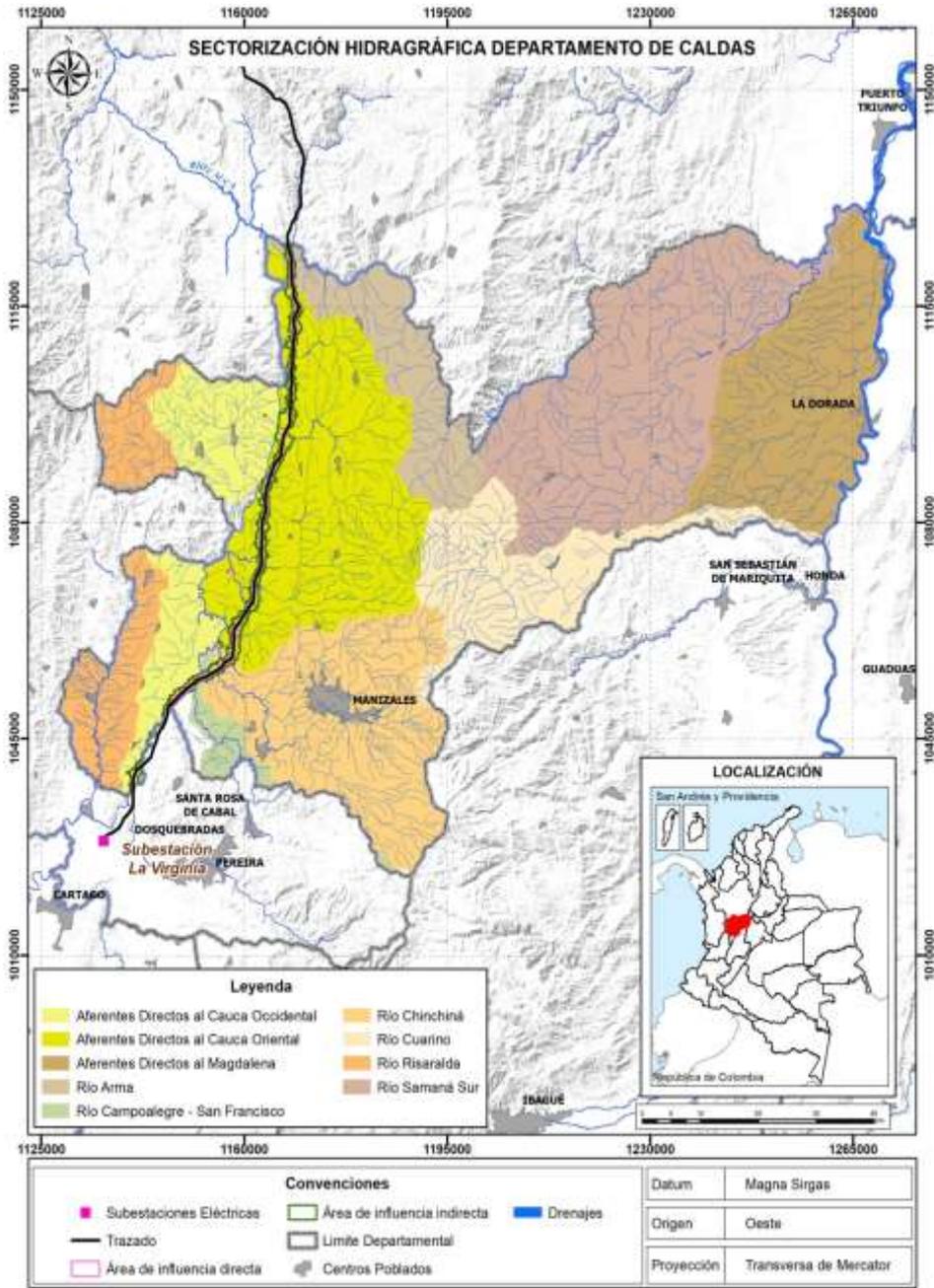
Contaminación por Materia Orgánica) e ICOSUS (Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos).

En la Tabla 3.2.22 se presentan las corrientes con objetivos de calidad de agua que pertenecen al AID del Proyecto y en la Figura 3.2.37 se pueden observar los sectores hidrográficos bajo jurisdicción de CORPOCALDAS, la zona que corresponde al lado izquierdo de la figura es el área de nuestro interés, pues gran parte de la línea atraviesa por esa zona.

**Tabla 3.2.22 Corrientes con objetivos de calidad en Caldas y sectorización hidrográfica para el AID**

VERTIENTE	CÓDIGO IDEAM	CUENCA	AFLUENTES CON OBJETIVOS DE CALIDAD	MUNICIPIOS EN JURISDICCIÓN
Río Cauca	2613	Río Campoalegre-San Francisco	No se definieron objetivos de calidad	
	2616	Aferentes directos al Cauca Oriente	Río Maibá	Filadelfia
			Quebrada Doctrinas	La Merced
			Río Tapias	Neira
			Río Pácora	Pácora
2617	Aferentes directos al Cauca Occidente	Quebrada Montevideo	Belalcázar	

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2017 (modificado del Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná , 2014)



Fuente: Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014.

**Figura 3.2.37 Sectorización hidrográfica de Caldas**

### 3.2.5.1.1 Aferentes directos al Cauca Oriente

#### ➤ Río Maibá, Filadelfia

“El río Maibá recibe el 100% de los vertimientos domésticos del municipio de Filadelfia, con una carga de 93.455,15 Kg de DBO5 /año y de 91.217,90 Kg de SST/año. El río se divide en tres tramos (ver Tabla 3.2.23), no obstante en el programa de monitoreo establecido por CORPOCALDAS no se hizo seguimiento al tramo 3”<sup>195</sup>.

**Tabla 3.2.23 Tramos del río Maibá, Filadelfia**

TRAMO	DESCRIPCIÓN
1	K 0+000 hasta el K 2+623 desde el nacimiento del Río Maibá hasta la estación Filadelfia E1.
2	K 2+623 hasta el K 5+427 desde la estación Filadelfia E1 hasta la estación Filadelfia E2.
3	K 5+427 hasta el K 17+224 desde la estación Filadelfia E2 hasta la desembocadura del río Maibá al río Cauca.

Fuente: Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014

“En la evaluación de la calidad del agua el ICA se clasificó en un nivel de “Buena calidad” a lo largo del cauce. Este comportamiento determina que la corriente tiene una buena capacidad de dilución y autodepuración, a pesar de recibir las descargas de aguas municipales”<sup>196</sup>.

“Con respecto a los resultados del ICOMO e ICOSUS, se obtuvo un nivel de “Muy baja contaminación” en ambos casos. Lo que indica un buen estado de calidad del agua y buena capacidad de autodepuración de esta corriente”<sup>197</sup>.

*En lo correspondiente a los objetivos de calidad para el río Maibá, se estableció para el primer tramo el “Uso Preservación de Fauna y Flora” y para el segundo “Uso Agrícola No Restringido”, encontrándose en ambos casos el incumplimiento de los objetivos en vista de que para el primer tramo el valor de SST supera el fijado, e igualmente con respecto a la turbiedad para el tramo 2. Con relación al parámetro DBO5 hay cumplimiento”<sup>198</sup>.*

#### ➤ Río Tapias, Neira

“El río Tapias recibe el 100% de los vertimientos domésticos del municipio de Neira, con una carga de 343.260,34 Kg de DBO5 /año y de 343.153,41 Kg de SST/año. El

<sup>195</sup> Ibíd. p.51

<sup>196</sup> Ibíd. p.51.

<sup>197</sup> Ibíd. p.51.

<sup>198</sup> Ibíd. p.51.

río se divide en tres tramos (ver Tabla 3.2.24), no obstante en el programa de monitoreo establecido por CORPOCALDAS no se hizo seguimiento al tramo 3<sup>199</sup>.

**Tabla 3.2.24 Tramos río Tapias, Neira**

TRAMO	DESCRIPCIÓN
1	K 0+000 hasta el K 13+906 desde el nacimiento del Río Tapias hasta la estación Neira E1.
2	K 13+906 hasta el K 22+897 desde la estación Neira E1 hasta la estación Neira E2.
3	K 22+897 hasta el K 45+117 desde la estación Neira E2 hasta la desembocadura del río Tapias al río Cauca.

Fuente: Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014

“A partir de los resultados del ICA en las estaciones E1 y E2 del río Tapias puede establecerse que las condiciones de esta fuente son óptimas; este resultado clasifica la corriente en un nivel de “Buena calidad”<sup>200</sup>.

“El ICOMO medido en el río Tapias clasificó la corriente en un nivel de “Muy baja contaminación” en E1 y en “Baja contaminación” en E2. Con relación al ICOSUS se obtuvo una clasificación de “Muy baja contaminación” por sólidos suspendidos<sup>201</sup>.

*En lo que corresponde a objetivos de calidad para los tramos 1 y 2 se fijaron los usos “Preservación de Fauna y Flora” y “Agrícola Restringido” respectivamente; de acuerdo con el último reporte de monitoreo del año 2013 el tramo 1 cumple con lo planteado, no obstante, el tramo 2 presenta incumplimiento puesto que los valores de conductividad y turbiedad están por fuera de los rangos establecidos. Con relación a los parámetros DBO5 y SST, hay cumplimiento<sup>202</sup>.*

- Quebrada 2615-084-014-023-09 Quebrada Las Malvinas, Amazonas y Doctrinas, La Merced

En el AID se encuentra la quebrada Doctrinas, es por esta razón que se tomó este tramo.

“La quebrada Doctrinas junto con las quebradas Malvinas y Amazonas reciben el 54.3% de los vertimientos domésticos del municipio de La Merced, con una carga de 26.667,63 Kg al año tanto de DBO5 como de SST. La quebrada se divide en tres

<sup>199</sup> Ibíd. p.52

<sup>200</sup> Ibíd. p.52.

<sup>201</sup> Ibíd. p.52.

<sup>202</sup> Ibíd. p.52.

tramos (ver Tabla 3.2.25), no obstante en el programa de monitoreo establecido por CORPOCALDAS no se hizo seguimiento al tramo 3<sup>203</sup>.

**Tabla 3.2.25 Tramos de las quebradas Malvinas, Amazonas y Doctrinas**

TRAMO	DESCRIPCIÓN
1	K 0+000 hasta el K 0+555 desde el nacimiento de la quebrada 2615-084-014-09 hasta la estación La Merced E1.
2	K 0+555 hasta el K 1+529 desde la estación La Merced E1 hasta la estación La Merced E2.
3	K 1+529 hasta el K 8+053 desde la estación La Merced E2 hasta la desembocadura de la quebrada Amazonas al río Maibá.

Fuente: Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014

“La determinación de la calidad del agua de las quebradas Malvinas y Amazonas, arrojó un ICA en un nivel de “Buena calidad” en ambas estaciones; esta calidad no se afectó a pesar de reportar un incremento de coliformes fecales, fósforo y nitrógeno”<sup>204</sup>.

“Con relación a los resultados de ICOMO e ICOSUS se considera un buen estado de las fuente, dado que el ICOMO se mantiene en “Baja contaminación” por materia orgánica y el ICOSUS “Muy baja contaminación” por sólidos suspendidos”<sup>205</sup>.

*En referencia a los objetivos de calidad se fijaron para esta corriente en los tramos 1 y 2 el mismo uso: “Preservación de Fauna y Flora”, encontrándose el incumplimiento para el primero debido a que el valor de oxígeno disuelto es bajo con relación al establecido para este uso, mientras que para el segundo tramo actualmente se cumple con el objetivo de calidad. Con relación a los parámetros DBO5 y SST, hay cumplimiento”<sup>206</sup>.*

En la Tabla 3.2.26 se exponen los resultados de los parámetros físico-químicos, evaluados en el año 2013, y en la Figura 3.2.38 se pueden ver las corrientes receptoras de la cuenca aferentes directos al cauca oriente.

<sup>203</sup> Ibíd. p.53

<sup>204</sup> Ibíd. p.53.

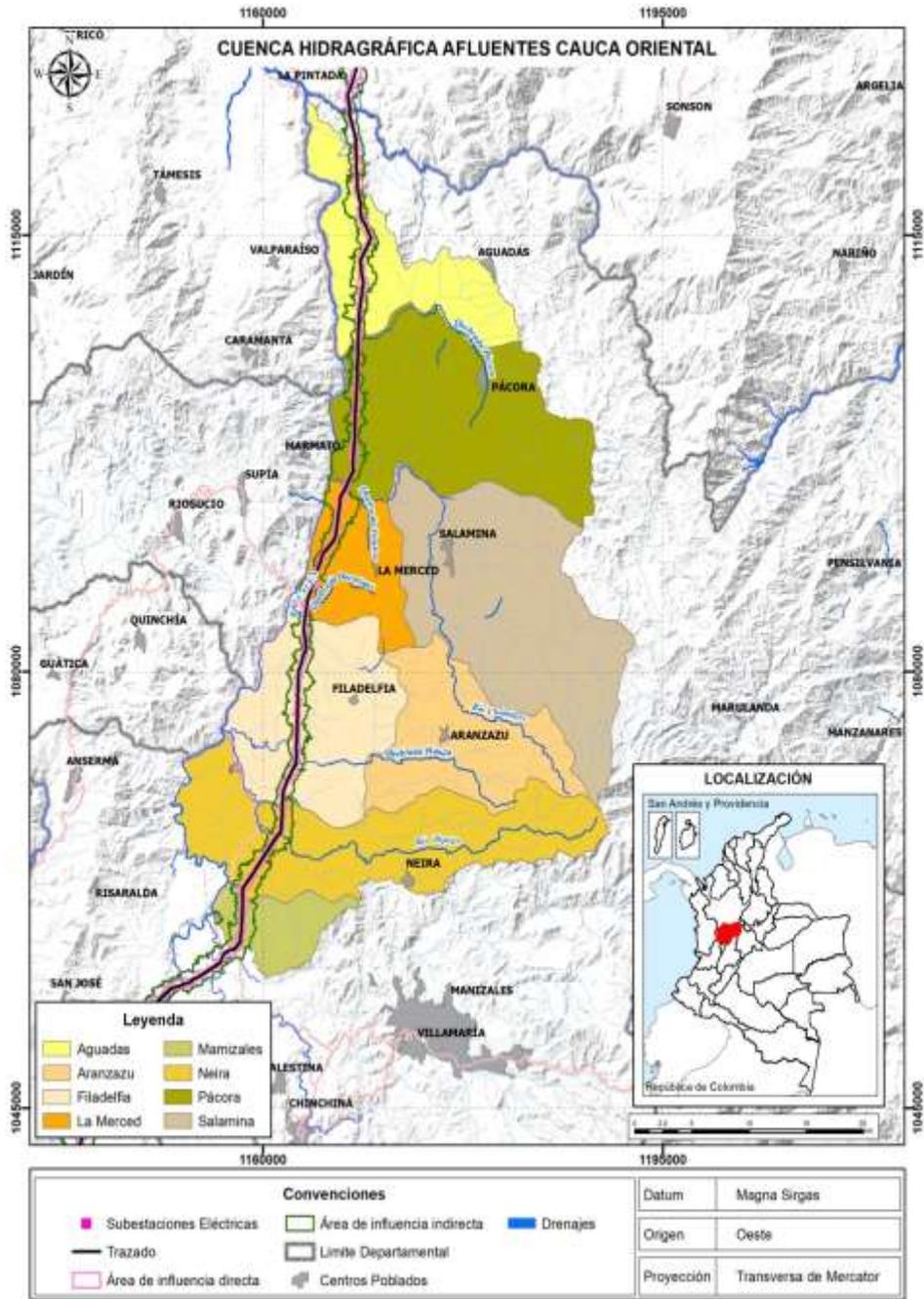
<sup>205</sup> Ibíd. p.53.

<sup>206</sup> Ibíd. p.53.

**Tabla 3.2.26 Parámetros fisicoquímicos de interés evaluados en el año 2013 para la Cuenca Aferentes directos al Cauca Oriente**

MUNICIPIO	FILADEFIA		NEIRA		LA MERCED	
Corriente	Río Maibá		Río Tapias		Quebrada Las Malvinas, Amazonas y Doctrinas	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Caudal (m <sup>3</sup> /seg)	0.135	0.764	1.870	2.460	0.0006	0.022
OD (mg/L)	5.00	4.70	5.20	5.10	4.20	5.00
DBO (mg/L)	1<LCM	1<LCM	1<LCM	2.00	0<LCM	0<LCM
SST (mg/L)	64.00	24.00	6<LCM	5<LCM	4<LCM	2.00
NT (mg/L)	1.60	1.10	2.70	2.10	0.50	2.10
Turbiedad (NTU)	38.00	12.00	3.00	10.00	3.00	3.00
Conductividad (μ/cm)	398.00	383.00	118.00	138.00	3.24	2.97

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2017 (modificado del Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014)



Fuente: Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014.

**Figura 3.2.38 Cuenca aferentes directos al Cauca oriente**

### 3.2.5.1.2 Cuenca aferentes directos al Cauca Occidente

➤ Quebrada Montevideo, Belalcázar

“La Q. Montevideo recibe el 33,7% de los vertimientos domésticos del municipio de Belalcázar, con una carga de 43.575,34 Kg al año, tanto de DBO5 como de SST. La quebrada se divide en tres tramos (ver Tabla 3.2.27), no obstante en el programa de monitoreo establecido por CORPOCALDAS no se hizo seguimiento al tramo 3”<sup>207</sup>.

**Tabla 3.2.27 Tramos de la Quebrada Montevideo**

TRAMO	DESCRIPCIÓN
1	K 0+000 hasta el K 0+236 desde el nacimiento de la quebrada Montevideo hasta la estación Belalcázar E3.
2	K 0+236 hasta el K 1+484 desde la estación Belalcázar E3 hasta la estación Belalcázar E4.
3	K 1+484 hasta el K 3+601 desde la estación Belalcázar E4 hasta la desembocadura de la quebrada Montevideo al río Cauca.

Fuente: Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014

*En la Quebrada Sin nombre y Montevideo se reportó una disminución significativa de la calidad del agua la cual se refleja en el valor del ICA, que pasa de “Buena calidad” a “Mala calidad” en E2; esto se presenta por el incremento de turbiedad, nitrógeno total, DBO5, sólidos totales y coliformes fecales, debido a la descarga de aguas residuales domésticas<sup>208</sup>.*

“Por parte del ICOMO puede establecerse que se presenta coherencia entre los resultados de este índice y el valor del ICA, debido a que el deterioro de la calidad del agua se atribuye al incremento de DBO5 y coliformes totales, los cuales traen como consecuencia una disminución de oxígeno disuelto en este tramo”<sup>209</sup>.

*Con referencia al ICOSUS, se reportó un incremento considerable de contaminación por sólidos suspendidos entre las dos estaciones, pasando el nivel de “Muy baja contaminación” a “Mediana contaminación”. Esto ocasiona un incremento de sedimentos en la corriente, que afecta la calidad y la disponibilidad de oxígeno disuelto para las especies acuáticas y la degradación de la materia orgánica; la carga de sólidos suspendidos puede ocasionarse por la escorrentía*

<sup>207</sup> Ibíd. p.64

<sup>208</sup> Ibíd. p.64

<sup>209</sup> Ibíd. p.64

de los suelos en la cuenca o un vertimiento puntual aguas arriba del sitio de muestreo<sup>210</sup>.

En la Tabla 3.2.28 se presentan los resultados de los parámetros físicos químicos evaluados en el año 2013 para la quebrada Montevideo.

**Tabla 3.2.28 Parámetros fisicoquímicos de interés evaluados en el año 2013 para la Cuenca aferentes directos al Cauca Occidente**

MUNICIPIO	Belalcázar	
Corriente	Quebrada Montevideo	
	E3	E4
Caudal (m <sup>3</sup> /seg)	0.004	0.008
OD (mg/L)	4.40	3.50
DBO (mg/L)	1<LCM	36.00
SST (mg/L)	5<LCM	142.00
NT (mg/L)	3.20	7.50
Turbiedad (NTU)	1.00	46.00
Conductividad (µ/cm)	163.00	156.00

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2017 (modificado del Informe del estado de la calidad de los cuerpos de agua receptores de vertimientos diferentes al río Chinchiná. Manizales, 2014)

### 3.2.5.2 Calidad de Agua en el AID del departamento de Risaralda

Para el departamento de Risaralda como ya se mencionó, la información de calidad de agua se obtuvo del Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda 2012<sup>211</sup>, en este informe para realizar la evaluación de calidad se tuvo en cuenta la metodología IFSN<sup>212</sup>, el cual es un parámetro aplicado para calificar el estado de una corriente, y combina el efecto de 9 parámetros de calidad del agua. Dichos parámetros son: Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO5, Nitratos, Fosfatos, Desviación de Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales<sup>213</sup>.

Dependiendo del valor de este índice, el agua puede ser calificada como Excelente, Buena, Regular, Mala o Muy Mala. Como se muestra en la Tabla 3.2.29.

**Tabla 3.2.29 Rangos del IFSN utilizados para la determinación de la calidad del agua**

VALOR INFS	CLASIFICACIÓN DEL AGUA	CONVENCIÓN
91 – 100	Excelente	

<sup>210</sup> Ibíd. p.64

<sup>211</sup> FLORÉZ, Y, 2013. Op. Cit.

<sup>212</sup> Ibíd. p.7

<sup>213</sup> Ibíd. p.7

VALOR INFS	CLASIFICACIÓN DEL AGUA	CONVENCIÓN
71 – 90	Buena	
51 – 70	Regular	
26 - 50	Mala	
0 - 25	Muy mala	

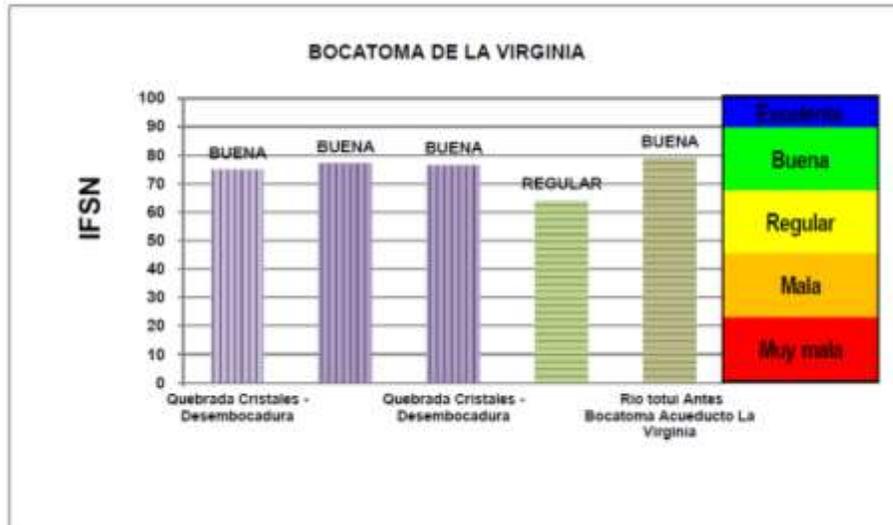
Fuente: Tomado del Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013

En general los resultados de las fuentes muestreadas en el estudio y que se encuentran dentro del AID del proyecto, arrojan resultados de calidad de agua “BUENA”, en los tramos donde se presenta una calidad “REGULAR” se debe a las épocas de invierno donde la turbiedad y los sólidos totales aumentan debido a las fuertes lluvias. Los resultados y gráficas se muestran a continuación.

### 3.2.5.2.1 Monitoreo de bocatoma municipal y PMN del AID

#### ➤ Municipio de la Virginia

*El monitoreo realizado en el año 2012 se evaluó con los datos registrados en los tres muestreos que se ejecutaron en la quebrada cristales dando un reporte de Buena calidad y el Rio Totui registró un estado Regular en el primer muestreo y un ascenso de Buena calidad en el segundo muestreo, a la altura de la bocatoma municipal de la Virginia, como se evidencia en la Figura 3.2.39.*



Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013.

**Figura 3.2.39 Comportamiento de calidad IFSN para la bocatoma de La Virginia**

#### ➤ Municipio de Marsella

“El monitoreo realizado en el año 2012 se evaluó con los datos registrados en los dos muestreo que se ejecutaron en la quebrada la Nona a la altura de la bocatoma del municipio de Marsella dando un reporte de Buena calidad según los parámetro empleados para la calificación (IFS N) como se evidencia en la Tabla 3.2.30 y en la

Figura 3.2.40, registrando un poco de ascenso en la calidad y una disminución de coliformes fecales<sup>214</sup>.

**Tabla 3.2.30 Comportamiento de calidad IFSN**

RÍO - QUEBRADA	ESTACIÓN	COORDENADAS		13-FEB-12		02-OCT-12	
		X	Y	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad
Qda La Nona	PMN La Nona	1149878	1032482	75	BUENA	78	BUENA

Fuente: Tomado del Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013



Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013

**Figura 3.2.40 Comportamiento de calidad IFSN para la quebrada La Nona**

### 3.2.5.2.2 Monitoreo de las unidades hidrográficas del AID

#### ➤ Río San Francisco

*El Río San Francisco en el primer monitoreo de calidad y cantidad en el mes de abril se observó durante la actividad un aumento de caudal, turbiedad y sólidos totales por una fuerte lluvia la noche anterior registrando un descenso en la calidad a un estado (Regular), desde la estación puente mira campo hasta la estación de la desembocadura el kiosco; en los dos siguientes monitoreos que se realizaron el mes de julio y octubre observándose una calidad buena en la estación puente mira campo hasta la estación el kiosco desembocadura<sup>215</sup>.*

<sup>214</sup> Ibíd. p. 15

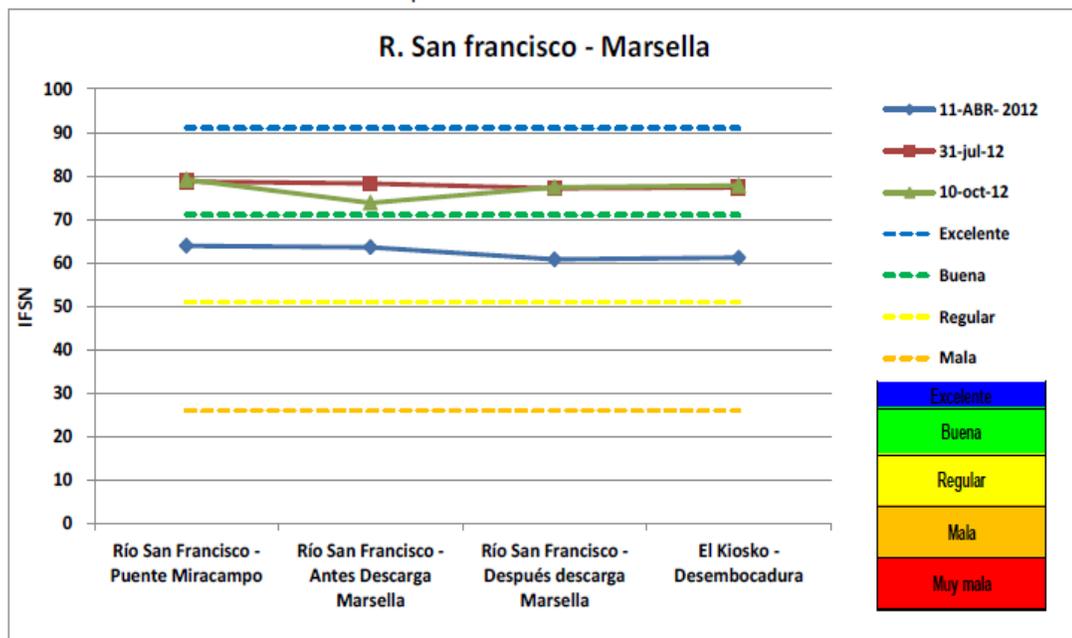
<sup>215</sup> Ibíd. p. 21

En la Tabla 3.2.31 y en la Figura 3.2.41 se muestran los resultados consolidados del IFSN.

**Tabla 3.2.31 Tabla consolidada del IFSN para el río San Francisco**

RÍO - QUEBRADA	ESTACIÓN	COORDENADAS		11-abril-12		31-jul-12		10-oct-12	
		X	Y	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad
Río San Francisco	Pte Mira campo	1032632	1154002	64	Regular	79	Buena	79	Buena
	Antes de la descarga Marsella	1039140	1151045	64	Regular	78	Buena	74	Buena
	Después de la descarga Pte. Vía Chinchiná	1090889	1151199	61	Regular	77	Buena	77	Buena
	El Kiosco	1099966	1150236	61	Regular	77	Buena	78	Buena

Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013



Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013.

**Figura 3.2.41 Comportamiento de calidad IFSN Río San Francisco**

➤ Río Otún

*“El Río Otún en el primer monitoreo del mes de enero se observó un aumento de caudal por el periodo de lluvias registrando una mayor dilución y mejorando la calidad como se registra en la gráfica dando un resultado (Buena), hasta la estación Carrefour, en la estación después colector egoya registro un descenso a un estado (Regular) debido a la descarga urbana del municipio de Pereira y la quebrada Dosquebradas no presentando recuperación natural hasta la estación*

de la desembocadura; en los dos siguientes monitoreos que se realizaron el mes de julio y octubre se observó un caudal bajo y esto llevo a una disminución de la calidad aun estado (Regular) desde la estación vidriera Otún hasta la desembocadura sin ninguna recuperación<sup>216</sup>.

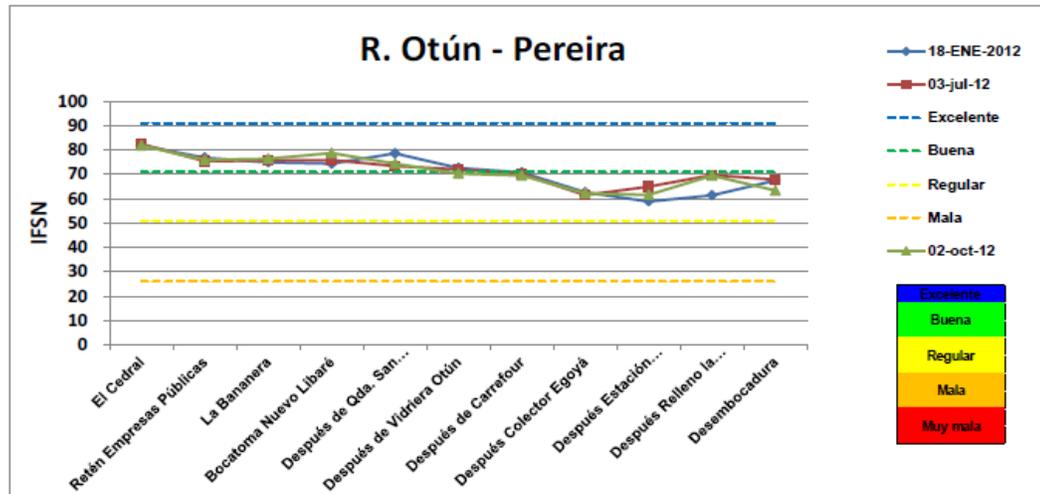
En la Tabla 3.2.32 y en la Figura 3.2.42 se muestran los resultados consolidados del IFSN.

**Tabla 3.2.32 Tabla consolidada del IFSN para el río Otún**

RÍO - QUEBRADA	ESTACIÓN	COORDENADAS		18-ene-12		03-jul-12		02-oct-12	
		X	Y	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad
Río Otún	El Cedral	1012275	1170894	82	Buena	82	Buena	82	Buena
	Retén Empresas Públicas	1017110	1163549	77	Buena	75	Buena	76	Buena
	La Bananera	1019697	1160346	75	Buena	76	Buena	76	Buena
	Bocatoma Nuevo Libaré	1020514	1159007	74	Buena	76	Buena	79	Buena
	Después de Qda. San José	1022000	1158619	79	Buena	73	Buena	74	Buena
	Después de Vidriera Otún	1023192	1156776	73	Buena	72	Buena	70	Regular
	Después de Carrefour	1024624	1154479	71	Buena	70	Regular	70	Regular
	Después Colector Egojá	1024747	1149891	63	Regular	61	Regular	62	Regular
	Después Estación Belmonte	1024410	1144928	59	Regular	65	Regular	62	Regular
	Después Relleno la Glorita	1029705	1140965	61	Regular	70	Regular	69	Regular
	Desembocadura	1034310	1140220	67	Regular	68	Regular	63	Regular

Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013

<sup>216</sup> Ibíd. p.24



Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013.

**Figura 3.2.42 Comportamiento de calidad IFSN Río Otún**

➤ Río Cauca

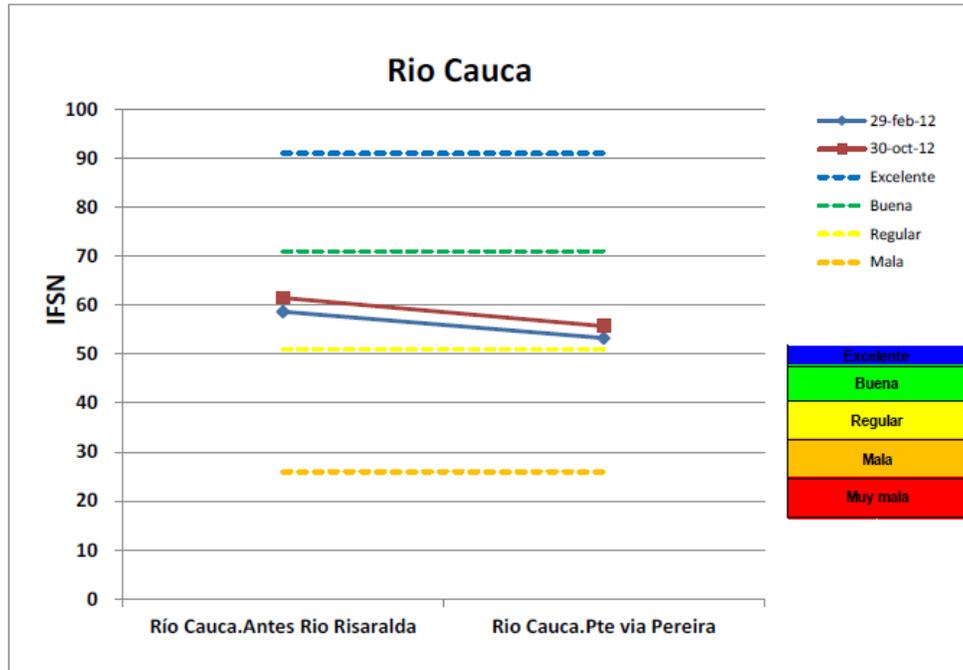
El Río Cauca se monitoreo durante el año 2012 con una frecuencia de dos veces, desde antes de la desembocadura del Río Risaralda hasta el Puente Vía Pereira donde se observa un comportamiento muy similar en la calidad con un resultado de (Regular). Según el parámetro empleado del IFSN se observa un pequeño descenso en las dos estaciones como se observa en la Tabla 3.2.33 y en la Figura 3.2.43<sup>217</sup>.

**Tabla 3.2.33 Tabla consolidada de I IFSN para el río Cauca**

RÍO - QUEBRADA	ESTACIÓN	COORDENADAS		29-feb-12		30-oct-12	
		X	Y	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad
Río Cauca	Antes Río Risaralda	1032875	1131961	59	Regular	61	Regular
		1032015	1134001	53	Regular	56	Regular

Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013

<sup>217</sup> Ibíd. p.55



Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013.

**Figura 3.2.43 Comportamiento de calidad IFSN Río Cauca**

➤ Quebrada Grande

La quebrada Grande se monitoreo durante el año 2012 con una frecuencia de tres veces donde se observa que en el primero y segundo monitoreo se observa un comportamiento muy similar en la calidad dando un resultado en todas sus estaciones de Buena calidad, en el tercer monitoreo se presentaron fuertes lluvias la noche anterior donde el río presentaba turbiedad en la estación el cual ocasiono un descenso en la calidad aun estado regular en todas las estaciones como se observa en la Tabla 3.2.34 y la Figura 3.2.44<sup>218</sup>.

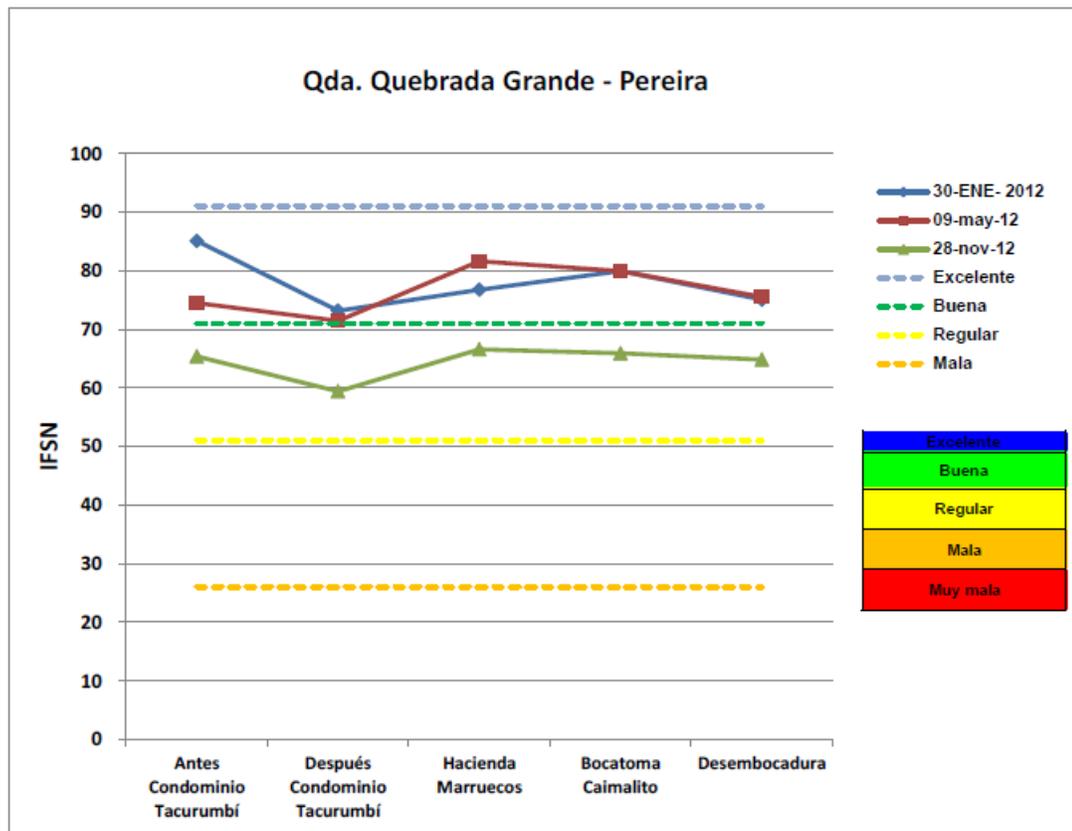
**Tabla 3.2.34 Tabla consolidada del IFSN para la Quebrada Grande**

RÍO - QUEBRADA	ESTACIÓN	COORDENADAS		30-ene-12		09-mayo-12		28-nov-12	
		X	Y	IFS	Calidad	IFS	Calidad	IFS	Calidad
Q. Grande	Antes del condominio	1024041	1139406	85	Buena	74	Buena	65	Regular
	Condominio Tacurumbi	1024197	1138894	80	Buena	80	Buena	66	Regular

<sup>218</sup> Ibíd. p.55

RÍO - QUEBRADA	ESTACIÓN	COORDENADAS		30-ene-12		09-mayo-12		28-nov-12	
		X	Y	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad	IFSN	Calidad
	Hda Marruecos	1026700	1138040	77	Buena	82	Buena	67	Regular
	Bocatoma Caimalito N2	1028650	1134594	73	Buena	71	Buena	59	Regular
	Antes desembocadura - Caimalito	1031475	1134889	75	Buena	76	Buena	65	Regular

Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013



Fuente: Informe de Monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda, 2013.

**Figura 3.2.44 Comportamiento de calidad IFSN Quebrada Grande**

### 3.2.6 USOS DEL AGUA

De acuerdo a las características técnicas del Proyecto, la probabilidad de realizar intervención a algún cuerpo de agua es baja, por lo tanto no se contempla que vayan a existir cambios o limitaciones en cuanto a la disponibilidad del recurso para los diferentes tipos de usos que los usuarios le dan a las corrientes; de igual manera cabe aclarar que el abastecimiento de agua para el desarrollo del proyecto será adquirido a través de entidades autorizadas para su distribución.

Tomando como directriz los términos de referencia LI-TER-1-01 proporcionados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), en este numeral presenta el inventario general de usos y usuarios actuales dentro del área de influencia, para el cual se solicitó a las Corporaciones autónomas regionales (CAR) los listados actualizados de las concesiones de agua superficial otorgadas.

Como cita el Artículo 92 Decreto 2811 de 1974, "Toda concesión de aguas estará sujeta a condiciones especiales previamente determinadas para defender las aguas, lograr su conveniente utilización, la de los predios aledaños, y en general, el cumplimiento de los fines de utilidad pública e interés social inherente a la utilización". A continuación se abarcará este apartado a la luz de la legislación ambiental vigente.

#### 3.2.6.1 Normatividad asociada al uso del recurso hídrico

El 26 de mayo de 2015 se expidió el "Decreto Reglamentario Único del sector Ambiente" que compila todas las resoluciones, leyes y normas en materia ambiental. En los Artículos (2.2.3.3.1.1 al 2.2.3.3.11.2) se establecen las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico y ordenamiento del mismo; y en los Artículos (2.2.3.1.11.2 al 2.2.3.4.1.7) que hacen referencia a las normas relacionadas con el agua en todos sus estados; los anteriormente llamados Decreto 1541 de 1978 y el Decreto 3930 de 2010, respectivamente y ambos del Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Como se mencionó anteriormente, dentro de los términos de referencia, se requiere el análisis sobre los usos actuales del agua, para lo cual se presentará un análisis de las concesiones de agua actuales dentro del proyecto, tanto para el AII como para el AID. Según el Artículo 2.2.3.2.5.3 del Decreto 1076 de 2015, "Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere de permiso o concesión de la autoridad ambiental competente para hacer uso de aguas públicas o cauces". Por esto, en las diferentes corporaciones autónomas regionales de los departamentos dentro del área de estudio, existen los registros sobre el estado de las concesiones de aguas superficiales de su jurisdicción, a los cuales se realizó la respectiva solicitud de información. En la Tabla 3.2.35, se puede apreciar la relación de departamentos y municipios que cruzan las AII y AID del proyecto Medellín – La Virginia y que serán objeto de análisis del presente subcapítulo.

**Tabla 3.2.35 Relación de departamentos y municipios que cruzan las All y AID del proyecto Medellín – La Virginia.**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS
Antioquia	Heliconia
	Armenia
	Angelópolis
	Amagá
	Caldas
	Fredonia
	Santa Bárbara
	Abejorral
Caldas	Aguadas
	Pácora
	La Merced
	Filadelfia
	Neira
	Manizales
	Palestina
	Risaralda
	Belalcázar
Risaralda	Marsella
	Pereira

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2017

### 3.2.6.2 Caracterización de las fuentes hídricas

En la Tabla 3.2.36 se presentan los tipos de usos para los cuales el recurso agua puede ser concesionado para su aprovechamiento de acuerdo con el artículo 36 del Decreto 1541 de 1978, y que más adelante serán analizados según la oferta hídrica y el índice de escasez determinado para la región de estudio y en concordancia con los datos disponibles.

**Tabla 3.2.36 Tipos de Usos de Agua para concesión de fuentes superficial**

TIPOS DE USOS PARA CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL	
1	Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación
2	Riego y silvicultura
3	Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación

TIPOS DE USOS PARA CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL	
4	Uso industrial
5	Generación térmica o nuclear de electricidad
6	Explotación minera y tratamiento de minerales
7	Explotación petrolera
8	Inyección para generación geotérmica
9	Generación hidroeléctrica
10	Generación cinética directa
11	Flotación de maderas
12	Transporte de minerales y sustancias tóxicas
13	Acuicultura y pesca
14	Recreación y deportes
15	Usos medicinales
16	Otros usos similares

Fuente: <sup>219</sup>

De los anteriores usos mencionados, sólo se evidenciaron concesiones para los correspondientes a los numerales 1, 2, 3, 4, 13, 14 dentro de la totalidad del área de influencia del proyecto. Cabe resaltar que “Nunca podrá saberse de que tanta agua se dispone sino se sabe cuánta se usa y cuanta se necesita. Dicho de otra manera, no es posible saber la magnitud del agua que se requiere si no se conocen la calidad y magnitud del volumen de agua que se encuentra disponible; esta es la esencia de la paradoja del aprovechamiento sostenible del recurso hídrico”<sup>220</sup>. Debemos partir entonces de la localización del proyecto Medellín- La Virginia, el cual se encuentra en el Área Hidrográfica denominada *Cuenca del Magdalena-Cauca* (ver Figura 3.2.47) la cual de acuerdo al ENA, 2014 se estima que presenta un caudal de 8595 m<sup>3</sup>/s y un 13,5% de la oferta total nacional (ver Figura 3.2.45); de acuerdo con esto se encuentra que la cuenca presenta baja oferta hídrica, contrastado con la presencia de 224 cabeceras municipales con probabilidad de desabastecimiento, de las 318 cabeceras encontradas a nivel nacional (Ver Figura 3.2.46)<sup>221</sup>.

<sup>219</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1541. (28, julio de 1978). Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974: “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973. Bogotá D.C.: El Ministerio, 1978.

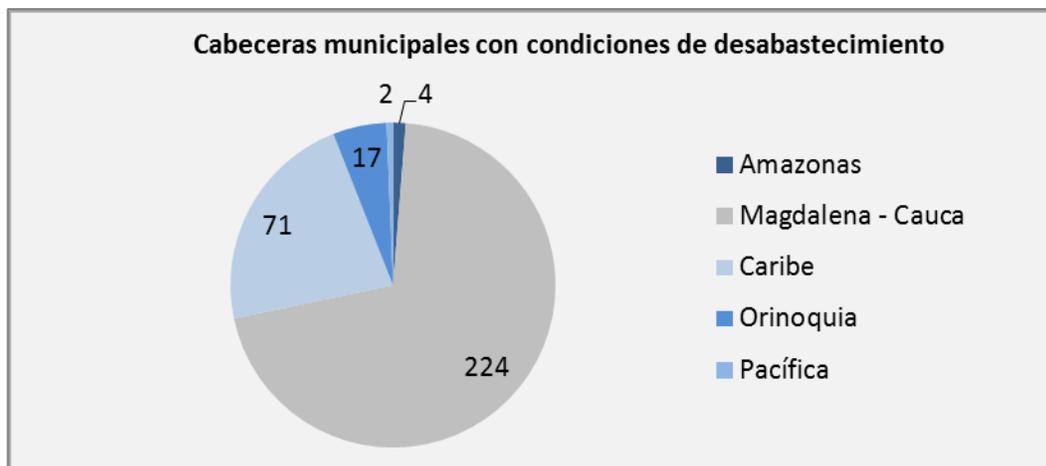
<sup>220</sup> CORANTIOQUIA. El Recurso Hídrico en la Jurisdicción de Corantioquia. Primera Edición, 2008; Medellín, Colombia. 106 Pags.

<sup>221</sup> IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 2015 496 páginas. ISBN: 978-958-8067-70-4; Pag. 64.

Área hidrográfica	Oferta total (Mm <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de la oferta
1 Caribe	182.865	5.799	9,1
2 Magdalena - Cauca	271.049	8.595	13,5
3 Orinoco	529.469	16.789	26,3
4 Amazonas	745.070	23.626	37,0
5 Pacífico	283.201	8.980*	14,1
<b>Total</b>	<b>2.011.655</b>	<b>63.789</b>	<b>100,0</b>

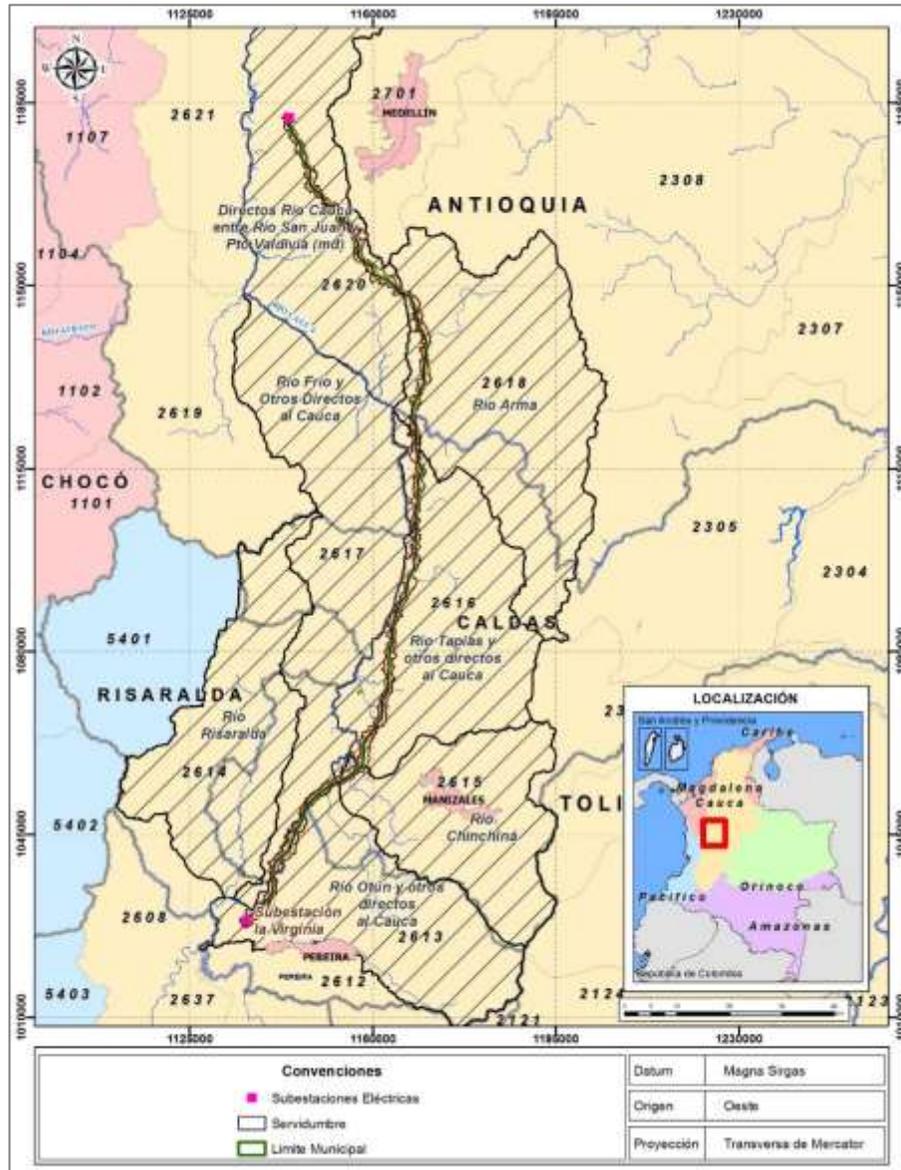
Fuente: ENA, 2014.

**Figura 3.2.45 Distribución de oferta hídrica y caudal en la cuenca Magdalena-Cauca**



Fuente: ENA, 2014

**Figura 3.2.46 Distribución de las cabeceras municipales identificadas con condiciones de desabastecimiento, por área hidrográfica.**



Fuente: Consorcio Marte-HMV, 2016

**Figura 3.2.47 Localización del Proyecto dentro de las Cuencas y Subcuencas Hidrográficas definidas por el IDEAM.**

En cuanto a Demanda Hídrica, la cual en el presente estudio se comprende como:

*La sustracción de agua del sistema natural destinada a suplir las necesidades y los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica sustracción, alteración, desviación o retención temporal del*

*recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes.<sup>222</sup>*

La demanda hídrica es entendida entonces, como la extracción de agua azul (agua superficial y subterránea,<sup>223</sup> por tanto, la disponibilidad hídrica, estará conformada, como mínimo, por la información generada por las redes hidrometeorológicas y/o estaciones de medición de caudales y de aforos, la estimación de la oferta hídrica superficial (y subterránea en la mayoría de los casos, pero para este informe solo se incluye la de tipo superficial), la información sistematizada y georeferenciada de concesiones de agua otorgadas vigentes, el registro de usuarios del agua, la caracterización de usuarios de acuerdo al sector y a la actividad, la demanda actual de agua por los usuarios y módulos de consumo.

La demanda hídrica total<sup>224</sup>, corresponde entonces a la suma del volumen de agua utilizada para los diferentes usos: doméstico, servicios, preservación de fauna y flora, agrícola, pecuario, recreativo, Industrial, energía, minería e hidrocarburos, pesca, maricultura y acuicultura, navegación, transporte y caudal de retorno, como se mencionó anteriormente en la Tabla 3.2.36.

### 3.2.6.3 Análisis de las Concesiones dentro de las áreas de Influencia del Proyecto Medellín – La Virginia.

3.2.6.3.1 Inventario de los usos y usuarios actuales y potenciales de las fuentes intervenidas por el proyecto dentro del Área de influencia Indirecta (AII).

En Tabla 3.2.37 se enuncian las concesiones que se encuentran en jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales CORANTIOQUIA, CORNARE CORPORCALDAS y CARDER, las cuales se presentan espacializadas en la Figura 3.2.49 para CORANTIOQUIA y CORNARE y en la Figura 3.2.50 para CORPOCALDAS Y CARDER.

**Tabla 3.2.37 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII del proyecto**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AII						
DEPARTAMENTO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)				
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS	TOTAL
ANTIOQUIA	217	3,28	3,75	1,45	0,00	8,48
CALDAS	53	0,43	1,24	2,56	5,60	9,83
RISARALDA	5	12,12	0,00	0,07	0,00	12,19

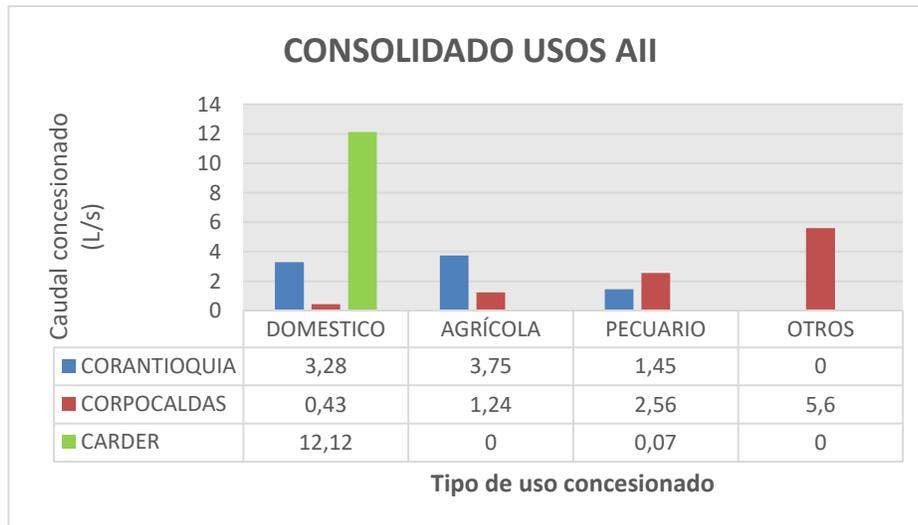
<sup>222</sup> IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología. y Estudios Ambientales. 2010; Bogotá D.C

<sup>223</sup> Ibid., p. 66

<sup>224</sup> Decreto 2930 de 2010. República de Colombia

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AII						
DEPARTAMENTO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)				
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS	TOTAL
<b>Total general</b>	<b>284</b>	<b>15,83</b>	<b>4,99</b>	<b>4,08</b>	<b>5,60</b>	<b>30,50</b>

Fuente: CORANTIOQUIA, CORPOCALADAS Y CARDER



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.48 Consolidación fuentes, usos y usuarios en el AII**

En el AII se encontró un total de 284 concesiones de aguas superficiales y un valor de 30,86 (l/s) de caudal por uso concesionado para diversos usos (ver Figura 3.2.48)

De estas 284, en el departamento de Antioquia, se tiene un total de 217 concesiones de aguas superficiales distribuidas heterogéneamente en los municipios del departamento. El total de caudal concesionado hasta la fecha, según datos obtenidos en la Corporación Autónoma Regional del departamento - CORANTIOQUIA es de 8,48 (l/s). El acceso a los datos se realizó mediante el sistema e-SIRENA<sup>225</sup>, portal donde se puede tener acceso y seguimiento a trámites ambientales en general dentro de los municipios en jurisdicción de la corporación.

Los usos que se describen para las concesiones del departamento son en su gran mayoría uso agrícola, seguido del uso Doméstico y por último el pecuario, en el cual se incluyen las actividades de ganadería y acuicultura. En la Tabla 3.2.38 se

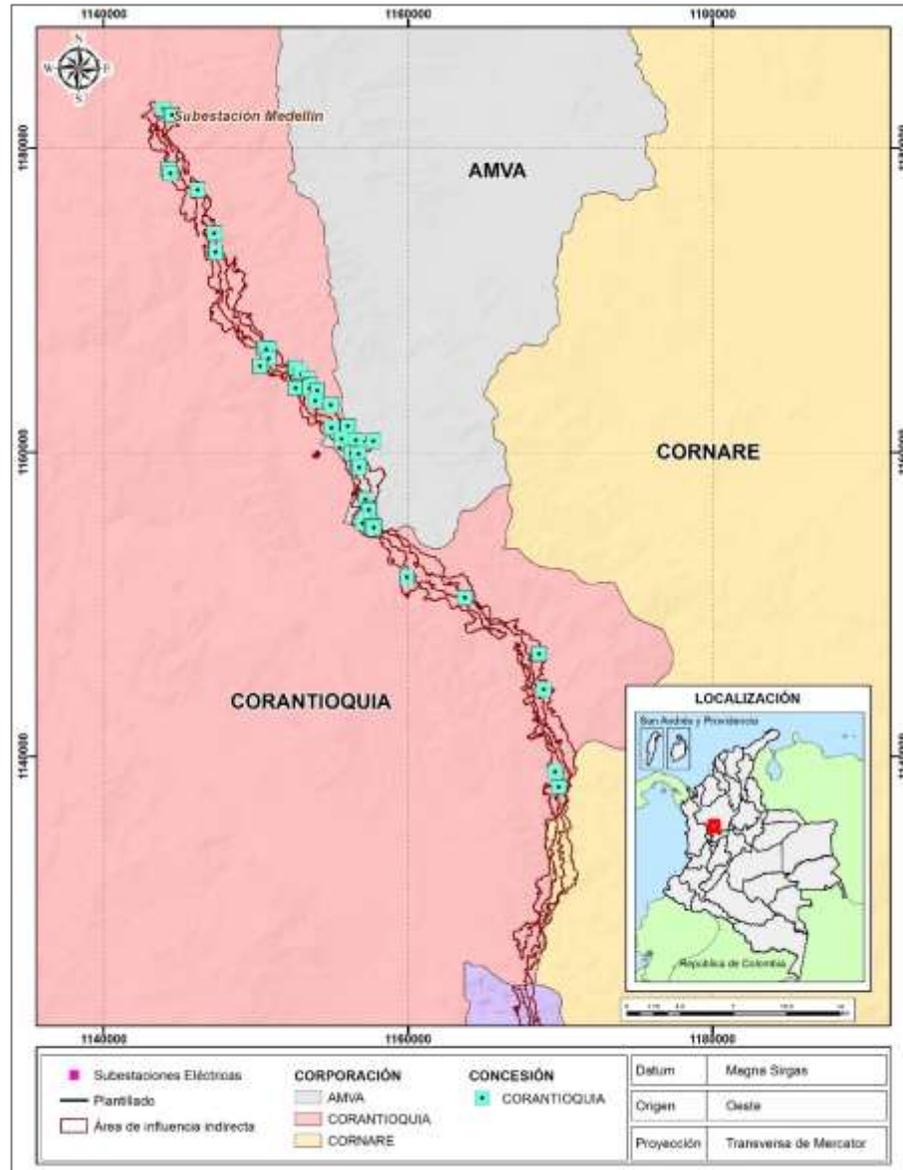
<sup>225</sup> La Corporación cuenta con una herramienta para el manejo de la información asociada a los trámites ambientales relacionados con el ejercicio de la autoridad ambiental en materia de licencias y permisos: Sistema e-SIRENA; ver: <http://sirena.corantioquia.gov.co/>.

muestra en detalle el tipo de usos concesionados dentro de cada municipio en el área de influencia del proyecto para este departamento.

**Tabla 3.2.38 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII para Antioquia**

<b>CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AII PARA CORANTIOQUIA</b>					
<b>MUNICIPIO</b>	<b>CONCESIONES</b>	<b>CAUDAL POR USO (L/S)</b>			
		<b>DOMESTICO</b>	<b>AGRÍCOLA</b>	<b>PECUARIO</b>	<b>OTROS</b>
AMAGÁ	35	0,293	0,662	0,341	0
ANGELOPOLIS	29	0,122	0	0,526	0
ARMENIA	3	0,010	0,035	0,003	0
CALDAS	111	0,982	0,390	0,437	0
FREDONIA	1	1,601	0	0	0
HELICONIA	24	0,034	0,215	0,091	0
SANTA BARBARA	14	0,023	2,403	0,058	0
<b>Total general</b>	<b>217</b>	<b>3,066</b>	<b>3,705</b>	<b>1,456</b>	<b>0</b>

Fuente: Consorcio MARTE – HMV, 2016



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.49 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas (All) CORANTIOQUIA-CORNARE.**

Se resalta que CORNARE también suministró información de concesiones de fuentes de agua superficial, para el caso del municipio de Abejorral; sin embargo, al momento de hacer la espacialización de dichas captaciones de agua superficial, en contraste con el All y AID del Proyecto, se pudo observar que ninguno de los puntos que representaban dichas concesiones se encontraban dentro del área de análisis del mismo, por lo tanto, la denominada Zona CORANTIOQUIA-CORNARE es

principalmente para las fuentes, usos y usuarios del recurso para el departamento de Antioquia en Jurisdicción de CORANTIOQUIA.

Para el caso del departamento de Caldas, dentro del total de datos que fueron analizados para este departamento, se encontró un total de 53 concesiones de aguas superficiales, para un valor concesionado de caudal por uso de 9,83 (l/s). De acuerdo con la información obtenida de la corporación se encuentra que para el departamento la mayoría de las concesiones son para otros usos; en esta categoría se incluyen primero, los usos industrial y recreación, segundo el uso pecuario en el cual se incluyen las actividades de ganadería, piscicultura, porcicultura y avícola, seguido del uso agrícola, y por último el uso doméstico. En la Tabla 3.2.39 se presenta los tipos de usos concesionados para cada uno de los municipios del departamento en el área de influencia del Proyecto

**Tabla 3.2.39 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII para Caldas**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AII PARA CORPOCALDAS					
MUNICIPIO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)			
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS
AGUADAS	17	0,097	1,100	0,510	1,500
BELALCÁZAR	3	0,010	0,000	0,092	0,000
FILADELFIA	2	0,008	0,000	0,020	0,000
LA MERCED	13	0,140	0,073	1,020	4,100
MANIZALES	3	0,036	0,167	0,000	0,000
NEIRA	2	0,006	0,000	0,180	0,000
PACORA	0	0,000	0,000	0,000	0,000
PALESTINA	7	0,073	0,000	0,126	0,000
RISARALDA	6	0,055	0,000	0,614	0,000
<b>Total general</b>	<b>53</b>	<b>0,4253</b>	<b>1,33973</b>	<b>2,561</b>	<b>5,600</b>

Fuente: Consorcio MARTE – HMV, 2016

Para el departamento de Risaralda, sólo se tuvieron datos de los municipios de Marsella y Pereira, pues para la zona de La Virginia, no se reportaron datos actualizados o disponibles para un posterior análisis<sup>226</sup>. Según los datos de aguas superficiales en el AII de este departamento, se contabilizaron un total de cinco (5) concesiones con un valor de caudal por uso de 12,19 (l/s). En la Tabla 3.2.40 se pueden apreciar los valores consolidados para los usos del recurso hídrico, entre los

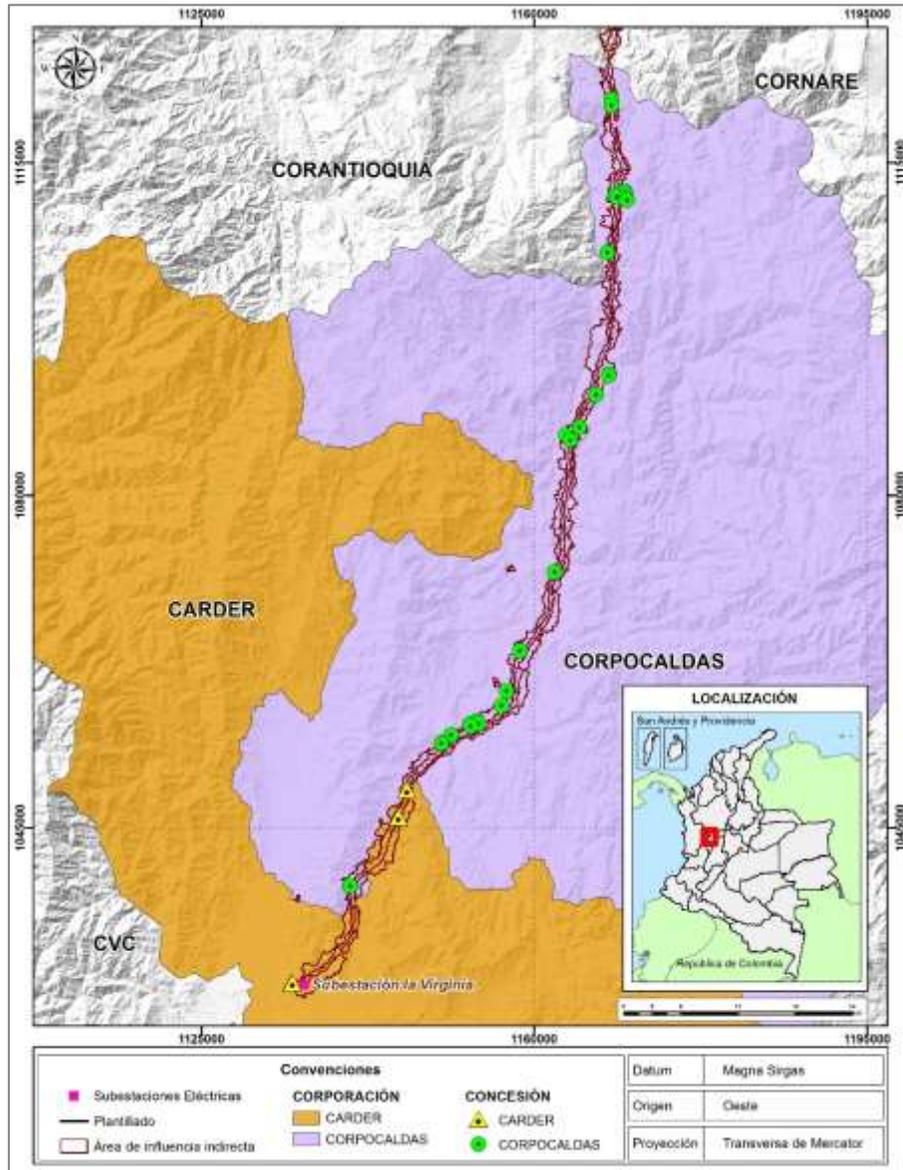
<sup>226</sup> Tampoco se descarta la posibilidad de encontrar algunas concesiones de aguas superficiales dentro del municipio de La Virginia, durante el proceso de avance de este estudio. Cualquier dato proporcionado por la corporación autónoma regional de Risaralda- CARDER es susceptible de incluirse en este informe en una versión posterior, de acuerdo a requerimientos y necesidades.

cuales se encuentran únicamente uso doméstico y pecuario. En la Figura 3.2.50 puede observarse para el departamento de Risaralda, el total de concesiones otorgadas, en la zona CORPOCALDAS – CARDER.

**Tabla 3.2.40 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AII para Risaralda**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AII PARA CARDER					
MUNICIPIO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)			
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS
MARSELLA	3	0,12	0	0,07	0
PEREIRA	2	12	0	0	0
<b>Total general</b>	<b>5</b>	<b>12,12</b>	<b>0</b>	<b>0,07</b>	<b>0</b>

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2016



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.50 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas en AII CORPOCALDAS - CARDER.**

3.2.6.3.2 Inventario de los usos y usuarios actuales y potenciales de las fuentes intervenidas por el proyecto dentro del AID

El área de influencia directa del Proyecto, es aquella donde se manifiestan los impactos generados por las actividades de construcción y operación; dicha área está relacionada con el sitio del Proyecto y la infraestructura asociada. De acuerdo

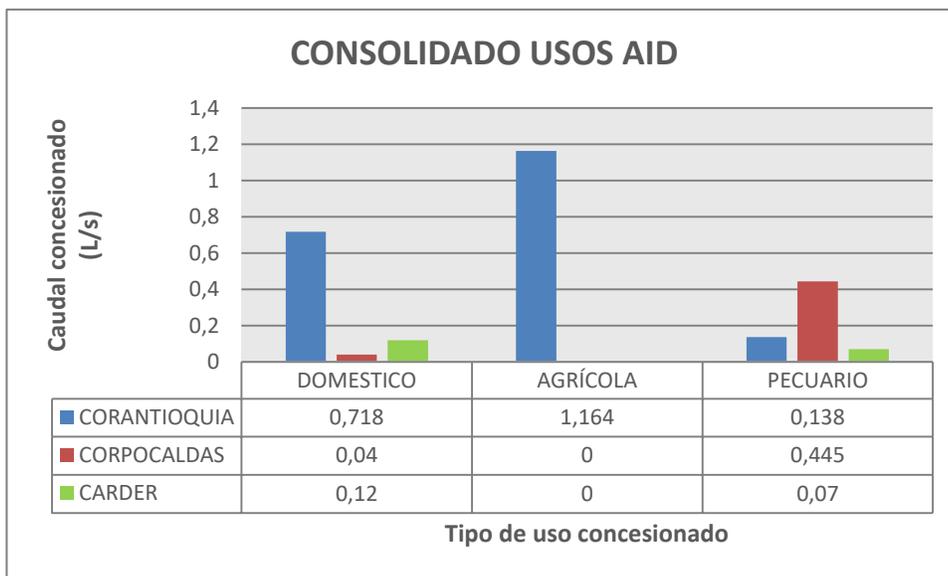
con esto, se presentan a continuación los inventarios de usuarios del recurso hídrico superficial dentro del AID para los departamentos de Antioquia, Caldas y Risaralda.

**Tabla 3.2.41 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID del proyecto**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AID						
DEPARTAMENTO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)				
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS	TOTAL
ANTIOQUIA	90	0,718	1,164	0,138	0	2,019
CALDAS	7	0,040	0	0,445	0	0,485
RISARALDA	3	0,120	0	0,070	0	0,190
<b>Total general</b>	<b>100</b>	<b>0,878</b>	<b>1,164</b>	<b>0,653</b>	<b>0</b>	<b>2,694</b>

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2016

Dentro del Área de Influencia Directa, se tiene un total de 100 concesiones de aguas superficiales con un caudal total de 2,694 (l/s) a lo largo de los departamentos de Antioquia, Caldas y Risaralda. El consolidado de estas captaciones se puede apreciar en la Tabla 3.2.41 y en la Figura 3.2.51. Por último en la Figura 3.2.53 se presentan dichas concesiones espacializadas.



Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2016

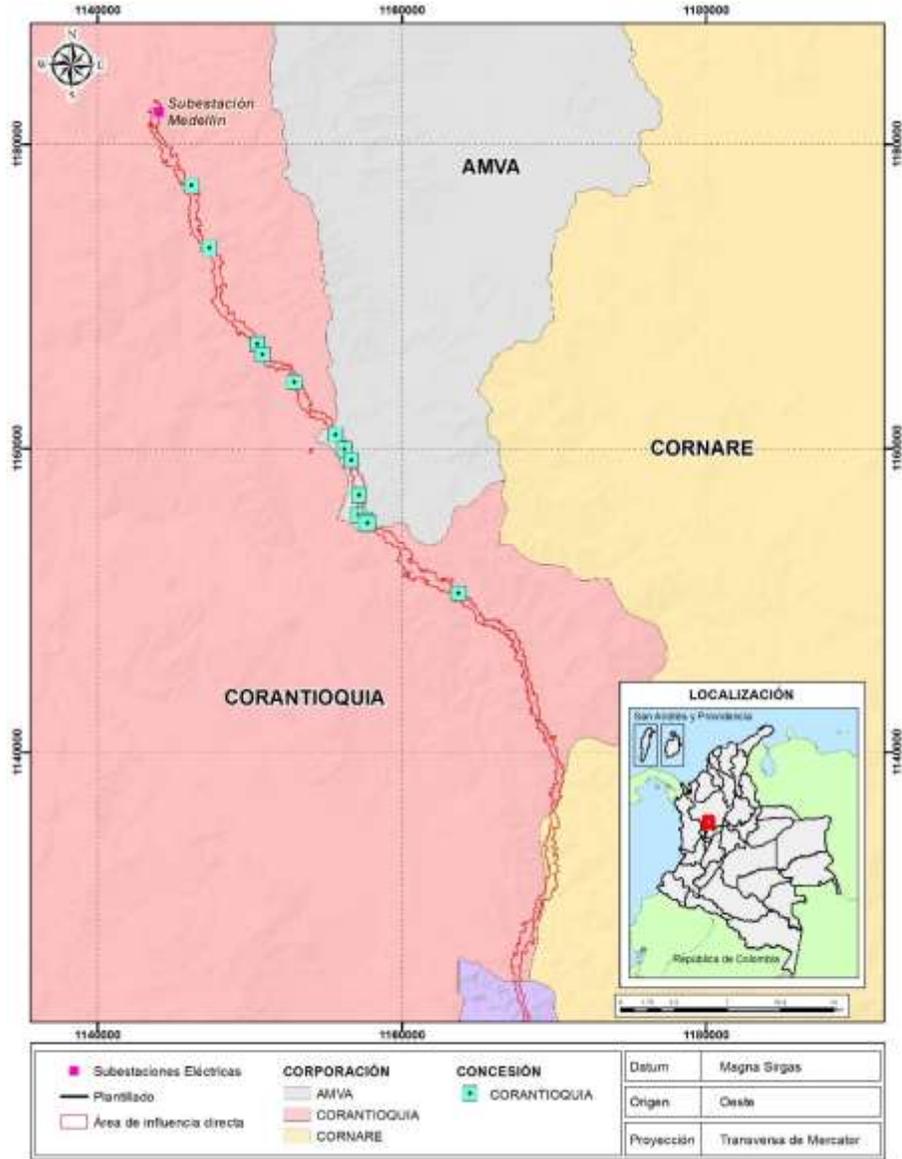
**Figura 3.2.51 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID**

En el departamento de Antioquia se encontró un total de noventa (90) concesiones de aguas superficiales cargo de CORANTIOQUIA, las cuales cuentan con una concesión de un caudal por uso de 2,019 l/s; como se observa en la Tabla 3.2.42 el principal uso en el departamento es el agrícola, seguido del uso doméstico y por último el uso pecuario. Para el caso de CORNARE no se identifica ninguna

concesión localizada en el AID En la Figura 3.2.52 se presentan las concesiones correspondientes a CORANTIOQUIA Y CORNARE.

**Tabla 3.2.42 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID de Antioquia**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AID PARA CORANTIOQUIA					
MUNICIPIO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)			
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS
AMAGÁ	2	0,024	0,052	0	0
ANGELÓPOLIS	4	0,013	0	0,13	0
CALDAS	77	0,471	0,364	0,067	0
HELICONIA	4	0,012	0,053	0,009	0
SANTA BÁRBARA	3	0,198	0,694	0,048	0
<b>Total general</b>	<b>90</b>	<b>0,718</b>	<b>1,164</b>	<b>0,138</b>	<b>0</b>



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.252 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas AID de CORANTIOQUIA - CORNARE**

Para el departamento de Caldas, se encontró un total de siete (7) concesiones de aguas superficiales correspondientes a un caudal por uso de 0,485 l/s; como se observa en la Tabla 3.2.43 el principal uso es pecuario en el cual se incluyen las actividades de piscicultura, seguido del uso doméstico; para el AID no se encuentran registros de concesiones para uso agrícola. Con respecto al departamento de Risaralda, las captaciones de aguas superficiales se aprecian en la

Tabla 3.2.44 y corresponden a tan sólo tres (3) concesiones en el municipio de Marsella, con un caudal de 0,19 (l/s), siendo el uso doméstico el principal, seguido del uso pecuario.

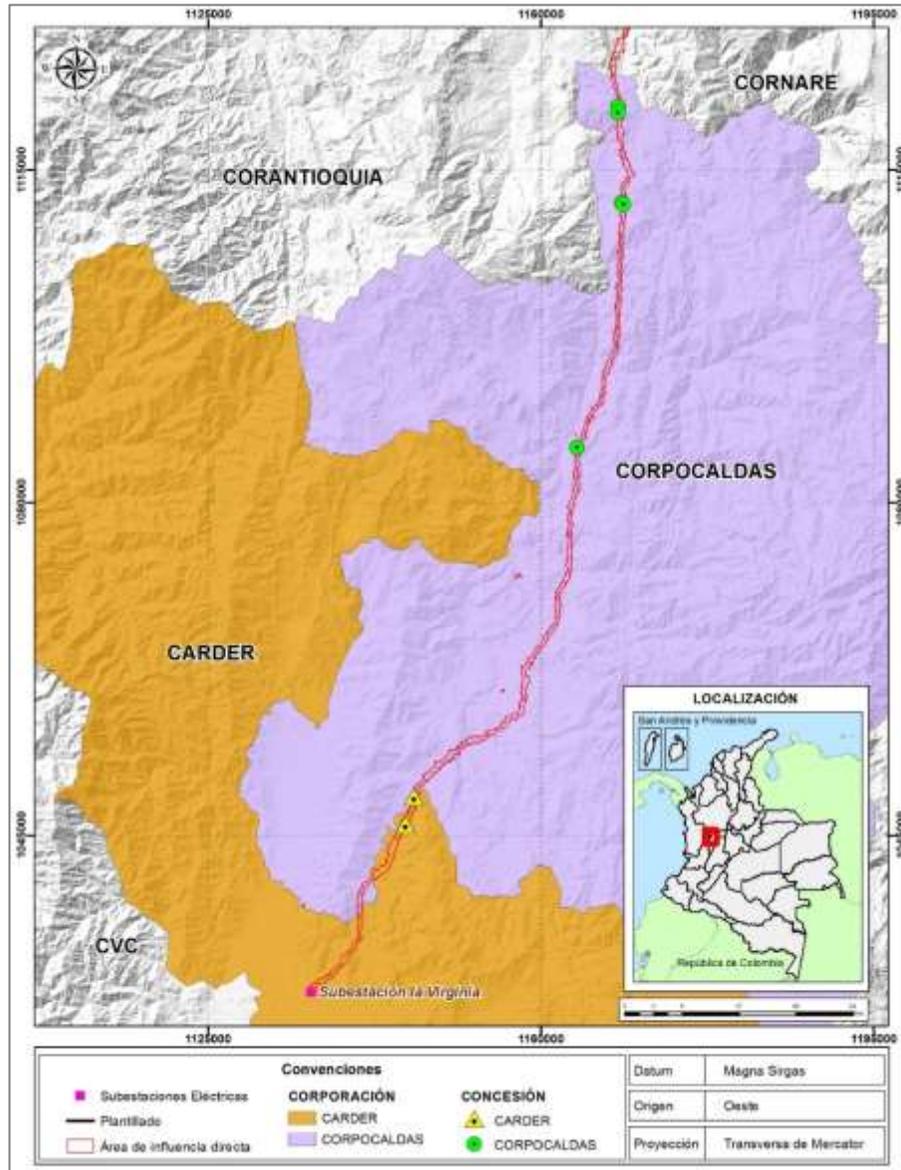
**Tabla 3.2.43 Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID de Caldas**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AID PARA CORPOCALDAS					
MUNICIPIO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)			
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	OTROS
AGUADAS	6	0,025	0	0,445	0
LA MERCED	1	0,015	0	0	0
<b>Total general</b>	<b>7</b>	<b>0,040</b>	<b>0</b>	<b>0,445</b>	<b>0</b>

**Tabla 3.2.44. Consolidado fuentes, usos y usuarios en AID de Risaralda**

CONSOLIDADO FUENTES, USOS Y USUARIOS EN AID PARA CORDER					
MUNICIPIO	CONCESIONES	CAUDAL POR USO (L/S)			
		DOMESTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	INDUSTRIAL
MARSELLA	3	0,12	0	0,07	0
<b>Total general</b>	<b>3</b>	<b>0,12</b>	<b>0</b>	<b>0,07</b>	<b>0</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.53 Distribución espacial de aguas superficiales concesionadas AID de CORPOCALDAS- CARDER**

### 3.2.6.3.3 Consumo de agua proyectado por el Proyecto y fuentes de abastecimiento

Con respecto al consumo de agua, se reitera que el Proyecto Medellín-La Virginia no requiere de la utilización de fuentes o permisos de concesiones de aguas superficiales para llevar a cabo la construcción del mismo.

La demanda de agua para el desarrollo del Proyecto se encuentra detallada en el Capítulo 4 de “Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales”, en el cual se establece que el agua a emplear tanto para uso industrial (concretos, humectación de vías, etc.) como para consumo humano (hidratación del personal) será comprada a terceros (en empresas de servicio público para uso industrial y en botellones de 20 litros para consumo humano – hidratación) que cuenten con las autorizaciones y/o permisos respectivos cuyos detalles se describen en el capítulo en mención.

De acuerdo con lo anterior, la Demanda de Recursos Naturales incluyó la búsqueda y determinación de proveedores del servicio, así como las posibles rutas y métodos de transporte general para los frentes de obra y puntos de acopio en caso de requerirse.

Por último se aclara que en caso de requerir el uso del recurso, y que agotando todas las posibilidades previstas desde los estudios ambientales, se recurrirá entonces, en primera instancia, a los centros autorizados de distribución de agua, y en segundo lugar, se considerará llevar a cabo los trámites pertinentes para la concesión de fuente y/o vertimientos de aguas para la etapa de construcción del Proyecto.

#### **3.2.6.4 Anexos relacionados**

- Anexo 3.2.6.1 Listado de Concesiones de CORANTIOQUIA
- Anexo 3.2.6.2 Listado de Concesiones de CORPOCALDAS
- Anexo 3.2.6.3 Listado de Concesiones de CARDER

#### **3.2.7 HIDROGEOLOGÍA**

Debido a la naturaleza de las actividades a ejecutar para el desarrollo del proyecto UPME 04 – 2014 – Refuerzo Sur Occidente a 500 KV Medellín – La Virginia, no se estipula la utilización de ninguna unidad hidrogeológica. Sin embargo, con base en información geológica secundaria espacializada, se caracterizó el área de influencia directa y se realizó un diagnóstico cualitativo del potencial hidrogeológico. Además teniendo en cuenta estudios realizados por las corporaciones autónomas regionales en su ejercicio de ordenamiento ambiental, se identificaron zonas con potencial hidrogeológico.

El ambiente físico donde ocurren los procesos hidrogeológicos es netamente geológico.

*Las aguas subterráneas se acumulan y se mueven en el interior de las formaciones geológicas (roca-sedimento); por lo que aspectos como el tipo de roca, las estructuras geológicas y los depósitos no consolidados, condicionan el funcionamiento de los acuíferos.*

*En el subsuelo se encuentran rocas y sedimentos de distinta litología, edad y origen, que determinan sus características y propiedades para la circulación del agua (medio poroso o fracturado) y su capacidad*

*para almacenarla y transmitirla. Debido a los procesos geológicos que han sufrido algunas formaciones litológicas, se han conformado estructuras y zonas con condiciones singulares para la acumulación y distribución de las aguas subterráneas: zona de meteorización de las rocas ígneas y metamórficas, zonas de fracturas regionales, medio kárstico, entre otras<sup>227</sup>.*

Por lo anterior, uno de los aspectos que más influyen en la determinación del potencial hidrogeológico de un área o una región en particular lo constituye sus características litológicas y estructurales.

En la Tabla 3.2.45 se exponen algunos criterios para identificar posibles zonas con potencial de ocurrencia de aguas subterráneas y los insumos bibliográficos necesarios para inferir dichas zonas.

**Tabla 3.2.45. Criterios técnicos para identificar zonas potenciales de ocurrencia de aguas subterráneas**

CRITERIO	INDICADOR	INSUMOS
1. Génesis y edad de rocas y sedimentos	Principales estructuras hidrogeológicas: Macizos, cuencas artesianas y depósitos recientes.	- Atlas geológico digital - Mapa metamórfico
2. Litología	Textura y porosidad	- Atlas geológico digital - Mapas geológicos departamentales - Planchas geológicas - Imágenes de satélite
3. Fracturamiento y alteración de rocas	Densidad y tipos de fracturas y grado de meteorización	- Mapas geológicos departamentales - Planchas geológicas - Mapa de red hidrográfica - Imágenes de satélite y radar - Fotografías aéreas - Atlas sísmico
4. Tipo de estructura geológica	Zonas favorables para acumulación del agua	- Planchas geológicas - Atlas sísmico

<sup>227</sup> INGEOMINAS. Programa de Exploración de Aguas Subterráneas. Bogotá, D.C: 2004. p 15.

CRITERIO	INDICADOR	INSUMOS
5. Geometría de estructuras hidrogeológicas	Espesores Profundidades Extensiones Cambios litológicos	- Atlas sísmico - Planchas geológicas - Estudios hidrogeológicos existentes

Fuente: Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2004

### 3.2.7.1 Aptitud Hidrogeológica según litología

El diagnóstico del potencial hidrogeológico se realizó para toda el área de estudio focalizando el análisis en el Área de Influencia Directa.

“Las características granulométricas, texturales y estructurales de las formaciones rocosas condicionan la capacidad que presentan estas para almacenar, transmitir y ceder agua; por otra parte, las características geomorfológicas de una región favorecen o no el que en una región en particular los procesos de infiltración y percolación profunda sean representativos y por lo tanto, en la determinación de inferir zonas preferenciales de recarga y descarga”<sup>228</sup>.

*Generalmente, la porosidad de las rocas sedimentarias y de los depósitos recientes es uno de los principales factores que controla su permeabilidad primaria y se relaciona con la textura y tamaño de los granos. No obstante, una roca puede ser porosa, pero relativamente impermeable porque los poros no están conectados o porque éstos son demasiado pequeños.*

*La granulometría fina en sedimentos o rocas sedimentarias (arcillas y limos) se caracteriza por tener baja permeabilidad y porosidad efectiva aunque presenta alta porosidad total. En esta litología el volumen total de agua almacenada es elevado, pero el volumen extraíble es escaso. Las velocidades de flujo son muy bajas y existe tendencia hacia el aumento de la salinidad del agua. Las granulometrías medias (arenas) y, particularmente, las gruesas (gravas) son lo suficientemente porosas para almacenar el agua y con la permeabilidad necesaria para permitir que el agua fluya a través de ellas en cantidades económicamente importantes y de calidad deseable para su aprovechamiento, por lo cual se consideran de mayor interés hidrogeológico”<sup>229</sup>.*

<sup>228</sup> CORANTIOQUIA. Evaluación hidrogeológica en los municipios de La Pintada y Valparaíso, jurisdicción de la dirección territorial Cartama de Corantioquia. Medellín: 2014. p 16.

<sup>229</sup> Instituto Colombiano de Geología y Minería. 2004 Op. Cit. p.16

En la Tabla 3.2.46 se exponen los criterios para identificar zonas con potencial hidrogeológico en el Área de Influencia Directa.

**Tabla 3.2.46 Posibles Condiciones hidrogeológicas de las unidades geológicas que interceptan el Área de Influencia Directa del proyecto**

TIPO DE ROCA	UNIDAD GEOLÓGICA	CONVENCIÓN GEOLÓGICA	CONVENCIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y ESTRUCTURALES	DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO
Ígneas	Rocas Hipoabisales Porfíricas	N1pah	C2	Andesitas porfíricas a microporfíricas, horbléndicas, piroxénicas a localmente micáceas.	Bajo potencial hidrogeológico
	Diorita de Pueblito	Jpda	C2	La Diorita de Pueblito constituye un cuerpo tabular. Rocas dioríticas forman más del 90% de este cuerpo, hacia los bordes se presentan gabros.	Bajo potencial hidrogeológico
	Ultramafitas de Romeral	K1ur	C2	Rocas ultramáficas compuestas por dunitas y peridotitas localmente serpentinizadas y cataclisadas, gabros piroxénicos, uralitizados de textura fanerítica pegmatítica a fina.	Bajo potencial hidrogeológico
	Gabros asociados al Complejo Quebradagrande	K1gqg	C2	Gabros piroxénicos, uralitizados de textura fanerítica pegmatítica a fina.	Bajo potencial hidrogeológico
	Intrusivos Néisicos Sintectónicos	Dins	C2	Cuerpos de composición granitoide y estructura néisica que intruyen las rocas metamórficas de la Cordillera Central, incluyen por ejemplo, el Ortoneisde La miel, el Neis Intrusivo del Alto de Minas, el Neis Intrusivo de Abejorral, etc	Bajo potencial hidrogeológico

TIPO DE ROCA	UNIDAD GEOLÓGICA	CONVENCIÓN GEOLÓGICA	CONVENCIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y ESTRUCTURALES	DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO
	Gabros de Romeral.	K1K2gr	C2	Gabros de textura hipidiomórfica granular de grano fino a grueso, con facies pegmatíticas, compuestos por plagioclasa, piroxeno y hornblenda. Emplazados tectónicamente a lo largo del Sistema Romeral.	Bajo potencial hidrogeológico
	Rocas Hipoabisales Porfíricas de Composición Dacítica	N1hpd	C2	Dacitas porfíricas a pórfidos dacíticos, leucocríticos, holocristalinos, inequigranulares, localmente con zonaciones andesíticas.	Bajo potencial hidrogeológico
	Stock Diorítico de Cambumbia	T2dc	C2	Se agrupa una serie de stock que afloran en el borde oriental de la Cordillera Central de composición cuarzdiorítica	Bajo potencial hidrogeológico
Volcano/sedimentario	Grupo Quebradagrand e Miembro Volcánico	K1qgv	C2	Rocas "verdes" o basaltos espilitizados y derrames lávicos con sedimentos intercalados en la base del conjunto volcánico. Litológicamente está compuesta por espilitas, basaltos y rocas piroclásticas, tobas, aglomerados y brechas, con intercalaciones de rocas sedimentarias tipo chert, grauvacas, areniscas feldespáticas y limolitas.	Bajo potencial hidrogeológico
	Grupo Quebradagrand e. Miembro Sedimentario	K1qgs	C2	compuesta por lutitas carbonosas, limolitas y cherts de color oscuro con abundantes interestratificaciones de material piroclástico	Bajo potencial hidrogeológico

TIPO DE ROCA	UNIDAD GEOLÓGICA	CONVENCIÓN GEOLÓGICA	CONVENCIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y ESTRUCTURALES	DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO
	Formación Combia	N1c	C2	Tobas cristalinas, vítreas a lólicas, aglomerados y brechas volcánicas con intercalaciones de basaltos, lavas andesíticas, rocas clásticas gruesas con matriz piroclástica, conglomerados lólicos mal seleccionados. (Unidad volcano-sedimentaria)	Bajo potencial hidrogeológico
	Formación Barroso del Grupo Cañasgordas, Miembro Volcánico	K2vb	C2	Diabasas, diababas espilitizadas, basaltos, tobas y aglomerados con lentes de chert.	Bajo potencial hidrogeológico
	Formación Amagá Miembro Inferior	E3N1ai	A3	Conglomerados polimícticos con cantos de rocas metamórficas, dioritas y chert de tamaño variable, areniscas conglomeráticas y algunas capas de arcillolita arenosa o arenisca arcillosa intercaladas con las capas de arenisca	Moderado potencial hidrogeológico
	Formación Amagá Miembro Medio	E3N1am	A4	Arcillolitas y lodolitas con mantos de carbón explotables, delgados niveles de areniscas y conglomerados polimícticos.	Bajo potencial hidrogeológico
	Formación Amagá Miembro Superior	E3N1as	A4	Areniscas cementadas con delgados niveles de conglomerados polimícticos, arcillolitas y lodolitas fisiles con niveles carbonosos.	Bajo potencial hidrogeológico
	Formación Irrá-Tres Puertas. Miembro Volcano-sedimentario	N2ivs	A4	Depósitos de derrubios, conglomerados, arenas tufaceas.	Bajo potencial hidrogeológico

TIPO DE ROCA	UNIDAD GEOLÓGICA	CONVENCIÓN GEOLÓGICA	CONVENCIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y ESTRUCTURALES	DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO
Metamórficas	Formación Irrá-Tres Puertas. Miembro Conglomerático	N2ic	A2	Depósitos de abanicos aluviales, conglomerados y arenas con lentes arcillosos.	Alto potencial hidrogeológico
	Formación La Paila	N1pac	A2	Conglomerados y areniscas de color pardo, matriz arcillosa, localmente lentejones de limolitas y arcillolitas.	Alto Potencial hidrogeológico
	Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Verdes	εdamev	C2	Esquistos verdes con albita, clorita y actinolita.	Bajo potencial hidrogeológico
	Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Cuarzo-sericítico	εDames	C2	Rocas metamórficas de medio grado Filitas y esquistos cuarzo-sericíticos y aluminícos, niveles de mármol y esquistos calcáreos	Bajo potencial hidrogeológico
	Grupo Ayurá Montebello. Metaareniscas y Metalodolitas	εdammal	C2	Rocas metasedimentarias de muy bajo grado.	Bajo potencial hidrogeológico
	Complejo Arquía. Esquistos de Lisboa Palestina	T3es	C2	Esquistos negros grafitosos y sericíticos	Bajo potencial hidrogeológico
Depósitos	Cenizas y Flujos de Escombros	Q2fl	A4	Las arenas y flujos se caracterizan por el color pardo – amarillo y por su poca consolidación; presenta una meteorización que origina canales verticales, por tener niveles conglomeráticos ricos en fragmentos de rocas volcánicas de composición andesítica	Bajo potencial hidrogeológico
	Depósitos Aluviales	Q2al	A1	Depósitos aluviales, coluviales, glaciares, de talus, abanicos aluviales y flujos de	Muy Alto potencial hidrogeológico

TIPO DE ROCA	UNIDAD GEOLÓGICA	CONVENCIÓN GEOLÓGICA	CONVENCIÓN HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS TEXTURALES Y ESTRUCTURALES	DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO
				lodo.	
	Aluviones Recientes	Q2ar	A1	Son depósitos aluviales que forman lo largo de los cauces de los ríos y quebradas principales. En el área de estudio esta unidad superficial fue cartografiada hacia el costado norte a lo largo de los ríos Cauca y Arma.	Muy Alto potencial hidrogeológico

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

Las unidades geológicas cuyo diagnóstico hidrogeológico coincide, se agrupan con la nomenclatura indicada en la Tabla 3.2.47 donde UHG significa Unidad Hidrogeológica.

**Tabla 3.2.47 Nomenclatura de las unidades hidrogeológicas**

DIAGNOSTICO HIDROGEOLÓGICO	NOMENCLATURA
Bajo potencial hidrogeológico	UHG 1
Moderado potencial hidrogeológico	UHG 2
Alto potencial hidrogeológico	UHG 3
Muy Alto potencial hidrogeológico	UHG 4

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

A fin de profundizar en el análisis de las características hidrogeológicas presentes en la zona de estudio, se presenta una síntesis de la información disponible para los departamentos por donde cruza el Proyecto Medellín – La Virginia (Antioquia, Caldas y Risaralda); enfatizando sobre aquellas unidades hidrogeológicas de alto y muy alto potencial, UGH 3 y UGH 4 respectivamente.

Para el departamento de Antioquia, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA)<sup>230</sup> efectuó un estudio hidrogeológico en la dirección Territorial de Cartama en un área aproximada de 184 Km<sup>2</sup> que cubre los municipios de La Pintada y Valparaiso, estos municipios no hacen parte del área de influencia del proyecto UPME 04 – 2014 Refuerzo Sur Occidental a 500 kV Medellín – La Virginia, sin embargo comparten unidades geológicas con algún potencial

<sup>230</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p 5.

hidrogeológico como los son la formación Amaga y los depósitos cuaternarios con el AID

Por su parte, en el departamento de Caldas, la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS) junto con la Fundación Profesional para el Manejo Integral del agua (PROAGUA), desarrollaron un “Modelo hidrogeológico conceptual de la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y zona baja del municipio de Anserma”<sup>231</sup>.

Del mismo modo, en el departamento de Risaralda la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) inició en el 2001 el proyecto para la formulación del Plan de Manejo Integrado de Aguas Subterráneas. “En Pereira a pesar de que el agua subterránea no es la principal fuente de abastecimiento, su uso es esencial en las zonas de expansión urbana (Cerritos, Puerto Caldas, Tribunales)”<sup>232</sup>.

### 3.2.7.2 Unidades hidrogeológicas y acuíferos

Las formaciones geológicas desde el punto de vista hidrogeológico, pueden ser definidas teniendo en cuenta los siguientes conceptos:

➤ Acuíferos

Son formaciones geológicas que almacenan el agua y que a su vez permiten el movimiento de la misma, bajo la acción de las fuerzas de la gravedad, de tal forma que puede ser explotada en cantidades relativamente apreciables

➤ Acuitardos

Son formaciones que almacenan el agua pero que sólo permiten el flujo de la misma en forma muy lenta, en comparación con los acuíferos. Estas formaciones pueden tener gran importancia cuando se estudia el movimiento del agua a nivel regional, ya que sobre áreas relativamente grandes pueden transmitir grandes cantidades de agua a pesar de la baja velocidad de flujo. Así, pueden permitir el paso de agua de un acuífero a otro cuando éstos se encuentran separados por un acuitardo. Este fenómeno reviste particular importancia cuando se estudian casos de contaminación de las aguas subterráneas.

➤ Acuícludo (Acuicierre)

Son formaciones que almacenan el agua, a veces en proporciones altas, pero que no la transmiten en cantidades apreciables.

---

<sup>231</sup> CORPOCALDAS. 2006. Modelo hidrogeológico Conceptual de la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y zona baja del municipio de Anserma Departamento de Caldas. Manizales. 2006.

<sup>232</sup> CARDER. Plan de manejo integrado de aguas subterráneas en Pereira. Pereira. 2007.

➤ Acuifugos

Son formaciones impermeables que no almacenan ni transmiten el agua<sup>233</sup>.

Para las diferentes unidades geológicas presentes en el área de estudio se definieron los potenciales hidrogeológicos por departamento, como se presenta a continuación:

3.2.7.2.1 Potencial hidrogeológico para las unidades geológicas del Proyecto identificadas en Antioquia

Como resultado del estudio llevado a cabo por CORANTIOQUIA, se desarrolló un modelo hidrogeológico conceptual, el cual “es resultado de la integración de información geológica, geomorfológica, estructural geofísica, hidrológica, de la hidráulica de aguas subterráneas, hidrogeoquímica. El modelo hidrogeológico conceptual se presenta a través de perfiles y mapas que contienen la distribución espacial de las unidades hidrogeológicas y su interacción con las estructuras y el medio externo, evidenciando los sistemas de flujos regionales y locales”<sup>234</sup>.

Con base en la información de la evaluación hidrogeológica, para el área de influencia del Proyecto Medellín – La Virginia, comprendida entre los municipios La Pintada y Valparaiso, se agruparán las unidades hidrogeológicas de acuerdo a su potencial.

➤ Unidades con bajo potencial hidrogeológico A4, Antioquia

- Formación Amagá

La Formación Amagá está compuesta principalmente por areniscas de grano medio con cementantes arcillosos, ferruginosos y calcáreos. Esta unidad en el sector de La Pintada puede tener un espesor mayor a 1000 m. Los suelos en esta unidad no son muy abundantes, predomina la roca; sin embargo cuando este se presenta es arenoso o limoso dependiendo de la litología y no sobrepasa los 3,5 m.

*Geomorfológicamente esta unidad desarrolla superficies onduladas y escalonadas de pendientes moderadas y suaves, está disectada por corrientes como Aguabonita, Itima, La Fabiana, Bengala, Bolaños, Sabaletas, La Sucia, La Toma y Bocachico. En algunos de los escalones y ondulaciones en los sectores Itima, Bolaños y La Pintada se forman empozamientos; el agua tiene conductividad 60 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ], y SDT 31 [ $\text{mg}/\text{l}$ ] semejante al agua lluvia lo cual parece indicar que esta formación puede actuar como zona de recarga, sin embargo la estratigrafía areniscas-lodolitas puede facilitar la infiltración de agua por parte de las areniscas, pero impedir la conducción ya que las lodolitas se comportan como capas que impiden el flujo. En esta*

<sup>233</sup> VÉLEZ, María Victoria. Hidráulica de aguas subterráneas. Medellín. Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia. 1999, 2ª edición. p. 74

<sup>234</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p 3. Cap. 11

*unidad se encontraron nacimientos de agua y aljibes, que tienen conductividades en general entre 100 y 500 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] y SDT entre 100 y 300 [ $\text{mg}/\text{l}$ ] indicando valores altos, es decir tiempos de residencia mayores a los registrados en la parte alta por el Cerro Amarillo. Estos datos indican que el agua se recarga en la parte alta de la cuenca viaja hasta las partes bajas donde aflora. En algunos sectores la litología de esta unidad permite la infiltración de agua pero la estratigrafía de capas impermeables obliga al agua a permanecer tiempos largos y adquirir iones de las rocas hasta que pueda fluir y aflorar. De igual forma no se descarta que el cementante calcáreo de las areniscas y lodolitas de esta formación observados en algunas zonas, al diluirse genere de igual forma un aumento en la conductividad. Por todo lo anterior se clasifica como un acuífero Inventario de puntos de agua<sup>235</sup>.*

- Unidades con bajo potencial hidrogeológico C2, Antioquia
  - Formación Combia, La Pintada

En el sector de La Pintada predomina el miembro volcánico con intercalaciones de basaltos, aglomerados, areniscas tobáceas y conglomerados hacia la base de la formación. No se observó desarrollo de suelo, pero esta unidad está cubierta en algunas zonas por depósitos de vertiente con matriz areno-limosa y clastos angulosos de hasta 50 cm, la matriz es muy húmeda y los depósitos tienen espesores de 5 m. El espesor de la unidad hidrogeológica según (INGEOMINAS, 1980)<sup>236</sup> es de aproximadamente 600 m hasta el contacto discordante con la Formación Amagá.

*Las geoforma desarrollada es cerro escarpado, con pendientes muy fuertes, fuertes y moderadas. Las corrientes que disectan esta unidad son Arremangos, Portugal, Limones, La Pitaya; donde sus valles en las partes altas son muy encañonados y en V. Los nacimientos de agua se localizaron su mayoría sobre los depósitos de vertiente que cubren las rocas de esta formación. La permeabilidad primaria de las rocas de esta unidad es muy baja; las conductividades oscilan entre 120 y 330 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]; esto indica que en esta unidad el agua se infiltra y recarga el macizo pero esta permanece en él por un tiempo hasta que es conducida a la Formación Amagá de manera lenta<sup>237</sup>.*

---

<sup>235</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op. p.6 y 7. Cap. 11

<sup>236</sup> CALLE, Bernardo y GONZÁLEZ, Humberto. Memoria explicativa geología y geoquímica de la plancha 166 Jericó 1:100.000. 1980, citado por CORANTIOQUIA. Evaluación hidrogeológica en los municipios de La Pintada y Valparaíso, jurisdicción de la dirección territorial Cartama de Corantioquia. En: Informe final contrato 9909. Noviembre, 2014. p. 8. Cap. 11.

<sup>237</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p 8. Cap. 11.

- Formación Combia, Valparaíso

*En el municipio de Valparaíso predomina el miembro sedimentario que se compone en su mayoría de areniscas de grano fino y lodolitas fracturadas, pero también se presentan algunos afloramientos de basaltos. El espesor de esta secuencia en esta zona se infiere de 1000 m. Las geoformas desarrolladas son lomos redondeados con pendientes fuertes y moderadas. Las corrientes que disectan esta unidad son El Naranjal, El Obispo, La Picarra y La Colorada, donde sus valles en las partes altas son muy encañonados y en V. En este sector se observaron dos nacimientos de agua con valores de conductividad altos 391-251 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] y SDT 143-125 [ $\text{mg}/\text{l}$ ] respectivamente, asociados a zonas de roca mineralizada con pirita y oro pertenecientes al stock de Támenesis localizadas más arriba de estos nacimientos, produciendo aumento en las conductividades debido a que la pirita se oxida fácil, y la interacción roca-agua favorece las reacciones solubilizando. Según la litología esta unidad es porosa, sobre todo las areniscas, pero al predominar granulometrías finas la permeabilidad es muy baja. Además las intercalaciones de las granulometrías finas la permeabilidad es muy baja. Además las intercalaciones de las areniscas con lodolitas y basaltos que son estratos sellos, impiden la conducción de agua<sup>238</sup>.*

- Rocas hipoabisales

*Es una litología homogénea de andesitas porfídicas en algunas zonas masivas. El espesor en la zona se infiere de 600 m. No se observaron horizontes de suelo. Geomorfológicamente en esta unidad se desarrollan cerros aislados con pendientes muy fuertes, condición que favorece la ausencia de drenajes. En esta unidad se observó un nacimiento de agua que aflora en la base del cerro por una diaclasa. En general se trata de un macizo rocoso fracturado, pero con permeabilidad primaria nula, las pendientes escarpadas impiden la formación de suelos o capas porosas que favorezcan la infiltración de agua. Sólo fue levantado un nacimiento en esta litología que tiene una de las más altas conductividad de la zona 813 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] y SDT 406 [ $\text{mg}/\text{l}$ ], esto indica que hay recorrido del agua desde las zonas topográficamente más altas de esta unidad (Farallones) hasta aflorar en la base; por lo tanto se podría considerar una zona de recarga<sup>239</sup>.*

---

<sup>238</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p 9. Cap. 11.

<sup>239</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p 10. Cap. 11.

- Unidades con muy alto potencial hidrogeológico A2, Antioquia
- Depósitos Cuaternarios

*Esta unidad comprende todos los depósitos aluviales asociados a los ríos Cauca, Arma, Poblano y Cartama, que se encuentran sin consolidar o pobremente consolidados. Estos incluyen terrazas y llanuras de inundación. Los espesores observados son de 5 m pero pueden ser mayores que esta cifra. Están compuestos en general por gravas y matrices arenosas o lodosas, variando la relación matriz/clastos según el río y su dinámica. La morfología de estos depósitos es la más suave de la zona, formando valles aluviales amplios, con pendientes planas y suaves hacia las márgenes. En el río Cauca se encontraron aljibes de los cuales se abastecen para diferentes usos en la cabecera del Municipio de La Pintada, estos tienen conductividades entre 90 y 400 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] en general y SDT entre 100 y 200 [ $\text{mg}/\text{l}$ ] indicando tiempos de residencia muy cortos, los valores altos encontrados en los aljibes cerca al río Cauca evidencian la interacción, conexión directa y contaminación del agua de esta unidad con el río. Esta unidad se considera un acuífero, ya que tiene la capacidad de almacenar y transmitir agua, lo que es confirmado ya que es explotada mediante numerosos aljibes<sup>240</sup>.*

En el AID del Proyecto estos depósitos cuaternarios se pueden diferenciar asociados al río Arma.

#### 3.2.7.2.2 Potencial hidrogeológico para las unidades geológicas del Proyecto identificadas en Caldas

Para el análisis de las unidades hidrogeológicas del AID del Proyecto en el departamento de Caldas y de acuerdo con el Modelo Hidrogeológico Conceptual de la Parte Baja de las Cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y Zona Baja del Municipio de Anserma, se resalta lo siguiente:

*La presencia de tres zonas hidrogeológicas de interés que probablemente presentan conexiones hidráulicas a través del basamento terciario que todas ellas comparten evidenciado esto por los rasgos geomorfológicos y estructurales y por su génesis similar (Flujos de lodo del río Chinchiná). Quizás la única conexión entre ellas es su basamento terciario, común a los tres sectores, compuesto de rocas sedimentarias de granulometría fina (arenas, limos y arcillas), correspondientes a la formación Irrá-Tres Puertas y su carácter hidroquímico ya que aparentemente sus aguas pertenecen a la misma familia<sup>241</sup>.*

<sup>240</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p 12. Cap. 11.

<sup>241</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-7.

➤ Unidades con bajo potencial hidrogeológico C2, Caldas

Según CORPOCALDAS (2006), “esta categoría se caracteriza por incluir las formaciones geológicas donde el potencial acuífero se debe a la presencia de disolución, fracturamiento o alteración y meteorización de las formaciones geológicas”<sup>242</sup>.

- Formación Barroso (K2vb).

En el estudio llevado a cabo por CORPOCALDAS (2006), se define esta formación como “un acuífero de tipo local de comportamiento libre, debido al fracturamiento y meteorización de la roca. Presenta un área aflorante de 35,37 km<sup>2</sup>. Este acuífero puede considerarse como colgado debido a que su volumen de agua más o menos aislado se encuentra por encima del nivel general del agua freática”<sup>243</sup>.

El Ingeominas (2001)<sup>244</sup> describe esta formación como basaltos y diabasas masivos de color gris oscuro a gris verdoso, de grano fino a afaníticos, a veces con venas delgadas de epidota y amígdalas rellenas por ceolitas.

*Esta unidad se encuentra suprayacida por la formación terciaria Irrra-Tres Puertas y los depósitos de lodo de Santágueda, el Km 41 y el Plan de Anserma. Es captado en la zona por 13 aljibes con profundidades que varían entre 3 y 13,9 metros, con un nivel estático desde superficiales hasta 4,9 metros. En cuanto a parámetros fisicoquímicos se tienen temperaturas entre 23,6 y 27,4°C, conductividades variables entre 72,5 y 343  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y pH en un amplio rango entre 5,95 y 7,11<sup>245</sup>.*

➤ Unidades con bajo potencial hidrogeológico A4, Caldas

Para la definición de estas otras unidades con bajo potencial hidrogeológico se tiene que las rocas pertenecientes a esta clase, según lo expuesto por CORPOCALDAS (2006), “no presentan características aptas para almacenar y transmitir agua ya que su porosidad efectiva es nula y su granulometría por lo general es muy fina. A esta categoría pertenecen las formaciones geológicas Esquistos de Lisboa-Palestina, Rocas Ultramáficas de Filadelfia, Porfidos Dacíticos y Andesíticos de Irrá, Anfibolita

---

<sup>242</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-6.

<sup>243</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-6.

<sup>244</sup> ESTRADA, Juan; VIANA, Ricardo y GONZÁLEZ, Humberto. Memoria explicativa geología de la plancha 205 Chinchiná 1:100.000. 2001, citado por CORPOCALDAS. Modelo hidrogeológico Conceptual de la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y zona baja del municipio de Anserma Departamento de Caldas. En: Instrumentos técnicos para la gestión integral del recurso hídrico Convenio C146 – 2005. Julio, 2006. p. 11-6.

<sup>245</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-6.

Saussurítica de Chinchiná, Stock Monzonítico de Irrá”<sup>246</sup>; estas últimas tres no se encuentran dentro del AID del Proyecto.

Para el departamento de Caldas, la unidad geológica Cenizas y Flujos de Escombros (Q2fl) se diferenció en el depósito de Flujo de Lodo de Santágueda (Qfls) mencionado en CORPOCALDAS (2006)<sup>247</sup> como de bajo potencial, no obstante presenta alta porosidad. A pesar de que hay aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo, los acuíferos que hacen parte de esta unidad geológica son de baja productividad, por lo tanto se clasifican dentro de UHG 1.

El análisis de estos depósitos se enmarca dentro de las mediciones y observaciones llevadas a cabo para la elaboración del Modelo Hidrogeológico Conceptual realizado por CORPOCALDAS y PROAGUA:

*Depósito de flujo de lodo de Santágueda*<sup>248</sup>

*Acuífero de extensión local de carácter semiconfinado a libre, cubre un área de 17 Km<sup>2</sup>, ubicado entre los ríos Cauca y Chinchiná.*

*Este depósito se encuentra suprayaciendo las formaciones Irrá-Tres Puertas y Barroso. Está compuesta por arenas y flujos que se caracterizan por el color pardo – amarillo, por tener niveles conglomeráticos ricos en fragmentos de rocas volcánicas de composición andesítica y por presentar bloques, preferencialmente de composición andesítica, hasta de 1 m de diámetro, con una selección mala. Presenta un espesor estimado mayor a 144 metros de acuerdo la geoelectrónica y a las columnas estratigráficas levantadas a partir de la perforación de pozos profundos.*

*Es aprovechado mediante 115 captaciones, representadas por 101 aljibes con profundidades menores a 20 metros, 6 pozos y 4 manantiales y cuenta con 2 pozos duales para el monitoreo ambiental. El caudal de aprovechamiento medido en esta formación es en promedio 16 LPS con un rango que varía entre 6,1 y 40 LPS correspondiendo a los pozos profundos inventariados en esta unidad, los niveles dinámicos o de bombeo que fueron encontrados para estas captaciones varían entre 21 m y 46 m con un promedio de 35,62 metros. Se determinaron abatimientos entre 10,3 m y 34,87 m y capacidades específicas variables entre 0,2 y 1,8 LPS/m. En los pozos de monitoreo ambiental presentes en esta unidad se midieron conductividades hidráulicas muy bajas  $1,52 \cdot 10^{-7}$  a  $8,85 \cdot 10^{-4}$  m/día.*

---

<sup>246</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-6.

<sup>247</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-2.

<sup>248</sup> Este depósito está asociado con la unidad geológica “Cenizas y flujo de escombros, Q2fl Tabla 3.2.46

*Para los pozos que captan esta unidad acuífera se calculó una capacidad específica promedio de 1,04 LPS/m que es considerada como media por la Leyenda Internacional de Mapas Hidrogeológicos. Se puede concluir que el Flujo de Lodo de Santágueda está compuesto en sus primeros metros (Techo) por cenizas volcánicas con alteración a arcilla. Es en esta capa donde la mayoría de aljibes hacen su captación. Igualmente a una mayor profundidad esta formación se considera un multiacuífero semiconfinado el cual está compuesto por arenas y gravas, donde su capa acuitada son las cenizas y el cual esta siendo aprovechado por las perforaciones profundas existentes en la zona y con un basamento compuesto por rocas cretácicas y terciarias a una profundidad mayor a 140 metros.*

Con el fin de mejorar el nivel de comprensión asociado a la terminología empleada en el presente informe, (CARDER, 2007) precisa: “La Capacidad Específica, CE, se define como el caudal entregado por el pozo por cada metro lineal de abatimiento y sus unidades se dan generalmente en litros/segundo/metro”<sup>249</sup>.

➤ Unidades con alto potencial hidrogeológico A2, Caldas

La clasificación usada por CORPOCALDAS (2006) para definir las unidades con alto potencial hidrogeológico agrupa aquellas “formaciones geológicas cuyo potencial acuífero se debe principalmente a la porosidad primaria”<sup>250</sup>, así como primaria y secundaria. En el caso de esta porosidad secundaria se considera que “es debida principalmente a la gran cantidad de fracturas que existen en la zona debido a las fallas regionales que en esta se presentan”<sup>251</sup>.

Según CORPOCALDAS (2006), la unidad geológica que presenta tanto porosidad primaria como secundaria en la zona de estudio es:

- Formación Irrá-Tres Puertas [N2ic]

Unidad acuífera de extensión regional que puede comportarse como acuífero libre, semiconfinado o confinado en dirección Norte-Sur la cual cubre un área de 152 Km<sup>2</sup>. Esta unidad acuífera se encuentra afectada por las fallas Tapias, Piedecuesta y por un sinnúmero de fracturas relacionadas a estas fallas.

*Esta formación está compuesta por conglomerados ricos en rocas verdes, arenas, limos, arcillas y delgadas capas de carbón, conglomerados ricos en cuarzo lechoso y chert negro y por un conjunto de estratos compuestos por arenas cuarzosas ricas en*

<sup>249</sup> CARDER [online]. Plan de manejo integrado de aguas subterráneas en Pereira. Pereira: Corporación Autónoma Regional de Risaralda, 2007. [Citado 20, enero, 2017]. Disponible en: <http://www.carder.gov.co/app/webroot/index.php/intradocuments/webExplorer/plan-de-manejo-aguas-subterranas>

<sup>250</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-1.

<sup>251</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-5.

pómez y conglomerados ricos en pórfidos andesíticos. El miembro volcánico de esta formación corresponde a una serie de sedimentos de origen volcánico, de color crema a blanco laminares, ricos en cuarzo, feldespato y fragmentos de pómez, que se intercalan con niveles conglomeráticos ricos en fragmentos de pórfidos andesíticos y, en menor proporción, de rocas verdes; además, incluye tobas de cristales con o sin fragmentos pumíticos y láminas delgadas de sedimentos ricos en materia orgánica (turba). Estratigráficamente esta unidad se encuentra suprayaciendo rocas ígneas y metamórficas cretácicas. Captando esta formación se encuentran 8 aljibes con profundidades entre 1 y 10 metros con niveles estáticos entre 0,15 y 6 metros. El agua de estas captaciones presenta temperaturas entre 24,8 y 26,7°C, conductividades entre 179 y 392  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y pH en un rango de 6,39 a 7,21. De igual forma este acuífero es aprovechado por 2 manantiales y 2 pozos. El pozo en esta unidad presenta un caudal de aprovechamiento de 0,5 LPS con un abatimiento asociado de 56,3 m, un caudal muy bajo en comparación a los pozos que se encuentran en la zona en otras unidades acuíferas. La capacidad específica del pozo ubicado en el centro recreación Comfamiliar Santágueda posee una capacidad específica baja de 0,009 LPS/m<sup>252</sup>.

➤ Unidades con muy alto potencial hidrogeológico A1, Caldas

El depósito de flujo de lodo del Km-41 y el depósito de flujo de lodo del Plan de Anserma están asociados a la unidad geológica “Depósitos aluviales, Q2a1” los cuales tienen un potencial hidrogeológico muy alto (Ver Tabla 3.2.46). Según CORPOCALDAS (2006)<sup>253</sup>, estos depósitos también se enmarcan dentro de aquellas rocas y sedimentos que presentan porosidad primaria.

*Depósito de flujo de Lodo del Km-41:*

*Acuífero de extensión local de carácter semiconfinado a libre el cual aparece como una franja alargada en dirección NW sobre el río, cubriendo un área aproximada de 11,2 Km<sup>2</sup>. Este depósito se caracteriza por presentar cantos subangulares de composición ígnea como lavas basálticas, pórfido andesíticos, granitoides y un gran aporte de fragmentos piroclásticos y algunos esquistos verdes y negros; los tamaños varían de 4 cm. hasta 50 cm de diámetro y en general el depósito es matriz- soportado y su matriz es lodoso-arenosa compuesta esencialmente por líticos (50-70%), cuarzo (10-20%) y feldespatos (10-5%), también presenta restos de plantas carbonizadas. El espesor máximo de este acuífero es 15 metros.*

<sup>252</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-1.

<sup>253</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-3 y 11-4.

*Esta unidad acuífera es aprovechada mediante 18 aljibes y 5 pozos. La profundidad de los aljibes varía entre 2,2 y 16 metros y el nivel estático medido para estas captaciones se encuentra entre 0 y 9 metros de profundidad. En cuanto a parámetros fisicoquímicos se tiene que en los puntos medidos la temperatura media es 26,7°C, la conductividad varía entre 183 y 358  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH varía en un rango de 6,57 a 7,66. Esta unidad no cuenta con datos de hidráulica. La capacidad específica promedio calculada para dos pozos profundos que captan esta formación es 0,18 LPS/m la cual es clasificada como baja.*

*Depósito de flujo de Lodo del Plan de Anserma:*

*Unidad acuífera de extensión local de comportamiento libre a semiconfinado. El área aflorante de esta unidad es 16,1 Km<sup>2</sup> sobre el municipio de Anserma. Este depósito se encuentra en contacto discordante con las terrazas antiguas del Río Cauca y la secuencia volcánica sedimentaria Irrá-Tres Puertas; en algunos lugares se pueden distinguir clastos con características de basaltos y pórfido andesítico, la matriz es lodoso-arenosa de colores habanos, grises y rojizos, localmente con óxidos de hierro; el espesor de esta unidad puede alcanzar hasta 50 m o más.*

*Este acuífero es aprovechado por 3 aljibes con profundidades promedio de 9,6 metros y niveles estáticos promedio de 1.15 metros. La temperatura promedio del agua para estas captaciones es 26,75°C y la conductividad y pH promedios son 204,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 7,47 respectivamente. Esta unidad es captada por 3 pozos con profundidades entre 60 y 150 metros con niveles estáticos promedio de 32,03 metros. Los pozos inventariados en esta unidad tienen un caudal medio de 6,64 LPS con abatimientos promedio de 20,4 metros y capacidades específicas entre 0,23 y 0,43 LPS/m. La capacidad específica promedio calculada para dos pozos profundos que captan esta formación es 0,33 LPS/m la cual es clasificada como baja<sup>254</sup>.*

### 3.2.7.2.3 Potencial hidrogeológico para las unidades geológicas del Proyecto identificadas en Risaralda

En el año 2007, la CARDER desarrolló el “Plan de manejo integral de aguas subterráneas en los municipios de Pereira, Dosquebradas y parte de Santa Rosa y Marsella, en un área de 890 Km<sup>2</sup>”<sup>255</sup>, parte de la cual hacia el sector noroccidental abarca una porción del AID del proyecto Refuerzo UPME 04-2014 Suroccidental a 500 kv proyecto Medellín – La Virginia y por tanto sirve para la identificación de las

<sup>254</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 11-2, 11-3 y 11-4.

<sup>255</sup> CADER, 2007, Op.Cit. p. 9 y 10.

diferentes unidades hidrogeológicas que allí se encuentran contenidas. “Las unidades del área de estudio fueron clasificadas en dos grupos: I) Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular y II) sedimentos y rocas con limitado o ningún flujo de aguas subterráneas, atendiendo además al criterio de capacidad específica para clasificarlas según su potencial hídrico”<sup>256</sup>.

- Unidades con alto potencial hidrogeológico A1, Risaralda
  - Depósitos Aluviales. Acuíferos con alta productividad.

“Los acuíferos con mayor productividad del área (capacidades específicas entre 2.0 y 5.0 lps/m) corresponden a las formaciones Zarzal y Aluviales del Río Cauca y Río La Vieja, se caracterizan por ser discontinuos, de extensión local, procedentes de Depósitos Cuaternarios y Terciarios de ambiente fluvial, glaciofluvial y volcanoclástico”<sup>257</sup>.

- Unidades con bajo potencial hidrogeológico A4, Risaralda

*Formación Pereira*<sup>258</sup> Acuíferos con baja productividad.

*Capacidades específicas entre 0,05 y 1,0 Lps/m, de origen fluvio-volcánico y carácter regional, ya que se extiende fuera del área de estudio hacia el departamento del Quindío (denominado Glacis del Quindío). Esta unidad se constituye en la de mayor interés hidrogeológico, por tener una gran expresión areal y espesores conocidos, en algunos casos, superiores a 300 m, a pesar de que sus características hidráulicas lo posicionan como un acuífero pobre*<sup>259</sup>.

- Unidades con bajo potencial hidrogeológico B2, Risaralda

CARDER (2007), las define como un “complejo de rocas ígneo – metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactas y fracturadas a nivel superficial, de edad Cretácea a Precámbrica, encontrando en este grupo las rocas Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central, la Formación Quebradagrande (Kvc), la Formación Barroso (Kvb), Stock Gabrónico de Pereira (Kgp) y el Complejo Arquía (Kiea)”<sup>260</sup>.

En el área de estudio, el Complejo Polimetamórfico de La Cordillera Central, equivale al Grupo Ayurá-Montebello y la Formación Quebradagrande al Grupo Quebradagrande

---

<sup>256</sup> CADER, 2007, Op.Cit. p. 51.

<sup>257</sup> CADER, 2007, Op.Cit. p. 51.

<sup>258</sup> Dentro del documento, especialmente dentro de las tablas de unidades geológicas y su potencial hidrogeológico, la Formación Pereira encontrada en la literatura, hace alusión a la unidad geológica llamada “Cenizas y flujos de escombros de la Cordillera Central” con Nomenclatura [Qfl].

<sup>259</sup> CARDER. 2007, Op.Cit. p. 52.

<sup>260</sup> CADER, 2007, Op.Cit. p. 53.

En jurisdicción de la CARDER, Dentro del AID del proyecto se localiza la Formación Barroso (Kvb), la cual de acuerdo con CARDER (2007), “se refiere a un complejo volcánico lávico y volcanoclástico, de composición básica que aflora al norte de la zona de estudio y al Sur del área urbana de Pereira con una geoforma de pico alargado”<sup>261</sup>.

### 3.2.7.3 Zonas potenciales de Recarga

“La recarga de agua subterránea se define como la entrada de agua dentro de la zona saturada, donde comienza a hacer parte de las reservas subterráneas de agua. Esta entrada se da de dos maneras, la primera por un movimiento descendente del agua debido a las fuerzas de gravedad y la segunda comprende la entrada de agua al acuífero luego de presentarse un movimiento horizontal del flujo debido a las diferentes condiciones hidráulicas de las capas que constituyen el perfil del suelo”<sup>262</sup>.

“Pero también de manera artificial, producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de acueducto o alcantarillado o por infiltraciones de embalses y depósitos. En general la recarga por lluvia es la más importante, mientras que la recarga producida por ríos y lagos es importante en climas secos, y la debida a fugas en redes de acueducto y alcantarillado es de gran importancia en las zonas urbanizadas”<sup>263</sup>.

Para el tramo del proyecto UPME 04 – 2014 Refuerzo Suroccidente a 500 KV, de acuerdo al estudio de CORANTIOQUIA, el mayor potencial de recarga por precipitación se determinó haciendo un análisis de pendientes y unidades geomorfológicas definidas, “ya que las geoformas que se caracterizan por filos amplios con topes planos a redondeados y suaves, además de pendientes longitudinales y transversales bajas (0° y 20°) son las que tienen más potencial de recarga”<sup>264</sup>. El estudio concluye que “las zonas de mayor recarga potencial corresponden a las zonas altas, de bajas pendientes, que delimitan las cuencas al

---

<sup>261</sup> CADER, 2007, Op.Cit. p. 13.

<sup>262</sup> K. R. Bradbury, W. R. Dripps, D. W. Hankley, M. P. Anderson, K. W. Potter. Refinement of Two Methods for Estimation of Groundwater Recharge Rates. 2000, citado por CORANTIOQUIA. Evaluación hidrogeológica en los municipios de La Pintada y Valparaíso, jurisdicción de la dirección territorial Cartama de Corantioquia. En: Informe Final Contrato 9909. Noviembre, 2014. p. 5-72.

<sup>263</sup> LERNER, D.N.; ISSAR, A.S.; SIMMERS, I. Groundwater recharge. A guide to understanding the natural recharge. 1990, citado por VÉLEZ, María, OTÁLVARO, Doris, NAVARRO, Luz. En: Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos. 2014. p. 37.

<sup>264</sup> ROMERO, M. A., RAMÍREZ, M., CABALLERO, J., & MONSALVE, G. Metodología para la identificación de zonas de recarga a partir de unidades geomorfológicas. Citado por CORANTIOQUIA. Evaluación hidrogeológica en los municipios de La Pintada y Valparaíso, jurisdicción de la dirección territorial Cartama de Corantioquia. En: Informe Final Contrato 9909. Noviembre, 2014. p. 5-72.

interior de la zona, mientras que las zonas de menor potencial de recarga se encuentran alrededor de las corrientes principales”<sup>265</sup>.

De acuerdo con CORANTIOQUIA (2014), las unidades geomorfológicas con mayor potencial son:

*Valles aluviales, vertientes onduladas de pendiente moderada y un sector plano en la base del cerro escarpado ya que son zonas planas y suaves, algunas de ellas en la base de vertientes que favorecen la infiltración de agua. Las de menor potencial son los cerros aislados, filos de tope agudo, vertientes escalonadas, y vertientes cortas de pendiente fuerte, que son las geoformas de pendientes más fuertes que favorecen la escorrentía superficial hacia los cauces más importantes, pero no la infiltración. Las zonas con potencial de recarga medio son vertientes onduladas de pendiente moderada, vertientes escalonadas y lomos de tope redondeado, que si bien no son zonas planas que favorecen la infiltración por sus vertientes moderadas y escalonadas se puede favorecer la recarga en algunos sectores.*<sup>266</sup>

*El valor promedio de la recarga en toda la zona oscila alrededor de los 150 mm/año. Respecto a la variabilidad interanual de la recarga, se observa que durante años secos la recarga potencial disminuye hasta valores alrededor de 50 mm/año y durante años típicamente húmedos la recarga media aumenta hasta valores del orden de los 180 mm/año; sin embargo, se observa que se conserva el porcentaje de recarga con respecto a la precipitación asociada a cada período estando este alrededor de 6,5%<sup>267</sup>.*

Para el departamento de Caldas en la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y zona baja del municipio de Anserma, “la recarga se produce principalmente por la infiltración de la precipitación y de la escorrentía. La escorrentía puede aportar una buena cantidad de agua a los acuíferos debido al alto fracturamiento y meteorización de las unidades rocosas adyacentes a los valles de los ríos Chinchiná, Cauca, Tapias y Tareas”<sup>268</sup>.

*Las formaciones acuíferas de mayor de interés están representadas por los Flujos de Lodo de Santá-gueda, el KM-41 y el Plan de Anserma, las cuales presentan agua de buena calidad en cantidades*

---

<sup>265</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p. 2-38.

<sup>266</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p. 5-72.

<sup>267</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op. p. 2-38 y 2-39.

<sup>268</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op. p. 10-2.

*aprovechables*<sup>269</sup>. “En la zona de estudio las cuencas de los ríos Chinchiná, Cauca y Tapias-Tareas cuyos bordes están rodeados por una cadena de montañas (límites hidrogeológicos) en forma de herradura y que hacia el centro forma una depresión topográfica, favorece la recarga a través de la infiltración y la escorrentía por aguas lluvias desde las partes altas de la cuenca.”<sup>270</sup>

En el departamento de Risaralda, la CARDER para asociar la recarga teórica con la altura, realizó un análisis isotópico para los acuíferos Pereira, Zarzal, aluviones del Cuaternario y depósitos fluviolacustres de Dosquebradas. Según el estudio, “para las capas acuíferas superior e inferior de la formación Pereira los estudios apuntan a que la recarga en el nivel superior se ubica desde 950 a 1500 msnm. Para el nivel inferior la recarga se da entre 1200 y 1500 msnm”<sup>271</sup>.

De la misma manera, en un estudio del cual la CARDER hizo parte, se concluye que: “con la aplicación de técnicas isotópicas se pudo establecer que la recarga ocurre en la zona de afloramiento del acuífero; anteriormente se suponía que se daba una recarga substancial desde las zonas montañosas en contacto con la Formación Pereira, entre 2500 y 3500 msnm”<sup>272</sup>.

#### **3.2.7.4 Inventarios de Puntos de Agua**

Aunque no se precise la intervención sobre ninguna de las unidades hidrogeológicas identificadas y en las actividades de construcción y operación del proyecto no se demanda el uso de agua subterránea, se presenta información de manantiales identificados en el AID, para cada uno de estos se diligencio el Formulario Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIA).

“Un punto de agua subterránea, es un lugar u obra civil que permite el acceso al agua subterránea, incluyendo pozos, aljibes, surgencias naturales o manantiales que corresponden a descargas del acuífero; y lagos o lagunas cuando son salidas o afloramientos de acuíferos someros”<sup>273</sup>.

Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales las más comunes son:

---

<sup>269</sup> Márquez, 2009. Modelo hidrogeológico Conceptual de la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y zona baja del municipio de Anserma Departamento de Caldas – y su implementación bajo un sistema de información geográfica SIG. Manizales: 2009. p. 5.

<sup>270</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 10-2.

<sup>271</sup> CARDER. 2007, Op.Cit. p. 48.

<sup>272</sup> OTÁLVARO, Doris; ARIAS, Gabriel; VELÉZ, María. Uso de métodos geofísicos e isotópicos en la construcción de un modelo hidrogeológico conceptual para los acuíferos de Pereira y Dosquebradas, Colombia.. En: Recursos Naturales y Ambiente. Diciembre, 2009. N° 58, 89-96.

<sup>273</sup> VÉLEZ, María Victoria; OTÁLVARO, Doris Liliana y NAVARRO, Luz Francy. Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos. Bogotá. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. p. 33

➤ Manantiales

Son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

➤ Aljibes

son obras excavadas a mano, a veces revestidas en piedra, ladrillo o anillos de concreto. Los aljibes son superficiales (20-50 m de profundidad) y poseen diámetros aproximados de 1,50 m, este tipo de obra es empleada en acuíferos libres con niveles piezométricos poco profundos.

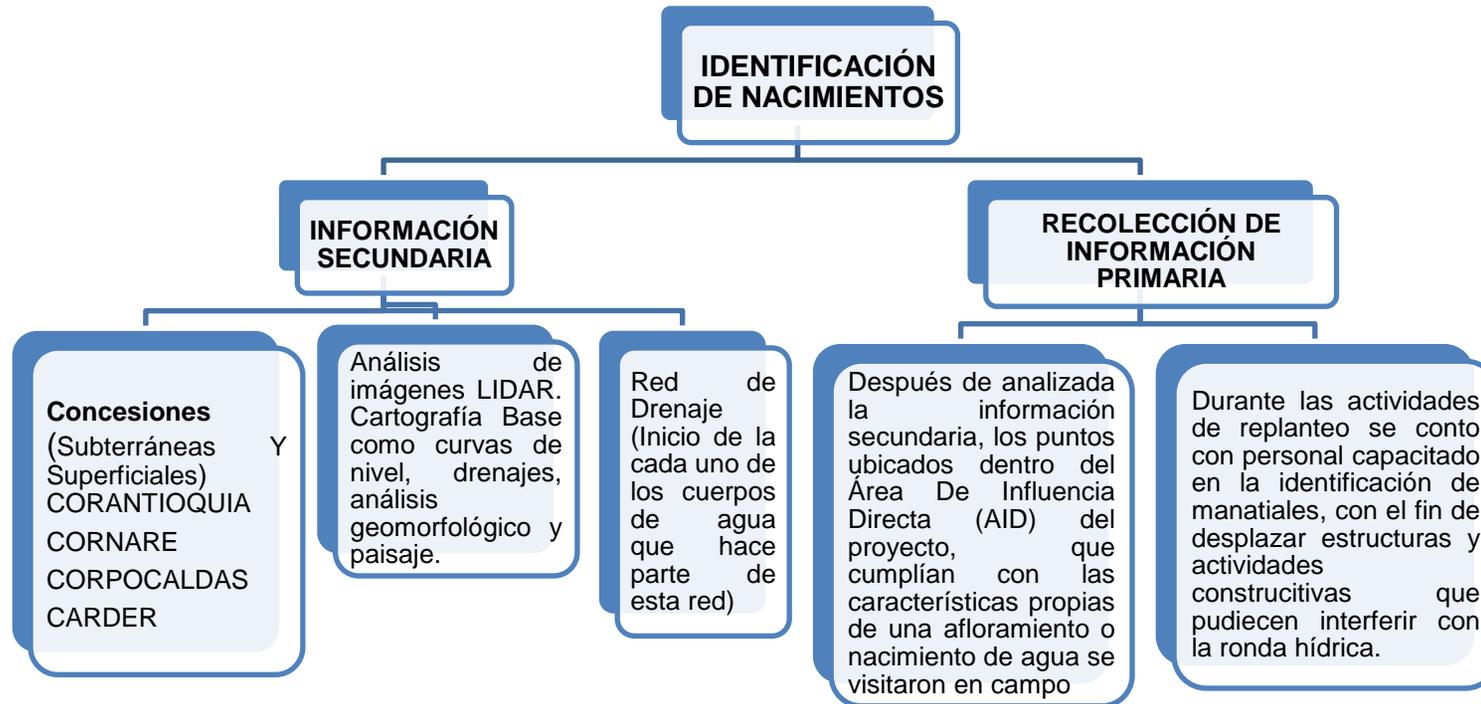
➤ Pozos profundos

Es una estructura hidráulica que permite extraer aguas de los acuíferos ubicados a una mayor profundidad que en el caso de los aljibes. El agua se extrae de los pozos mediante bombeo u otro sistema de elevación.

➤ Piezómetros:

Son instrumentos empleados en el monitoreo de aguas subterráneas para la medición de los niveles piezométricos y la toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos e isotópicos. Por lo general es una tubería de diámetro pequeño (2-3 pulgadas) instalada mediante barreno o percusión en el suelo.

Para optimizar la identificación en campo de los manantiales o nacimientos se siguió la ruta descrita en la Figura 3.2.54 la cual inicia con la revisión de información secundaria disponible en el AID.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.54. Identificación de nacimientos**

Algunos puntos visitados en campo fueron descartados ya que se trataba de un cauce de escorrentía donde el lecho estaba bien definido, más sin embargo no afloraba agua ni cumplía con las características de un nacimiento, estos sitios fueron denominados como cauces secos y sirvieron como puntos de control en la identificación de manantiales.

Los nacimientos y cauces secos identificados en campo se listan en la Tabla 3.2.48 referenciados en coordenadas planas sistema Magna Sirgas origen Oeste

### 3.2.7.5 Red de Flujo

Como ha sido indicado anteriormente, en la zona de estudio correspondiente al Proyecto Medellín – La Virginia se tiene definido que no se realizará utilización alguna para las diferentes unidades hidrogeológicas presentes, y por tanto, la conexión hidráulica con fuentes de aguas superficiales de dichas unidades al igual que la vulnerabilidad a la contaminación por parte de las aguas subterráneas debido a actividades propias del proyecto puede clasificarse como nula.

No obstante, se presenta un análisis de la red de flujo para los diferentes sistemas acuíferos basados en los estudios detallados que para la zona existen, a fin de plasmar un marco teórico relacionado con el tema en cuestión.

De acuerdo con la evaluación hidrogeológica en los municipios de La Pintada y Valparaíso, “el comportamiento de concentración de aniones mayoritarios involucrados en la serie de Cheboratev, muestra una tendencia de mineralización con dirección hacia el eje principal del río Cauca con mayores magnitudes encontradas en las estaciones cercanas a la cabecera municipal del municipio de La Pintada, particularmente del ión bicarbonato”<sup>274</sup>. Lo anterior revela la tendencia del flujo global. Sin embargo en el mismo estudio se menciona la falta de información y puntos de muestreo para mejorar el entendimiento de las líneas de flujo.

Para el departamento de Risaralda de acuerdo con el estudio de la CARDER, “existe en general una tendencia del flujo regional de las aguas subterráneas en dirección predominante Este-Oeste desde el sector de Tribunales y Dosquebradas hacia Pereira y Cerritos y de allí se aprecia una bifurcación hacia Puerto Caldas y la Virginia, sugiriendo como zonas de descarga natural del acuífero a los ríos Cauca y La Vieja”<sup>275</sup>.

Para el departamento de Caldas, CORPOCALDAS tiene estudios sobre el comportamiento de la superficie piezométrica y red de flujo para zona de Santágueda en el municipio de Palestina. En el reporte se precisa que:

*Se presentan una elevación máxima de 1060 m.s.n.m y una mínima de 970 m.s.n.m y un promedio de 1017 m.s.nm. En particular para*

<sup>274</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p. 10-33.

<sup>275</sup> CORANTIOQUIA, 2014, Op.Cit. p. 10-33.

*este sector se puede destacar que un gran porcentaje de los puntos evaluados se encuentran dispuestos en el entorno de la quebrada Carminales, en donde básicamente en el sector sur de esta región, se presentan los mayores niveles alcanzando valores de 1060 m.s.n.m, al igual que claramente se observa en este caso la ubicación de una importante zona de recarga en el mismo sector donde afloran las quebradas Berrión y Carminales zona alta del municipio de Palestina, descendiendo hasta zona central hasta un nivel que se encuentra entre la cota 1020 y 1010 m.s.n.m en donde se puede observar que las dicho sector las direcciones de flujo se ven muy influenciados por los tubos de corriente que producen en su entorno la quebrada Carminales en donde en algunos sectores las líneas de flujo subterráneas se direccionan de manera paralela.*

*A medida que desciende la superficie piezométrica alrededor de la cota 1000 m.s.n.m se puede observar en el sector Este y Noreste, se presenta un cambio en las direcciones de flujo, en donde se observa una preferencia de dirección hacia el río Chinchiná, comportamiento esperado si tenemos en cuenta, que se puede presentar algún grado de interconexión entre el río en el sistema subterráneo localizado en este sector, tomando valores cercanos alrededor de los 970 m.s.n.m, cerca del río. Seguidamente se puede observar en el sector oeste de la región, el comportamiento de la superficie piezométrica en donde desde alrededor de los 1040 m.s.n.m desde la quebrada Berrión desciende de manera directa en busca de la quebrada Carminales, para finalmente al igual que en la zona media direccionarse de manera paralela por la influencia de dicha quebrada hasta la zona en el punto de entrega con el río Chinchiná.*

*Finalmente en sector sur, cercano al sector donde nace la quebrada La Merced, se encuentra un nivel piezométrico alrededor de los 1000 m.s.n.m, en donde se puede observar que las líneas de flujo se direccionan en dos sentidos, el primero de ellos en el sentido sur-norte se dirige bajo la influencia de la quebrada la Merced, en busca de la desembocadura del río Cauca y la segunda de ellas en el sentido nor-este en el mismo sentido marcado por la quebrada Carminales, teniendo en cuenta sin embargo que en este sector no se presentan niveles que aclaren de manera certera la dirección final en esta área<sup>276</sup>.*

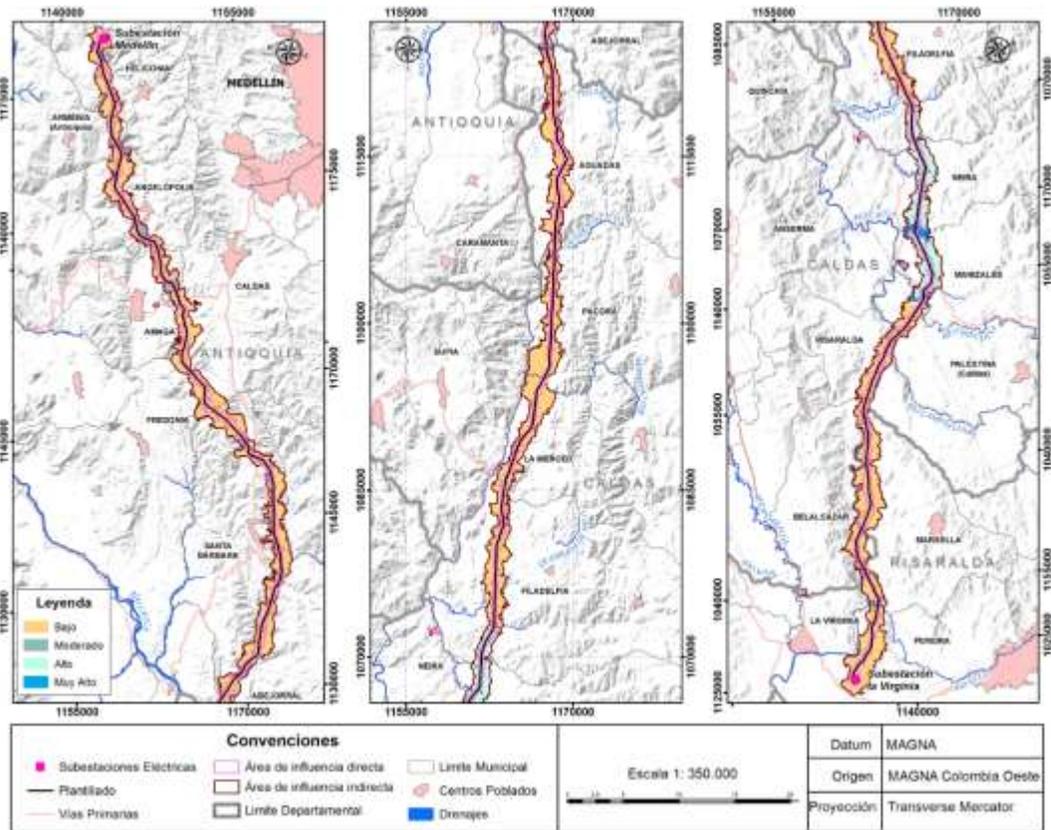
---

<sup>276</sup> CORPOCALDAS, 2006, Op.Cit. p. 10-4 y 10-5.

### 3.2.7.6 Mapa hidrogeológico y puntos de agua identificados

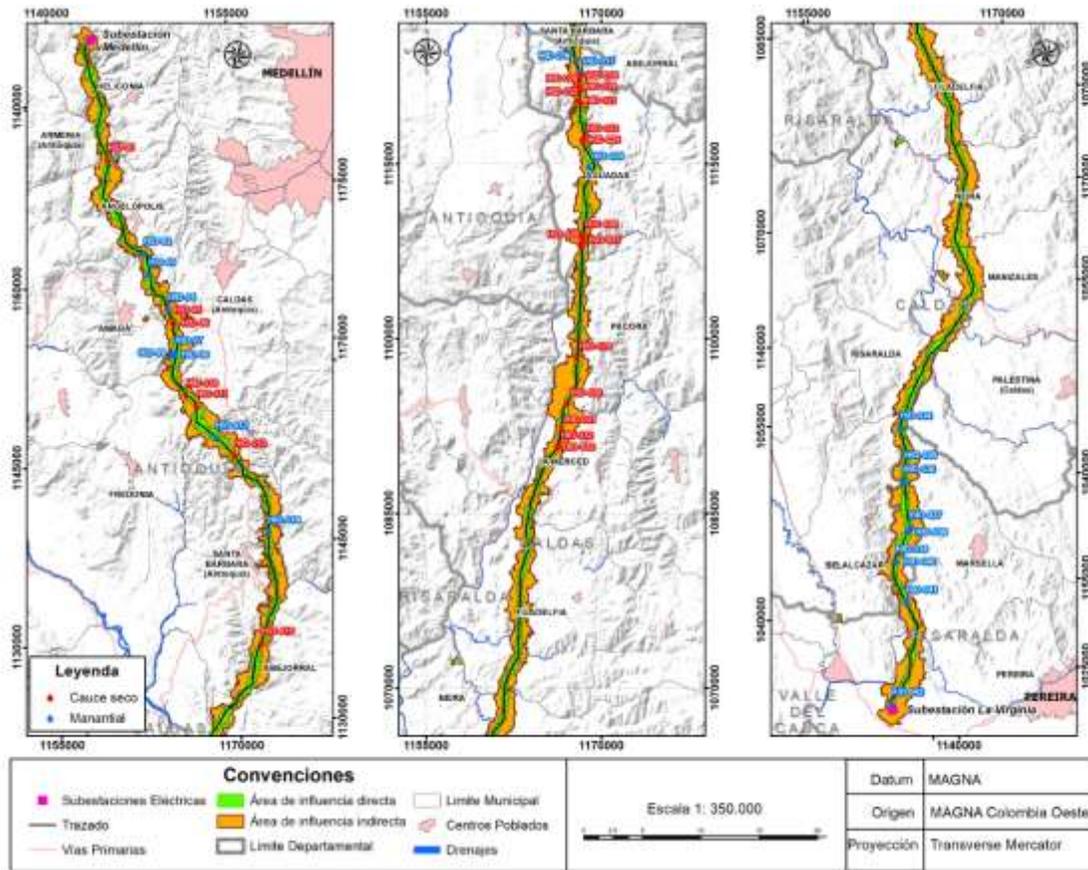
Se realizaron dos figuras, la primera (ver Figura 3.2.55) muestra el potencial hidrogeológico del AID Proyecto Medellín – La Virginia, de acuerdo con el diagnóstico presentado en la Tabla 3.2.46.

La segunda (ver Figura 3.2.56) muestra la ubicación espacial de los puntos de agua identificados (nacimientos y cauces secos)



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.55. Potencial hidrogeológico AID**



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2016

**Figura 3.2.56. Manantiales y cauces secos identificados en el AID**

La ubicación de estos nacimientos se muestra en coordenadas planas en la Tabla 3.2.48 y están referenciadas en el sistema Magan Sirgas origen Oeste.

**Tabla 3.2.48 Ubicación geográfica de los manantiales y cauces secos**

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		VEREDA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
		X	Y			
HID-01	Cauce seco	1147748	1172494	Guamal	Heliconia	Antioquia
HID-02	Nacimiento	1152586	1165330	La estación	Angelópolis	
HID-03	Nacimiento	1153370	1163651	Minas	Amagá	
HID-04	Nacimiento	1155678	1161104	Salinas	Caldas	
HID-05	Cauce seco	1156409	1160167	La Maní del Cardal	Caldas	
HID-06	Cauce seco	1156373	1160049		Caldas	
HID-07	Nacimiento	1157105	1157631		Caldas	
HID-08	Nacimiento	1156933	1157385		Caldas	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		VEREDA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
		X	Y			
HID-09	Nacimiento	1157013	1157358		Caldas	
HID-10	Cauce seco	1158845	1154278	Alto de los Fernández	Fredonia	
HID-11	Cauce seco	1159928	1153571	Piedra Verde	Fredonia	
HID-12	Nacimiento	1162147	1151281	La Arcadia	Santa Barbara	
HID-13	Cauce seco	1164044	1150147	Pitayo	Santa Barbara	
HID-14	Nacimiento	1168311	1144359	Palo Coposo	Santa Barbara	
HID-15	Cauce seco	1169925	1134925	Morrogordo	Abejorral	
HID-16	Nacimiento	1167852	1123941	Bocas	Aguadas	Caldas
HID-17	Nacimiento	1168181	1122959		Aguadas	
HID-18	Cauce seco	1168217	1122650		Aguadas	
HID-19	Cauce seco	1168109	1121787	Alto Espinal	Aguadas	
HID-20	Cauce seco	1168249	1121469		Aguadas	
HID-21	Cauce seco	1168104	1120482		Aguadas	
HID-22	Cauce seco	1168244	1120342		Aguadas	
HID-23	Cauce seco	1168540	1117183		Aguadas	
HID-24	Cauce seco	1168408	1117109		Aguadas	
HID-25	Nacimiento	1168955	1114782	Estación Aguadas	Aguadas	
HID-26	Cauce seco	1168448	1108957	La Maria	Aguadas	
HID-27	Cauce seco	1168452	1108513		Aguadas	
HID-28	Cauce seco	1168355	1108067		Aguadas	
HID-29	Cauce seco	1167910	1098493	El Rodeo	Pácora	
HID-30	Cauce seco	1167099	1094486	El Tambor	La Merced	
HID-31	Cauce seco	1166610	1092168		La Merced	
HID-32	Cauce seco	1166334	1090793		La Merced	
HID-33	Cauce seco	1166277	1090755		La Merced	
HID-34	Nacimiento	1147033	1050111	La Romelia	Belalcázar	
HID-35	Nacimiento	1145917	1046887	La Miranda	Marsella	Risaralda
HID-36	Nacimiento	1145282	1045841		Marsella	
HID-37	Nacimiento	1144084	1042048	Beltrán	Marsella	
HID-38	Nacimiento	1143636	1041774		Marsella	
HID-39	Nacimiento	1141707	1039930	San Narciso	Belalcázar	Caldas

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		VEREDA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
		X	Y			
HID-40	Nacimiento	1141626	1039908	La Paloma	Belalcázar	
HID-41	Nacimiento	1140973	1036401	Estación Pereira	Marsella	Risaralda
HID-42	Nacimiento	1136023	1029051	La Paz	Pereira	

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

En la Tabla 3.2.49 se presenta la distancia de la infraestructura del proyecto a los nacimientos de agua, nótese como ninguno de ellos esta a una distancia inferior de 100 m.

**Tabla 3.2.49 Distancia de infraestructura del proyecto a nacimientos de agua**

NOMBRE	VEREDA	MUNICIPIO	TIPO_PUNTO	SITIO	X	Y	Uso del Agua	Caudal(l/s)	Infraestructura mas Cercana	Distancia (m)
HID-02	La Estación	ANGELÓPOLIS	Manantial Nacedero	CIPA	1152586	1165330	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	El sitio no permite aforo	T-43	115
									T-44	141
HID-03	Minas	AMAGÁ	Manantial Nacedero	La Soledad	1153370	1163651	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,012	T-47	115
HID-04	Salinas	CALDAS (Antioquia)	Manantial Nacedero	El Morro	1155678	1161104	Pecuario	0,03	T-56	118
HID-07	La Maní del Cardal	CALDAS (Antioquia)	Manantial Nacedero	La Flora	1157105	1157631	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,018	T-66	139
HID-08	La Maní del Cardal	CALDAS (Antioquia)	Manantial Nacedero	La Maní del Cardal	1156933	1157385	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	El sitio no permite realizar aforo	T-67	389
HID-09	La Maní del Cardal	CALDAS (Antioquia)	Manantial Nacedero	Sinifaná	1157013	1157358	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,017	T-67	306
HID-12	La Arcadia	SANTA BÁRBARA (Antioquia)	Manantial Nacedero	La Arcadia	1162147	1151281	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,018	T-82	257
HID-14	Palo Coposo	SANTA BÁRBARA (Antioquia)	Manantial Nacedero	Platanal	1168311	1144359	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,016	T-106	115

NOMBRE	VEREDA	MUNICIPIO	TIPO_PUNTO	SITIO	X	Y	Uso del Agua	Caudal(l/s)	Infraestructuras Cercanas	Distancia (m)
HID-16	Bocas	AGUADAS	Manantial Nacedero	El Guayacán	1167852	1123941	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,015	T-145	115
HID-17	Bocas	AGUADAS	Manantial Nacedero	Oro Negro	1168181	1122959	Pecuario	0,02	T-147	255
									T-148	262
HID-25	Estación Aguadas	AGUADAS	Manantial Nacedero	La Gloria	1168955	1114782	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,011	T-163	443
HID-34	La Romelia	BELALCÁZAR	Manantial Nacedero	La Habana	1147033	1050111	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	El sitio no permite realizar aforo	T-309	125
HID-35	La Miranda	MARSELLA	Manantial Nacedero	Hacienda La Miranda	1145917	1046887	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,1	T-315	124
HID-36	La Miranda	MARSELLA	Manantial Nacedero	Hacienda La Miranda	1145282	1045841	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,04	T-319	121
HID-37	Beltrán	MARSELLA	Manantial Nacedero	Hacienda Mayorquín	1144084	1042048	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,035	T-327	117
HID-38	Beltrán	MARSELLA	Manantial Nacedero	Hacienda Mayorquín	1143636	1041774	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,025	T-328	112
HID-39	San Narciso	BELALCÁZAR	Manantial Nacedero	Altamira	1141707	1039930	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,01	T-333	205
HID-40	San Narciso	BELALCÁZAR	Manantial Nacedero	Altamira	1141626	1039908	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,012	T-333	146

NOMBRE	VEREDA	MUNICIPIO	TIPO_PUNTO	SITIO	X	Y	Uso del Agua	Caudal(l/s)	Infraestructuras Cercanas	Distancia (m)
HID-41	Estación Pereira	MARSELLA	Manantial Nacedero	Montana	1140973	1036401	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,014	T-340	113
HID-42	La Paz	PEREIRA	Manantial Nacedero	Hato Nuevo	1136023	1029051	No presenta captación ni se evidencio uso del agua	0,2	T-360	197

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2018

### 3.2.7.7 Distribución Unidades Hidrogeológicas para el AID

A continuación en la Tabla 3.2.50 se presenta la relación por unidad hidrogeológica para el área de estudio en su AID.

**Tabla 3.2.50. Distribución de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia directa (AID).**

ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA			
POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO		ha	%
SÍMBOLO	NOMBRE		
UHG1(C2 y A4)	Bajo	6983,85	87,90
UHG3(A3)	Moderado	84,13	1,06
UHG3(A2)	Alto	742,33	9,34
UHG4(A1)	Muy Alto	134,61	1,69
<b>TOTAL</b>		<b>18181.79</b>	<b>7944,91</b>

Fuente: Consorcio MARTE–HMV, 2016

En el Mapa N° 18 Hidrogeología, se presenta el potencial hidrogeológico del AID

En los formatos campo tipo “Formulario Único Nacional Para Inventario De Puntos De Agua Subterránea” (FUNIA) disponibles en el Anexo 3.2.7 se da información primaria de los nacimientos y cauces secos identificados en el AID del Proyecto Refuerzo Suroccidental a 500kV Medellín – La Virginia

### 3.2.8 ATMÓSFERA

Toda propiedad o condición de la atmósfera cuyo conjunto define el estado físico del clima, en un lugar dado, para un periodo de tiempo determinado, es conocida con el nombre de elemento climático.

Los principales elementos del clima son la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, el brillo solar y la nubosidad; los fenómenos atmosféricos como la niebla, las tormentas eléctricas, los vendavales, la bruma y humo, también se consideran como elementos definidores del clima. Estos elementos se convierten en variables climatológicas cuando se obtienen sus valores cuantitativos o cualitativos, producto de sus registros y/o mediciones, y generalmente llevan los mismos nombres que sus elementos, pero se diferencian de éstos porque el elemento es la característica física en sí, mientras que la variable es su valoración.

*Con el análisis del comportamiento de estas variables, en el tiempo y en el espacio, es posible sacar conclusiones sobre el clima actual, el clima del pasado, las fluctuaciones climáticas de diversa escala, etc. (...) La composición de la atmósfera y los procesos que en ella se desarrollan tienen gran influencia en la actividad humana y en el*

*comportamiento del medio ambiente en general, y en uno u otro grado afectan los procesos de producción, intercambio y consumo de bienes y servicios, el bienestar y la seguridad de la población, las relaciones sociedad-naturaleza y los procesos en otras esferas del medio natural. De ahí la necesidad de hacer el seguimiento continuo de la dinámica de la atmósfera, su circulación, las variaciones en su composición y de los fenómenos que en ella ocurren<sup>277</sup>.*

*El estado del tiempo y las características que identifican el clima, no solo dependen de la circulación atmosférica de gran escala sino que también están condicionados por las particularidades locales, entre las cuales se destacan aquellas que resultan de los efectos asociados con la diferenciación entre el comportamiento físico de las superficies de tierra y agua o de valle y montaña, como también las ocasionadas por las barreras montañosas a la circulación atmosférica o por la modificación del uso del suelo, como sucede con el desarrollo urbano acelerado<sup>278</sup>.*

### 3.2.8.1 Clima

El clima es un factor importante del ambiente global, interviene en todos sus procesos y a la vez es afectado por la variedad de interacciones entre las diversas esferas del ecosistema planetario. El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dada, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático<sup>279</sup>.

Para dar cumplimiento a los requerimientos establecidos en los Términos de Referencia LI-TER-1-01, se realizó la descripción de las variables climáticas con base a un análisis temporal y espacial dentro del AII.

El primer criterio tenido en cuenta para la escogencia de las estaciones climatológicas del IDEAM fue que estuvieran ubicadas dentro de un radio de 30 km del AII; el segundo fue que las variables climatológicas contaran con registro mínimo de 10 años, con un periodo cronológico común para cada una de las variables.

El periodo de análisis para las estaciones que se presentarán en éste subcapítulo corresponde a los años entre 1981 – 2010, el cual corresponde al periodo en el que se encuentran reportados la mayor cantidad de datos del IDEAM en las diferentes estaciones consultadas, para realizar el análisis. Adicionalmente, cuando se realizó

---

<sup>277</sup> IDEAM. (2001). El Medio Ambiente en Colombia. Bogotá, Colombia: 2da Edición. Pág 35

<sup>278</sup> IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá, (Parte I) Imprenta Nacional de Colombia, Colombia. Pág 14

<sup>279</sup> IDEAM. (2001). El Medio Ambiente en Colombia. Bogotá, Colombia: 2da Edición. Pág 55

las solicitudes de información al IDEAM, para las estaciones, las respuestas de dicha entidad, no cumplían en su totalidad con la calidad y monitoreo de los datos para todos los años posteriores a 2010 hasta la fecha actual, con el fin de hacer un análisis mínimo con 10 años de muestreo de datos atmosféricos.

Con los datos de las variables climáticas obtenidas se hizo un análisis temporal y espacial<sup>280</sup> valiéndonos de herramientas de geoprocso principalmente del software ArcGIS que se explican más adelante para cada variable.

Ante la ausencia de datos de alguna variable en las estaciones del IDEAM o de otras instituciones dentro del área de influencia indirecta, se utilizaron expresiones matemáticas aceptadas y validadas ampliamente en la literatura, que dan una buena aproximación al valor real, tal es el caso de la presión atmosférica, la cual se puede relacionar con la altitud, para analizar su comportamiento espacial dentro del área de estudio, como se explica más adelante.

El tipo de estaciones que se encuentran en el área de influencia, tienen las categorías que se describen a continuación, de acuerdo al IDEAM<sup>281</sup>:

➤ Estación Pluviométrica (PM)

Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.

➤ Estación Pluviográfica (PG)

Registra en forma mecánica y continúa la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.

➤ Estación Agrometeorológica (AM)

En esta estación se realizan observaciones meteorológicas y otras observaciones que ayudan a determinar las relaciones entre el clima, por una parte, y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación CP, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).

➤ Estación Climatológica Ordinaria (CO)

Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafos y psicrómetro. Es decir, miden lluvias y temperaturas extremas e instantáneas.

➤ Estación Sinóptica Principal (SP)

En este tipo de estación se efectúan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se toman

---

<sup>280</sup> El Análisis espacial estuvo sujeto al número de estaciones con datos disponibles para la espacialización de la variable climática con la herramienta de geoprocso mencionada.

<sup>281</sup> Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#E>

horariamente y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitación, temperaturas extremas, capas significativas de nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales, con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.

➤ Estación Climatológica Principal (CP)

Es aquella en la cual se hacen observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación, solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores. Por lo general se efectúan tres observaciones diarias.

A continuación se identifican, zonifican y describen las condiciones climáticas mensuales y multianuales del área, con base en la información de las estaciones meteorológicas existentes en la región.

### 3.2.8.1.1 Temperatura

“La temperatura del aire en superficie es la temperatura leída en un termómetro expuesto al aire en una caseta o abrigo meteorológico que permite la existencia de una buena ventilación, y evita los efectos de la radiación solar directa sobre el termómetro, a una altura comprendida entre 1,25 y 2 metros sobre el nivel del suelo”<sup>282</sup>. Como se verá a continuación, se observan los valores medios, máximos y mínimos para la temperatura registrada en las estaciones que contenían datos; De esta manera, la temperatura media corresponde al promedio de las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado (hora, día, mes, año, década, etc.), en tanto que las temperaturas extremas corresponden al valor más alto (máximo) y más bajo (mínimo), presentados en el transcurso de tal intervalo.<sup>283</sup>

El régimen de la temperatura del aire en el país, está determinado por su situación geográfica en el mundo y las particularidades fisiográficas de su territorio. La temperatura influye ante todo sobre la amplitud anual de la temperatura del aire, mientras que el aire determina en gran parte su variabilidad espacial<sup>284</sup>. Las variaciones de temperatura y sus causas pueden resumirse así<sup>285</sup>:

---

<sup>282</sup> IDEAM. (2005). *Altas Climatológico de Colombia*. Bogotá, Imprenta Nacional de Colombia, Colombia. Pág 27.

<sup>283</sup> Ibid; Pág 27.

<sup>284</sup> IDEAM. (2001). *El Medio Ambiente en Colombia*. Bogotá, Colombia: 2da Edición. Pág 28

<sup>285</sup> IDEAM. (2005). *Altas Climatológico de Colombia*. Bogotá, Imprenta Nacional de Colombia, Colombia. Pág 29.

➤ Variación diurna<sup>286</sup>

Cambio en la temperatura, entre el día y la noche, producido por la rotación de la Tierra.

➤ Distribución latitudinal.

Distribución natural de la temperatura sobre la esfera terrestre, debido a que el ángulo de incidencia de los rayos solares varía con la latitud geográfica.

➤ Variación con la altura

En la tropósfera, la temperatura decrece normalmente con la altura, aproximadamente 6,5°C por cada 1.000 metros. Sin embargo, en ocasiones se puede registrar un aumento de temperatura con la altura.

➤ Tipos de superficie terrestre

Las diferencias de la capacidad calorífica debida a los distintos tipos de suelo, vegetación y humedad en el suelo producen efectos muy importantes en la variación de temperatura.

El patrón de la temperatura media, mínima y máxima, se presenta con base en los promedios mensuales multianuales de las estaciones del IDEAM, presentadas en la Tabla 3.2.51. Para la temperatura media, se compilan los datos en la Tabla 3.2.52. Esta presenta el comportamiento de la temperatura media en las estaciones, la cual se mantiene alrededor de 18,9°C. Se observa que algunas estaciones como “Túnez HDA”, “Nacional Gja” y “La Bohemia” mantienen valores elevados de temperatura para casi todos los meses del año. Por el contrario, las estaciones “El Jardín” y “Mesopotamia” presentan los valores más bajos observables para la temperatura media mensual multianual.

Para el caso de la Temperatura Máxima Mensual Multianual, presentada en la

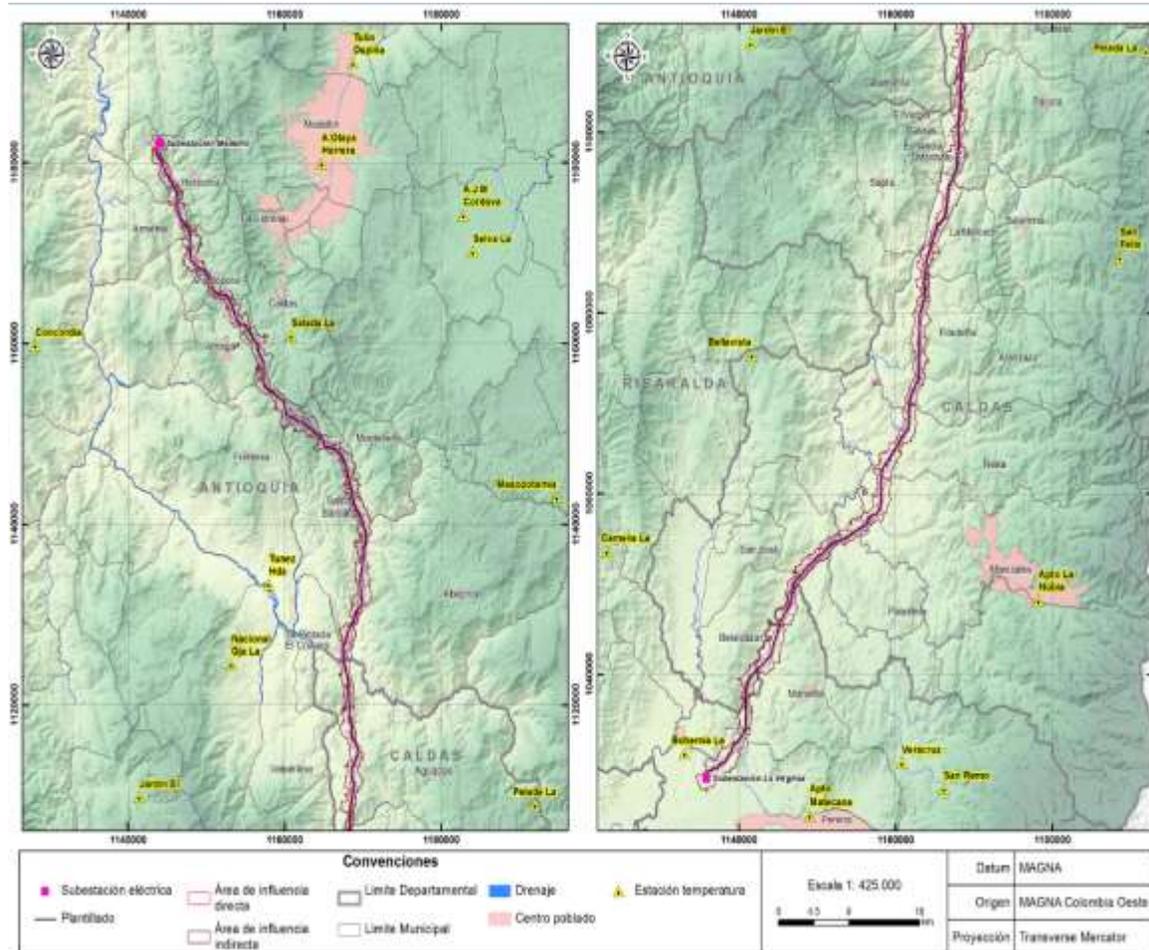
Tabla 3.2.53y graficada en la Figura 3.2.59, se observa un valor máximo de 34,1°C en la estación “Túnez Hda” y el valor más bajo de temperatura máxima en la estación “San Félix” con un valor de 17,1 °C.

Con respecto a la Temperatura Mínima Mensual Multianual, presentada en la

Tabla 3.2.54 y graficada en Figura 3.2.60, muestran que la temperatura mínima mensual multianual es de 5,3 °C, registrada en la estación “San Félix” y la temperatura.

---

<sup>286</sup>[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido\\_en\\_linea\\_Caraterizacion/leccin\\_18\\_variab\\_les\\_meteorolgicas\\_ii\\_temperatura\\_del\\_aire\\_humedad\\_y\\_precipitacin.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/leccin_18_variab_les_meteorolgicas_ii_temperatura_del_aire_humedad_y_precipitacin.html)



Fuente: Consorcio Marte -HMV, 2016

**Figura 3.2.57 Ubicación Geográfica de las estaciones de Temperatura**

**Tabla 3.2.51 Listado de las Estaciones consideradas en el análisis de la Temperatura 1981-2010**

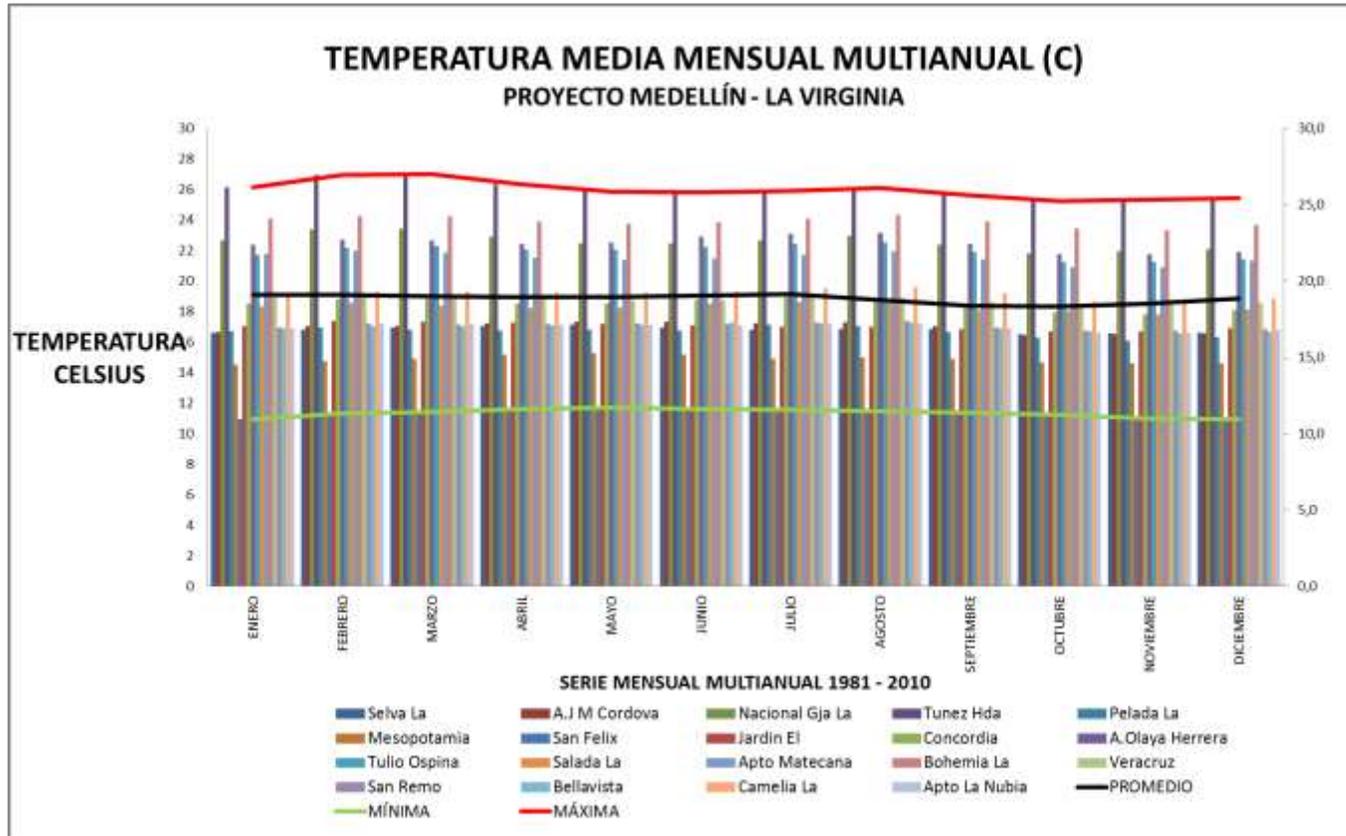
CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ELEVACIÓN	LONGITUD	LATITUD
23085040	AM	Selva La	Rionegro	Antioquia	2090	75°24'53.0"W	6°7'54.0"N
23085200	SP	A.J M Córdoba	Rionegro	Antioquia	2073	75°25'33.0"W	6°10'7.0"N
26175030	CP	Nacional Gja La	Támesis	Antioquia	1151	75°41'39.4"W	5°43'12.6"N
26175040	CO	Túnez Hda	Fredonia	Antioquia	530	75°39'3.5"W	5°48'0.7"N
26185010	CO	Pelada La	Aguadas	Caldas	2180	75°20'41.2"W	5°34'43.5"N
26185020	CO	Mesopotamia	La Unión	Antioquia	2314	75°19'7.1"W	5°53'10.9"N
26185040	CO	San Félix	Salamina	Caldas	2696	75°22'30.5"W	5°22'21.5"N
26195030	CO	Jardín El	Jardín	Antioquia	2005	75°48'2.0"W	5°35'15.8"N
26215010	CO	Concordia	Concordia	Antioquia	1904	75°55'11.0"W	6°2'23.0"N
27015070	SP	A.Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	1490	75°35'20.3"W	6°13'14.2"N
27015090	CO	Tulio Ospina	Bello	Antioquia	1438	75°33'9.0"W	6°19'16.0"N
27015260	AM	Salada La	Caldas	Antioquia	1680	75°37'28.9"W	6°2'54.1"N
26135040	SP	Apto Matecana	Pereira	Risaralda	1342	75°44'1.9"W	4°48'57.1"N
26135100	CO	Bohemia La	Pereira	Risaralda	970	75°52'39.3"W	4°52'40.6"N
26135110	CO	Veracruz	Pereira	Risaralda	1720	75°37'38.6"W	4°52'4.6"N
26135160	CO	San Remo	Santa Rosa de Cabal	Risaralda	2000	75°34'46.2"W	4°50'31.1"N
26145020	CO	Bellavista	Anserma	Caldas	1932	75°48'0.0"W	5°16'33.3"N
26145030	CO	Camelia La	Santuario	Risaralda	1650	75°58'1.0"W	5°4'48.8"N
26155110	SP	Apto La Nubia	Manizales	Caldas	2058	75°28'11.8"W	5°1'47.1"N

Fuente: Consorcio Marte -HMV, adaptado de IDEAM 2016.

**Tabla 3.2.52 Temperatura Media registrada**

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Selva La	16,6	16,8	17,0	17,1	17,1	17,0	16,8	16,9	16,8	16,5	16,6	16,6	16,8
A.J M Cordova	16,7	17,1	17,1	17,3	17,4	17,3	17,3	17,3	17,1	16,5	16,5	16,6	17,0
Nacional Gja La	22,7	23,4	23,4	22,9	22,5	22,5	22,7	23,0	22,4	21,8	22,0	22,1	22,6
Tunez Hda	26,1	27,0	27,0	26,4	25,9	25,8	25,9	26,1	25,7	25,2	25,4	25,4	26,0
Pelada La	16,7	17,0	16,8	16,8	16,8	16,8	17,1	17,1	16,7	16,3	16,1	16,3	16,7
Mesopotamia	14,5	14,8	14,9	15,2	15,3	15,2	14,9	15,0	14,9	14,7	14,6	14,6	14,9
San Felix	11,0	11,3	11,5	11,6	11,7	11,6	11,6	11,5	11,4	11,2	11,0	11,0	11,4
Jardin El	17,1	17,4	17,3	17,3	17,2	17,1	17,0	17,0	16,8	16,7	16,7	16,9	17,1
Concordia	18,5	18,8	18,8	18,6	18,6	18,8	18,9	18,8	18,4	17,9	17,8	18,1	18,5
A.Olaya Herrera	22,4	22,7	22,7	22,4	22,6	22,9	23,1	23,1	22,4	21,8	21,8	21,9	22,5
Tulio Ospina	21,7	22,2	22,3	22,1	22,1	22,3	22,5	22,5	21,9	21,2	21,3	21,4	22,0
Salada La	18,4	18,6	18,4	18,2	18,3	18,5	18,6	18,7	18,1	18,0	17,8	18,1	18,3
Apto Matecana	21,8	22,0	21,9	21,5	21,4	21,5	21,7	22,0	21,5	20,9	20,9	21,4	21,5
Bohemia La	24,1	24,3	24,2	23,9	23,8	23,9	24,1	24,4	23,9	23,4	23,4	23,7	23,9
Veracruz	18,9	19,1	19,1	18,8	18,7	18,7	19,0	18,9	18,7	18,3	18,4	18,6	18,8
San Remo	17,0	17,2	17,2	17,2	17,3	17,2	17,3	17,4	17,0	16,8	16,8	16,9	17,1
Bellavista	16,9	17,1	17,0	17,1	17,2	17,3	17,3	17,3	16,9	16,7	16,6	16,7	17,0
Camelia La	19,1	19,4	19,4	19,3	19,2	19,3	19,6	19,7	19,2	18,7	18,7	18,9	19,2
Apto La Nubia	16,9	17,2	17,2	17,2	17,2	17,1	17,2	17,2	16,9	16,6	16,6	16,8	17,0

Fuente: Consorcio Marte -HMV, adaptado de IDEAM 2016.



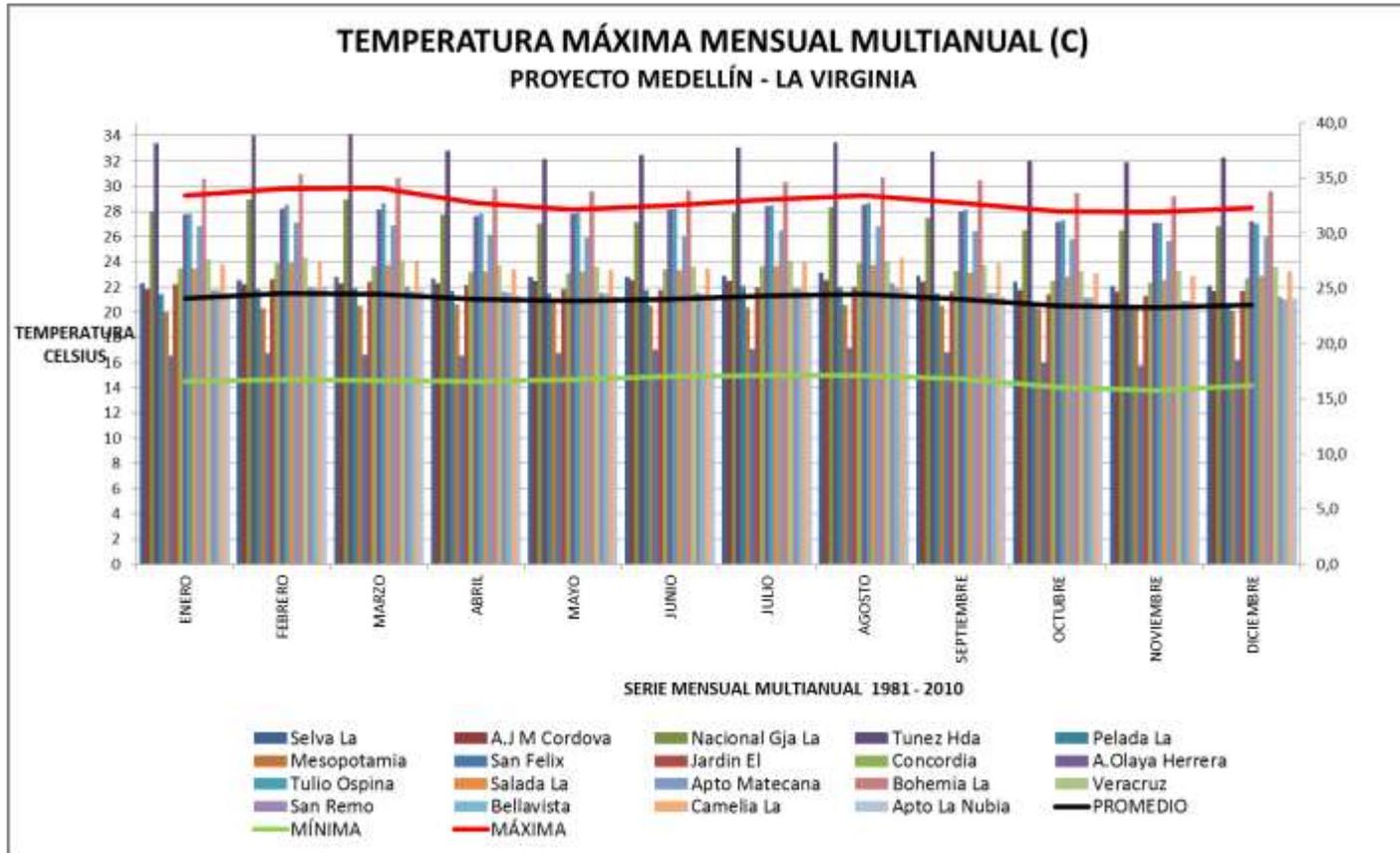
Fuente: Consorcio Marte -HMV, 2016.

**Figura 3.2.58 Temperatura media anual multianual Proyecto Medellín- La Virginia.**

**Tabla 3.2.53 Temperaturas Máximas registradas**

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL	MÁXIMA ANUAL
Selva La	22,3	22,5	22,8	22,6	22,8	22,8	22,9	23,1	22,8	22,4	22,1	22,1	22,6	23,1
A.J M Cordova	21,8	22,2	22,3	22,2	22,5	22,5	22,5	22,6	22,4	21,8	21,6	21,7	22,2	22,6
Nacional Gja La	28,0	29,0	28,9	27,7	27,0	27,2	27,8	28,3	27,5	26,5	26,5	26,9	27,6	29,0
Tunez Hda	33,4	34,1	34,1	32,8	32,2	32,5	33,1	33,5	32,7	32,0	31,9	32,3	32,9	34,1
Pelada La	21,4	21,8	21,9	21,7	21,5	21,7	22,1	21,9	21,5	20,7	20,4	20,7	21,5	22,1
Mesopotamia	20,0	20,3	20,5	20,6	20,8	20,5	20,4	20,6	20,5	20,3	20,2	20,1	20,4	20,8
San Felix	16,6	16,8	16,6	16,6	16,8	17,0	17,1	17,1	16,8	16,0	15,7	16,2	16,6	17,1
Jardin El	22,2	22,6	22,4	22,1	21,8	21,8	21,9	21,9	21,7	21,4	21,3	21,7	21,9	22,6
Concordia	23,4	23,9	23,6	23,2	23,0	23,4	23,7	23,9	23,2	22,5	22,4	22,7	23,2	23,9
A.Olaya Herrera	27,8	28,2	28,1	27,6	27,8	28,2	28,4	28,5	28,0	27,2	27,1	27,2	27,8	28,5
Tulio Ospina	27,8	28,5	28,6	27,8	27,9	28,2	28,4	28,7	28,2	27,3	27,1	27,0	27,9	28,7
Salada La	23,5	23,9	23,7	23,2	23,2	23,3	23,7	23,7	23,1	22,8	22,6	22,8	23,3	23,9
Apto Matecana	26,8	27,1	26,9	26,2	25,9	26,0	26,5	26,9	26,4	25,8	25,6	26,0	26,3	27,1
Bohemia La	30,6	31,0	30,6	29,9	29,6	29,7	30,3	30,7	30,5	29,5	29,2	29,6	30,1	31,0
Veracruz	24,2	24,3	24,1	23,7	23,6	23,6	24,0	24,0	23,7	23,3	23,2	23,6	23,8	24,3
San Remo	21,8	22,0	21,9	21,6	21,5	21,6	21,9	22,3	21,5	21,2	20,9	21,3	21,6	22,3
Bellavista	21,8	21,9	21,7	21,6	21,5	21,4	21,9	22,0	21,5	21,2	20,9	21,0	21,5	22,0
Camelia La	23,8	24,1	24,0	23,4	23,4	23,5	23,9	24,3	23,9	23,1	22,9	23,2	23,6	24,3
Apto La Nubia	21,5	22,0	21,8	21,4	21,3	21,3	21,5	21,7	21,2	20,6	20,6	21,1	21,3	22,0

Fuente: Consorcio Marte -H MV, adaptado de IDEAM 2016



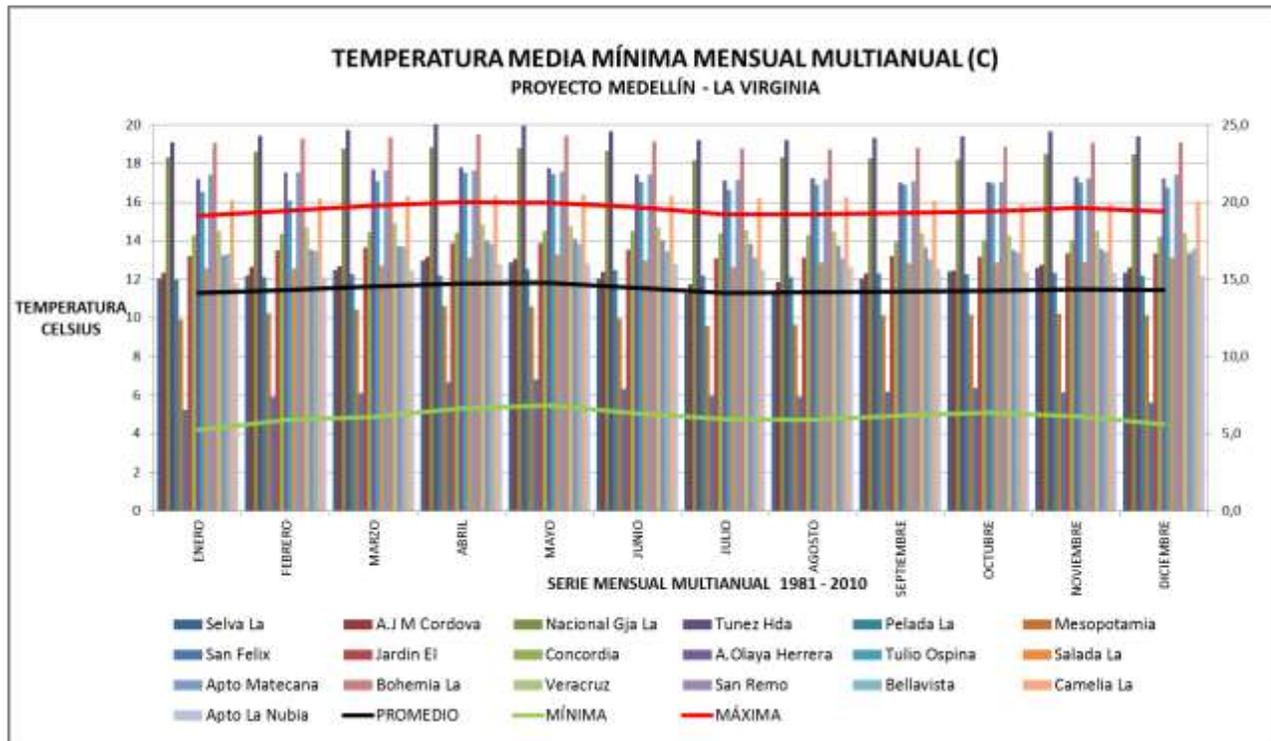
Fuente: Consorcio Marte -HMV, 2016.

**Figura 3.2.59 Temperatura Máxima anual multianual.**

**Tabla 3.2.54 Temperaturas Mínimas registradas**

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL	MÍNIMA ANUAL
Selva La	12,0	12,2	12,5	13,0	12,9	12,0	11,3	11,4	12,0	12,4	12,6	12,3	12,2	11,3
A.J M Córdova	12,4	12,6	12,7	13,2	13,1	12,4	11,7	11,9	12,3	12,5	12,7	12,6	12,5	11,7
Nacional Gja La	18,3	18,6	18,8	18,8	18,8	18,6	18,2	18,3	18,3	18,2	18,5	18,4	18,5	18,2
Túnez Hda	19,1	19,4	19,8	20,0	19,9	19,7	19,2	19,2	19,3	19,4	19,6	19,4	19,5	19,1
Pelada La	12,0	12,1	12,3	12,2	12,5	12,5	12,2	12,1	12,3	12,3	12,4	12,2	12,3	12,0
Mesopotamia	9,9	10,2	10,4	10,6	10,6	9,9	9,6	9,7	10,1	10,2	10,2	10,1	10,1	9,6
San Félix	5,3	5,9	6,1	6,7	6,8	6,3	6,0	5,9	6,2	6,4	6,2	5,6	6,1	5,3
Jardín El	13,2	13,5	13,7	13,9	13,9	13,5	13,1	13,1	13,2	13,2	13,3	13,3	13,4	13,1
Concordia	14,3	14,4	14,4	14,4	14,5	14,5	14,4	14,3	14,0	14,0	14,0	14,2	14,3	14,0
A. Olaya Herrera	17,2	17,5	17,7	17,8	17,8	17,4	17,1	17,2	17,0	17,0	17,3	17,2	17,4	17,0
Tulio Ospina	16,5	16,1	17,1	17,5	17,5	17,1	16,6	16,9	16,9	17,0	17,0	16,8	16,9	16,1
Salada La	12,6	12,6	12,7	13,1	13,3	13,0	12,6	12,9	12,8	12,9	12,9	13,1	12,9	12,6
Apto Matecaña	17,4	17,5	17,6	17,6	17,6	17,4	17,2	17,2	17,1	17,0	17,2	17,4	17,4	17,0
Bohemia La	19,1	19,3	19,3	19,5	19,5	19,1	18,8	18,7	18,8	18,9	19,1	19,1	19,1	18,7
Veracruz	14,5	14,7	14,9	14,8	14,8	14,7	14,5	14,5	14,4	14,3	14,5	14,4	14,6	14,3
San Remo	13,3	13,5	13,7	14,0	14,1	14,0	13,9	13,8	13,7	13,6	13,6	13,4	13,7	13,3
Bellavista	13,3	13,5	13,7	13,8	13,8	13,5	13,1	13,1	13,1	13,4	13,4	13,6	13,4	13,1
Camelia La	16,1	16,2	16,3	16,3	16,4	16,3	16,2	16,3	16,1	15,9	15,9	16,1	16,2	15,9
Apto La Nubia	11,8	12,1	12,5	12,8	12,8	12,8	12,5	12,6	12,5	12,4	12,3	12,2	12,4	11,8

Fuente: Consorcio Marte -HMV, adaptado de IDEAM 2016



Fuente: Consorcio Marte -HMV, 2016.

**Figura 3.2.60. Temperatura mínima anual multianual**

Dada la localización tropical de Colombia, la temperatura superficial del aire está fuertemente condicionada a lo largo de todo el año por la altura sobre el nivel del mar. Debido a esta dependencia lineal de la temperatura con la altura, una buena manera de estimar la temperatura media en toda Colombia es por medio de regresiones lineales elaboradas con estaciones de buena calidad. Chaves y Jaramillo (1998) presentan regresiones lineales por regiones tomando como información básica los registros de temperatura media mensual del aire en superficie, en las estaciones climáticas operadas por la Federación Nacional de Cafeteros<sup>287</sup>.

La relación entre la altitud y la temperatura encontrada por Chaves y Jaramillo (1998) para la zona andina fue la siguiente:

$$T_{media} = 29,42 - 0,0061 * Altura^{288}$$

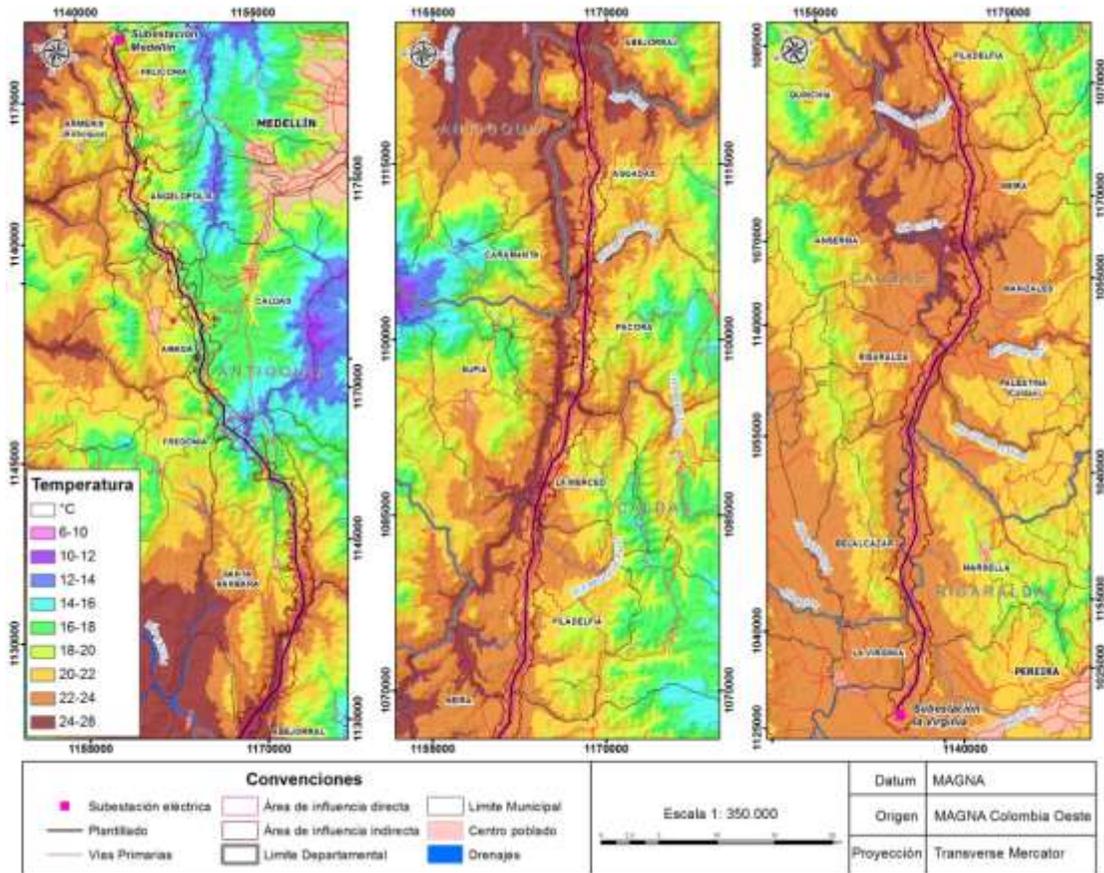
### **Ecuación 3.2.3 Temperatura media**

Para la espacialización de la variable temperatura sobre el AII, se aplicó la Ecuación 3.2.3, sobre el modelo de elevación digital DEM (archivo tipo RASTER) con la ayuda de la calculadora raster del software QGIS 2.8. El resultado se muestra en la Figura 3.2.61.

---

<sup>287</sup> VÉLEZ, Jaime; POVEDA, Germán; Mesa, Oscar. Balances Hidrológicos de Colombia. Primera Edición. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, 2000. P 45

<sup>288</sup> *Ibíd.* P 45



Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016

**Figura 3.2.61 Variación espacial de la temperatura**

### 3.2.8.1.2 Presión Atmosférica

La presión atmosférica se define como la fuerza que ejerce la atmosfera sobre la superficie de la tierra. Para el análisis espacial de esta variable se obtuvo un modelo de elevación digital (MDE) que contiene el AII. La grilla o tamaño de cuadrícula del MDE es de 12 x 12 m.

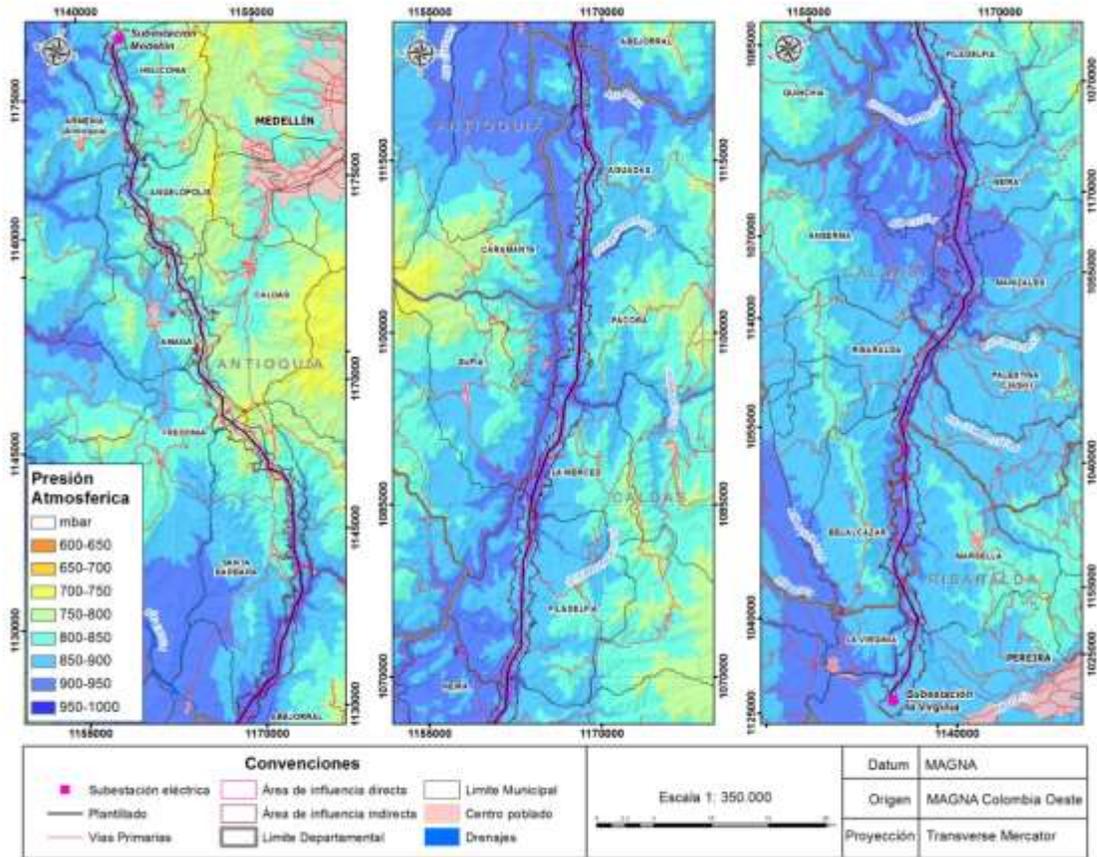
Con base en los datos de presión atmosférica y de altura entre 1951-1980 de 53 estaciones; tomada del inventario de Eslava de 1995<sup>289</sup>, se hizo una regresión lineal, en la cual a la presión se le aplicó el logaritmo natural, obteniendo la siguiente ecuación

<sup>289</sup> Ibíd. P 49

$$p = 1009.28 \exp\left(\frac{-H}{8631}\right); r^2 = 0.9999$$

#### **Ecuación 3.2.4 Presión atmosférica**

Donde, p es la presión atmosférica en milibares, y H es la altura sobre el nivel del mar en metros. Utilizando la herramienta calculadora raster de QGIS se aplicó la Ecuación 3.2.4 al MDE donde la altura oscila en un rango entre 681 y 3637 msnm. El resultado de la operación fue la obtención de la Figura 3.2.62, que muestra la variación espacial de la presión atmosférica en el área de estudio del Proyecto. En la leyenda se puede observar que la presión varía en un rango entre 662 y 932 mbar equivalentes en atmosferas de presión a 0,65 y 0,92 atm respectivamente. Los lugares más bajos tienen una mayor presión atmosférica debido a que la columna de aire sobre estos puntos es mayor, la presión atmosférica es directamente proporcional a la temperatura [ecuación de estado ( $PV = nRT$ )] en la troposfera, es por eso que en los lugares más bajos hay mayor presión y mayor temperatura, para el proyecto Medellín La Virginia 500 kV los puntos más bajos coinciden con el recorrido del Río Cauca por este motivo en la Figura 3.2.62 se observa el trazado del mismo, siendo precisamente el eje del río el de mayor presión atmosférica, aumentado la magnitud de esta variable a medida que se desplaza en sentido sur – norte.



Fuente: Consorcio Marte -HMV, 2016

**Figura 3.2.62 Variación espacial de la presión atmosférica.**

### 3.2.8.1.3 Precipitación

Las estaciones del IDEAM dentro de los 30 km de radio del AII, que cuentan con un periodo de registros desde el año 1981 hasta el 2010 se lista en la Tabla 3.2.55. Con base en esta se construyó la Figura 3.2.63 que corresponde a la precipitación mensual multianual para el AII del proyecto Medellín La Virginia 500 kV. Se puede concluir que la lluvia tiene un comportamiento bimodal con dos periodos de lluvia de mayor intensidad entre los meses de abril - mayo y el segundo en octubre. Y dos periodos secos entre los meses de enero - diciembre y el segundo entre julio y agosto.

**Tabla 3.2.55. Precipitación mensual multianual para el Proyecto Medellín – La Virginia**

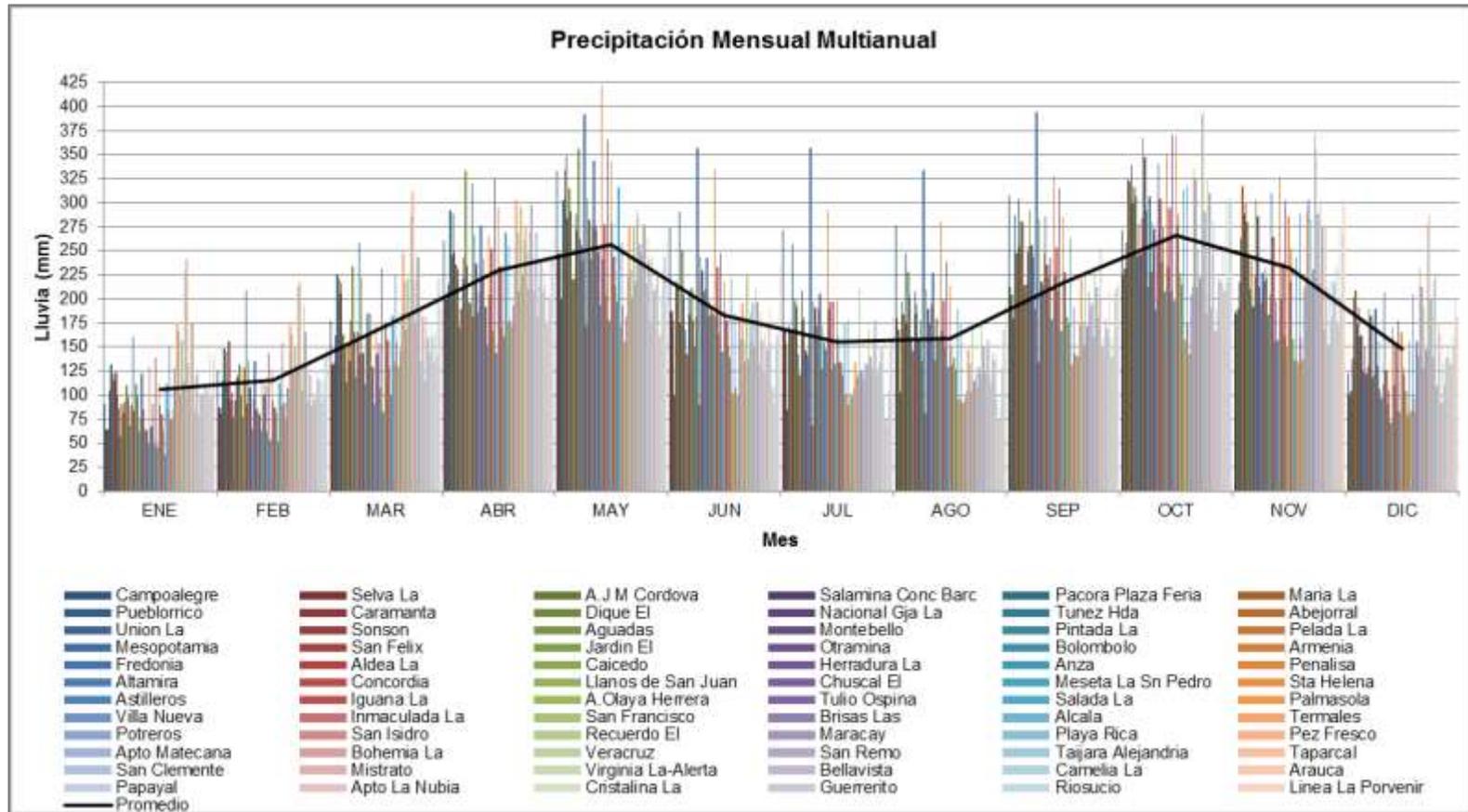
ESTACIÓN/CATEGORÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Campoalegre/PM	90.7	125.4	177.5	260.3	333.1	274.0	272.0	277.0	308.2	271.8	187.2	122.5
Selva La/AM	64.1	86.8	131.7	199.8	247.6	187.4	169.4	180.2	212.3	225.2	183.8	98.8
A.J M Cordova/SP	64.6	81.4	134.5	206.7	246.7	178.0	153.6	167.7	204.2	231.5	190.3	104.2
Salamina Conc Barc/PM	105.7	115.6	162.0	214.8	199.5	100.0	85.2	102.6	180.5	257.8	218.0	137.5
Pacora Plaza Feria/PM	131.6	148.9	226.2	292.5	302.5	218.6	173.1	197.2	287.1	324.5	263.7	202.1
María La/PM	122.6	145.7	220.7	244.8	334.7	212.7	165.8	183.6	248.1	322.1	317.4	209.2
Pueblorrico/PM	114.9	110.0	205.1	288.7	348.6	291.2	257.2	248.0	303.6	338.8	288.6	174.2
Caramanta/PM	123.6	156.3	216.8	248.9	283.3	175.6	168.6	175.4	253.2	299.1	299.4	190.5
Dique El/PM	99.9	95.2	163.5	235.1	315.2	249.9	198.0	228.2	281.7	315.7	279.6	161.1
Nacional Gja La/CP	85.9	102.6	148.4	230.5	291.3	204.4	192.3	202.3	278.5	306.5	246.9	161.5
Túnez Hda/CO	57.3	76.3	114.2	170.0	219.7	167.9	142.3	160.4	214.1	243.6	209.7	125.3
Abejorral/PM	90.6	95.0	151.5	189.8	220.5	142.9	120.5	145.9	215.3	277.8	240.8	151.6
Unión La/PM	81.7	118.0	136.1	221.6	288.5	209.2	209.5	207.4	248.5	245.9	191.7	122.8
Sonsón/PG	93.9	121.4	177.2	242.3	271.8	184.1	178.1	184.5	254.7	284.2	223.8	129.9
Aguadas/PM	109.9	131.3	234.1	333.0	356.2	210.8	180.9	195.1	292.2	367.9	303.5	190.2
Montebello/PM	98.2	99.7	165.7	233.8	262.2	177.7	146.0	156.5	255.6	346.9	286.0	182.6
Pintada La/PM	67.6	77.3	118.9	197.4	255.7	150.0	141.7	178.1	243.8	292.6	212.3	118.6
Pelada La/CO	89.3	127.8	165.7	195.7	240.0	181.0	164.6	135.5	189.6	212.8	195.8	121.5
Mesopotamia/CO	160.3	209.3	258.3	319.3	392.4	356.6	357.2	334.3	394.9	307.0	226.9	189.7
San Felix/CO	84.2	91.4	142.8	181.3	172.2	89.3	67.5	80.9	134.6	228.9	219.1	130.8

ESTACIÓN/CATEGORÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Jardin El/CO	111.4	136.5	222.4	266.5	304.3	244.3	197.5	210.2	283.5	280.2	232.1	156.8
Otramina/PM	99.6	107.8	144.4	237.1	282.9	229.4	190.9	189.7	218.8	273.1	222.0	106.5
Bolombolo/PM	62.4	63.9	111.5	185.6	241.2	207.7	172.2	175.8	215.4	188.7	183.5	96.6
Armenia/PM	76.7	95.3	159.8	207.5	276.5	209.8	189.1	194.2	247.8	259.3	204.2	112.0
Fredonia/PM	122.6	135.0	185.2	277.0	344.4	242.8	205.5	227.2	285.9	339.7	310.0	206.6
Aldea La/ME	84.8	85.3	162.6	221.3	276.8	182.1	126.9	136.5	234.9	304.3	264.6	125.5
Caicedo/PM	66.1	86.2	185.1	241.7	271.2	198.6	171.5	178.4	221.9	238.0	155.9	90.4
Herradura La/PM	63.0	80.2	129.8	191.5	248.3	191.4	155.0	179.8	242.8	274.3	198.3	105.2
Anza/PM	48.6	63.7	90.6	152.0	193.5	184.9	148.0	155.5	178.4	207.5	157.2	72.1
Penalisa/PM	129.9	117.3	172.8	266.2	422.3	335.9	292.0	280.0	328.0	350.3	326.9	171.2
Altamira/PM	66.3	101.1	142.4	204.6	241.7	182.2	187.9	166.6	224.7	233.3	200.7	109.9
Concordia/CO	90.4	109.7	154.4	252.8	277.6	233.4	196.4	198.2	253.7	294.7	237.6	152.9
Llanos de San Juan/PM	49.7	61.6	107.7	166.3	204.2	164.8	126.8	151.0	208.6	208.0	161.7	84.0
Chuscal El/PM	139.2	143.9	231.3	325.7	365.0	247.8	197.0	238.9	314.8	370.6	303.4	177.2
Meseta La Sn Pedro/PM	46.3	53.7	82.8	144.2	177.1	145.1	132.7	129.1	166.9	197.7	150.5	82.7
Sta Helena/PM	111.9	124.8	174.4	295.9	344.0	218.3	198.2	213.3	284.3	369.6	286.4	165.3
Astilleros/PM	89.5	94.1	176.2	232.7	279.1	187.1	160.4	151.3	228.6	276.4	219.1	127.9
Iguana La/PG	80.6	87.3	157.0	233.7	243.4	178.0	133.9	131.9	228.5	287.9	252.6	121.5
A.Olaya Herrera/SP	63.2	81.4	129.1	170.7	213.5	149.4	133.1	139.7	181.8	226.7	158.9	104.8
Tulio Ospina/CO	38.1	53.0	99.6	161.0	197.4	139.5	120.9	127.1	174.4	215.6	136.5	79.4
Salada La/AM	111.2	112.6	183.1	269.4	316.6	221.3	175.8	189.1	262.7	313.5	244.2	155.5
Palmasola/PM	83.6	89.6	133.9	175.9	171.4	102.4	98.8	96.0	131.7	157.4	133.8	83.6

ESTACIÓN/CATEGORÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Villa Nueva/PM	150.4	154.7	225.5	256.1	258.7	185.2	177.8	175.1	192.4	316.9	288.1	205.1
Inmaculada La/PM	75.2	92.3	154.5	177.4	193.9	107.8	90.3	92.8	143.5	173.9	160.1	97.2
San Francisco/PM	85.8	75.9	129.2	172.5	156.3	100.3	101.8	92.5	141.9	142.6	137.2	82.1
Brisas Las/PM	128.5	107.4	147.4	192.9	181.1	181.6	98.0	98.0	140.5	204.0	211.6	156.3
Alcala/PM	108.0	106.3	185.5	230.1	223.2	159.0	106.6	104.1	172.3	213.2	221.0	141.4
Termales/PM	174.8	172.3	247.6	303.3	275.8	195.8	133.9	148.0	220.7	336.8	291.0	231.3
Potreros/PM	167.0	162.9	216.8	269.8	230.5	156.7	118.7	132.6	176.3	325.3	302.7	212.2
San Isidro/PM	99.8	121.9	167.8	207.9	202.3	133.9	122.0	103.3	152.9	213.1	212.7	127.8
Recuerdo El/PM	157.5	149.0	220.5	295.9	276.0	226.4	209.6	172.7	225.9	249.4	283.0	191.7
Maracay/PM	114.2	128.9	184.8	226.2	216.8	137.6	126.4	114.7	171.9	221.8	230.2	147.6
Playa Rica/PM	228.9	212.6	285.8	260.8	291.8	185.3	126.3	122.2	208.0	390.9	371.0	279.3
Pez Fresco/PM	241.0	217.6	311.9	276.9	284.2	156.4	116.0	108.3	190.7	395.6	356.5	288.0
Apto Matecana/SP	132.7	132.6	220.2	249.3	257.4	196.1	133.5	129.0	195.9	290.5	287.9	199.4
Bohemia La/CO	109.3	105.7	176.0	210.5	247.2	148.4	131.0	122.2	161.3	184.6	216.7	139.4
Veracruz/CO	173.7	193.2	246.4	270.3	276.0	211.5	168.4	171.9	225.0	325.8	301.7	218.2
San Remo/CO	174.7	165.1	242.5	298.1	278.0	197.3	140.4	150.3	212.2	309.6	274.5	224.0
Tajara Alejandria/PM	84.5	92.8	134.7	207.3	216.5	132.4	127.6	125.4	180.5	191.0	168.0	110.2
Taparcal/PM	120.1	129.8	187.8	241.7	263.4	187.1	158.7	149.1	199.1	258.3	276.9	175.3
San Clemente/PM	122.4	121.2	180.8	269.2	240.3	157.6	178.0	156.9	250.1	281.3	212.2	162.7
Mistrato/PM	78.9	90.2	114.7	182.6	177.0	123.1	120.8	119.2	149.3	167.4	152.4	91.9
Virginia La-Alerta/PM	97.8	102.8	183.0	212.6	245.2	164.2	128.0	111.5	161.1	189.4	218.4	134.0
Bellavista/CO	99.0	96.0	159.8	238.1	208.8	147.4	134.3	143.5	178.8	221.7	180.3	111.5

ESTACIÓN/CATEGORÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Camelia La/CO	111.2	116.7	144.9	207.3	214.5	176.2	148.7	136.9	169.1	218.8	217.2	139.5
Arauca/PM	101.6	126.4	173.4	233.0	231.9	192.6	158.8	143.8	207.3	216.8	217.5	152.5
Papaya/PM	110.4	116.5	160.5	213.9	224.8	154.1	98.3	95.5	159.1	249.8	232.8	138.5
Apto La Nubia/SP	103.5	94.0	133.9	176.2	161.9	108.9	74.2	74.2	139.8	209.0	176.5	131.5
Cristalina La/PM	143.8	113.5	167.3	199.6	203.2	91.1	70.7	87.0	161.2	298.0	274.3	163.6
Guerrerito/PM	98.7	100.1	141.4	198.8	231.2	155.7	103.6	128.1	205.2	219.2	201.7	149.6
Riosucio/PM	134.8	138.5	221.1	243.1	243.7	163.8	154.6	167.7	211.5	304.4	268.1	198.8
Línea La Porvenir/PM	142.5	148.4	190.2	262.5	260.7	233.7	183.4	193.0	217.4	301.6	302.4	180.8
<b>Promedio</b>	106.2	115.1	172.8	230.1	256.2	183.7	155.5	159.3	217.2	266.5	232.9	148.5

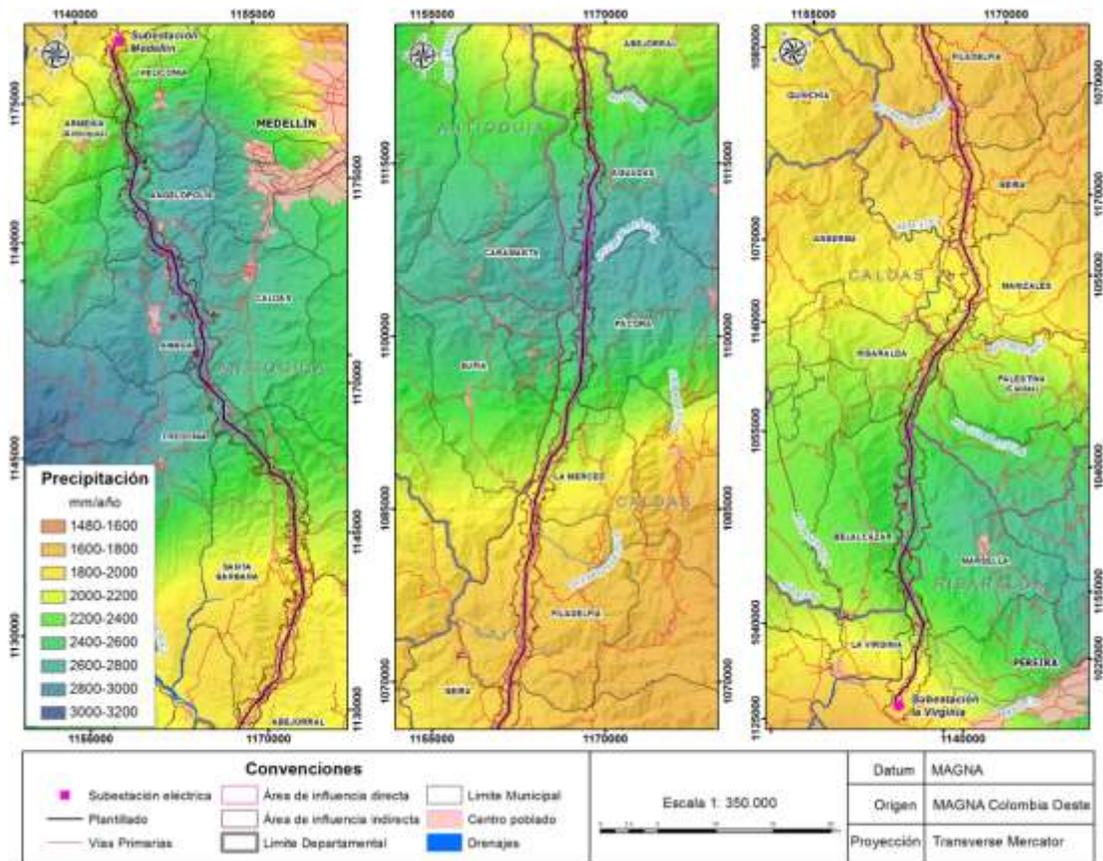
Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016



Fuente: Consorcio Marte – HVM, 2016

**Figura 3.2.63. Precipitación mensual multianual para el Proyecto Medellín – La Virginia**

Para visualizar la variación espacial de la lluvia en el área de influencia indirecta del proyecto se construyó la Figura 3.2.64 por medio de una interpolación espacial de la lluvia total multianual de 71 estaciones con reportes en el periodo 1981- 2010 presentadas en la Tabla 3 22, ubicadas en un radio de 30 km del AII. El método geoestadístico empleado para esta interpolación fue Kriging. Se debe tener en cuenta que hay espacios muy amplios con vacío de información por ausencia de estaciones de medición. La usencia de datos suficientes para un área de estudio tan amplia, deriva en incertidumbre y errores en los valores estimados por cualquier método de interpolación que se emplee en esta y cualquier otra variable climatológica que se quiera describir espacialmente a partir de registros en estaciones climatológicas.



Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016

**Figura 3.2.64. Precipitación mensual multianual interpolación espacial.**

### 3.2.8.1.4 Humedad Relativa

En la atmósfera terrestre se encuentran cantidades variables de agua en forma de vapor, el cual es uno de los componentes más importantes de la atmósfera y en algunos aspectos el más importante.

“La mayor parte de la humedad se encuentra en los cinco primeros kilómetros de la troposfera, y procede de diversas fuentes terrestres, principalmente de la evaporación de los mares”<sup>290</sup>.

“Humedad relativa, mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad máxima de agua que puede ser mantenida a una temperatura dada. Por ejemplo, si la humedad es del 50% a 23 °C, esto implicaría que el aire contiene 50% del nivel máximo de vapor de agua que podría mantener a 23 °C. 100% de humedad relativa, indica que el aire está en la máxima saturación”

291

Valores entre 75 y 85% dominan amplias áreas de las regiones Andina, Caribe y Orinoquia. Es de anotar que sobre las laderas de la región Andina existe mayor variabilidad, como consecuencia del efecto de la elevación. Se observan valores algo mayores en los niveles medios (1800 a 2200 msnm), y disminución de los valores medios en alturas superiores, así como en el fondo de los valles)<sup>292</sup>.

Para el AII del Proyecto Medellín La Virginia 500 kV Se contó con los datos de 19 estaciones del IDEAM ubicadas dentro de un radio de 30 km del AII se identificó en la Tabla 3.2.56 . Estas cuentan con registros de más de 10 años consecutivos. Para cada una de estas se graficó su variación mensual multianual con el fin de describir su comportamiento o variación temporal.

La ausencia de vegetación o la disminución de la misma afectan el comportamiento de la humedad relativa.

---

<sup>290</sup> Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Lección 18. Variables meteorológicas II: temperatura del aire, humedad y precipitación. [Consultado el 13 de mayo de 2016]. Disponible en Internet:

[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido\\_en\\_linea\\_Caraterizacion/leccin\\_18\\_variable\\_s\\_meteorolgicas\\_ii\\_temperatura\\_del\\_aire\\_humedad\\_y\\_precipitacin.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/leccin_18_variable_s_meteorolgicas_ii_temperatura_del_aire_humedad_y_precipitacin.html)

<sup>291</sup> ¿Qué es la "Humedad Relativa"? [Consultado el 13 de mayo de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>

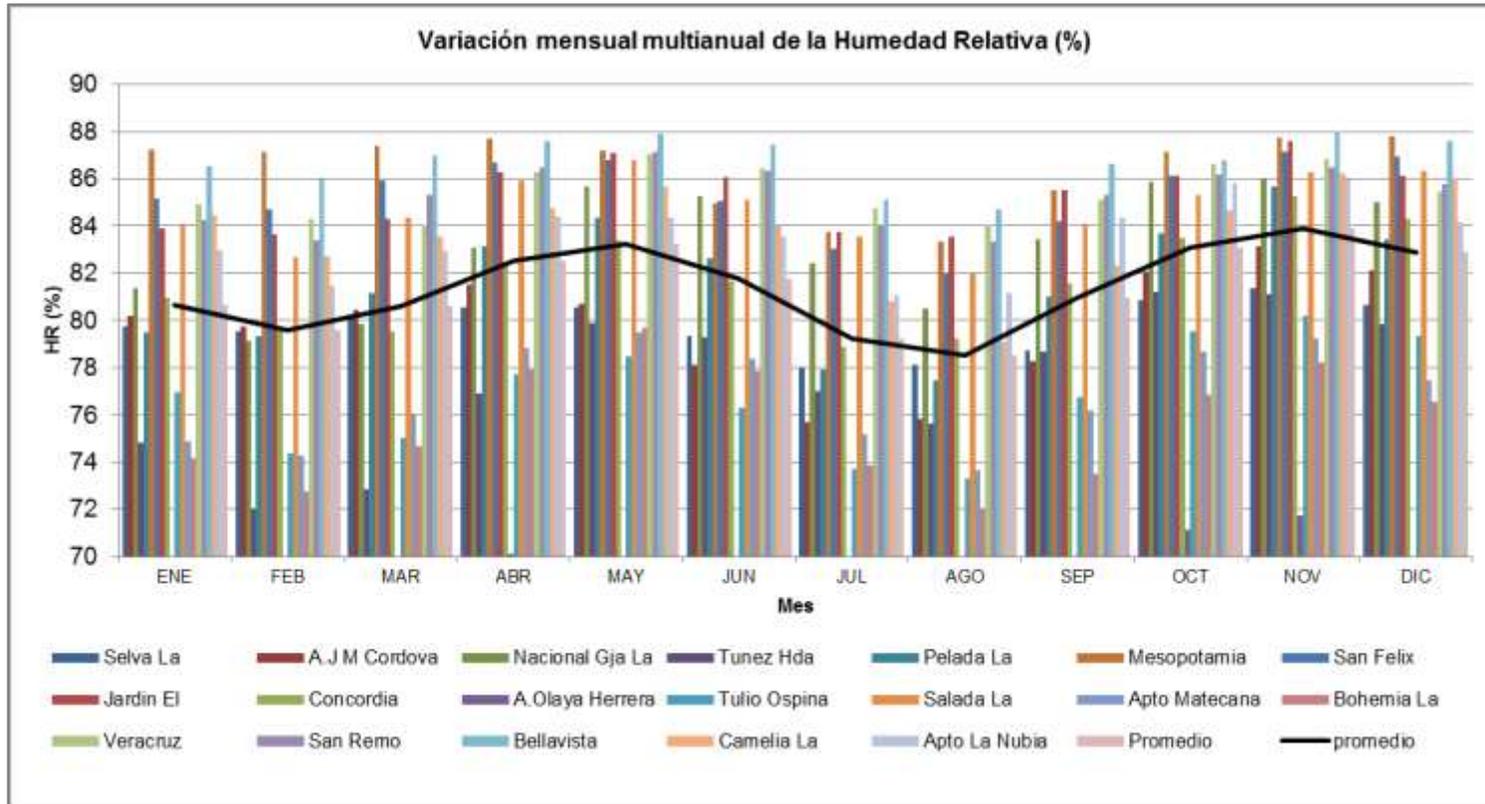
<sup>292</sup> IDEAM, 2014, TIEMPO Y CLIMA [Consultado el 13 de mayo de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.cambioclimatico.gov.co/AtlasWeb/info/Textos/hrel-text.pdf>

**Tabla 3.2.56. Humedad relativa mensual multianual.**

CÓDIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENT O	ELE V	LONGITUD	LATITUD	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE P	OC T	NO V	DI C	ANUA L
23085040	AM	Selva La	Rionegro	Antioquia	2090	75°24'53.0" W	6°7'54.0"N	80	80	80	81	81	79	78	78	79	81	81	81	80
23085200	SP	A.J M Córdova	Rionegro	Antioquia	2073	75°25'33.0" W	6°10'7.0"N	80	80	80	82	81	78	76	76	78	82	83	82	80
26175030	CP	Nacional Gja La	Támesis	Antioquia	1151	75°41'39.4" W	5°43'12.6" N	81	79	80	83	86	85	82	81	83	86	86	85	83
26175040	CO	Túnez Hda	Fredonia	Antioquia	530	75°39'3.5"W	5°48'0.7"N	75	72	73	77	80	79	77	76	79	81	81	80	77
26185010	CO	Pelada La	Aguadas	Caldas	2180	75°20'41.2" W	5°34'43.5" N	79	79	81	83	84	83	78	77	81	84	86	83	82
26185020	CO	Mesopotamia	La Unión	Antioquia	2314	75°19'7.1"W	5°53'10.9" N	87	87	87	88	87	85	84	83	86	87	88	88	86
26185040	CO	San Félix	Salamina	Caldas	2696	75°22'30.5" W	5°22'21.5" N	85	85	86	87	87	85	83	82	84	86	87	87	85
26195030	CO	Jardín El	Jardín	Antioquia	2005	75°48'2.0"W	5°35'15.8" N	84	84	84	86	87	86	84	84	86	86	88	86	85
26215010	CO	Concordia	Concordia	Antioquia	1904	75°55'11.0" W	6°2'23.0"N	81	80	80	82	83	82	79	79	82	83	85	84	82
27015070	SP	A. Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	1490	75°35'20.3" W	6°13'14.2" N	66	65	67	70	70	66	63	63	67	71	72	70	67
27015090	CO	Tulio Ospina	Bello	Antioquia	1438	75°33'9.0"W	6°19'16.0" N	77	74	75	78	78	76	74	73	77	80	80	79	77
27015260	AM	Salada La	Caldas	Antioquia	1680	75°37'28.9" W	6°2'54.1"N	84	83	84	86	87	85	84	82	84	85	86	86	85
26135040	SP	Apto Matecaña	Pereira	Risaralda	1342	75°44'1.9"W	4°48'57.1" N	75	74	76	79	79	78	75	74	76	79	79	77	77
26135100	CO	Bohemia La	Pereira	Risaralda	970	75°52'39.3" W	4°52'40.6" N	74	73	75	78	80	78	74	72	74	77	78	77	76
26135110	CO	Veracruz	Pereira	Risaralda	1720	75°37'38.6" W	4°52'4.6"N	85	84	84	86	87	86	85	84	85	87	87	85	86
26135160	CO	San Remo	Santa Rosa de Cabal	Risaralda	2000	75°34'46.2" W	4°50'31.1" N	84	83	85	87	87	86	84	83	85	86	87	86	85

CÓDIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENT O	ELE V	LONGITUD	LATITUD	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE P	OC T	NO V	DI C	ANUA L
26145020	CO	Bellavista	Anserma	Caldas	1932	75°48'0.0"W	5°16'33.3" N	87	86	87	88	88	87	85	85	87	87	88	88	87
26145030	CO	Camelia La	Santuario	Risaralda	1650	75°58'1.0"W	5°4'48.8"N	84	83	84	85	86	84	81	79	82	85	86	86	84
26155110	SP	Apto La Nubia	Manizales	Caldas	2058	75°28'11.8" W	5°1'47.1"N	83	81	83	84	84	84	81	81	84	86	86	84	83

Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016



Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016

**Figura 3.2.65. Variación mensual multianual registrada en las estaciones del IDEAM para el Proyecto Medellín – La Virginia**

Como se puede apreciar en la Figura 3.2.65 existe una variación anual bimodal que tiene sus máximos entre los meses de abril y mayo para el primer semestre y en el segundo semestre entre octubre y noviembre. Este comportamiento temporal de la humedad relativa coincide con los dos periodos de lluvia ilustrados en la Figura 3.2.63. Esto tiene sentido ya que a mayor precipitación habrá más agua en la atmosfera saturando en mayor porcentaje el aire circundante.

#### 3.2.8.1.5 Viento

Es el movimiento del aire causado por el calentamiento diferencial de la superficie terrestre y la atmósfera, que presenta variaciones significativas en el tiempo y en el espacio. Viento se refiere específicamente al movimiento horizontal de las parcelas de aire (que alcanzan grandes distancias y pueden persistir en diferentes escalas de tiempo), puesto que los movimientos verticales, limitados por el espesor de la Capa Límite Planetaria son principalmente valorados con el proceso convectivo<sup>293</sup>.

*La circulación meridional está dominada en la escala global por las celdas de Hadley, Ferrer y Polares., mientras que los vientos locales son modulaciones de la circulación general de la atmosfera, que se desarrollan a menores escalas (decenas de kilómetros), fuertemente influenciados por la topografía, propiedades de los materiales (como la inercia térmica), uso del suelo, ecosistemas, entre otros. Cuando la pendiente del terreno es muy inclinada, este tipo de circulaciones predomina sobre sistemas de mayor escala<sup>294</sup>.*

A lo largo del proyecto Medellín – La Virginia se puede encontrar la brisa tipo Valle – Montaña. Que genera los vientos catabáticos (brisa de montaña) y anabáticos (brisa de valle), originada por las diferencias en el calentamiento de la superficie terrestre caracterizada por un complejo de particularidades topográficas (rugosidad del terreno).

La intensidad del flujo depende de las variaciones térmicas entre el calentamiento diurno y el enfriamiento nocturno de la superficie del suelo, la orientación del complejo montañoso con respecto a la incidencia de la radiación solar y las condiciones sinópticas predominantes en un intervalo de tiempo determinado<sup>295</sup>.

##### ➤ Viento Anabático.

Este tipo de circulación determina un flujo que sopla desde el valle en el día, por efecto del calentamiento radiactivo sobre la superficie. Se presenta cuando las parcelas de aire próximas a las laderas y los valles está calientes, por lo tanto, la

---

<sup>293</sup> Consultado el 10 de enero de 2017, disponible en{

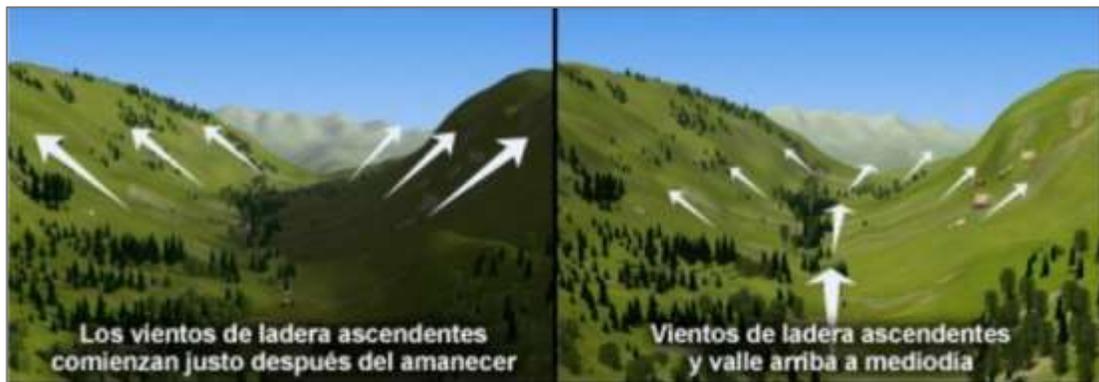
[http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/ATLAS/documentos/Marco%20Conceptual\\_%20Viento.pdf](http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/ATLAS/documentos/Marco%20Conceptual_%20Viento.pdf)

<sup>294</sup> Ibíd.

<sup>295</sup> Ibíd.

densidad del aire disminuye y va ascendiendo hasta la cima, siguiendo el recorrido de la superficie topográfica en que se encuentre (ver Figura 3.2.66). Este aire ascendente cálido se denomina viento anabático y es compensado por subsidencia en el Valle.

A medida que el aire caliente intenta elevarse, deja presión ligeramente inferior adyacente a la pendiente, generando un gradiente de presión horizontal. Cuando el aire cálido alcanza la cima del complejo montañoso se eleva verticalmente como las parcelas de aire que presentan menor densidad y mayor temperatura con respecto al ambiente circundante. Este movimiento ascendente en presencia de humedad, genera nubes tipo cúmulos, conocidas como anabáticas<sup>296</sup>



Fuente. IDEAM, 2012.

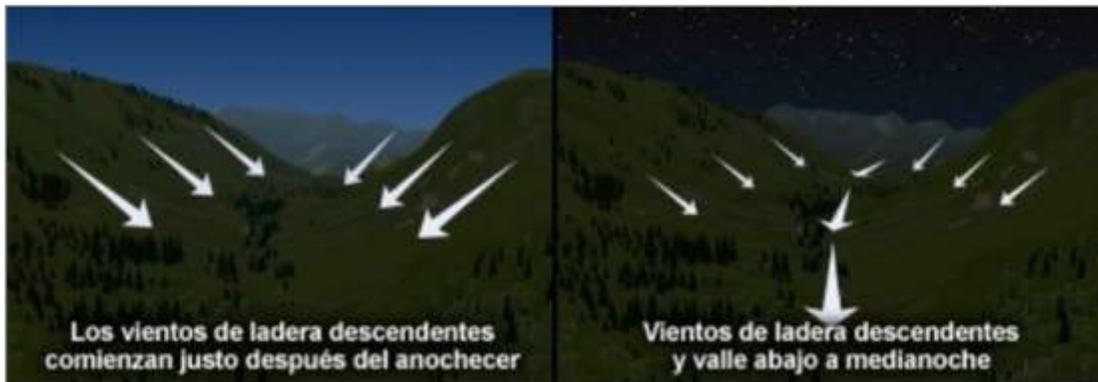
**Figura 3.2.66. Viento Anabático**

➤ Viento Catabático (Viento de Montaña)

Flujo de viento generalmente débil (se desprecia el efecto Coriolis), que sopla desde la cima de las montañas o altiplanicies con dirección al valle. El viento catabático (ver Figura 3.2.67) se caracteriza por ser recurrente en el día, y modulado o interrumpido por la presencia de flujo convectivo y/o ascenso por el calentamiento del valle (anabático). Se desarrolla con más intensidad en días despejados al atardecer, durante la noche y la madrugada, producto del enfriamiento del suelo por radiación. El proceso se intensifica si en el valle se desarrollan focos térmicos provocados por el uso de suelo enfocado al desarrollo de actividades urbanas e industriales, impulsando a la circulación de la alta presión (cima de la montaña) hacia el valle (baja presión)<sup>297</sup>.

<sup>296</sup> Ibíd

<sup>297</sup> Ibíd



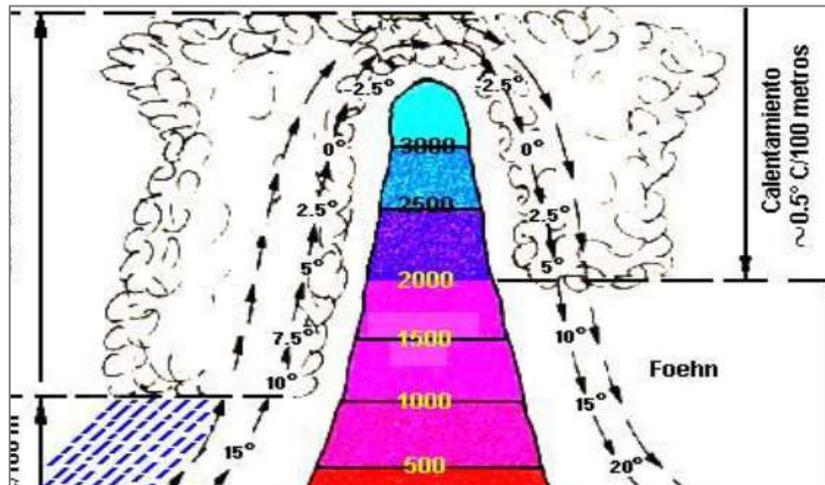
Fuente. IDEAM, 2012

**Figura 3.2.67. Viento Catabático**

En este proceso, el aire que entra en contacto con la superficie fría (por la emisión de la radiación por la superficie terrestre), se enfría y aumenta su densidad con respecto al aire circundante, por efecto de la gravedad desciende ladera abajo. En su descenso se genera un calentamiento adiabático, pero teniendo en cuenta que su temperatura en origen era más baja, se considera generalmente como viento frío. Es importante mencionar que, aunque este viento podría alcanzar velocidades importantes por la dirección de desplazamiento y características térmicas de las parcelas de aire, el efecto de la fricción retrasa el movimiento.

➤ Efecto Fohen.

Se refiere al fenómeno meteorológico que se produce por la interacción del flujo del viento con la orografía, determinando variaciones en la temperatura a Barlovento y Sotavento del sistema montañoso en una misma altitud (ver Figura 3.2.68) Físicamente, en el ascenso de las masas de aire a Barlovento, las parcelas de aire sufren un proceso de enfriamiento (a razón de 6°C por kilómetro) y posterior condensación que genera formación de nubes y precipitación de tipo orográfica, mientras que en el descenso el calentamiento adiabático se produce a una razón de 10°C por kilómetro, generando a Sotavento un flujo de viento fuerte, seco y caliente.



Fuente. IDEAM, 2012

**Figura 3.2.68. Flujo de viento sobre una cordillera en presencia del efecto Fohen.**

➤ Sistemas de Circulación que afectan el territorio colombiano

Al analizar los procesos atmosféricos en la escala nacional es conveniente tener en cuenta que estos se desarrollan dentro del comportamiento de la atmósfera global; por lo tanto, es necesario comprender este último para explicar mejor los fenómenos atmosféricos nacionales.

Colombia, por encontrarse geográficamente ubicada entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, está sometida a los vientos alisios que soplan del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur, aunque en el país no tienen siempre exactamente estas direcciones. En nuestro país, por estar en las proximidades del ecuador, la fuerza de Coriolis, que es muy importante en el campo del viento, se hace muy pequeña, y por ello los vientos están influenciados fuertemente por las condiciones locales y por el rozamiento proporcionado por las grandes irregularidades que presenta la cordillera de Los Andes al ramificarse en tres sistemas que se extienden longitudinalmente a lo largo del país con diferentes elevaciones. Además, los dos mares bañan el territorio nacional también tienen su papel en el comportamiento del viento. Esto hace que la dirección y la velocidad del viento varíen de un instante a otro y de un sitio a otro.

*Las diferencias en estos comportamientos climáticos en buen grado pueden explicarse con base en el desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical-ZCIT a lo largo del año. En la zona de encuentro de los alisios, el desplazamiento del aire se hace más lento mientras que a mayores distancias de esa área el movimiento se hace más veloz. La latitud determina la variación a lo largo del año y los patrones de circulación atmosférica dominantes. De esa forma, en julio y agosto cuando la ZCIT se encuentra en su posición extrema al norte del país, los vientos en buena parte en esos sectores tendrán menores velocidades que en otras épocas del año. Así podemos explicarnos que en gran parte de la región Atlántica los vientos se*

*intensifiquen durante los primeros meses del año, cuando la ZCIT se encuentra justamente al sur del país. Por el contrario, entre julio y agosto, en muchos lugares más al sur se aceleran, especialmente al oriente de la región Andina, donde las condiciones fisiográficas contribuyen a que los vientos sean más sostenidos y de mayor intensidad<sup>298</sup>.*

*La orografía, en general, constituye un factor que incide considerablemente en las velocidades que toma el aire en su desplazamiento. Las cadenas montañosas, como la cordillera oriental que se opone al flujo de los alisios del sureste, constituyen barreras físicas que alteran el flujo de las corrientes del aire al cruzar las cordilleras y que, de acuerdo con su orientación o accidentes fisiográficos, pueden conducir al fortalecimiento o debilitamiento de los vientos. La velocidad de los vientos dominantes tiende a crecer con la altitud, debido a la reducción de la fricción con el suelo. En zonas montañosas, entre la parte baja y los 2.500 o 3.000 metros de altitud la velocidad puede aumentar con la altitud al doble o al triple. Sin embargo, muchos otros factores de orden local pueden alterar estas tendencias generales<sup>299</sup>.*

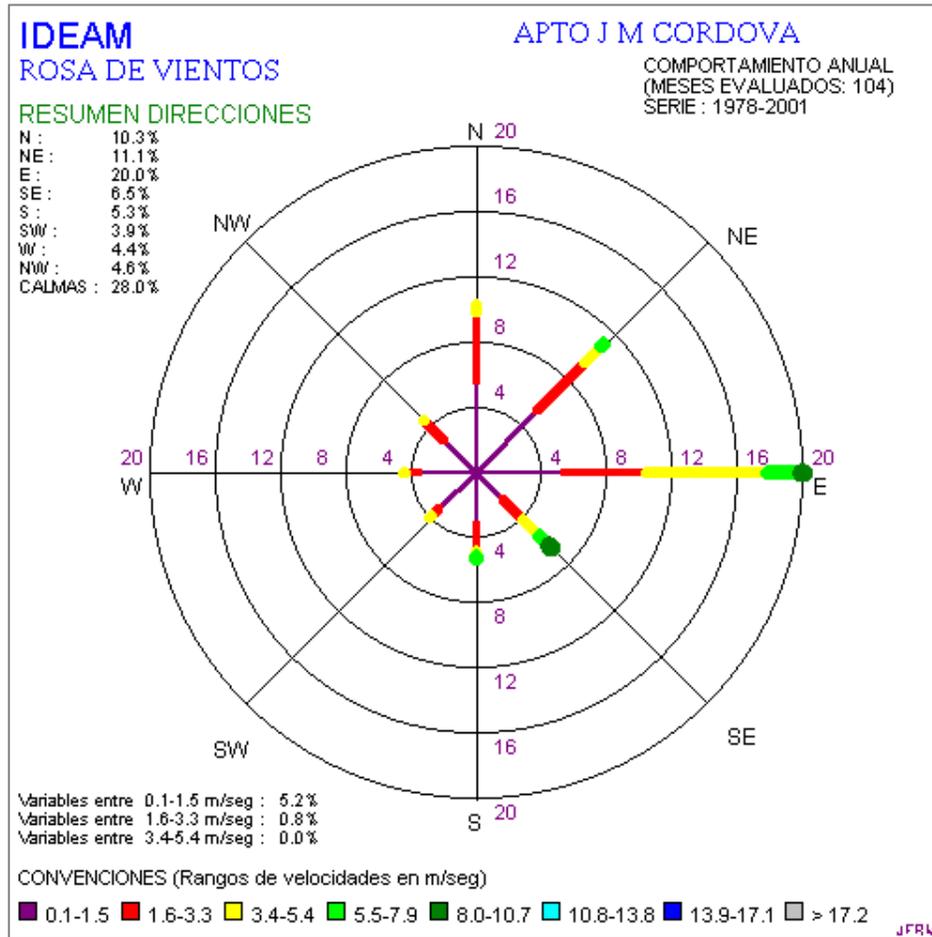
Para el análisis de vientos, es importante resaltar que, de las 20 estaciones climatológicas del IDEAM dentro de un buffer de 30 km a ambos lados del AII definida para el Proyecto Medellín – La Virginia, 4 reportan la dirección del viento (Rosas de viento) estas son, aeropuerto Jose Maria Córdova, Estación La Selva en el municipio de Rionegro Antioquia, Aeropuerto Olaya Herrera en Medellín y aeropuerto Matecaña en Pereira. Las rosas de viento han sido divididas en ocho direcciones (N, NE, E, SE, S, SW, W, y NW). Cada barra en el gráfico indica la frecuencia con que sopla el viento desde esa dirección,

En la Figura 3.2.69, se observa la rosa de vientos de la estación instalada en el aeropuerto Jose Maria Córdova, de tipo (SP) Sinóptica Principal, a una elevación de 2073 msnm y coordenadas (75°25'33.0"W) y (6°10'7.0"N). En esta estación podemos ver que el Este (E) es la dirección predominante con el 20% de las frecuencias totales, seguido de Noreste (NE) con 11,1% y Norte (N) en tercera posición con 10,3%. En seguida tenemos el Sureste (SE) con 6,5%, luego el Sur (S) con 5,3% y el Noroeste (NW) con 4,6% seguido del Oeste (W) y el Suroeste (SW) con 4,4% y 3,9% respectivamente.

---

<sup>298</sup> UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA; INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Anexo 1. p17 [en línea]. [consultado noviembre de 2016]. Disponible en <[http://www.upme.gov.co/Atlas\\_Viento.htm](http://www.upme.gov.co/Atlas_Viento.htm)

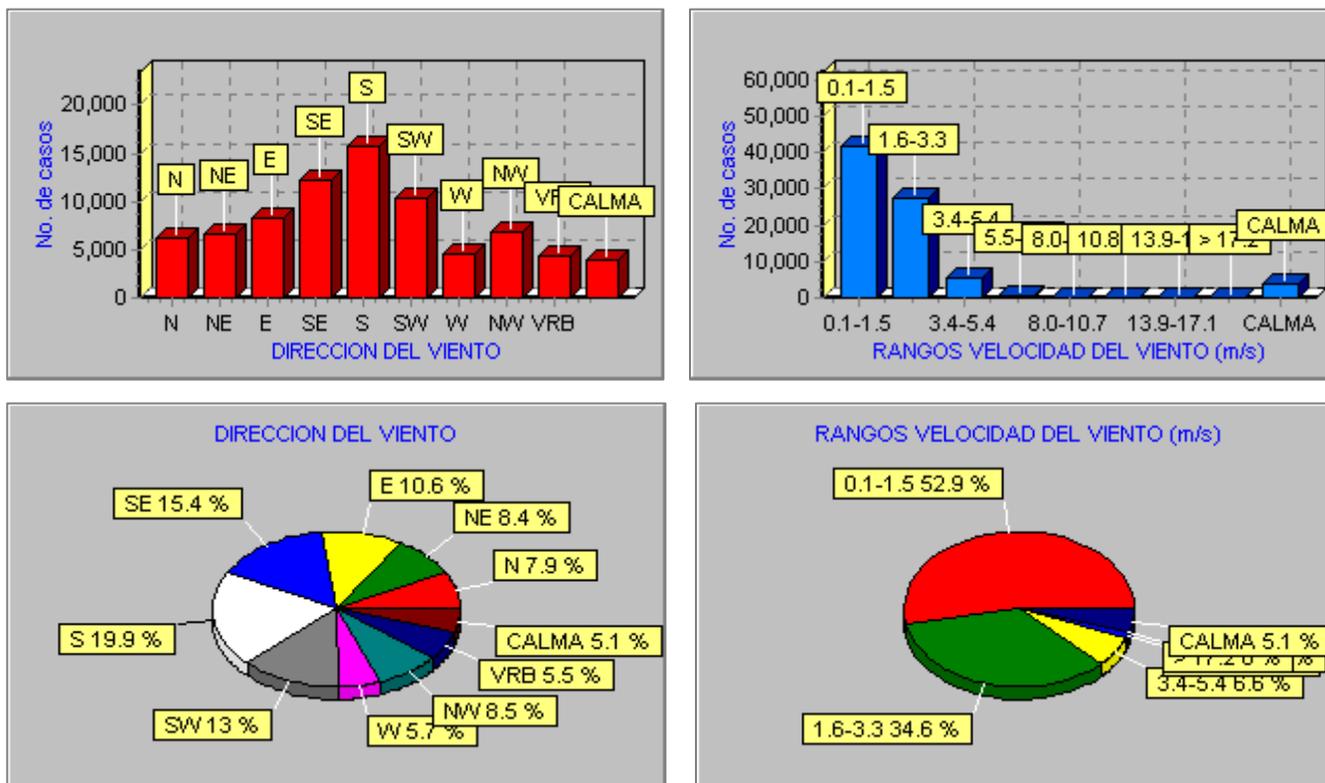
<sup>299</sup> Ibíd. p.18



Fuente: IDEAM, 2016

**Figura 3.2.69. Rosa de Vientos para la estación Aeropuerto José María Córdova-Rionegro Antioquia**

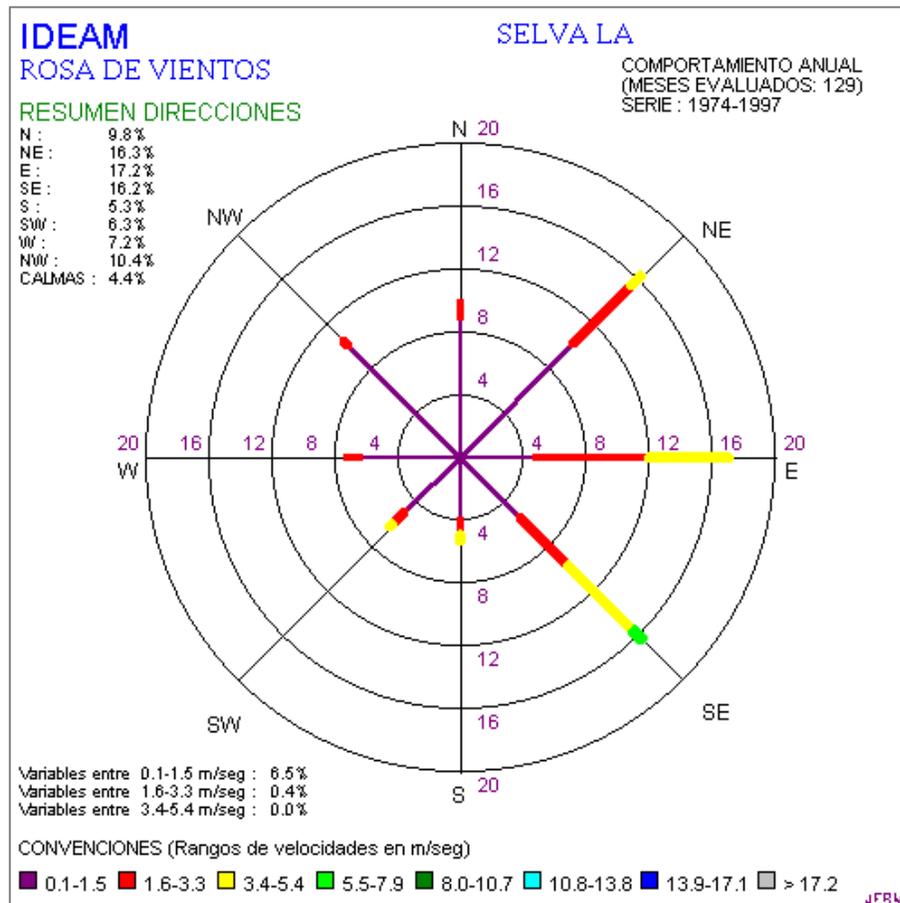
Para el (E) se tiene una velocidad máxima de 8,0 a 10,7 m/s y en (SW) una mínima de 1,6 a 3,3 m/s; Se tiene un 52,9% de velocidades entre 0,1 y 1,5 m/s (Figura 3.2.69).



Fuente: IDEAM, 2016

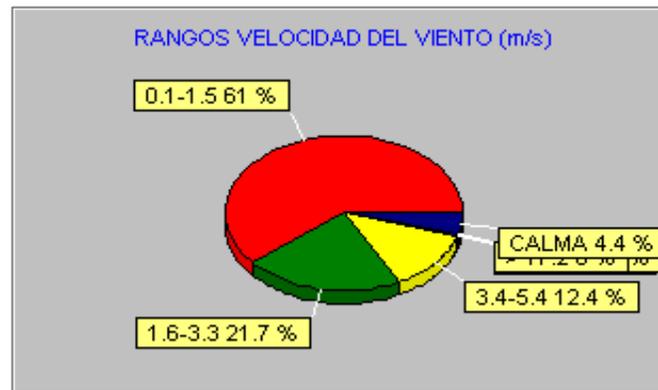
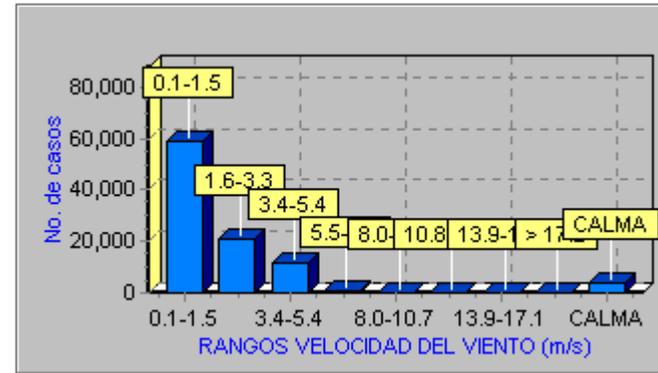
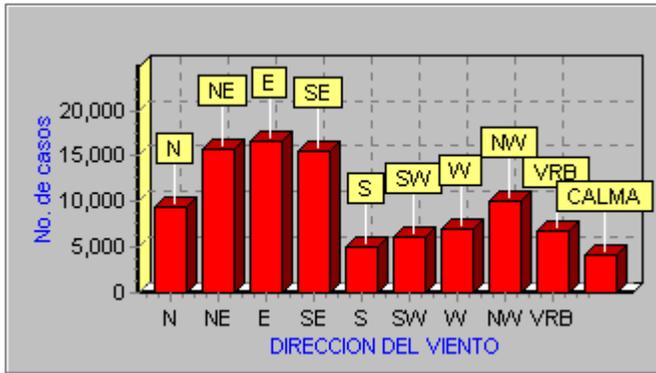
**Figura 3.2.70 Datos de análisis del Viento de la Estación Aeropuerto José María Córdova, Rionegro – Antioquia .**

En la Figura 3.2.71 se observa la rosa de vientos para la estación La Selva – Rionegro Antioquia de tipo (AM) Agrometeorológica, a una elevación de 2090 msnm y coordenadas (75°24'53.0"W) y (6°7'54.0"N). Las direcciones preferenciales desde donde sopla el viento son, Este (E) es la dirección predominante con el 17.2% de las frecuencias totales, seguido de Noreste (NE) con 16,3% y Sureste (SE) en tercera posición con 16,2%. En seguida tenemos el Noroeste (NW) con 10,4%, luego el Norte (N) con 9,8% y el Oeste (W) con 7,2% y en las últimas posiciones el Suroeste (SW) y el Sur (S) con 6,3% y 5,3% respectivamente. Para el (E) se tiene una velocidad máxima de 3,4 a 5,4 m/s y en (S) también una velocidad de 3,4 a 5,4 m/s; Se tiene un 61% de velocidades entre 0,1 y 1,5 m/s (Figura 3.2.72)



Fuente: IDEAM, 2016

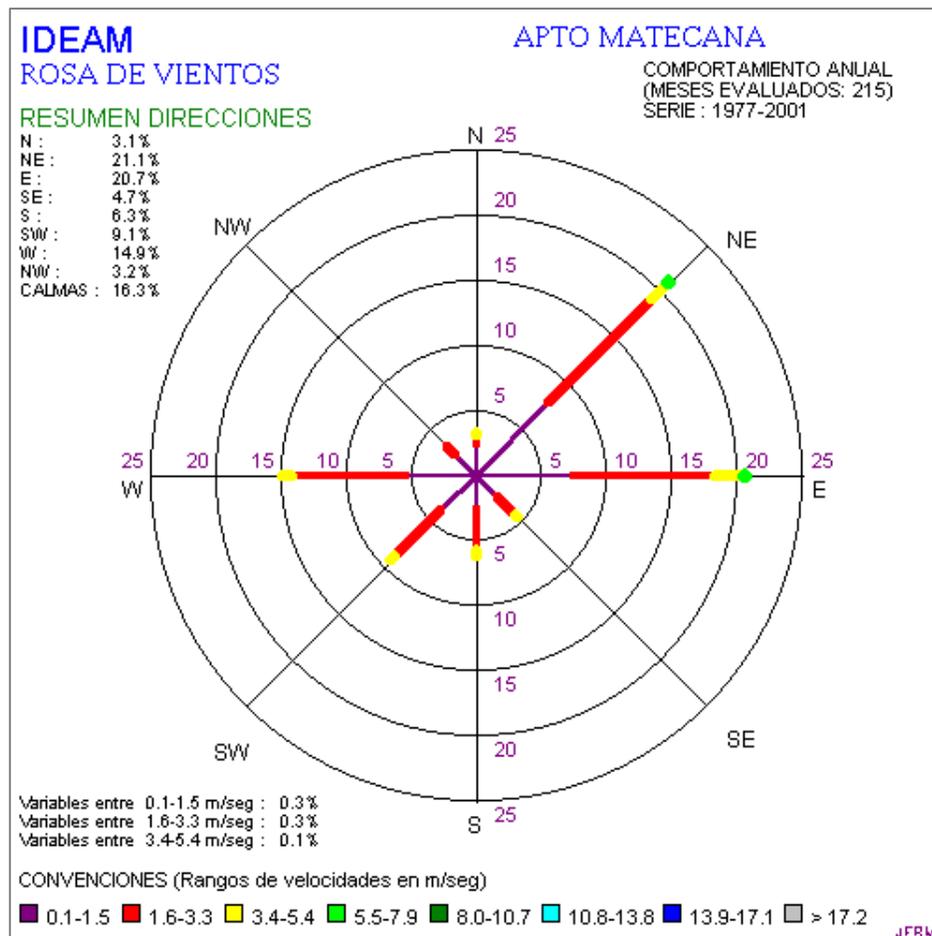
**Figura 3.2.71 Rosa de Vientos para la estación La Selva- Rionegro Antioquia**



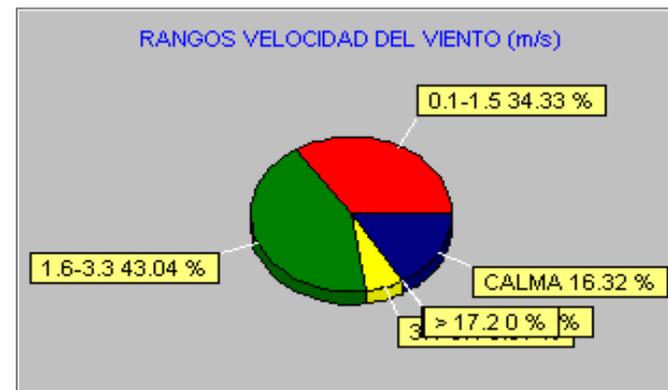
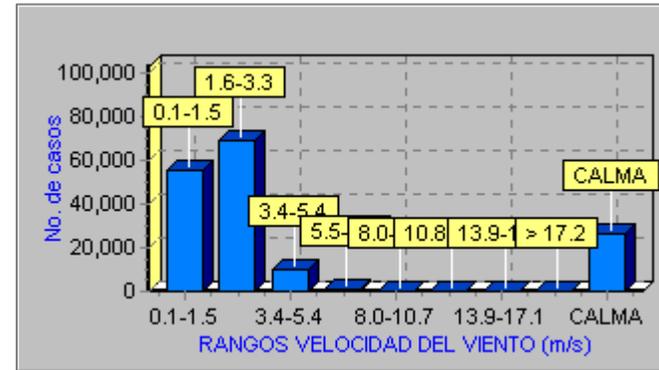
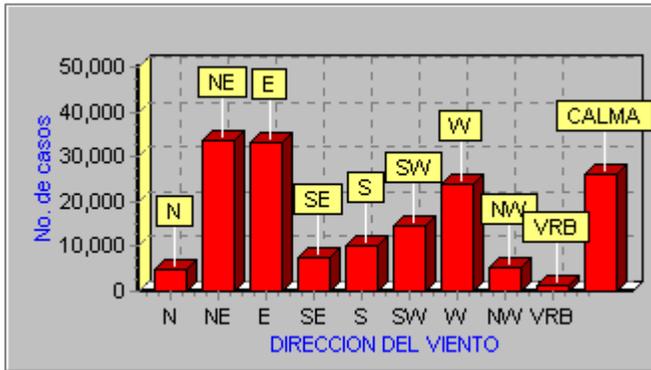
Fuente: IDEAM, 2016

**Figura 3.2.72 Datos de análisis del Viento de la Estación La Selva**

Para el caso de la estación Aeropuerto Matecaña de tipo (SP) Sinóptica Principal, a una elevación de 1342 msnm y coordenadas (75°44'1.9"W) y (4°48'57.1"N) el Noreste (NE) es la dirección predominante con el 21,1% de las frecuencias totales, seguido de Este (E) con 20,7% y Oeste (W) en tercera posición con 3,2%. En seguida tenemos el Suroeste (SW) con 9,1%, luego el Sur (S) con 6,3% y el Sureste (SE) con 4,7% y en las últimas posiciones el Noroeste (NW) y el Norte (N) con 3,2% y 3,1% respectivamente (ver Figura 3.2.73). Para el (NE) se tiene una velocidad máxima de 5,5 a 7,9 m/s y en (N) una velocidad mínima de 3,4 a 5,4 m/s; Se tiene un 43,04% de velocidades entre 1,6 y 3,3 m/s (ver Figura 3.2.74).



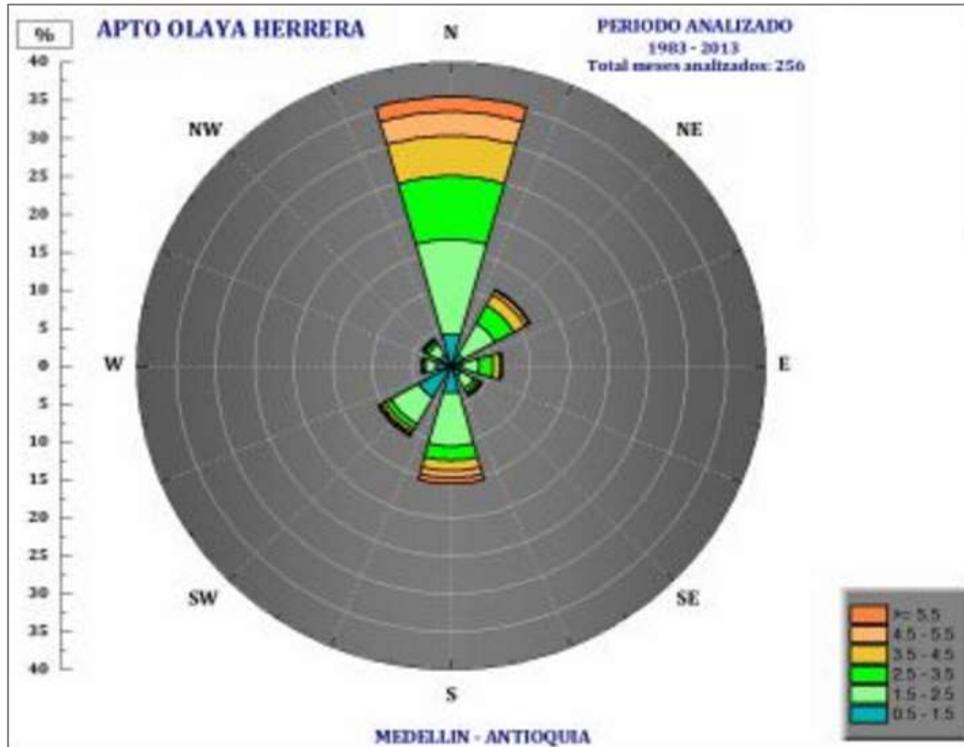
**Figura 3.2.73 Rosa de Vientos para la estación Matecaña**



Fuente: IDEAM, 2016

**Figura 3.2.74 Datos de análisis del Viento de la Estación Matecaña**

Para el aeropuerto Olaya Herrera la dirección preferencial desde donde sopla el viento es la N de la ciudad de Medellín, seguida de la S, NE y SW respectivamente (ver Figura 3.2.75)



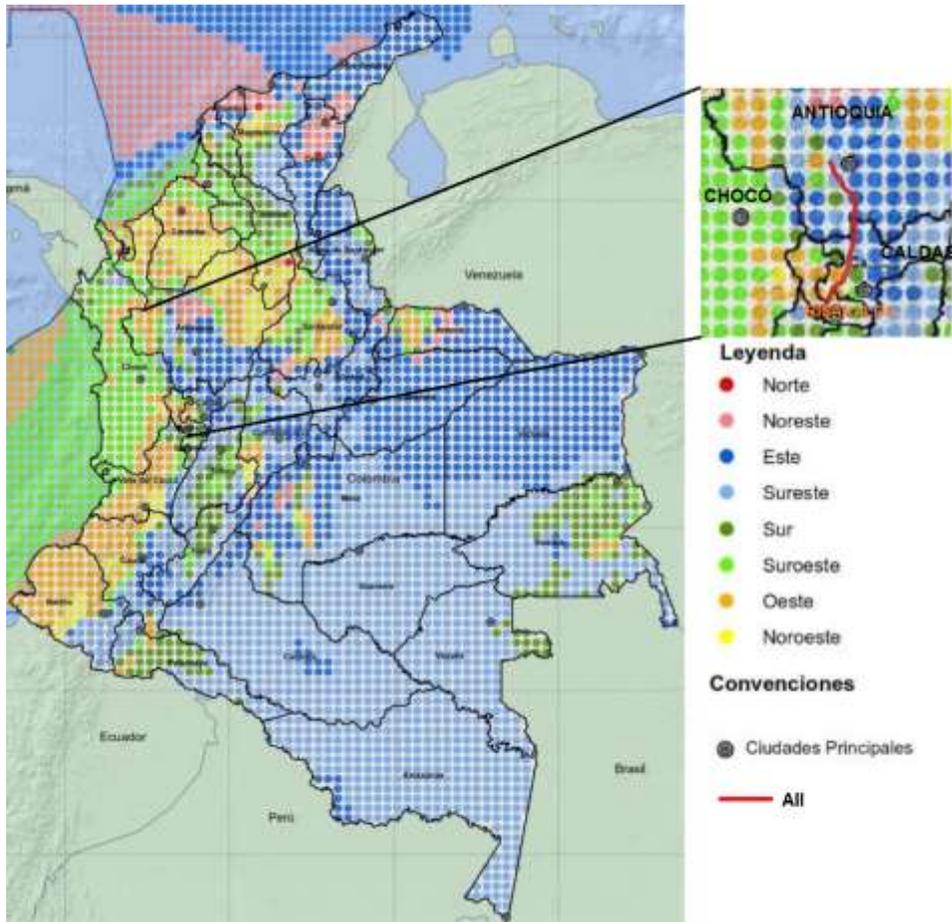
Fuente. IDEAM, 2017. Disponible en, <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>

**Figura 3.2.75 Rosa de vientos Aeropuerto Olaya Herrera**

Utilizando el atlas interactivo de viento en Colombia<sup>300</sup>, disponible en internet, el cual es una herramienta gratuita del IDEAM que aporta información de la dirección y velocidad del viento en AII, se descargó un mapa con la dirección anual del viento disponible en formato PDF, posteriormente se georreferenció y por último se sobrepuso el proyecto, obteniendo como resultado la tendencia de la dirección desde la cual sopla el viento a lo largo del Proyecto – Medellín La Virginia (ver Figura 3.2.76)

<sup>300</sup> Atlas Interactivo del IDEAM, Consultado el 16 de diciembre de 2016, disponible en:

<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>

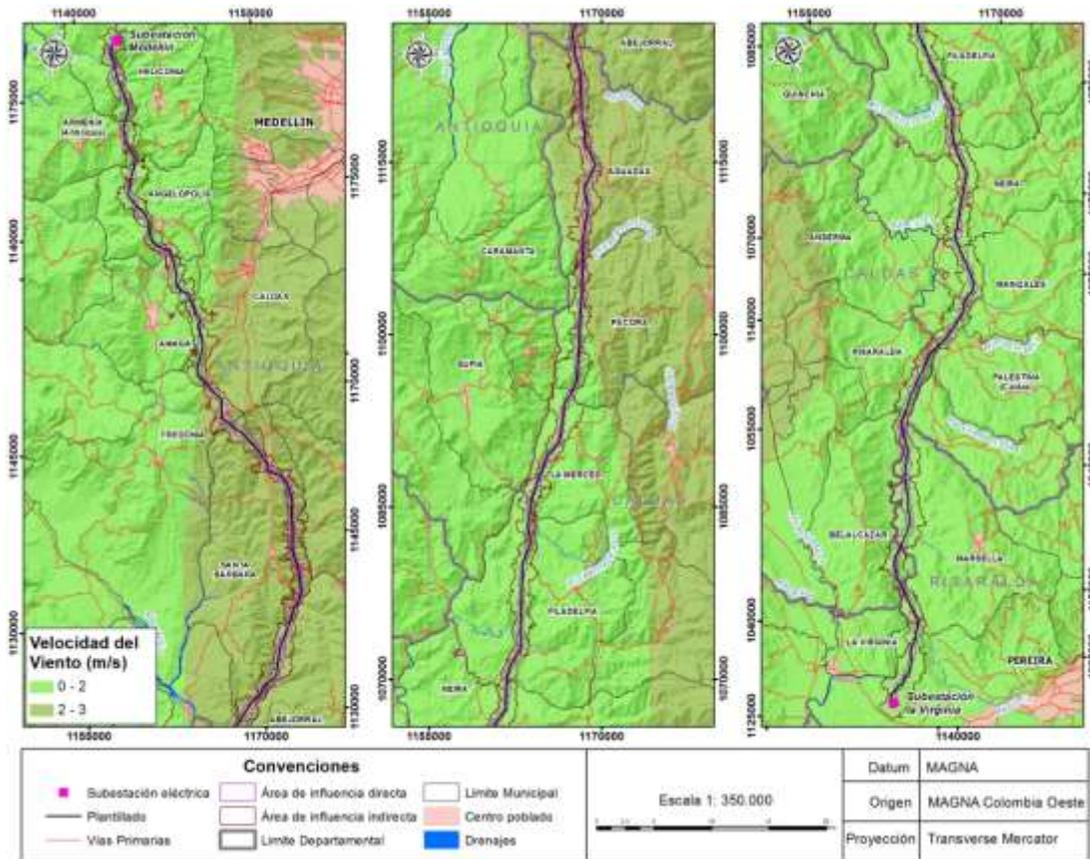


Fuente. Adaptado del IDEAM, 2015

**Figura 3.2.76. Dirección de procedencia del viento, anual**

De acuerdo con la Figura 3.2.76 para los municipios antioqueños que hacen parte del All del proyecto y para los municipios del departamento de Caldas: Aguadas, Pacora, La Merced y Filadelfia, la tendencia general es que el viento sople desde la dirección Este. Luego siguiendo el corredor del All en dirección a la Virginia, se observa una confluencia de vientos de del Oeste, el Sur y el Suroeste influenciados como se mencionó anteriormente por los fenómenos macroclimáticos y regionales.

Utilizando el atlas interactivo de viento del IDEAM obtuvimos en formato pdf un mapa de la velocidad multianual promedio a 10 m de y sobrepusimos el All sobre la imagen georreferenciada (ver Figura 3.2.77)



Fuente. Adaptado del IDEAM, 2015

**Figura 3.2.77. Velocidad multianual promedio del viento a 10 m de altura en m/s**

De acuerdo con la Figura 3.2.77 la velocidad multianual promedio del viento en el All está entre 0 – 3 m/s

### 3.2.8.1.6 Radiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. Medir la radiación solar es importante para un amplio rango de aplicaciones, en el sector de la agricultura, ingeniería, entre otros, destacándose el monitoreo del crecimiento de plantas, análisis de modelos de predicción del tiempo y el clima y muchas otras aplicaciones más<sup>301</sup>. Los niveles de radiación en la superficie dependen de varios factores como son: la posición del Sol, la altitud, la latitud, el cubrimiento de las

<sup>301</sup> IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia (Parte II). Bogotá, Imprenta Nacional de Colombia, Colombia. Pág. 49

nubes, la cantidad de ozono en la atmósfera y la reflexión terrestre<sup>302</sup>. Las cantidades de radiación son expresadas en términos de exposición radiante o irradiancia, siendo esta última una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como  $[Energía/Área]$  y cuya unidad es el vatio por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la irradiancia es integrada en el tiempo y cuya unidad es el  $kWh/m^2$  por día.<sup>303</sup>

Las estaciones climatológicas que censan el brillo solar en un radio de 30 km del AII se muestran en la Tabla 3.2.57.

Debido a que las estaciones climatológicas del IDEAM en su mayoría, no están equipadas para censar directamente la radiación solar. “Las mediciones directas de la radiación solar son la mejor fuente de información; sin embargo, debido a los costos de la instrumentación y de su operación y mantenimiento, son pocos los instrumentos con que se cuenta en el país, por lo que se utilizan mediciones del brillo solar más simples y económicas de mantener”<sup>304</sup>. Estos valores de brillo solar (ver Tabla 3.2.57) se convierten en valores de radiación solar mediante expresiones matemáticas que se expondrán más adelante.

---

<sup>302</sup> *Ibíd.* Pág. 48

<sup>303</sup> *Ibíd.* Pág. 44.

<sup>304</sup> REFERENCIA COMPLETA (UPME. IDEAM. Atlas de Radiación Solar de Colombia, 2005. Apéndice C P148)

**Tabla 3.2.57. Estaciones de medición de brillo solar (horas/día)**

CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	ENE RO	FEBR ERO	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SEPIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE	ANU AL
23085 200	SP	A.J M Córdova	Rionegro	Antioquia	75°25'33 .0"W	6°10'7. 0"N	5,3	5,1	4,4	4,2	5,0	6,0	7,0	7,0	5,8	4,7	4,4	4,5	5,3
26175 030	CP	Nacional Gja La	Támesis	Antioquia	75°41'39 .4"W	5°43'12 .6"N	6,3	6,2	5,3	4,5	4,3	5,2	6,3	6,1	5,1	4,3	4,7	5,4	5,3
26175 040	CO	Túnez Hda	Fredonia	Antioquia	75°39'3. 5"W	5°48'0. 7"N	6,5	6,4	5,7	5,0	5,2	5,9	6,6	6,4	5,6	5,0	5,5	5,9	5,8
26185 020	CO	Mesopotamia	La Unión	Antioquia	75°19'7. 1"W	5°53'10 .9"N	5,5	5,1	4,4	3,9	4,7	5,7	7,0	6,7	5,5	4,0	4,1	4,8	5,1
26185 040	CO	San Félix	Salamina	Caldas	75°22'30 .5"W	5°22'21 .5"N	5,0	4,7	3,9	3,1	3,7	5,0	5,8	5,5	4,5	3,3	3,1	4,1	4,3
26195 030	CO	Jardín El	Jardín	Antioquia	75°48'2. 0"W	5°35'15 .8"N	4,1	4,6	3,0	2,7	3,0	3,6	4,1	4,4	3,7	3,5	2,6	3,2	3,5
26215 010	CO	Concordia	Concordia	Antioquia	75°55'11 .0"W	6°2'23. 0"N	5,1	5,2	4,5	3,7	4,1	5,4	6,1	5,5	4,8	3,7	3,6	4,1	4,7
27015 090	CO	Tulio Ospina	Bello	Antioquia	75°33'9. 0"W	6°19'16 .0"N	6,0	5,3	5,2	4,4	4,8	5,8	6,7	6,2	5,3	4,3	4,6	5,3	5,3
27015 070	SP	A. Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	75°35'20 .3"W	6°13'14 .2"N	5,5	5,4	4,8	4,1	4,5	5,5	6,4	6,0	4,9	4,3	4,5	4,9	5,1
26135 040	SP	Apto Matecaña	Pereira	Risaralda	75°44'1. 9"W	4°48'57 .1"N	6,0	5,7	5,0	4,4	4,5	4,9	5,9	5,9	5,0	4,6	5,0	5,4	5,2
26135 100	CO	Bohemia La	Pereira	Risaralda	75°52'39 .3"W	4°52'40 .6"N	6,4	5,9	5,5	4,7	4,8	5,0	5,9	6,0	5,4	4,9	5,2	5,8	5,4
26135 110	CO	Veracruz	Pereira	Risaralda	75°37'38 .6"W	4°52'4. 6"N	4,5	4,3	3,6	3,1	3,2	3,7	4,4	4,1	3,6	3,4	3,7	4,0	3,8
26145	CO	Bellavista	Anser	Caldas	75°48'0.	5°16'33	4,3	4,2	3,5	2,9	3,3	3,9	5,1	5,3	3,8	3,3	3,0	3,3	3,8

CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
020			ma		0"W	.3"N													
26145030	CO	Camelia La	Santuario	Risaralda	75°58'1.0"W	5°4'48.8"N	5,0	4,9	4,2	3,7	3,8	4,2	5,6	5,6	4,6	3,5	3,6	4,1	4,4
26155110	SP	Apto La Nubia	Manizales	Caldas	75°28'11.8"W	5°1'47.1"N	5,4	4,9	4,0	3,4	3,5	4,0	4,8	4,5	3,8	3,4	3,9	4,6	4,2

Fuente: Consorcio Marte -HMV, adaptado de IDEAM 2016.

Masson (1966) encontró una relación entre la radiación solar sobre una superficie horizontal (en langleys por día) y el número de horas de brillo solar ( $n$ )<sup>305</sup>. El resultado fue expresado como

$$H = 60 + (1406,2 n^2 + 7426,6 * n)^{0,5}$$

### Ecuación 3.2.5 Radiación solar

Luego aplicamos las siguientes conversiones para expresar la radiación en kW \*h/m<sup>2</sup> por día (exposición radiante)

$$\frac{\text{Langley}}{\text{day}} = 0,484583 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}^{306}$$

### Ecuación 3.2.6

Las tres expresiones matemáticas a continuación son tomadas del Atlas Climatológico de Colombia<sup>307</sup>

$$697,5 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} = \frac{1 \text{ cal}}{\text{cm}^2 * \text{min}}$$

### Ecuación 3.2.7

$$\frac{1 \text{ cal}}{\text{cm}^2 * \text{min}} = 60,29 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \text{ por día}$$

### Ecuación 3.2.8

$$1 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \text{ por día} = 0,27778 \frac{\text{kW} * \text{h}}{\text{m}^2} \text{ por día}$$

### Ecuación 3.2.9

Aplicando las cinco expresiones anteriores a los valores reportados en la Tabla 3.2.57 se obtiene la exposición radiante (ver Tabla 3.2.58.) En la Figura 3.2.78 se grafica el resultado, de acuerdo con la misma, la variación temporal de la radiación solar es inversamente proporcional a la precipitación y a la humedad relativa y directamente proporcional a la evaporación y la temperatura. Se puede concluir que el comportamiento temporal de la radiación solar tiene dos picos que coinciden con las épocas de verano el primero entre los meses de diciembre y febrero y el segundo entre junio y agosto y los mínimos de esta variable se presentan en la época de invierno, donde se presenta mayor nubosidad y humedad relativa. En

<sup>305</sup> Ibíd. P 149

<sup>306</sup> Solar radiation unit conversions. Consultado el 13 de diciembre disponible en, <http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/GEM/SolarRadConversion.pdf>

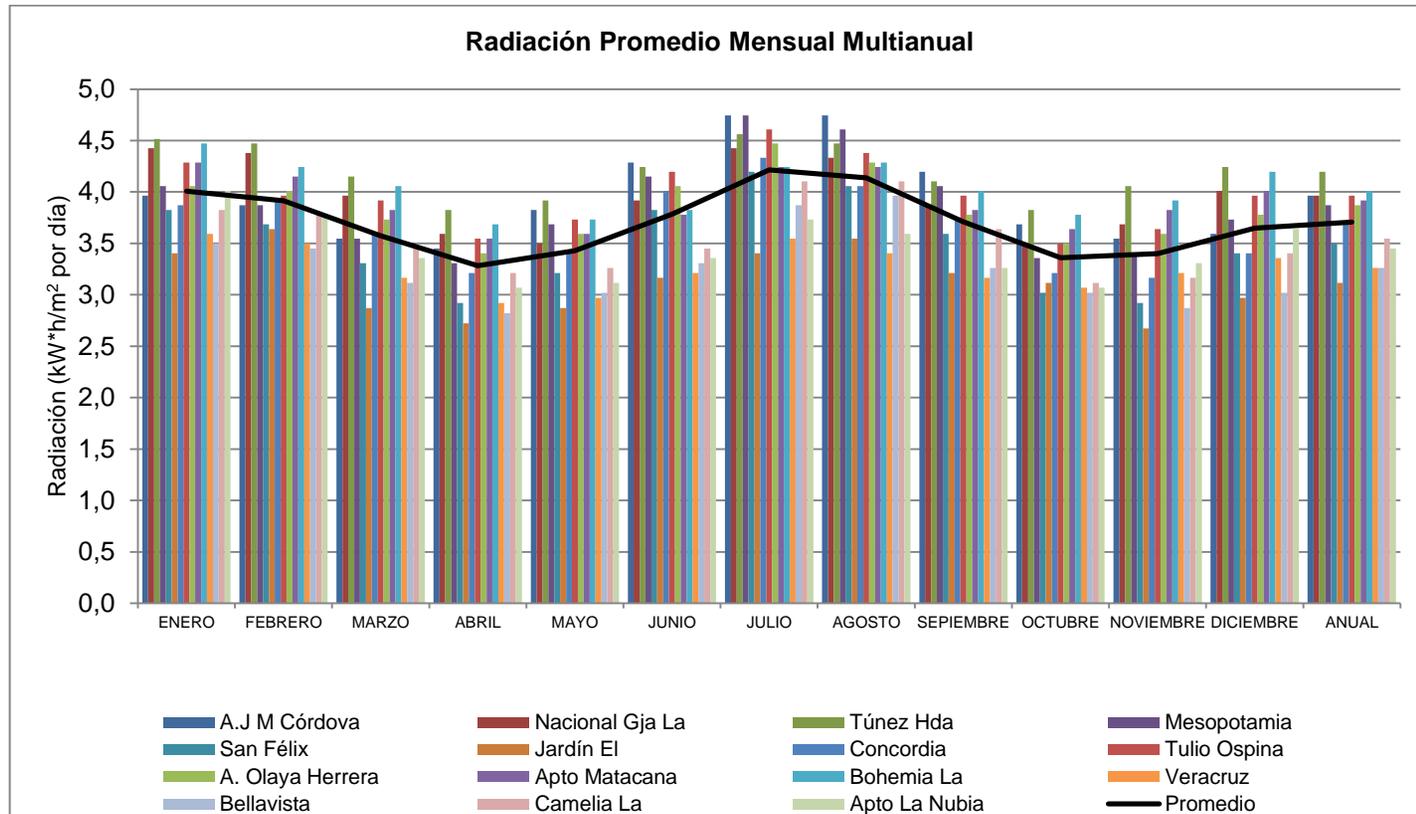
<sup>307</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Atlas Climatológico de Colombia. Imprenta Nacional De Colombia, 2005. P 44

invierno los rayos de sol no inciden directamente sobre la superficie de la tierra y por esto la radiación solar disminuye.

**Tabla 3.2.58. Radiación solar promedio mensual multianual expresada en kWh/m<sup>2</sup>**

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
A.J M Córdoba	4,0	3,9	3,5	3,5	3,8	4,3	4,7	4,7	4,2	3,7	3,5	3,6	4,0
Nacional Gja La	4,4	4,4	4,0	3,6	3,5	3,9	4,4	4,3	3,9	3,5	3,7	4,0	4,0
Túnez Hda	4,5	4,5	4,2	3,8	3,9	4,2	4,6	4,5	4,1	3,8	4,1	4,2	4,2
Mesopotamia	4,1	3,9	3,5	3,3	3,7	4,2	4,7	4,6	4,1	3,4	3,4	3,7	3,9
San Félix	3,8	3,7	3,3	2,9	3,2	3,8	4,2	4,1	3,6	3,0	2,9	3,4	3,5
Jardín El	3,4	3,6	2,9	2,7	2,9	3,2	3,4	3,5	3,2	3,1	2,7	3,0	3,1
Concordia	3,9	3,9	3,6	3,2	3,4	4,0	4,3	4,1	3,7	3,2	3,2	3,4	3,7
Tulio Ospina	4,3	4,0	3,9	3,5	3,7	4,2	4,6	4,4	4,0	3,5	3,6	4,0	4,0
A. Olaya Herrera	4,1	4,0	3,7	3,4	3,6	4,1	4,5	4,3	3,8	3,5	3,6	3,8	3,9
Apto Maticana	4,3	4,2	3,8	3,5	3,6	3,8	4,2	4,2	3,8	3,6	3,8	4,0	3,9
Bohemia La	4,5	4,2	4,1	3,7	3,7	3,8	4,2	4,3	4,0	3,8	3,9	4,2	4,0
Veracruz	3,6	3,5	3,2	2,9	3,0	3,2	3,5	3,4	3,2	3,1	3,2	3,4	3,3
Bellavista	3,5	3,5	3,1	2,8	3,0	3,3	3,9	4,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,3
Camelia La	3,8	3,8	3,5	3,2	3,3	3,5	4,1	4,1	3,6	3,1	3,2	3,4	3,5
Apto La Nubia	4,0	3,8	3,4	3,1	3,1	3,4	3,7	3,6	3,3	3,1	3,3	3,6	3,5

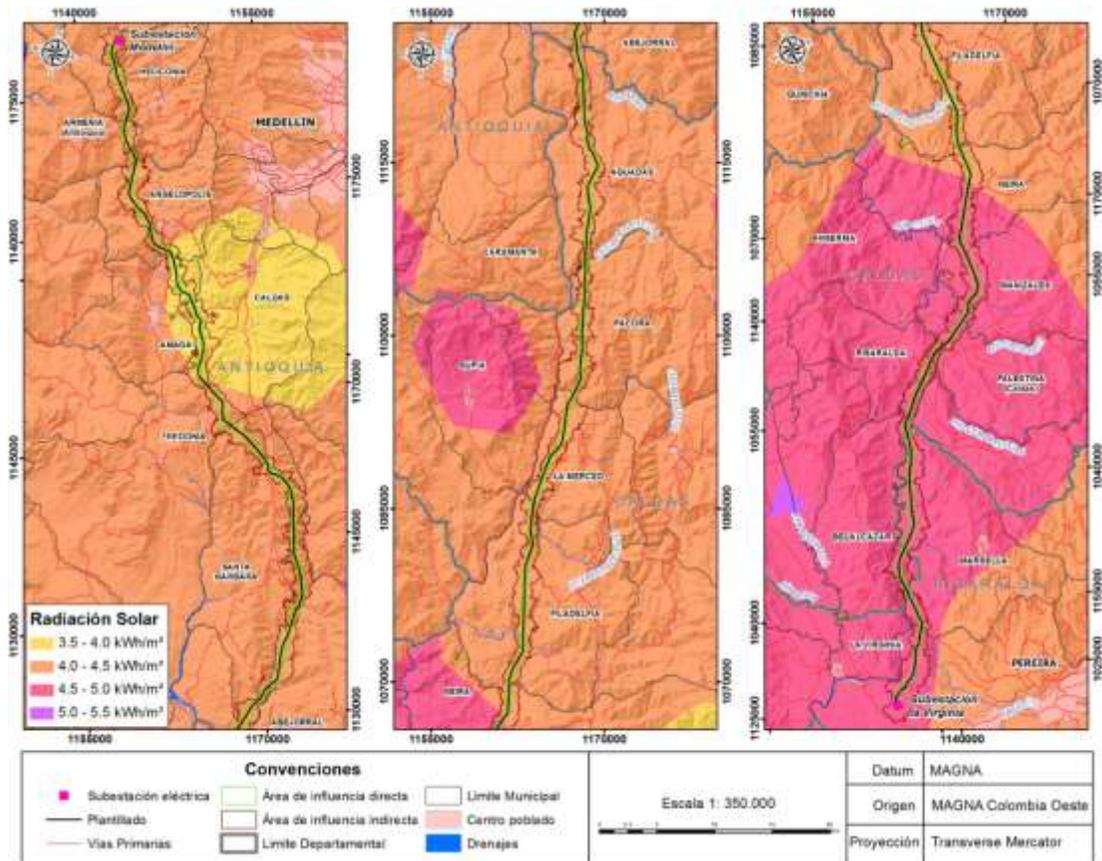
Fuente. Consorcio Marte – HMV



Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016

**Figura 3.2.78. Variación temporal de la radiación solar**

Una aproximación a la variación espacial de la radiación solar en el AII del proyecto se presenta en la Figura 3.2.79 construida con base a la información oficial disponible del catálogo de mapas del IDEAM en formato SHAPE. Entre los mapas digitales se encuentra el mapa titulado “Radiación solar global, promedio multianual ( $\text{kWh/m}^2$ )<sup>308</sup>”. Este mapa hace parte de la publicación de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.



Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2016

**Figura 3.2.79 Radiación global media anual multianual ( $\text{kWh/m}^2$ )**

De acuerdo con la Figura 3.2.79 la radiación solar promedio anual en el AII, varía espacialmente entre 3 – 5  $\text{kWh/m}^2$ . Estos valores de radiación coinciden con los datos reportados y graficados en la Tabla 3.2.58 y en la Figura 3.2.78 respectivamente.

<sup>308</sup>Sistema de Información Ambiental de Colombia [En línea] Disponibles en, <http://www.ideam.gov.co/web/siac/catalogo-de-mapas>

### 3.2.8.1.7 Nubosidad

La nubosidad es la fracción de cielo cubierto con nubes, en un lugar en particular. Según las normas meteorológicas actuales, la nubosidad se expresa en octas, u octavos de la bóveda celeste. Ésta es dividida en 8 partes por el operador, quien evalúa entonces el número de esas partes que están cubiertas por las nubes. De este modo se puede estimar el rango de visibilidad del observador.

El principal problema asociado con este método dice relación con que no se pueden hacer mediciones bajo condiciones de visibilidad muy baja (por ejemplo, en caso de niebla) o la dificultad para estimar la correcta cobertura fraccional del cielo por nubes cercanas al horizonte visual. Gracias a los satélites meteorológicos es posible calcular la nubosidad con mucha más precisión, aunque aun así es algunas nubes muy delgadas pueden escapar de la detección satelital y si no se hacen bien las cosas las nubosidades son más nubes<sup>309</sup>.

La Agencia Estatal de Meteorología de España estableció unos rangos de valores en octas los cuales se asocian a la cantidad de nubes y se presentan la Tabla 3.2.59,

**Tabla 3.2.59 Rangos de nubosidad expresada en Octas**

OCTAS	CANTIDAD DE NUBES
1 a 2	Escasa
3 a 4	Dispersas
5 a 7	Nuboso
>7	Cubiertos

Fuente: Agencia Estatal Española<sup>310</sup>

<sup>309</sup> Enciclopedia libre. [En línea], disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Nubosidad#cite\\_note-AEMET-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Nubosidad#cite_note-AEMET-1)

<sup>310</sup> AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA ESPAÑA. Clima. [en línea]. [consultado noviembre de 2015]. Disponible en <<http://www.aemet.es/es/idi/clima>>

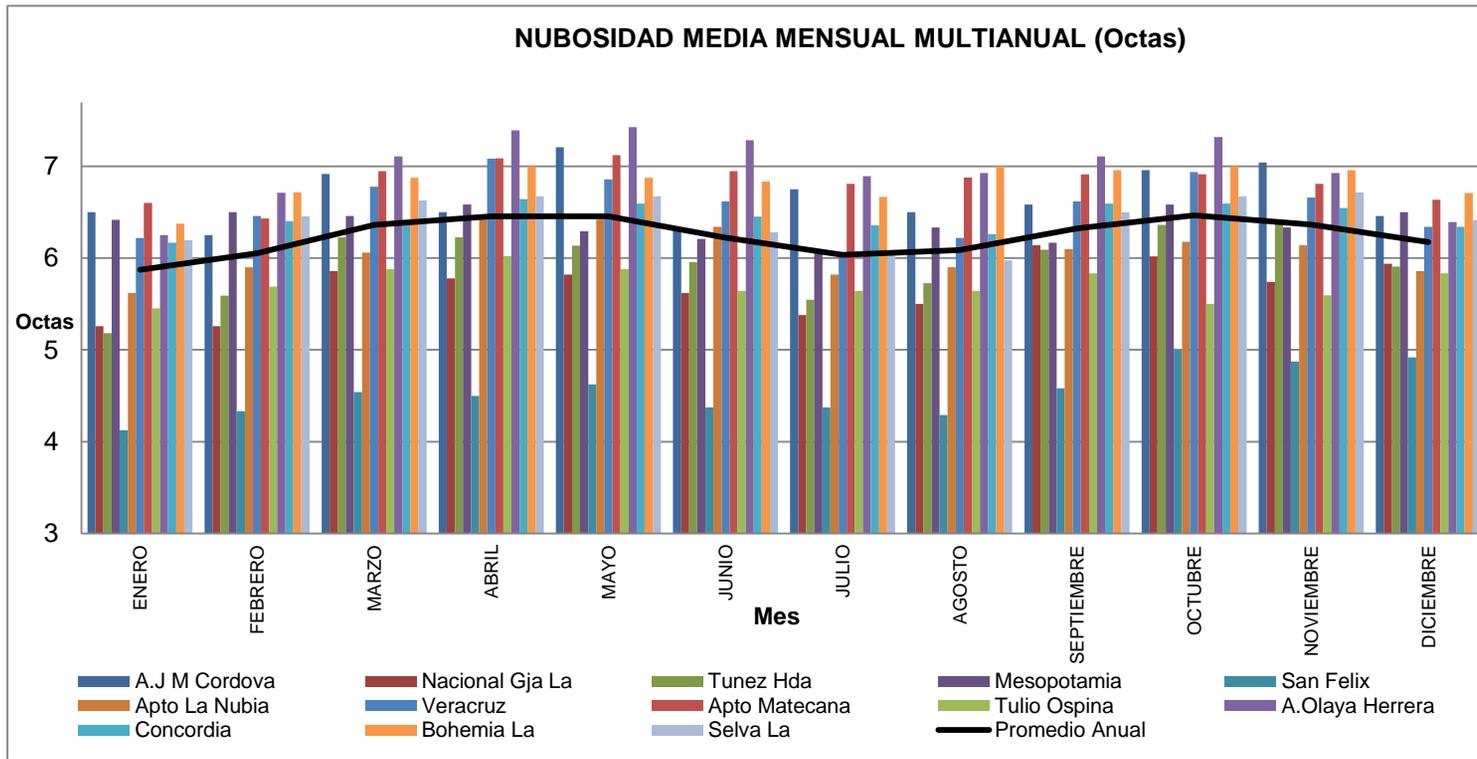
En la Tabla 3.2.60, se presenta la identificación de las estaciones con sus respectivos valores promedio mensuales multianuales de nubosidad, para el periodo de análisis entre 1981 – 2010

**Tabla 3.2.60. Promedio mensual multianual de la nubosidad**

CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23085200	SP	A.J.M Córdoba	Rionegro	Antioquia	75°25'33.0" W	6°10'7.0"N	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	7	6
26175030	CP	Nacional Giraldo	Támesis	Antioquia	75°41'39.4" W	5°43'12.6" N	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	5
26175040	CO	Túnez Hda	Fredonia	Antioquia	75°39'3.5" W	5°48'0.7" N	5	5	6	6	6	5	5	5	6	6	6	5
26185020	CO	Mesopotamia	La Unión	Antioquia	75°19'7.1" W	5°53'10.9" N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
26185040	CO	San Félix	Salamina	Caldas	75°22'30.5" W	5°22'21.5" N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
26155140	SP	Apto La Nubia	Manizale	Caldas	75°28'11.8" W	5°14'7.1" N	5	5	6	6	6	6	5	5	6	6	6	5
26135110	CO	Veracruz	Pereira	Risaralda	75°37'38.6" W	4°52'4.6" N	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6
26135040	SP	Apto Matecaña	Pereira	Risaralda	75°44'1.9" W	4°48'57.1" N	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6
27015090	CO	Tulio Ospina	Bello	Antioquia	75°33'9.0" W	6°19'16.0" N	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5
27015070	SP	A. Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	75°35'20.3" W	6°13'14.2" N	6	6	7	7	7	7	6	6	7	7	6	6
26215010	CO	Concordia	Concordia	Antioquia	75°55'11.0" W	6°22'23.0" N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
26135100	CO	Bohemia La	Pereira	Risaralda	75°52'39.3" W	4°52'40.6" N	6	6	6	7	6	6	6	7	6	7	6	6
23085040	AM	Selva La	Rionegro	Antioquia	75°24'53.0" W	6°7'54.0" N	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6

Fuente: Consorcio Marte -HMV, adaptado de IDEAM 2016

En la Figura 3.2.62 se muestra la nubosidad media mensual multianual, para un periodo de registro que va desde 1981 a 2010



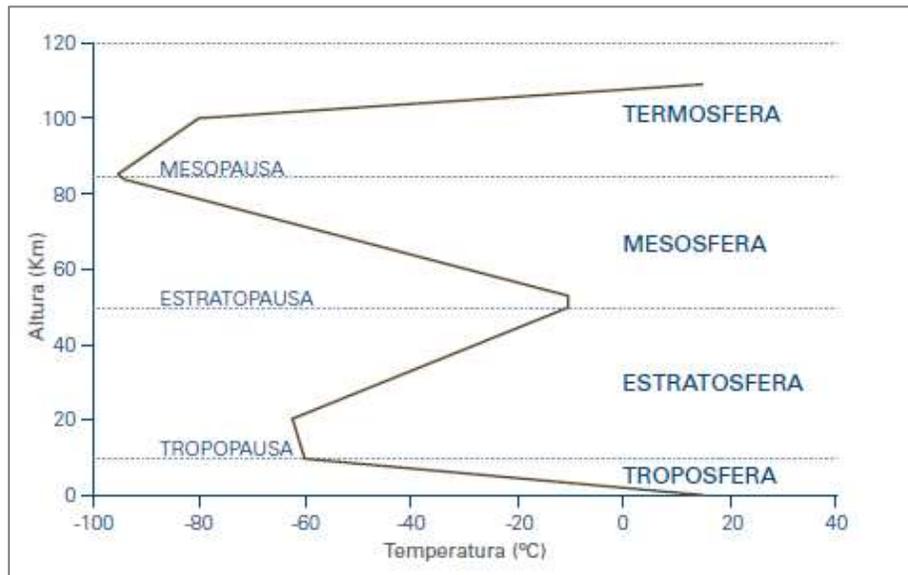
Fuente: Consorcio Marte - HMV

**Figura 3.2.80 Nubosidad media mensual multianual**

De acuerdo con Figura 3.2.62 y Figura 3.2.80 Se tiene dos picos de nubosidad que coinciden con los dos periodos de lluvias del primer y segundo semestre del año, tal y como se expuso más arriba en la descripción del comportamiento temporal de la precipitación.

### 3.2.8.1.8 Altura de mezcla

“La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra, y que se adhiere a ella gracias a la acción de la gravedad. Es difícil determinar exactamente su espesor, puesto que los gases que la componen se van haciendo menos densos con la altura, hasta prácticamente desaparecer a unos pocos cientos de kilómetros de la superficie”<sup>311</sup> (ver Figura 3.2.81). La altura de mezcla es entonces, el nivel máximo al que la porción de aire puede ascender, cuando no se produce ninguna intersección, es decir cuando el gradiente vertical ambiental es mucho mayor que el gradiente vertical adiabático. “La altura de mezcla se puede extender a mayores alturas en la atmósfera, y el aire que se encuentra debajo de la altura de mezcla conforma la capa de mezclado”<sup>312</sup>.



Fuente: FECYT, 2004

**Figura 3.2.81 Perfil Térmico de la Atmósfera**

<sup>311</sup>FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (FECYT). Meteorología y Climatología: unidad didáctica. Depósito legal: M-XXXXX-2004, ISBN: 84-688-8535-5.

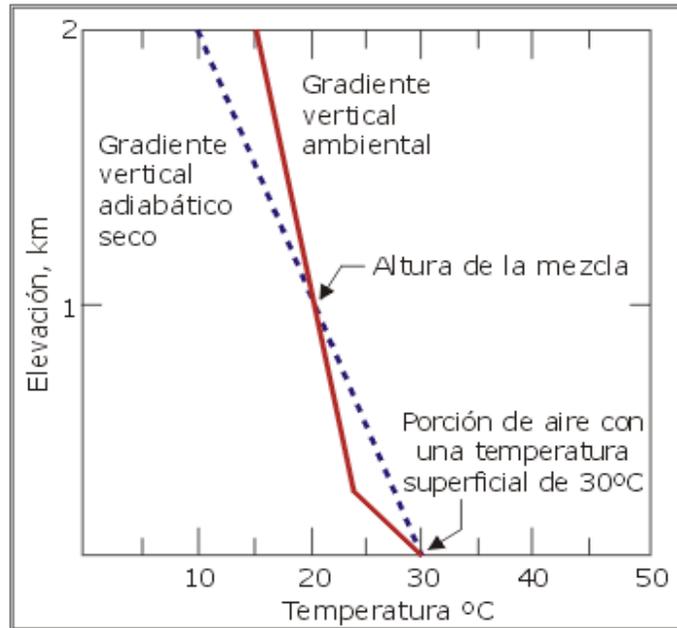
<sup>312</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). “Conceptos básicos de la meteorología de la contaminación del aire”. 2005. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_meteoro/frame\\_m2.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/frame_m2.html)

En un diagrama adiabático, como el de la Figura 3.2.82, el punto en el que la porción de aire que se enfría en el gradiente vertical adiabático seco, intersecta la "línea" perfil de la temperatura ambiental, se conoce como altura de mezcla. Este es el nivel máximo al que la porción de aire puede ascender. Cuando no se produce ninguna intersección (cuando el gradiente vertical ambiental es mucho mayor que el gradiente vertical adiabático), la altura de mezcla se puede extender a mayores alturas en la atmósfera. El aire que se encuentra debajo de la altura de mezcla conforma la capa de mezclado. Mientras más profunda sea esta capa, mayor será el volumen de aire disponible para la dispersión de los contaminantes.<sup>313</sup> El espesor de la capa de mezcla dependerá de las condiciones de la atmósfera, en particular de la clase de estabilidad, de la radiación solar, de la velocidad del viento y del tipo de terreno; de ésta manera, altura de la capa de mezcla es la altura de la capa de la atmósfera dentro de la cual es relativamente irrestricta la mezcla vertical, debido al calentamiento radiativo de la superficie terrestre. Para determinar la altura de capa de mezcla se puede, realizar un análisis basado en los datos correspondientes a los perfiles de temperatura en función de la altura. Para ello se debe contar con datos de radiosondeo de estaciones de altura, para un período de tiempo coincidente con las mediciones que se realicen de concentración en superficie<sup>314</sup>; sin embargo, para la zona de estudio del proyecto no se cuenta con la información necesaria y suficiente para realizar este análisis.

---

<sup>313</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). "Conceptos básicos de la meteorología de la contaminación del aire". 2005. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_meteoro/frame\\_m2.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/frame_m2.html)

<sup>314</sup> Jaime, Moragues. Clasificación de estabilidad y capa de Mezcla. Buenos Aires, Argentina. 2011. Disponible en: <http://www.ceiucaweb.com.ar/documentos/2-ambiental/3er-anio-1er-cuatri/meteorologia/apunte/capa%20de%20mezcla.pdf>



Fuente: CEPIS, 2005

**Figura 3.2.82 Conceptualización teórica de la Altura de mezcla atmosférica.**

### 3.2.8.1.9 Estabilidad atmosférica

Las categorías de estabilidad son indicadores de turbulencia atmosféricos. La turbulencia de la atmósfera se caracteriza con base a un parámetro que se denomina "clase de estabilidad"<sup>315</sup>. Las categorías de estabilidad de Pasquill - Gifford, descritas en la Figura 3.2.83 presentan las desventajas de cualquier tratamiento discontinuo de un fenómeno natural, sin embargo, siguen utilizándose profusamente, dado que hay un gran número de correlaciones de parámetros atmosféricos basados en ellas, y son una solución de compromiso, cuando no se dispone de sistemas de medida que proporcionen información más concreta sobre estos parámetros. Éstas, a su vez dependen de:

- a) Estabilidad estática (relacionada al cambio de la temperatura con la altura)
- b) Turbulencia térmica (causada por el calentamiento del aire a nivel del suelo)
- c) Turbulencia mecánica (una función de la velocidad del viento y la rugosidad de la superficie).

<sup>315</sup> Jaime, Moragues. Clasificación de estabilidad y capa de Mezcla. Buenos Aires, Argentina. 2011. Disponible en: <http://www.ceiucaweb.com.ar/documentos/2-ambiental/3er-anio-1er-cuatri/meteorologia/apunte/capa%20de%20mezcla.pdf>

<b>Día</b>	<b>A:</b> muy inestable <b>B:</b> inestable <b>C:</b> ligeramente inestable
<b>Día/noche</b>	<b>D:</b> Neutra <b>E:</b> ligeramente estable
<b>Noche</b>	<b>F:</b> estable

Fuente: Moragues, 2011

**Figura 3.2.83 Categorías de Estabilidad atmosférica de Pasquill**

En la Figura 3.2.84 se presentan los grados de turbulencia atmosférica en función de las categorías de estabilidad de Pasquill.

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche (2)	
	Radiación solar incidente (1)			4/8 ≤ Nubosidad ≤ 7/8	Nubosidad ≤ 3/8
	Fuerte mayor que 50 cal/cm <sup>2</sup> h	Moderada entre 25 y 50 cal/cm <sup>2</sup> h	Débil Menor que 25 cal/cm <sup>2</sup> h		
< 2	A	A - B	B	F	F
2-3	A - B	B	C	E	F
3-5	B	B - C	C	D	E
5-6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Fuente: Moragues, 2011

**Figura 3.2.84. Grados de turbulencia atmosférica**

De acuerdo con la Figura 3.2.77, la velocidad promedio multianual del viento a 10 m de altura en m/s para el AII oscila entre los rangos de 0 – 2 y 2 – 3 m/s.

Los valores de radiación solar de la Tabla 3.2.58 expresados en unidades de exposición radiante (kW\*h/m<sup>2</sup> por día) se convierten en unidades de cal/cm<sup>2</sup>\*h (ver Tabla 3.2.61)

**Tabla 3.2.61. Radiación solar expresada en cal/cm<sup>2</sup>h**

ESTACIÓN	ENE RO	FEBRE RO	MAR ZO	ABR IL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SEPIEM BRE	OCTUB RE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE	ANU AL
A.J M Córdova	14.2	13.9	12.7	12.4	13.7	15.4	17.0	17.0	15.0	13.2	12.7	12.9	14.2
Nacional Gja La	15.9	15.7	14.2	12.9	12.5	14.0	15.9	15.5	13.9	12.5	13.2	14.4	14.2
Túnez Hda	16.2	16.0	14.9	13.7	14.0	15.2	16.3	16.0	14.7	13.7	14.5	15.2	15.0
Mesopotami a	14.5	13.9	12.7	11.9	13.2	14.9	17.0	16.5	14.5	12.0	12.2	13.4	13.9
San Félix	13.7	13.2	11.9	10.5	11.5	13.7	15.0	14.5	12.9	10.8	10.5	12.2	12.5
Jardín El	12.2	13.0	10.3	9.8	10.3	11.3	12.2	12.7	11.5	11.2	9.6	10.6	11.2
Concordia	13.9	14.0	12.9	11.5	12.2	14.4	15.5	14.5	13.4	11.5	11.3	12.2	13.2
Tulio Ospina	15.4	14.2	14.0	12.7	13.4	15.0	16.5	15.7	14.2	12.5	13.0	14.2	14.2
A. Olaya Herrera	14.5	14.4	13.4	12.2	12.9	14.5	16.0	15.4	13.5	12.5	12.9	13.5	13.9
Apto Matacana	15.4	14.9	13.7	12.7	12.9	13.5	15.2	15.2	13.7	13.0	13.7	14.4	14.0
Bohemia La	16.0	15.2	14.5	13.2	13.4	13.7	15.2	15.4	14.4	13.5	14.0	15.0	14.4
Veracruz	12.9	12.5	11.3	10.5	10.6	11.5	12.7	12.2	11.3	11.0	11.5	12.0	11.7
Bellavista	12.5	12.4	11.2	10.1	10.8	11.9	13.9	14.2	11.7	10.8	10.3	10.8	11.7
Camelia La	13.7	13.5	12.4	11.5	11.7	12.4	14.7	14.7	13.0	11.2	11.3	12.2	12.7
Apto La Nubia	14.4	13.5	12.0	11.0	11.2	12.0	13.4	12.9	11.7	11.0	11.9	13.0	12.4
<b>Promedio</b>	<b>14.4</b>	<b>14.0</b>	<b>12.8</b>	<b>11.8</b>	<b>12.3</b>	<b>13.6</b>	<b>15.1</b>	<b>14.8</b>	<b>13.3</b>	<b>12.0</b>	<b>12.2</b>	<b>13.1</b>	<b>13.3</b>

Fuente: Marte HMV

De acuerdo a la tabla anterior, los valores de radiación solar para el área de estudio son débiles en todas las estaciones (< de 25 cal/cm<sup>2</sup>h) según la clasificación de Moragues presentada en la Figura 3.2.84.

Los resultados de velocidad del viento, radiación solar y nubosidad para el AII, se plasman en la Figura 3.2.85

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche (2)	
	Radiación solar incidente (1)			4/8 ≤ Nubosidad ≤ 7/8	Nubosidad ≤ 3/8
	Fuerte mayor que 50 cal/cm <sup>2</sup> h	Moderada entre 25 y 50 cal/cm <sup>2</sup> h	Débil Menor que 25 cal/cm <sup>2</sup> h		
< 2			13,28 = B Inestable	6/8 = F Estable	
2 - 3			13,28 = C Ligeramente inestable	6/8 = E Ligeramente estable	

Fuente: Adaptado de Moragues, 2011

**Figura 3.2.85 Clasificación de los valores atmosféricos en el AII para determinación del grado de estabilidad.**

Se puede concluir para el AII, según a las categorías de estabilidad atmosférica de Pasquill (Figura 3.2.83) que cuando la velocidad del viento es <2 m/s el día es inestable y la noche estable y cuando la velocidad del viento esta entre 2 – 3 m/s la estabilidad atmosférica en el día presenta un comportamiento ligeramente inestable y ligeramente estable en las noches.

En condiciones estables, el movimiento vertical del aire se inhibe, mientras que en condiciones inestables la porción de aire tiende a moverse continuamente hacia arriba o hacia abajo

#### 3.2.8.1.10 Evaporación

*La evaporación es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando directamente a la atmósfera en forma de vapor. También el agua en estado sólido (nieve o hielo) puede pasar directamente a vapor y el fenómeno se denomina sublimación. A efectos de estimar las pérdidas por evaporación en una zona, el término se entenderá en sentido amplio, incluyendo la sublimación. La radiación solar proporciona a las moléculas de agua la energía necesaria para el cambio de estado, así que a mayor radiación solar será mayor la tasa de evaporación.*

*Todo tipo de agua en la superficie terrestre está expuesta a la evaporación. El fenómeno es tanto más débil cuanto menor es la agitación de las moléculas, y tanto más intenso cuanto mayor es la cantidad de agua con posibilidad de evaporarse. Además, es necesario que el medio que envuelve la superficie evaporante tenga capacidad para admitir el vapor de agua<sup>316</sup>.*

<sup>316</sup> Evaporación y Evapotranspiración, p.2 [En línea]

Consultado el 15 de diciembre disponible en:

*Considerando la evaporación desde una superficie de agua (lagos, ríos, etc.) como la forma más simple del proceso, éste puede esquematizarse así: Las moléculas de agua están en continuo movimiento. Cuando llegan a la superficie del líquido aumentan su temperatura por efecto de la radiación solar, y en consecuencia su velocidad, creciendo por tanto su energía cinética hasta que algunas consiguen liberarse de la atracción de las moléculas adyacentes y atravesar la interface líquido-gas convirtiéndose en vapor. De esta manera, la capa de aire inmediatamente por encima de la superficie se satura de humedad<sup>317</sup>.*

En la Tabla 3.2.62 se presentan los datos de ubicación y registro mensual multianual de las estaciones del IDEAM que censan esta variable en un radio de 30 km del AII del proyecto Medellín Virginia 500kV.

Los datos mensuales multianuales reportados en la Tabla 3.2.62, fueron graficados como se puede observar en la Figura 3.2.86.

---

<http://users.exa.unicen.edu.ar/~jdiez/files/cstierra/apuntes/unidad3.pdf>

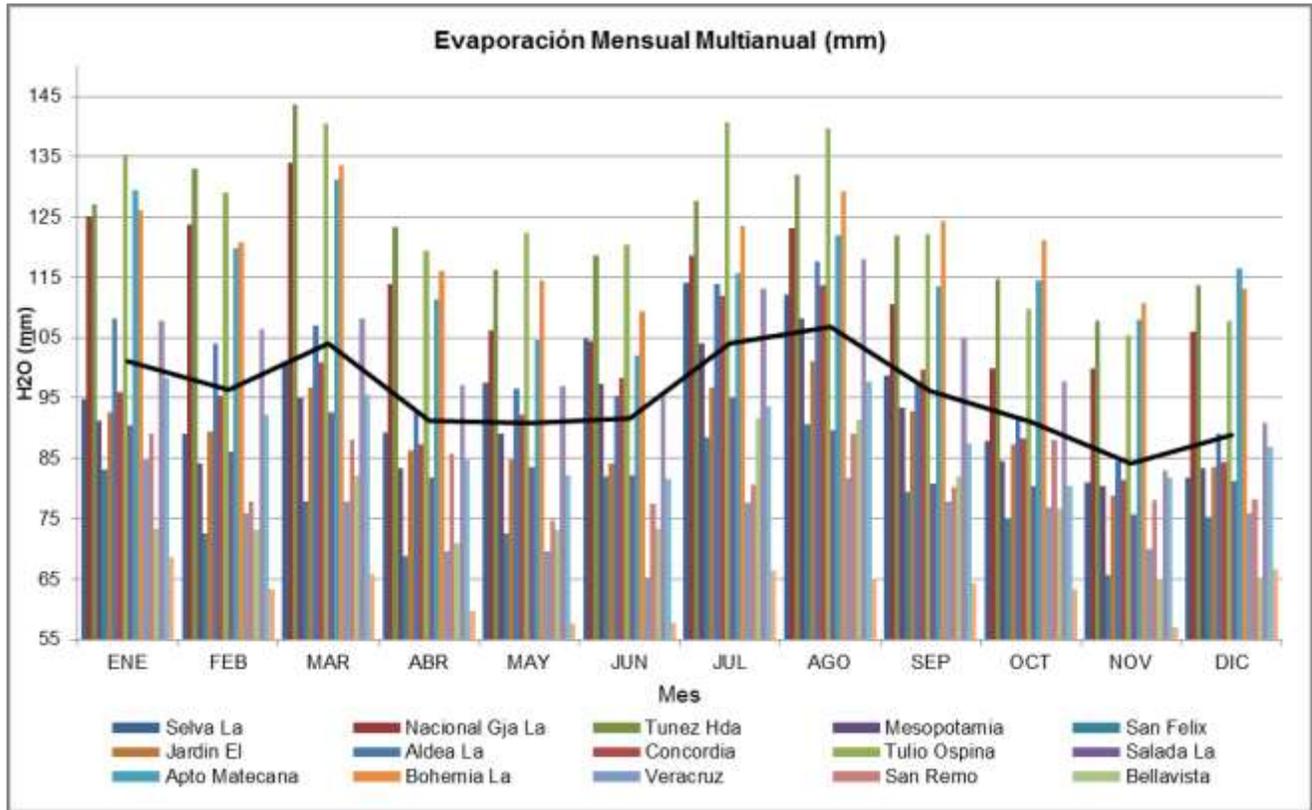
<sup>317</sup> Ibid. p.2

**Tabla 3.2.62 Estaciones del IDEAM que miden la evaporación en mm**

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN								EVAPORACION (mm)											
CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ELEV	LONGITUD	LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23085040	AM	Selva La	Rionegro	Antioquia	2090	75°24'53"W	6°7'54"N	94.8	89.2	101.1	89.4	97.5	104.8	114.1	112.2	98.7	87.9	81.1	81.7
26175030	CP	Nacional Gja La	Támesis	Antioquia	1151	75°41'39,4"W	5°43'12,6"N	125.2	123.8	134.0	113.8	106.2	104.3	118.6	123.1	110.5	99.9	99.9	106.0
26175040	CO	Túnez Hda	Fredonia	Antioquia	530	75°39'3,5"W	5°48'0,7"N	127.1	133.0	143.6	123.3	116.2	118.5	127.8	132.0	121.9	114.6	107.8	113.7
26185020	CO	Mesopotamia	La Unión	Antioquia	2314	75°19'7,1"W	5°53'10,9"N	91.3	84.1	95.0	83.4	89.1	97.4	104.0	108.3	93.5	84.6	80.5	83.4
26185040	CO	San Félix	Salamina	Caldas	2696	75°22'30,5"W	5°22'21,5"N	83.1	72.6	77.9	68.8	72.5	82.0	88.5	90.7	79.3	75.2	65.6	75.2
26195030	CO	Jardín El	Jardín	Antioquia	2005	75°48'2"W	5°35'15,8"N	92.6	89.5	96.7	86.3	84.8	84.1	96.8	101.0	92.7	87.4	78.8	83.6
26205080	ME	Aldea La	Medellín	Antioquia	1638	75°42'3,1"W	6°20'27,6"N	108.2	104.0	107.0	92.8	96.6	95.3	113.8	117.7	97.2	92.0	84.6	89.1
26215010	CO	Concordia	Concordia	Antioquia	1904	75°55'11"W	6°2'23"N	95.9	95.4	100.9	87.2	92.2	98.4	112.0	113.7	99.8	88.2	81.3	84.3
27015090	CO	Tulio Ospina	Bello	Antioquia	1438	75°33'9"W	6°19'16"N	135.3	129.0	140.5	119.3	122.3	120.5	140.6	139.7	122.3	109.8	105.3	107.8
27015260	AM	Salada La	Caldas	Antioquia	1680	75°37'28,9"W	6°2'54,1"N	90.6	86.1	92.6	81.8	83.6	82.1	95.1	89.6	80.9	80.4	75.7	81.2
26135040	SP	Apto Matecaña	Pereira	Risaralda	1342	75°44'1,9"W	4°48'57,1"N	129.4	119.8	131.3	111.3	104.6	102.0	115.6	122.0	113.4	114.5	108.0	116.4
26135100	CO	Bohemia La	Pereira	Risaralda	970	75°52'39,3"W	4°52'40,6"N	126.2	120.8	133.5	116.0	114.4	109.4	123.6	129.2	124.3	121.3	110.7	113.1
26135110	CO	Veracruz	Pereira	Risaralda	1720	75°37'38,6"W	4°52'4,6"N	84.8	75.9	77.8	69.7	69.5	65.2	77.8	81.8	77.8	76.9	70.0	75.9
26135160	CO	San Remo	Santa Rosa de Cabal	Risaralda	2000	75°34'46,2"W	4°50'31,1"N	89.1	77.9	88.2	85.7	74.6	77.4	80.5	89.0	80.2	88.2	78.1	78.2

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN								EVAPORACION (mm)											
CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ELEV	LONGITUD	LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
26145020	CO	Bellavista	Anserma	Caldas	1932	75°48'0"W	5°16'33,3"N	73.3	73.0	82.2	71.0	73.2	73.4	91.6	91.4	81.9	76.7	65.0	65.3
26145030	CO	Camelia La	Santuario	Risaralda	1650	75°58'1"W	5°4'48,8"N	107.8	106.4	108.2	97.1	97.1	95.0	113.2	118.0	104.9	97.8	83.0	90.9
26155110	SP	Apto Nubia La	Manizales	Caldas	2058	75°28'11,8"W	5°1'47,1"N	98.2	92.3	95.7	84.7	82.3	81.5	93.6	97.6	87.5	80.4	81.8	86.9
26155170	CO	Tesorito Fca.	Manizales	Caldas	2290	75°26'3,1"W	5°1'47,4"N	68.5	63.3	65.8	59.8	57.5	57.8	66.4	65.0	64.3	63.4	57.0	66.7

Fuente: Marte HMV



Fuente: Consorcio MARTE – HVM, 2016

**Figura 3.2.86 Variación mensual multianual de la Evaporación.**

De acuerdo con la Figura 3.2.86, la evaporación es mayor en los meses de enero y marzo para el primer semestre del año y en el segundo semestre en los meses de julio y agosto. Esto coincide con los meses de verano, dado a que hay mayor radiación solar la cual aumenta la energía cinética de las moléculas de agua alcanzando el calor latente necesario para el cambio de fase de líquido a vapor.

El comportamiento espacial de la evaporación sobre el All se estimó teniendo en cuenta las ecuaciones propuestas por Cenicafé y Turc.

Método de Cenicafé – Budyco: Obtenida por el Centro Nacional de Estudios del Café a partir de correlacionar los valores obtenidos de aplicar el método de Penman a los datos de las estaciones climáticas de Colombia (Jaramillo). Su cálculo permitió calcular la evapotranspiración potencial (ETP) a partir de la altura sobre el nivel del mar.

Su expresión es:

$$ETP = 365 * 4.658 \exp(-0.0002 h)$$

### **Ecuación 3.2.10 Evapotranspiración potencial**

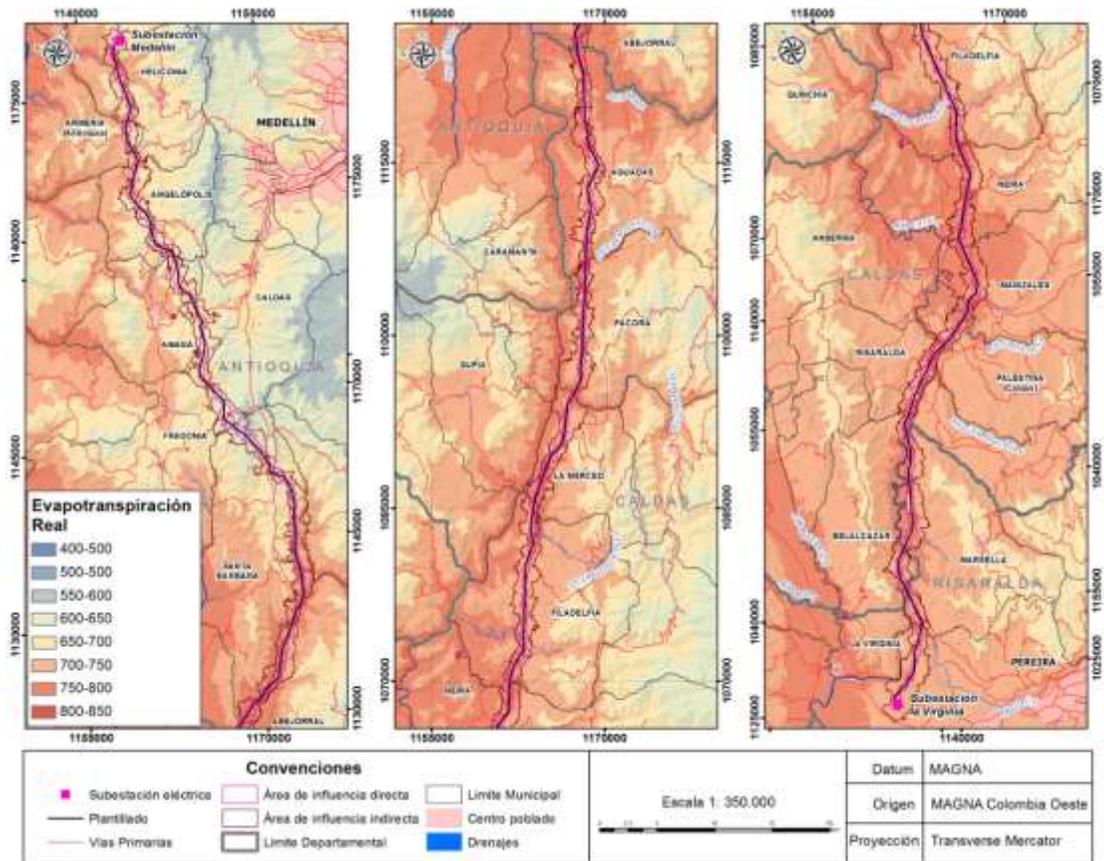
Dónde ETP es la evaporación potencial en mm/año y h es la cota sobre el nivel del mar en m. Los valores de altura sobre el nivel del mar fueron tomados del Modelo de Elevación Digital-DEM del All. La aplicación de esta ecuación se realizó en la caja de herramientas “Raster Calculator” del software ArcGIS 10.2. El producto de este proceso fue una superficie con valores de evaporación potencial para toda el All (ver Figura 3.2.87)

La evapotranspiración potencial ETP se transforma a evapotranspiración real mediante la ecuación de Budyko (Budyko, 1974):

$$ETR = \sqrt{ETP \cdot P \cdot \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right)}$$

### **Ecuación 3.2.11 Evapotranspiración real**

Donde ETR es la evapotranspiración real (mm/año), P es la precipitación (mm/año) y ETP es la evaporación potencial (mm/año).



Fuente: Consorcio MARTE – HVM, 2016

**Figura 3.2.87 Evapotranspiración real (mm/año)**

### 3.2.8.1.11 Zonificación Climática

Utilizando los resultados obtenidos de las variables atmosféricas de temperatura media y precipitación media multianual en el AII, se estimó la zonificación climática empleando la metodología expuesta en el documento Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia<sup>318</sup>. Primero, se asignó una clasificación a los mapas de temperatura media y precipitación media multianual de acuerdo a lo establecido en el documento de referencia como se observa en la

<sup>318</sup> IDEAM. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. p.82-84.

Tabla 3.2.63 y Tabla 3.2.64

**Tabla 3.2.63 Denominación termal para los rangos de temperatura establecidos en la metodología del IDEAM.**

DENOMINACIÓN TERMAL	RANGOS ALTITUDINALES (MSNM)	RANGOS DE TEMPERATURA
Cálido	De 0 a 800	$T > 24^{\circ}\text{C}$
Templado	De 801 a 1.800	$18^{\circ}\text{C} < T < 24^{\circ}\text{C}$
Frío	De 1.801 a 2.800	$12^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$
Muy Frío	De 2.801 a 3.700	$6^{\circ}\text{C} < T < 12^{\circ}\text{C}$
Extremadamente frío y/o nival	De 2.701 a 4.500 y de 4.500 en adelante para nival	$1,5^{\circ}\text{C} < T < 6^{\circ}\text{C}$ y menores a 1,5 para nival

Fuente: IDEAM et al, 2007.

**Tabla 3.2.64 Denominación de la precipitación para los rangos establecidos en la metodología del IDEAM.**

DENOMINACIÓN PRECIPITACIÓN	RANGOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL
Árido	0-500 mm/año
Muy seco	501-1.000 mm/año
Seco	1.001-2.000 mm/año
Húmedo	2.001-3.000 mm/año
Muy húmedo	3.001-7.000 mm/año
Pluvial	>7.000 mm/año

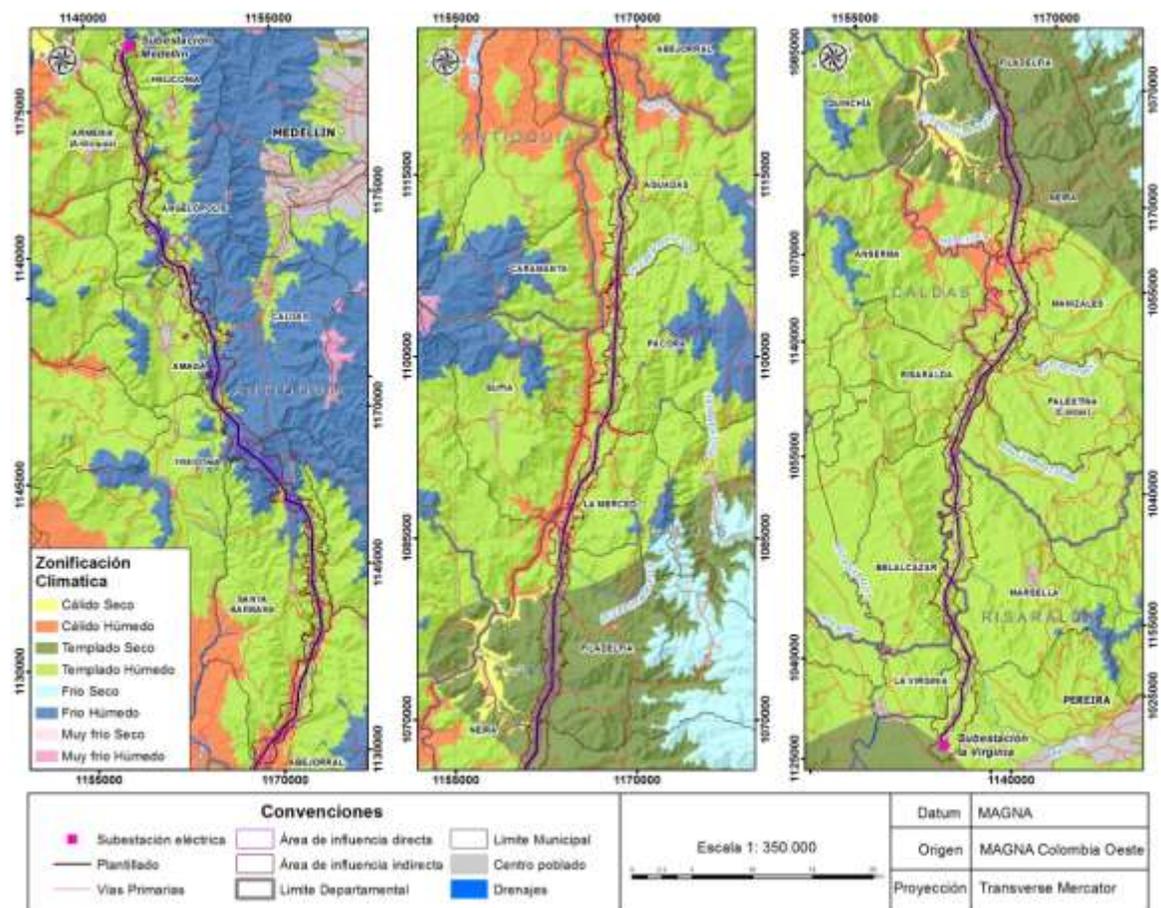
Fuente: IDEAM et al, 2007.

Una vez clasificados los mapas base, se procedió a superponer la información cartográfica con el fin de comparar espacialmente los valores de temperatura y precipitación, determinando las categorías de zonificación climática según la leyenda mostrada en la Figura 3.2.88. La salida cartográfica de este proceso se presenta en la Figura 3.2.89.

<b>Cálidos (0 - 800 msnm) &gt; 24° C</b>	
	Árido (0 - 500 mm/año)
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
	Pluvial (> 7.000 mm/año)
<b>Templados (800 - 1.800 msnm) Entre 18° C y 24° C</b>	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
	Pluvial (> 7.000 mm/año)
<b>Fríos (1.800 - 2.800 msnm) Entre 12° C y 18° C</b>	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
<b>Muy fríos (2.800 - 3.700 msnm) Entre 6° C y 12° C</b>	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
<b>Extremadamente fríos (3.700 - 4.500 msnm) Entre 1,5 y 6° C</b>	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
<b>Nival (&gt; 4.500 msnm) &lt; 1,5° C</b>	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)

Fuente: IDEAM et al, 2007.

**Figura 3.2.88 Leyenda para el mapa de zonificación climática.**



Fuente: Marte – HMV

**Figura 3.2.89. Zonificación Climática en el AII del Proyecto Medellín – La Virginia**

Dentro del All hay 5 categorías de zonificación climática: Cálido húmedo Cálido seco, Frio húmedo, Templado húmedo y Templado seco

Se puede observar (ver Figura 3.2.89) que en las cercanías del río Cauca predomina un clima cálido húmedo .y cálido seco.

A continuación en la Tabla 3.2.65 se presenta un resumen de la zonificación climática dentro del All, se destaca que predominan a lo largo del proyecto Medellín – La Virginia las zonas clasificadas como: templado húmedo, seguidas de Cálido – Húmedo, Frio – Húmedo, Templado – Seco y Cálido – Seco respectivamente.

**Tabla 3.2.65. Zonificación climática dentro del All**

RANGO DE PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)	DENOMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	RANGO DE TEMPERATURA °C	ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA	ÁREA (HA)
2001-3000	Húmedo	18° - 24°C	Templado – Húmedo	18436.895
2001-3000	Húmedo	>24°C	Cálido – Húmedo	2900.466
2001-3000	Húmedo	12° - 18°C	Frio – Húmedo	2891.913
1001-2000	Seco	18° - 24°C	Templado – Seco	2479.182
1001-2000	Seco	>24°C	Cálido – Seco	82.22

Fuente: Marte – HMV, 2017

### 3.2.8.2 Calidad del aire

3.2.8.2.1 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas existentes en la zona, teniendo en cuenta fuentes fijas, móviles, lineales y de área y aquellas que generará el proyecto, especialmente durante las etapas de adecuación y construcción de accesos a sitios de torre

La información de la infraestructura existente que se presentara a continuación incluye algunas fuentes de contaminación atmosférica que no están dentro del All físico-biótica y social del proyecto pero por su cercanía a estas y pueden generar impactos sobre el ambiente.

El desarrollo del Proyecto en las etapas de construcción y operación no tiene contemplado la construcción de vías. En todos los accesos carretables y caminos se realizara una evaluación del estado actual el cual se consignara en un acta de vecindad y de ser necesario, se realiza la adecuación de las vías para el ingreso de personal, equipos y material. Después de hacer uso de las vías veredales y caminos, estas se dejaran en un estado igual al inicial consignado en la respectiva acta de vecindad.

#### ➤ Fuentes lineales

En la Tabla 3.2.66 se listan las Autopistas de la Prosperidad Pacifico 1, 2 y 3 las cuales se cruzan con el Proyecto Refuerzo Suroccidental a 500kV Medellín – La Virginia y se encuentran en la etapa de construcción. Las actividades propias del

proyecto demandaran el uso de vías sin asfalto donde se generara material particulado en época de verano

**Tabla 3.2.66. Fuentes lineales**

NOMBRE DEL PROYECTO
Autopistas de la Prosperidad- Pacífico 2 (Bolombo- La Pintada)
Autopistas de la Prosperidad- Pacífico 1 (La Pintada-Ancón Sur- Camilo Cé Bolombo)
Autopistas de la Prosperidad- Pacífico 3 (La Pintada- Antioquia, hasta Manizales Caldas)

Fuente: Marte – HMV, 2017

Las vías sin pavimentar consideradas fuentes de contaminación de la calidad del aire, son clasificadas por el IGAC como vías tipo 4 (ver Tabla 3.2.67 ) ubicadas dentro del AII que son transitables en vehículos de carga liviana

**Tabla 3.2.67 Clasificación vial IGAC**

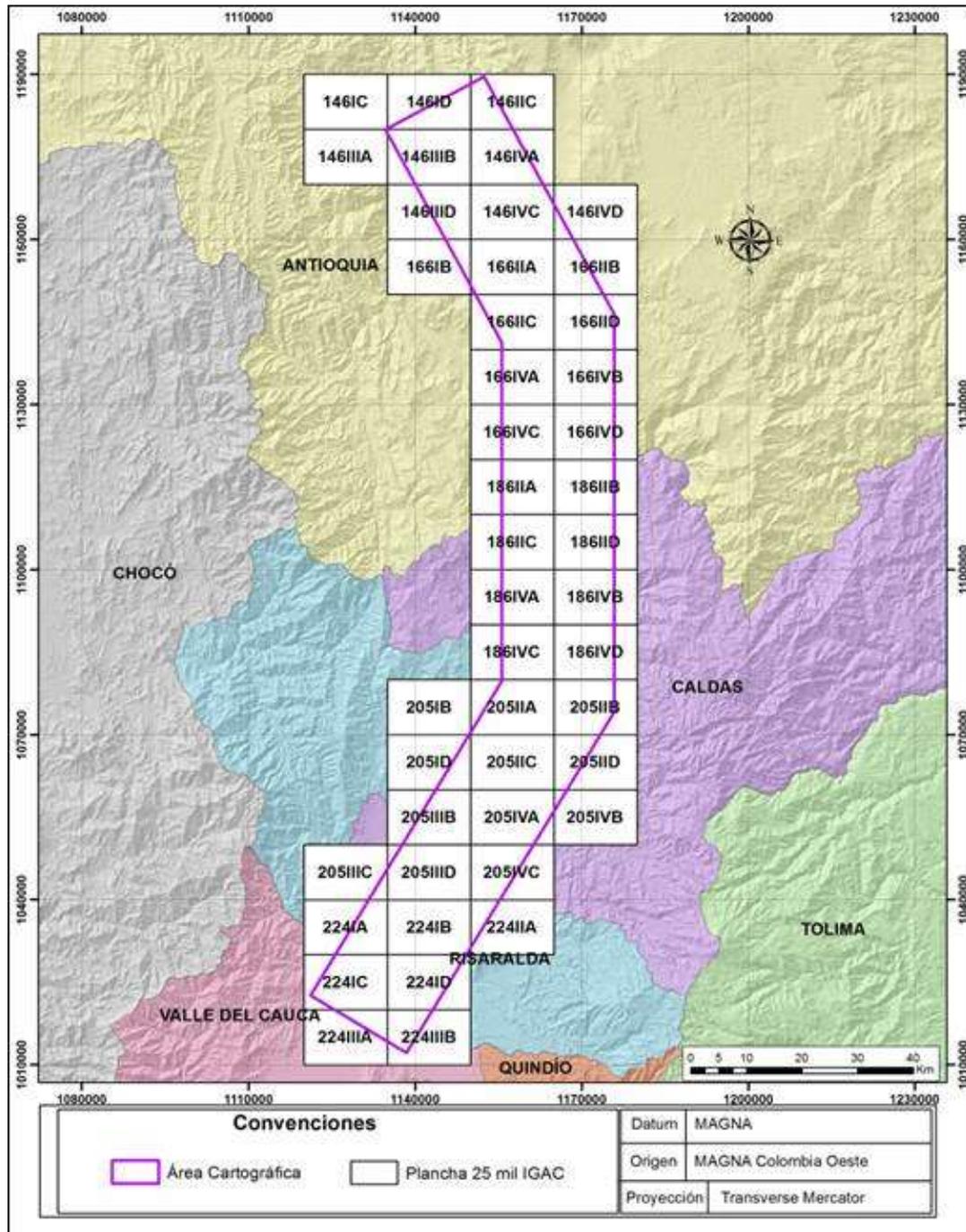
VÍA TIPO	ESPECIFICACIONES
1	5-8 metros de ancho pavimentadas.
2	5-8 metros de ancho sin pavimentar.
3	2-5 metros de ancho pavimentadas.
4	2-5 metros de ancho sin pavimentar.
5	Transitables en tiempo seco.
6	Camino.
7	Sendero

Fuente: Marte – HMV, 2017

Las vías tipo 4 fueron seleccionadas de las planchas a escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Cabe aclarar que dentro del AII del Proyecto no hay vías tipo 2.

En la Figura 3.2.90 se muestra la distribución de las planchas, las cuales fueron georreferenciadas para realizar un mosaico en el que las vías fueron digitalizadas y actualizadas a partir de las imágenes satelitales adquiridas (Pleidades y RapidEye).

Como resultado de la intersección de las vías tipo 4 con el AII del Proyecto, se establece la longitud total aproximada de vías sin pavimento es de 129 km.



Fuente: Consorcio MARTE – HVM, 2016

**Figura 3.2.90 Distribución Planchas 1:25.000 en el All del Proyecto.**

➤ Fuentes de área

A continuación en la Tabla 3.2.68 se listan proyectos concentrados o de área como canteras y fuentes de materiales de arrastre, los cuales fueron verificados en campo, estos establecimientos son fuentes de emisión de materiales particulados y gases, generados en las operaciones unitarias de trituración y molienda en los equipos empleados para tal fin.

**Tabla 3.2.68 Canteras y materiales de arrastre**

NOMBRE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	X	Y
Agregados_Río Arma	Caldas	Aguadas	1165743	1125440
Agregados_Aguadas	Caldas	Aguadas	1175715	1114258
Agregados_La Felisa	Caldas	La Merced	1163202	1086355
Agregados_La Felisa_2	Caldas	Neira	1157318	1074649
Agregados_La Felisa_3	Caldas	Neira	1157314	1074028
Agregados_Combia	Risaralda	Pereira	1148125	1025047
Agregados_La Virginia	Caldas	Belalcázar	1134746	1037663
Cantera_Piedra Verde_1	Antioquía	Caldas	1158406	1153397
Cantera_Caldas	Antioquía	Caldas	1155659	1160868
Cantera_Vereda Pie de Cuesta-Amagá	Antioquia	Amaga	1153548	1160722
Cantera_Vía Amagá-Caldas	Antioquia	Amaga	1154136	1160059
Cantera_Amagá	Antioquia	Amaga	1154821	1159761
Cantera_Vía_Piedra Verde	Antioquía	Caldas	1157829	1156965

Fuente: Marte – HMV, 2017

Se identificaron algunos establecimientos relacionados con el manejo concentrado de animales y uno de compostaje, los cuales se listan en la Tabla 3.2.69 en estos sitios se podría generar olores ofensivos y gases como metano a la atmósfera.

**Tabla 3.2.69. Fuentes de olores ofensivos**

NOMBRE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	X	Y
Porqueriza industrial #3	Antioquia	Caldas	1156668	1157209
Porqueriza industrial #2	Antioquia	Caldas	1155449	1161107
Porqueriza industrial #1	Antioquia	Angelópolis	1152493	1165257
Avícola	Caldas	Risaralda	1150372	1054233
Compostaje	Caldas	Belalcázar	1135062	1037611

Fuente: Marte – HMV, 2017

En el municipio de Chinchina departamento de Caldas, cerca del AII del Proyecto, se encuentra ubicado el hidroeléctrico San Francisco. Debido a la existencia material orgánico el cual queda sumergido durante la inundación del área de

embalse, la vegetación sumergida sufre un proceso de descomposición el cual propicia la generación de gases como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), los cuales son emitidos a la atmósfera. Por este motivo dentro de las fuentes de emisión cercanas al proyecto se incluye esta hidroeléctrica, cuya área y perímetro de embalse se puede ver en la Tabla 3.2.70

**Tabla 3.2.70. Central Hidroeléctrica San Francisco**

NOMBRE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA (HA)	PERIMETRO (M)
Central hidroeléctrica San Francisco	Caldas	Chinchiná	76.49	9540.38

Fuente: Marte – HMV, 2017

En la Tabla 3.2.71 se muestran los títulos mineros que hacen parte del área de influencia indirecta del proyecto. En las observaciones se especifica el propietario y el estado actual del título

**Tabla 3.2.71. Títulos Mineros**

TIPO DE PROYECTO	EMPRESA/(OBSERVACIONES)
Explotación de asbesto o crisotilo. Con licencia de explotación vigente. Cód. Expediente T5005. Municipio: Angelópolis (Ant.)	Mejisulfatos S.A.S. (en explotación)
Contrato de Concesión de materiales de construcción, con título vigente. Cod. Expediente H1078005. Municipio: Caldas (Ant.)	Proingecon Ltda / (no se está explotando en la actualidad)
Explotación de magnesio. Licencia con título vigente. Cód. Expediente L4506005. Municipio: Angelópolis (Ant.)	Rubén Darío Sepúlveda Villada\ Fabio Gutiérrez Piedrahíta / (A la espera de respuesta ante solicitud de prórroga de la licencia)
Explotación demás Concesibles\ Arcilla\ Arena. Licencia de explotación con título terminado. Cód. Expediente T1132005. Municipio Santa Bárbara (Ant.)	Cementos Argos S.A. / (Sin Archivo en Secretaría de Minas por terminación)
Contrato de concesión Demás_Concesibles\ Oro, con título vigente. Cod. Expediente IIS-10401. Municipio: Aguadas y Pácora (Caldas)	Mineros S.A
Contrato de concesión Demás_Concesibles\ Oro, con título vigente. Cod. Expediente 623-17. Municipio: Aguadas y Pácora (Caldas)	Minerales Andinos de Occidente S.A. / (Sin archivo en Secretaría de Minas por terminación antes del 2010)
Contrato de concesión explotación de	Universal Mining S.A.S.

TIPO DE PROYECTO	EMPRESA/(OBSERVACIONES)
Serpentina, con título vigente. Cod. Expediente HIDJ-03. Municipio: Angelópolis (Antioquia).	
Contrato de concesión explotación de metales preciosos\ asociados, con título vigente. Cod. Expediente H5874005. Municipio: Amagá (Antioquia)	CARCILLAS LTDA
Contrato de concesión explotación de gravas naturales/arena, con título vigente. Cod. Expediente L5218005. Municipio: Fredonia (Ant.)	Luis Aníbal Galeano Lopez\ Elkin Horacio Hernandez Velásquez
Contrato en virtud de aporte explotación de carbón, con título vigente. Cod. Expediente BKU-131. Municipio: Angelópolis (Ant.)	Tayron Alexander Builes Sepúlveda / (En explotación con PMA)
Contrato en virtud de aporte explotación de carbón, con título vigente. Cod. Expediente J050194011. Municipio: Angelópolis (Ant.)	Tayron Alexander Builes Sepúlveda ( En explotación con PMA)
Explotación de Demas_concesibles\ arcilla\ lutita\ areniscas. Licencia con título vigente. Cód. Expediente T10862011. Municipio: Angelópolis (Ant.)	Minerales de Colombia S.A. Minecol
Contrato de concesión Demás_concesibles\ minerales de cobre y sus concentrados\ minerales de plata y sus concentrados\ minerales de oro y sus concentrados\ minerales de platino y sus concentrados\ minerales de plomo y sus concentrados\ minerales de zinc y sus concentrados, con título vigente. Cod. Expediente HIT-13101 Municipio: Aguadas (Caldas)	Ingenieria y Gestion del Territorio S.A., IGTERR S.A.
Contrato de concesión Demas_Concesibles\ materiales de construccion, con título vigente Cod. Expediente 743-17 Municipios: Palestina y Manizales (Caldas)	Ci Grodco Sca Ingenieros Civiles / (Sin archivo en la Secretaría de Minas por terminación desde 2005)

Fuente: Marte – HMV, 2017

Los títulos anteriores son considerados fuentes concentradas de material particulado, ruido y gases.

3.2.8.2.2 Ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales y de las zonas críticas de contaminación.

Los centros poblados que se presentan en la Tabla 3.2.72, fueron seleccionados estableciendo un criterio de ubicación espacial a una distancia menor o igual de 5 km del AII físico biótica del Proyecto, algunos de estos centros poblados hacen parte del área de influencia social.

Estos poblados actúan como focos de contaminación urbana por las actividades que desarrollan sus habitantes.

**Tabla 3.2.72 Centros poblados**

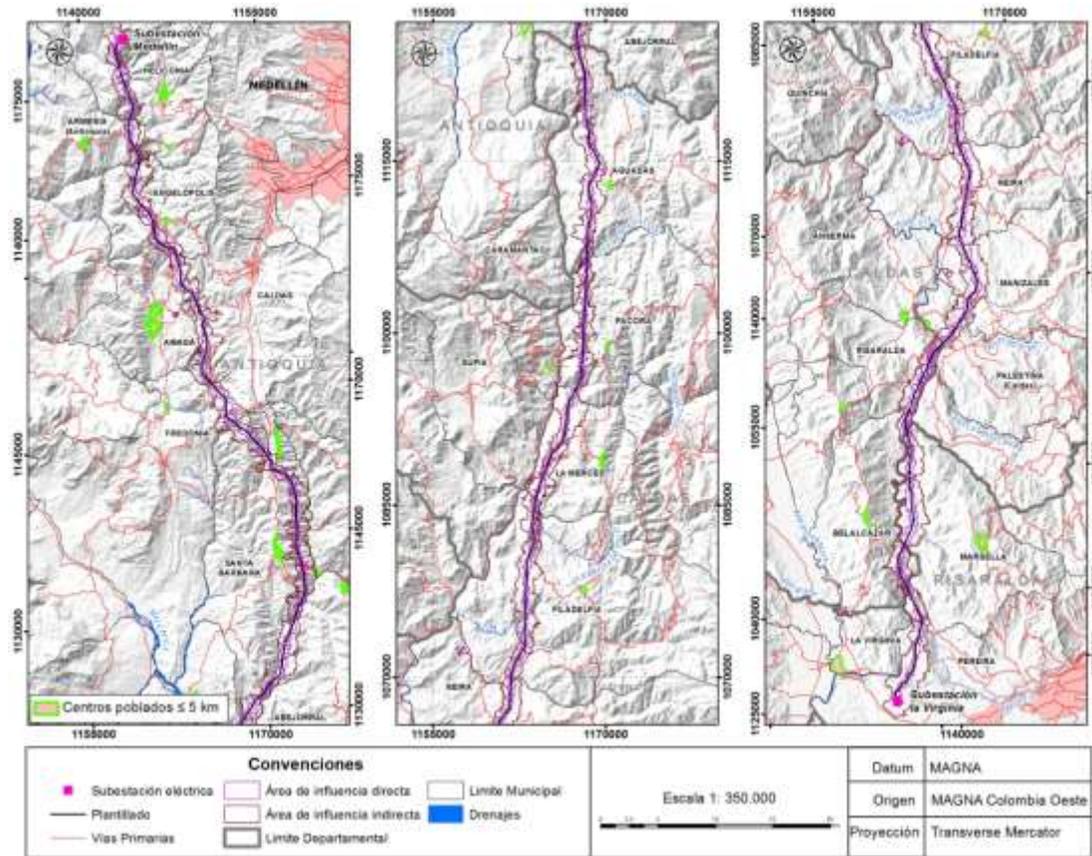
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CENTRO POBLADO	ÁREA DEL CENTRO POBLADO (ha)
Antioquia	La pintada	La pintada	75.34
	Fredonia	Los palomos	12.42
	Amagá	Amagá	166.72
	Ebéjico	Sevilla	0.92
	Abejorral	El Cairo	29.9
	Heliconia	Pueblito	3.79
	Santa Bárbara	Versalles	42.89
	Montebello	Cementos el Cairo	12.87
	Angelópolis	Angelópolis	7.52
	Montebello	Montebello	11.13
	Armenia	Armenia	17.1
	Ebéjico	La clara	0.73
	Santa Bárbara	Santa Bárbara	56.35
	Heliconia	Heliconia	36
Caldas	Belalcázar	Belalcázar	43.06
	Palestina	Arauca	24.21
	Anserma	El Líbano	28.49
	San José	San José	10.1
	La merced	La merced	26.49
	Aguadas	Arma	16.51
	Pácora	San Bartolomé	7.28
	Filadelfia	Filadelfia	21.43
	Marmato	El llano	14.1
Risaralda	La Virginia	La Virginia	139.97

---

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CENTRO POBLADO	ÁREA DEL CENTRO POBLADO (ha)
	Marsella	Marsella	72.08

Fuente: Marte – HMV, 2017

Los centros poblados de la tabla anterior se muestran espacialmente en la Figura 3.2.91



Fuente: Marte – HMV, 2017

**Figura 3.2.91. Centros Poblados**

Con el objetivo de evaluar el área de influencia del Proyecto Refuerzo Sudoccidental a 500 kV Medellín – La Virginia, se realizó la instalación de diez puntos de monitoreo compuestos por muestreadores de dióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), muestreadores gravimétricos de alto volumen para determinar material particulado suspendido grueso y fino expresado como PST y PM10 y equipo de medición directa infrarrojo no dispersivo (NDIR) para Monóxido de carbono (CO). Las mediciones de calidad del aire se desarrollaron entre el 01 y el 18 de mayo de 2017.

Los puntos seleccionados para monitorear (ver Tabla 3.2.73) fueron elegidos porque cumplen con las siguientes características: vía sin pavimentar, infraestructura social existente y demandada del uso de la vía para instalar infraestructura por parte del Proyecto Refuerzo Suroccidental Medellín – La Virginia 500kV

En las mediciones se utilizaron los métodos de muestreo y de cálculo recomendados por la Agencia de Protección Ambiental (U.S. EPA) de los Estados Unidos de América y avalados en la normatividad colombiana, así como los términos de referencia dados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - MADS) mediante el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire

**Tabla 3.2.73. Puntos de monitoreo de calidad de aire**

N°.	DENOMINACIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS PLANAS OESTE	
		X	Y
CA-1	Granja La Pradera	1.182.041	1.144.034
CA-2	Vereda La Pradera	1.182.613	1.144.183
CA-3	Sector Capilla – Llano de San José	1.183.478	1.146.857
CA-4	Centro Poblado- Llano de San José	1.183.302	1.146.948
CA-5	Vereda San Isidro – Relleno Sanitario	1.166.933	1.150.323
CA-6	Vereda La Miranda – Finca El Picacho	1.167.688	1.150.493
CA-7	Centro Poblado; Vereda La Estación	1.165.166	1.152.142
CA-8	Vereda Monte Chelo	1.165.697	1.152.393
CA-9	Sector Labrador - Trapiche	1.028.403	1.137.178
CA-10	Hacienda Punta Arenas	1.029.132	1.135.910

Fuente: Marte – HMV, 2017

### 3.2.8.2.3 Índice de Calidad del Aire (ICA)

A continuación se presenta el Índice de Calidad del Aire (ICA) para cada uno de los 10 puntos monitoreados basado en los límites que definen cada uno de los rangos de la Tabla 3.2.74 explicados en el capítulo 1 de generalidades en la sección de metodologías del presente EIA

**Tabla 3.2.74 Rangos cualitativos para el Índice de Calidad del Aire –ICA**

ICA	DESCRIPTOR	COLOR
0 – 50	Bueno	
51 – 100	Moderado	
101 – 150	No saludable para grupos sensibles	
151 – 200	No saludable para población en general	
201 – 300	Muy poco saludable	
301 – 500	Peligroso	

Fuente: PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE, MAVDT, 2008.

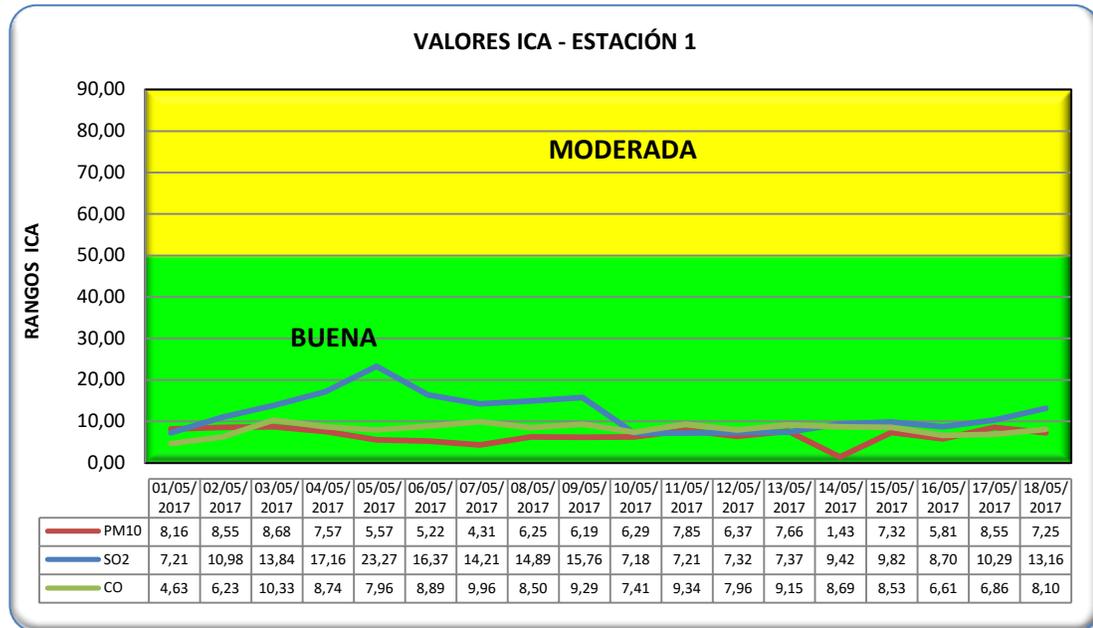
- CA – 1 Granja La Pradera

**Tabla 3.2.75 Índices de Calidad del Aire Estación 1: Granja La Pradera**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-	8,81	8,16	12,81	0,0049	7,21	1,27	0,001	*	466,07	0,408	4,63
2017-	9,23	8,55	19,51	0,0075	10,98	1,27	0,001	*	626,87	0,549	6,23
2017-	9,37	8,68	24,59	0,0094	13,84	1,25	0,001	*	1038,56	0,909	10,33
2017-	8,18	7,57	30,49	0,0117	17,16	1,26	0,001	*	878,61	0,769	8,74
2017-	6,01	5,57	41,34	0,0158	23,27	1,26	0,001	*	800,44	0,700	7,96
2017-	5,64	5,22	29,09	0,0111	16,37	1,26	0,001	*	894,01	0,782	8,89
2017-	4,65	4,31	25,24	0,0097	14,21	1,25	0,001	*	1001,37	0,876	9,96
2017-	6,75	6,25	26,45	0,0101	14,89	1,25	0,001	*	855,17	0,748	8,50
2017-	6,68	6,19	28,00	0,0107	15,76	1,24	0,001	*	934,56	0,818	9,29
2017-	6,79	6,29	12,76	0,0049	7,18	1,25	0,001	*	745,71	0,652	7,41
2017-	8,47	7,85	12,81	0,0049	7,21	1,27	0,001	*	939,01	0,822	9,34
2017-	6,88	6,37	13,01	0,0050	7,32	1,24	0,001	*	800,65	0,701	7,96
2017-	8,27	7,66	13,09	0,0050	7,37	1,24	0,001	*	920,35	0,805	9,15
2017-	1,55	1,43	16,73	0,0064	9,42	1,26	0,001	*	873,59	0,764	8,69
2017-	7,91	7,32	17,44	0,0067	9,82	1,25	0,001	*	858,02	0,751	8,53
2017-	6,27	5,81	15,46	0,0059	8,70	1,25	0,001	*	664,94	0,582	6,61
2017-	9,23	8,55	18,28	0,0070	10,29	1,25	0,001	*	689,42	0,603	6,86
2017-	7,83	7,25	23,37	0,0089	13,16	1,26	0,001	*	815,08	0,713	8,10

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

**Figura 3.2.92. Índices de Calidad del Aire en Estación 1**

- CA – 2 Vereda La Pradera

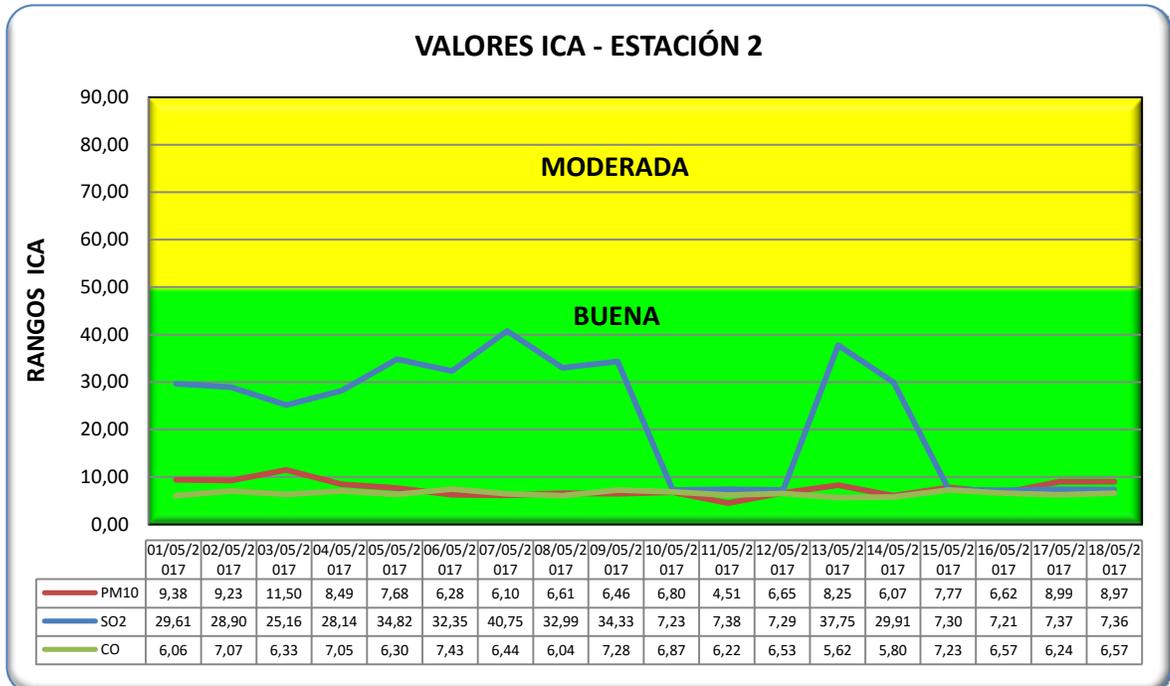
**Tabla 3.2.76 Índices de Calidad del Aire Estación 2: Vereda La Pradera**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-05-01	10,13	9,38	52,61	0,020	29,6	1,29	0,00	*	609,0	0,53	6,0
2017-05-02	9,97	9,23	51,34	0,019	28,9	3,93	0,00	*	711,0	0,62	7,0
2017-05-03	12,42	11,5	44,69	0,017	25,1	1,30	0,00	*	636,8	0,55	6,3
2017-05-04	9,17	8,49	49,99	0,019	28,1	8,95	0,00	*	709,0	0,62	7,0
2017-05-05	8,29	7,68	61,84	0,023	34,8	1,30	0,00	*	633,6	0,55	6,3
2017-05-06	6,78	6,28	57,46	0,022	32,3	1,26	0,00	*	747,2	0,65	7,4
2017-05-07	6,59	6,10	72,38	0,027	40,7	1,27	0,00	*	647,7	0,56	6,4
2017-05-08	7,14	6,61	58,60	0,022	32,9	1,27	0,00	*	607,2	0,53	6,0
2017-05-09	6,98	6,46	60,98	0,023	34,3	1,27	0,00	*	731,7	0,64	7,2
2017-05-10	7,34	6,80	12,84	0,004	7,23	1,28	0,00	*	691,2	0,60	6,8
2017-05-11	4,87	4,51	13,10	0,005	7,38	1,27	0,00	*	625,2	0,54	6,2
2017-05-12	7,18	6,65	12,95	0,005	7,29	1,27	0,00	*	656,9	0,57	6,5
2017-05-13	8,91	8,25	67,05	0,025	37,7	1,27	0,00	*	565,5	0,49	5,6
2017-05-14	6,55	6,07	53,13	0,020	29,9	1,26	0,00	*	583,3	0,51	5,8
2017-05-15	8,39	7,77	12,97	0,005	7,30	1,28	0,00	*	726,6	0,63	7,2
2017-05-16	7,15	6,62	12,81	0,004	7,21	1,24	0,00	*	660,6	0,57	6,5

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-05-17	9,71	8,99	13,09	0,005	7,37	1,28	0,00	*	627,2	0,54	6,2
2017-05-18	9,69	8,97	13,07	0,005	7,36	1,27	0,00	*	660,3	0,57	6,5

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

**Figura 3.2.93 Índices de Calidad del Aire en Estación 2**

- CA – 3 Sector Capilla – Llano de San José

**Tabla 3.2.77 . Índices de Calidad del Aire Estación 3: Sector Capilla - Llano de San José.**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-05-17	13,74	12,72	41,22	0,0158	23,21	1,46	0,001	*	634,35	0,555	6,31
2017-05-18	13,12	12,15	17,34	0,0066	9,76	2,59	0,001	*	599,56	0,525	5,96
2017-05-19	14,00	12,96	21,03	0,0081	11,84	1,47	0,001	---	798,96	0,699	7,94
2017-05-20	10,44	9,67	25,96	0,0099	14,61	1,41	0,001	*	996,56	0,872	9,91
2017-05-21	10,72	9,93	23,67	0,0091	13,33	1,24	0,001	*	521,03	0,456	5,18
2017-05-22	9,80	9,08	28,05	0,0107	15,79	1,26	0,001	*	815,67	0,714	8,11

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-01-05	10,31	9,55	20,36	0,0078	11,46	1,24	0,001	*	658,98	0,577	6,55
2017-02-05	10,23	9,48	15,15	0,0058	8,53	1,25	0,001	*	830,71	0,727	8,26
2017-03-05	10,32	9,55	17,18	0,0066	9,67	1,46	0,001	*	533,85	0,467	5,31
2017-04-05	9,73	9,00	12,47	0,0048	7,02	1,24	0,001	*	599,62	0,525	5,96
2017-05-05	15,31	14,17	12,69	0,0049	7,14	1,23	0,001	*	654,02	0,572	6,50
2017-06-05	11,35	10,51	12,62	0,0048	7,10	1,27	0,001	*	675,73	0,591	6,72
2017-07-05	12,83	11,88	12,60	0,0048	7,09	1,25	0,001	*	474,25	0,415	4,72
2017-08-05	10,79	9,99	12,47	0,0048	7,02	1,25	0,001	*	342,61	0,300	3,41
2017-09-05	13,23	12,25	12,43	0,0048	7,00	1,25	0,001	*	610,62	0,534	6,07
2017-10-05	12,57	11,63	12,59	0,0048	7,09	1,23	0,001	*	246,28	0,215	2,45
2017-11-05	15,64	14,48	12,75	0,0049	7,18	1,26	0,001	*	667,24	0,584	6,63
2017-12-05	12,27	11,36	12,89	0,0049	7,26	1,26	0,001	*	637,72	0,558	6,34

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

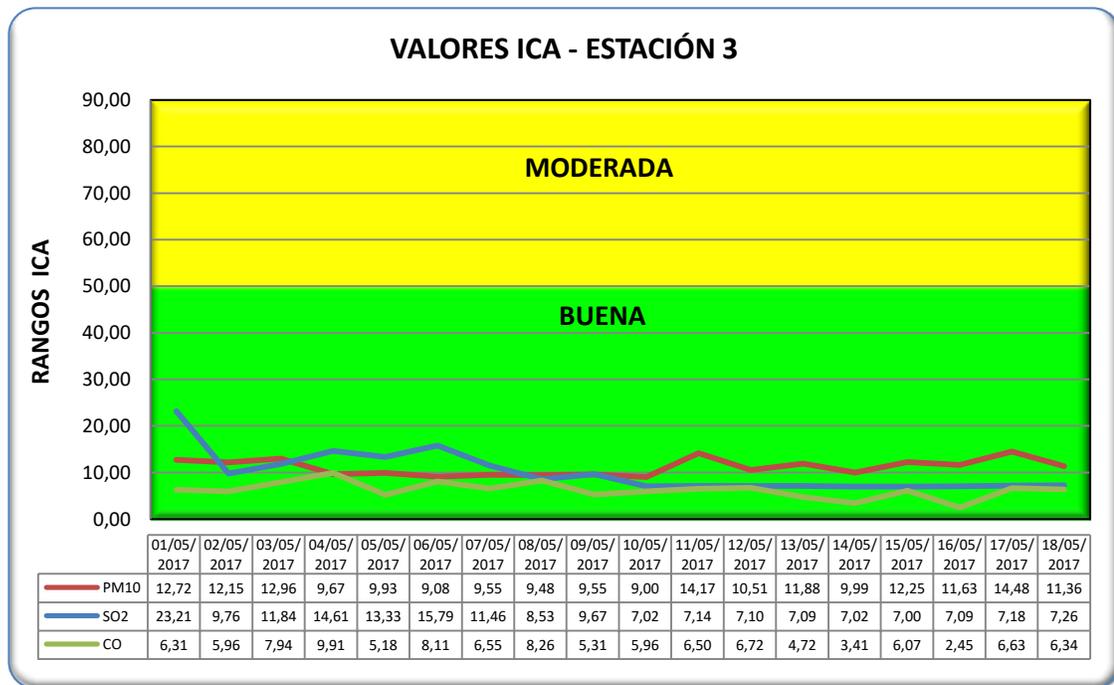


Figura 3.2.94 Índices de Calidad del Aire en Estación 3

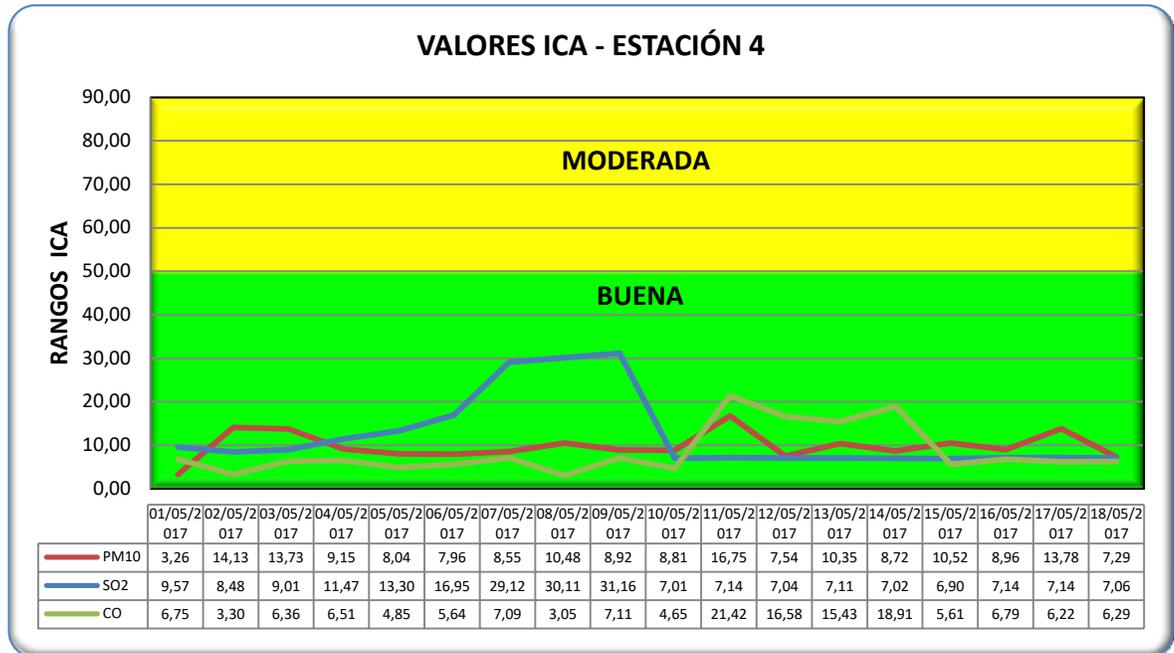
- CA – 4 Centro Poblado- Llano de San José

**Tabla 3.2.78 Índices de Calidad del Aire Estación 4: Centro poblado - Llano de San José.**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-	3,52	3,26	17,00	0,0065	9,57	1,23	0,000	*	679,21	0,594	6,75
2017-	15,26	14,13	15,05	0,0058	8,48	1,23	0,000	*	332,21	0,291	3,30
2017-	14,83	13,73	16,00	0,0061	9,01	1,25	0,000	---	639,95	0,560	6,36
2017-	9,88	9,15	20,37	0,0078	11,47	1,39	0,001	*	655,08	0,573	6,51
2017-	8,69	8,04	23,63	0,0090	13,30	1,28	0,000	*	488,05	0,427	4,85
2017-	8,59	7,96	30,11	0,0115	16,95	1,25	0,000	*	567,11	0,496	5,64
2017-	9,24	8,55	51,73	0,0198	29,12	1,00	0,000	*	713,38	0,624	7,09
2017-	11,32	10,48	53,48	0,0205	30,11	0,99	0,000	*	306,29	0,268	3,05
2017-	9,63	8,92	55,36	0,0212	31,16	0,99	0,000	*	714,84	0,625	7,11
2017-	9,52	8,81	12,46	0,0048	7,01	0,99	0,000	*	467,48	0,409	4,65
2017-	18,09	16,75	12,68	0,0049	7,14	1,00	0,000	*	2154,55	1,885	21,42
2017-	8,14	7,54	12,51	0,0048	7,04	1,00	0,000	*	1667,33	1,459	16,58
2017-	11,18	10,35	12,63	0,0048	7,11	1,24	0,000	*	1551,96	1,358	15,43
2017-	9,41	8,72	12,47	0,0048	7,02	1,25	0,000	*	1901,33	1,664	18,91
2017-	11,37	10,52	12,26	0,0047	6,90	1,24	0,000	*	564,44	0,494	5,61
2017-	9,68	8,96	12,69	0,0049	7,14	1,23	0,000	*	683,15	0,598	6,79
2017-	14,88	13,78	12,67	0,0049	7,14	1,25	0,000	*	625,08	0,547	6,22
2017-	7,87	7,29	12,55	0,0048	7,06	1,23	0,000	*	632,26	0,553	6,29

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



**Figura 3.2.95 Índices de Calidad del Aire en Estación 4**

- CA – 5 Vereda San Isidro – Relleno Sanitario

**Tabla 3.2.79. Índices de Calidad del Aire Estación 5: Vereda San Isidro – Relleno Sanitario**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-05-01	18,10	16,76	42,07	0,016	23,69	1,20	0,000	*	111,65	0,098	1,11
2017-	18,31	16,95	39,38	0,015	22,17	1,24	0,000	*	72,62	0,064	0,72
2017-	11,81	10,93	48,81	0,019	27,48	1,25	0,000	*	115,62	0,101	1,15
2017-	20,31	18,80	53,87	0,021	30,33	1,15	0,000	*	82,38	0,072	0,82
2017-	14,67	13,58	62,73	0,024	35,31	1,18	0,000	*	141,95	0,124	1,41
2017-	14,33	13,27	67,42	0,026	37,95	1,31	0,000	*	110,80	0,097	1,10
2017-	7,84	7,26	65,11	0,025	36,65	1,25	0,000	*	118,51	0,104	1,18
2017-	11,24	10,41	56,79	0,022	31,97	1,24	0,000	*	126,87	0,111	1,26
2017-	12,42	11,50	62,98	0,024	35,46	1,30	0,000	*	112,51	0,098	1,12
2017-	10,96	10,15	12,65	0,005	7,12	1,31	0,000	*	54,54	0,048	0,54
2017-	12,11	11,21	12,44	0,005	7,01	1,28	0,000	*	71,76	0,063	0,71
2017-	11,53	10,68	12,80	0,005	7,21	1,34	0,001	*	54,25	0,047	0,54
2017-	17,96	16,63	12,02	0,005	6,77	1,18	0,000	*	119,16	0,104	1,18
2017-	10,12	9,37	12,96	0,005	7,29	1,25	0,000	*	91,85	0,080	0,91
2017-	11,03	10,22	12,65	0,005	7,12	1,24	0,000	*	99,03	0,087	0,98
2017-	13,18	12,20	12,54	0,005	7,06	1,23	0,000	*	94,92	0,083	0,94

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-	9,84	9,11	12,47	0,005	7,02	1,27	0,000	*	89,15	0,078	0,89
2017-05-18	15,67	14,51	12,90	0,005	7,26	1,28	0,000	*	78,48	0,069	0,78

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

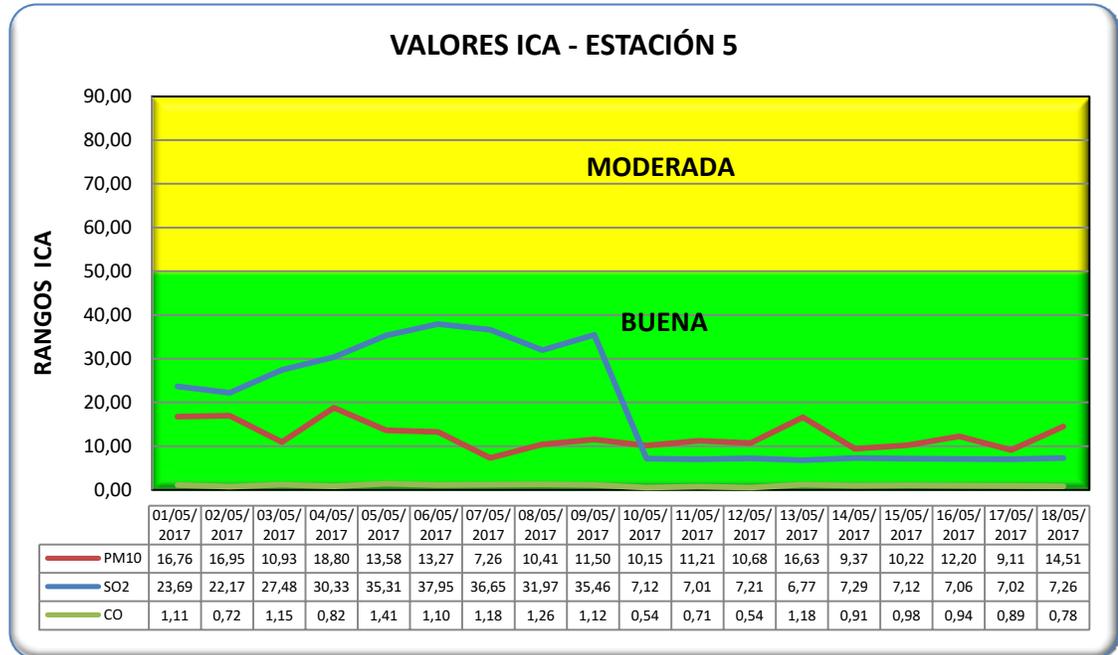


Figura 3.2.96 ndices de Calidad del Aire en Estación 5

- CA – 6 Vereda La Miranda – Finca El Picacho

Tabla 3.2.80 . Índices de Calidad del Aire Estación 6: Vereda La Miranda – Finca El Picacho

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-	15,49	14,34	54,39	0,021	30,62	1,32	0,001	*	30,03	0,026	0,30
2017-	13,34	12,35	65,04	0,025	36,61	1,24	0,000	*	24,78	0,022	0,25
2017-	10,43	9,65	36,34	0,014	20,46	1,21	0,000	*	25,93	0,023	0,26
2017-	15,84	14,67	44,55	0,017	25,08	1,23	0,000	*	58,96	0,052	0,59
2017-	12,84	11,89	41,42	0,016	23,32	1,14	0,000	*	24,34	0,021	0,24
2017-	11,38	10,54	45,43	0,017	25,58	1,20	0,000	*	19,08	0,017	0,19
2017-	7,15	6,62	47,37	0,018	26,67	1,17	0,000	*	12,47	0,011	0,12
2017-	8,97	8,30	49,74	0,019	28,00	1,22	0,000	*	19,08	0,017	0,19
2017-	10,91	10,10	55,82	0,021	31,42	1,29	0,000	*	9,35	0,008	0,09
2017-	7,97	7,38	13,01	0,005	7,32	1,31	0,001	*	9,97	0,009	0,10

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-01-05	9,56	8,85	12,85	0,005	7,24	1,29	0,000	*	13,39	0,012	0,13
2017-02-05	10,67	9,88	12,43	0,005	7,00	1,28	0,000	*	8,54	0,007	0,08
2017-03-05	12,40	11,48	12,44	0,005	7,00	1,23	0,000	*	4,87	0,004	0,05
2017-04-05	8,26	7,65	13,54	0,005	7,62	1,32	0,001	*	13,96	0,012	0,14
2017-05-05	9,41	8,72	12,15	0,005	6,84	1,22	0,000	*	9,97	0,009	0,10
2017-06-05	9,52	8,82	12,21	0,005	6,87	1,24	0,000	*	5,73	0,005	0,06
2017-07-05	10,12	9,37	12,27	0,005	6,91	1,25	0,000	*	18,90	0,017	0,19
2017-08-05	11,43	10,59	12,75	0,005	7,18	1,31	0,001	*	29,49	0,026	0,29

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

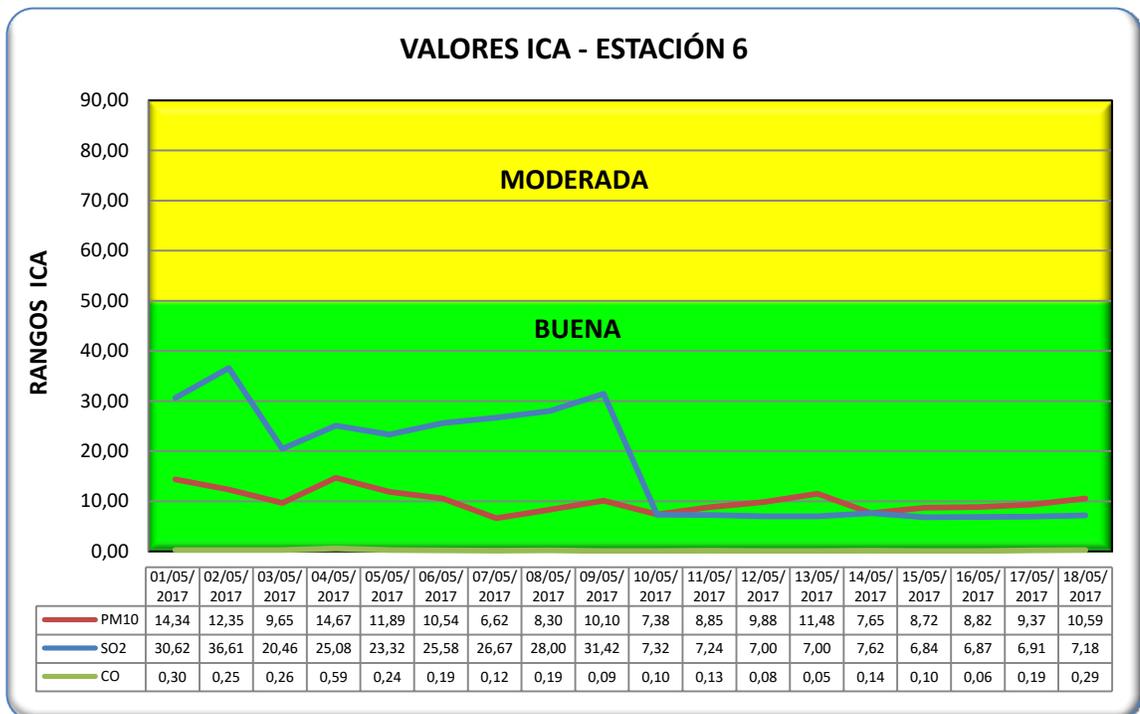


Figura 3.2.97 . Índices de Calidad del Aire en Estación 6

- CA – 7 Centro Poblado; Vereda La Estación

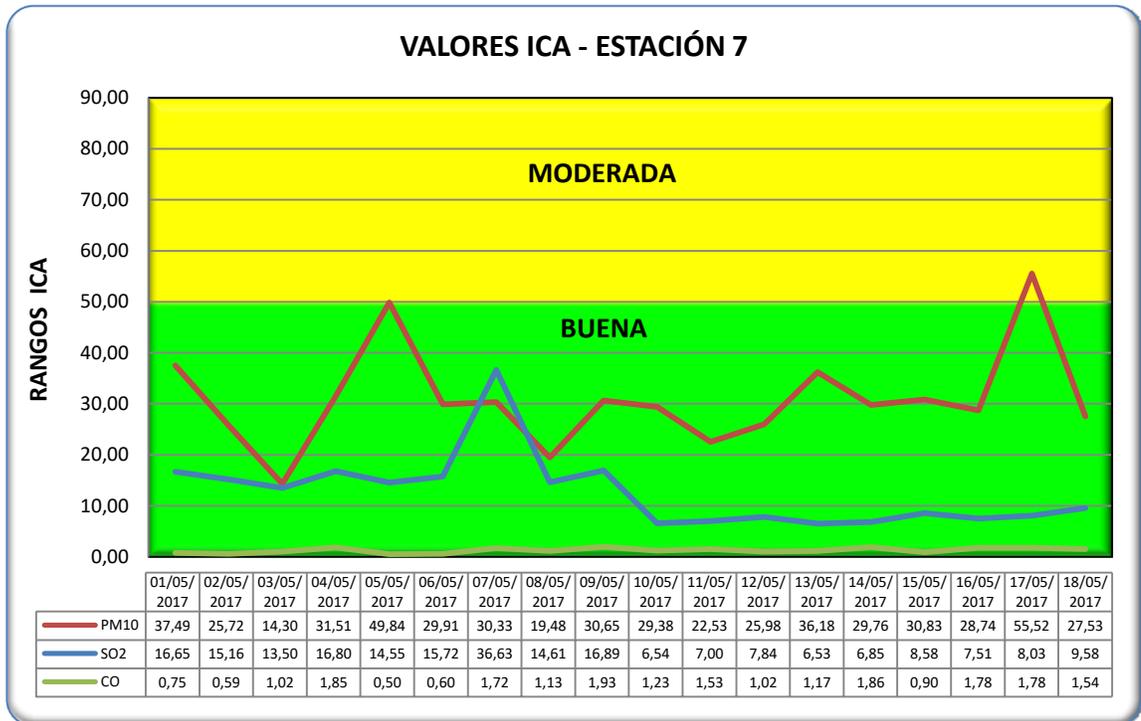
Tabla 3.2.81 Índices de Calidad del Aire Estación 7: Centro Poblado – Vereda La Estación

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-01-05	40,49	37,49	29,58	0,011	16,65	1,17	0,000	*	75,73	0,066	0,75
2017-02-05	27,78	25,72	26,92	0,010	15,16	1,11	0,000	*	59,66	0,052	0,59
2017-03-05	15,44	14,30	23,98	0,009	13,50	1,26	0,000	*	102,41	0,090	1,02

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-01-05	34,03	31,51	29,84	0,011	16,80	1,21	0,000	*	185,79	0,163	1,85
2017-02-05	53,83	49,84	25,85	0,010	14,55	1,27	0,000	*	49,85	0,044	0,50
2017-03-05	32,31	29,91	27,92	0,011	15,72	1,10	0,000	*	60,48	0,053	0,60
2017-04-05	32,76	30,33	65,06	0,025	36,63	1,21	0,000	*	172,57	0,151	1,72
2017-05-05	21,04	19,48	25,95	0,010	14,61	1,17	0,000	*	113,33	0,099	1,13
2017-06-05	33,11	30,65	30,01	0,011	16,89	1,16	0,000	*	194,52	0,170	1,93
2017-07-05	31,73	29,38	11,61	0,004	6,54	1,25	0,000	*	123,41	0,108	1,23
2017-08-05	24,33	22,53	12,43	0,005	7,00	1,22	0,000	*	153,40	0,134	1,53
2017-09-05	28,06	25,98	13,92	0,005	7,84	1,15	0,000	*	102,72	0,090	1,02
2017-10-05	39,08	36,18	11,59	0,004	6,53	1,16	0,000	*	117,24	0,103	1,17
2017-11-05	32,14	29,76	12,16	0,005	6,85	1,21	0,000	*	186,88	0,164	1,86
2017-12-05	33,30	30,83	15,25	0,006	8,58	1,19	0,000	*	90,99	0,080	0,90
2017-01-05	31,04	28,74	13,34	0,005	7,51	1,18	0,000	*	178,87	0,157	1,78
2017-02-05	64,14	55,52	14,27	0,005	8,03	1,16	0,000	*	178,87	0,157	1,78
2017-03-05	29,73	27,53	17,02	0,007	9,58	1,24	0,000	*	154,49	0,135	1,54

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

**Figura 3.2.98 . Índices de Calidad del Aire en Estación 7**

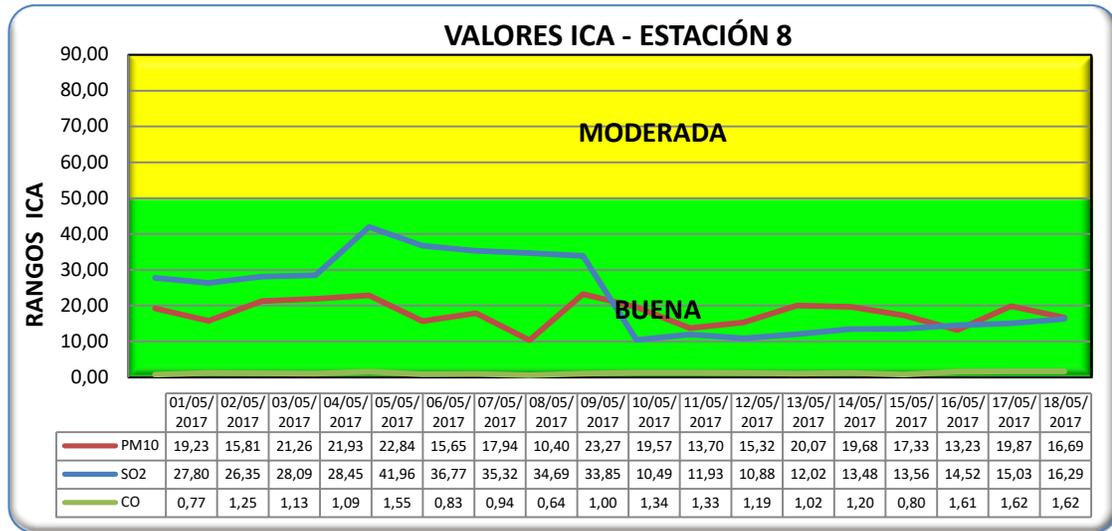
- CA – 8 Vereda Monte Chelo

**Tabla 3.2.82 Índices de Calidad del Aire Estación 8: Vereda Monte chelo**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-	20,77	19,23	49,39	0,019	27,80	1,24	0,000	*	77,16	0,068	0,77
2017-	17,08	15,81	46,80	0,018	26,35	1,15	0,000	*	125,41	0,110	1,25
2017-	22,96	21,26	49,89	0,019	28,09	1,19	0,000	*	114,15	0,100	1,13
2017-	23,68	21,93	50,55	0,019	28,45	1,23	0,000	*	109,33	0,096	1,09
2017-	24,67	22,84	74,54	0,029	41,96	1,18	0,000	*	155,99	0,136	1,55
2017-	16,90	15,65	65,32	0,025	36,77	1,11	0,000	*	83,70	0,073	0,83
2017-	19,37	17,94	62,74	0,024	35,32	1,24	0,000	*	94,36	0,083	0,94
2017-	11,23	10,40	61,62	0,024	34,69	1,23	0,000	*	64,07	0,056	0,64
2017-	25,14	23,27	60,13	0,023	33,85	1,17	0,000	*	100,59	0,088	1,00
2017-	21,13	19,57	18,63	0,007	10,49	1,23	0,000	*	134,68	0,118	1,34
2017-	14,80	13,70	21,19	0,008	11,93	1,22	0,000	*	134,06	0,117	1,33
2017-	16,54	15,32	19,33	0,007	10,88	1,20	0,000	*	119,53	0,105	1,19
2017-	21,67	20,07	21,36	0,008	12,02	1,19	0,000	*	102,80	0,090	1,02
2017-	21,25	19,68	23,95	0,009	13,48	1,12	0,000	*	120,23	0,105	1,20
2017-	18,72	17,33	24,08	0,009	13,56	1,19	0,000	*	80,70	0,071	0,80
2017-	14,29	13,23	25,80	0,010	14,52	1,18	0,000	*	161,47	0,141	1,61
2017-	21,46	19,87	26,70	0,010	15,03	1,18	0,000	*	163,39	0,143	1,62
2017-	18,03	16,69	28,93	0,011	16,29	1,14	0,000	*	163,39	0,143	1,62

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

**Figura 3.2.99 Índices de Calidad del Aire en Estación 8**

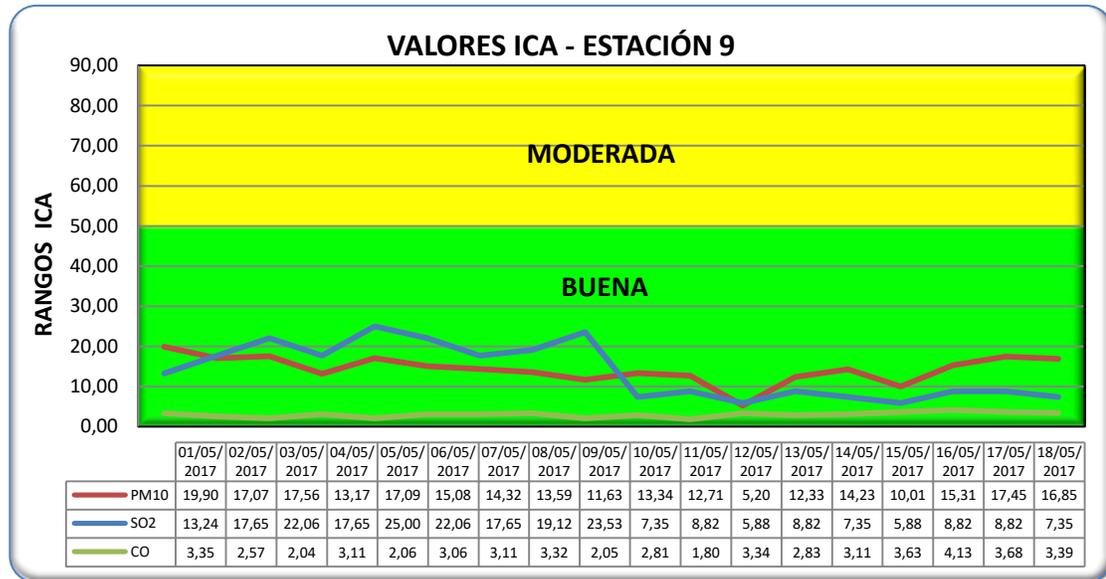
- CA – 9 Sector Labrador - Trapiche

**Tabla 3.2.83 Índices de Calidad del Aire Estación 9: Sector Labrador – Trapiche**

Fecha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
2017-	21,49	19,90	22,43	0,009	13,24	5,60	0,002	*	337,38	0,295	3,35
2017-	18,44	17,07	32,32	0,012	17,65	8,23	0,003	*	258,00	0,226	2,57
2017-	18,96	17,56	40,12	0,015	22,06	9,87	0,004	*	205,19	0,180	2,04
2017-	14,22	13,17	31,98	0,012	17,65	8,06	0,003	*	313,25	0,274	3,11
2017-	18,45	17,09	43,68	0,017	25,00	11,03	0,004	*	207,62	0,182	2,06
2017-	16,29	15,08	37,97	0,015	22,06	9,71	0,004	*	307,78	0,269	3,06
2017-	15,47	14,32	31,79	0,012	17,65	8,06	0,003	*	312,34	0,273	3,11
2017-	14,67	13,59	33,26	0,013	19,12	8,39	0,003	*	333,43	0,292	3,32
2017-	12,56	11,63	42,21	0,016	23,53	10,70	0,004	*	206,40	0,181	2,05
2017-	14,41	13,34	12,12	0,005	7,35	3,10	0,001	*	282,97	0,248	2,81
2017-	13,73	12,71	16,04	0,006	8,82	4,08	0,002	*	180,60	0,158	1,80
2017-	5,62	5,20	11,58	0,004	5,88	2,93	0,001	*	336,39	0,294	3,34
2017-	13,32	12,33	14,92	0,006	8,82	3,75	0,001	*	284,64	0,249	2,83
2017-	15,37	14,23	12,95	0,005	7,35	3,26	0,001	*	312,34	0,273	3,11
2017-	10,81	10,01	11,66	0,004	5,88	2,93	0,001	*	365,46	0,320	3,63
2017-	16,53	15,31	14,54	0,006	8,82	3,59	0,001	*	415,23	0,363	4,13
2017-	18,84	17,45	15,07	0,006	8,82	3,75	0,001	*	369,71	0,323	3,68
2017-	18,20	16,85	12,84	0,005	7,35	3,10	0,001	*	341,33	0,299	3,39

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

**Figura 3.2.100 Índices de Calidad del Aire en Estación 9**

- CA – 10 Hacienda Punta Arenas

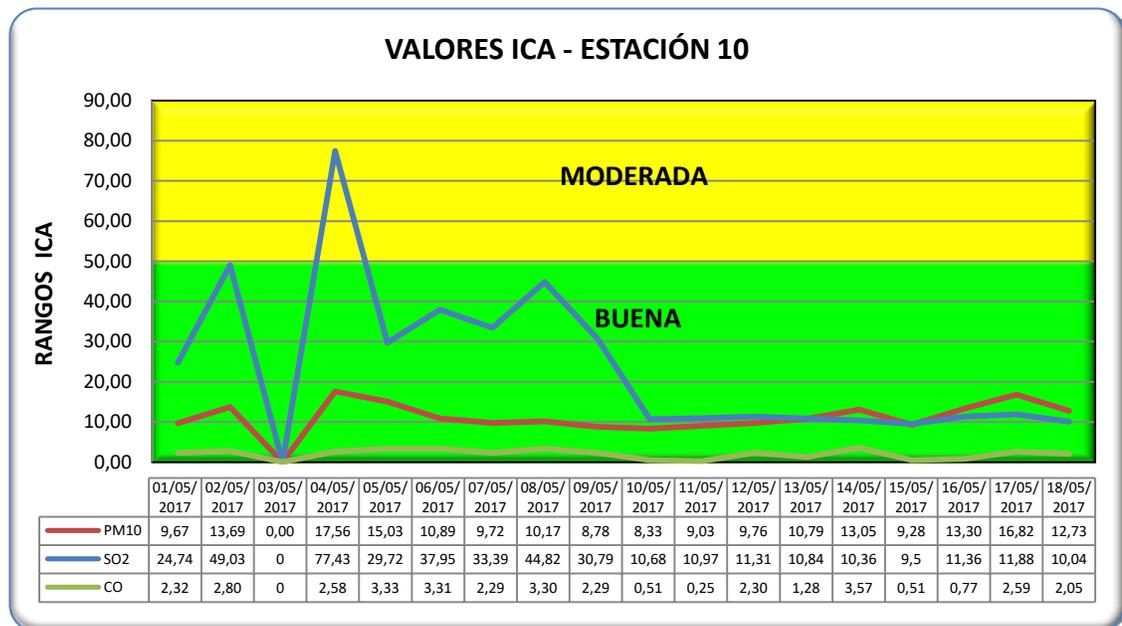
**Tabla 3.2.84 Índices de Calidad del Aire Estación 10: Hacienda Punta Arenas**

Fec ha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	IC A	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
201	10,44	9,67	43,95	0,017	24,74	2,53	0,001	*	233,4	0,204	2,32
201	14,78	13,69	87,09	0,033	49,03	1,15	0,000	*	282,0	0,247	2,80
201	DESCART ADA	DESCART ADA	DESCART ADA	DESCART ADA	DESCART ADA	DESCART ADA	DESCART ADA	*	DESCART ADA	DESCART ADA	DESCART ADA
201	18,96	17,56	137,5	0,053	77,43	1,15	0,000	*	259,4	0,227	2,58
201	16,24	15,03	52,79	0,020	29,72	1,15	0,000	*	335,2	0,293	3,33
201	11,76	10,89	67,41	0,026	37,95	1,16	0,000	*	333,2	0,292	3,31
201	10,49	9,72	59,31	0,023	33,39	1,19	0,000	*	230,7	0,202	2,29
201	10,99	10,17	79,62	0,030	44,82	1,18	0,000	*	332,2	0,291	3,30
201	9,48	8,78	54,69	0,021	30,79	1,16	0,000	*	230,0	0,201	2,29
201	9,00	8,33	18,97	0,007	10,68	1,16	0,000	*	51,12	0,045	0,51
201	9,75	9,03	19,49	0,007	10,97	1,16	0,000	*	25,56	0,022	0,25
201	10,54	9,76	20,08	0,008	11,31	1,15	0,000	*	231,4	0,202	2,30
201	11,66	10,79	19,25	0,007	10,84	1,19	0,000	*	128,5	0,112	1,28
201	14,10	13,05	18,41	0,007	10,36	1,17	0,000	*	358,9	0,314	3,57

Fec ha	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		
	µg/m <sup>3</sup>	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA	µg/m <sup>3</sup>	ppm	IC A	µg/m <sup>3</sup>	ppm	ICA
201	10,02	9,28	16,88	0,006	9,50	1,17	0,000	*	51,27	0,045	0,51
201	14,37	13,30	20,18	0,008	11,36	1,19	0,000	*	77,14	0,067	0,77
201	18,17	16,82	21,10	0,008	11,88	1,16	0,000	*	260,9	0,228	2,59
201	13,75	12,73	17,84	0,007	10,04	1,21	0,000	*	205,7	0,180	2,05

\* El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire no establece puntos de corte para dichas concentraciones.

Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017



Fuente: SIAM INGENIERÍA S.A.S – JUNIO DE 2017

**Figura 3.2.101 . Índices de Calidad del Aire en Estación 10**

Para efectos de análisis de material particulado PST el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire no establece puntos de corte para ninguna concentración de este parámetro.

Las concentraciones de PM<sub>10</sub> reportadas en las 10 estaciones de monitoreo son la base fundamental para el cálculo de los Índices de Calidad del Aire, de modo que el comportamiento presentado en los resultados analíticos de los niveles de PM<sub>10</sub>, son equivalentes a los representados por los ICA. Las estaciones de monitoreo arrojaron para la estación 7, 1 índice de calidad MODERADA; las 9 estaciones restantes presentaron en su totalidad índices de “BUENA” calidad para el parámetro PM<sub>10</sub>.

El día 17 de mayo de 2017 se registró en PM10 el ICA más alto con un valor de 55,52 en la estación 7 Centro poblado – Vereda La Estación, que si bien indican un nivel de calidad de aire aceptable, estos se pueden atribuir principalmente a la cercanía del punto de medición a vías con alto tráfico de vehículos de carga y actividades industriales asociadas con la extracción y uso de carbón; lo que podría presentar aumento en determinadas épocas del año asociadas al tiempo seco.

Para los ICA analizados podemos concluir que las condiciones atmosféricas de la zona en lo que concierne a material particulado son admisibles para los expuestos, sin embargo el incremento en el tránsito vehicular de carga pesada, actividades industriales (plantas trituradoras, trapiches, chimeneas domesticas a base de carbón, zonas de explotación de carbón) podrían llegar a producir durante determinados días índices de riesgo hacia la salud de población vulnerable, lo que requeriría del planteamiento de controles a fin de evitar la afectación en la salubridad de las personas con enfermedades cardiopulmonares, personal expuesto y la población del área de influencia.

En el análisis de los niveles ICA calculados para los gases evaluados en 10 las estaciones de monitoreo se calificaron en su gran mayoría como “BUENA”, demostrando que los niveles de inmisión por CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> no afectan la salud de las comunidades cercanas. Sin embargo el 04 de mayo de 2017, en la estación 10 – Hacienda Punta Arenas se registró 1 índice de calidad “MODERADO” atribuido principalmente a la cercanía del punto a actividades industriales cuyo insumo principal es el carbón.

En el Anexo 3.2.8.2 Se incluye el estudio completo la metodología seguida en la ejecución de los muestreos y el reporte de cálculos junto con el respectivo análisis de resultados basados en la acreditación de SIAM INGENIERÍA S.A.S mediante la resolución No 0687 del 6 de mayo de 2015. Además se incluyen los mapas de isopletas de todos los contaminantes medidos.

### 3.2.8.3 Ruido

Por lo general la generación de ruido de origen antrópico está asociada directamente a las actividades económicas y cotidianas de industrias y centros poblados, que generan emisiones gaseosas. Por tal motivo la mayoría de lugares identificados como emisores de gases son además generadores de ruido. También hay un ruido ambiental como el transcurrir de los ríos, el ruido de los animales domésticos, las aves, los truenos etc

3.2.8.3.1 Fuentes de generación de ruido ajenas al proceso constructivo y las que generará el proyecto.

Como se explicó arriba, las fuentes de ruido identificadas se muestran en la Tabla 3.2.66, Tabla 3.2.68, Tabla 3.2.69, Tabla 3.2.70 y en la Tabla 3.2.71

Además se debe tener en cuenta el ruido audible que generan las líneas de alta tensión existentes, el generado por el poliducto Medellín – Yumbo y el Ferrocarril del Pacífico el cual es utilizado por los habitantes ribereños como medio de transporte

los cuales adaptan motocicletas para que circulen por la carrilera. En la Tabla 3.2.85 se muestran algunos proyectos lineales que se considerados como fuente de ruido

**Tabla 3.2.85 Fuentes de ruido existentes**

NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	LONGITUD (KM)
San Carlos - La Virginia	L.Alta-T500	45.59
San Carlos - La Virginia	L.Alta-T500	166.88
La Virginia - San Marcos	L.Alta-T230	161.02
La Virginia - San Marcos	L.Alta-T230	0.29
La Virginia - La Hermosa	L.Alta-T230	27.07
San Marcos - La Virginia	L.Alta-T500	165.84
Esmeralda - Yumbo	L.Alta-T230	186.92
Esmeralda - La Virginia	L.Alta-T230	0.77
Esmeralda - La Virginia	L.Alta-T230	23.14
Ancón Sur - Esmeralda	L.Alta-T230	129.01
San Carlos - Esmeralda	L.Alta-T230	163.82
Poliducto Medellín – Yumbo	Poliducto	230.81
Ferrocarril del Pacífico	Vía Ferrea	

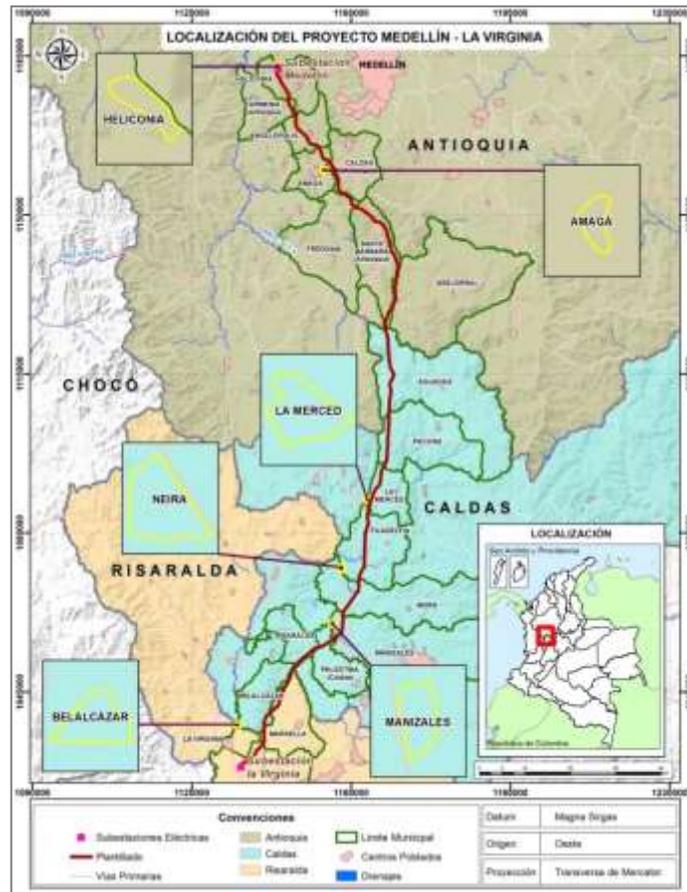
Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2017

Dentro de las fuentes generadoras de ruido ocasionadas por las actividades en las etapas de construcción se tiene todos los puntos de excavación para cimentar las torres y los patios de acopio cuya ubicación se muestra en la Tabla 3.2.86 y en la Figura 3.2.102, como se describe en el capítulo 2 del EIA.

**Tabla 3.2.86 Ubicación de patios de acopio**

ID	NOMBRE	DEPTO	MUNICIPIO	VEREDA
PA1	PA_La Pradera_Heliconia	Antioquia	Heliconia	La Pradera
PA2	PA_Amagá		Amagá	Piedecuesta
PA3	PA_El Tambor_La Merced	Caldas	La Merced	El Tambor
PA4	PA_Cuba_Neira		Neira	Cuba
PA5	PA_Colombia_Manizales		Manizales	Colombia
PA6	PA_El Bosque_Belalcazar_EEB		Belalcazar	El Bosque

Fuente: Marte – HMV



Fuente: Consorcio Marte -HMV, 2016.

**Figura 3.2.102 Ubicación Geográfica de los patios de acopio**

3.2.8.3.2 Receptores que pueden ser afectados por ruido durante la construcción del proyecto.

Los receptores directos que se pueden ver afectados por las actividades en la fase constructiva fueron monitoreados para evaluar el ruido se presentan en la Tabla 3.2.87 Dichos monitoreos se realizaron conforme con los parámetros y procedimientos establecidos en la normatividad vigente.

**Tabla 3.2.87 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.**

TIPO DE MEDICIÓN	CÓDIGO	NOMBRE DEL PUNTO DE MEDICIÓN	COORDENADAS WGS84-MAGNA SIRGAS		ALTURA MSNM
			NORTE	ESTE	
RUIDO AMBIENTAL	RA-1	Vereda la Pradera finca La Granja	1182032	811962	1887
	RA-2	Colegio Sección Las Brisas	1182500	812162	1958

TIPO DE MEDICIÓN	CÓDIGO	NOMBRE DEL PUNTO DE MEDICIÓN	COORDENADAS WGS84-MAGNA SIRGAS		ALTURA MSNM
			NORTE	ESTE	
	RA-3	Vereda La Pradera Finca Don Tulio	1182205	812295	1922
	RA-4	Vereda Tamarigal	1181443	812077	1820
	RA-5	Centro de salud Llano de San José	1183350	814900	1770
	RA-6	Iglesia Llano de San José	1183510	814782	1775
	RA-7	Institución Educativa San Rafael (sede)	1183379	814720	1779
	RA-8	Sector alto de Matías corregimiento San José	1183897	814708	1880
	RA-9	Vereda San Isidro – relleno sanitario	1166927	818210	2051
	RA-10	Vereda La Miranda – Finca El Picacho	1167323	818184	1986
	RA-11	Costado Oeste Finca El Picacho	1167322	818183	2078
	RA-12	Finca El Chalet	1167517	818348	2006
	RA-13	Centro Poblado – Vereda La Estación	1165167	820025	1602
	RA-14	Vereda Monte Chelo	1165685	820263	1606
	RA-15	Granja Biosegura La Primavera	1165309	820321	1671
	RA-16	Mina Cabeto	1165530	820136	1584
	RA-17	Costado Oeste Trapiche	1028544	804190	1095
	RA-18	Vía hacia Subestación	1028916	803030	1138
	RA-19	Caimalito	1028948	801721	1040
	RA-20	Carbonera 7	1030533	804464	956

Fuente: Consorcio Marte – H MV, 2017

De acuerdo con el Artículo 17 de la Resolución 0627 de 2006 del MAVDT, ahora MADS, los estándares máximos permisibles de niveles de Ruido Ambiental expresados en decibeles ponderados A (dB(A)) se presentan por sectores y subsectores. En la Tabla 3.2.88 se presenta la clasificación de los puntos monitoreados junto con los niveles máximos admitidos en la Resolución 0627 de 2006

**Tabla 3.2.88 Puntos de muestreo clasificados como Sectores, subsectores inmersos y límites máximos permisibles.**

Código	Sector	Subsector Inmerso	Límite Máximo Permitido (7:01 am- 9:00 pm)	Límite Máximo Permitido (9:01 pm- 7:00 am)
RA-1	<b>Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado</b>	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria	<b>55</b>	<b>45</b>
RA-3				
RA-4				
RA-6				
RA-8				
RA-9				
RA-10				
RA-11				
RA-12				
RA-14				
RA-15				
RA-16				
RA-17				
RA-18				
RA-19				
RA-20				
RA-13		Residencial suburbana		
RA-2	<b>Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado</b>	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	<b>65</b>	<b>50</b>
RA-7				
RA-5	<b>Sector A. Tranquilidad y Silencio</b>	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	<b>55</b>	<b>45</b>

Fuente: Consorcio Marte – HMV, 2017

La comparación entre los límites máximos permisibles de los niveles de ruido expresados en decibeles (A) en día ordinario diurno y nocturno con respecto a los resultados obtenidos campo se presenta en la Tabla 3.2.89, y para día festivo diurno y

nocturno se presenta en la Tabla 3.2.90. En ambas tablas se especifica el estado de cumplimiento con respecto a la norma.

En el Anexo 3.2.8.3 se encuentran los mapas de ruido ambiental de los lugares monitoreados en día ordinario, festivo en horarios diurno y nocturno.

Tabla 3.2.89 Comparación de niveles de ruido ambiental en cada uno de los puntos de monitoreo en día Ordinario vs Norma actual vigente

Punto de Muestreo	Sector	L <sub>Aeq</sub> Horario Diurno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L <sub>Aeq</sub> Horario Nocturno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-1	D	45,8	<b>51,8</b>	55	CUMPLE	45,9	<b>48,9</b>	45	NO CUMPLE
RA-2	B	47,7	<b>53,7</b>	65	CUMPLE	47,0	<b>53,0</b>	50	NO CUMPLE
RA-3	D	45,1	<b>51,1</b>	55	CUMPLE	48,5	<b>54,5</b>	45	NO CUMPLE
RA-4	D	52,2	<b>58,2</b>	55	NO CUMPLE	57,6	<b>60,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-5	D	51,4	<b>54,4</b>	55	CUMPLE	54,8	<b>60,8</b>	45	NO CUMPLE
RA-6	A	47,9	<b>53,9</b>	55	CUMPLE	44,6	<b>50,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-7	D	48,8	<b>51,8</b>	65	CUMPLE	48,3	<b>54,3</b>	50	NO CUMPLE
RA-8	B	60,8	<b>66,8</b>	55	NO CUMPLE	50,0	<b>56,0</b>	45	NO CUMPLE
RA-9	D	40,4	<b>46,4</b>	55	CUMPLE	44,7	<b>50,7</b>	45	NO CUMPLE
RA-10	D	44,1	<b>50,1</b>	55	CUMPLE	59,6	<b>65,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-11	D	39,5	<b>45,5</b>	55	CUMPLE	59,6	<b>65,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-12	D	44,0	<b>50,0</b>	55	CUMPLE	48,0	<b>54,0</b>	45	NO CUMPLE
RA-13	D	48,4	<b>54,4</b>	55	CUMPLE	53,9	<b>59,9</b>	45	NO CUMPLE

Punto de Muestreo	Sector	L <sub>Aeq</sub> Horario Diurno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L <sub>Aeq</sub> Horario Nocturno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-14	D	57,4	<b>63,4</b>	55	<b>NO CUMPLE</b>	48,6	<b>54,6</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-15	D	45,7	<b>51,7</b>	55	<b>CUMPLE</b>	48,9	<b>54,9</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-16	D	48,9	<b>54,9</b>	55	<b>CUMPLE</b>	49,4	<b>52,4</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-17	D	50,5	<b>56,5</b>	55	<b>NO CUMPLE</b>	50,6	<b>56,6</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-18	D	50,0	<b>56,0</b>	55	<b>NO CUMPLE</b>	50,0	<b>56,0</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-19	D	48,5	<b>54,5</b>	55	<b>CUMPLE</b>	46,0	<b>52,0</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-20	D	43,5	<b>46,5</b>	55	<b>CUMPLE</b>	47,5	<b>50,5</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>

(1) LRAEQ: nivel equivalente corregido del punto \*Resolución 0627 de abril 7 de 2006-MAVDT, (Ahora MADS). –Capítulo III Artículo 17

Fuente: Consorcio Marte - HMV

Tabla 3.2.90 Comparación de niveles de ruido ambiental en cada uno de los puntos de monitoreo en día Dominical vs Norma actual vigente

Punto de Muestreo	Sector	L <sub>Aeq</sub> Horario Diurno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L <sub>Aeq</sub> Horario Nocturno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-1	D	45,8	<b>51,8</b>	55	CUMPLE	45,9	<b>48,9</b>	45	NO CUMPLE
RA-2	B	47,7	<b>53,7</b>	65	CUMPLE	47,0	<b>53,0</b>	50	NO CUMPLE
RA-3	D	45,1	<b>51,1</b>	55	CUMPLE	48,5	<b>54,5</b>	45	NO CUMPLE
RA-4	D	52,2	<b>58,2</b>	55	NO CUMPLE	57,6	<b>60,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-5	D	51,4	<b>54,4</b>	55	CUMPLE	54,8	<b>60,8</b>	45	NO CUMPLE
RA-6	A	47,9	<b>53,9</b>	55	CUMPLE	44,6	<b>50,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-7	D	48,8	<b>51,8</b>	65	CUMPLE	48,3	<b>54,3</b>	50	NO CUMPLE
RA-8	B	60,8	<b>66,8</b>	55	NO CUMPLE	50,0	<b>56,0</b>	45	NO CUMPLE
RA-9	D	40,4	<b>46,4</b>	55	CUMPLE	44,7	<b>50,7</b>	45	NO CUMPLE
RA-10	D	44,1	<b>50,1</b>	55	CUMPLE	59,6	<b>65,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-11	D	39,5	<b>45,5</b>	55	CUMPLE	59,6	<b>65,6</b>	45	NO CUMPLE
RA-12	D	44,0	<b>50,0</b>	55	CUMPLE	48,0	<b>54,0</b>	45	NO CUMPLE
RA-13	D	48,4	<b>54,4</b>	55	CUMPLE	53,9	<b>59,9</b>	45	NO CUMPLE

Punto de Muestreo	Sector	L <sub>Aeq</sub> Horario Diurno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L <sub>Aeq</sub> Horario Nocturno [dB(A)]	L <sub>RAeq</sub> <sup>(1)</sup> Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-14	D	57,4	<b>63,4</b>	55	<b>NO CUMPLE</b>	48,6	<b>54,6</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-15	D	45,7	<b>51,7</b>	55	<b>CUMPLE</b>	48,9	<b>54,9</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-16	D	48,9	<b>54,9</b>	55	<b>CUMPLE</b>	49,4	<b>52,4</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-17	D	50,5	<b>56,5</b>	55	<b>NO CUMPLE</b>	50,6	<b>56,6</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-18	D	50,0	<b>56,0</b>	55	<b>NO CUMPLE</b>	50,0	<b>56,0</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-19	D	48,5	<b>54,5</b>	55	<b>CUMPLE</b>	46,0	<b>52,0</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>
RA-20	D	43,5	<b>46,5</b>	55	<b>CUMPLE</b>	47,5	<b>50,5</b>	45	<b>NO CUMPLE</b>

(1) LRAEQ: nivel equivalente corregido del punto \*Resolución 0627 de abril 7 de 2006-MAVDT, (Ahora MADS). –Capítulo III Artículo 17

Fuente: Consorcio Marte - HMV

De acuerdo a los resultados se puede concluir que los días ordinarios y festivos en horario nocturno, no se cumple con los límites máximos permisibles.

En horas del día tanto festivos como días ordinarios se incumple con los límites en algunos puntos monitoreados, esto se debe a diferentes agentes generadores de ruido y a los usuarios de la infraestructura vial y comunitaria existente en condiciones sin proyecto.

En el Anexo 3.2.8.3 se encuentra disponible la siguiente información:

- Mapas de ruido
- Certificados de calibración
- Informe completo de resultados
- Resolución de acreditación del laboratorio

### 3.2.9 GEOTECNIA

#### 3.2.9.1 Variables analizadas

A continuación se presenta la definición de las variables tenidas en cuenta para realizar la zonificación y se explica su incidencia en la generación de procesos de remoción en masa:

##### 3.2.9.1.1 Pendiente

La pendiente es una de las principales variables utilizadas para el análisis de la probabilidad de ocurrencia de eventos físicos, como la amenaza por movimientos en masa o erosión. Así, a mayor pendiente, mayor es la sensibilidad geotécnica del terreno dentro del área de estudio por este parámetro; las categorías de pendientes evaluadas se toman de los rangos sugeridos por el MADS (2012)<sup>319</sup> en los términos de referencia establecidos para proyectos lineales. La Tabla 3.2.91 muestra los rangos de pendientes topográficas y su calificación de sensibilidad y en la Tabla 3.2.92 las áreas por AII y AID de la criticidad de pendientes (Ver Figura 3.2.103).

**Tabla 3.2.91 Sensibilidad para los rangos del proyecto**

VARIABLE	RANGO	VALOR (%)	CRITICIDAD
Pendiente	A nivel	0 a 1%	1
	Ligeramente plana	1 a 3%	
	Ligeramente inclinada	3 a 7%	

<sup>319</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Resolución 1415 de 2012. Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales adoptada mediante la Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010. Bogotá. 2012.

VARIABLE	RANGO	VALOR (%)	CRITICIDAD
	Moderadamente inclinada	7 a 12%	2
	Fuertemente inclinada	12-25%	
	Fuertemente inclinada y ligeramente escarpada	25-50%	3
	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50-75%	3
	Fuertemente empinada o fuertemente escarpada	75-100%	4
	Totalmente escarpada	>100%	5

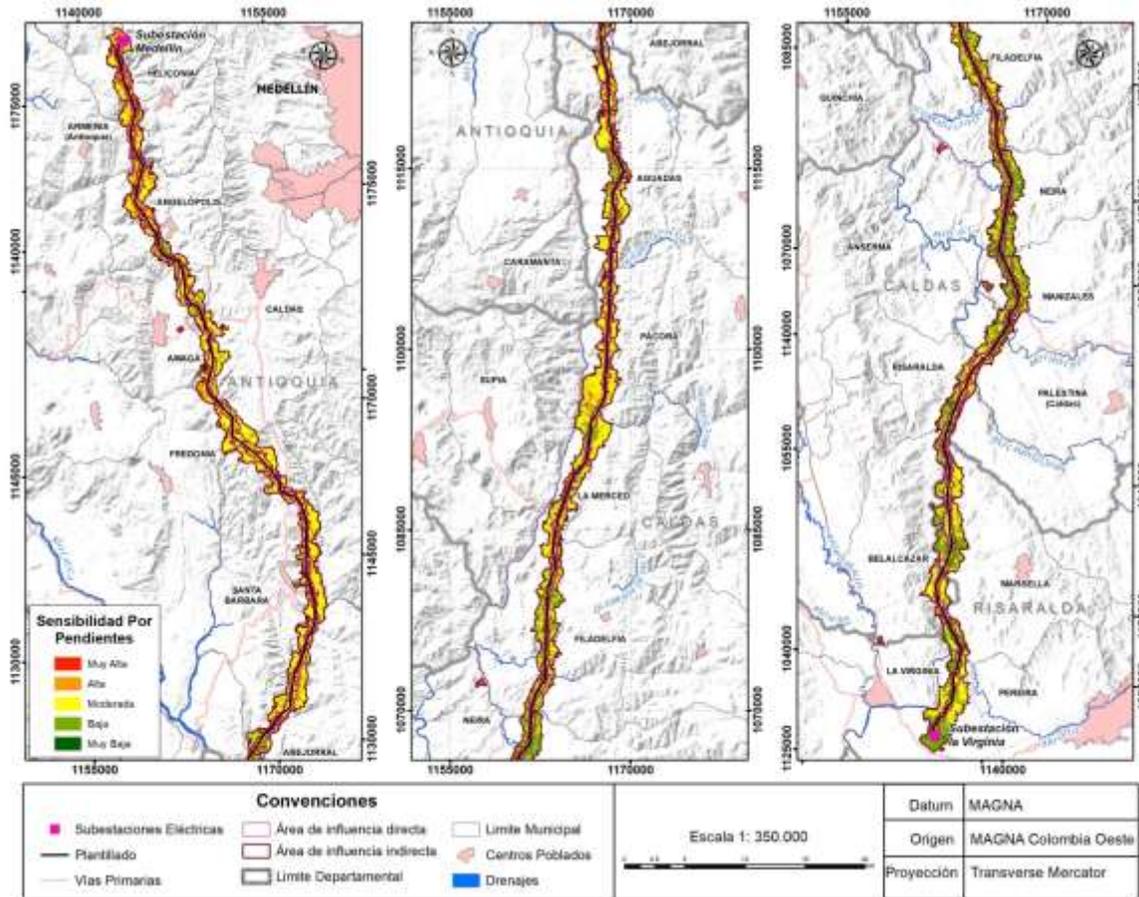
Fuente: MADS, 2012

**Tabla 3.2.92 Áreas por AII y AID de las sensibilidades de los rangos de pendiente del Proyecto**

CALIFICACIÓN PENDIENTES	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Muy Baja	105,93	1,33	273,70	1,51
Bajo	2122,53	26,72	5267,62	29,02
Moderado	4924,35	61,98	11056,46	60,90
Alto	589,89	7,42	1165,90	6,42
Muy Alto	202,22	2,55	390,93	2,15
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Con respecto a la sensibilidad geotécnica asociada a la pendiente, predomina en área de influencia del Proyecto la de grado moderado (61,98% para el AID y 60,90% para el AII), seguida de la de grado bajo (26,72% para el AID y 29,02% para el AII).



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.103 Sensibilidad geotécnica derivada de la pendiente en el área del Proyecto**

### 3.2.9.1.2 Unidades litológicas y formaciones superficiales

La geología es una de las variables tenidas en cuenta para la zonificación geotécnica de las áreas de influencia indirecta y directa (AII y AID) del Proyecto, ya que todos los materiales responden de manera diferente dependiendo de características como la composición, estructura tectónica o litológica, origen, grado de fracturamiento, etc. favoreciendo o no el desarrollo de movimientos en masa, meteorización, erosión, y otros fenómenos físicos que puedan tener alguna incidencia en la estabilidad de un sitio determinado.

Los valores de sensibilidad para la litología del área de estudio se asignaron de acuerdo con la susceptibilidad que presentan los materiales a desarrollar procesos de remoción en masa u otras manifestaciones de inestabilidad.

La calificación de los niveles de los niveles de sensibilidad geotécnica se soporta en los siguientes datos o razones (Ver numeral 3.2.1.1 correspondiente a la descripción de las unidades geológicas del área de influencia del Proyecto):

De los depósitos recientes, por su grado de movilidad e inestabilidad y por su baja consolidación, contenido de materia orgánica y presencia de arcillas expansivas, se infiere sensibilidad importante desde el punto de vista geotécnico.

De las rocas subvolcánicas con todas sus variaciones y el Stock de Cambumbia, se infiere, a pesar de las limitaciones pendiente, una susceptibilidad relativamente baja a los fenómenos de inestabilidad, sobre todo si se tiene en cuenta que por su edad geológica han estado menos expuestos a esfuerzos tectónicos regionales; además el grado de meteorización bajo a moderado es una variable favorable desde el punto de vista de la estabilidad.

Las rocas sedimentarias y similares con estratificación horizontal o de bajo ángulo (Formación La Paila), rocas intrusivas y volcánicas básicas (formaciones Barroso y Combia, Miembro Volcanosedimentario de Irra-Tres Puertas, Gabros de Romeral, Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, Ultramafitas de Romeral y Stock Adamélticos y Monzoníticos) y rocas polimetamórficas del Grupo Ayurá Montebello, Esquistos de Lisboa Palestina y rocas sedimentarias de la Formación Amagá, se incluyen en un grupo con una susceptibilidad moderada a los fenómenos de remoción en masa derivada de la disposición espacial de las estructuras litológicas, del plegamiento o del grado de fracturamiento, íntimamente ligado a la capacidad de infiltración y del estado de meteorización (saprolito o suelo residual) de los cuerpos de roca

En la Tabla 3.2.93 se presenta las calificaciones de sensibilidad para las unidades geológicas del área de estudio y la Tabla 3.2.94 y Figura 3.2.104 muestran las áreas de sensibilidad por unidad geológica.

**Tabla 3.2.93 Sensibilidad de las unidades geológicas**

<b>UNIDADES GEOLÓGICAS</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>
Aluviones Recientes	4
Cenizas y Flujos de escombros	3
Complejo Arquía. Esquistos de Lisboa Palestina	3
Depósitos Aluviales	3
Diorita de Pueblito	3
Formación La Paila	3
Formación Zarzal	3
Formación Amagá Miembro Medio	3
Formación Amagá Miembro Inferior	3
Formación Amagá Miembro Superior	3
Formación Barroso del Grupo Cañasgordas	3
Formación Combia	3
Formación Irra-Tres Puertas. Miembro Volcano-Sedimentario	3
Formación Irra-Tres Puertas. Miembro Conglomerático	3
Gabros asociados al Grupo Quebradagrande	3
Gabros de Romeral	3
Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Cuarzo-sericíticos	3
Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Verdes	3
Grupo Ayurá Montebello. Metaareniscas y Metalodolitas	3
Grupo Quebradagrande Miembro Volcánico	3
Grupo Quebradagrande. Miembro Sedimentario	3
Intrusivos Néisicos Sintectónicos	2
Pórfido Andesítico Hornbléndico	2
Rocas Hipoabisales de Composición Dacítica	2
Rocas Hipoabisales Porfiriticas	2
Ultramafitas de Romeral	3
Stock Adamelíticos y Monzoníticos	3
Stock Diorítico de Cambumbia	2

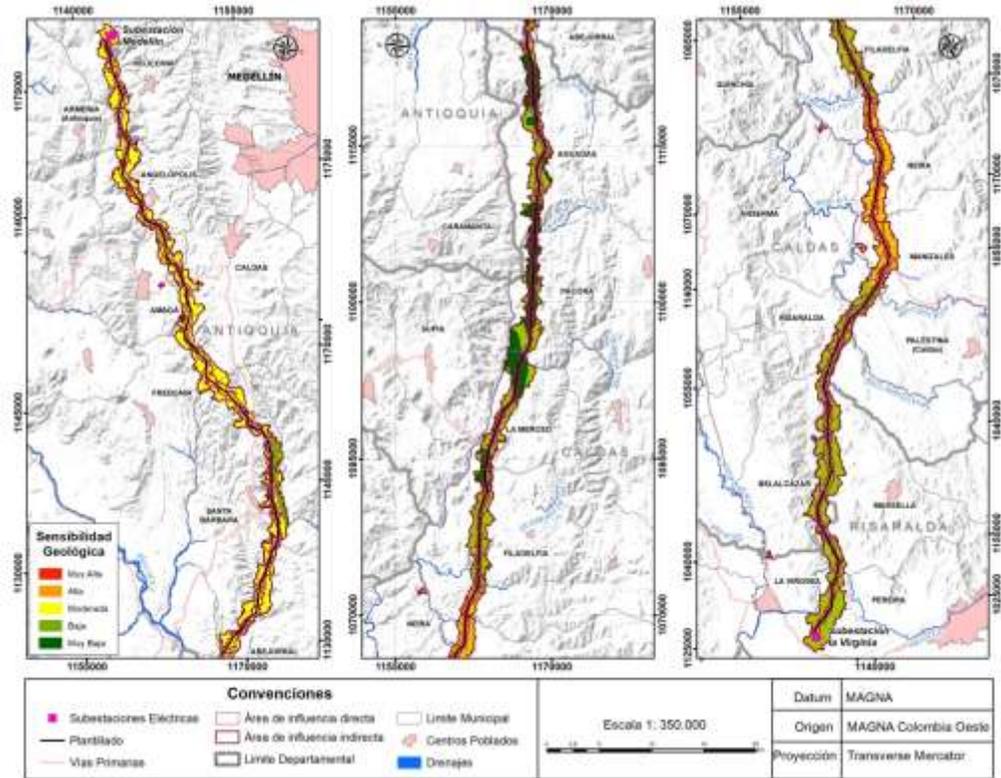
Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

De acuerdo con la Tabla 3.2.94, relacionadas con las unidades geológicas que afloran en el área de influencia de Proyecto, predomina la sensibilidad geotécnica de grado Moderado (77,81% en el AID y 72,50% en el AII), seguidas de la sensibilidad Baja y Alta en porcentajes similares.

**Tabla 3.2.94 Áreas por AII y AID de las sensibilidades por unidades geológicas**

CALIFICACIÓN LITOLOGIA	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	886,00	11,15	2699,55	14,87
Moderado	6182,07	77,81	13162,35	72,50
Alto	876,84	11,04	2292,70	12,63
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.104 Sensibilidad geotécnica derivada de las unidades geológicas del Proyecto**

### 3.2.9.1.3 Resistencia del suelo o macizo rocoso

La resistencia del suelo depende del tipo de roca o formación superficial. Esta variable puede ser medida a partir de propiedades geomecánicas como la resistencia a la compresión simple, cuyos valores pueden ser asumidos de manera general a partir de datos suministrados en la literatura geotécnica (si no se cuenta con datos de laboratorio).

Se resalta que los datos de resistencia a la compresión simple usados para la zonificación geotécnica son valores típicos que, aunque sea de manera global, aportan información sobre la resistencia del suelo y por lo tanto sobre la susceptibilidad a los procesos de inestabilidad, determinada a partir de la combinación de esta variable con las demás usadas para la zonificación geotécnica.

Para la caracterización de la roca o suelo desarrollado a partir de la misma, con respecto a esta variable se recurrió a la clasificación de la roca intacta de Deere y Miller referenciado en Hoek and Brown y complementada con la clasificación Geomecánica de Protodyakonov<sup>320</sup> donde además se presentan algunos valores típicos de la resistencia a la compresión simple de los principales tipos de roca y formaciones superficiales.

La Tabla 3.2.95 y Tabla 3.2.96 muestran los rangos de valores de resistencia a la compresión simple para la roca intacta según Deere y Miller<sup>321</sup>

**Tabla 3.2.95 Resistencia del suelo de acuerdo con el tipo de roca o formación superficial**

CLAS E	RESISTENCIA. DESCRIPCIÓN	ROCAS Y SUELOS TÍPICOS	OBSERVACION ES	SENSIBILIDAD	
A	Muy Alta	Cuarcitas	Únicamente unos tipos de rocas entran en esta categoría	Muy Baja	1
		Diabasas			
		Basaltos densos			
		Andesitas			
		Anfibolitas			
Dioritas					
B	Alta	Neises y migmatitas	Rocas duras o bien cementadas	Baja	2
		Pizarras arcillosas duras			

<sup>320</sup> PROTODYAKONOV, M. Klassifikacija Gorotworu,

<sup>321</sup> HOEK, E AND BROWN, E.T. Op. Cit.

CLAS E	RESISTENCIA. DESCRIPCIÓN	ROCAS Y SUELOS TÍPICOS	OBSERVACION ES	SENSIBILIDAD	
		Areniscas bien cementadas La mayoría de las calizas y dolomitas Mármol Granito			
C	Media	Pizarras arcillosas Areniscas y calizas porosas Rocas metamórficas esquistas Anhidrita Grauvaca y conglomerado		Mediana	3
D	Baja	Areniscas friables Tobas porosas Pizarras muy arcillosas Lutitas Rocas meteorizadas de cualquier litología margas Depósitos maduros Gravas compactas y bolos cementados	Rocas porosas o de baja densidad	Alta	4
E	Muy baja	Sal gema Yeso Carbón Suelos		Muy Alta	5

CLAS E	RESISTENCIA. DESCRIPCIÓN	ROCAS Y SUELOS TÍPICOS	OBSERVACION ES	SENSIBILIDAD	
		vegetales, turbas y áreas húmedas			
		limolita			
		Depósitos no maduros o de baja consolidación			
		Arenas y gravas finas			
		Arcillas y gravas arcillosas			
		Limos y loess			

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Dentro de la categoría más favorable desde el punto de vista geotécnico se incluyen las unidades de Pórfido Andesítico Hornbléndico, Rocas Hipoabisales de Composición Dacítica, Rocas Hipoabisales Porfiríticas, considerando un grado de fracturamiento más bajo, la calidad de la roca (dureza y resistencia) y la menor exposición a los procesos de fallamiento en la historia geológica

Igualmente se incluyeron dentro del grupo de alta resistencia, las rocas pertenecientes a la Diorita de Pueblito, Formación Barroso del Grupo Cañasgordas, Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande, Gabros de Romeral, Grupo Quebradagrande Miembro Volcánico, Intrusivos Néisicos Sintectónicos y Stock Diorítico de Cambumbia. En estas unidades se podrían presentar limitaciones geotécnicas en los casos en que las rocas se presenten fuertemente fracturadas por efectos tectónicos.

Se incluyeron dentro de la categoría de resistencia moderada, las rocas del Complejo Arquía (Esquistos de Lisboa Palestina), Formación Amagá (Miembros Superior e inferior), Formación Combia, Formación Irra-Tres Puertas, Formación La Paila, Grupo Ayurá Montebello, Grupo Quebradagrande (Miembro sedimentario), Ultramafitas de Romeral y Stock Adamelíticos y Monzoníticos, los cuales pueden presentar limitaciones geotécnicas por fracturamiento de las rocas, algún contenido de materia orgánica, estado de meteorización, susceptibilidad a la erosión hídrica, alta capacidad de infiltración, etc.

Las unidades de Cenizas y Flujos de Escombros, Depósitos Aluviales, Formación Amagá Miembro Medio, comparten varias de las siguientes características desde el punto de vista geotécnico: alto contenido de materia orgánica, grafito o materiales arcillosos; heterogeneidad granulométrica, contactos erosionales con las unidades adyacentes, consistencia baja o moderada. De estas características se infiere una baja resistencia y por lo tanto una susceptibilidad Alta desde el punto de vista geotécnico.

En comparación con las demás unidades, los depósitos recientes son los más desfavorables desde el punto de vista geotécnico por su baja consistencia y alto grado de movilidad.

Siguiendo la clasificación anterior, en la Tabla 3.2.96 se agrupan las rocas del área de estudio y se clasifican con un valor de sensibilidad.

**Tabla 3.2.96 Sensibilidad de por resistencia del suelo o macizo rocoso**

CLASE	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (KGF/CM2)	UNIDADES GEOLÓGICAS	SENSIBILIDAD
A	Resistencia Muy Alta	>2250	Pórfido Andesítico Hornbléndico	1
			Rocas Hipoabisales de Composición Dacítica	
			Rocas Hipoabisales Porfiriticas	
B	Resistencia Alta	1120-2250	Diorita de Pueblito	2
			Formación Barroso del Grupo Cañasgordas	
			Gabros Asociados al Grupo Quebradagrande	
			Gabros de Romeral	
			Grupo Quebradagrande Miembro Volcánico	
			Intrusivos Néisicos Sintectónicos	
Stock Diorítico de Cambumbia				
C	Resistencia Media	560-1120	Complejo Arquía. Esquistos de Lisboa	3

CLASE	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (KGF/CM2)	UNIDADES GEOLÓGICAS	SENSIBILIDAD
			Palestina	
			Formación Amagá Miembro Superior	
			Formación Combia	
			Formación Irra-Tres Puertas. Miembro Volcano-sedimentario	
			Formación La Paila	
			Formación Irra-Tres Puertas. Miembro Conglomerático	
			Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Cuarzo-sericítico	
			Grupo Ayurá Montebello. Esquistos Verdes	
			Grupo Ayurá Montebello. Metaareniscas y Metalodolitas	
			Grupo Quebradagrande. Miembro sedimentario	
			Rocas Ultramafitas de Romeral	
			Stock Adamelíticos y Monzoníticos	
			Formación Zarzal	3
			Formación Amagá Miembro Inferior	3
D	Resistencia Baja	280-560	Cenizas y Flujos de Escombros	
			Depósitos Aluviales	4
			Formación Amagá Miembro Medio	

CLASE	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (KGF/CM2)	UNIDADES GEOLÓGICAS	SENSIBILIDAD
E	Resistencia Muy Baja	<280	Aluviones recientes	5

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

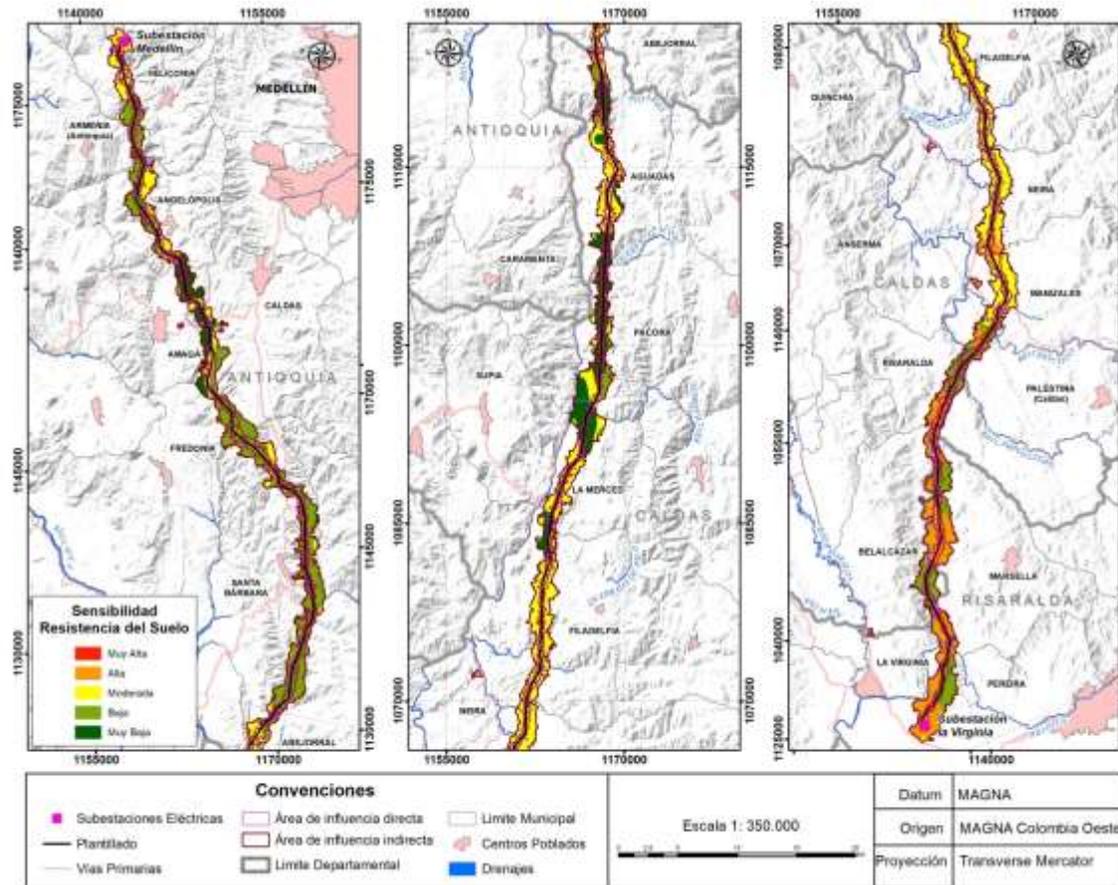
En la Tabla 3.2.97 y Figura 3.2.105 se presenta la sensibilidad del suelo o macizo rocoso con respecto a la resistencia. Como se puede observar en la tabla mencionada, desde el punto de vista geotécnico tanto en el AID como AII del Proyecto, desde el punto de vista de la resistencia de las rocas y suelos predominan las unidades geológicas de sensibilidad Alta y Moderada, en porcentajes semejantes.

Las rocas y suelos con sensibilidad Alta ocupan aproximadamente el 36,94% AID y el 33,26% del AII del Proyecto, y los de sensibilidad Moderada, el 34,27% del AID y el 35,57% del AII. Ver Tabla 3.2.97

**Tabla 3.2.97 Áreas por AII y AID de las sensibilidades por resistencia del suelo o macizo rocoso**

CALIFICACIÓN RESISTENCIA DEL SUELO	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Muy Alta	1129,22	14,21	2758,44	15,19
Alta	2934,60	36,94	6038,94	33,26
Moderada	2722,91	34,27	6456,94	35,57
Baja	1144,32	14,40	2807,60	15,46
Muy Baja	13,87	0,17	92,68	0,51
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Figura 3.2.105 Sensibilidad geotécnica derivada de la resistencia de las rocas y suelos del área del Proyecto

### 3.2.9.1.4 Densidad de drenaje

La densidad de drenaje definida como la relación entre la longitud total de los drenajes y el área total de la cuenca estudiada, corresponde a un parámetro que depende de la litología, la permeabilidad del suelo, la capacidad de infiltración, la cobertura y tipo de la misma. Esta variable muestra que en general una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca.

$$Dd = L/A, \text{ en (Km/Km}^2\text{)}$$

#### Ecuación 3.2.12 Densidad de drenaje

Dónde:

Dd: Densidad de drenaje

L: Longitud total de las corrientes de agua, en Km

A: Área total de la hoya, en Km<sup>2</sup>

Según las densidades de drenaje que se obtengan sobre las alternativas analizadas se establecerán tres clases de densidad de drenaje, los cuales se calificarán como se indica en la Tabla 3.2.98.

**Tabla 3.2.98 Densidad de drenaje y calificación de sensibilidad**

DENSIDAD DE DRENAJE	VALORES SENSIBILIDAD
< 0.5 – Bajo	2
0.5 – 3.5 – Moderado	3
>3.5 – Alto	4

Fuente: CVC<sup>322</sup>

Los rangos de densidad de drenaje se han establecido basados en el estudio de Modelación Hidráulica del Río Cauca Tramo Salvajina – La Virginia realizado por la CVC en el año 2000.

En la

Tabla 3.2.99 y Figura 3.2.106 se presentan las áreas y el mapa resultante de la sensibilidad por densidad de drenaje.

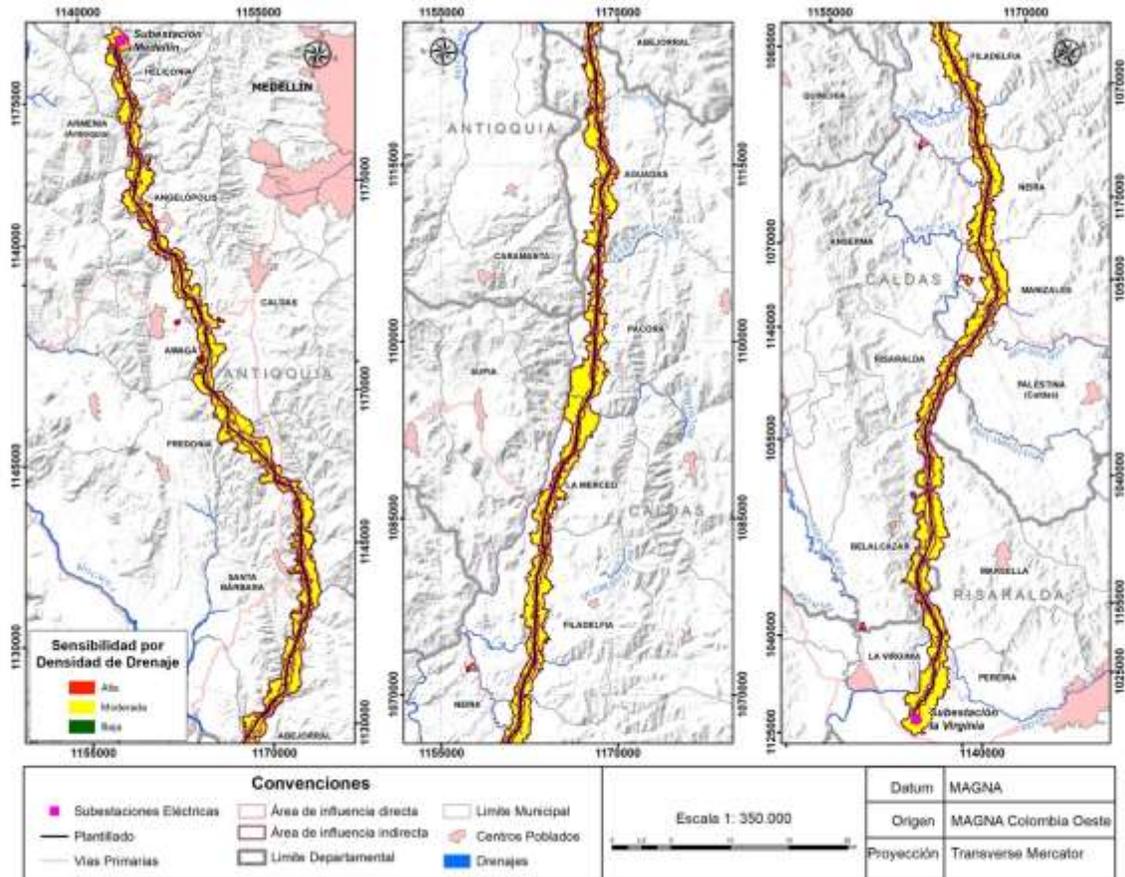
De acuerdo con la tabla mencionada, casi el 100% de área de influencia del Proyecto presenta una sensibilidad geotécnica Moderada con respecto a la densidad de las redes de drenaje que la irrigan.

<sup>322</sup> CVC. Estudios de modelación hidráulica del Río Cauca Tramo Salvajina – La Virginia. 2002

**Tabla 3.2.99 Área de sensibilidad por densidad de drenaje**

CALIFICACIÓN DENSIDAD DE DRENAJE	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	19,84	0,25	41,29	0,23
Moderada	7925,07	99,75	18113,32	99,77
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.106 Sensibilidad geotécnica derivada de la densidad de drenaje del área del Proyecto**

### 3.2.9.1.5 Distancia a trazas de fallas activas o inactivas

Esta variable considera tanto la distancia a las trazas de falla como la actividad de las mismas.

La distancia a estructuras de falla es un factor importante debido a que tiene una relación directa con el grado de fracturamiento que presentan las rocas, la capacidad de infiltración y el grado de meteorización, lo que a su vez incide en la susceptibilidad que puede presentar el terreno a desarrollar procesos de inestabilidad.

Adicionalmente, el radio de afectación para un macizo rocoso durante un evento sísmico dependerá de la cercanía de éste a traza de fallas activas ya que si se ha registrado actividad sísmica reciente es probable que se desarrollen con mayor frecuencia movimientos en masa asociados a las zonas de deformación de estas estructuras.

La Tabla 3.2.100 muestra los parámetros de calificación con respecto a la distancia y la actividad de las fallas que atraviesan la zona de estudio.

**Tabla 3.2.100 Calificación de sensibilidad según distancia y actividad de fallas**

DISTANCIA A FALLA ACTIVA O INACTIVA	SENSIBILIDAD
Entre 0-250m a falla activa	5
Entre 250m y 500m a falla activa o entre 0 y 250m a falla inactiva	4
Entre 500 y 750m a falla activa o entre 250m y 500m a falla inactiva	3
Entre 750m y 1km a falla activa o entre 500m y 750m a falla inactiva	2
Mayor que 1km a falla activa o mayor que 750m a falla inactiva	1

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

En la Tabla 3.2.101 y Figura 3.2.107 se presenta la sensibilidad por distancia a fallas. De acuerdo con estas, aproximadamente entre el 66% y el 68% del área de influencia del Proyecto presenta una sensibilidad geotécnica Baja con respecto a la localización a trazas de falla y a la actividad de las mismas (ver distancia para sensibilidad 1 y 2 en la Tabla 3.2.101). El otro porcentaje del área se distribuye en zonas de sensibilidad geotécnica Moderada, Alta y Muy Alta en porcentajes similares (entre el 13 y el 14%). Solamente entre el 3% y el 5% de área de influencia del Proyecto presenta sensibilidad geotecnia Muy Alta por este parámetro.

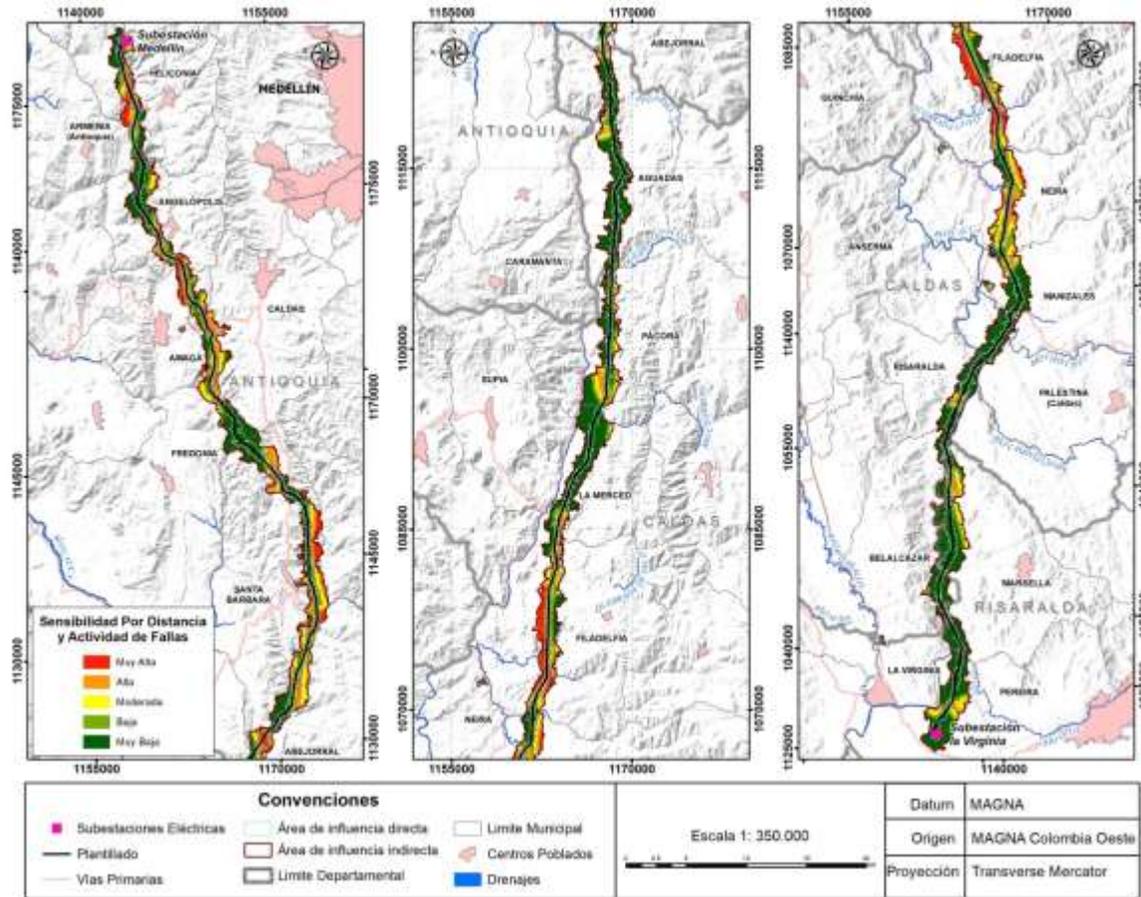
Se resalta que la incidencia de las fallas está estrechamente relacionada con las deformaciones que pueden sufrir los macizos de roca en cercanía a sus trazas (fracturamientos, diaclasmientos y plegamientos), por lo que se sugiere tener en cuenta esta variable en el momento de diseñar las cimentaciones de las torres.

**Tabla 3.2.101 Áreas de sensibilidad por distancia a fallas**

CALIFICACIÓN DISTANCIA A FALLAS	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Mayor que 1km a falla activa o mayor que 750m a falla inactiva	4230,56	53,25	9700,15	53,43

CALIFICACIÓN DISTANCIA A FALLAS	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Entre 750m y 1km a falla activa o entre 500m y 750m a falla inactiva	1053,39	13,26	2490,95	13,72
Entre 500 y 750m a falla activa ó entre 250m y 500m a falla inactiva	1294,34	16,29	2454,14	13,52
Entre 250m y 500m a falla activa ó entre 0 y 250m a falla inactiva	1121,87	14,12	2549,40	14,04
Entre 0-250m a falla activa	244,75	3,08	959,97	5,29
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Figura 3.2.107 Sensibilidad geotécnica asociada a la distancia a fallas activas o inactivas en el área del Proyecto

### 3.2.9.1.6 Amenaza sísmica

Para esta variable se tomó la información del mapa de zonificación sísmica del Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia<sup>323</sup> en el cual se basa la Norma Sismo Resistente de 2010 (NSR-10).

En este caso, se conservaron las categorías de clasificación de la NSR 10 para el área de estudio, la Tabla 3.2.102 muestra las calificaciones dadas para esta variable y la Tabla 3.2.103, la amenaza sísmica para cada uno de los municipios que hacen parte del área de influencia:

**Tabla 3.2.102 Calificación de sensibilidad según amenaza sísmica**

AMENAZA SÍSMICA	SENSIBILIDAD
Baja	1
Media	3
Alta	4

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

En la Tabla 3.2.104 y Figura 3.2.108 se presenta la sensibilidad por amenaza sísmica del Proyecto. Como se observa en las tablas, la mayor parte del área de influencia del Proyecto se encuentra en la zona de amenaza sísmica Alta.

**Tabla 3.2.103 Calificación de sensibilidad según amenaza sísmica por municipio**

MUNICIPIO	AMENAZA SÍSMICA	SENSIBILIDAD
Abejorral	Alta	Alta
Amagá	Alta	Alta
Angelópolis	Alta	Alta
Armenia	Alta	Alta
Santa Barbara	Alta	Alta
Heliconia	Alta	Alta
Fredonia	Alta	Alta
Caldas	Intermedia	Moderada
Aguadas	Alta	Alta
Belalcazar	Alta	Alta
Filadelfia	Alta	Alta
La Merced	Alta	Alta

<sup>323</sup> Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Op.Cit.p.3

MUNICIPIO	AMENAZA SÍSMICA	SENSIBILIDAD
Manizales	Alta	Alta
Marsella	Alta	Alta
Neira	Alta	Alta
Pácora	Alta	Alta
Palestina	Alta	Alta
Pereira	Alta	Alta
Risaralda	Alta	Alta

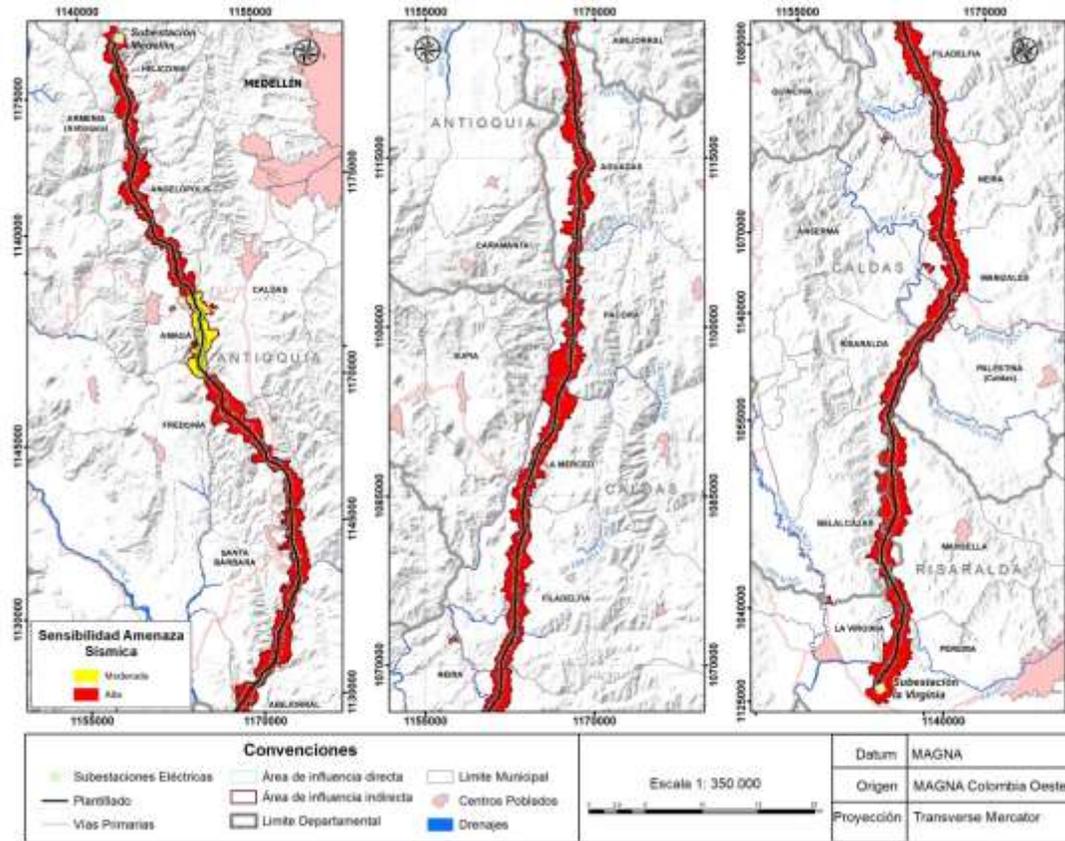
Fuente: AIS, 2009<sup>324</sup>

Con respecto a la sensibilidad geotécnica, el 96% del área arroja una sensibilidad Alta por esta variable, el 4% respecto, la sensibilidad obtenida fue de grado Medio. Se sugiere tener en cuenta este aspecto para el diseño de la cimentación de las torres y para los cálculos estructurales de las estructuras que lo requieran.

**Tabla 3.2.104 Área de sensibilidad por amenaza sísmica**

CALIFICACIÓN AMENAZA SÍSMICA	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Media	310,38	3,91	789,13	4,35
Alta	7634,53	96,09	17365,48	95,65
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.108 Sensibilidad por amenaza sísmica**

### 3.2.9.1.7 Usos del suelo

La generación de fenómenos de remoción en masa y la competencia del terreno depende también del uso del suelo, ya que las zonas que están dedicadas a la ganadería y minería son más susceptibles a desarrollar condiciones de inestabilidad, debido al deterioro del suelo por la pérdida de sus propiedades físicas y químicas. En contraste, los suelos dedicados a la conservación y uso agroforestal contribuyen al mejoramiento y preservación de las características del suelo. Por otro lado, la respuesta del suelo en zonas agrícolas dependerá también del tipo cultivo, por ejemplo, los transitorios como la yuca y plátano, generan erosión y desestabilización de las laderas.

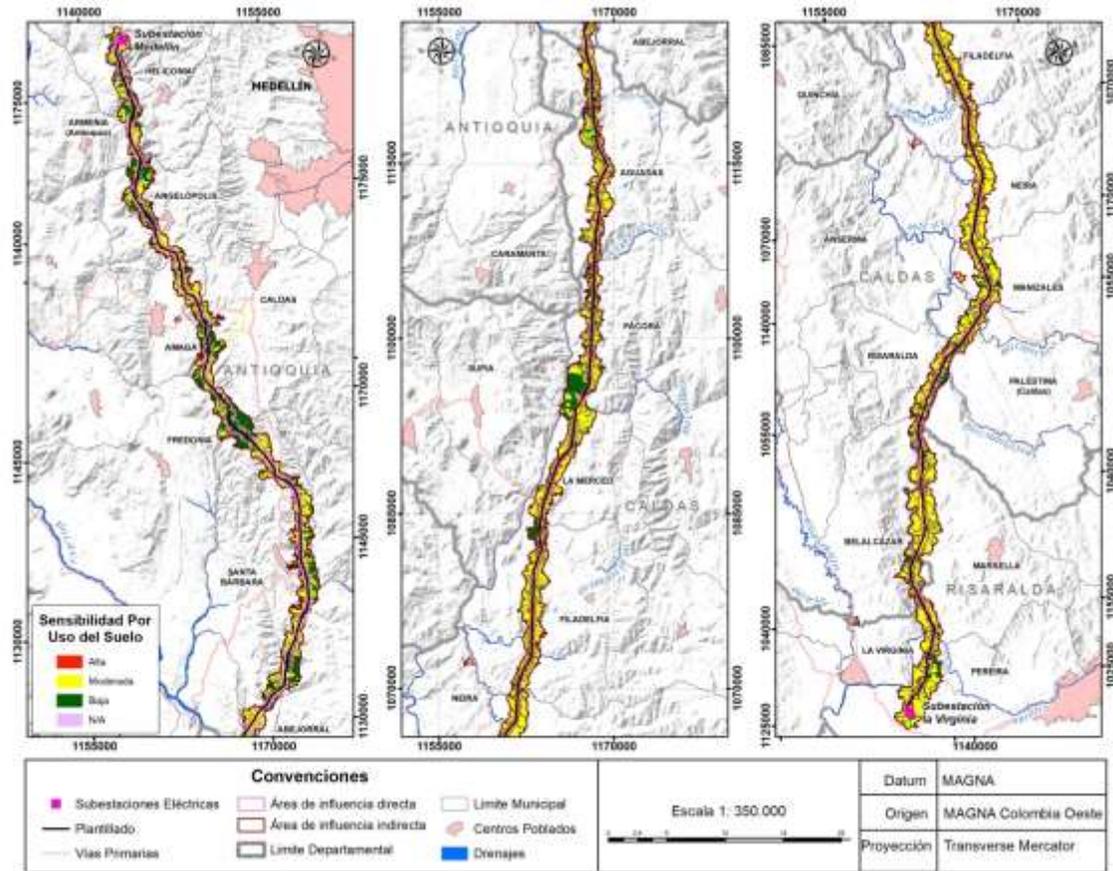
La Tabla 3.2.105 y Figura 3.2.109 muestran las sensibilidades según el uso del suelo del proyecto. De acuerdo con los resultados arrojados, entre el 63,17% del AII y el 65,65% del AID del Proyecto presenta una sensibilidad geotécnica Moderada de acuerdo con los usos del suelo (agrícola, Agroforestal, ganadería, infraestructura), mientras en el porcentaje restante la sensibilidad geotécnica es Baja, acorde con el uso de Conservación de los suelos.

El área con sensibilidad geotécnica Alta (asociada) a la Minería es despreciable (menor del 1%) debido a que en general, se trató de sacar el Proyecto (específicamente) de las zonas de explotación minera.

**Tabla 3.2.105 Calificación de sensibilidad para uso de suelo**

CALIFICACIÓN USO ACTUAL	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
N/A*	40,32	0,51	140,75	0,78
Baja	2762,70	34,77	6533,30	35,99
Moderada	5136,14	64,65	11469,01	63,17
Alta	5,74	0,07	11,54	0,06
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.109 Sensibilidad por uso actual del suelo**

### 3.2.9.1.8 Precipitación media anual

La precipitación es el volumen o altura de la lámina agua lluvia que cae sobre un área en un período de tiempo, la cual tiene una influencia directa en la infiltración y en el régimen del agua subterránea, y a su vez afecta la estabilidad de taludes o laderas. Se seleccionó como variable de la zonificación debido a que es uno de los factores que más potencializa la generación de procesos remoción en masa y erosión<sup>325</sup>. Dependiendo de la intensidad y duración de estos eventos, se pueden presentar infiltración de agua y saturación de los suelos, que desencadenan procesos de desgarre y desestabilización de los taludes.

Teniendo en cuenta los datos de precipitación registrados en el área de estudio se generó un mapa de Isoyetas que fueron calificados como se muestra en la Tabla 3.2.106, Tabla 3.2.107 y Figura 3.2.110. Como estas lo indican, la sensibilidad geotécnica relacionada con la precipitación es de grado Moderado para el 59% del área de influencia, le siguen la sensibilidad Baja para el 24,7% y 25,8% del AID y AII, respectivamente y Alta para el porcentaje restante.

**Tabla 3.2.106 Sensibilidad para los Intervalos de precipitación del proyecto**

INTERVALOS PRECIPITACIÓN	SENSIBILIDAD
Menos de 1600	1
1600-2100	2
2100-2600	3
2600-3200	4
>3200	5

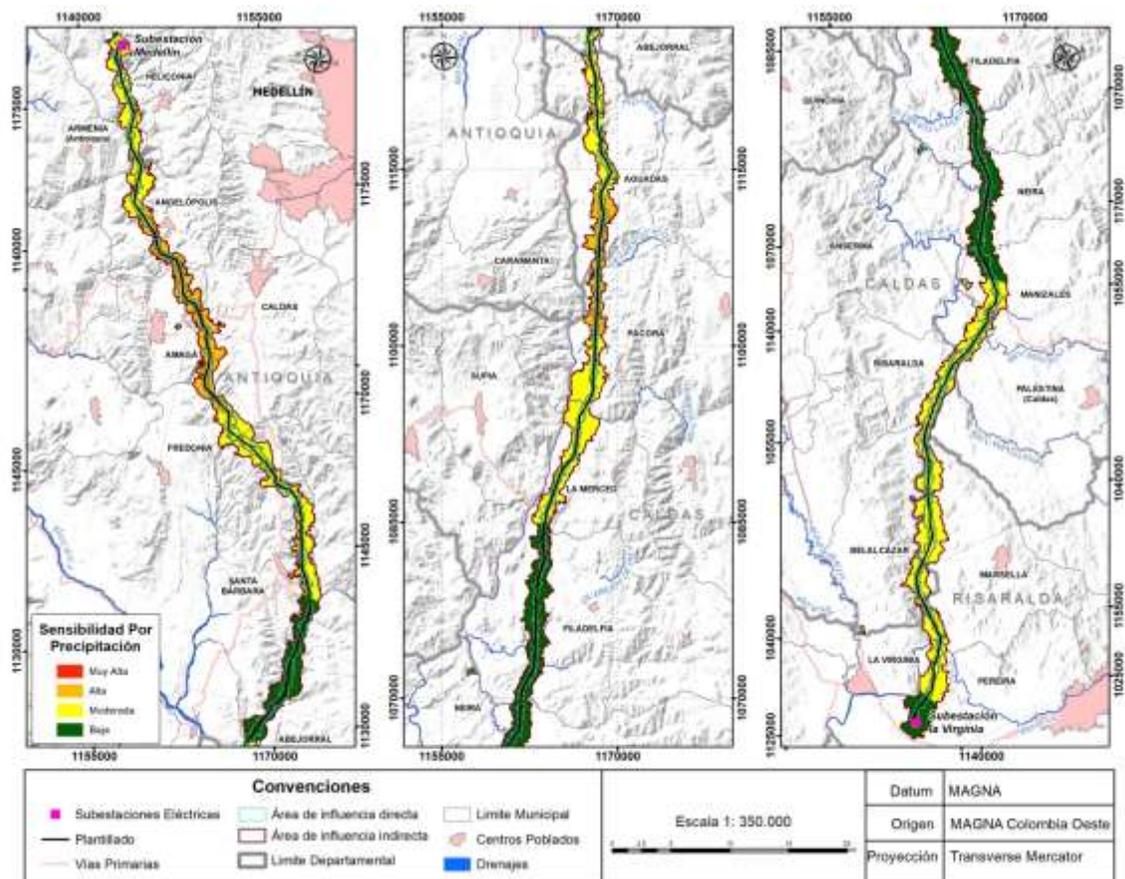
Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Tabla 3.2.107 Áreas de sensibilidad por precipitación**

Calificación Precipitación	Aid		Aii	
	Área (Ha)	%	Área (Ha)	%
Bajo	1957,57	24,64	4698,98	25,88
Moderado	4722,19	59,44	10749,28	59,21
Alto	1265,14	15,92	2706,34	14,91
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

<sup>325</sup> SUAREZ, J. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. 1998. 540 p.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.110 Sensibilidad geotécnica derivada de la precipitación media anual del área del Proyecto**

### 3.2.9.2 Zonificación geotécnica

La zonificación geotécnica se dio en términos de sensibilidad Muy Alta, Alta, Media, Baja o Muy Baja a los procesos denudativos, especialmente movimientos en masa para el área de influencia del Proyecto. Los valores de sensibilidad se obtendrán realizando una sumatoria total de la calificación de cada variable multiplicada por su peso correspondiente; los pesos designados para cada variable se presentan en la Tabla 3.2.108.

$$\text{Sensibilidad Total} = LF * Pe + R * Pe + DD * Pe + DF * Pe + US * Pe + AS * Pe + Pre * Pe + P * Pe$$

Dónde:

LF: Unidades litológicas y formaciones superficiales

R: Resistencia del suelo o macizo rocoso

DD: Densidad de drenaje

DF: Distancia a estructuras de fallas activas e inactivas

US: Uso del Suelo

AS: Amenaza Sísmica

Pre: Precipitación

**Tabla 3.2.108 Pesos designados a variables ambientales**

CRITERIO	PESO (%)
Geología: Unidad litológica o formación superficial	10
Resistencia del suelo o macizo rocoso	10
Distancia a falla activa o inactiva	10
Precipitación media anual	20
Usos del suelo	15
Densidad de Drenaje	10
Amenaza sísmica	5
Pendientes	20

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Una vez realizada la calificación total de sensibilidad geotécnica, los resultados obtenidos se recategorizaron para establecer cinco rangos de calificación a los cuales se les asignaron categorías de estabilidad. Los valores más bajos corresponden a las zonas más estables mientras que los valores altos corresponden a zonas con una mayor sensibilidad a presentar problemas de inestabilidad, en

donde se esperan mayores procesos erosivos o fenómenos de remoción en masa. La Tabla 3.2.109 muestra los rangos de estabilidad establecidos.

**Tabla 3.2.109 Categorías de susceptibilidad**

VALOR	CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD GEOTÉCNICA TOTAL
3.5-4.5	Muy Alta
3.0.-3.5	Alta
2.5.- 3.0	Moderada
1.3- 2.5	Baja
0.2 -1.3	Muy Baja

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

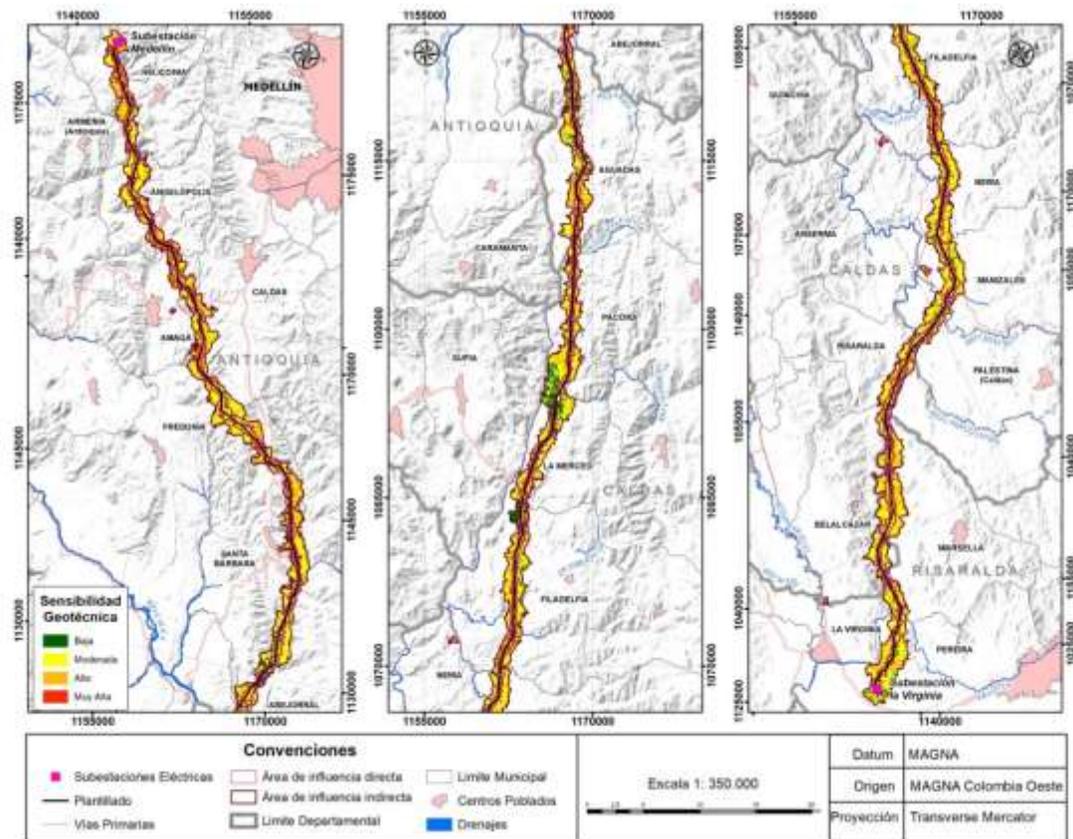
La zonificación obtenida a partir de la ponderación de las variables elegidas, se completó con la información levantada en campo, es decir, con la susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa y en general a los procesos de inestabilidad establecida para los sitios de torre visitados. Esto se cartografió a partir de un buffer a cada torre de 60 metros de diámetro (distancia arbitraria sólo con el fin de poder mostrar a la escala del mapa la sensibilidad para cada torre), al cual se le asignó el valor de sensibilidad determinado en campo

En la Tabla 3.2.110 y Figura 3.2.111 se presenta la zonificación geotécnica del Proyecto. Como se puede observar en la tabla mencionada, predomina en el área de estudio, tanto en el AID como en el AII (69,34% y 67,53%), las zonas sensibilidad Moderada; las zonas de grado Alto y Muy Alto, es decir, las más sensibles a los fenómenos de remoción en masa ocupan aproximadamente el 24% del territorio; en contraste la zonas de grado Bajo ocupan el 6,25% del AID y el 8,74% del AII. Lo anterior conlleva a tener en cuenta consideraciones técnicas necesarias para garantizar unas condiciones de estabilidad adecuadas especialmente para los sitios de torre.

**Tabla 3.2.110 Áreas de la Zonificación Geotécnica del Proyecto**

CALIFICACIÓN GEOTECNIA	AID		AII	
	ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	496,61	6,25	1586,08	8,74
Moderada	5508,66	69,34	12260,51	67,53
Alta	1893,20	23,83	4197,08	23,12
Muy Alta	46,44	0,58	110,94	0,61
<b>Total general</b>	<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.111 Zonificación geotécnica del área del Proyecto**

### 3.2.10 PAISAJE

Para el estudio de paisaje se utilizó una metodología de análisis de calidad y fragilidad visual, adaptada de Walsh<sup>326</sup> y complementada con conceptos y criterios del Gobierno de La Rioja<sup>327</sup>, mediante la cual se busca evaluar de manera integrada, diferentes recursos del paisaje (geomorfología, relieve, cobertura, cuerpos de agua, sitios particulares) que comprenden el área de estudio.

#### 3.2.10.1 Unidades de paisaje

Las unidades de paisaje (UP), son interpretadas como áreas del territorio que son perceptiblemente diferenciadas en el terreno, lo que se debe a que contienen una configuración estructural y/o funcional característica, con cualidades que permiten clasificarlas como únicas y singulares. Cabe mencionar que las características físicas y bióticas asociadas a las unidades de paisaje fueron adquiridas a través de la evolución del territorio.

Para el área de influencia indirecta, las unidades de paisaje, fueron definidas a partir de las unidades geomorfológicas descritas en el numeral 3.2.2 Geomorfología.

Para la zona de estudio, se definieron tres unidades de paisaje, las cuales se describen de manera detallada en la En general, la UP1, definida como Valle, se idéntica en tan solo el 1,75% del AID y el 2,34% del AII, con mayor predominio en el departamento de Caldas, en los municipios de Manizales y Neira.

Por otra parte, la UP2, enmarcada en la forma del terreno definida como Lomerio se extiende para el 34,77% del AID y el 35,90% del AII, visible en mayor proporción hacia el departamento de Caldas. Finalmente, la UP3, asociada a la forma del terreno denominada como montaña se visualiza a lo largo y ancho del área analizada, ocupando el 61,76% del AII y 63,47% del AID, siendo mas predominante en el departamento de Antioquia.

Tabla 3.2.111y y se visualizan en la Figura 3.2.112. En general, la UP1, definida como Valle, se idéntica en tan solo el 1,75% del AID y el 2,34% del AII, con mayor predominio en el departamento de Caldas, en los municipios de Manizales y Neira.

Por otra parte, la UP2, enmarcada en la forma del terreno definida como Lomerio se extiende para el 34,77% del AID y el 35,90% del AII, visible en mayor proporción hacia el departamento de Caldas. Finalmente, la UP3, asociada a la forma del

---

<sup>326</sup> Walsh Perú S.A. EIA Parque Eólico Tres Hermanas [en línea]. <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38948802>> [consultado en diciembre de 2015]

<sup>327</sup> Gobierno de La Rioja. Valoración del Paisaje: Calidad Visual. En: Estudio y Cartografía del Paisaje de la Comunidad Autónoma de la Rioja. Departamento de Proyectos y Planificación Rural; Unidad Docente de Planificación y Proyectos. Departamento de Proyectos y Planificación Rural. E.T.S.I. Montes. UPM.

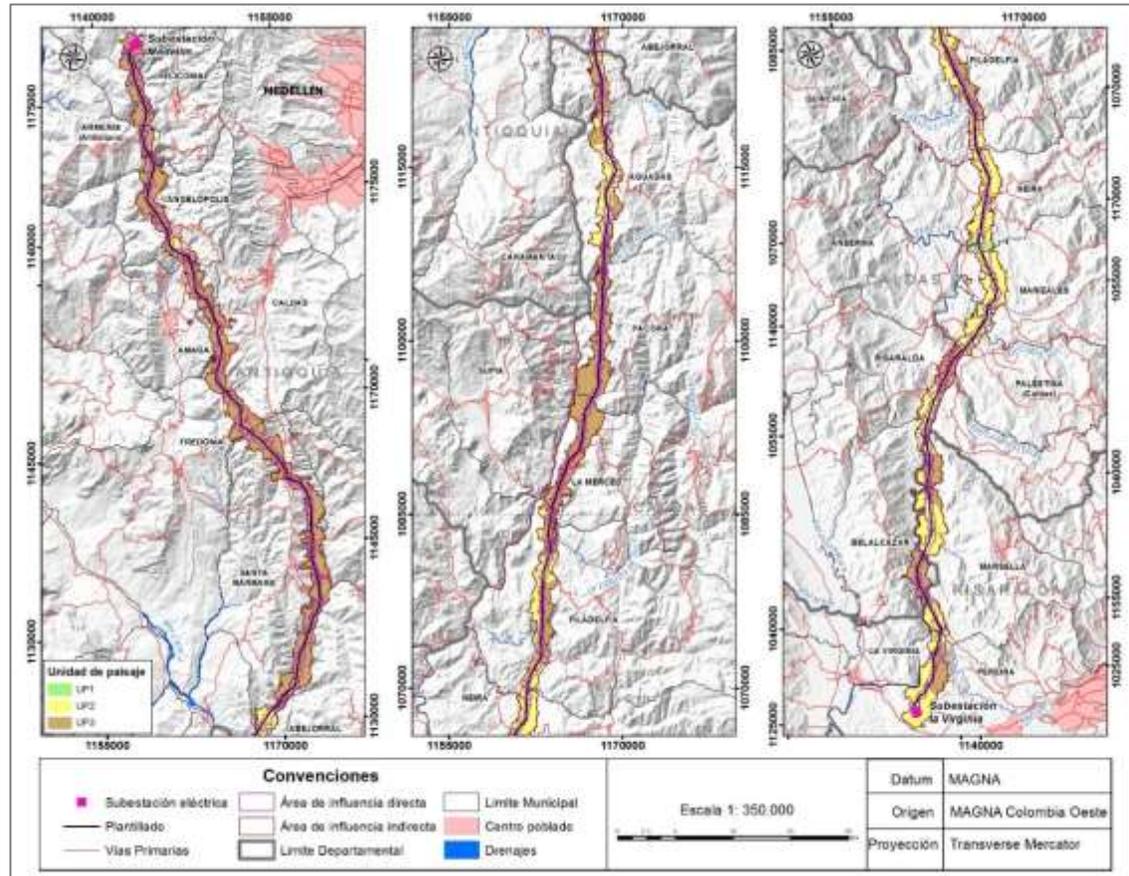
terreno denominada como montaña se visualiza a lo largo y ancho del área analizada, ocupando el 61,76% del AII y 63,47% del AID, siendo mas predominante en el departamento de Antioquia.

**Tabla 3.2.111 Unidades de Paisaje**

UNIDAD DE PAISAJE	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ASOCIADAS	DESCRIPCIÓN	AID	AII
			%	%
UP1	Cauce aluvial (Ca)	El paisaje que la define se denomina Valle, el cual corresponden a depósitos derivados de la dinámica hidrológica de las corrientes que irrigan el área de estudio como los ríos Buey, Cauca, Arma, Chinchiná, Maiba, Tapas, Guacaica, San Francisco, Otún, etc. con algunos de sus afluentes. Esta unidad de paisaje se caracteriza por presentar forma plana a ondulada.	1,75	2,34
	Superficies aluviales planas y onduladas (Qal-po)			
	Valle aluvial (Va)			
UP2	Lomerío erosional en cenizas y flujos (LEr-cf)	La unidad de paisaje que mejor lo caracteriza se denomina Lomerío; en general se asocia a relieves ondulados, pendientes suaves a moderadas, e incluso fuertemente quebrada en algunas zonas (hasta el 35%), con laderas suavemente inclinadas a fuertes y cimas sub-redondeadas a redondeadas y amplias.	34,77	35,90
	Lomerío Erosional en Roca Conglomerática (LEr-rc)			
	Lomerío erosional en roca sedimentaria y metasedimentaria (LEr-rsms)			
	Lomerío erosional en rocas sedimentarias (LEr-rs)			
	Lomerío erosional en secuencia volcano-sedimentaria (LEr-vs)			
	Lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y sub volcánica (LE-Er-rssv)			
	Lomerío estructural-erosional en roca sedimentaria y volcánica (LE-Er-rsv)			
UP3	Cerro diorítico (SME-cd)	Corresponde a Montaña; el terreno se caracteriza por presentar un relieve definido como quebrado, con pendientes que van desde fuerte a escarpada, en general asocia laderas largas y rectas y cimas agudas y estrechas, y en algunos casos con cimas sub-angulares y moderadamente amplias.	63,47	61,76
	Cerros alargados en roca volcánica y subvolcánica (SME-cvsva)			
	Cerros alargados porfiríticos (SME-cpa)			
	Cerros Porfiríticos (SME-cp)			
	Escarpe (SME-e)			
	Filos alargados con cimas subangulares (SME-facs)			
	Filos de Cimas Agudas (SME-fca)			
	Filos de cimas amplias y subangulares (SME-fcas)			
	Filos de Laderas Cortas en Roca Ignea y Sedimentaria (SME-Er-flc-ris)			
	Filos de Laderas Largas en Roca Ignea y			

UNIDAD DE PAISAJE	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ASOCIADAS	DESCRIPCIÓN	AID	AII
			%	%
	Metamórfica (SME-Er-fill-rim)			
	Filos de Laderas Largas en roca Volcano Sedimentaria (SME-fill-rvs)			
	Filos de Laderas Medias en Roca Ignea y Metamórfica (SME-Er-flm-rim)			
	Filos Paralelos de Laderas Medias en Rocas Igneas y Neises Sintéctonicos (SME-fplm-rins)			
	Filos Subagudos en Roca Volcánica (SME-fsa-rv)			
	Filos Subredondeados en Roca Volcánica (SME-fsr-rv)			
	Montaña estructural erosional en roca intrusiva y metasedimentaria (SME-Er-rims)			
	Cresta abrupta en roca volcánica (SME-carv)			
<b>Total</b>			<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HVM, 2017

**Figura 3.2.112 Unidades de paisaje**

### 3.2.10.2 Calidad visual

Para efecto de un análisis de la calidad visual del paisaje se determina este como la expresión física espacial de un territorio. Según Benassi "El paisaje es dinámico y abarca la geomorfología de un terreno, un mosaico de ecosistemas, sistemas productivos y sus cubiertas que conforman un campo visual y de contenidos simbólicos para una sociedad. Lo que lo caracteriza es una escala, una localización territorial y un campo visual de un observador social"<sup>328</sup>.

Desde un enfoque visual el paisaje se centra en la percepción y la estética, entendiéndose la percepción como la capacidad del ser humano de recibir mediante los sentidos las imágenes, impresiones y/o sensaciones externas; y la estética proveniente del griego *aisthetikós* como "lo que es susceptible de percibirse por los sentidos", esta correlación hace que cualquier alteración en el paisaje genere diferentes percepciones al observador que desde su perspectiva puede dar una valoración estética al entorno impactado.

"El paisaje como imagen cultural es una manera particular de representación que estructura y simboliza el entorno vivencial"<sup>329</sup> por lo que cada observador puede manifestar percepciones subjetivas; Para determinar los elementos de mayor calidad visual en el paisaje de una forma más objetiva se establecen valoraciones a través de caracteres cuantitativos donde los elementos más significativos según Escribano et al (1987) son los que contribuyen a identificar o caracterizar el paisaje objeto de análisis, bien sea por su contraste fuerte que llama la atención del espectador o por su presentación uniforme en la escena.<sup>330</sup>

Para establecer un análisis acertado de las características paisajísticas del área del Proyecto se utilizó una metodología adaptada de Walsh<sup>331</sup> que fue complementada por conceptos y criterios del Gobierno de La Rioja<sup>332</sup> para la valoración de la calidad visual del paisaje. Se identificaron atributos o rasgos biofísicos que fueron estandarizados y valorados de forma cuantitativa como la morfología, las coberturas terrestres, los cuerpos de agua, las rarezas o los elementos singulares y los elementos representativos en el fondo escénico Teniendo en cuenta lo anterior se evaluó la calidad visual del paisaje con una escala de valoración de la calidad

---

<sup>328</sup> BENASSI, Alfredo. CIUDAD BOTÁNICA oasis del desierto urbano. La Plata: Facultad de ciencias agrarias y forestales, Universidad Nacional de La Plata, 2015. p.26

<sup>329</sup> BENASSI, Alfredo. 2015. Op. Cit.p.13

<sup>330</sup> ESCRIBANO, M. y otros. El paisaje. Madrid: Ministerio de Obras públicas y urbanismo, 1987

<sup>331</sup> Walsh Perú S.A. EIA Parque Eólico Tres Hermanas. 2008 [en línea]. <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38948802>> [citado el 28 de Julio de 2014]

<sup>332</sup> ARAMBURU, María Paz. Y otros. Gobierno de La Rioja, Valoración del Paisaje: Calidad Visual. En: Estudio y Cartografía del Paisaje de la Comunidad Autónoma de la Rioja. Departamento de Proyecto y Planificación Rural; Unidad Docente de Planificación y Proyecto. Departamento de Proyecto y Planificación Rural. E.T.S.I. Montes. UPM

paisajística alta, media y baja de los criterios anteriormente mencionados. Finalmente a partir de la sumatoria de estos criterios (Algebra de mapas), se obtuvo la calidad visual total del paisaje.

#### 3.2.10.2.1 Morfología

La valoración de la morfología se realizó mediante rangos de pendientes (según el mapa de pendientes, presentado en el numeral 3.2.2 Geomorfología) donde las pendientes de mayor gradiente presentan una mayor calificación al predominar en la escena.

Se le asignó una calidad alta a las pendientes mayores al 25% caracterizado por un relieve montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas) o bien, a la presencia de un rasgo singular o dominante; se le dio una calificación media a las pendientes que están entre un 12% y 25%, refiriendo un relieve variado en tamaño y forma pero de rasgos medios y comunes y una calidad baja a las pendientes inferiores al 12% donde predominan las colinas suaves y los fondos de valle planos sin particularidades representativas, lo que en términos de calidad del paisaje se considera poco complejo.

De acuerdo con los resultados de la calidad visual por Morfología, predomina la calidad Alta, a la cual le siguen la calidad Media y finalmente, la Baja, como se describe a continuación y se muestra en la y Figura 3.2.113.

Según los resultados obtenidos se observa que hacia el costado norte los municipios de Heliconia, Armenia Mantequilla y Angelópolis (hasta la vereda Santa Rita) se caracterizan por un relieve moderadamente escarpado, muy montañoso, marcado y prominente con pendientes que oscilan entre el 50% y el 75%. Hacia Angelópolis se observa un cambio en las gradientes con porcentajes que varían entre el 12% y el 50% y se mantiene sobre los municipios de Amaga, Caldas, Fredonia, Santa Barbará y Abejorral. Foto 3.2.117

En los municipios de Aguadas (vereda el Guamo) y Pácora la morfología cambia a fuertemente escarpada con pendientes que oscilan entre el 75% y 100%. Sobre el resto del departamento de Caldas sigue predominando un relieve ligeramente escarpado con pendientes mayores al 25% en un área considerable del territorio, y al sur del Proyecto el municipio de Marsella (Risaralda) también sobresale por esta cualidad.

El área mencionada es la de mayor calidad visual en términos morfológicos para el Proyecto y se refleja en el 71,95% del AID y en el 69,48% del AII. Además corresponde en su mayoría a la topografía del sur – oriente del municipio de Antioquia que se caracteriza por ser un relieve muy escarpado debido a la presencia de la cordillera central y occidental, y al norte del departamento de Caldas donde predomina un mayor índice de rugosidad en la cordillera central.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.117 Calidad visual Alta asociada a la morfología, relieve con pendientes mayores al 25%. Vereda Cienaguita, Angelópolis (Antioquía)**

Se observa una disminución de la calidad visual asociada a la morfología hacia el costado sur del área del Proyecto, donde las gradientes son menores. La calidad Media para el área se ve reflejada en un 23,03% del AID y en el 24,70% del AII. Esta tiene mayor representatividad en los municipios de Aguadas, Filadelfia, Manizales y Neira en el departamento de Caldas y Marsella y Pereira en el departamento de Risaralda con gradientes entre 12% y 25%. Este relieve se caracteriza por presentar variaciones en tamaño y forma, pero con una presentación de mayor homogeneidad en la escena al no presentar formaciones como filos y crestas que conformen un relieve notablemente escarpado.

Finalmente, la calidad Baja representa un 5,02% del AID del Proyecto y un 5,82% del AII. Coincide en gran parte con la llanura aluvial del río Cauca. Ver Foto 3.2.118



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.118 Calidad visual Baja asociada a la morfología (Llanura aluvial), Vereda Bocas, Aguadas (Caldas)**

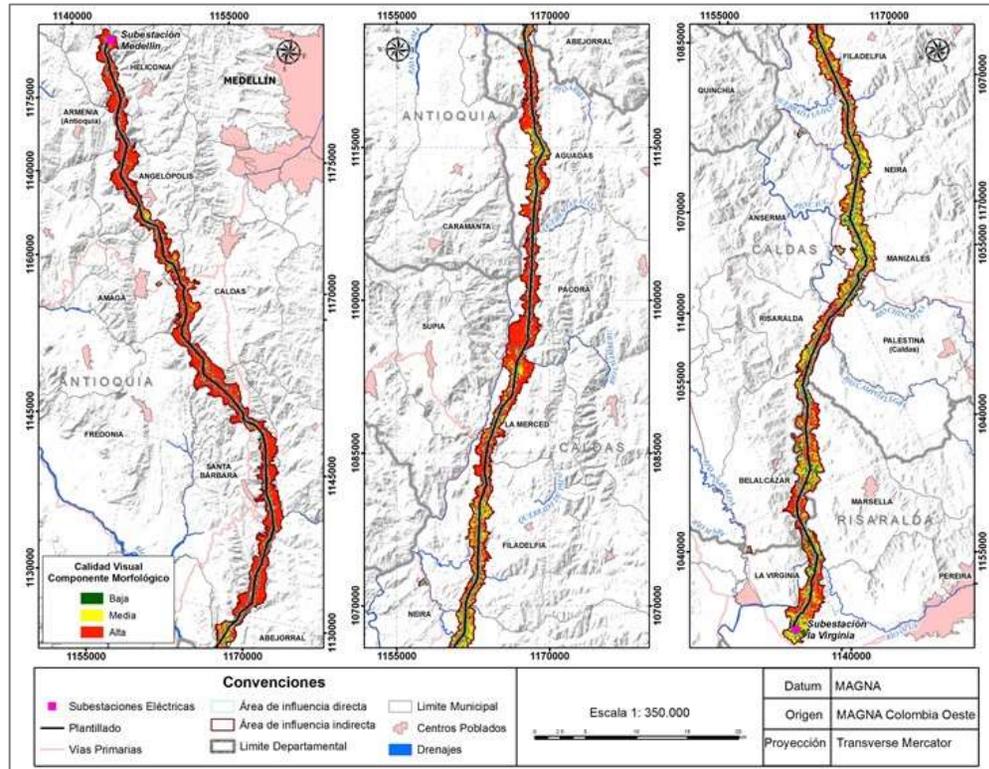
Tabla 3.2.112 Calidad visual asociada a la morfología del área del Proyecto

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	Antioquia	ANGELÓPOLIS	3,25	0,04	5,61	0,03
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	12,08	0,15	22,49	0,12
		HELICONIA	0,72	0,01	0,65	0,00
		AMAGÁ	0,04	0,00	2,31	0,01
		CALDAS (Antioquia)	0,44	0,01	6,23	0,03
		FREDONIA	0,38	0,00	0,36	0,00
		ABEJORRAL	0,17	0,00	10,92	0,06
	Caldas	AGUADAS	24,04	0,30	41,88	0,23
		NEIRA	58,91	0,74	173,09	0,95
		LA MERCED	15,54	0,20	22,52	0,12
		MANIZALES	65,56	0,83	136,23	0,75
		FILADELFIA	14,17	0,18	78,58	0,43
		RISARALDA	35,41	0,45	33,62	0,19
		BELALCÁZAR	17,17	0,22	30,58	0,17
		PALESTINA (Caldas)	24,55	0,31	75,04	0,41
		PÁCORA	0,33	0,00	0,23	0,00
	Risaralda	PEREIRA	48,24	0,61	197,41	1,09
		MARSELLA	77,79	0,98	219,24	1,21
	<b>Subtotal</b>			<b>398,78</b>	<b>5,02</b>	<b>1056,97</b>
Media	Antioquia	ANGELÓPOLIS	37,40	0,47	76,85	0,42
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	121,32	1,53	191,07	1,05
		HELICONIA	7,92	0,10	22,07	0,12
		AMAGÁ	15,85	0,20	70,51	0,39

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		CALDAS (Antioquia)	36,79	0,46	76,73	0,42
		FREDONIA	18,08	0,23	18,83	0,10
		ABEJORRAL	11,95	0,15	37,80	0,21
		ARMENIA (Antioquia)	2,84	0,04	1,24	0,01
	<b>Caldas</b>	AGUADAS	249,77	3,14	414,39	2,28
		NEIRA	184,96	2,33	618,85	3,41
		LA MERCED	120,83	1,52	294,50	1,62
		MANIZALES	200,15	2,52	463,53	2,55
		FILADELFIA	205,72	2,59	542,90	2,99
		RISARALDA	92,28	1,16	204,11	1,12
		BELALCÁZAR	48,65	0,61	141,83	0,78
		PALESTINA (Caldas)	70,49	0,89	186,73	1,03
		PÁCORA	16,58	0,21	30,92	0,17
	<b>Risaralda</b>	PEREIRA	158,83	2,00	483,93	2,67
		MARSELLA	229,27	2,89	607,56	3,35
<b>Subtotal</b>			<b>1829,68</b>	<b>23,03</b>	<b>4484,35</b>	<b>24,70</b>
<b>Alta</b>	<b>Antioquia</b>	ANGELÓPOLIS	371,96	4,68	780,93	4,30
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	990,91	12,47	2160,12	11,90
		HELICONIA	431,75	5,43	765,06	4,21
		AMAGÁ	199,22	2,51	333,68	1,84
		CALDAS (Antioquia)	273,14	3,44	706,17	3,89
		FREDONIA	244,59	3,08	445,23	2,45
		ABEJORRAL	282,25	3,55	453,43	2,50

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		ARMENIA (Antioquia)	116,01	1,46	149,32	0,82
	Caldas	AGUADAS	511,55	6,44	1238,02	6,82
		NEIRA	101,62	1,28	258,52	1,42
		LA MERCED	234,52	2,95	908,53	5,00
		MANIZALES	68,72	0,86	165,00	0,91
		FILADELFIA	465,45	5,86	964,90	5,31
		RISARALDA	247,36	3,11	287,80	1,59
		BELALCÁZAR	184,60	2,32	395,84	2,18
		PALESTINA (Caldas)	86,51	1,09	147,63	0,81
		PÁCORA	374,83	4,72	1241,13	6,84
		Risaralda	PEREIRA	147,41	1,86	526,64
	MARSELLA		384,06	4,83	685,35	3,78
<b>Subtotal</b>			<b>5716,45</b>	<b>71,95</b>	<b>12613,29</b>	<b>69,48</b>
<b>Total general</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HVM, 2017

**Figura 3.2.113 Calidad visual asociada a la morfología del área del Proyecto**

### 3.2.10.2.2 Coberturas terrestres

La valoración de la calidad visual asociada a las coberturas terrestres se realizó mediante las coberturas vegetales descritas en el componente biótico en el numeral 3.3. Se calificaron según el estado de desarrollo, la conservación y la diversidad de las mismas estableciendo que a mayor conservación mayor diversidad y riqueza, lo que se puede observar en la variedad de rasgos excepcionales como altura, textura, color, entre otros. Por ende se le asignó una mayor calificación a las áreas más conservadas a través del tiempo y a las coberturas vegetales donde predominan especies autóctonas y endémicas.

Se determinó una calidad Alta para los bosques abierto, ripario y fragmentado; calidad Media para las coberturas que presentan algunos rasgos interesantes en cuanto a sus atributos físicos como los mosaicos de cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos y espacios naturales, pastos arbolados, plantaciones forestales y vegetación secundaria, y calificación Baja a las coberturas vegetales que son consideradas de poco contraste y variedad, como los cultivos permanentes arbóreos y arbustivos, mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos, cultivos transitorios, pastos enmalezados y pastos limpios; o elementos naturales que se encuentran en estados degradados como las tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas y zonas arenosas naturales; además de otras coberturas consideradas territorios artificializados como los cuerpos de agua artificiales, el tejido urbano continuo y discontinuo, las zonas comerciales, industriales y de extracción mineras.

Además, se identificaron otras coberturas que no fueron ponderadas como elementos de valor paisajístico, bien sea por no ser consideradas naturales sino territorios artificializados como los cuerpos de agua artificiales, el tejido urbano continuo y discontinuo, las zonas comerciales, industriales y de extracción mineras, o por ser elementos naturales degradados sin contraste ni rasgos importantes como las tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas y zonas arenosas naturales, por lo que no se les otorgó ningún valor en términos de calidad visual asociada a las coberturas terrestres.

La calidad visual Baja predomina en el área del Proyecto, seguida por la calidad Media, y la calidad Alta como se muestra en la Tabla 3.2.113.

La calidad Baja corresponde a un 58,43% del AID y un 58,38% del AII. Dentro de esta valoración en los municipios ubicados hacia el norte del área del Proyecto, Heliconia, Armenia Mantequilla, Angélopolis, Amaga, Caldas, Fredonia y Santa Barbará (departamento de Antioquia) hay presencia en una proporción considerable de pastos limpios, pasto enmalezado, mosaico de cultivos y baja proporción de cultivos permanentes arbustivos. Foto 3.2.119

En el departamento de Caldas en los municipios de Aguadas, Pacora, La Merced, Filadelfia, Neira y Palestina predomina el pasto limpio con poca presencia de pasto enmalezado a excepción de los municipios de Manizales, Risaralda y Belalcázar donde la mayor vegetación asociada a esta calidad son los cultivos permanentes arbóreos. Siendo los municipios del Eje Cafetero los que más áreas de cultivo de café aportan por ser un eje fundamental de la actividad socioeconómica.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.119 Calidad visual Baja asociada a las coberturas de pastos y cultivos. Vereda Colombia, Manizales (Caldas)**

La calidad visual Media se presenta en el 19,68% del AID y en el 15,00% del AII, siendo el departamento de Antioquia quien prima en esta calidad, seguido por Caldas y Risaralda. Ver Tabla 3.2.113 y Figura 3.2.114

Hacia los municipios de Heliconia, Armenia, Angelópolis, Amaga, Caldas, Fredonia, Abejorral y Santa Bárbara hay presencia de mosaicos de cultivos y espacios naturales, vegetación secundaria alta y baja, y en una proporción muy baja mosaicos de pastos y cultivos. Además los municipios de Caldas, Fredonia y Santa Bárbara presentan áreas de coberturas representativas de plantaciones forestales, lo que representa una actividad económica de importancia para el sur-oriente Antioqueño.

En los departamentos de Caldas y Risaralda hay pocas coberturas calificadas con una calidad Media ya que predomina la calidad Baja.

Finalmente, en calidad visual Alta solo se reporta el 21,89% del AID, y el 26,62% del AII. Predomina en los municipios de Heliconia, Armenia, Angelópolis, Amaga, Caldas, Fredonia, Santa Bárbara y Abejorral (Departamento de Antioquia) donde hay áreas representativas de bosque fragmentado y bosque ripario, este último de gran importancia para la región pues son florísticamente y estructuralmente los más diversos y son de vital importancia para la conservación de la cuenca hidrográfica del río Cauca. Estas coberturas siguen predominando en los municipios de Aguadas, Pácora y La Merced en el departamento de Caldas. Hacia el sur del AID del Proyecto Sobre el municipio de Filadelfia se empiezan a observar áreas representativas de gradual ripario, predominando en los municipios de Neira, Manizales, Palestina, Belarcazar y Risaralda (Departamento de Caldas) y en

Marsella, y Pereira (Departamento de Risaralda) con presencia también de bosque ripario. Foto 3.2.120.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.120 Calidad visual Alta asociada a las coberturas boscosas. Vereda Loma de Don Santo, Santa Bárbara (Antioquia)**

**Tabla 3.2.113 Calidad asociada a las coberturas terrestres del Proyecto**

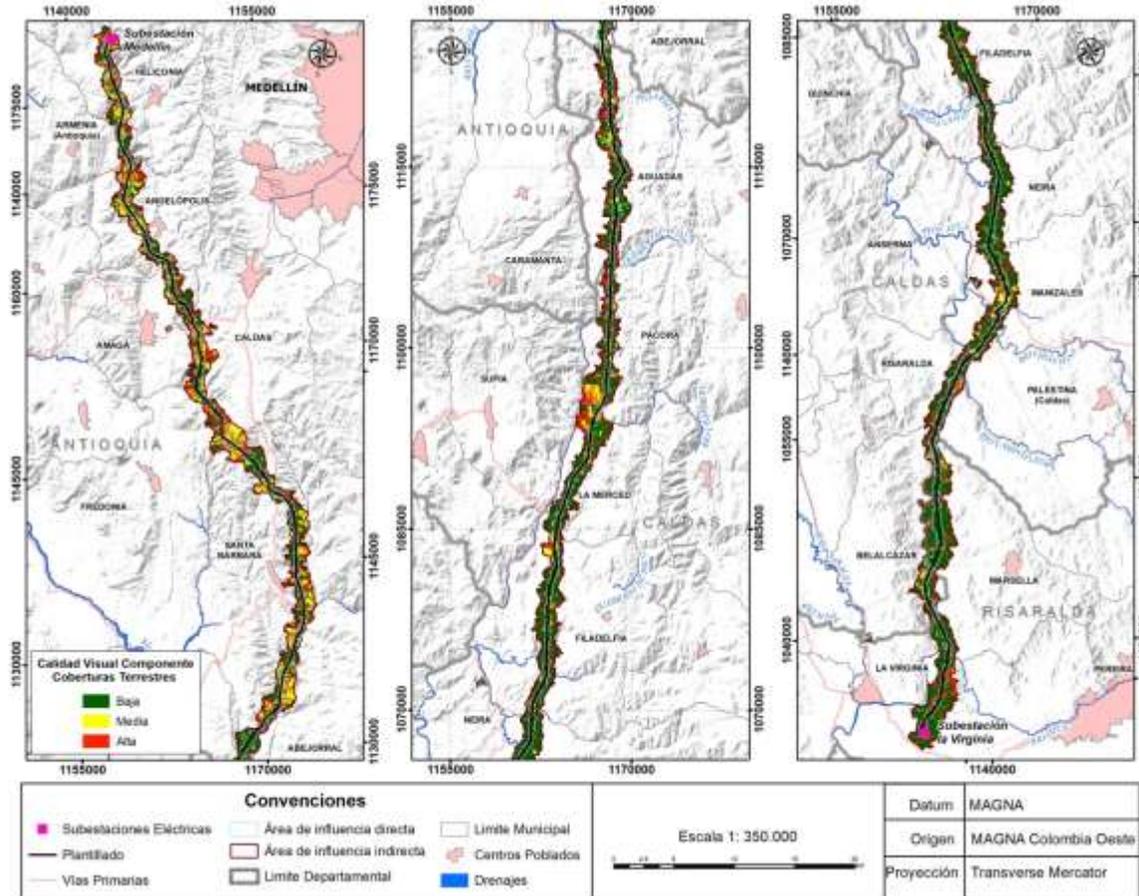
CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	Antioquia	ABEJORRAL	73,89	0,93	191,45	1,05
		AMAGÁ	129,09	1,62	251,18	1,38
		ANGELÓPOLIS	121,26	1,53	372,47	2,05
		ARMENIA (Antioquia)	66,07	0,83	89,17	0,49
		CALDAS (Antioquia)	128,86	1,62	232,22	1,28
		FREDONIA	25,30	0,32	135,07	0,74
		HELICONIA	80,91	1,02	316,93	1,75
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	519,29	6,54	973,34	5,36

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
	Caldas	AGUADAS	511,13	6,43	1071,97	5,90
		BELALCÁZAR	157,08	1,98	335,13	1,85
		FILADELFIA	547,58	6,89	1118,39	6,16
		LA MERCED	269,85	3,40	792,87	4,37
		MANIZALES	227,61	2,86	491,34	2,71
		NEIRA	297,10	3,74	896,83	4,94
		PÁCORA	242,99	3,06	647,43	3,57
		PALESTINA (Caldas)	121,23	1,53	292,70	1,61
		RISARALDA	285,90	3,60	335,29	1,85
	Risaralda	MARSELLA	552,91	6,96	1183,85	6,52
		PEREIRA	284,45	3,58	870,82	4,80
<b>Subtotal</b>			<b>4642,48</b>	<b>58,43</b>	<b>10598,44</b>	<b>58,38</b>
Media	Antioquia	ABEJORRAL	144,41	1,82	178,19	0,98
		AMAGÁ	51,25	0,65	79,80	0,44
		ANGELÓPOLIS	207,27	2,61	281,56	1,55
		ARMENIA (Antioquia)	25,35	0,32	20,50	0,11
		CALDAS (Antioquia)	115,72	1,46	231,57	1,28
		FREDONIA	108,42	1,36	151,65	0,84
		HELICONIA	227,92	2,87	204,80	1,13
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	332,01	4,18	687,71	3,79
	Caldas	AGUADAS	73,32	0,92	147,06	0,81
		BELALCÁZAR	20,11	0,25	76,13	0,42
		FILADELFIA	39,55	0,50	135,57	0,75
		LA MERCED	45,93	0,58	108,04	0,60

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		MANIZALES	58,05	0,73	89,74	0,49
		NEIRA	6,11	0,08	13,75	0,08
		PÁCORA	37,42	0,47	175,96	0,97
		PALESTINA (Caldas)	34,93	0,44	23,79	0,13
		RISARALDA	8,33	0,10	18,23	0,10
	Risaralda	MARSELLA	27,42	0,35	77,44	0,43
		PEREIRA	0,00	0,00	21,31	0,12
<b>Subtotal</b>			<b>1563,51</b>	<b>19,68</b>	<b>2722,77</b>	<b>15,00</b>
Alta	Antioquia	ABEJORRAL	76,07	0,96	132,51	0,73
		AMAGÁ	34,77	0,44	75,52	0,42
		ANGELÓPOLIS	84,08	1,06	209,36	1,15
		ARMENIA (Antioquia)	27,44	0,35	40,89	0,23
		CALDAS (Antioquia)	65,80	0,83	325,35	1,79
		FREDONIA	129,33	1,63	177,70	0,98
		HELICONIA	131,57	1,66	266,05	1,47
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	273,01	3,44	712,63	3,93
	Caldas	AGUADAS	200,90	2,53	475,26	2,62
		BELALCÁZAR	73,24	0,92	156,98	0,86
		FILADELFIA	98,20	1,24	332,41	1,83
		LA MERCED	55,10	0,69	324,64	1,79
		MANIZALES	48,77	0,61	183,67	1,01
		NEIRA	42,28	0,53	139,89	0,77
		PÁCORA	111,33	1,40	448,89	2,47
PALESTINA	25,39	0,32	92,91	0,51		

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		(Caldas)				
		RISARALDA	80,81	1,02	172,00	0,95
	Risaralda	MARSELLA	110,80	1,39	250,87	1,38
		PEREIRA	70,03	0,88	315,86	1,74
<b>Subtotal</b>			<b>1738,92</b>	<b>21,89</b>	<b>4833,40</b>	<b>26,62</b>
<b>Total general</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Figura 3.2.114 Calidad asociada a las Coberturas terrestres del Proyecto**

### 3.2.10.2.3 Cuerpos de agua

La valoración de la calidad visual asociada al agua se realizó mediante la clasificación de los cuerpos de agua encontrados en el área de estudio, otorgándole calidad visual Alta a las aguas limpias, claras y blancas (rápidos y cascadas) o láminas representativas de agua en reposo pertenecientes a lagunas, lagos y ciénagas naturales, ríos y todo lo que este clasificado en el mapa de hidrología como drenaje doble. Foto 3.2.121.

Se valoró con calidad visual Media a los cuerpos de agua en movimiento o reposo que no son elementos dominantes en el paisaje como los drenajes que se reportan como una línea en la cartografía, una calidad Baja a los cuerpos de agua artificiales presentes en el área de estudio, y el resto del territorio tiene un valor nulo para efectos de la ponderación de la calidad visual asociada a la presencia de los cuerpos de agua.

De acuerdo con la Tabla 3.2.114 la calidad Alta representa un 0,46% del AID y 0,70% del AII, y los municipios que presentan áreas más representativas asociados a esta calidad son Belalcázar, Manizales, Palestina y Marsella, y corresponden a la divisoria político administrativa de los municipios, donde el río Cauca funciona como elemento natural delimitante (entre Belalcázar y Marsella hay 3 tramos correspondientes a sus límites dentro del AID). Se incluyen además los ríos Buey, Arma, Cauca, Chinchiná, Campoalegre, Otún, y otros drenajes de dimensiones importantes definidos y delimitados cartográficamente sin nombre conocido.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.121 Calidad visual alta asociada al drenaje del río Arma. Vereda Bocas, Aguadas (Antioquia)**

El área valorada con calidad Media dentro del Área del Proyecto es del 0,31% del AID y del 0,33% del AII, se refiere a los drenajes que se reportan como líneas en la cartografía, no representan un porcentaje importante a nivel de calidad por este

criterio y no se encuentran drenajes que ameriten ser nombrados. La calidad Baja aunque asocia valores de área no son representativos en términos porcentuales teniendo en cuenta las áreas definidas para el AID y el AII (0,04% y 0,07% respectivamente).

En la Tabla 3.2.114 y Figura 3.2.115 se presentan la ocupación y localización las diferentes zonas de calidad visual del área del Proyecto de acuerdo con esta variable.

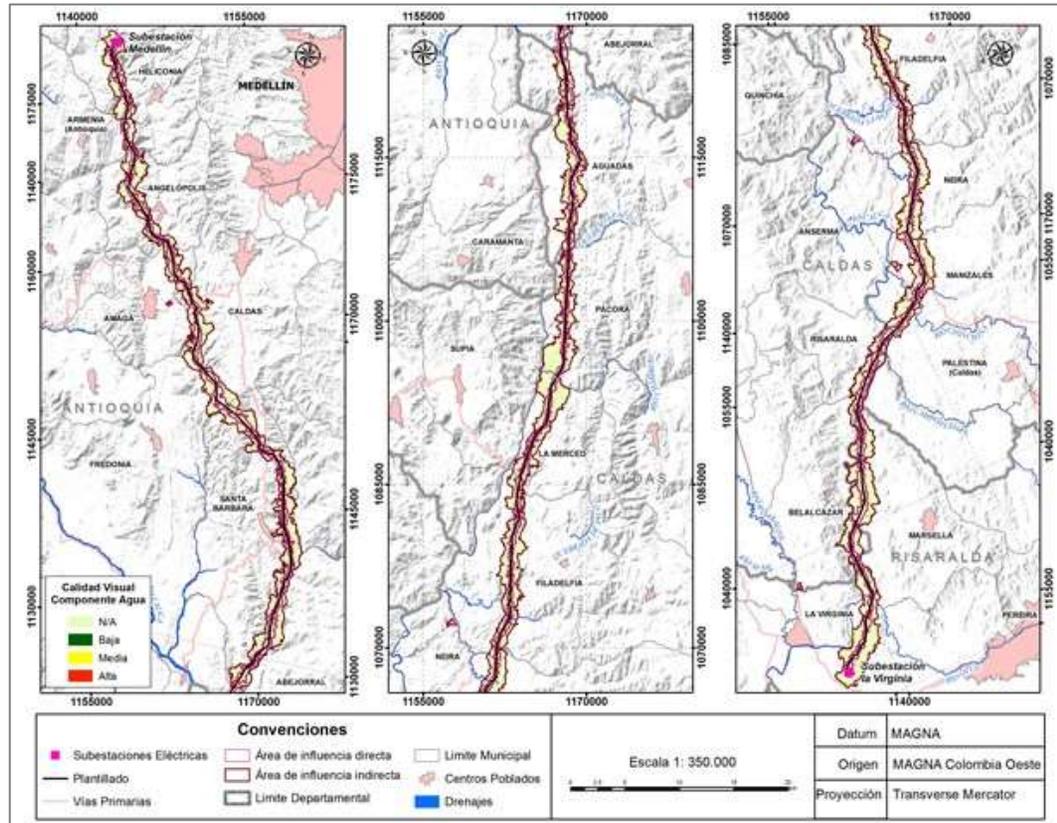
**Tabla 3.2.114 Calidad visual asociada a la presencia de cuerpos de agua (hidrografía)**

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA		
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%	
N/A	Antioquia	ANGELÓPOLIS	411,43	5,18	859,41	4,73	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	1117,90	14,07	2340,88	12,89	
		HELICONIA	438,82	5,52	783,33	4,31	
		AMAGÁ	214,32	2,70	404,96	2,23	
		CALDAS (Antioquia)	309,53	3,90	785,83	4,33	
		FREDONIA	262,16	3,30	462,68	2,55	
		ABEJORRAL	292,35	3,68	476,83	2,63	
		ARMENIA (Antioquia)	118,50	1,49	149,84	0,83	
	Caldas	AGUADAS	781,15	9,83	1685,67	9,29	
		NEIRA	343,69	4,33	1043,61	5,75	
		LA MERCED	369,45	4,65	1218,33	6,71	
		MANIZALES	329,07	4,14	755,06	4,16	
		FILADELFIA	681,23	8,57	1574,82	8,67	
		RISARALDA	371,38	4,67	518,47	2,86	
		BELALCÁZAR	241,68	3,04	544,94	3,00	
		PALESTINA (Caldas)	177,00	2,23	399,54	2,20	
	Risaralda	PÁCORÁ	389,98	4,91	1265,65	6,97	
		PEREIRA	350,60	4,41	1191,66	6,56	
			MARSELLA	680,06	8,56	1491,75	8,22
	<b>Subtotal</b>			<b>7880,30</b>	<b>99,19</b>	<b>17953,27</b>	<b>98,89</b>
Baja	Antioquia	ANGELÓPOLIS	0,00	0,00	0,09	0,00	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	0,00	0,00	0,15	0,00	
		HELICONIA	0,00	0,00	0,01	0,00	
		AMAGÁ	0,00	0,00	0,00	0,00	

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		CALDAS (Antioquia)	0,10	0,00	0,01	0,00
		ABEJORRAL	0,00	0,00	0,00	0,00
		ARMENIA (Antioquia)	0,00	0,00	0,03	0,00
	Caldas	AGUADAS	0,31	0,00	1,03	0,01
		NEIRA	0,27	0,00	2,88	0,02
		LA MERCED	0,06	0,00	0,53	0,00
		MANIZALES	0,97	0,01	2,28	0,01
		FILADELFIA	0,31	0,00	1,06	0,01
		RISARALDA	0,48	0,01	0,33	0,00
		BELALCÁZAR	0,01	0,00	0,24	0,00
		PALESTINA (Caldas)	0,03	0,00	0,15	0,00
		PÁCORÁ	0,00	0,00	0,03	0,00
		Risaralda	PEREIRA	0,29	0,00	1,82
	MARSELLA		0,62	0,01	2,56	0,01
<b>Subtotal</b>			<b>3,45</b>	<b>0,04</b>	<b>13,18</b>	<b>0,07</b>
Media	Antioquia	ANGELÓPOLIS	1,12	0,01	2,79	0,02
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	4,07	0,05	8,83	0,05
		HELICONIA	1,05	0,01	2,59	0,01
		AMAGÁ	0,79	0,01	1,53	0,01
		CALDAS (Antioquia)	0,75	0,01	3,28	0,02
		FREDONIA	0,89	0,01	1,73	0,01
		ABEJORRAL	1,30	0,02	1,76	0,01
		ARMENIA (Antioquia)	0,36	0,00	0,69	0,00
	Caldas	AGUADAS	3,01	0,04	6,66	0,04
		NEIRA	0,73	0,01	2,02	0,01
		LA MERCED	0,94	0,01	3,40	0,02
		MANIZALES	0,90	0,01	1,54	0,01
		FILADELFIA	1,70	0,02	4,66	0,03
		RISARALDA	0,86	0,01	1,95	0,01
		BELALCÁZAR	0,70	0,01	1,64	0,01
		PALESTINA (Caldas)	0,49	0,01	1,47	0,01

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA		
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%	
		PÁCORA	1,52	0,02	4,53	0,02	
	Risaralda	PEREIRA	0,91	0,01	4,78	0,03	
		MARSELLA	2,22	0,03	4,70	0,03	
<b>Subtotal</b>			<b>24,29</b>	<b>0,31</b>	<b>60,59</b>	<b>0,33</b>	
Alta	Antioquia	ANGELÓPOLIS	0,06	0,00	1,09	0,01	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	2,34	0,03	23,82	0,13	
		HELICONIA	0,51	0,01	1,85	0,01	
		ABEJORRAL	0,72	0,01	23,55	0,13	
	Caldas	AGUADAS	0,89	0,01	0,92	0,01	
		NEIRA	0,79	0,01	1,95	0,01	
		LA MERCED	0,43	0,01	3,28	0,02	
		MANIZALES	3,49	0,04	5,87	0,03	
		FILADELFIA	2,10	0,03	5,83	0,03	
		RISARALDA	2,32	0,03	4,77	0,03	
		BELALCÁZAR	8,04	0,10	21,43	0,12	
		PALESTINA (Caldas)	4,03	0,05	8,24	0,05	
		PÁCORA	0,23	0,00	2,08	0,01	
	Risaralda	PEREIRA	2,68	0,03	9,73	0,05	
		MARSELLA	8,23	0,10	13,15	0,07	
	<b>Subtotal</b>			<b>36,87</b>	<b>0,46</b>	<b>127,56</b>	<b>0,70</b>
	<b>Total general</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.115 Calidad visual asociada a la Presencia de Cuerpos de Agua (Hidrografía)**

#### 3.2.10.2.4 Rareza

Se define como rareza las características del territorio que no son frecuentes dentro del entorno estudiado ó que poseen condiciones particulares de vital importancia para la región; bien sea por ser un elemento natural indispensable para el funcionamiento óptimo de los ecosistemas o por su papel dentro de la identidad social y/o cultural; por lo que estos elementos requieren de un conocimiento más detallado. Dentro de este criterio se encuentran áreas de exaltación ecológica como zonas protegidas con presencia de especies raras, morfologías de alto contraste con características físicas particulares y ecosistemas estratégicos. A este criterio también se le puede sumar los elementos autóctonos o endémicos del área estudiada, aspectos culturales, sitios valorados como patrimonio histórico, turístico, entre otros.

Según la descripción anterior, la calidad visual Alta referente a la rareza dentro del área del Proyecto, incluye todos los fragmentos de las coberturas correspondientes a bosques riparios, y gradual ripario, y a su vez, los polígonos del bosque fragmentado y la vegetación secundaria (alta y baja) que se cruza con las áreas definidas por CORANTIOQUIA y CORPOCALDAS como Bosque Seco Tropical, teniendo en cuenta que es uno de los biomas más amenazados a nivel nacional,<sup>333</sup> por ser suelos aptos para la ganadería y fértiles para la agricultura.

En general, se puede precisar que a lo largo y ancho del área de análisis, en las coberturas Bosque ripario y gradual ripario se identificaron cantidad de especies de flora y fauna que revisten una importancia adicional a este tipo de ecosistemas sea por su estado de endemismo, amenaza, veda o incluso carisma (para la fauna); del grupo de flora algunas de ellas fueron: los helechos arbóreos (*Cyathea andina*, *Cyathea caracasana*, *Cyathea squamipes*, *Cyathea pauciflora*, *Lophosoria quadripinnata* y *Liparis sp.1*), todos con veda nacional, y otras especies tales como *Aniba perutilis*, *Hymenaea courbaril* y las heliconeas con veda regional por Corantioquia. Cabe mencionar que en el numeral 3.3.1.1.2.5\_Especies sensibles o amenazadas, se describen de manera detallada todas las especies identificadas en el área de análisis del grupo de flora terrestre, las cuales relacionan importancia por su estado de endemismo, categoría cites, estado de amenaza según la IUCN o la resolución del MADS, y/o veda.

Del grupo de fauna se resalta la importancia de las especies *Alouatta seniculus* (mono ahuyador) y *Cebus capucinus* (mono cariblanco), las cuales se asocian de manera específica a coberturas boscosas, mostrando preferencia por los fragmentos que se asocian a los ríos, ambas especies hacen parte del Apéndice II del CITES. Adicionalmente, se reportaron en el área de análisis las especies de aves *Hypopyrrhus pyrohypogaster* y *Patagioenas subvinacea* categorizadas como Vulnerables según la UICN, y la primera también reportada según la Resolución

---

<sup>333</sup> PIZANO, C y GARCIA, H. (Editores). El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá. D.C. 2014, p.38

0192 del 2014 como vulnerable y además ha sido valorada como endémica. También se reportaron dos especies del orden de los anfibios correspondientes a *Strabomantis necopinus* y *Nymphargus rosada*, de distribución endémica, y además definidas en la categoría de Vulnerables según la IUCN.

Cabe resaltar que para todas estas especies de flora y fauna, su categoría de amenaza está relacionada debido a la transformación de su hábitat, lo cual presenta una mayor relevancia teniendo en cuenta que varias de estas presentan distribución restringida. En el numeral 3.3.1.1\_Flora y 3.3.1.2\_Fauna se relaciona ampliamente las especies en categoría de amenaza, veda y/o vulnerable identificadas en cada grupo a partir de los muestreos realizados.

Las áreas de bosque seco tropical en el Proyecto corresponden al valle geográfico del río Cauca, donde a pesar de su fragmentación y deterioro se consideran los bosques más diversos del país. (Idarraga et al. 2012)<sup>334</sup> Este deterioro afecta en gran medida la conservación de especies endémicas, la regulación de los ciclos de nutrientes y agua, la regulación climática y los servicios de polinización y dispersión de semillas<sup>335</sup>. Foto 3.2.122

Se incluyeron dentro de la calidad Media las áreas de coberturas de bosque fragmentado y vegetación secundaria alta y vegetación secundaria baja que se interceptan con las áreas protegidas nacionales, regionales y locales o con áreas de interés cultural y/o social; entre las que se encuentran el Corredor de los bosques de la Horcona y Sabaletas, y el Corredor de la estrella hidrográfica de los Grandes Ríos Samana Norte, Buey, Aburrá y Cauca (Ver numeral 3.1.1.5 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas), y el Paisaje Cultura cafetero, con el objetivo de que sus ecosistemas naturales sean conservados, protegidos y restaurados ya que son áreas no solo de valor paisajístico por sus características físicas sino que proveen servicios ecosistémicos a toda la región.

También se exaltan las áreas catalogadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como "Paisaje Cultural del Café" que fue declarado como patrimonio mundial de la humanidad, por ser reflejo de una tradición centenaria de cultivo de café (Resolución 2079 del 2011), y que aunque no se encuentran dentro de las áreas protegidas naturales, son de vital importancia en la lectura del paisaje ya que preservan un bien cultural y unas dinámicas socioeconómicas propias que hacen de ese territorio una particularidad no solo a nivel nacional, sino a nivel mundial.

---

<sup>334</sup> IDÁRRAGA, P. Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas vasculares. Vol. II. Programa expedición Antioquia 2013. Series biodiversidad y recursos naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden y oficina de planeación departamental de la Gobernación de Antioquia. Bogotá: Editorial D'Vinni, 2011, citado por PIZANO, C y GARCÍA, H. (Editores). El bosque seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt (IAvH). Bogotá D.C. 2014, p.76

<sup>335</sup> BALVANERA, Patricia. y otros. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. En: ecosistemas, Revista científica de ecología y medio ambiente. Enero-Agosto, 2012, p. 137-146

Se le otorga una calidad Baja en términos de rareza a las áreas que no fueron descritas en calidad Alta y Media por ser zonas muy comunes en la región sin particularidades específicas.

De acuerdo con los resultados de la calidad visual por rareza, predomina la calidad Baja, a la cual le siguen la calidad Alta y finalmente, la Media, como se describe a continuación y se muestra en la Tabla 3.2.115.

El 67,88% del AID y el 65,81% del AII no presentan atributos de rareza en términos de calidad visual considerados excepcionales. Los departamentos donde impera esta calidad son Caldas y Risaralda, con abundancia de pastos limpios, cultivos permanentes arbustivos y arbóreos (ver Mapa\_Coberturas vegetales). Adicionalmente, la calidad Alta, se refleja en el 20,05% del AID y el 25,15% del AII, con mayor dominio en el departamento de Caldas en los municipios de Aguadas, Filadelfia y Pácora donde hay mayor presencia de bosque ripario, guadual ripario, bosque fragmentado y vegetación secundaria que corresponde al bosque seco tropical del cañon del río Cauca; adicional a esta condición, la cercanía al Paisaje Cultural Cafetero es una cualidad importante de este territorio. En el departamento de Antioquia, los municipios de Heliconia, Fredonia y Santa Barbara (áreas correspondientes al cañon del río Cauca), también mantienen rasgos excepcionales a nivel de vegetación y fauna.



Fuente: Consocio MARTE – HMV, 2017

**Foto 3.2.122 Calidad visual Alta asociada a la rareza. Cobertura de bosque ripario que hace parte del bioma bosque seco tropical, Marsella (Risaralda)**

Finalmente la calidad Media corresponde al 12,07% del AID y al 9,04% del AII. Los municipios donde predomina esta calidad se ubican en el departamento de Antioquia (Angelópolis, Heliconia y Santa Bárbara) donde hay presencia notoria de vegetación secundaria, bosques fragmentados y bosques riparios que hacen parte de las siguientes áreas protegidas: Corredor de los bosques de la Horcona y

Sabaletas (Heliconia y Angelópolis) y el Corredor de la estrella hidrográfica de los Grandes Ríos Samana Norte, Buey, Aburrá y Cauca.

En la Tabla 3.2.115 y Figura 3.2.116 se muestran los porcentajes y ubicación de las diferentes zonas de calidad visual de acuerdo con este parámetro

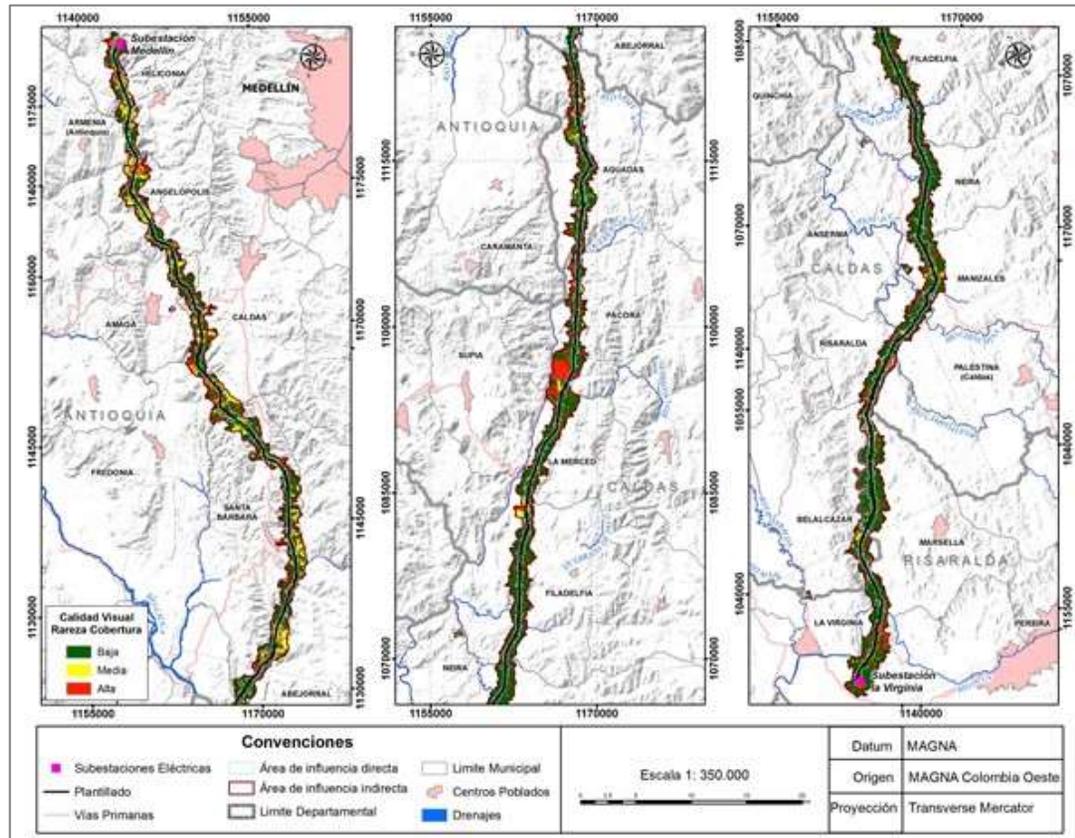
**Tabla 3.2.115 Calidad visual asociada a la Rareza en el área del Proyecto**

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	Antioquia	ANGELÓPOLIS	175,81	2,21	454,69	2,50
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	713,83	8,98	1445,31	7,96
		HELICONIA	161,28	2,03	409,89	2,26
		AMAGÁ	157,22	1,98	281,78	1,55
		CALDAS (Antioquia)	211,33	2,66	401,86	2,21
		FREDONIA	92,67	1,17	214,60	1,18
		ABEJORRAL	117,23	1,48	247,30	1,36
		ARMENIA (Antioquia)	83,23	1,05	102,74	0,57
	Caldas	AGUADAS	559,72	7,05	1130,23	6,23
		NEIRA	297,10	3,74	904,74	4,98
		LA MERCED	314,27	3,96	861,11	4,74
		MANIZALES	271,98	3,42	549,06	3,02
		FILADELFIA	551,16	6,94	1158,08	6,38
		RISARALDA	285,90	3,60	335,29	1,85
		BELALCÁZAR	168,92	2,13	360,21	1,98
		PALESTINA (Caldas)	136,50	1,72	314,98	1,74
		PÁCORA	253,23	3,19	668,64	3,68
	Risaralda	PEREIRA	284,45	3,58	881,18	4,85
		MARSELLA	557,10	7,01	1225,62	6,75
	<b>Subtotal</b>			<b>5392,93</b>	<b>67,88</b>	<b>11947,3</b>

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
					1	
Media	Antioquia	ANGELÓPOLIS	171,92	2,16	212,97	1,17
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	200,93	2,53	373,60	2,06
		HELICONIA	170,86	2,15	161,32	0,89
		AMAGÁ	23,12	0,29	63,67	0,35
		CALDAS (Antioquia)	43,65	0,55	101,72	0,56
		FREDONIA	53,65	0,68	111,42	0,61
		ABEJORRAL	108,84	1,37	135,94	0,75
		ARMENIA (Antioquia)	16,24	0,20	22,06	0,12
	Caldas	AGUADAS	36,92	0,46	124,72	0,69
		NEIRA	6,11	0,08	5,83	0,03
		LA MERCED	5,29	0,07	39,80	0,22
		MANIZALES	17,44	0,22	32,02	0,18
		FILADELFIA	35,97	0,45	95,88	0,53
		RISARALDA	8,33	0,10	18,23	0,10
		BELALCÁZAR	8,27	0,10	60,90	0,34
		PALESTINA (Caldas)	19,66	0,25	1,50	0,01
		PÁCORA	8,70	0,11	31,80	0,18
	Risaralda	PEREIRA	0,00	0,00	10,95	0,06
		MARSELLA	23,23	0,29	37,61	0,21
	<b>Subtotal</b>			<b>959,11</b>	<b>12,07</b>	<b>1641,92</b>
Alta	Antioquia	ANGELÓPOLIS	64,88	0,82	195,73	1,08
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	209,55	2,64	554,77	3,06

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA		
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%	
		HELICONIA	108,26	1,36	216,58	1,19	
		AMAGÁ	34,77	0,44	61,06	0,34	
		CALDAS (Antioquia)	55,40	0,70	285,55	1,57	
		FREDONIA	116,71	1,47	138,39	0,76	
		ABEJORRAL	68,29	0,86	118,91	0,65	
		ARMENIA (Antioquia)	19,39	0,24	25,76	0,14	
	Caldas	AGUADAS	188,71	2,38	439,34	2,42	
		NEIRA	42,28	0,53	139,89	0,77	
		LA MERCED	51,33	0,65	324,64	1,79	
		MANIZALES	45,01	0,57	183,67	1,01	
		FILADELFIA	98,20	1,24	332,41	1,83	
		RISARALDA	80,81	1,02	172,00	0,95	
		BELALCÁZAR	73,24	0,92	147,14	0,81	
		PALESTINA (Caldas)	25,39	0,32	92,91	0,51	
	Risaralda	PÁCORA	129,81	1,63	571,84	3,15	
		PEREIRA	70,03	0,88	315,86	1,74	
			MARSELLA	110,80	1,39	248,93	1,37
	<b>Subtotal</b>			<b>1592,87</b>	<b>20,05</b>	<b>4565,38</b>	<b>25,15</b>
	<b>Total general</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.116 Calidad visual asociada a la Raridad en el área del Proyecto**

### 3.2.10.2.5 Fondo escénico

Este criterio se refiere a las áreas de calidad escénica sobresaliente que requieren una gestión especial para proteger o mejorar su calidad.

Se le dio una calificación Alta a las áreas cuyo carácter paisajístico muestra un grado alto de variedad, armonía y contraste entre sus elementos visuales básicos, lo que determina un paisaje agradable al observador.

Dentro de esta clasificación se ubican las unidades geomorfológicas más representativas del territorio como, Cresta Abrupta en Roca Volcánica, Cerro Diorítico, Cerros Porfiríticos, Cerros Alargados Porfiríticos, Cerros Alargados en Roca Volcánica y Subvolcánica, Escarpe, Filos de Laderas Cortase en Roca Ígnea y Sedimentaria, Montaña Estructural Erosional en Roca Intrusiva y Metasedimentaria, Filos Alargados con Cimas Subangulares, Filos de Cimas Agudas, Filos de Cimas Amplias y Subangulares, Filos de Laderas Largas en Roca Volcano sedimentaria, Filos Paralelos de Laderas Medias en Rocas Ígneas y Neises Sintéctonicos, Filos Subagudos en Roca Volcánica, Filos Subredondeados en Roca Volcánica, que generan la representación de una escena paisajística imponente, heterogénea en colores y texturas por la variedad de fauna, vegetación y apropiación que cada piso térmico admite. Foto 3.2.123

Se le otorgó una calidad Media al Lomerío Estructural-erosional en Roca Sedimentaria y Subvolcánica, Lomerío Estructural-erosional en Roca Sedimentaria y Volcánica, Lomerío Erosional en Cenizas y Flujos, Lomerío Erosional en Roca Conglomerática, Lomerío Erosional en Roca Sedimentaria y Metasedimentaria y Lomerío Erosional en Roca Sedimentaria, por ser una morfología que incrementa de forma moderada las calidad visual del paisaje, y finalmente una calidad Baja a las unidades geomorfológicas denominadas como Cauce Aluvial, Superficies Aluviales Planas y Onduladas y Valle Aluvial por ser morfologías que no incrementan la calidad del fondo escénico en términos paisajístico.

La calidad Alta corresponde a un 63,47% del AID y un 61,76% del AII. Esta calificación obedece al relieve marcado y abrupto que predomina en el sur oriente del departamento de Antioquia (Heliconia, Armenia Mantequilla, Angelópolis, Amaga, Caldas, Abejorral y Santa Bárbara por la presencia de la cordillera Occidental y central), y a los municipios del departamento de Caldas (Pácora, La Merced y Filadelfia) donde predominan las unidades geomorfológicas enunciadas anteriormente para la valoración de esta calidad.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.123 Calidad visual Alta asociada al fondo escénico. Vereda Palo Blanco, Armenia Mantequilla (Antioquia)**

La calidad Media corresponde al 34,77% del AID y al 35,90% del AII, los municipios de mayor predominio en esta valoración son Aguadas, Pácora, La Merced, Filadelfia, Neira, Manizales, Palestina, Risaralda y Belarcasar, donde el relieve es montañoso sin alturas que predominan en la escena como en el departamento de Antioquia.

Finalmente la calidad Baja representa un 1,75% del AID y un 2,34% del AII. Este porcentaje es muy bajo si se tiene en cuenta el AID y el AII total del proyecto con las siguientes áreas; 7.933,14 ha y 18.181,79 ha respectivamente y se refiere a la llanura aluvial de río Cauca en su mayoría. Foto 3.2.124



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.124. Calidad visual Baja asociada al fondo escénico. Vereda Estación Pereira, Marsella (Risaralda)**

En términos generales, la calidad visual Alta predomina en el área del Proyecto, seguida por la calidad Media, y la calidad Baja como se muestra en la Tabla 3.2.116 y Figura 3.2.117.

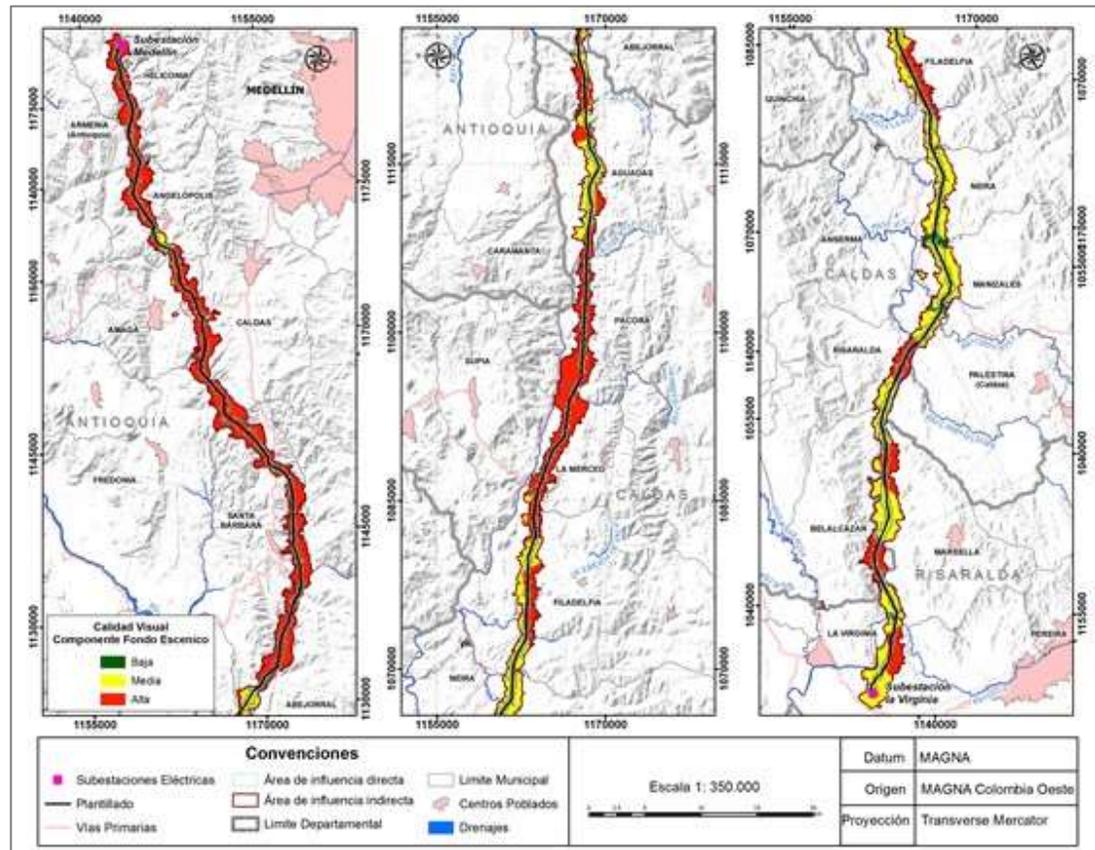
**Tabla 3.2.116 Calidad visual asociada al Fondo escénico del Proyecto**

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	Antioquia	ANGELÓPOLIS	0,06	0,00	1,03	0,01
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	2,41	0,03	25,95	0,14
		HELICONIA	0,51	0,01	1,85	0,01
		ABEJORRAL	0,90	0,01	25,11	0,14
	Caldas	AGUADAS	0,89	0,01	0,92	0,01
		NEIRA	49,39	0,62	117,82	0,65
		LA MERCED	0,37	0,00	3,15	0,02
		MANIZALES	22,26	0,28	88,49	0,49
		FILADELFIA	2,34	0,03	5,34	0,03

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		RISARALDA	2,22	0,03	4,77	0,03
		BELALCÁZAR	14,27	0,18	31,91	0,18
		PALESTINA (Caldas)	22,38	0,28	39,39	0,22
		PÁCORA	0,23	0,00	2,08	0,01
	Risaralda	PEREIRA	11,53	0,15	52,44	0,29
		MARSELLA	9,43	0,12	24,00	0,13
<b>Subtotal</b>			<b>139,22</b>	<b>1,75</b>	<b>424,26</b>	<b>2,34</b>
Media	Antioquia	ANGELÓPOLIS	67,22	0,85	123,11	0,68
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	169,73	2,14	232,39	1,28
		AMAGÁ	5,52	0,07	51,02	0,28
	Caldas	AGUADAS	494,63	6,23	966,11	5,32
		NEIRA	296,09	3,73	932,64	5,14
		MANIZALES	312,17	3,93	676,26	3,73
		FILADELFIA	298,86	3,76	870,22	4,79
		RISARALDA	162,77	2,05	232,24	1,28
		BELALCÁZAR	73,72	0,93	144,80	0,80
		PALESTINA (Caldas)	159,17	2,00	370,01	2,04
	Risaralda	PEREIRA	227,13	2,86	789,10	4,35
		MARSELLA	495,74	6,24	1129,49	6,22
	<b>Subtotal</b>			<b>2762,77</b>	<b>34,77</b>	<b>6517,40</b>
Alta	Antioquia	ANGELÓPOLIS	345,32	4,35	739,24	4,07
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	952,16	11,98	2115,34	11,65

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		HELICONIA	439,88	5,54	785,93	4,33
		AMAGÁ	209,59	2,64	355,48	1,96
		CALDAS (Antioquia)	310,38	3,91	789,13	4,35
		FREDONIA	263,04	3,31	464,41	2,56
		ABEJORRAL	293,46	3,69	477,04	2,63
		ARMENIA (Antioquia)	118,86	1,50	150,56	0,83
	<b>Caldas</b>	AGUADAS	289,84	3,65	727,26	4,01
		LA MERCED	370,51	4,66	1222,39	6,73
		FILADELFIA	384,13	4,83	710,80	3,92
		RISARALDA	210,05	2,64	288,51	1,59
		BELALCÁZAR	162,43	2,04	391,53	2,16
		PÁCORA	391,50	4,93	1270,20	7,00
	<b>Risaralda</b>	PEREIRA	115,81	1,46	366,44	2,02
		MARSELLA	185,94	2,34	358,67	1,98
<b>Subtotal</b>			<b>5042,92</b>	<b>63,47</b>	<b>11212,95</b>	<b>61,76</b>
<b>Total general</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.117 Calidad visual asociada al fondo escénico del área del Proyecto**

### 3.2.10.2.6 Calidad visual total del paisaje

Finalmente se desarrolló el análisis de la calidad visual total a partir de la suma de los atributos correspondientes a la morfología, las coberturas, la presencia de cuerpos de agua, la rareza y el fondo escénico.

En general, predomina la calidad visual Media que corresponde a un paisaje levemente alterado; esta calidad no se encuentra en concentraciones notorias sobre el territorio sino que se presenta de forma dispersa sobre el AID y el AII del Proyecto. Los municipios donde predomina esta valoración son Angelópolis, Caldas, Santa Barbara, Aguadas, Filadelfia, La Merced y Marsella con áreas mayores a 300 ha asociadas a la calidad total visual Media. Foto 3.2.125

Lo anterior refleja que el Proyecto se inserta en una zona de alto valor paisajístico a nivel morfológico y de coberturas vegetales que ha sido intervenida constantemente por actividades agrícolas y ganaderas. Estas actividades han degradado las coberturas boscosas pertenecientes al bosque seco tropical ubicado en la ribera del río Cauca y han sido reemplazadas en un alto porcentaje por cultivos y pastos que son coberturas que no pueden albergar la riqueza de flora y fauna que se asocia al bosque ripario, bosque fragmentado y a la vegetación secundaria alta o baja que crece bajo las condiciones climáticas y los suelos de esta región.

La calidad total visual Baja se encuentra en los municipios de Neira, Manizales, Palestina y Risaralda (Departamento de Caldas), y, Marsella y La Virginia (Departamento de Risaralda) donde el paisaje se encuentra altamente alterado por los procesos antrópicos asociados al cultivo de café (por ser un área próxima al Paisaje Cultural Cafetero) y a la ganadería, además que no cuenta con características asociadas a la morfología de valor alto que predominen en la escena como ocurre en el departamento de Antioquía por las condiciones topográficas.

Finalmente la calidad visual Alta corresponde a 1.735,50 ha (21, 84% del AID) y a 4.776,92 ha (26,31 del AII), predominando al norte del Proyecto en el departamento de Antioquía donde a pesar de las actividades antrópicas frecuentes en la zona, la topografía marcada permite una mayor amplitud en las coberturas boscosas que aún se conservan; la visibilidad escénica desde las cuencas visuales conserva mejores facultades ya que por la presencia de desniveles representativos hay un mayor alcance visual del observador y por las variaciones de altura que se encuentran en la zona, hay una mayor diversidad de ecosistemas, lo que permite más variedad de especies de fauna y flora.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.125 Calidad visual total Media**

Como resultado final se obtuvo con respecto a la calidad visual que las áreas totales de las diferentes calidades son muy parejas: la calidad visual total Alta corresponde el 21,84%, la calidad Media al 60,93% y la Baja al 17,23% del AID del Proyecto. Ver Tabla 3.2.117 y Figura 3.2.118.7

**Tabla 3.2.117 Calidad visual total del área del Proyecto Proyecto**

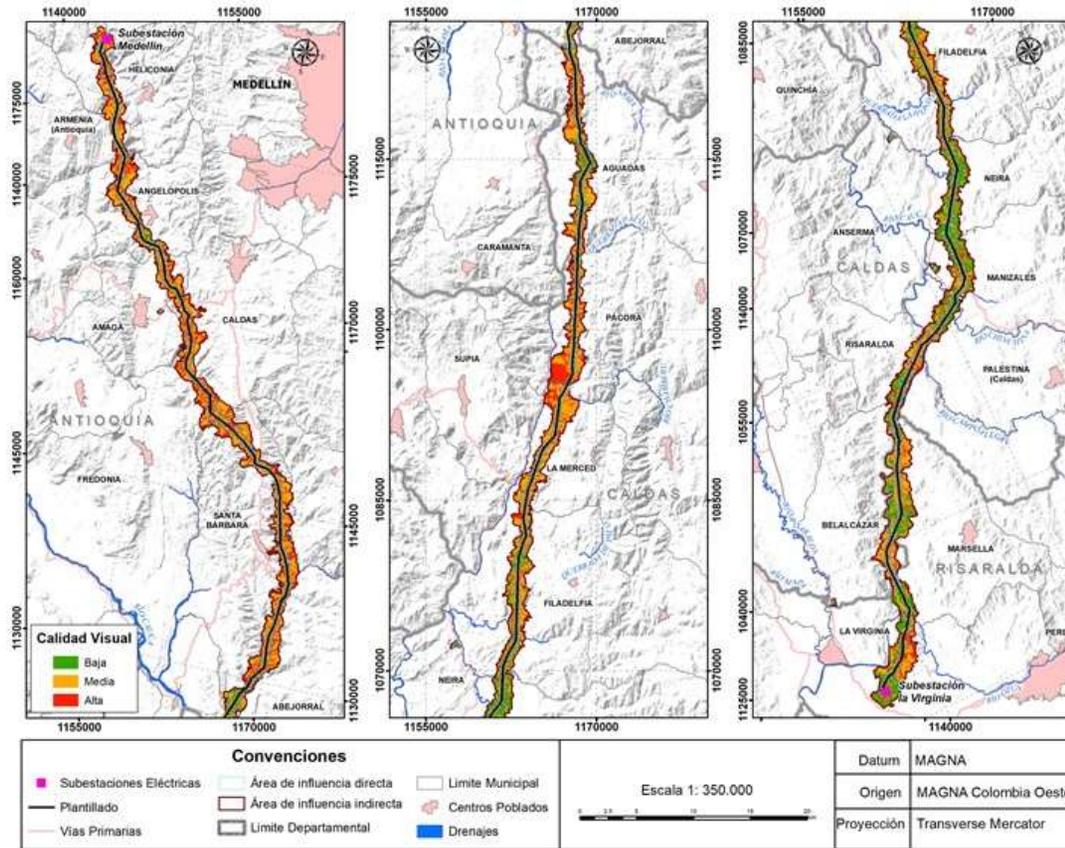
CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	Antioquia	ABEJORRAL	0,18	0,00	10,64	0,06
		AMAGÁ	2,34	0,03	11,78	0,06
		ANGELÓPOLIS	16,97	0,21	47,45	0,26
		CALDAS (Antioquia)	0,44	0,01	3,83	0,02

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		HELICONIA	0,72	0,01	0,65	0,00
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	75,67	0,95	90,35	0,50
	Caldas	AGUADAS	172,34	2,17	267,14	1,47
		BELALCÁZAR	26,55	0,33	72,40	0,40
		FILADELFIA	110,96	1,40	310,00	1,71
		LA MERCED	9,81	0,12	15,92	0,09
		MANIZALES	191,28	2,41	415,25	2,29
		NEIRA	215,19	2,71	685,86	3,78
		PÁCORA	0,30	0,00	0,18	0,00
		PALESTINA (Caldas)	79,23	1,00	194,88	1,07
	RISARALDA	91,13	1,15	120,92	0,67	
	Risaralda	MARSELLA	221,80	2,79	617,21	3,40
		PEREIRA	154,02	1,94	478,89	2,64
<b>Subtotal</b>			<b>1368,93</b>	<b>17,23</b>	<b>3343,33</b>	<b>18,42</b>
Media	Antioquia	ABEJORRAL	217,68	2,74	358,62	1,98
		AMAGÁ	178,00	2,24	319,20	1,76
		ANGELÓPOLIS	311,45	3,92	606,37	3,34
		ARMENIA (Antioquia)	91,42	1,15	109,65	0,60
		CALDAS (Antioquia)	244,28	3,07	467,20	2,57
		FREDONIA	133,67	1,68	292,39	1,61
		HELICONIA	290,06	3,65	510,59	2,81
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	770,04	9,69	1567,43	8,63

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
	Caldas	AGUADAS	416,14	5,24	981,28	5,41
		BELALCÁZAR	151,78	1,91	350,08	1,93
		FILADELFIA	476,49	6,00	948,43	5,22
		LA MERCED	307,35	3,87	884,81	4,87
		MANIZALES	107,66	1,36	203,59	1,12
		NEIRA	103,16	1,30	265,20	1,46
		PÁCORA	261,59	3,29	700,15	3,86
		PALESTINA (Caldas)	79,70	1,00	131,53	0,72
		RISARALDA	202,65	2,55	234,83	1,29
	Risaralda	MARSELLA	362,65	4,56	661,54	3,64
		PEREIRA	134,70	1,70	441,47	2,43
<b>Subtotal</b>			<b>4840,48</b>	<b>60,93</b>	<b>10034,36</b>	<b>55,27</b>
Alta	Antioquia	ABEJORRAL	76,50	0,96	132,89	0,73
		AMAGÁ	34,77	0,44	75,53	0,42
		ANGELÓPOLIS	84,18	1,06	209,56	1,15
		ARMENIA (Antioquia)	27,44	0,35	40,91	0,23
		CALDAS (Antioquia)	65,66	0,83	318,10	1,75
		FREDONIA	129,37	1,63	172,02	0,95
		HELICONIA	149,62	1,88	276,55	1,52
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	278,59	3,51	715,90	3,94
	Caldas	AGUADAS	196,87	2,48	445,87	2,46
		BELALCÁZAR	72,10	0,91	145,77	0,80
		FILADELFIA	97,88	1,23	327,94	1,81

CALIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		LA MERCED	53,72	0,68	324,82	1,79
		MANIZALES	35,49	0,45	145,91	0,80
		NEIRA	27,13	0,34	99,40	0,55
		PÁCORA	129,84	1,63	571,95	3,15
		PALESTINA (Caldas)	22,62	0,28	82,99	0,46
		RISARALDA	81,27	1,02	169,78	0,94
	Risaralda	MARSELLA	106,67	1,34	233,41	1,29
		PEREIRA	65,77	0,83	287,62	1,58
<b>Subtotal</b>			<b>1735,50</b>	<b>21,84</b>	<b>4776,92</b>	<b>26,31</b>
<b>Total general</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.118 Mapa Calidad visual total del Proyecto**

### 3.2.10.2.7 Incidencia del Proyecto en las costumbres del lugar

Para determinar la incidencia que el Proyecto tiene sobre las actividades culturales y el sentido de pertenencia de las comunidades que conforman el área de influencia directa a través del Paisaje, se toma como base la información que se recolectó en los talleres de valoración económica donde se indagó por el nivel de satisfacción que la comunidad y los líderes institucionales tienen con el estado actual del Paisaje en un escenario sin Proyecto.

Debido a que las condiciones del paisaje sin Proyecto fueron analizadas en base a los elementos ecológicos del paisaje, se establecerá la conexión de la percepción que el habitante tiene de su entorno desde los criterios de morfología (Pendientes), coberturas terrestres, cuerpos de agua, rareza y fondo escénico (tipos de relieve circundante).

De acuerdo a los resultados, en general, la comunidad se encuentra Muy satisfecha con las condiciones actuales del Paisaje, resultado que se explica bajo los criterios que se definen en la calidad visual, como la complejidad topográfica y de coberturas, elementos singulares respecto a la fauna y la flora y el fondo escénico dominado en su mayoría por áreas cuyo carácter paisajístico muestra un grado alto de variedad, armonía y contraste entre sus elementos visuales, como se puede observar en la Figura 3.2.113, lo que hace que gran parte de las comunidades se identifiquen con el paisaje andino rural productivo en términos agrícolas por la variedad de alturas que permiten un mayor aprovechamiento del suelo.

Las zonas de cultivos y áreas de asentamientos de las comunidades a pesar de ser territorios que por sus actividades antrópicas se les fue otorgada una calificación Baja según los criterios anteriormente mencionados en calidad visual, tienen un fondo escénico de alta calidad que predomina en su cotidianidad, lo que genera que cualquier elemento artificial que no entre en concordancia con el paisaje natural descrito en el numeral de calidad visual, se vea discordante con el entorno.

**Tabla 3.2.118 Satisfacción de las comunidades con el Paisaje en un escenario sin Proyecto.**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	NIVEL DE SATISFACCIÓN
<b>Antioquia</b>	ANGELÓPOLIS	4,40
	SANTA BÁRBARA (Antioquia)	4,62
	HELICONIA	4,88
	AMAGÁ	4,73
	CALDAS (Antioquia)	5,00
	FREDONIA	4,29

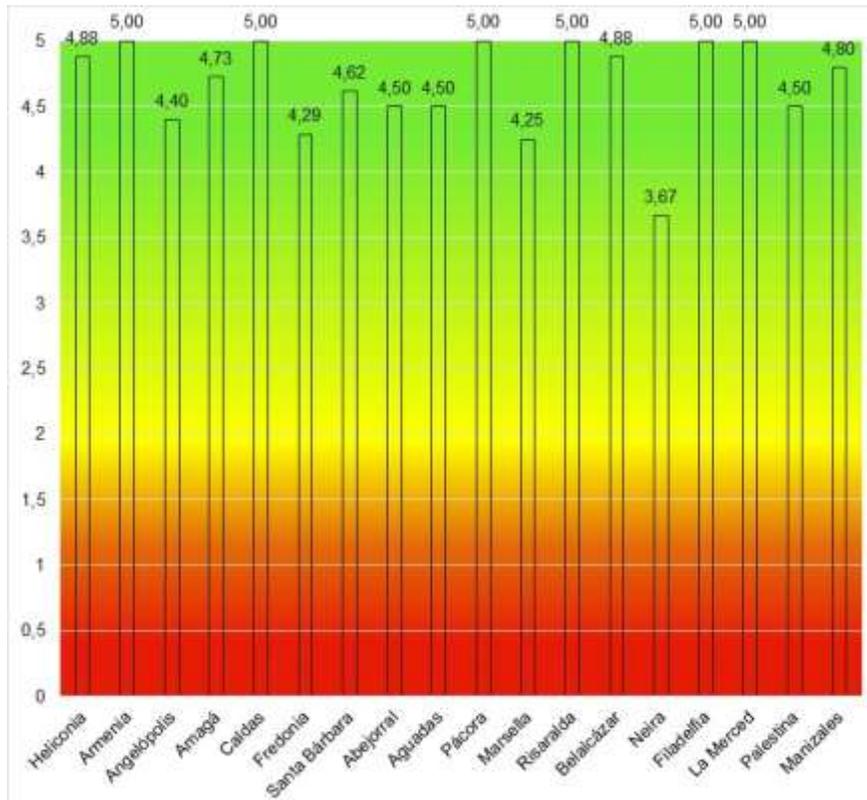
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	NIVEL DE SATISFACCIÓN
	ABEJORRAL	4,50
	ARMENIA (Antioquia)	5,00
Caldas	AGUADAS	4,50
	NEIRA	3,67
	LA MERCED	5,00
	MANIZALES	4,80
	FILADELFIA	5,00
	RISARALDA	5,00
	BELALCÁZAR	4,88
	PALESTINA (Caldas)	4,50
	PÁCOR A	5,00
Risaralda	MARSELLA	4,25
<b>Agregado comunidad</b>		4,64

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Al analizar el nivel de satisfacción por cada municipio, se encuentra que en 17 de los 18 municipios del AID entrevistados el índice de satisfacción es superior a 4,0, lo que indica que en estos municipios la comunidad se siente Muy satisfecha y Satisfecha con los atributos del paisaje; se destaca que en Armenia, Caldas, Pácora, Risaralda, Filadelfia y La Merced existe una satisfacción total. Las comunidades del municipio de Neira (Caldas), por su parte, son las que reportan un menor nivel de satisfacción (3,67), debido a que consideran que en las zonas por donde pasará el Proyecto Medellín – La Virginia el paisaje tiene una alta intervención antrópica y los atributos naturales no son tan agradables como en otros lugares, dada la vocación ganadera de este territorio.

A pesar de que en la tabla de las coberturas terrestres, este municipio no presenta las áreas más representativas asociadas a pastos y cultivos correspondientes a la calidad visual Baja en términos de coberturas, como se puede observar en la tabla Tabla 3.2.118, la comunidad no se siente satisfecha debido a que al ser un municipio relativamente pequeño que se ubica a 1950 msnm y tiene una visual amplia de las torres que pasarán por el municipio por la amplitud de algunas cuencas visuales donde el paisaje ha sido intervenido por actividades de ganadería y cultivos, observan deterioro en las coberturas boscosas, en la diversidad de fauna y flora y en la preservación de elementos naturales de valor, además de los elementos artificiales que han sido introducidos al paisaje como las líneas de

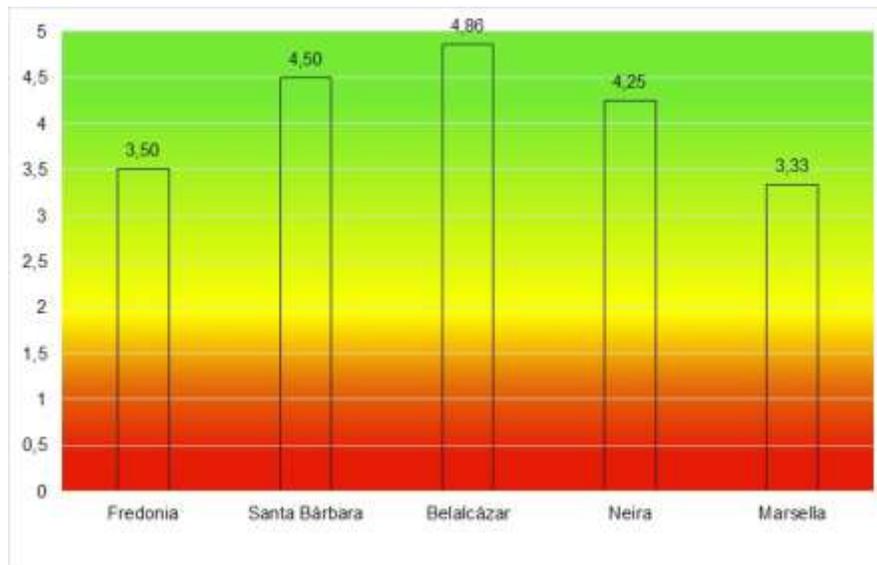
transmisión existentes referentes a mejoramiento de servicios y obras de infraestructura.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.119. Nivel de satisfacción de las comunidades con el paisaje en un escenario sin Proyecto.**

En el caso de los líderes institucionales, aunque en general éstos se encuentran Muy satisfechos con el estado actual del Paisaje, el índice de satisfacción (4,17) es menor que el de las comunidades. En los municipios de Fredonia y Marsella el índice de satisfacción calculado fue de 3,50 y 3,33, lo que indica que los líderes institucionales se encuentran Satisfechos con este componente ambiental, debido a la alta intervención del paisaje por la presencia de otras líneas de transmisión y vías en la zona.



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.120 Nivel de satisfacción de los líderes institucionales con el paisaje en un escenario sin Proyecto.**

Por la topografía del área de inserción del Proyecto y las vistas que algunas de las comunidades tienen sobre las franjas del Río Cauca por donde pasará el Proyecto Medellín – La Virginia y su área de influencia directa que tiene elementos naturales de valor, muchos habitantes encontrarán un elemento discordante y artificial en el paisaje que molestará en términos visuales pero no representará ni generará dinámicas que incidan en las actividades culturales de las comunidades debido a que la fase de instalación de las torres se establecerá mediante intervenciones puntuales y la fase de operatividad de las mismas no representará labores que involucren la mano de obra y la atención constante de los habitantes que cambien las actividades productivas, sociales y culturales de las comunidades.

### 3.2.10.3 Fragilidad visual

La fragilidad visual se define como la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso que se pretenda dar en él, lo cual a su vez se define entonces como la vulnerabilidad (Muñoz, 2004)<sup>336</sup>.

La fragilidad visual para el proyecto en estudio se evaluó teniendo en cuenta la capacidad de absorción visual; es decir, de la capacidad de recuperación o amortiguación de la calidad visual, considerando el proyecto como nuevo recurso en la zona; y fue evaluada teniendo en cuenta los criterios correspondientes a:

<sup>336</sup> MUÑOZ-PEDREROS, Andrés. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. En Revista chilena de historia natural. 2014. Volumen 77, Nro 1, p. 139-156.

Pendiente, estabilidad del suelo y erosionabilidad, capacidad de regeneración y heterogeneidad y diversidad.

### 3.2.10.3.1 Pendiente (P)

En términos de fragilidad visual, las zonas de mayor inclinación, considerados como terrenos con pendientes superior a 50% presenta menor capacidad de absorción respecto a los terrenos con inclinación suave (pendiente entre 25 y 50%) y poco inclinados (menor a 25%), y está relacionado con una mayor exposición visual de los atributos que caracterizan el territorio.

Como se presenta en la Tabla 3.2.119, y se visualiza en la Figura 3.2.121, los valores de capacidad de absorción asociados a la pendiente presentan una distribución uniforme a lo largo y ancho del área de análisis, siendo levemente mayor el valor de “Moderada”, la cual se relaciona para aproximadamente el 39,69% del AID y el 38,41% del AII, indicando que para estas porciones de área la pendiente asociada está valorada entre 25 y 50%; indicando que en esta zona se presenta una media capacidad de amortiguación visual al desarrollarse el proyecto, y con mayor precisión logra evidenciarse hacia los municipios de Santa Bárbara del departamento de Antioquia y Filadelfia del departamento de Caldas.

Por su parte, la capacidad de absorción Baja se presenta para el 32,26% del AID y el 31,07% del AII, indicando una mayor fragilidad visual, enmarcada en pendientes superiores a 50%, y a su vez mayor exposición visual. Para el área analizada, este tipo de fragilidad es más evidente en los municipios del departamento de Antioquia que hace parte del AII, y es poco representativo para el departamento de Risaralda. Adicionalmente, se puede precisar que la capacidad de amortiguación denominada como Alta (y a su vez una baja fragilidad visual), se relaciona para el 28,05% del AID y 30,52% del AII, asociada a pendientes inferiores a 25%, con mayor dominio hacia los departamentos de Risaralda y Caldas.

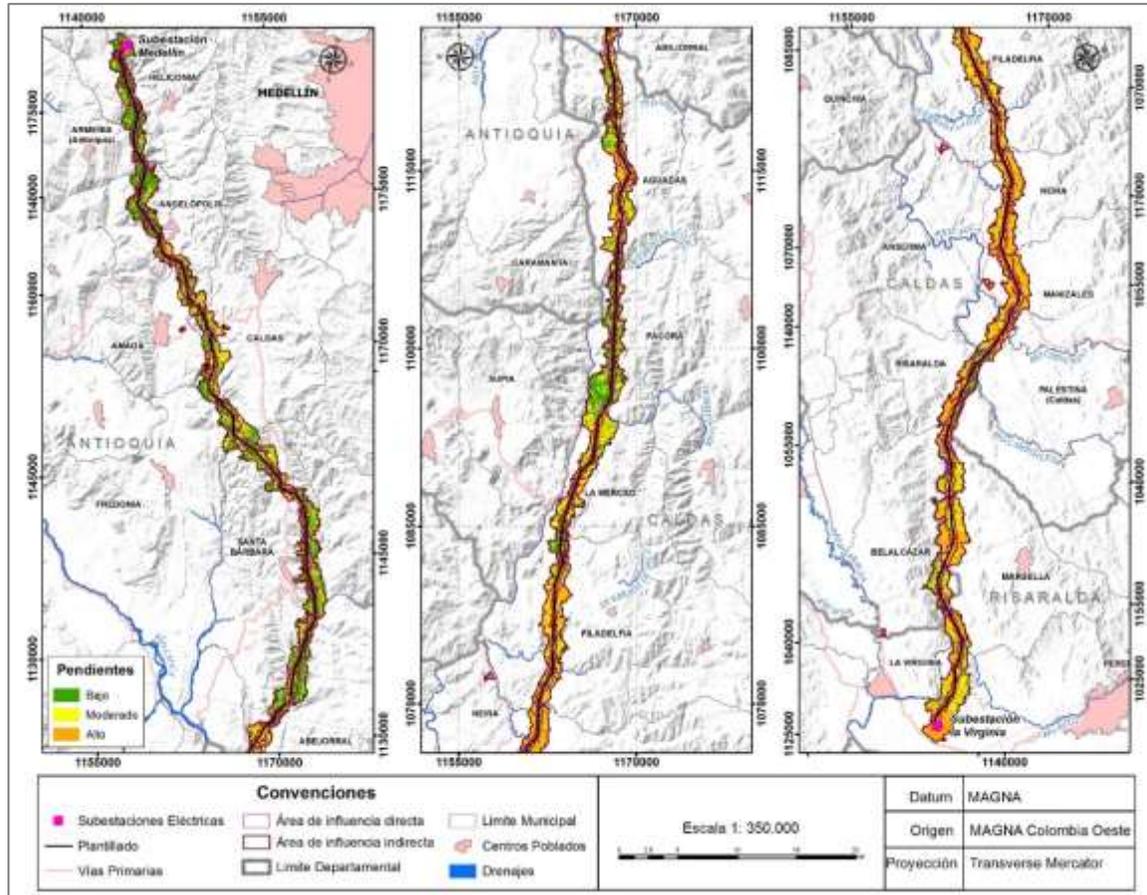
**Tabla 3.2.119 Capacidad de absorción visual asociado a la Pendiente (P)**

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Bajo	Antioquia	ABEJORRAL	168,13	2,12	295,00	1,62
		AMAGÁ	97,12	1,22	128,19	0,71
		ANGELÓPOLIS	247,00	3,11	509,15	2,80
		ARMENIA (Antioquia)	92,45	1,16	102,14	0,56
		CALDAS (Antioquia)	95,30	1,20	332,30	1,83
		FREDONIA	125,75	1,58	241,75	1,33
		HELICONIA	356,82	4,49	570,03	3,14
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	528,77	6,66	1152,93	6,35

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
	Caldas	AGUADAS	167,76	2,11	461,90	2,54
		BELALCÁZAR	59,34	0,75	159,25	0,88
		FILADELFIA	129,24	1,63	242,38	1,34
		LA MERCED	71,73	0,90	270,44	1,49
		MANIZALES	0,56	0,01	8,46	0,05
		NEIRA	6,84	0,09	12,19	0,07
		PÁCORA	214,51	2,70	814,44	4,49
		PALESTINA (Caldas)	25,23	0,32	21,66	0,12
		RISARALDA	89,10	1,12	120,77	0,67
	Risaralda	MARSELLA	69,87	0,88	88,30	0,49
		PEREIRA	17,49	0,22	109,11	0,60
<b>Subtotal</b>			<b>2563,00</b>	<b>32,26</b>	<b>5640,39</b>	<b>31,07</b>
Moderado	Antioquia	ABEJORRAL	114,12	1,44	158,43	0,87
		AMAGÁ	102,10	1,29	205,48	1,13
		ANGELÓPOLIS	124,96	1,57	271,78	1,50
		ARMENIA (Antioquia)	23,56	0,30	47,18	0,26
		CALDAS (Antioquia)	177,84	2,24	373,88	2,06
		FREDONIA	118,84	1,50	203,47	1,12
		HELICONIA	74,93	0,94	195,03	1,07
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	462,14	5,82	1007,20	5,55
	Caldas	AGUADAS	343,79	4,33	776,12	4,28
		BELALCÁZAR	125,26	1,58	236,58	1,30
		FILADELFIA	336,21	4,23	722,52	3,98
		LA MERCED	162,79	2,05	638,08	3,51
		MANIZALES	68,16	0,86	156,54	0,86
		NEIRA	94,78	1,19	246,34	1,36
		PÁCORA	160,31	2,02	426,69	2,35
		PALESTINA (Caldas)	61,29	0,77	125,98	0,69
		RISARALDA	158,26	1,99	167,02	0,92

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
	Risaralda	MARSELLA	314,20	3,95	597,05	3,29
		PEREIRA	129,92	1,64	417,54	2,30
	<b>Subtotal</b>		<b>3153,46</b>	<b>39,69</b>	<b>6972,90</b>	<b>38,41</b>
Alto	Antioquia	ABEJORRAL	12,12	0,15	48,72	0,27
		AMAGÁ	15,89	0,20	72,83	0,40
		ANGELÓPOLIS	40,65	0,51	82,46	0,45
		ARMENIA (Antioquia)	2,84	0,04	1,24	0,01
		CALDAS (Antioquia)	37,24	0,47	82,96	0,46
		FREDONIA	18,46	0,23	19,19	0,11
		HELICONIA	8,64	0,11	22,72	0,13
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	133,40	1,68	213,56	1,18
	Caldas	AGUADAS	273,81	3,45	456,27	2,51
		BELALCÁZAR	65,83	0,83	172,41	0,95
		FILADELFIA	219,89	2,77	621,47	3,42
		LA MERCED	136,37	1,72	317,02	1,75
		MANIZALES	265,71	3,34	599,76	3,30
		NEIRA	243,87	3,07	791,94	4,36
		PÁCORA	16,91	0,21	31,15	0,17
		PALESTINA (Caldas)	95,04	1,20	261,77	1,44
		RISARALDA	127,69	1,61	237,73	1,31
	Risaralda	MARSELLA	307,06	3,86	826,80	4,55
		PEREIRA	207,07	2,61	681,34	3,75
		<b>Subtotal</b>		<b>2228,46</b>	<b>28,05</b>	<b>5541,32</b>
	<b>Total</b>		<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HVM, 2017

**Figura 3.2.121 Capacidad de amortiguación visual asociada a la Pendiente**

### 3.2.10.3.2 Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)

La capacidad de absorción relacionada con la estabilidad del suelo y la erosionabilidad se definió a partir del resultado cartográfico de la zonificación geotécnica (Numeral 3.2.9.2\_Zonificación geotécnica), relacionando que las áreas que asocian mayores riesgos de erosión o inestabilidad presentan a su vez menor capacidad de absorción visual o mayor fragilidad visual.

Según lo mencionado anteriormente, y a partir de los resultados obtenidos de la zonificación geotécnica, se presenta que el área de estudio está dominado por una moderada capacidad de absorción a la estabilidad del suelo y erosionabilidad, relacionada para el 69,34% del AID y 67,52% del AII, indicando que existen riesgos moderados de erosión e inestabilidad y moderada regeneración potencial en ese porcentaje de área, y se visualiza en mayor extensión de área en los municipios de Santa Bárbara del departamento de Antioquia, Aguadas del departamento de Caldas y Marsella del departamento de Risaralda (Tabla 3.2.120 y Figura 3.2.122). En baja capacidad de absorción se presenta el 24,41% del AID y 23,74% del AII, y se reduce significativamente en la categoría Alta, siendo esta correspondiente al 6,25% del AID y 8,74% del AII, lo cual permite inferir que para dichas áreas no se relacionan riesgo o son considerados bajos o nulos respecto al tema de erosión e inestabilidad, indicando a su vez una importante capacidad de absorción visual al desarrollo del proyecto.

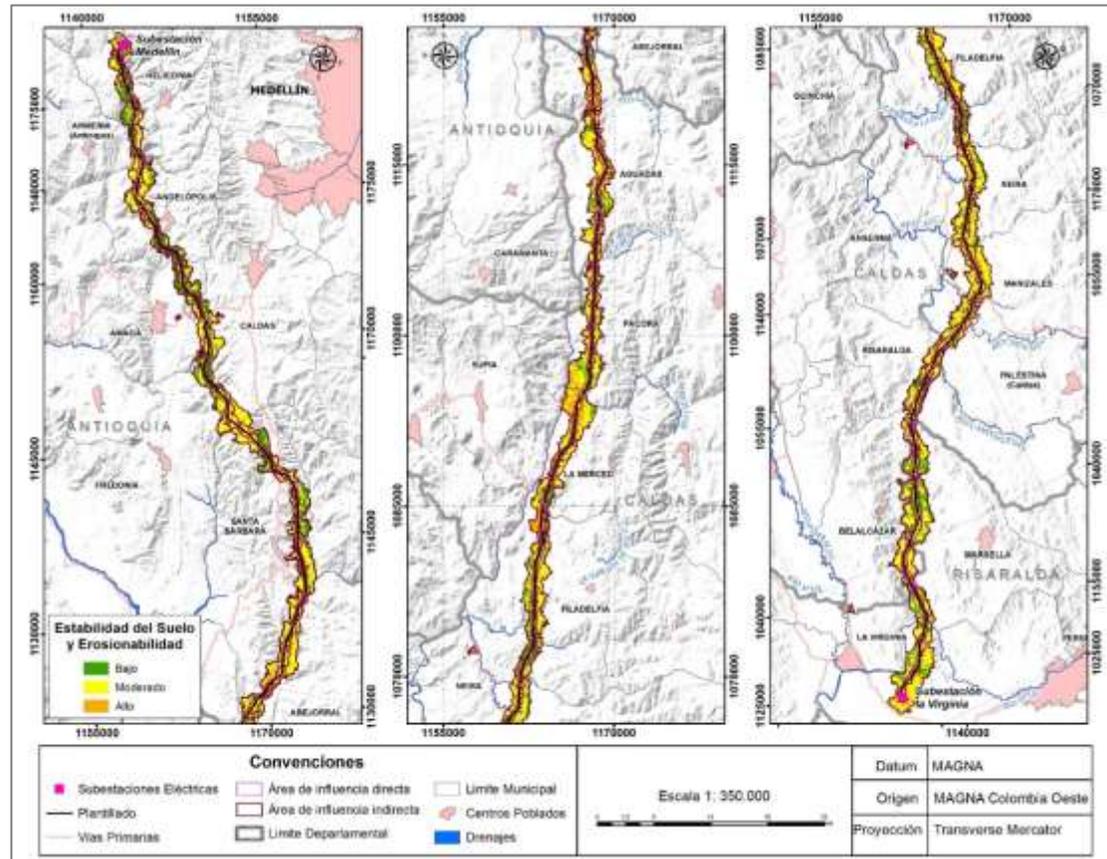
**Tabla 3.2.120 Capacidad de absorción visual asociado a la Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)**

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Bajo	Antioquia	ABEJORRAL	6,57	0,08	27,81	0,15
		AMAGÁ	162,81	2,05	270,54	1,49
		ANGELÓPOLIS	191,61	2,41	372,66	2,05
		ARMENIA (Antioquia)	64,22	0,81	33,95	0,19
		CALDAS (Antioquia)	159,08	2,00	304,29	1,68
		FREDONIA	19,65	0,25	74,82	0,41
		HELICONIA	171,55	2,16	357,39	1,97
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	234,94	2,96	597,94	3,29
	Caldas	AGUADAS	107,95	1,36	297,41	1,64
		BELALCÁZAR	19,88	0,25	40,04	0,22
		FILADELFIA	211,66	2,66	382,10	2,10
		LA MERCED	27,94	0,35	111,54	0,61
		MANIZALES	49,73	0,63	99,23	0,55

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		NEIRA	54,50	0,69	211,90	1,17
		PÁCORA	84,68	1,07	281,44	1,55
		PALESTINA (Caldas)	22,24	0,28	52,19	0,29
		RISARALDA	90,76	1,14	96,64	0,53
	Risaralda	MARSELLA	230,11	2,90	498,33	2,74
		PEREIRA	29,77	0,37	200,56	1,10
<b>Subtotal</b>			<b>1939,67</b>	<b>24,41</b>	<b>4310,81</b>	<b>23,74</b>
Moderado	Antioquia	ABEJORRAL	242,65	3,05	400,44	2,21
		AMAGÁ	52,30	0,66	135,46	0,75
		ANGELÓPOLIS	220,54	2,78	489,72	2,70
		ARMENIA (Antioquia)	53,64	0,68	116,28	0,64
		CALDAS (Antioquia)	149,21	1,88	478,79	2,64
		FREDONIA	229,25	2,89	376,72	2,08
		HELICONIA	268,84	3,38	422,87	2,33
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	832,13	10,47	1620,28	8,92
	Caldas	AGUADAS	563,02	7,09	1141,77	6,29
		BELALCÁZAR	215,05	2,71	476,98	2,63
		FILADELFIA	442,56	5,57	1003,56	5,53
		LA MERCED	266,66	3,36	788,27	4,34
		MANIZALES	267,19	3,36	602,10	3,32
		NEIRA	268,99	3,39	791,02	4,36
		PÁCORA	283,47	3,57	838,42	4,62
		PALESTINA (Caldas)	148,34	1,87	322,58	1,78
		RISARALDA	276,61	3,48	406,79	2,24
	Risaralda	MARSELLA	442,09	5,56	984,75	5,42
		PEREIRA	286,06	3,60	861,09	4,74
	<b>Subtotal</b>			<b>5508,63</b>	<b>69,34</b>	<b>12257,88</b>
Alto	Antioquia	ABEJORRAL	45,14	0,57	73,89	0,41
		AMAGÁ			0,50	0,00
		ANGELÓPOLIS	0,45	0,01	1,01	0,01
		ARMENIA (Antioquia)	0,99	0,01	0,32	0,00

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		CALDAS (Antioquia)	2,09	0,03	6,05	0,03
		FREDONIA	14,14	0,18	12,87	0,07
		HELICONIA			7,52	0,04
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	57,23	0,72	155,46	0,86
	Caldas	AGUADAS	114,39	1,44	255,10	1,41
		BELALCÁZAR	15,49	0,20	51,23	0,28
		FILADELFIA	31,11	0,39	200,71	1,11
		LA MERCED	76,29	0,96	325,73	1,79
		MANIZALES	17,50	0,22	63,42	0,35
		NEIRA	21,99	0,28	47,54	0,26
		PÁCORA	23,58	0,30	152,42	0,84
		PALESTINA (Caldas)	10,97	0,14	34,62	0,19
		RISARALDA	7,67	0,10	22,09	0,12
	Risaralda	MARSELLA	18,93	0,24	29,08	0,16
PEREIRA		38,65	0,49	146,34	0,81	
<b>Subtotal</b>			<b>496,61</b>	<b>6,25</b>	<b>1585,91</b>	<b>8,74</b>
<b>Total</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - H MV, 2017

**Figura 3.2.122 Capacidad de absorción visual asociado a la Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)**

### 3.2.10.3.3 Capacidad de regeneración (R)

La capacidad de regeneración, tiene que ver con potencialidad de las coberturas terrestres de recuperarse o volver a su estado inicial posterior a una intervención; lo que a su vez se refiere a la resiliencia, la cual indica la capacidad de un territorio de absorber los efectos de una perturbación, pudiendo conservar su estado original en cuanto a estructura, diversidad y riqueza. Teniendo en cuenta lo anterior, a mayor capacidad de regeneración, se refiere también mayor capacidad de absorción y menor fragilidad visual.

Para la zona de estudio, se definieron áreas con bajo potencial de regeneración y a su vez baja capacidad de absorción, enmarcado en aquellas coberturas que se consideran altamente intervenidas, y corresponden a: Cultivos (otros cultivos transitorios, cultivos permanentes arbustivos, otros cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes arbóreos, otros cultivos permanentes arbóreos), mosaico de cultivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, pastos enmalezados, pastos limpio y tierras desnudas y degradadas; adicionalmente se incluye en esta categoría: cuerpos de agua artificiales, lagunas, lagos y ciénagas naturales, río, tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, zonas industriales y comerciales, zonas de extracción minera, zonas quemadas y zonas arenosas naturales. En general, este tipo de coberturas dominan el área de estudio, ocupando el 63,40% del AID y el 63,34% del AII, y se extienden a lo largo y ancho de la zona de análisis (Tabla 3.2.121 y Figura 3.2.123).

En capacidad de regeneración media (moderada fragilidad visual y moderada capacidad de absorción) se incluyen las coberturas que refieren menor intervención, y baja presencia de actividades antrópicas; en este rango se relacionan las coberturas mosaico de cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos y espacios naturales, pastos arbolados, plantación forestal, vegetación secundaria (alta y baja), y se refleja en el 14,74% del AID y 10,05% del AII, con mayor representación en los municipios del departamento de Antioquia.

Finalmente en alta capacidad de absorción teniendo en cuenta el potencial de regeneración se relacionan las coberturas que mejor estado de conservación refieren y corresponden a: bosque fragmentado, bosque ripario y guadual ripario, y se evidencia para el 21,89% del AID y 26,62% del AII, de mayor dominio hacia los municipio de Santa Bárbara del departamento de Antioquia y Aguadas del departamento de Caldas. Este tipo de capacidad de absorción indica una menor fragilidad visual; y una alta capacidad de adaptación visual al considerar el desarrollo de un proyecto en la zona

**Tabla 3.2.121 Capacidad de absorción visual asociado a la capacidad de regeneración (R)**

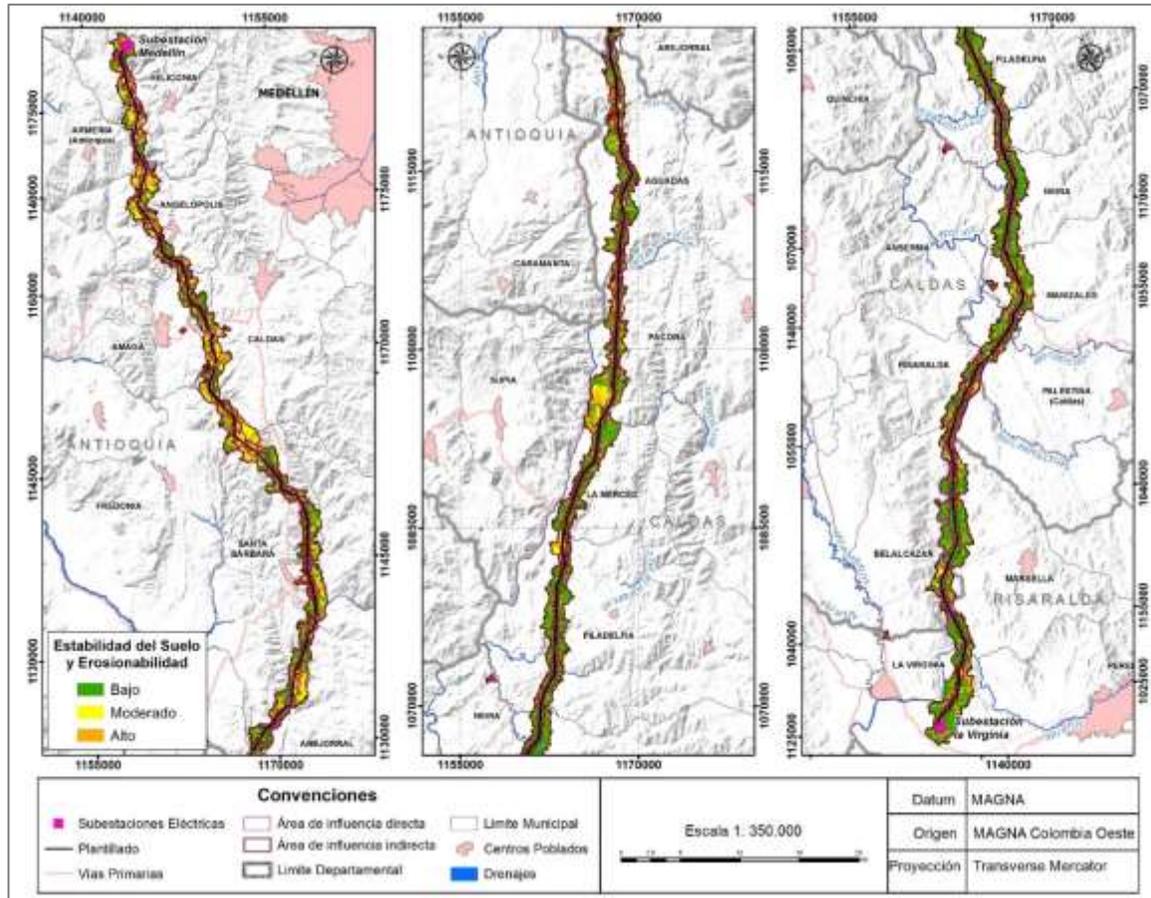
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Bajo	Antioquia	ABEJORRAL	94,89	1,19	238,69	1,31

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII		
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%	
		AMAGÁ	148,60	1,87	268,56	1,48	
		ANGELÓPOLIS	163,46	2,06	398,57	2,20	
		ARMENIA (Antioquia)	66,07	0,83	89,17	0,49	
		CALDAS (Antioquia)	136,34	1,72	275,79	1,52	
		FREDONIA	27,25	0,34	148,78	0,82	
		HELICONIA	147,40	1,86	384,41	2,12	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	598,22	7,53	1320,81	7,28	
	Caldas	AGUADAS	537,57	6,77	1127,09	6,21	
		BELALCÁZAR	163,42	2,06	356,32	1,96	
		FILADELFIA	551,16	6,94	1158,08	6,38	
		LA MERCED	314,27	3,96	858,85	4,73	
		MANIZALES	271,98	3,42	549,06	3,02	
		NEIRA	297,10	3,74	904,74	4,98	
		PÁCORA	253,23	3,19	668,64	3,68	
		PALESTINA (Caldas)	136,50	1,72	314,98	1,74	
	Risaralda	RISARALDA	285,90	3,60	335,29	1,85	
		MARSELLA	557,10	7,01	1216,82	6,70	
			PEREIRA	284,45	3,58	881,18	4,85
	<b>Subtotal</b>			<b>5034,89</b>	<b>63,37</b>	<b>11495,82</b>	<b>63,32</b>
Moderado	Antioquia	ABEJORRAL	123,40	1,55	130,95	0,72	
		AMAGÁ	31,74	0,40	62,42	0,34	
		ANGELÓPOLIS	165,07	2,08	255,46	1,41	
		ARMENIA (Antioquia)	25,35	0,32	20,50	0,11	
		CALDAS (Antioquia)	108,24	1,36	187,99	1,04	
		FREDONIA	106,47	1,34	137,94	0,76	
		HELICONIA	161,43	2,03	137,33	0,76	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	253,08	3,19	340,24	1,87	
	Caldas	AGUADAS	46,89	0,59	91,94	0,51	

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		BELALCÁZAR	13,77	0,17	54,95	0,30
		FILADELFIA	35,97	0,45	95,88	0,53
		LA MERCED	1,52	0,02	42,05	0,23
		MANIZALES	13,69	0,17	32,02	0,18
		NEIRA	6,11	0,08	5,83	0,03
		PÁCORA	27,18	0,34	154,76	0,85
		PALESTINA (Caldas)	19,66	0,25	1,50	0,01
		RISARALDA	8,33	0,10	18,23	0,10
	Risaralda	MARSELLA	23,23	0,29	44,47	0,24
		PEREIRA	0,00	0,00	10,95	0,06
<b>Subtotal</b>			<b>1171,10</b>	<b>14,74</b>	<b>1825,38</b>	<b>10,05</b>
Alto	Antioquia	ABEJORRAL	76,07	0,96	132,51	0,73
		AMAGÁ	34,77	0,44	75,52	0,42
		ANGELÓPOLIS	84,08	1,06	209,36	1,15
		ARMENIA (Antioquia)	27,44	0,35	40,89	0,23
		CALDAS (Antioquia)	65,80	0,83	325,35	1,79
		FREDONIA	129,33	1,63	177,70	0,98
		HELICONIA	131,57	1,66	266,05	1,47
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	273,01	3,44	712,63	3,93
	Caldas	AGUADAS	200,90	2,53	475,26	2,62
		BELALCÁZAR	73,24	0,92	156,98	0,86
		FILADELFIA	98,20	1,24	332,41	1,83
		LA MERCED	55,10	0,69	324,64	1,79
		MANIZALES	48,77	0,61	183,67	1,01
		NEIRA	42,28	0,53	139,89	0,77
		PÁCORA	111,33	1,40	448,89	2,47
		PALESTINA (Caldas)	25,39	0,32	92,91	0,51
		RISARALDA	80,81	1,02	172,00	0,95
	Risaralda	MARSELLA	110,80	1,39	250,87	1,38

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		PEREIRA	70,03	0,88	315,86	1,74
<b>Subtotal</b>			<b>1738,92</b>	<b>21,89</b>	<b>4833,40</b>	<b>26,62</b>
<b>Total</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HMV, 2017

**Figura 3.2.123 Capacidad de absorción visual asociado a la capacidad de regeneración (R)**

### 3.2.10.3.4 Heterogeneidad y diversidad (V)

En cuanto a la heterogeneidad y diversidad, se realizó la clasificación cartográfica del territorio teniendo en cuenta las coberturas terrestres, y a su vez su estado de desarrollo; en términos visuales las áreas que reflejan diferencias en formas, tamaño y textura se consideran como áreas de mayor contraste y heterogeneidad, otorgando al territorio una alta capacidad de absorción visual, lo que a su vez se refiere a una mayor capacidad de amortiguamiento ante la entrada del proyecto o en otras palabras menor fragilidad visual.

Para definir la heterogeneidad y diversidad, se valoró la densidad de las coberturas terrestres en cuadrantes, con un área aproximada de 56,25 ha (750 m x 750 m); aquellos cuadrantes que presentaron mayor mezcla o tipos de coberturas reportan a su vez mayor heterogeneidad y/o capacidad de absorción, al igual que aquellos que están dominados por coberturas de tipo natural, sea bosques y /o vegetación secundaria; y la capacidad de absorción disminuye para los cuadrantes que son dominado por las coberturas de tipo antrópico tales como pastos y/o cultivos.

En general, el área de análisis presenta una entre-mezcla importante de los diferentes tipos de capacidad de absorción asociados a la heterogeneidad y diversidad, lo cual indica un territorio heterogéneo en el tipo de coberturas que se identifican en él; teniendo en cuenta lo anterior, la capacidad de absorción moderada se refleja para el 39,92% del AID y 38,53% del AII, la baja para el 30,48% del AID y 34,24% del AII y alta para el 29,61% del AID y 27,23% del AII (Tabla 3.2.122 y Figura 3.2.124).

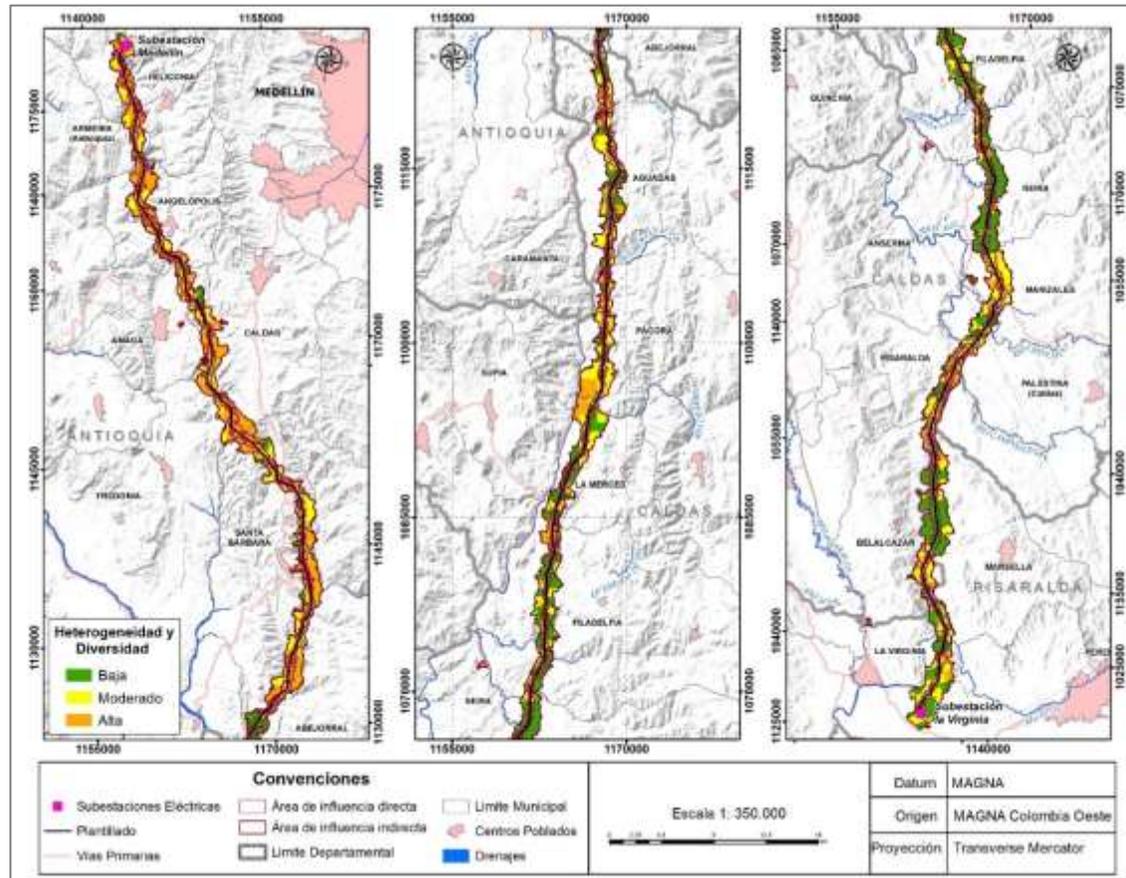
**Tabla 3.2.122 Capacidad de absorción visual asociado a la heterogeneidad y diversidad (V)**

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Baja	Antioquia	ABEJORRAL	0,00	0,00	10,87	0,06
		AMAGÁ	37,43	0,47	119,65	0,66
		ANGELÓPOLIS	1,36	0,02	39,94	0,22
		ARMENIA (Antioquia)	1,26	0,02	9,02	0,05
		CALDAS (Antioquia)	4,82	0,06	9,46	0,05
		FREDONIA	2,95	0,04	15,73	0,09
		HELICONIA	0,02	0,00	39,94	0,22
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	201,11	2,53	423,21	2,33
	Caldas	AGUADAS	247,87	3,12	579,40	3,19
		BELALCÁZAR	43,98	0,55	95,71	0,53

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
		FILADELFIA	419,06	5,27	967,42	5,33
		LA MERCED	215,90	2,72	576,76	3,18
		MANIZALES	62,55	0,79	165,10	0,91
		NEIRA	254,16	3,20	957,36	5,27
		PÁCORA	140,76	1,77	237,65	1,31
		PALESTINA (Caldas)	73,31	0,92	216,35	1,19
		RISARALDA	91,82	1,16	139,77	0,77
	Risaralda	MARSELLA	476,80	6,00	1030,63	5,68
		PEREIRA	146,06	1,84	582,78	3,21
	<b>Subtotal</b>			<b>2421,23</b>	<b>30,48</b>	<b>6216,75</b>
Moderado	Antioquia	ABEJORRAL	110,23	1,39	202,44	1,12
		AMAGÁ	77,19	0,97	156,14	0,86
		ANGELÓPOLIS	85,85	1,08	245,77	1,35
		ARMENIA (Antioquia)	86,40	1,09	101,57	0,56
		CALDAS (Antioquia)	149,68	1,88	252,27	1,39
		FREDONIA	8,30	0,10	123,68	0,68
		HELICONIA	103,26	1,30	352,60	1,94
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	501,34	6,31	995,71	5,48
	Caldas	AGUADAS	420,69	5,30	807,06	4,45
		BELALCÁZAR	156,91	1,98	304,89	1,68
		FILADELFIA	192,58	2,42	452,50	2,49
		LA MERCED	151,39	1,91	451,31	2,49
		MANIZALES	233,97	2,94	505,85	2,79
		NEIRA	90,43	1,14	88,36	0,49
		PÁCORA	170,39	2,14	623,04	3,43
		PALESTINA (Caldas)	93,69	1,18	173,43	0,96
		RISARALDA	170,02	2,14	261,17	1,44
	Risaralda	MARSELLA	161,93	2,04	398,66	2,20
		PEREIRA	207,07	2,61	497,69	2,74

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
<b>Subtotal</b>			<b>3171,31</b>	<b>39,92</b>	<b>6994,14</b>	<b>38,53</b>
<b>Alta</b>	<b>Antioquia</b>	ABEJORRAL	184,13	2,32	288,84	1,59
		AMAGÁ	100,50	1,26	130,71	0,72
		ANGELÓPOLIS	325,39	4,10	577,68	3,18
		ARMENIA (Antioquia)	31,20	0,39	39,98	0,22
		CALDAS (Antioquia)	155,88	1,96	527,40	2,91
		FREDONIA	251,79	3,17	325,00	1,79
		HELICONIA	337,11	4,24	395,24	2,18
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	421,85	5,31	954,76	5,26
	<b>Caldas</b>	AGUADAS	116,81	1,47	307,83	1,70
		BELALCÁZAR	49,53	0,62	167,65	0,92
		FILADELFIA	73,69	0,93	166,45	0,92
		LA MERCED	3,60	0,05	197,48	1,09
		MANIZALES	37,90	0,48	93,80	0,52
		NEIRA	0,89	0,01	4,75	0,03
		PÁCORA	80,58	1,01	411,59	2,27
		PALESTINA (Caldas)	14,56	0,18	19,62	0,11
	RISARALDA	113,21	1,42	124,58	0,69	
	<b>Risaralda</b>	MARSELLA	52,38	0,66	82,86	0,46
		PEREIRA	1,35	0,02	127,52	0,70
<b>Subtotal</b>			<b>2352,36</b>	<b>29,61</b>	<b>4943,72</b>	<b>27,23</b>
<b>Total</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HVM, 2017

**Figura 3.2.124 Capacidad de absorción visual asociado a la heterogeneidad y diversidad (V)**

### 3.2.10.3.5 Fragilidad visual del territorio

Teniendo en cuenta el álgebra de mapas propuestos según la metodología de fragilidad visual, se obtiene la capacidad de absorción visual total del territorio, la cual es definida como el potencial de amortiguación que tiene el área de estudio para adaptarse en términos visuales y paisajísticos a la presencia de nuevos elementos, a mayor capacidad de amortiguación se relaciona una menor fragilidad visual.

Para el área de análisis se relaciona que el 57,29% del AID y el 55,67% del AII presentan una baja capacidad de amortiguación, lo cual a su vez relaciona una alta fragilidad visual, y corresponde a zonas de pendientes escarpadas asociadas a paisajes montañosos, sobre terrenos donde dominan coberturas de tipo antrópico tales como pastos limpios, y/ o cultivos, y aunque puede identificarse de manera puntual presencia de bosques de galería y/o fragmentado son de tamaño pequeño, inmersas en la matriz antrópica que domina el territorio; en general este tipo de fragilidad establece que en el territorio está dominado por atributos físicos que favorecen una mayor visibilidad del proyecto.

Por su parte, la capacidad de amortiguación Moderada se asocia al 38,64% del AID y 39,16% del AII, enmarcado en paisaje de lomerío, donde existe entremezcla importante de coberturas de tipo natural y antrópicas, lo cual otorga a su vez una modera fragilidad visual.

Las áreas de menor fragilidad se identificaron como aquellas con pendientes suaves, en paisajes ocupados por valles y lomeríos, de tal manera que para estos terrenos la susceptibilidad a la erosión y remociones en masa es menor, por lo que se generan menores eventos de disturbio de la calidad paisajística; cabe mencionar la presencia de grandes fragmentos de coberturas naturales tales como Guadales riparios; este tipo de áreas se definen como zonas con una alta capacidad de amortiguación y se identificó para el 4,07% del AID y 5,13% del AII (Tabla 3.2.123 y Figura 3.2.125)

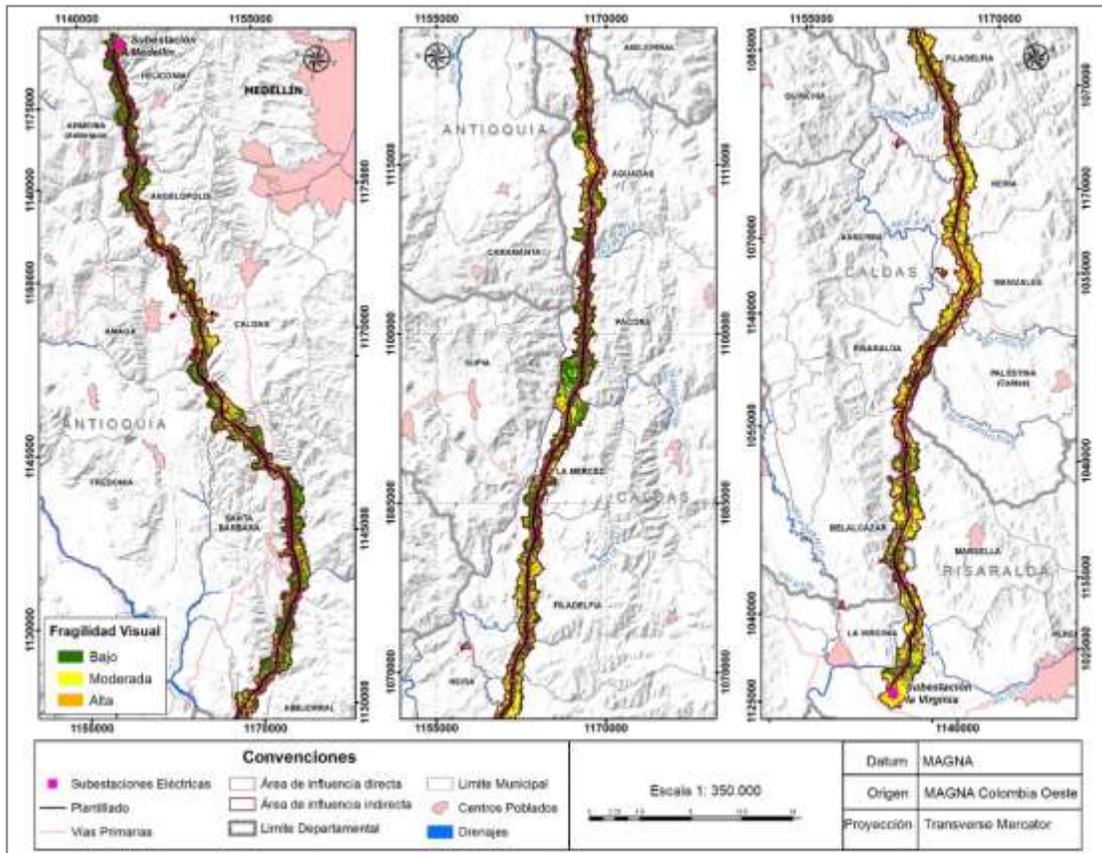
**Tabla 3.2.123 Capacidad de amortiguación visual del área de análisis**

CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII	
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
Bajo	Antioquia	ABEJORRAL	193,42	2,43	345,32	1,90
		AMAGÁ	183,32	2,31	296,09	1,63
		ANGELÓPOLIS	297,78	3,75	666,15	3,67
		ARMENIA (Antioquia)	104,85	1,32	131,19	0,72
		CALDAS (Antioquia)	187,59	2,36	458,87	2,53
		FREDONIA	128,92	1,62	279,58	1,54

CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII		
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%	
		HELICONIA	391,72	4,93	692,59	3,81	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	754,53	9,50	1665,91	9,18	
	Caldas	AGUADAS	392,70	4,94	998,72	5,50	
		BELALCÁZAR	138,81	1,75	285,66	1,57	
		FILADELFIA	403,05	5,07	819,31	4,51	
		LA MERCED	215,79	2,72	699,66	3,85	
		MANIZALES	54,52	0,69	127,61	0,70	
		NEIRA	98,88	1,24	281,21	1,55	
		PÁCORA	313,64	3,95	1049,29	5,78	
		PALESTINA (Caldas)	66,73	0,84	112,12	0,62	
		RISARALDA	188,82	2,38	236,83	1,30	
	Risaralda	MARSELLA	324,42	4,08	592,99	3,27	
		PEREIRA	112,42	1,42	374,85	2,06	
	<b>Subtotal</b>			<b>4551,92</b>	<b>57,29</b>	<b>10113,97</b>	<b>55,71</b>
	Moderada	Antioquia	ABEJORRAL	92,87	1,17	138,51	0,76
AMAGÁ			30,83	0,39	105,09	0,58	
ANGELÓPOLIS			110,14	1,39	190,51	1,05	
ARMENIA (Antioquia)			12,61	0,16	18,90	0,10	
CALDAS (Antioquia)			115,08	1,45	290,85	1,60	
FREDONIA			118,00	1,49	171,98	0,95	
HELICONIA			48,27	0,61	94,94	0,52	
SANTA BÁRBARA (Antioquia)			353,96	4,46	675,00	3,72	
Caldas		AGUADAS	337,15	4,24	579,81	3,19	
		BELALCÁZAR	91,52	1,15	229,57	1,26	
		FILADELFIA	255,33	3,21	677,37	3,73	
		LA MERCED	133,57	1,68	449,92	2,48	
		MANIZALES	238,44	3,00	494,66	2,72	

CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AID		AII		
			ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%	
		NEIRA	219,96	2,77	722,71	3,98	
		PÁCORA	74,43	0,94	209,79	1,16	
		PALESTINA (Caldas)	106,21	1,34	254,71	1,40	
		RISARALDA	175,98	2,21	240,22	1,32	
	Risaralda	MARSELLA	345,60	4,35	854,82	4,71	
		PEREIRA	209,96	2,64	709,09	3,91	
<b>Subtotal</b>			<b>3069,92</b>	<b>38,64</b>	<b>7108,45</b>	<b>39,16</b>	
Alta	Antioquia	ABEJORRAL	8,07	0,10	18,32	0,10	
		AMAGÁ	0,96	0,01	5,32	0,03	
		ANGELÓPOLIS	4,68	0,06	6,72	0,04	
		ARMENIA (Antioquia)	1,39	0,02	0,47	0,00	
		CALDAS (Antioquia)	7,71	0,10	39,41	0,22	
		FREDONIA	16,12	0,20	12,85	0,07	
		HELICONIA	0,39	0,00	0,25	0,00	
		SANTA BÁRBARA (Antioquia)	15,81	0,20	32,77	0,18	
	Caldas	AGUADAS	55,51	0,70	115,77	0,64	
		BELALCÁZAR	20,10	0,25	53,02	0,29	
		FILADELFIA	26,95	0,34	89,69	0,49	
		LA MERCED	21,53	0,27	75,96	0,42	
		MANIZALES	41,47	0,52	142,48	0,78	
		NEIRA	26,64	0,34	46,54	0,26	
		PÁCORA	3,66	0,05	13,20	0,07	
		PALESTINA (Caldas)	8,61	0,11	42,58	0,23	
		RISARALDA	10,25	0,13	48,47	0,27	
	Risaralda	MARSELLA	21,10	0,27	64,34	0,35	
		PEREIRA	32,10	0,40	124,04	0,68	
	<b>Subtotal</b>			<b>323,08</b>	<b>4,07</b>	<b>932,19</b>	<b>5,13</b>
	<b>Total</b>			<b>7944,91</b>	<b>100,00</b>	<b>18154,61</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017



Fuente: Consorcio MARTE - HVM, 2017

**Figura 3.2.125 Capacidad de amortiguación visual del área de análisis**

### 3.2.10.4 Visibilidad

Para el análisis de visibilidad, se realizó recorrido por toda el área de análisis, identificando 18 puntos de control ubicados a lo largo y ancho del AI (Ver Tabla 3.2.124 y Figura 3.2.126), los cuales fueron definidos como estratégicos para este análisis por estar asociados a sitios de interés cultural por ser vías, miradores, entre otros, y a partir de los cuales se obtuvo la vista panorámica del área analizada; la estimación del área visible se realizó con la herramienta Viewsheed del programa ArcGis.

**Tabla 3.2.124 Puntos de visibilidad**

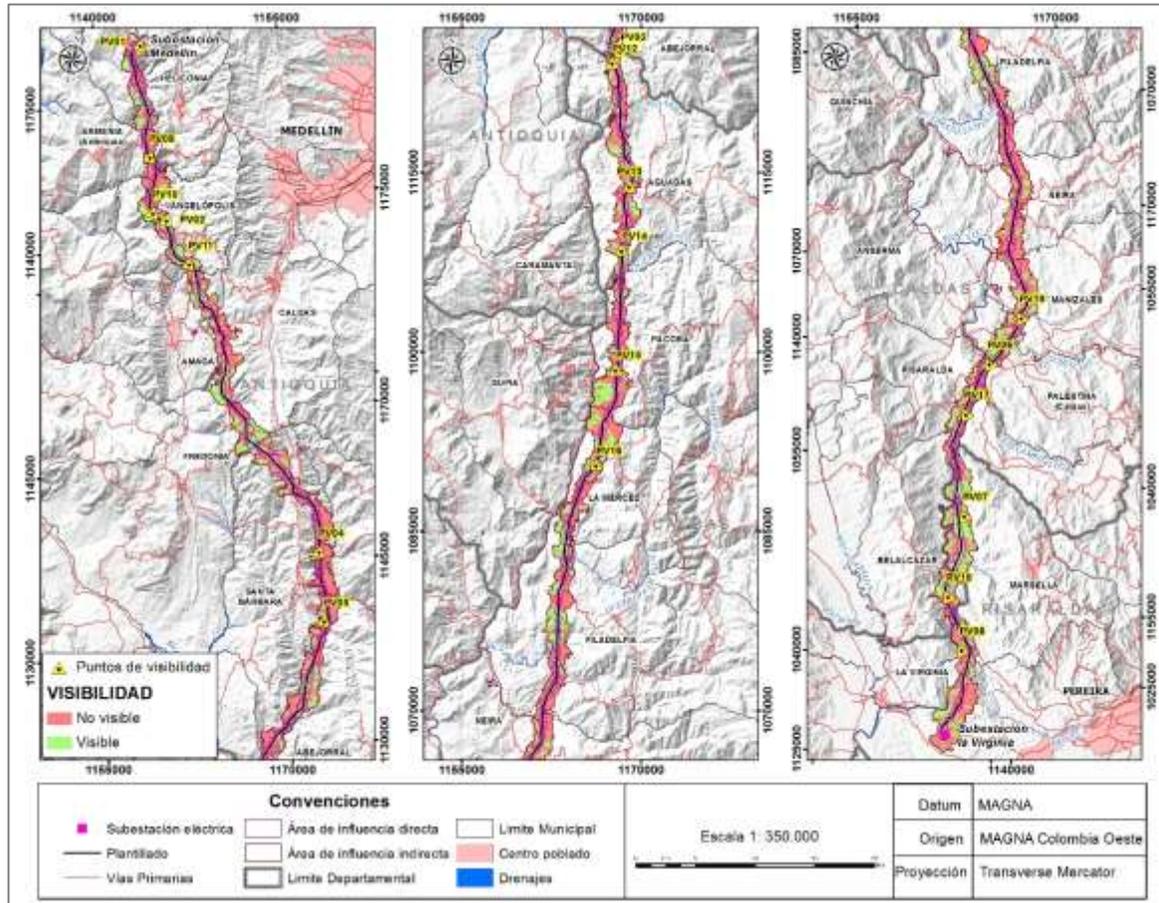
PUNTO DE VISIBILIDAD	COORD X	COORD Y	ALTURA (MSNM)	VEREDA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
PV01	1.144.165	1.182.308	1.976	La Pradera	Heliconia	Antioquia
PV02	1.149.569	1.168.536	1.919	San Isidro	Angelópolis	Antioquia

PUNTO DE VISIBILIDAD	COORD X	COORD Y	ALTURA (MSNM)	VEREDA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
PV04	1.168.240	1.144.326	1.550	Palo Coposo	Santa Bárbara (Antioquia)	Antioquia
PV05	1.169.945	1.138.774	1.176	Loma de Don Santos	Santa Bárbara (Antioquia)	Antioquia
PV06	1.152.658	1.054.990	1.035	Alto de Arauca	Risaralda	Caldas
PV07	1.145.254	1.044.492	1.034	La Miranda	Marsella	Risaralda
PV08	1.140.143	1.034.442	921	Estación Pereira	Marsella	Risaralda
PV09	1.147.044	1.173.341	1.844	Palo Blanco	Armenia (Antioquia)	Antioquia
PV10	1.148.353	1.168.883	1.639	Cienaguita	Angelópolis	Antioquia
PV11	1.152.231	1.165.372	1.621	La Clara	Angelópolis	Antioquia
PV12	1.167.605	1.124.233	785	Bocas	Aguadas	Caldas
PV13	1.169.039	1.113.926	1.246	Estación Aguadas	Aguadas	Caldas
PV14	1.168.411	1.108.540	1.288	La Maria	Aguadas	Caldas
PV15	1.167.915	1.098.566	1.372	El Rodeo	Pácora	Caldas
PV16	1.166.261	1.090.567	1.305	El Tambor	La Merced	Caldas
PV17	1.149.087	1.052.077	1.074	Montecristo	Risaralda	Caldas
PV18	1.141.085	1.038.965	1.274	La Paloma	Belalcázar	Caldas
PV19	1.156.748	1.057.276	905	Colombia	Manizales	Caldas

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

Coor X: Coordenada X; Coor: Coordenada Y; Depart: Departamento

Sistema de coordenadas: MAGNA\_Colombia\_Oeste



Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Figura 3.2.126 Puntos de visibilidad**

En general, y como se presenta en la Tabla 3.2.125, el porcentaje del área visible, escasamente alcanza a ser superior a 5% para algunos puntos, siendo a su vez valores que en términos de área son considerados altos respecto a la ocupación total del AI, lo cual se debe a que la herramienta usada para este ejercicio (Viewsheed ) no considera barreras visuales como coberturas boscosas de gran altura, e incluso otras formaciones naturales físicas del área circundante al AI.

Las áreas visibles se enmarcan en el plano lejano (superior a 1.000 m), y como lo indica Aguilo, et al 1.998<sup>337</sup>, la calidad visual disminuye a medida que aumenta la distancia, por lo cual se pierde nitidez en los elementos visibles.

**Tabla 3.2.125 Áreas visibles**

ID PUNTO	AID		AII		AI			
	NO VISIBLE	VISIBLE	NO VISIBLE	VISIBLE	NO VISIBLE		VISIBLE	
	HA		HA		HA	%	HA	%
PV01	7.064,83	880,08	15.329,13	2.825,48	22.393,96	85,80	3.705,55	14,20
PV02	7.909,89	35,02	18.100,94	53,67	26.010,82	99,66	88,69	0,34
PV04	7.939,19	5,72	18.126,33	28,28	26.065,52	99,87	34,00	0,13
PV05	7.920,53	24,38	18.107,51	47,09	26.028,04	99,73	71,47	0,27
PV06	7.275,13	669,78	16.043,66	2.110,95	23.318,79	89,35	2.780,72	10,65
PV07	7.504,50	440,41	17.022,27	1.132,34	24.526,77	93,97	1.572,75	6,03
PV08	7.925,98	18,93	18.090,52	64,08	26.016,51	99,68	83,01	0,32
PV09	7.260,44	684,47	16.160,88	1.993,73	23.421,32	89,74	2.678,20	10,26
PV10	7.890,90	54,01	18.033,15	121,45	25.924,06	99,33	175,46	0,67
PV11	7.862,83	82,08	18.064,81	89,79	25.927,64	99,34	171,87	0,66
PV12	7.678,54	266,37	17.604,00	550,61	25.282,54	96,87	816,98	3,13
PV13	7.493,04	451,87	17.198,93	955,68	24.691,97	94,61	1.407,54	5,39
PV14	7.598,96	345,95	17.232,06	922,55	24.831,02	95,14	1.268,50	4,86
PV15	7.599,30	345,61	17.220,75	933,85	24.820,05	95,10	1.279,46	4,90
PV16	7.656,68	288,23	17.535,30	619,31	25.191,98	96,52	907,54	3,48
PV17	7.833,67	111,24	17.849,63	304,97	25.683,30	98,41	416,22	1,59
PV18	7.461,03	483,88	17.264,11	890,49	24.725,14	94,73	1.374,38	5,27
PV19	7.909,12	35,79	18.066,07	88,54	25.975,19	99,52	124,33	0,48

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

<sup>337</sup> AGUILO Alonso y otros. Paisaje. En: Guía para la elaboración de estudio del Medio Físico. Ministerio de Ambiente, Secretaria General Técnica. Madrid, España. 1998. p 480-546.

En la Foto 3.2.126, se presenta el registro fotográfico de alguno de los puntos escogidos para el análisis de visibilidad, y mediante el cual se puede expresar que los puntos seleccionados permiten tener vistas panorámicas, lo cual se debe a que la topografía, el relieve y la forma del terreno del área de análisis favorecen que las cuencas visuales sean amplias, enmarcadas en el plano lejano, y en pequeñas proporciones en los planos inmediatos.

En general, se identifica que la accesibilidad hacia el proyecto es alta; debido a que se identifica a lo largo y ancho del área de influencia diferente tipo de accesos, los cuales corresponden principalmente a vías secundarias, de dos carriles, incluso hay vías destapadas pero en buen estado, lo cual favorece la conectividad entre los corregimientos y municipios. Teniendo en cuenta lo anterior, se obtuvo que los sitios visitados favorecen la visibilidad del área de influencia directa e indirecta, pero debido a que el proyecto es lineal, se identifican restricciones para la obtener la visual de la totalidad del proyecto dentro de una misma cuenca visual.



#### **PV 4**

Vía hacia el corregimiento de Sabaletas, del Municipio de Montebello.  
Plano: Cercano  
Cuenca visual: Limitado  
Predominio de paisaje montañoso.



#### **PV6**

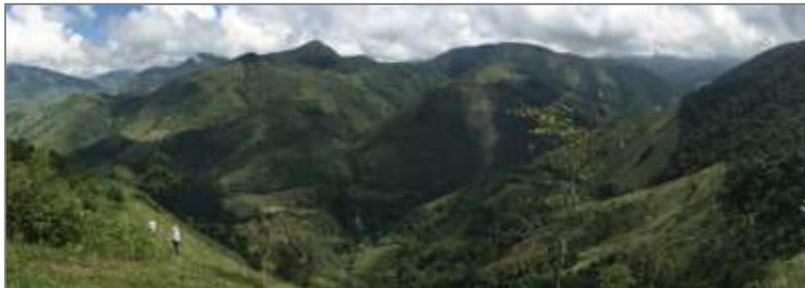
Mirador el Brasil; en la Vereda Alto de Arauca, del municipio de Risaralda.  
Plano: Cercano y medio  
Cuenca visual: Panorámica  
Predominio de paisaje de Lomerio



**PV8**  
Centro Poblado  
Vereda Estación  
Pereira del  
Municipio de  
Marsella.  
Plano: Cercano  
Cuenca visual:  
Limitado  
Predominio de  
paisaje  
denominado Valle



**PV9**  
Senderismo en la  
Vereda Palo  
Blanco, del  
Municipio de  
Armenia  
(Antioquia).  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Panorámico  
Predominio de  
paisaje  
montañoso



**PV10**  
Vista de la  
Reserva Alto del  
Romeral hacia el  
Municipio de  
Angelópolis.  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Panorámico  
Predominio de  
paisaje  
montañoso



**PV11**  
Vía al  
corregimiento La  
Estación, del  
Municipio de  
Angelópolis.  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Panorámico  
Predominio de  
paisaje  
montañoso



**PV14**  
Camino de  
herradura en la  
vereda LaMaría,  
del Municipio de  
Aguadas.  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Panorámico  
Predominio de  
paisaje Lomerío.



**PV 15**  
Zona de  
senderismo hacia  
el corregimiento  
de San Bartolome,  
del Municipio de  
"Pácora.  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Panorámico  
Predominio de  
paisaje  
montañoso.



**PV16**

Vía hacia el  
Municipio de La  
Merced.  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Panorámico  
Predominio de  
paisaje  
montañoso.



**PV17**

Mirador Las  
Vegas, en la  
Vereda  
Montecristo, del  
Municipio de  
Risaralda.  
Plano: Cercano  
Cuenca visual:  
Limitado  
Predominio de  
paisaje  
montañoso.



**PV19**

Vía hacia la  
Reserva Privada  
Natural Altomira,  
en el Municipio de  
Manizales.  
Plano: Lejano  
Cuenca visual:  
Limitado  
Predominio de  
paisaje Lomerío

Fuente: Consorcio MARTE-HMV, 2017

**Foto 3.2.126 Registro fotográfico de los puntos de visibilidad**

## BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA ESPAÑA. CLIMA. [En línea]. [consultado noviembre de 2015]. Disponible en <<http://www.aemet.es/es/idi/clima>>

AGUILO, A., Aramburu, M., y otros. 1998. Paisaje. En: Guía para la elaboración de estudio del Medio Físico. Ministerio de Ambiente, Secretaria General Técnica. Madrid, España.p 480-546.

ÁLVAREZ, J.A., 1987. Geología del Complejo Ofiolítico de Pácora y Secuencias Relacionadas de Arco de Islas (Grupo Quebradagrande), Ingeominas, Medellín, Antioquia, 81p.

ÁLVAREZ, J., 1983. Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y Petroquímica de los Intrusivos Granitoides Mesocenoicos. Ingeominas, Boletín Geológico 26(2):1-75. Bogotá, Colombia.

ÁLVAREZ, E y GONZÁLEZ, H., 1978. Geología y Geoquímica del Cuadrángulo I-7 (Urrao). Informe 1761. Ingeominas, 347 p., Medellín.

ARAMBURU, María Paz y Otros. Gobierno de La Rioja. Valoración del Paisaje: Calidad Visual. En: Estudio y Cartografía del Paisaje de la Comunidad Autónoma de la Rioja. Departamento de Proyecto y Planificación Rural; Unidad Docente de Planificación y Proyecto. Departamento de Proyecto y Planificación Rural. E.T.S.I. Montes. UPM

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. 2009. Estudio general de Amenaza sísmica en Colombia. 206 p.

BALVANERA, Patricia y otros. Los Servicios Ecosistémicos que Ofrecen los Bosques Tropicales. En: Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente. Enero-Agosto, 2012, p. 137-146

BENASSI, Alfredo. Ciudad Botánica Oasis del Desierto Urbano. La Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 2015. 146 p.

BOTERO, G., Contribución al Conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia. Anales de la Facultad de Minas, vol. 57, Medellín, Antioquia.

BOTERO, P.J. fisiografía y estudio de suelos. CIAF (centro interamericano de fotointerpretación), Instituto Geográfico Agustín Codazzi, bogotá, d.c. 1978. (sin publicar).

CABALLERO, H., ZAPATA, G. y otros, 1984. Geología de la Plancha 224 - Pereira, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín.

CABALLERO, H, ZAPATA, G. y otros, 1984. Geología y Geoquímica de la Plancha 224 – Pereira. Informe 1931. Ingeominas, Medellín.

CALLE, B. y otros, 1980. Geología de la Plancha 166- Jericó, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín.

- CALLE, B. y otros, 1983. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar Plancha 166- Jericó, Ingeominas, Bogotá, Colombia.
- CALLE, B. y otros, 1980. Geología de la Plancha 186- Riosucio. Ingeominas, Medellín.
- CALLE, B. y GONZÁLEZ H., 1982. Geología y Geoquímica de la Plancha 186- Riosucio. Informe N° I-1878. Ingeominas, Medellín.
- CORANTIOQUIA. El recurso hídrico en la jurisdicción de Corantioquia. primera edición, 2008; Medellín, Colombia.
- Corantioquia. 2014. evaluación hidrogeológica en los municipios de la pintada y Valparaíso, jurisdicción de la dirección territorial cartama de Corantioquia. Medellín: s.n., 2014.
- CORPOCALDAS. (2014). Diagnóstico ambiental de caldas plan de acción 2013 - 2015.
- Corpocaldas. 2006. Modelo hidrogeológico conceptual de la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias – Tareas y zona baja del municipio de Anserma departamento de Caldas. Manizales: s.n., 2006. Convenio c146 – 2005.
- CUELLAR, M. y otros. Caracterización petrográfica y deformativa de las rocas aflorantes en los alrededores de la Falla de San Jerónimo, al este del municipio de Manizales. (Trabajo de grado en geología). Universidad de Caldas, 179p. Manizales, 2003.
- CVC. Estudios de modelación hidráulica del Rio Cauca Tramo Salvajina – La Virginia. 2002
- DUEÑAS, H. y CASTRO, G., 1981. Asociación Palinológica de la Formación Mesa en la Región de Falán, Tolima Colombia. Geología Norandina (3). Bogotá, Colombia.
- ESTRADA, J. y VIANA, R. y GONZÁLEZ, H., 1998. Geología de la Plancha 205 - Chinchiná, Ingeominas, Manizales.
- ESTRADA, J. y VIANA, R., 2001. Geología de la Plancha 205 – Chinchiná. Memoria Explicativa. Ingeominas, Manizales.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. En: estudio de riego y drenaje. No. 56 (2006); p.41-53.
- FORSBERGH, ERIC. Estudio sobre la climatología, oceanografía y pesquerías del panamá bight. En: boletín IATTC. vol 14. No. 2. (1969).
- GROSSE, E., 1926. El terciario carbonífero de antioquia, en la parte occidental de la cordillera central de colombia entre el río arma y sacaojal: berlin, 361p.

GROSSE, E., 1926. El Terciario Carbonífero de Antioquia, en la Parte Occidental de la Cordillera Central de Colombia entre el Río Arma y Sacaojal: Berlin, 361p.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis y otros. Capítulo 2. Mecánica de Suelos en Ingeniería Geológica. Madrid. Parson Educación, 2002, p.19.

GONZÁLEZ, H. y otros, 1980. Geología de la Plancha 187- Salamina, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín.

GONZÁLEZ, 2001. Mapa Geológico del departamento de Antioquia. Escala 1:400000. Memoria explicativa. INGEOMINAS. Bogotá.

GONZÁLEZ, H. y LONDOÑO, A., 2002f. Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia (Cretácico): Tonalita de La Ursula. Informe 2480.49. INGEOMINAS. 8 p. Medellín.

GONZÁLEZ, H. y LONDOÑO, A. Edades K/Ar en algunos cuerpos plutónicos del graben Cauca-Patía y Norte de la Cordillera Occidental. U. Nal. Santa Fe de Bogotá, 1998.

GONZÁLEZ, H, 1978. Geología de las Hojas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina) del Mapa Geológico de Colombia. Ingeominas. 262 p. Medellín.

GONZÁLEZ, H., 1976. Geología del cuadrángulo J-8, Sonsón. Informe 1704. INGEOMINAS. 421 p. Bogotá.

HALL, R. y otros, 1972. Geología de Parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas. Ingeominas. Bol. Geol., v. XX, no. 1.85 p.

HEUVELDOP, J., ET AL. Agroclimatología tropical. San José: Universidad Estatal a distancia, 1986. 371 p.

HOEK, E AND BROWN, E.T. Under ground Excavations in Rock. London, Instn.Min. Metall, 1980. 527 p.

IDEAM. Estudio nacional del agua 2010. Instituto de hidrología, meteorología. Y estudios ambientales. 2010; Bogotá D.C

IDEAM. Estudio nacional del agua 2014. Bogotá, d. C., 2015 496 páginas. Isbn: 978-958-8067-70-4

Ingeominas, 2001. Mapa geológico de Antioquia. Escala 1:400.000. Memoria explicativa. Medellín, Antioquia.

INGEOMINAS, 2001. Mapa Geológico de Antioquia. Escala 1:400.000. Memoria Explicativa. Medellín, Antioquia.

INGEOMINAS, 2005. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de las Planchas 166, 167, 186 y 187. Mapa Geológico y Secciones Estructurales. Contrato N° PL-009-2004 Unión Temporal DUNIA – ATG Bogotá, Colombia.

INGEOMINAS, 2005. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica (Magnetométrica) de las Planchas 166, 167, 186 y 187. Contrato N° PL-009-2004. Unión Temporal DUNIA – ATG, Bogotá, Colombia.

INGEOMINAS, 1998. Atlas de Amenaza Sísmica de Colombia. Mapa de Fallas Activas de Colombia. Departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Casanare, Cundinamarca, Meta, Quindío, Risaralda, Santander y Tolima. Bogotá

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Atlas climatológico de Colombia. 2005.p 21-59.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Clasificaciones climáticas de Colombia. [en línea]. [consultado noviembre de 2015]. Disponible en < <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/climas+%5bmodo+de+compatibilidad%5d.pdf/d8c85704-a07a-4290-ba65-f2042ce99ff9>>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá, d.c. 2013. 46p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Atlas de viento de Colombia – interactivo –. [en línea]. [consultado diciembre de 2015]. Disponible en < <http://atlas.ideam.gov.co/visoratlasvientos.html> >

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. BOGOTÁ, D.C. 2013. 46p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA; INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI; DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Memoria técnica. Evaluación, análisis y seguimiento a las afectaciones por inundaciones asociadas al fenómeno de la niña 2010 - 2011. Bogotá, D.C. 2013

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Antioquia. Bogotá: imprenta nacional de Colombia, 2007.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos departamento de Caldas. 2 ed. Bogotá, D.C.: IGAC, 2004.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos departamento de Risaralda. 2 ed. Bogotá, D.C.: IGAC, 2004

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Metodología. Para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Bogotá, 2010. 41p.

- JARAMILLO, J. D. 2014. El suelo: origen, propiedades, espacialidad. 553 p
- LONDOÑO, CALOS. Bases conceptuales – caracterización planificación – administración de cuencas hidrográficas. Universidad del Tolima. Ibagué. 2001. 73p.
- MAYA, M y GONZÁLEZ, H., 1995. Unidades Litodémicas en la Cordillera Central de Colombia: Boletín Geológico, Ingeominas, V. 35. Medellín, Antioquia.
- MEJÍA, M., 1983. Geología de la Plancha 146- Medellín Occidental, Versión digital 2009, Ingeominas, Medellín.
- MEJÍA, M., 1984. Geología y Geoquímica de las Planchas 130 (Santade de Antioquia) y 146 (Medellín Occidental). Memoria Explicativa, Ingeominas, Medellín.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Resolución 1415 de 2012. Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales adoptada mediante la Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010. Bogotá. 2012.
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. INSTITUTO. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Estudio nacional del agua 2014. Capítulo 2: agua superficial. 2014, p 57.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 (26, mayo, 2015). Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. Título 3, capítulo 1 instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos. Bogotá, d.c. 2015. 272p.
- MONSALVE, GERMAN. HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA, EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA, BOGOTÁ, D.C 1995. 110-113 p.
- PIZANO, C y H, GARCIA. El bosque seco tropical en Colombia. Bogotá. D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt (IAvH), 2014. 349 p.
- RODRÍGUEZ, HÉCTOR. HIDRÁULICA FLUVIAL. Fundamentos y aplicaciones socavación. Editorial escuela colombiana de ingeniería, Bogotá, d, c. 2010. 42p.
- MORENO, M., GÓMEZ, A. Y TORO, L., 2007. Proveniencia del Material Clástico del Complejo Quebradagrande y su Relación con los Complejos Estructurales Adyacentes. Revista Boletín Ciencias de La Tierra, Universidad de Caldas, Manizales.
- MOSQUERA, D., 1978. Geología del cuadrángulo K-8. Informe interno. INGEOMINAS. Bogotá.

MUÑOZ-PEDREROS, A. 2014. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. En Revista chilena de historia natural. Volumen 77, Nro 1, p. 139-156.

NAVAS C. Orlando, 2002 Anatomía Geológica Colombiana. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, Volumen 46, N° 135, Bogotá.

NELSON, H. W., 1962. Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia sección entre Ibagué y Armenia: Beletin Geológico Nacional, vol. 10, Bogotá, Colombia.

NELSON, H. W., 1957. Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia en the section between Ibagué and Cali: Leidse Geologische Mededlingen, vol. 22: 1-76. Bogotá, Colombia.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. Guía de prácticas climatológicas. 2011. P4-18

OSPINA, T., 1911. Reseña Geológica de Antioquia. Imprenta La Organización. 128 p, Medellín.

PROTODYAKONOV, M. Klassifikacija Gorotworu, Moscu, 1962. [endspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4312/3/Tesina.pdf](http://endspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4312/3/Tesina.pdf)

PÉREZ, A., 1967. Determinación de la Edad Absoluta de Algunas Rocas de Antioquia por Métodos Radioactivos. Dyna, Universidad Nacional, Medellín.

RESTREPO y TOUSSAINT, 1982. Metamorfismos superpuestos en la Cordillera Central de Colombia. V Congreso Latinoamericano de Geología – Buenos Aires (Argentina).

RESTREPO y TOUSSAINT, 1974. Obducción Cretácea en el Occidente Colombiano. Anales Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín.

RESTREPO y TOUSSAINT, 1978 a. Edad K/Ar de Dos Rocas Básicas del Flanco Noroccidental de la Cordillera Central. Pub. Esp. Geol. 15, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Medellín.

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMORESISTENTE NSR-10.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Artículo 92 decreto 2811 de 1974. Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/norma1.jsp?i=1551>

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 2930 de 2010. República de Colombia

RODRÍGUEZ, Héctor. Hidráulica fluvial. Fundamentos y aplicaciones socavación. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, D, C. 2010. 42p.

RODRÍGUEZ, G. y ARANGO M.I, 2013, Reinterpretación Geoquímica y Radiométrica de las Metabasitas del Complejo Arquía. Universidad Nacional, Medellín.

SADEGHIAN SIAVOSH, RIVERA JUAN MANUEL Y GÓMEZ MARÍA ELENA. 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.

SCHEIBE, R., 1934. Informe Sobre los Resultados de la Comisión Científica Nacional. Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Volumen I. pp. 95-167, Bogotá.

Soil Management Support Services (SMSS). 1985. Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. Monografía técnica SMSS No. 15. Editores A. van Wambeke y T. R. Forbes. Universidad de Cornell. 67 p.

STORM PREDICTION CENTER. ESCALA DE VIENTO BEAUFORD. [en línea]. [consultado noviembre de 2015]. Disponible en <<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html>>

SUAREZ, J. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. 540 p.

TABORDA, A. y otros, 1998 Sismotectónica de Colombia: Deformación Continental Activa y Subducción. Revista Física de la Tierra N° 10: 111-147. Universidad de Los Andes, Ingeominas, Santafé de Bogotá.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA; INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. ATLAS DE VIENTO Y ENERGÍA EÓLICA DE COLOMBIA. [En línea]. [consultado noviembre de 2015]. Disponible en <[http://www.upme.gov.co/atlas\\_viento.htm](http://www.upme.gov.co/atlas_viento.htm)>

VAN DER HAMMEN, T. 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 6 (1-3): 67 - 128. Bogotá.

LUZ FRANCY, DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO. 2014. Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos. Bogotá: ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014.

VINASCO, C., 2001. A Utilização da Metodologia  $40\text{Ar} - 39\text{Ar}$  para o Estudo de Reativação tectônicas em Zonas de cisalhamento. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo. 85 p. São Paulo.

Walsh Perú S.A. EIA Parque Eólico Tres Hermanas. 2008 [en línea]. <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38948802>> [citado el 28 de Julio de 2014]

WARK, KENNETH Y WARNER, CECIL. Contaminación del aire: origen y control. 9 ed. Limusa, 1990. 650p.